POLITECHNIKA KRAKOWSKA
im. Tadeusza Kościuszki
Wydział Mechaniczny

ROZPRAWA DOKTORSKA

Model systemu zarządzania produkcją wybranego przedsiębiorstwa z uwzględnieniem efektywności procesu produkcyjnego

Model of the production management system of a selected company, including the efficiency of the production process

mgr inż. Elżbieta Malec

Promotor: dr hab. inż. Magdalena Niemczewska-Wójcik, prof. PK
Promotor pomocniczy: dr inż. Krzysztof Krupa, prof. PK

Kraków 2023

SPIS TREŚCI

WPROWADZENIE 4

1. PRZEPŁYW INFORMACJI PODSTAWĄ FUNKCJONOWANIA PRZEDSIĘBIORSTWA 6

1.1 Zarządzanie produkcją - wybrane zagadnienia 6

1.2 Struktura i ewolucja systemów informacyjnych 10

1.3 Charakterystyka informacji zarządczej 18

1.4 Budowa systemu informacyjnego w przedsiębiorstwie 35

1.5 Podsumowanie rozdziału 1 54

2. WYBRANE ASPEKTY EFEKTYWNOŚCI FUNKCJONOWANIA PRZEDSIĘBIORSTWA PRODUKCYJNEGO 56

2.1. Teoretyczne aspekty efektywności – przegląd pojęć 56

2.2. Metody, techniki i mierniki oceny efektywności 61

2.3. Wskaźniki efektywności procesu produkcyjnego 71

2.4. Podsumowanie rozdziału 2 84

3. MODELOWANIE I SYMULACJA PROCESU PRODUKCYJNEGO 85

3.1. Elementy teorii modelowania i symulacji procesu produkcyjnego 85

3.2. Model symulacyjny systemu procesu produkcyjnego 89

3.3. Podsumowanie rozdziału 3 98

4. CEL, ZAKRES ORAZ PLAN PRACY 99

5. METODYKA BADAŃ I BUDOWA MODELU..... 102

5.1. Wybór i opis narzędzia wykorzystywanego do budowy modelu komputerowego 102

5.2. Budowa modelu systemu procesu produkcyjnego 110

6. WERYFIKACJA ZBUDOWANEGO MODELU – PRZYKŁAD APLIKACYJNY Z ZASTOSOWANIEM WYBRANYCH KRYTERIÓW 127

6.1. Charakterystyka elementów modelu.....127

6.2. Symulacja i analiza 133

6. PODSUMOWANIE – WNIOSKI I KIERUNKI DALSZYCH PRAC . 150

SPIS TABEL I RYSUNKÓW

BIBLIOGRAFIA

STRESZENIE

WPROWADZENIE

Prowadzenie przedsiębiorstwa w dzisiejszych czasach jest wyzwaniem przede wszystkim ze względu na dynamiczne zmiany gospodarcze i wzrost konkurencji. Przedsiębiorstwa muszą być w stanie szybko dostosowywać się do zmieniających się trendów i potrzeb rynkowych. Nowe technologie, zmiany w stylu życia, zmieniające się preferencje konsumentów – wszystko to wymaga elastyczności i szybkiego reagowania. Także bardzo szybki rozwój technologii wpływa na wiele branż. Innowacyjne rozwiązania, automatyzacja, sztuczna inteligencja i analiza danych stają się niezbędnymi narzędziami do poprawy efektywności operacyjnej i konkurowania na rynku. Przedsiębiorstwa muszą śledzić i wykorzystywać nowe technologie, aby utrzymać się na czele. Dlatego jednym z kluczowych zasobów firm produkcyjnych są informacje, dzięki którym są one zdolne do szybkiego reagowania na zachodzące zmiany, są elastyczne i innowacyjne.

Zarządzanie produkcją, w kontekście zarządzania informacją ma kluczowe znaczenie dla efektywnego kształtowania procesów produkcyjnych. Skuteczne gromadzenie, przetwarzanie i wykorzystanie informacji umożliwia podejmowanie świadomych decyzji, identyfikację obszarów do poprawy oraz monitorowanie wydajności i jakości produkcji. Zarządzanie produkcją rozpoczyna się od odpowiedniego planowania. Informacje o zamówieniach, dostępnych zasobach, czasie wykonania i priorytetach są niezbędne do opracowania realistycznego planu produkcji. Systemy planowania produkcji, takie jak systemy MRP (Materials Requirements Planning) lub systemy ERP (Enterprise Resource Planning), integrują te informacje i umożliwiają generowanie harmonogramów produkcji. Są wykorzystywane głównie przez duże firmy, podczas gdy małe i średnie przedsiębiorstwa są nadal dopiero na początku drogi jeśli chodzi o wdrożenia takich narzędzi wspomagających procesy produkcyjne. Nie znaczy to, że nie posiadają potrzeb związanych ze wspomaganiem decyzji w realizowanych procesach produkcyjnych. Wręcz przeciwnie, regularnie monitorują wydajność procesów, rozumiejąc jak kluczowe ma znaczenie dla identyfikacji obszarów wymagających poprawy. Śledzone są informacje o czasie cyklu, czasie przestojów, zużyciu surowców, efektywności maszyn i jakości produktów, które umożliwiają ocenę wydajności i identyfikację wąskich gardeł. Zarządzanie zapasami jest kluczowe dla utrzymania ciągłości produkcji i minimalizacji kosztów. Informacje o poziomach zapasów, czasie dostawy, wskaźnikach rotacji i popycie są niezbędne do optymalizacji poziomów zapasów. Informacje na temat jakości produktów oraz wyników kontroli jakości są niezbędne do monitorowania i doskonalenia procesów produkcyjnych.

Zarządzanie informacją w zakresie produkcji wymaga odpowiednich systemów informatycznych, integracji danych, narzędzi analitycznych i świadomego podejścia do wykorzystania informacji do podejmowania decyzji. Zapewnia to lepszą kontrolę nad

procesami produkcyjnymi, poprawę efektywności i jakości, a także umożliwia szybką reakcję na zmieniające się warunki rynkowe.

Symulacyjne modele procesu produkcyjnego są właśnie takimi narzędziami, które umożliwiają analizę i optymalizację procesów produkcyjnych poprzez symulację ich działania w wirtualnym środowisku. Wykorzystują one zaawansowane algorytmy i matematyczne modele, aby naśladować rzeczywiste operacje produkcyjne i przewidywać ich wyniki.

Istnieje wiele rodzajów symulacyjnych modeli procesu produkcyjnego, w zależności od specyfiki i skomplikowania analizowanego procesu. Jednym z nich jest modelowanie systemów dynamicznych, ten rodzaj modelu skupia się na badaniu zmian w czasie i przewidywaniu zachowania systemu produkcyjnego w odpowiedzi na różne czynniki. Przykłady obejmują analizę wpływu zmiany parametrów procesowych na wydajność i jakość produkcji.

Symulacyjne modele procesu produkcyjnego mają wiele zastosowań, takich jak optymalizacja układów produkcyjnych, planowanie produkcji, prognozowanie wyników procesów, analiza wydajności, identyfikacja wąskich gardeł i testowanie alternatywnych scenariuszy bez konieczności wprowadzania zmian w rzeczywistym środowisku produkcyjnym. Pozwalają one na lepsze zrozumienie procesów produkcyjnych i podejmowanie trafnych decyzji w celu poprawy efektywności i jakości produkcji.

1. PRZEPŁYW INFORMACJI PODSTAWĄ FUNKCJONOWANIA PRZEDSIĘBIORSTWA

1.1 Zarządzanie produkcją - wybrane zagadnienia

W dobie dynamicznie zmieniających się warunków rynkowych szybkość przepływu informacji i podejmowania decyzji jest jednym z kluczowych czynników wpływających na konkurencyjność przedsiębiorstw. Dla przedsiębiorstw produkcyjnych szczególnego znaczenia nabiera podejmowanie decyzji właśnie w obszarze produkcyjnym. W tradycyjnym ujęciu produkcja kojarzona jest z działalnością bieżącą – operacyjną przedsiębiorstwa. Jednak w latach 80-tych XX w. dostrzeżono potencjał tkwiący w produkcji, który zapoczątkował zainteresowanie związane ze strategicznymi aspektami zarządzania produkcją. Był to okres, który dał początek takim działaniom, które wprowadzały poprawę konkurencyjności firm produkcyjnych m.in. poprzez wdrażanie kompleksowych, długoterminowych usprawnień takich tak: just in time, Lean Management, programy poprawy produktywności czy systemy zapewnienia jakości, i wielu innych. Na bazie ustrukturyzowanych zmian w działalności produkcyjnej przedsiębiorstwa tworzyły zarysy a następnie kompleksowe programy, które poprawiały ich pozycję konkurencyjną. Tak właśnie narodziło się strategiczne podejście do procesów produkcyjnych, które obok innych strategii cząstkowych w firmie (tj. strategia finansowa, badań i rozwoju, kadrowa, marketingowa) tworzy pełen obraz długoterminowego rozwoju firmy, czyli strategii ogólnej przedsiębiorstwa.

Można by przyznać, że proces produkcyjny jest procesem dość prostym, ponieważ powszechnie znany jest jako przetwarzanie surowców w gotowe wyroby, które następnie są sprzedawane. Zatem produkcja i sprzedaż. Ale produkcja to wieloetapowy proces, zaczynający się od planowania, a kończący się na kontrolowaniu, nie tylko procesów produkcyjnych, ale także pracowników.

Głównym obszarem zainteresowań producentów są procesy i systemy produkcyjne, które charakteryzują się dużą złożonością i dynamiką pomiędzy ludźmi i ich pracą, przedmiotami i środkami pracy, oraz w relacjach z otoczeniem. Racjonalne kształtowanie tych zależności jest jednym z zadań efektywnego zarządzania produkcją.

Zarządzanie produkcją polega na podejmowaniu decyzji związanych z procesami produkcyjnymi, tak aby otrzymane produkty lub usługi były produkowane zgodnie ze specyfikacją, w wymaganej ilości, zgodnie z harmonogramem i przy minimalnych kosztach.[1]

Zarządzanie produkcją, rozumiane jako strategia funkcjonalna przedsiębiorstwa, pozwala określić wizję działalności produkcyjnej, wskazującą ogólny kierunek podejmowania decyzji związanych z produkcją. Naturalnie, jako element strategii ogólnej firmy, musi być z nią połączona i przybrać postać formalnych planów. Zarządzanie produkcją, jako narzędzie

mające wpływ na poprawę konkurencyjności firmy, powinno określać spójne ramy podejmowania decyzji dotyczących produkcji.

Termin produkcja, oznacza proces wytwarzania produktów przeznaczonych do sprzedaży. Współczesna produkcja obejmuje zarówno sferę materialną i niematerialną. Rozwój produkcji niematerialnej i sfery usług zależy przede wszystkim od produkcji dóbr materialnych - jej wyposażenia technicznego i wielkości.[2]

Zarządzenie produkcją to proces, stojący na czterech następujących po sobie i współprzenikających się filarach: planowaniu, uporządkowaniu (organizowaniu), kierowaniu i kontrolowaniu wszystkich działań związanych z produkcją. Jeśli któryś z filarów zaczyna się kruszyć, wówczas powodzenie produkcji staje pod znakiem zapytania. Aby utrzymać solidną czterofilarową podstawę, przede wszystkim należy zarządzać produkcją w usystematyzowany sposób. Można to osiągnąć np. zwiększając nakład ludzkiej siły, co może spowodować wzrost kosztów, lub zainwestować w oprogramowanie, które w systematyczny sposób będzie informowało przedsiębiorcę o postępach prac w każdym filarze produkcyjnym. Coraz wyraźniej zauważa się wzrost popularności programów do zarządzania produkcją i duże plany inwestycyjne wśród przedsiębiorców światowych, a także polskich firm, planujących wesprzeć swoją produkcję rozwiązaniami IT.

Wymienione wcześniej cztery filary na których opiera się sprawne zarządzanie produkcją, to następujące po sobie etapy, od których zależy utrzymanie produkcji.[3] Są to:

- Planowanie - to etap, który obejmuje zapoznanie się z procesem technologicznym, dostępnością surowców, siły roboczej, a także możliwości realizacji zlecenia w określonym terminie. Na etapie planowania należy założyć, w ramach jakich procesów produkcyjnych otrzymane produkty będą mogły być wyprodukowane zgodnie ze specyfikacją, w określonej ilości i przy użyciu założonych kosztów. Jest to najważniejszy z etapów, któremu należy poświęcić odpowiednią ilość czasu. Pominięcie solidnie opracowanego planu i przejście od razu do działania spowoduje pojawienie się problemów w dalszych etapach produkcyjnych, które będą wówczas trudniejsze do skorygowania. Na etapie planowania wyróżnia się trzy podprocesy:

✓ projektowanie przyszłego produktu - proces polegający na wymyśleniu idei nowego produktu do sprzedaży. Rolą projektanta produktu w tym procesie jest łączenie nauki, sztuki i technologii oraz ciągłe nadzorowanie tego etapu w celu stworzenia nowego produktu;

✓ modelowanie (konstruowanie) produktu - proces polegający na wprowadzeniu pomysłu na nowy produkt w życie. Podczas tego etapu trzeba dokonać wyboru materiałów, formy i kształtu produktu;

✓ opracowanie procesu technologicznego - celem tego etapu jest opracowanie procesu technologicznego do wytwarzania produktu i realizacji tego projektu w określonych

warunkach. Proces technologiczny to zbiór metod wytwarzania produktów poprzez zmianę stanu, właściwości i kształtów surowców i półwyrobów. Ten etap obejmuje dobór odpowiedniego sprzętu i oprzyrządowania do tego sprzętu oraz obliczenie kosztów pracy, paliwa i energii.

- Uporządkowanie - to etap, który jest konsekwencją planowania. Jeśli wiadomo już co trzeba zrobić, na kiedy i w jakiej cenie, to teraz czas na wprowadzenie tych działań na oś czasu. Uporządkowanie pozwoli określić kolejność wykonywanych działań, a także marszruty i narzędzia, jakie będą potrzebne do procesu produkcyjnego. Etap ten obejmuje także organizację produkcji, czyli rozmieszczenie sprzętu, dobranego podczas poprzedniego etapu na wydziale produkcyjnym firmy, i pracowników, którzy będą wykonywali pracę.
- Kierowanie - jest nierozerwalnie związane z zasobami ludzkimi. Na tym etapie należy przyporządkować pracowników do konkretnych działań. Kierowanie to tworzenie nowych zleceń w ramach określonych procesów produkcyjnych, gdzie określa się, którzy pracownicy powinni obsługiwać poszczególne maszyny i urządzenia biorące udział w procesie produkcyjnym.
- Kontrolowanie – to etap polegający na wyznaczaniu mierników, które będą mogły podlegać sprawdzeniu i będą przedstawiały zbieżność lub rozbieżność stanu faktycznego ze stanem wymaganym. Kontrola ukierunkowana jest na poszukiwanie nieprawidłowości, a jej celem jest ustalenie, czy i w jakiej wielkości nastąpiły odchylenia od stanu pożądanego. W obszarze kontroli produkcji możemy wyróżnić trzy rodzaje: kontrolę wstępną, kontrolę równoległą, kontrolę końcową. Kontrolowanie jest ściśle połączone z wyznaczeniem celów produkcyjnych, i to właśnie te cele stają się miernikami prawidłowości realizacji działań.

Wyróżnia się dwa modele zarządzania produkcją: model klasyczny i model społeczno-techniczny.[4] Wymiar techniczny odnosi się do organizacji produkcji, procesów, działań, fizycznego rozmieszczenia sprzętu oraz przepływu materiałów, z których są produkowane towary firmy. Wymiar społeczny odnosi się do organizacji pracy personelu. Tradycyjne modele zarządzania produkcją ewoluowały od modelu klasycznego do modelu społeczno-technicznego. Różnica między modelami społeczno-technicznym i klasycznym dotyczy organizacji pracy.

W modelu klasycznym produkcja masowa koncentruje się na racjonalizacji organizacji produkcji i maksymalizacji wydajności pracy. W tym modelu nie docenia się potrzeb społecznych ludzi, takich jak uznanie, wszystkie decyzje są podejmowane na podstawie racjonalnych przesłanek, gdzie w których pomiar wydajności produkcji był głównym warunkiem. Taki model zarządzania produkcją był wzorcowy dla gospodarki XX wieku.

Model społeczno-techniczny uwzględnia osiągnięcia pracowników i definiuje zadania zgodnie z ich predyspozycjami. Dzięki temu rośnie ich zadowolenie z pracy, a jakość i wydajność produkcji naturalnie wzrasta. W modelu tym uważa się, że zachowanie ludzi w pracy zależy od struktury i treści zadań, które oni powinni wykonywać. Osiągnięcia i uczucia personelu są ważne dla ich zadowolenia z wykonywanych czynności. Teoria społeczno-techniczna dotyczy zatem wspólnej optymalizacji, z wspólnym naciskiem na osiągnięcie zarówno doskonałości pod względem wydajności technicznej, jak i zadowolenia w życiu zawodowym ludzi. Organizacja pracy powinna umożliwiać ciągłe uczenie się, zapewniać wyraźny związek z życiem i wartościami społecznymi pracowników. To będzie skutkować poprawą efektywności pracy, lepszą kontrolą wyników i dobrym samopoczuciem zatrudnionych.[5]

Model pierwszy, choć przynosi zyski przedsiębiorcy, ale niekoniecznie zadowolenie z pracy pracownikom. Drugi model nastawiony jest na pracownika, bo przecież od jego pracy zależy zysk pracodawcy. Zadowolony, dobrze zmotywowany pracownik jest bardziej wydajny, mniej konfliktowy i chętniej podejmuje dodatkowe działania, które prowadzą pracodawcę do zysku.

Obecnie produkcja traktowana jest jako ważne narzędzie budowy przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstw. Do licznych korzyści wynikających ze sprawnego zarządzania produkcją można zaliczyć:

- wzrost zysków z produkcji,
- zmniejszenie nakładów finansowych,
- minimalizacja kosztów magazynowania,
- poprawa jakości pracy i jakości produktów,
- większą konkurencyjność na rynku,
- terminowość realizacji zleceń/dostaw,
- lepszą organizację pracy,
- skrócenie czasu wytwarzania,
- efektywniejsze wykorzystanie kapitału,
- optymalizacja wykorzystania surowców,
- wzrost elastyczności,
- innowacyjność wyrobów i technologii,
- szybkość wdrażania innowacji.

Zarządzanie procesami produkcyjnymi, rozumiane jako strategia funkcjonalna, daje firmom bardzo wymierne korzyści. W szczególności pozwala na zbudowanie unikalnej kombinacji zasobów i umiejętności przedsiębiorstwa, co pozwala na wyróżnienie produktów, jak i samej firmy na rynku. Do czynników, które będą kształtowały wizerunek firmy na

konkurencyjnym rynku można zaliczyć: wysoką jakość, niskie koszty produkcji, krótkie terminy dostaw, sprawną dystrybucję, dostosowaną do klienta obsługę posprzedażową, wysoką elastyczność, czy dopasowanie produktu do unikalnych wymagań klienta.

Proces zarządzania każdą organizacją realizowany jest poprzez podejmowanie decyzji dotyczących wielu obszarów jej działalności. Podejmowanie trafnych decyzji wymaga jednak posiadania przez decydentów właściwych, aktualnych i odpowiednio szczegółowych informacji, dostarczonych w odpowiednim czasie. Sprawne zarządzanie informacją w przedsiębiorstwie możliwe jest dzięki funkcjonowaniu w nim systemu informacyjnego, który jest wewnętrznie spójny i stale odnawiany. System informacyjny powstaje w wyniku zapotrzebowania kierownictwa na informacje niezbędne w procesach decyzyjnych związanych z zarządzaniem przedsiębiorstwem.

1.2 Struktura i ewolucja systemów informacyjnych

Należy podkreślić, iż prawdziwym zadaniem systemów informacyjnych wykorzystywanych w zarządzaniu przedsiębiorstwem jest nie tylko przetwarzanie danych generowanych przez operacje gospodarcze, ale przede wszystkim wspomaganie podejmowania decyzji zarządczych.

Początkiem tworzenia systemu informacyjnego w przedsiębiorstwach jest często powoływanie zespołów zajmujących się gromadzeniem danych wewnętrznych oraz bieżącym monitorowaniem otoczenia. Następny krok to powoływanie komórek analitycznych oraz tworzenie sieci przepływu informacji do osób podejmujących decyzje. Jednak aby system informacyjny był efektywny, musi spełniać wiele funkcji, konkretnie sprecyzowanych zadań w zależności od profilu działania firmy czy jej wielkości.

1.2.1 Charakterystyka systemów informacyjnych w przedsiębiorstwach

Systemy informacyjne są to takie systemy, w których wykonuje się „działania” na informacjach. Podstawowym celem systemu informacyjnego jest zbieranie, magazynowanie i przetwarzanie informacji na potrzeby podejmowania decyzji. Systemy informacyjne można podzielić zgodnie z kryterium zakres spełnianych funkcji systemu zarządzania na:[6]

- Systemy operacyjne (*Operations Information Systems*)
- Systemy transakcyjne (*Transaction Processing Systems*)
- Systemy sterowania (*Process Control Systems*)
- Systemy automatyzacji biura (*Office Automation Systems*)
- Systemy informowania kierownictwa (*Management Information Systems*)
- Systemy raportowe (*Information Reporting Systems*)

- Systemy wspomagania decyzji (*Decision Support Systems*)
- Systemy informacyjne najwyższego kierownictwa (*Executive Information Systems*)
- Systemy ekspertowe (*Expert Systems*)
- Systemy obliczeniowe użytkownika (*End User Computing Systems*)
- Biznesowe systemy informacyjne (*Business Information Systems*)
- Zintegrowane systemy informacyjne (*Integrated Information Systems*)

System informacyjny zarządzania można zdefiniować jako wyodrębniony czasowo i przestrzennie układ powiązanych ze sobą elementów, takich jak procesy informacyjne, strumienie informacji, techniczne środki magazynowania, przetwarzania i przekazywania informacji, podmioty zarządzania, czyli nadawcy i odbiorcy informacji, problemy decyzyjne oraz strumienie decyzyjne. [7]

Każdy system informacyjny wykorzystywany w zarządzaniu danym przedsiębiorstwem ma charakter hierarchiczny, który jest odzwierciedleniem struktury organizacyjnej przyjętej przez dane przedsiębiorstwo. Funkcjonowanie systemu informacyjnego w organizacji jest uzależnione od stanu jego zasobów materialnych i niematerialnych. Do podstawowych zasobów systemu informacyjnego należy zaliczyć:[8]

- ☑ zasoby ludzkie; podmioty zarządzania, czyli nadawcy i odbiorcy informacji i decyzji, są to: użytkownicy systemu, obsługa systemu, zespoły badawczo-projektowe, konsultingowe i outsourcingowe, kontrahenci, klienci zewnętrzni;
- ☑ zasoby informacyjne; zbiór danych przeznaczonych do przetwarzania oraz zbiór informacji przeznaczonych dla decydentów odpowiednich poziomów zarządzania; zasoby te organizowane są w postaci: bazy danych – zbiór logicznie powiązanych danych o określonej organizacji wewnętrznej; bazy metod – oparte na dorobku badań operacyjnych i obejmują reguły podejmowania decyzji, modele i algorytmy; bazy modeli – zestaw matematycznych i logicznych modeli służących do rozwiązywania danego problemu zarządzania i konkretnej sytuacji decyzyjnej; bazy wiedzy – zawierają precyzyjne i kompleksowe wiadomości z określonej dziedziny.
- ☑ zasoby proceduralne; umożliwiają korzystanie z zasobów informacyjnych i mają za zadanie zagwarantowanie prawidłowej pracy całego systemu, są to: algorytmy – dokładny opis wykonania skończonej liczby operacji w określonym porządku, co pozwala na rozwiązanie danego typu zadania; procedury – określają całokształt zasad postępowania w celu rozwiązania danego zadania; oprogramowanie – zawiera zbiory instrukcji, dzięki którym komputer może przetwarzać informacje.
- ☑ zasoby techniczne; fizyczne elementy systemu informacyjnego, będącymi dyspozycji zasobów ludzkich, a są to: sprzęt komputerowy – zarówno wielkie jednostki centralne, superkomputery, jak i mini- i mikrokomputery; sieci telekomunikacyjne – komputery,

procesory komunikacyjne, urządzenia komunikacyjne między nadawcami i odbiorcami informacji; nośniki danych – na których zapisuje się zasoby danych w celu dalszego ich przetwarzania w systemie informacyjnym.

1.2.2 Rozwój systemów informacyjnych wykorzystywanych w zarządzaniu przedsiębiorstwem

Rozwój w obszarze sprzętu, oprogramowania i telekomunikacji był podstawą kształtowania się zmian w technikach stosowanych w procesach informacyjnych w zakresie gromadzenia przetwarzania, przesyłania i magazynowania informacji. Odzwierciedleniem tego procesu jest rozwój systemów informacyjnych stosowanych w zarządzaniu.

W latach pięćdziesiątych XX wieku systemy informacyjne były wykorzystywane głównie do przetwarzania i magazynowania masowych transakcji gospodarczych. Znane jako transakcyjne systemy przetwarzania danych - *Transaction Data Processing Systems* (TDPS), były wykorzystywane głównie w księgowości, gospodarce materiałowej i w płacach. System przetwarzania danych transakcyjnych jest to pierwszy, historycznie rzecz biorąc, skomputeryzowany system informacyjny, stosowany przez wiele przedsiębiorstw. System przetwarzania danych transakcyjnych to system, którego zadaniem jest obsługa rutynowych i powtarzalnych transakcji w przedsiębiorstwie. Taka forma sytemu informacyjnego jest najbardziej użyteczna wtedy, gdy dokonuje się ogromnej liczby bardzo podobnych transakcji np.: transakcje bankowe, rejestry sprzedaży. System przetwarzania danych transakcyjnych jest szczególnie pomocny w łączeniu dużych ilości danych w bardziej poręczne zestawienia informacyjne. Systemy przetwarzania danych transakcyjnych są najbardziej przydatne dla menedżerów niższego szczebla. W systemach transakcyjnych stosuje się metodę tzw. przetwarzania partiowego *(batch processing),* w której informacje muszą być przed przetwarzaniem zakodowane i zorganizowane w partie. Ten sposób przetwarzania danych powoduje konieczność sekwencyjnego rozwiązywania zadań, czego rezultatem są wynikowe zestawienia drukowane w postaci wielostronicowych tabulogramów.

Lata sześćdziesiąte XX wieku to początek wykorzystywania i przetwarzania informacji transakcyjnych na potrzeby planowania i kontroli. Nowa klasa oprogramowania użytkowego pozwoliła na otrzymywanie raportów ewidencyjnych z różnych obszarów działalności przedsiębiorstwa. Technologia przetwarzania partiowego została wyparta przez technologie baz danych, co spowodowało możliwość wdrażania systemów planowania i kontroli procesów produkcyjnych na najniższym, operacyjnym poziomie zarządzania. W rezultacie rozwinęła się koncepcja systemów informowania kierownictwa - *Management*

Information Systems (MIS), które najlepiej sprawdziły się w rozwiązywaniu prostych, powtarzalnych sytuacji decyzyjnych. MIS jest to system gromadzący kompleksowe dane, organizujący i sumujący je w formie przydatnej dla menedżerów funkcjonalnych i następnie zaopatrujący tych menedżerów w informacje niezbędne w ich pracy. Systemy MIS wspierają też najwyższy szczebel zarządzania w wyborze strategicznych decyzji, dzięki możliwości dostępu do baz danych czy baz metod, które uruchamiane są poprzez mechanizm systemów zarządzania bazą danych.

W latach sześćdziesiątych jako najważniejsze przyczyny rozwoju tej klasy systemów informacyjnych zidentyfikowano: konieczność obserwacji najważniejszych sił w coraz bardziej burzliwym otoczeniu rynkowym firmy, coraz bardziej ograniczoną ilość czasu potrzebnego na podejmowanie decyzji, stale zwiększające się kompleksowość i zakres działań, konieczność optymalizacji zasobów materiałowych i ludzkich, ciągłą fluktuację liczby klientów, stały wzrost ilości informacji, pochodzących ze źródeł zewnętrznych i wewnętrznych, możliwość zapisywania dużej ilości informacji w bazach danych o szybkim dostępie.[9]

Przełom lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych to okres powstawania systemów automatyzacji biura - *Office Automation Systems* (OAS). Zastosowanie specjalistycznego oprogramowania zapewniło komunikację z użytkownikiem w zakresie gromadzenia, przetwarzania i przesyłania informacji. Najbardziej znane programy to przede wszystkim edytory tekstów, a także oprogramowanie do obsługi faksów i modemów oraz do tworzenia biblioteki dokumentów.[10]

Rozwój oprogramowania pozwolił także na wspomaganie w zakresie projektowania i sterowania produkcją. Powstały w tym czasie m.in. systemy komputerowego projektowania - *Computer Aided Design* (CAD) oraz systemy komputerowego wspomagania produkcji - *Computer Aided Manufacturing* (CAM).

W latach siedemdziesiątych zaczęto stosować tzw. interfejs, umożliwiający bezpośrednią komunikację użytkownika z systemem, oraz systemy baz metod. Są to systemy przeznaczone do rozwiązywania słabo ustrukturalizowanych problemów zarządzania, np. z obszarów planowania finansowego, planowania produkcji czy kontroli zapasów. Ta klasa systemów określana jest jako systemy wspomagania decyzji - *Decision Support Systems* (DSS). DSS jest szczegółowym i potężnym systemem, który może automatycznie wyszukiwać, przetwarzać, sumować informacje potrzebne menedżerom do podejmowania konkretnych decyzji. DSS jest bardziej elastyczny niż tradycyjny MIS i może pomóc menedżerom w uporaniu się z nierutynowymi problemami i decyzjami. Systemy wspomagania decyzji są niezwykle złożone. Ich opracowanie wymaga znacznych nakładów czasu i zasobów: równie czasochłonne jak i kosztowne jest utrzymanie systemu i przyuczenie menedżerów do jego skutecznego wykorzystywania. W

systemach tych kryją się duże możliwości poprawy jakości informacji dostępnej menedżerom podejmujących ważne decyzje. W ramach systemów DSS rozwinęły się tzw. strategiczne systemy wczesnego ostrzegania. Systemy te mogą z odpowiednim wyprzedzeniem sygnalizować nadchodzące zagrożenia z otoczenia firmy, a także pomóc w ustaleniu strategii funkcjonowania organizacji.[11]

Już na początku lat siedemdziesiątych XX wieku blisko 39% ankietowanych przedsiębiorstw amerykańskich przyznało, że ma u siebie funkcjonujący SI, a następne 38% podało, że jest trakcie budowy takiego systemu. Badania przeprowadzone w 1984 r. wykazały, że już ok. 76% ankietowanych przedsiębiorstw posiada SI. Ustalono też wówczas powszechne stosowanie analityki modelowej. Stało się to możliwe dzięki oprogramowaniu, wprowadzonemu do SI, które pozwalało na ocenę rynkową produktów, prowadzenie polityki cenowej, udzielanie kredytu odbiorcom, wybór środków przekazu reklamy, programowanie pracy akwizytorów.[12]

Lata osiemdziesiąte XX wieku to dalszy rozwój systemów informacyjnych dzięki postępowi w dziedzinach techniki mikroprocesorowej, sieci telekomunikacyjnych i oprogramowania użytkowego. Rozwinęły się wówczas tzw. systemy przyjazne dla użytkownika, oparte na pełnym wykorzystaniu możliwości interfejsu - *User Interface Systems* (UIS). Ideą stało się tu umożliwienie szerokim kręgom użytkowników nie będących profesjonalnymi informatykami bezpośredniego dialogu z komputerem. W tym czasie zaczęto też wdrażać systemy informacyjne najwyższego szczebla zarządzania - *Executive Information Systems* (EIS) oraz *Executive Support Systems* (ESS). Pierwotnym celem tych systemów było zapewnienie naczelnemu kierownictwu natychmiastowego dostępu do wybranych informacji o znaczeniu strategicznym (EIS) oraz wspomaganie decyzji strategicznych (ESS). Systemy EIS są zaprojektowane tak, by zaspokoić szczególne potrzeby menedżerów najwyższego szczebla w zakresie przetwarzania informacji, ze względu na to, że potrzebują wysoce wyspecjalizowaną informację, która jest niedostępna w innych typach systemów. Menedżerowie najwyższego szczebla nie potrzebują wiedzy technicznej, by skorzystać z EIS: systemy te skonstruowano bowiem w postaci przyjaznej użytkownikowi. Najczęściej takie systemy wykorzystują ikony i symbole i wymagają niewielu komend. Dostarczana przez nie informacja pozwala menedżerom pominąć szczegóły i dotrzeć bezpośrednio do ogólnych tendencji i wzorców, które mogą mieć wpływ na podejmowanie strategicznych decyzji. Systemy te raczej syntetyzują informację, zamiast ją szczegółowo analizować. Wykazują więc przewagę nad innymi systemami zarówno pod względem możliwości, jak i łatwości obsługi. Podają również informację dostosowaną do specyficznych potrzeb menedżera. Obecnie ich wykorzystanie staje się coraz powszechniejsze również na średnim szczeblu zarządzania.[13]

Zastosowanie baz wiedzy pozwoliło na uruchomienie nowej klasy systemów wspomagania decyzji, określanych jako systemy ekspertowe - *Decision Expert Systems* (DES). Systemy te mogą samodzielnie tworzyć różnorodne modele sytuacji decyzyjnych oraz prezentować i komentować otrzymane rozwiązania. Przy rozstrzyganiu problemu DES posługują się specjalistycznymi programami opartymi na regułach heurystycznych, które odzwierciedlają wiedzę ekspertów z danej dziedziny wiedzy. Struktura systemów ekspertowych zależy od dziedziny zastosowań ekonomicznych. Systemy te mogą wspomagać podejmowanie decyzji np. w marketingu, usługach finansowych, analizie procesów produkcyjnych itd.

W tabeli 9 przedstawiono historyczny rozwój systemów informacyjnych zarządzania.

Tabela 1. Rozwój systemów informacyjnych zarządzania w ujęciu historycznym

Rodzaje systemów	Metody technologii komputerowej	LATA					
		1950	1960	1970	1980	1990	obecnie
Systemy transakcyjne przetwarzania danych (TDPS)	przetwarzanie partiowe	→	→	→	→	→	→
Systemy informowania kierownictwa (MIS)	bazy danych bazy metod pakiety programowe		→	→	→	→	→
Systemy automatyzacji biura (OAS)	programy specjalistyczne technologie komunikacyjne bazy danych		→	→	→	→	→
Systemy komputerowego projektowania (CAD)	programy specjalistyczne bazy danych		→	→	→	→	→
Systemy komputerowego wspomagania produkcji (CAM)	programy specjalistyczne		→	→	→	→	→
Systemy wspomagania decyzji (DSS)	bazy danych bazy metod bazy modeli			→	→	→	→
Systemy informacyjne szczebla strategicznego (EIS/ESS)	bazy danych bazy modeli oprogramowanie komunikacyjne				→	→	→
Systemy ekspertowe (ES)	bazy danych bazy metod bazy modeli bazy wiedzy				→	→	→

Źródło: A.Nowicki „Strategia doskonalenia systemu informacyjnego w zarządzaniu przedsiębiorstwem", Akademia Ekonomiczna Wrocław, 1999, s.33

Technologiczna rewolucja lat dziewięćdziesiątych XX wieku stworzyła zupełnie nową jakość w dziedzinie rozwoju systemów informacyjnych. Już na początku tej przełomowej dekady zidentyfikowano trzy nieznane wcześniej zjawiska, które są przyczyną coraz większego zapotrzebowania na informacje:[14]

1. Od zasięgu lokalnego przez narodowy do globalnego - ekspansja geograficzna przedsiębiorstw powoduje, że do zarządzania potrzeba znacznie więcej informacji niż kiedykolwiek.
2. Od potrzeb kupującego do jego pragnień - w miarę wzrostu dochodów konsumenci stają się coraz bardziej wybredni przy wyborze produktów, coraz trudniej jest przewidzieć ich reakcje na określone działania.
3. Od konkurencji cenowej do pozacenowej - w miarę wzrostu wykorzystania znaków firmowych, różnicowania produktu, reklamy i promocji sprzedaży wzrasta potrzeba informacji dotyczących skuteczności tych narzędzi.

Rewolucja informatyczna stała się oczywistą odpowiedzią na dynamicznie rosnący popyt informacyjny. Występująca złożoność problemów zarządzania spowodowała jednakże, iż możliwość swobodnego korzystania z uporządkowanych informacji znajdujących się w bazach danych okazała się niewystarczająca do podejmowania optymalnych decyzji rynkowych. Wyraźne wyeksponowanie funkcji zarządczych, sprawiło że w latach dziewięćdziesiątych wzrosło znaczenie systemów wspomagających decyzje w zarządzaniu.

Systemy wspomagania decyzji służą nie tyle automatycznemu podejmowaniu decyzji, ile merytorycznej ocenie problemów zarządzania. Pomoc w lepszym zrozumieniu istoty napotykanych sytuacji decyzyjnych jest rezultatem m.in. efektywniejszego przetwarzania informacji. J.D.C. Little definiuje tę klasę systemów jako „uporządkowane zbiory danych, systemy, narzędzia i techniki wraz z oprogramowaniem i sprzętem komputerowym, dzięki którym organizacja zbiera i interpretuje stosowne informacje z gospodarki otoczenia, przekształcając je w podstawę działania".[15] Omawiane systemy dostarczają decydentowi informacji w takiej formie, jaka jest dla niego najbardziej użyteczna. Systemy wspomagające decyzje były polecane przez badaczy już od lat siedemdziesiątych jako narzędzie planowania i podejmowania decyzji. Stały się pomocne m.in. przy projektowaniu badań, segmentacji rynku, ustalaniu cen i wydatków na reklamę, planowaniu działalności personelu sprzedaży. Mogą też służyć do zarządzania produktem w różnych fazach cyklu życia czy w ocenie powodzenia nowych produktów konsumpcyjnych.

1.2.3 Wymagania stawiane systemowi informacyjnemu

System informacyjny odgrywa zasadniczą rolę w sprawnym zarządzaniu, jest "specyficznym układem nerwowym organizacji, który łączy w jedną całość elementy systemu zarządzania".[16] Według G. Morgana „wszelkie aspekty funkcjonowania organizacji zależą od tego, czy innego rodzaju przetwarzania informacji", stąd można przyjąć, że „organizacje to systemy informacji"[17]. Aby wykonać stawiane przed nim zadania, system informacyjny musi spełniać szereg istotnych kryteriów oceny. Wymagania te mogą się zmieniać w zależności od konkretnych potrzeb użytkownika. Poszczególne kryteria mogą

być agregowane lub dezagregowane, określane wariantowo lub alternatywnie. Jak wykazuje praktyka gospodarcza, systemy informacyjne wykorzystywane w zarządzaniu przedsiębiorstwem muszą spełniać szereg wymagań.[18]

Jako podstawowe wymaganie opisujące sprawnie działający system pojawia się dostępność. Każdy użytkownik powinien mieć nieskrępowany dostęp do wszystkich zasobów informacyjnych potrzebnych do wykonywania nałożonych zadań i podejmowania decyzji. Ponadto użytkownik powinien uzyskiwać informacje aktualne. To, na ile informacja jest aktualna, zależy od obowiązującego horyzontu czasowego w danej sytuacji informacyjno-decyzyjnej. Dla klienta biura maklerskiego, który składa zlecenie telefoniczne podczas notowań ciągłych, aktualne notowanie wybranej spółki to notowanie z ostatniej chwili. Dla tego samego klienta, składającego zlecenie na rynku jednolitym, jest to notowanie z dnia poprzedniego. Kolejnym obszarem sprawności systemu jest jego rzetelność. Badania przeprowadzone wśród kadry kierowniczej wykazały, że prawdziwość i wiarygodność informacji stanowią podstawowy wymóg stawiany systemom informacyjnym. Przy braku informacji menedżer może wykorzystać swoje doświadczenie i intuicję. Oparcie się na informacji błędnej może stanowić bardzo duże zagrożenie w danej sytuacji decyzyjnej. Skutkiem ubocznym będzie obniżone zaufanie użytkownika do systemu informacyjnego. Informacje pochodzące z systemów informacyjnych i wykorzystywane do podejmowania decyzji marketingowych muszą cechować się kompletnością. Jest to różnica między informacją źródłową a informacją otrzymaną przez użytkownika. Miarą kompletności są straty informacyjne, które zachodzą w procesie przesyłania i przetwarzania informacji. Ponadto informacje zebrane z jednej dziedziny lub z dziedzin pokrewnych powinny umożliwiać przeprowadzenie analizy porównawczej. Jest to znacznie trudniejsze do realizacji na wyższych szczeblach zarządzania, gdzie korzysta się z informacji zagregowanej. Informacje źródłowe, zebrane na szczeblu elementarnym, są najbardziej przydatne do przeprowadzenia porównań.

Wymóg niezawodności stawiany przed systemami informacyjnymi zależy od specyfiki danej organizacji i może mieć charakterystykę ilościową bądź jakościową. Niezawodność systemu jest iloczynem zawodności wszystkich powiązanych szeregowo elementów. Systemy informacyjne muszą oferować możliwość sprawnego przetwarzania informacji. Wymóg ten jest bardzo mocno uzależniony od możliwości oferowanych przez nowoczesną technologię informacyjną. Nie wszystkie bowiem informacje mogą być w systemie przetwarzane. Istniejące w organizacji zasoby informacyjne nie zawsze mogą być absorbowane przez system, np. informacje przedstawione w zapisie graficznym lub audio. Wymóg elastyczności wynika wprost z założenia o zdolności systemów cybernetycznych do samoregulacji, czyli do reagowania na zmiany zachodzące zarówno wewnątrz organizacji, jak i w jej otoczeniu. Elastyczność systemu polega na zdolności do przyswojenia informacji

pochodzących z rozmaitych nadajników i mających różną postać oraz na zdolności dostosowywania się do stale zmieniających się potrzeb użytkowników. Systemy informacyjne muszą gwarantować pewien poziom wydajności, który jest rozumiany jako zdolność systemu do przesyłania i przetwarzania w sensie fizycznym określonej ilości informacji w danej jednostce czasu. Wszystkie systemy informacyjne podlegające wdrożeniu muszą być zgodne z założonymi kryteriami ekonomicznymi. Jest to wiązka kryteriów związanych z efektami i kosztami projektowania i eksploatacji systemu. Obejmuje wymaganie odzwierciedlające sytuację ekonomiczną danego użytkownika.

Naturalnym wymaganiem, któremu powinien sprostać system informacyjny jest pożądany czas reakcji systemu. Wymóg ten określa, jak długo użytkownik musi czekać na odpowiedź na zadane pytanie. Kryterium to zyskuje na znaczeniu wraz z rozwojem transakcji dokonywanych w systemie *on-line.* Zamiennie stosowane jest kryterium terminowości *(on time),* przejawiające się wymaganiem dostarczenia potrzebnych informacji w określonym uprzednio terminie. Systemy informacyjne muszą być zaprojektowane tak aby zapewniały odpowiedni poziom szczegółowości. Jest to wymóg dotyczący detalizacji informacji, jaką musi zapewnić eksploatowany system informacyjny. Systemy informacyjne zarządzania muszą wykazywać stabilność, czyli odporność systemu na zakłócenia wewnętrzne i zewnętrzne.

Pewne grupy użytkowników, np. decydenci najwyższego szczebla zarządzania, wymagają, aby system był zdolny do zaspokojenia ich potrzeb przed potrzebami innych użytkowników. Również pewne rodzaje informacji, np. informacje alertowe, powinny mieć pierwszeństwo dostarczenia. Jest to wymóg priorytetowości. Informacje z pewnych obszarów działania organizacji, np. finanse czy polityka kadrowa, nie powinny być przeznaczone do szerokiego rozpowszechniania. System powinien zapewnić tym informacjom specjalną ochronę, powinien zabezpieczać poufność przekazywanych informacji.

Systemy informacyjne zarządzania muszą być odpowiednio zabezpieczone przez możliwością utraty danych oraz zapewniać możliwości odzyskania przypadkowo utraconych danych. Bardzo istotny jest wymóg związany z łatwością użytkowania systemu. Kryterium to, jakkolwiek trudne do wyrażenia ilościowego, jest bardzo istotne dla użytkownika. Bardzo częstym zjawiskiem jest niechęć użytkownika do nowoczesnych systemów informacyjnych, gdyż są one znacznie trudniejsze do opanowania niż system już eksploatowany.

1.3 Charakterystyka informacji zarządczej

Reguły gospodarki rynkowej zaostrzają wśród przedsiębiorców walkę o klienta oraz intensywną rywalizację z konkurencją. Większość przedsiębiorstw uświadamia sobie, że aby osiągnąć pożądany rezultat rynkowy należy nie tylko zaspokajać potrzeby klientów, lecz robić to lepiej niż konkurencja. W naturalny sposób wzmaga to

działania rynkowe i eksponuje potrzebę dysponowania informacjami o klientach, innych uczestnikach rynku i procesach rynkowych. Informacja zaczyna być często postrzegana jako jeden z najcenniejszych zasobów, a jej gromadzenie i przetwarzanie stanowi podstawę do podejmowania decyzji strategicznych i formułowania strategii. Aktualnie, oprócz ziemi, pracy i kapitału, informacja jest czwartym czynnikiem produkcji, przyczyniającym się do osiągania zaplanowanych efektów gospodarczych. Informacja jest jednocześnie postrzegana jako zasób ekonomiczny niezbędny do funkcjonowania i rozwoju każdego państwa czy gospodarki narodowej.

Bez wątpienia informacja jest dziś nowym, pożądanym przedmiotem wymiany. Jest wytwarzana, przechowywana i przekazywana w wyniku działań noszących wszelkie znamiona procesów produkcyjnych. Wytwarzanie i alokacja tego niematerialnego zasobu stały się sferą aktywności gospodarczej, która przynosi wymierne efekty ekonomiczne. Waga rynku informacji we współczesnej ekonomii stale rośnie.

1.3.1 Pojęcie informacji

Generalnie, rola informacji sprowadza się do redukcji niepewności i zapewnienia poprawności podejmowanych decyzji. Informacje są więc nieodzownym elementem każdego procesu decyzyjnego. Informacja jest podstawowym zasobem każdej organizacji. Występuje wiele różnych definicji informacji. Analizę można rozpocząć od przytoczenia znaczenia pojęcia informacja wg Encyklopedii powszechnej PWN, która mówi, iż pojęcie to pochodzi z łaciny a oznacza obiekt abstrakcyjny, który w postaci zakodowanej (tzw. danych) może być przechowywany (na nośniku danych), przesyłany (np. dzięki wykorzystaniu głosu, fali elektromagnetycznej, prądu elektrycznego), przetwarzany (w trakcie wykonywania) i użyty do sterowania (np. komputer stosuje program będący zakodowaną informacją).[19]

Według R.W.Griffina „informacja składa się z danych, które zostały zebrane, przetworzone lub wykorzystane w inny sposób (np. użyte jako baza dla prognozowania czy też podejmowania decyzji) dla celów informacyjnych czy wnioskowania”.[20] Inna definicja podana przez J.Kisielickiego i H.Srokę mówi, że „informacja jest to taki rodzaj zasobów, który pozwala na zwiększenie naszej wiedzy o nas i otaczającym nas świecie”.[21] Można znaleźć także definicję, mówiącą, iż informacja „jest to pewna treść będąca opisem, poleceniem, nakazem lub zakazem, przekazywana w jakikolwiek sposób od nadawcy do odbiorcy”.[22] Według J. Penca informacja „jest to pojęcie wiadomości, które oznacza wszystko to co ktoś wie o określonym podmiocie lub określonej dziedzinie. Tak więc informacja to dowolna wiadomość, na podstawie której jej odbiorcy podejmują określone działania. W praktyce natomiast najczęściej informacja to dane i wiadomości odpowiednio przeanalizowane i uporządkowane, służące określonemu celowi”.[23] L. Żabiński określa informację rynkową jako

„wszelką treść w określonej formie, przekazywaną z rynku bądź na rynek, będącą meldunkiem, opisem, zaleceniem, decyzją uczestnika rynku, dotyczącą rynku i ogółu zjawisk ekonomicznych z nim związanych.[24]

Informacja była zawsze integralną częścią pracy każdego przedsiębiorcy. Jej znaczenie, potrzeba zarządzania nią, z upływem lat wzrastała, a dziś właściwie zinterpretowana ma decydujący wpływ na większość podejmowanych decyzji. Aby ocenić rolę informacji w pracy przedsiębiorcy należy poznać istotę zarządzania informacją. Zważywszy, że informacja jest ważną częścią komunikacji, zarządzanie i informacja muszą być ze sobą ściśle związane. Samo zarządzanie informacją można sobie wyobrazić jako szereg kroków obejmujących odbiór, przetwarzanie i upowszechnianie informacji. Przedsiębiorca jest nieustannie bombardowany danymi i informacjami. W czasie normalnego dnia pracy otrzymuje ogromną ich ilość z formalnych i nieformalnych rozmów, spotkań, rozmów telefonicznych, obserwacji osobistych, publikacji fachowych itp. Następnie dokonuje analizy, ponieważ zebrane dane i wynikające z nich wiadomości często nie nadają się do bezpośredniego wykorzystania w procesie decyzyjnym. Należy bardzo mocno podkreślić rolę i znaczenie pracy przedsiębiorcy, bez którego same systemy niewiele mogły by wpłynąć na rozwój czy też utrzymanie aktualnej kondycji przedsiębiorstwa.

Pojęcie informacji różni się od pojęcia danych, dane są pojmowane jako pojęcie pierwotne w stosunku do informacji. Dane definiuje się jako wiadomości, których decydent nie ocenił jeszcze ze względu na ich przydatność do rozwiązania określonego problemu, obejmują fakty i liczby, które nie są aktualnie wykorzystywane w procesie podejmowania decyzji. Mają one zazwyczaj formę rejestrów historycznych, wypełnianych bez specjalnych intencji co do ich natychmiastowego wykorzystania do podejmowania decyzji.[25] Zatem dane mogą z powodzeniem być przetwarzane z wykorzystaniem sprzętu komputerowego a użytkownik otrzyma te dane w postaci uporządkowanych zbiorów.

Obowiązkiem każdego przedsiębiorcy jest dokonanie redukcji danych. Redukcja jest procesem przygotowania surowych danych do analizy. Surowe dane mają najczęściej postać wypełnionych kwestionariuszy, dzienników panelowych, zapisanych testów, sprawozdań z przebiegu eksperymentu, czy danych pochodzących ze źródeł wtórnych.[26] W procesie redukcji surowe dane podlegają weryfikacji, selekcji, klasyfikacji. Wszystkie wymienione czynności nie muszą jednak występować w każdym przypadku czy też w wskazanej kolejności.

Weryfikacja obejmuje ustalenie, jaką wartość mają zebrane dane oraz eliminację materiałów uznanych za wątpliwe ze względów metodologicznych.[27] Zapisy w kartach kwestionariuszy czy dziennikach mogą być mało czytelne, fikcyjne, niejednoznaczne, niekompletne, nieadekwatne. Weryfikacja to również sprawdzanie zgodności

sposobów zbierania danych z przyjętym planem oraz wnoszenie niezbędnych poprawek i uzupełnień.

Selekcja polega na wyborze danych niezbędnych dla weryfikacji hipotez. Po dokonaniu selekcji surowych danych porządkuje się je według stopnia ważności.[28] W efekcie uzyskuje się dane o znaczeniu pierwszorzędnym, drugorzędnym itd. Dane pochodzące ze źródeł wtórnych grupuje się według kryteriów zgodnych z celami badawczymi. Mogą to być kryteria: ekonomiczne (np. ceny, wielkość sprzedaży, wielkość konsumpcji), demograficzne (np. zaludnienie, wiek, zawód) czy psychospołeczne. W przypadku źródeł pierwotnych, klasyfikacji dokonuje się najczęściej w trakcie tworzenia instrumentu pomiaru. Jedynie odpowiedzi na pytania otwarte (ankiety, wywiady) wymagają stosowania tej czynności.

Klasyfikacja surowych danych daje dwie główne korzyści: redukuje liczbę pozycji podlegających analizie oraz umożliwia stosowanie metod ilościowych dla analizy danych jakościowych .[29] Po przeprowadzeniu redukcji, dane przenoszone są zwykle do baz danych, gdzie przyjmują postać szeregów statystycznych. Przedsiębiorca niektóre informacje zatrzymuje do ewentualnego dalszego użycia, podczas gdy inne grupuje tak, by utworzyły nową informację. Pozostałych używa natychmiast bądź przekazuje innym, a te, które są nieprzydatne odrzuca.

I w taki sposób wyodrębniona zostaje przydatna informacja, która cechuje się następującymi właściwościami: jest obiektywna, czyli niezależna od obserwatora, przejawia cechę synergii, jest różnorodna, jest zasobem niewyczerpalnym, może być powielana i przenoszona w czasie i przestrzeni, można ją przetwarzać, nie powodując jej zużycia, ta sama informacja ma różne znaczenie dla różnych użytkowników (subiektywność ocen), każda jednostkowa informacja opisuje obiekt tylko ze względu na jedną jego cechę. [30]

Najbardziej pożądaną przez przedsiębiorcę jest „dobra" informacja. Takim mianem określane są informacje, które spełniają kryterium aktualności, kompletności i odpowiedniości.[31] Aktualna informacja musi być dostępna wtedy, kiedy może być podstawą działań decydenta. Nie musi to wcale oznaczać, że powinna być dostarczona szybko (choć jest to wskazane). Aktualność jest funkcją sytuacji, w której znajduje się osoba podejmująca decyzję. Informacja kompletna dostarcza wszelkich potrzebnych faktów i szczegółów. Obraz sytuacji powinien być pełny jeżeli informacja ma być użyteczna. Jeśli informacja jest niepełna, decydent może sobie wyrobić niedokładny lub zniekształcony obraz rzeczywistości. Natomiast informacja odpowiednia to informacja użyteczna dla podejmującego decyzję, w zależności od jego konkretnych potrzeb i warunków. Np. menedżerowie ds. produkcji potrzebują informacji na temat kosztów i wydajności, menedżerowie zasobów ludzkich - informacji na temat zapotrzebowania na siłę roboczą, a menedżerowie ds. marketingu - prognoz sprzedaży i cen.

Pewnym szczególnym rodzajem informacji jest informacja zarządcza, pozwalająca na realizację podstawowych funkcji zarządzania: planowania, organizowania, przewodzenia i kontrolowania. Informacja zarządcza pozwala na wyodrębnienie z szeroko rozumianego zbioru informacji takie, które stają się potrzebne w procesie zarządzania, przez co ma bezpośredni wpływ na proces decyzyjny w organizacji. W ten sposób można zredukować niepewność określonego działania w organizacji oraz zapewnić poprawność podejmowanych decyzji. Informacja zarządcza sprzyja rozwijaniu się procesu uczenia się organizacji oraz dostosowywania się do stale zmieniających się warunków otoczenia. Informacja zarządcza rozumiana jest przede wszystkim jako ta, która stale związana jest z realizacją funkcji zarządzania oraz pozwala na podjęcie decyzji na różnych szczeblach zarządzania.

1.3.2 Klasyfikacja rodzajów informacji

Każde przedsiębiorstwo wykorzystuje komplety różnych informacji. Ich uporządkowanie jest możliwe poprzez zastosowanie różnego typu klasyfikacji. Główne rodzaje informacji uzyskane przy najczęściej stosowanych kryteriach zebrano w tabeli 1.

Tabela 2. Główne rodzaje informacji

Kryterium klasyfikacji	**Rodzaje informacji**
Pochodzenie	• informacje zewnętrzne • informacje wewnętrzne
Rodzaje pomiarów badawczych	• informacje pierwotne • informacje wtórne
Forma	• informacje jakościowe występujące zazwyczaj w postaci opisów, charakterystyk; • informacje ilościowe mające postać cyfr lub symboli;
Czas uzyskania	• informacje dawne, bieżące, prognostyczne
Częstotliwość zbierania	• informacje zbierane w określonym czasie np. dzienne, miesięczne, kwartalne, roczne itp.
Sposób wykorzystania	• informacje decyzyjne, kontrolne, planistyczne itp.
Zakres ogólności	• informacje szczegółowe, zagregowane, podsumowujące itp.
Zakres opisu	• informacje makroekonomiczne; • informacje mikroekonomiczne.

Źródło: J. Kramer, „Badania rynkowe i marketingowe ", PWE, Warszawa, 1994, s.92.

Stosując jako kryterium klasyfikacji miejsce powstania informacji, można wyróżnić informacje wewnętrzne, dostępne w przedsiębiorstwie, które je wytwarza, informacje zewnętrzne, dostępne tylko w otoczeniu przedsiębiorstwa, które z niego korzysta oraz informacje pozyskiwane z obu źródeł.

Główne typy informacji zidentyfikowane według miejsca powstania informacji przedstawia tabela 2.

Tabela 3. Główne typy informacji według miejsca ich powstania

TYP INFORMACJI	PRZYKŁADY INFORMACJI
wewnętrzne	1. wielkość sprzedaży przedsiębiorstwa w przekroju produktów, rynków 2. wielkość realizowanych dostaw przekroju produktów, rynków 3. poziom zapasów 4. poziom i struktura kosztów w przekroju produktów 5. potencjał przedsiębiorstwa
zewnętrzne	1. wielkość konkurentów 2. wielkość i struktura kosztów konkurentów 3. pojemność różnych segmentów rynku 4. zachowania nabywców na rynku 5. poziom i struktura dochodów nabywców 6. struktura rynku i stopień konkurencyjności 7. uwarunkowania otoczenia politycznego
wspólne	1. udział w rynku 2. udział w kosztach obsługi danego rynku 3. pozycja rynkowa firmy 4. zaufanie do znaku firmowego

Źródło: J.K.Smith, ,,Technologia informacyjna", Warszawa, 1999, str. 36.

Informacje o niezbędnych faktach i zdarzeniach dla weryfikacji ich wiarygodności mogą pochodzić zarówno ze źródeł pierwotnych, uzyskiwanych z bezpośrednich pomiarów w trakcie badań, których podstawowym celem jest dostarczenie informacji koniecznych do podjęcia danej decyzji, jak i wtórnych (wewnętrznych i zewnętrznych), dostępne w postaci danych już wcześniej przetworzonych na określone potrzeby badawcze, np. wyniki badań, znajomość marek głównych producentów wśród klientów, dane statystyczne na temat wielkości produkcji określonej branży przemysłowej; obejmujących informacje już istniejące, zebrane dla realizacji innych celów.[32]

Przedstawiony podział ma istotne znaczenie z punktu widzenia kosztów pozyskiwania informacji. Ponieważ informacje pochodzące ze źródeł pierwotnych są zdecydowanie droższe, należy je pozyskiwać wtedy, gdy informacje ze źródeł wtórnych nie zawierają danych koniecznych z punktu widzenia minimalizowania ryzyka podjęcia decyzji nietrafnej. Dokładniejsza informacja zmniejsza ryzyko, lecz opóźnienie czasowe związane z jej pozyskaniem i ponoszone koszty powodują, że zwiększenie informacyjnej podstawy decyzji może okazać się nieopłacalne.

Podstawowe informacje ze źródeł wtórnych powinny pochodzić z własnej ewidencji i sprawozdawczości prowadzonej w przedsiębiorstwie. Można je czerpać z kartotek, faktur, sprawozdań, korespondencji handlowej, okresowych analiz itp. Najbogatszym

źródłem wtórnych informacji jest księgowość, która rejestruje całość operacji gospodarczych przedsiębiorstwa. Dane na temat: kosztów, wielkości sprzedaży, zakupów, zapasów, zamówień w różnych przekrojach, przepływów pieniężnych, zobowiązań i należności obejmują cały zakres działania firmy. Cenne źródła wtórne znajdują się w działach ogólnohandlowych i ekonomicznych. Są to głównie korespondencja handlowa, zbiory dokumentów transakcyjnych, opracowania na temat reklamacji, sprawozdania biur radców handlowych. Racjonalizacja kosztów pozyskiwania informacji powinna skłaniać przedsiębiorstwa do porządkowania wewnętrznych systemów informacji, zgodnie z wymaganiami i potrzebami rozwiązywania problemów.

Rodzaj, zakres i jakość informacji pochodzących z zewnętrznych źródeł wtórnych zależą od poziomu rozwoju instytucji tworzących informacyjną infrastrukturę rynku, należą do nich organy statystyki państwowej (GUS), instytucje samorządu gospodarczego, (izby gospodarcze, zrzeszenia branżowe, związki producentów i handlowców), organy państwowej i samorządowej administracji gospodarczej i ich agendy, banki i inne instytucje obsługujące rynek, przedsiębiorstwa konkurujące i kooperujące, instytucje naukowe.[33]

W krajach wysoko rozwiniętych większość powyższych instytucji publikuje i udostępnia wyniki swoich badań i analiz nieodpłatnie lub po cenach preferencyjnych. W warunkach polskich możliwości dotarcia do zewnętrznych źródeł wtórnych są zróżnicowane. Poza tym, dane uzyskane ze źródeł wtórnych, często posiadają ograniczoną przydatność badawczą ponieważ gromadzono je dla innych celów i w odmiennych warunkach od tych, w których prowadzone jest badanie. Częstym brakiem są również odmienność klasyfikacji danych i związana z tym ich nieporównywalność, fakt świadomego fałszowania danych a także ustalenie tendencji na podstawie danych niekompletnych bądź uzyskanych na zmiennych próbach.

Jeżeli informacje wtórne nie stwarzają dostatecznej podstawy dla rozwiązania problemów decyzyjnych, konieczne jest uzyskanie informacji pierwotnych. Prowadzenie badań na poziomie profesjonalnym wymaga znajomości specjalistycznych metod i technik a także doświadczenia praktycznego. Brak odpowiednio kwalifikowanego personelu w przedsiębiorstwie powinien skłaniać do powierzenia wykonania badań wyspecjalizowanym firmom. Aby takie zlecenie przyniosło oczekiwane efekty, zleceniodawca powinien w sposób szczególny zwrócić uwagę na precyzyjne sformułowanie problemu, który ma zostać rozwiązany, oszacowanie rodzaju i ilości koniecznych informacji, porównanie kosztów uzyskania informacji z ich użytecznością.

Do najczęściej spotykanych sposobów zdobywania informacji pierwotnych od poszczególnych obiektów badania należą: obserwacje, wywiady, ankiety, eksperymenty i testy.[34] Obserwacja polega na niezauważalnym, ukierunkowanym, zamierzonym systematycznym postrzeganiu badanych obiektów w ich naturalnych warunkach. Obserwacja

skategoryzowana wykorzystuje określone narzędzia systematyzujące jak np.: kwestionariusz, schemat, norma. Obserwacja nieskategoryzowana nie wykorzystuje takich narzędzi, co nie oznacza, że należy utożsamiać ją z tzw. obserwacją żywiołową. Jest to bowiem obserwacja planowana, która przebiega w sposób, jaki prowadzący badanie uzna za właściwy w każdym konkretnym przypadku. W trakcie obserwacji bezpośredniej prowadzący badanie nie tylko zbiera odpowiednie informacje, ale także ma możliwość sprawdzania ich wiarygodności, przez odwołanie się do innych metod badawczych, np. wywiadu, eksperymentu. W trakcie obserwacji pośredniej badający nie uczestniczy w zbieraniu danych i nie ma wpływu na ich powstanie, ograniczając się do wykorzystania dla swoich celów informacji wcześniej zgromadzonej. W trakcie obserwacji jawnej badane obiekty, chociaż nie są poinformowane o celach czy przedmiocie badań, maja świadomość, że są przedmiotem zainteresowania obserwatora. Może to powodować pojawienie się fałszywych danych, będących efektem nieadekwatnych zachowań obiektów. Z tego względu bardziej wskazane jest posługiwanie się obserwacją ukrytą, która przyjmuje naturalne warunki otoczenia obiektów, bez uświadamiania im, że podlegają procesowi obserwacji.

Wywiad to rozmowa kierowana, w toku której badający chce uzyskać od udzielającego odpowiedzi (respondenta) określone informacje. Wywiad jest w zasadzie badaniem jednorazowym, przeprowadzonym w sposób sporadyczny. Uwzględniając sposób przeprowadzenia rozmowy, możemy wyróżnić trzy typy wywiadów. Wywiad skategoryzowany jest prowadzony według wcześniej przygotowanego kwestionariusza. Wywiad częściowo skategoryzowany polega na tym, że badający korzysta z wykazu problemów koniecznych do poruszenia w trakcie rozmowy. Wywiad nieskategoryzowany prowadzony jest w sposób swobodny. Badający ma pełną inicjatywę co do tego w jaki sposób prowadzić rozmowę, jakie stawiać pytania. Badanie ankietowe to typ wywiadu (wywiad pisemny), w którym istotną rolę ogrywa przemyślany, z góry ustalony zestaw pytań skierowany do wybranej grupy respondentów. W odróżnieniu od kwestionariusza stosowanego w skategoryzowanym wywiadzie, ankietę wypełnia respondent bez udziału badacza. Rola badającego ogranicza się do opracowania ankiety, jej rozprowadzenia, wskazania sposobu jej zwrotu oraz zebrania zebranych ankiet.

Eksperyment polega na badaniu zjawisk wywołanych przez badającego w kontrolowanych przez niego warunkach. Ze względu na sposób przeprowadzenia eksperymentu i jego charakter można wyróżnić dwa rodzaje eksperymentu: laboratoryjny i naturalny. Eksperyment laboratoryjny to badanie, w którym stworzona zostaje wyizolowana (sztuczna) sytuacja dla dobranego zespołu obiektów badawczych w oparciu o hipotetycznie zestawione zmienne. Zachowania badanych obiektów są kształtowane przez badającego a celem eksperymentu jest stwierdzenie, czy dane zmienne maja istotnie taki wpływ na zachowanie obiektów, jaki im się przypisuje. Eksperyment naturalny to badanie, w którym

kształtowane są warunki jego przebiegu. Istotną cechą tego eksperymentu jest pozostawienie obiektów w ich środowisku naturalnym w czasie prowadzenia badania, co pozwala obserwować ich zachowania w warunkach odzwierciedlających rzeczywiste sytuacje rynkowe.

Testy należą do szerszej grupy technik projekcyjnych, będących podstawową grupą metod stosowanych w badaniach motywacyjnych. Celem ich jest dotarcie do osobowości, postaw i motywów działania badanych osób, na podstawie tego, co mówią lub piszą o innych ludziach, sytuacjach, zdarzeniach. Test skojarzeń słownych polega na spontanicznym i szybkim wypowiadaniu słów kojarzonych przez badanego ze słowem podanym przez badającego. Wypowiedziane skojarzenie może mieć znaczenie zbliżone, przeciwne lub dodatkowe. Test uzupełnienia zadań polega na "opowiadaniu" przez badanego niekompletnego zdania. Test składa się najczęściej z odpowiedniego zestawu nie dokończonych zadań, odpowiednio dobranych i uszeregowanych mających na celu pobudzić wyobraźnię badanego.

W tabeli 4 zebrano główne źródła, z których przedsiębiorstwa pozyskują informacje oraz ich znaczenie w procesie podejmowania decyzji. [35]

Tab. 1. Częstotliwość wyboru znaczenia różnych źródeł informacji marketingowych w małych i dużych przedsiębiorstwach usługowych (dane w %)

Wyszczególnienie		Znaczenie wyszczególnionych źródeł informacji				
		Kluczowe	Bardzo ważne	Istotne	Marginalne	Bez znaczenia
Własne badania marketingowe	M	20,9	18,3	24,5	10,0	26,3
	D	21,0	21,6	25,8	11,6	20,0
Badania zlecone wyspecjalizowanym agencjom	M	0,9	3,7	7,5	9,3	78,6
	D	3,9	11,2	12,9	17,9	54,1
Gotowe informacje z różnych źródeł zewnętrznych	M	7,4	22,8	36,4	16,7	16,7
	D	6,4	31,0	39,0	11,8	11,8
Własne dane ewidencyjne	M	26,0	33,7	27,7	3,9	8,7
	D	20,7	43,9	22,2	5,3	7,9
Własne doświadczenie i intuicja	M	51,2	28,0	14,4	3,2	3,2
	D	40,7	35,6	15,5	4,6	3,6

Uwaga: M – małe przedsiębiorstwa, D – duże przedsiębiorstwa

W tabeli 5 zebrano te źródła informacji, które dla przedsiębiorstw mają kluczowe znaczenie. Jak łatwo zauważyć zarówno małe jak i duże przedsiębiortswa najczęściej bazują na własnym doświadczeniu i intuicji, drugim w kolejności źródłem informacji jest własna ewidencja.

Tabela…. Częstotliowość wyboru poszczególnych źródeł informacji (dane w %).

Wyszczególnienie	**Typy przedsiębiorstwa**	
	Małe	**Duże**
Własne badania marketingowe	18,4	18,0

Badania zlecone wyspecjalizowanym agencjom	2,2	6,4
Gotowe informacje z różnych źródeł zewnętrznych	14,2	15,8
Własne dane ewidencyjne	28,0	27,05
Własne doświadczenie i intuicja	37,2	32,3
Razem	100,0	100,0

Na podstawie [Rawski Marek]

Z przedstawionych wyników badania wynika, że generalnie znaczenie poszczególnych źródeł informacji marketingowej, tak dla małych, jak i dużych przedsiębiorstw jest takie samo. Zdecydowanie dominuje własne doświadczenie i intuicja, a najmniejsze znaczenie mają badania zlecane wyspecjalizowanym agencjom. Zastanawia względnie niskie znaczenie, dla obu typów przedsiębiorstw, gotowych informacji pochodzących z różnych źródeł zewnętrznych. Z tych źródeł korzysta średnio co piąte duże przedsiębiorstwo i co szóste małe przedsiębiorstwo.

Kolejnym kryterium klasyfikacji informacji jest określenie strony rynku, których informacje dotyczą. I tak informacje mogą dotyczyć strony sprzedawców i strony nabywców. Podstawą wyodrębnienia powyższych grup informacji są końcowe akty kupna-sprzedaży. Do nabywców zalicza się aktualnych i przyszłych konsumentów, natomiast do sprzedawców tych, u których finalni nabywcy dokonują zakupów. W obrębie informacji po stronie sprzedawców można wyróżnić informacje o sprzedaży, informacje o kosztach związanych ze sprzedażą, wielkość sprzedaży ogółem i w przekroju poszczególnych produktów, rynków, kanałów dystrybucji, rodzajów punktów sprzedaży, udział w rynku, zaufanie do znaku firmowego, pozycja przedsiębiorstwa na rynku, wielkość sprzedaży głównych konkurentów w różnych przekrojach.[36]

Informacje o zachowaniu nabywców obejmują dane o ich wzorcach postępowania na rynku. Identyfikacja tych wzorców obejmuje głównie lojalność wobec znaku firmowego, reakcje na reklamę i inne środki marketingowego oddziaływania przedsiębiorstwa, zachowanie przed zakupem oraz właściwości zachowań przy zakupie. [37]

1.3.3 Użytkownicy oraz zakres potrzeb informacyjnych

Użytkownikami informacji w przedsiębiorstwie są różne jednostki, a pogrupować je można zgodnie z poziomami zarządzania. Poziom strategiczny związany jest z działalnością kierownictwa organizacji. Decyzje zapadające na tym poziomie to: kreowanie misji firmy, jej celów, tworzenia strategii oraz koordynowanie przebiegu całości działań, podejmowane są decyzje o dużej wadze zarówno finansowej jak i prestiżowej, gdzie efekty są obserwowane w długim okresie. Poziom taktyczny – na tym poziomie zapadają decyzje średnioterminowe, mające służyć realizacji planów i celów strategicznych poprzez wprowadzanie programów działania możliwie obiektywnych i

ekonomicznych. Poziom operacyjny, czyli najniższy poziom zarządzania. Realizowane są tu bieżące, operacyjne działania firmy.

W każdym z wymienionych poziomów zarządzania zidentyfikować można odmienne zadania, a co za tym idzie odmienne potrzeby informacyjne. Przykładowe rodzaje zadań decyzyjnych, uzależnionych od poziomu zarządzania w organizacji przedstawia tabela 5.

Rola działań decyzyjnych w hierarchii organizacyjnej jest zmienna i zależy głównie od rodzaju prowadzonej działalności oraz od profilu przedsiębiorstwa. W przedsiębiorstwach sprzedających produkty masowej konsumpcji funkcje marketingowe uznawane są za wiodące, a kierownictwo tego działu wywiera dominujący wpływ na całą działalność firmy. Natomiast w przemyśle ciężkim wiodącą rolą pełnią działy produkcji i finansów, a działalność marketingowa jest ograniczona do funkcji sprzedaży.[38]

Tabela 4. Przykłady zadań decyzyjnych w zależności od poziomu zarządzania

POZIOMY ZARZĄDZANIA	**ZADANIA**
strategiczny	• wybór produktów oraz rynków o znaczeniu podstawowym • określenie długofalowych celów w odniesieniu do produktów/rynków • opracowanie strategii marketingowej
taktyczny	• opracowanie planów marketingowych • opracowanie prognoz sprzedaży • ustalenie charakterystyki narzędzi środków marketing-mix
operacyjny	• kontrola budżetów przeznaczonych do realizacji określonych zadań • zarządzanie zamówieniami: przygotowywanie kosztorysów zamówień, promocja sprzedaży, przyjmowanie zamówień, ustalanie terminów realizacji; • przygotowanie dostaw: przygotowanie wysyłanych partii, opracowanie klas dostaw, wysyłka; • fakturowanie zamówień: wystawianie faktur, określanie terminów i warunków płatności, rozpatrywanie reklamacji.

Źródło: J.Unold, „Systemy informacyjne marketingu", Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, 2001, s.58

Rola działań decyzyjnych w hierarchii organizacyjnej jest zmienna i zależy głównie od rodzaju prowadzonej działalności oraz od profilu przedsiębiorstwa. W przedsiębiorstwach sprzedających produkty masowej konsumpcji funkcje marketingowe uznawane są za wiodące, a kierownictwo tego działu wywiera dominujący wpływ na całą działalność firmy. Natomiast w przemyśle ciężkim wiodącą rolą pełnią działy produkcji i finansów, a działalność marketingowa jest ograniczona do funkcji sprzedaży.[39]

Tabela 6 przedstawia cechy i sposoby wykorzystania informacji rynkowej w zależności od poziomu zarządzania.

Tabela 5. Cechy i sposoby wykorzystania informacji rynkowej w zależności od poziomu zarządzania

cechy podejmowanych decyzji	przykłady decyzji	cechy informacji	zakres i dokładność informacji		wykorzystanie informacji
poziom zarządzania strategiczny					
☑ długi horyzont czasowy (od kilku miesięcy do kilku lat) ☑ szeroki zakres przedmiotów i zadań ☑ problemy trudne do zdefiniowania ☑ duży stopień niepewności i ryzyka ☑ oparte na subiektywnych ocenach i kreatywności	☑ planowanie nowych produktów, inwestycji kapitałowych, zakupów czy fuzji firm	☑ w dużym stopniu oparta na źródłach zewnętrznych, wtórnych i pierwotnych ☑ szeroki zakres przedmiotowy ☑ zazwyczaj o charakterze jakościowym ☑ niekompletna i temporalna ☑ niedostępna od razu	zagregowana (ogólna z licznymi analizami)	niska dokładność	☑ programy rynkowe ☑ trendy społeczno-polityczne ☑ szanse i ograniczenia prawne i technologiczne ☑ wybór długofalowej strategii finansowej i marketingowej (rynki i oferty)
poziom zarządzania taktyczny					
☑ średni horyzont czasowy (od tygodnia do miesięcy) ☑ zawężony zakres przedmiotowy i zadaniowy decyzji ☑ ogólnie określone problemy decyzyjne ☑ ograniczony stopień ryzyka, niewielki zakres rozstrzygnięć interpretacyjnych i kreatywnych	☑ ustalenie polityki cenowej, zdolności produkcyjnych, przygotowanie budżetów firmy, zawieranie transakcji zakupów	☑ oparta zarówno na źródłach zewnętrznych, jak i wewnętrznych – wtórnych i pierwotnych ☑ jakościowo-ilościowa ☑ kompletna i zaktualizowana ☑ dostępna po przetworzeniu danych	ogólno-szczegółowa z licznymi analizami	średnia dokładność	☑ analiza kosztów i sprzedaży, pomiar zdolności produkcyjnych, raporty i zestawienia sumaryczne ☑ uruchomienie nowego produktu, ustalenie jego ceny, organizacji promocji i sprzedaży
poziom zarządzania operacyjny					
☑ powtarzalna ☑ krótki horyzont czasowy (od godzin do dni) ☑ mały zakres przedmiotowy i zadaniowy decyzji ☑ szczegółowo określone cele i reguły podejmowania decyzji	☑ harmonogram produkcji i dystrybucji produktów/usług oraz naprawy i konserwacji maszyn i urządzeń, opiniowanie zakupów	☑ w większości oparte na źródłach wewnętrznych ☑ wąski zakres przedmiotowy ☑ najczęściej o charakterze ilościowym ☑ bardzo dokładna i szczegółowa ☑ natychmiast dostępna ☑ wszechstronna	szczegółowa mało analiz	wysoka dokładność	☑ zamówienia, kontrola jakościowa terminów dostaw, wysyłka i dystrybucja

Źródło: T.Domański, P.Kowalski, „Marketing dla menedżerów”, PWN, Łódź, 2000, s.72

Jak dowodzi praktyka, na najwyższym, strategicznym poziomie zarządzania potrzebne są informacje najtrudniejsze do zdobycia i dalszego przetwarzania. Potwierdza to analiza typowego zestawu cech opisujących informację. Dowolna informacja może być scharakteryzowana przez źródło jej pochodzenia, zakres tematyczny, stopień agregacji, obejmowany horyzont czasu, związek z teraźniejszością, dokładność, częstotliwość jej wykorzystania.[40] Osoby podejmujące decyzje strategiczne najczęściej muszą korzystać z informacji pochodzących ze źródeł zewnętrznych, o bardzo szerokim zakresie, wysokim stopniu agregacji, zorientowanych na przyszłość, niekoniecznie najnowszych, niekoniecznie zbyt dokładnych i wykorzystywanych rzadziej niż na niższych szczeblach zarządzania.[41]

I odpowiednio, przechodząc w dół w hierarchii zarządzania, potrzebuje się informacji pochodzących z samej firmy, o coraz węższym zakresie i mniejszym stopniu agregacji, opisujących zdarzenia z przeszłości i zdarzenia bieżące. Są to informacje o coraz większym stopniu dokładności, bardzo często wykorzystywane.

Ponieważ potrzeby informacyjne są pochodną procesów decyzyjnych, to rodzaj decyzji determinuje podstawowe cechy informacji. Szczególne cechy informacji i ich zależność od typów decyzji przedstawia tabela 7.

Tabela 6. Związek typów decyzji z potrzebami informacyjnymi.

CECHY INFORMACJI	**DECYZJE**		
	operacyjne	Taktyczne	strategiczne
Dokładność	duża	Średnia	Mała
Zakres	duża szczegółowość	Szczegółowe	powierzchniowe
Częstotliwość	codziennie	od tygodnia do miesiąca	okresowo
horyzont czasowy	krótki okres: do kilku dni	średni okres: do kilku miesięcy	długi okres: do kilku lat
Organizacja	szczegółowa, mało analiz	trochę powierzchniowa, z analizami	powierzchniowa z licznymi analizami
Aktualizacja	godzinowa, dzienna, tygodniowa	tygodniowa, miesięczna	rzadka, w miarę potrzeby
Źródła	dominuje informacja wewnętrzna	w równym stopniu wewnętrzna i zewnętrzna	dominuje informacja zewnętrzna
Wykorzystanie	działanie akcyjne	Kontrola	prognoza i planowanie

Źródło: J.K.Smith, „Technologia informacyjna", Warszawa, 1999, s.28.

Znaczna część decyzji podejmowana jest w warunkach niepewności, a zatem w sytuacji, gdy decydenci nie mają możliwości dokładnego określenia prawdopodobnych

skutków podjętych działań. Przyczyną są między innymi nie w pełni przewidywalne zmiany otoczenia rynkowego i wynikającego z tego charakteru pozyskiwania informacji. Decyzje rynkowe firmy dotyczą w znacznym stopniu zmiennych niekontrolowanych, nie poddających się lub poddających się jedynie w niewielkim stopniu oddziaływaniu przedsiębiorstwa.

W praktyce występuje wielu użytkowników informacji i wiele trudnych do zdefiniowania problemów zarządzania. Dlatego nie jest łatwo w jednoznaczny sposób ocenić, jakie są potrzeby informacyjne. Jednak w ustaleniu potrzeb informacyjnych użytkowników można zastosować różne podejścia metodyczne, niektóre przedstawia tabela 8.

Tabela 7. Wybrane podejścia metodyczne stosowane w identyfikacji potrzeb informacyjnych

METODA Badanie przez produkt (*By Product*) **CHARAKTERYSTYKA** Badanie potrzeb informacyjnych jest efektem ubocznym, gdyż właściwym celem jest badanie produktu finalnego. **ZASTOSOWANIE** Stosowana przy tworzeniu informatycznych podsystemów problemowych. Zalety – mała pracochłonność badań, dość krótki czas ich prowadzenie. Wada – w większości przypadków potrzeby informacyjne decydentów są tylko częściowo zaspokojone.
METODA Studium całościowe (*Total Study*) **CHARAKTERYSTYKA** Badania dużej grupy kadry kierowniczej; przeprowadza się analizę porównawczą na podstawie określenia różnic z istniejącym systemem. **ZASTOSOWANIE** Określa się obszary istotnych sfer działalności, wymaga to jednak dużych środków, przy czym nie ma pewności, że potrzeby informacyjne zostały rzeczywiście ustalone kompleksowo.
METODA Badanie czynników warunkujących powodzenie (*Critical Succes Factors*) **CHARAKTERYSTYKA** Ustalenie obszarów działania, które powinny być stale pod kontrolą kierownictwa organizacji. **ZASTOSOWANIE** Analiza stanu zaawansowania realizacji zadań organizacji; pozwala na bieżącą ocenę skuteczności zarządzania; zakłada się prawidłowo zbudowaną hierarchię. Duża pracochłonność.
METODA System kluczowych wskaźników (*Key Indicator System*) **CHARAKTERYSTYKA** Opiera się na wyselekcjonowaniu zbioru kluczowych identyfikatorów „zdrowia” w organizacji pod kątem zbierania takich danych, z których można redagować różne zestawy informacji. **ZASTOSOWANIE** Pozwala na wyodrębnienie wspólnych poszczególnych typów funkcji, dla których spełnienia potrzebne są odpowiednie informacje. Przeprowadza się też próbę identyfikacji otoczenia i ustalenia hierarchii celów. Trudności – obiektywne ustalenie hierarchii celów i ich dekompozycja.

METODA Badanie właściwości informacji (*Business Information Chracterization Study)*) **CHARAKTERYSTYKA** Na podstawie modelu informacyjnego organizacji określa się tzw. unikatowe zasoby; ułatwia to analizę istniejących zbiorów danych i problemów zarządzania napotykanych przez kierownictwo; tworzony jest zbiór unikatowych identyfikatorów charakteryzujących przedmioty zarządzania w organizacji; identyfikator i związane z nim dane stanowią „zasób" z rzeczywistymi danymi, co pozwala na ujawnienie problemów wpływających na funkcjonowanie organizacji. **ZASTOSOWANIE** Metoda eliminuje tzw. rozsiew informacyjny między systemem informacyjnym a potrzebami użytkowników; skraca proces wykrywania i poprawiania takich niedostatków informacji, których nie można rozeznać drogą kolejnej analizy oddzielnych systemów użytkowych; średnio czterokrotnie przyspiesza produkcję oprogramowania.
METODA Model procesu gospodarczego (*Business Process Model)* **CHARAKTERYSTYKA** Model zmierza do rozpoznania jednostek podstawowych, wejściowych, inicjujących wytwarzanie informacji wejściowych; realizowany w kolejnych fazach, takich jak m.in. opracowanie ogólnego planu, weryfikacja procesów gospodarczych przedsiębiorstwa, weryfikacja modelu, odniesienie procesów gospodarczych do konkretnych jednostek organizacyjnych. **ZASTOSOWANIE** Daje możliwość tworzenia na papierze modelu procesów zachodzących w organizacji oraz analizy potrzeb i przepływów informacji związanych z tymi procesami; w konsekwencji umożliwia rozpoznanie danych przekazywanych między procesami gospodarczymi organizacji.
METODA Macierz działalności przedsiębiorstwa (*Enterprise Activity Matrix*) **CHARAKTERYSTYKA** Metoda opiera się na teorii mówiącej, że w organizacji istnieje pewna ograniczona liczba zadań (czynności) i że są one wykonywane za pomocą przedmiotów pracy przedsiębiorstwa; w konsekwencji można stworzyć macierz uwzględniającą wszystkie działania organizacji, warunków środowiskowych oraz przedmiotów działania. **ZASTOSOWANIE** Daje kierownictwu obraz wszystkiego, co dzieje się lub powinno dziać się dzięki metodzie przydzielania zadań oraz pożądaną charakterystykę systemów informacyjnych; dotychczas stosowane podejście dawało m.in. takie rezultaty, jak eliminowanie dublowania systemów, poprawa komunikacji użytkownika z twórcą systemu, wspomaganie procesów zarządzania informacją.
METODA Model sieci sterowania informacją (*Information Control Net Model*) **CHARAKTERYSTYKA** Formalny model określania potrzeb informacyjnych użytkowników w środowisku biurowym; model stanowi technika wykreślania i standardowej notacji, która: stwarza ramy dla zbierania danych, narzuca spójność, kompletność i organizację logiczną, sprzyja porównywaniu alternatywnych procedur oraz opracowaniu formularzy i zbiorów danych. **ZASTOSOWANIE** Model stosowany do reprezentacji i analizy przepływu informacji w toku procedur czynności; uprasza ją i automatycznie nakładające się wzajemnie na siebie czynności; redundancje i niesprawności zostają wyeliminowane przez konfrontację schematów modelowych.

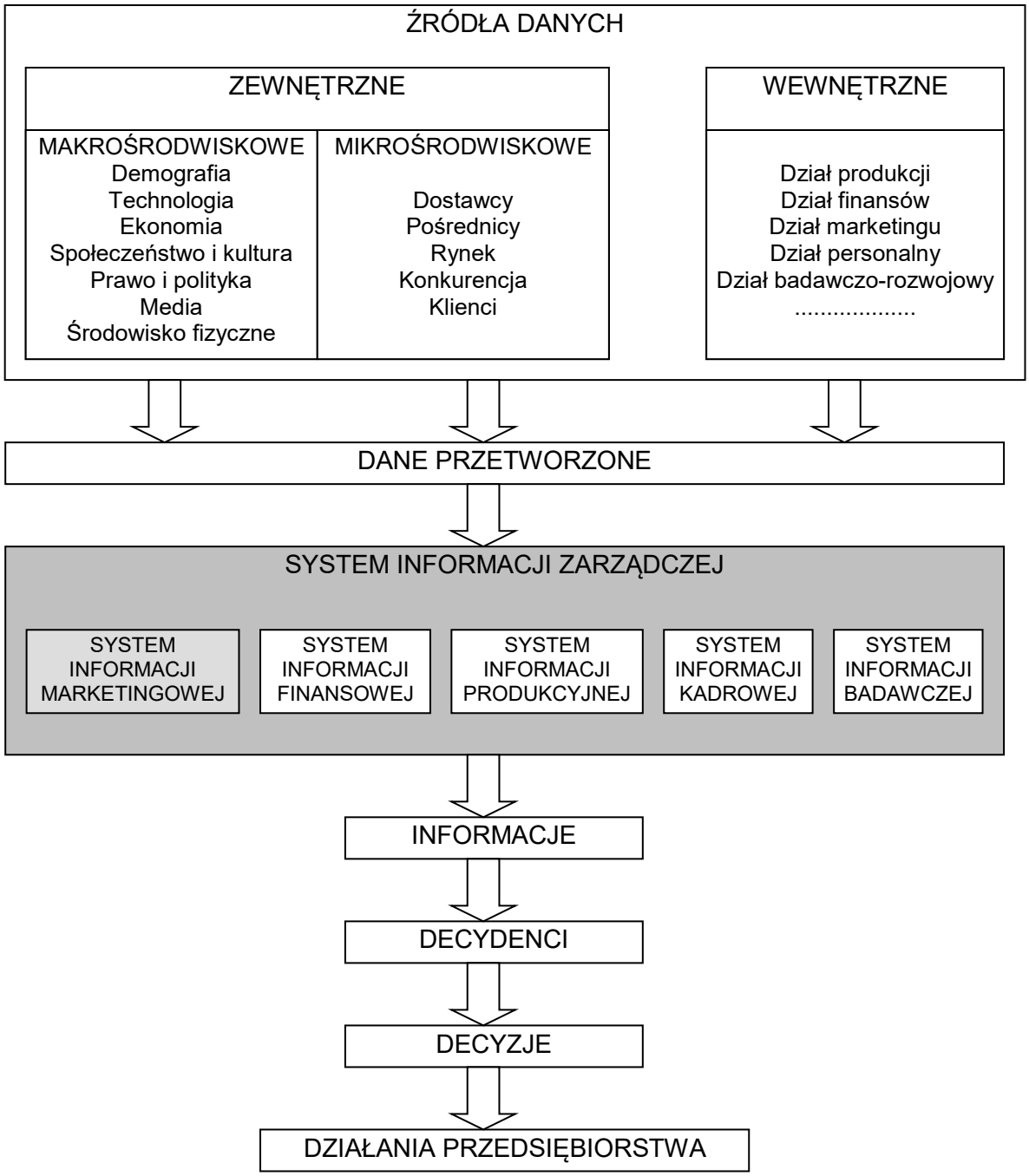
Źródło: J.Kisielnicki, H.Sroka, „Systemy informacyjne biznesu", Agencja Wydawnicza PLACET, Warszawa, 1999, s. 60-61

1.3.4 Przepływ informacji w przedsiębiorstwie

Zbieranie i analiza informacji napływających z otoczenia zewnętrznego i wewnętrznego organizacji stanowią istotę procesu zarządzania. Identyfikacja źródeł informacji oraz zakresu potrzeb jej użytkowników pozwala na zaprojektowanie prawidłowego przepływu tej informacji.

Niezależnie od tego, jak prawidłowo zostanie zaprojektowany przepływ informacji w firmie oraz jak efektywnie będą wykorzystywane źródła informacji, prawdziwym problemem pozostaje skuteczne zarządzanie tą informacją. Jak wykazuje praktyka, wielu przedsiębiorców jest niezadowolonych z pozyskiwania informacji. Do głównych przeszkód w efektywnym posługiwaniu się informacją należy zaliczyć zbyt dużą ilość informacji, co utrudnia ich dalsze przetwarzanie i wykorzystywanie, brak pokrywania się pozyskiwanych informacji z rzeczywistymi potrzebami decydentów, nadmierne rozproszenie informacji w przedsiębiorstwie, trudności w lokalizowaniu potrzebnych informacji, zbyt długi czas oczekiwania na informacje, przypadki zaginięcia istotnych informacji, zatajanie niektórych informacji w kontaktach między różnymi pionami lub działami przedsiębiorstwa, trudności w określeniu wiarygodności i dokładności pozyskiwanych informacji. [42]

Większość z tych problemów można zlikwidować poprzez sprawnie działający system informacyjny (SI). Można przyjąć, że skuteczne zarządzanie informacją byłoby niemożliwe bez SI. Rysunek 2 przedstawia miejsce SI w organizacji oraz jego rolę w kształtowaniu prawidłowego przepływu informacji.



Rysunek 1. Schemat przepływu informacji w organizacji.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: T.Domański, P.Kowalski, „Marketing dla menedżerów", PWN, Łódź, 2000, s.68-69

Kwestia przepływu informacji pozostaje kluczowym zagadnieniem w aspekcie sprawnego funkcjonowania przedsiębiorstwa pod względem wyposażenia go w pożądane zasoby informacyjne. Nawet najlepszy raport, zawierający najtrafniejszą analizę jest bezużyteczny jeśli nie zostanie właściwie zaadresowany a następnie wykorzystany.

Sprawne udostępnianie zebranej informacji z punktu widzenia przedsiębiorców jest najważniejszym, krytycznym wyznacznikiem efektywności funkcjonowania systemów informacyjnego w przedsiębiorstwach. W zależności od wielkości firmy, jej zasobów oraz możliwości technologicznych przekazywanie informacji, analiz i raportów, może mieć różnoraki charakter, jednak cechą wspólną musi pozostać reguła przekazywania właściwej informacji we właściwym czasie dla odpowiedniej osoby. Kolejnym aspektem jest łatwość korzystania z wygenerowanych raportów przez menedżerów. Konieczne wydaje się zastosowanie odpowiedniego systemu informatycznego, który będzie przechowywał, przetwarzał i udostępniał dane możliwie najszybciej zgodnie z opracowaną strukturą organizacyjną SI. Ponadto możliwe jest stworzenie sprawnego systemu jednoczesnej komunikacji wielu użytkowników nawet w odległych oddziałach przedsiębiorstwa.

1.4 Budowa systemu informacyjnego w przedsiębiorstwie

1.4.1 Koncepcja systemu informacyjnego

System informacyjny (SI) jest specjalnie stworzonym narzędziem służącym generowaniu, przetwarzaniu, zapisywaniu i późniejszemu wykorzystywaniu informacji. SI ma przede wszystkim zapewniać kompleksową obsługę przedsiębiorstwa w zakresie zarządzania zasobami informacyjnymi. SI realizuje podstawowe zadanie związane z przekształcaniem różnorodnych danych, o różnych parametrach, pochodzących z bardzo różnych źródeł w informacje oraz organizuje przepływ tych informacji do odpowiednich osób, w zależności od potrzeb informacyjnych osób zarządzających w przedsiębiorstwie (rys.3).

Rysunek 2. Koncepcja systemu informacyjnego

Źródło: opracowanie własne na podstawie E.Duliniec, „Badania marketingowe w zarządzaniu przedsiębiorstwem", PWN, Warszawa, 1999, s.144

Dobrze zaprojektowany SI oferuje decydentom informacje w bardzo krótkim czasie, o niskim koszcie pozyskania i mające kompleksowy charakter (różne źródła pochodzenia danych). Pozwala to decydentom nie tylko na ciągłą kontrolę wielkości i struktury sprzedaży, ale również na kontrolę rynku i zachowań konkurencji, zachowań klientów oraz na kontrolę realizacji zadań przedsiębiorstwa.

Wraz ze wzrostem znaczenia informacji w zarządzaniu przedsiębiorstwem zwiększyło się również zapotrzebowanie na systematyczne poszukiwanie i analizowanie danych. Menedżerowie codziennie stykają się z wieloma sytuacjami, których rozwiązanie wymaga podjęcia decyzji w oparciu o dane pochodzące z wewnątrz organizacji i z jego otoczenia. Im dane te są bardziej aktualne, dokładne i wiarygodne, tym jakość podjętej decyzji jest lepsza, tzn. pełniej służy interesom organizacji. Jednak wewnętrzny rozwój przedsiębiorstwa oraz funkcjonowanie w dynamicznym i złożonym otoczeniu powoduje równocześnie wzmożony popyt na informacje.

Pozyskanie informacji, ich gromadzenie oraz dostarczanie do poszczególnych ogniw jest procesem skomplikowanym, który powinien być organizowany w formie systemu. System informacyjny musi umożliwiać zbieranie i grupowanie danych oraz analizę i syntezę informacji dla potrzeb wszystkich szczebli i obszarów zarządzania w przedsiębiorstwie. Szczególnego znaczenia nabiera możliwość wykorzystania informacji przy podejmowaniu decyzji obarczonych dużą niepewnością lub nawet ryzykiem, np. związanych z pozyskiwaniem nowych rynków zbytu czy zmian w już obsługiwanych segmentach.

System informacyjny porządkuje szeroki zbiór informacji potrzebnych do zarządzania nowoczesną firmą, wyznaczając zasady ich przypływu wewnętrznego i zewnętrznego.

Niezależnie od wielkości przedsiębiorstwa oraz możliwości informatycznych SI nie może ograniczać się do zbierania i przekazywania informacji, musi pozwalać na najlepsze wykorzystanie tych informacji w procesie podejmowania decyzji. Prawidłowo działający system informacyjny powinien być[43]:

- ☑ dostosowany do potrzeb i obejmować wszystkie dziedziny działalności przedsiębiorstwa, wszystkie szczeble kierowania i poziomy decyzyjne,
- ☑ dostarczać informacji kompleksowych i aktualnych, aby przedsiębiorstwo mogło szybko reagować na zmianę warunków wewnętrznych i zewnętrznych,
- ☑ zapewniać efektywne i selektywne wykorzystanie informacji,
- ☑ umożliwiać badanie silnych i słabych stron przedsiębiorstwa, poprzez umożliwienie menedżerowi bezpośredniego dotarcia w każdej chwili do informacji, nawet na najniższym szczeblu zarządzania,
- ☑ zapewnić wymianę informacji pomiędzy jednostkami organizacyjnymi przedsiębiorstwa oraz pomiędzy przełożonymi i pracownikami,

- ☑ umożliwiać wyszukiwanie i kojarzenie danych z różnych źródeł, wewnętrznych i zewnętrznych oraz przedstawienie danych i wyników analiz w różnych układach sprawozdawczych i zakresach, aby forma prezentowania informacji była zawsze dostosowana do potrzeb zainteresowanych odbiorców,
- ☑ łatwy w użytkowaniu i zdolny do automatycznego przyjmowania danych z różnych źródeł, przechowywanych z wykorzystaniem różnorodnych formatów danych,
- ☑ umożliwiać przeprowadzanie różnorodnych testów statystycznych oraz opracowanie i stosowanie modeli symulacyjnych i prognostycznych,
- ☑ droga przepływu informacji powinna być możliwie najkrótsza i zgodna ze strukturą organizacyjną,
- ☑ algorytmy opracowywania informacji powinny zapewniać śledzenie przedbiegu procesów produkcji i sprzężeń zwrotnych,
- ☑ koszty poszukiwania i przetwarzania informacji nie powinny przekraczać korzyści, które daje posiadanie informacji, a metody ich zbierania, opracowywania, przechowywania i przepływu powinny uwzględniać możliwości komputeryzacji systemu informacyjnego,
- ☑ system powinien być zabezpieczony przed niepożądanym wpływem informacji nieformalnych i stale doskonalony.

Sprawnie funkcjonujący SI ocenia zapotrzebowanie w zakresie informacji, przetwarza potrzebne dane oraz dostarcza je kierownikom w odpowiednim czasie, tak aby mogli analizować, planować, wdrażać i kontrolować procesy zarządzania. SI stanowi pomost pomiędzy kierownictwem a otoczeniem przedsiębiorstwa.

Dobrze zaprojektowany SI składa się z czterech zasadniczych elementów, które można pogrupować w sposób przedstawiony w tabeli 10.

Tabela 8. Elementy systemu informacyjnego

Lp.	Elementy SI	Charakterystyka
1	zasoby archiwalne	dane wewnętrzne
2	wywiad	dane zewnętrzne
3	badania rynkowe	
4	analiza wspomagająca decyzje	techniki statystyczne i modele decyzyjne

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Ph. Kotler, „Marketing. Analiza, planowanie, wdrażanie i kontrola", Gebethner & Ska, Warszawa 1994, s.115

Zasoby archiwalne obejmują najbardziej podstawowe zasoby informacyjne przedsiębiorstwa. Zawierają one kartoteki (tradycyjne i elektroniczne), na które składają się informacje napływające do firmy z jej wewnętrznego otoczenia, a oparte są w dużej mierze na cyklu zamówienie-dostawca-fakturowanie. Cykl ten obejmuje informacje gromadzone

systematycznie i rutynowo na temat wielkości zamówienia, wielkości i częstotliwości dostaw, stanu zapasów w magazynie, terminów i warunków płatności, raportów sprzedaży, danych o kosztach itp. Dane tego rodzaju są standaryzowane i stanowią cenne źródło informacji dla decydentów, pozwalając im na dokonywanie analizy działań przedsiębiorstwa w różnych przekrojach czasowych i przedmiotowych.[44]

Wywiad, jest zbiorem procedur i źródłem wykorzystywanym przez kierownictwo przedsiębiorstwa w celu ciągłego pozyskiwania informacji na temat rozwoju sytuacji w jego otoczeniu. Głównym celem wywiadu jest dostarczenie decydentom informacji o tym, dlaczego bardzo istotne jest szczegółowe opracowanie systemu diagnozy środowiska działania firmy.[45] System obserwacji otoczenia kładzie szczególny nacisk na zmiany zachodzące na zewnątrz firmy, tj. w technologii, w warunkach ekonomicznych, w polityce państwa itp. System taki opiera się na nieformalnych, niezorganizowanych sposobach zdobywania informacji uzyskiwanych poprzez kontakty z klientami, dostawcami, dystrybutorami i przedstawicielami różnych firm, działających na tym samym lub innym rynku. Zazwyczaj informacje te nie są otrzymywane w sposób całkowicie celowy, tzn. poprzez specjalnie zaprojektowane narzędzia zbierania danych, i w związku z tym są często bardzo ogólne i docierają zbyt późno do decydenta, aby mógł we właściwym czasie zareagować na działanie konkurencji.

Badania rynkowe podobnie jak wywiad, dostarczają informacje o pojawiających się możliwościach oraz przewidywanych działaniach firmy. Badania rynkowe można zdefiniować jako systematyczne gromadzenie, rejestrowanie, analizowanie oraz opracowywanie danych i wniosków dotyczących specyficznej sytuacji, w której znalazła się firma.[46] System badań rynkowych powinien stale dostarczać dane o potrzebach konsumentów, planowanych zakupach firmy, o reakcjach na cenę oraz działania rozwojowe, o wizerunku firmy na rynku. Duże firmy z reguły posiadają własne komórki badawcze, lecz także często zleca się wykonanie pewnych badań na zewnątrz. W praktyce badania rynkowe koncentrują się na pewnej ograniczonej liczbie problemów, takich jak: badanie konkurencji, badanie sprzedaży, badanie produktu, badanie reklamy, badanie działalności.

Analiza wspomagająca decyzje ma służyć pomocą kierownikom w podejmowaniu trafnych i skutecznych decyzji. Dane pozyskiwane ze źródeł wewnętrznych i zewnętrznych zasilają bank danych, który powinien dysponować technicznymi możliwościami przechowywania, jak i pozyskiwania stamtąd danych w sposób selektywny. Zebrane dane poddawane są w miarę potrzeb analizom, z wykorzystaniem zgromadzonych w systemie modeli i technik analitycznych. W ramach SI wykorzystuje się przede wszystkim narzędzia statystyczne, modele oraz techniki optymalizacyjne. Komputeryzacja przedsiębiorstw spowodowała, że wewnętrzne banki danych ulegają dynamicznemu rozwojowi. Możliwość gromadzenia coraz większych ilości danych oraz przeprowadzania różnorodnych analiz

związana jest głównie ze wzrostem pojemności oraz mocy informatycznych systemów wspomagających podejmowanie decyzji. Regularnie pojawiają się nowe programy komputerowe pomagające kierownikom analizować, planować i kontrolować działania. Są one pomocne przy prognozowaniu sprzedaży nowego produktu, wyborze lokalizacji punktów sprzedaży, podziale nakładów na poszczególne produkty, segmentacji rynków czy optymalizacji pracy handlowców.

W latach 90. wzrosło także znaczenie systemów wspomagania decyzji (tzw. DSS). Little w 1979 r. określił DSS jako skoordynowany zbiór danych, systemów, narzędzi i technik wraz z współpracującym oprogramowaniem oraz sprzętem komputerowym. DSS od lat 70. był polecany przez badaczy jako narzędzie do planowania i podejmowania decyzji. DSS można stosować zwłaszcza do zarządzania produktem w jego różnych fazach cyklu życia, oceny powodzenia nowych produktów konsumpcyjnych po wprowadzeniu na rynek, zarządzania produktem poprzez analizy finansowe itd. oraz prowadzenia promocji.

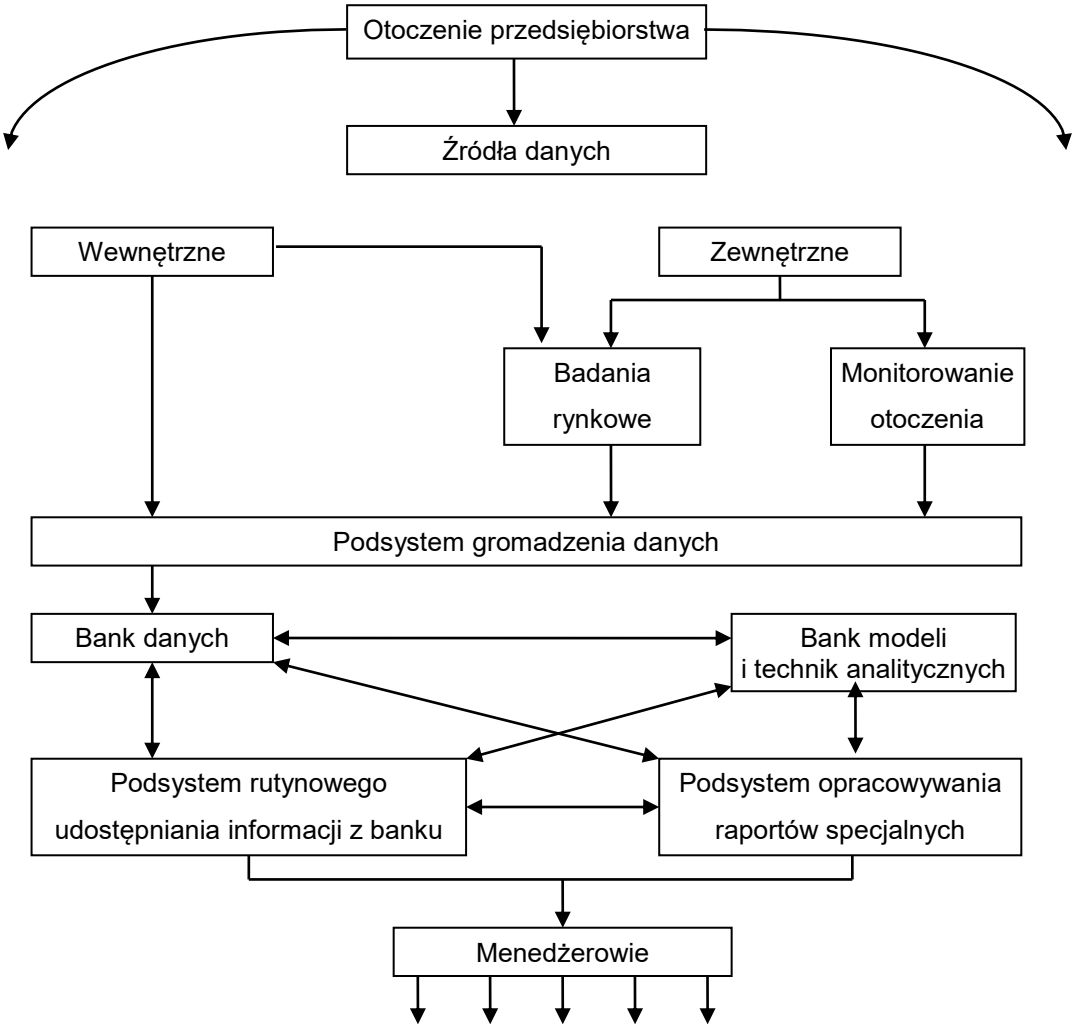
Można więc uznać, że DSS to forma SI lub, w niektórych przypadkach, ta część SI, która wspomaga decyzje w zarządzaniu firmą, opierając się na modelach matematycznych i technice komputerowej.

Kolejną koncepcję typowej struktury SI przedstawia E.Duliniec (1994) i podkreśla, iż zbudowana jest ona z sześciu podstawowych składników (rys.5):[47]

1. źródła danych, które klasycznie podzielone zostały na wewnętrzne i zewnętrzne, a te ostatnie na dane gromadzone w toku badań oraz podczas stałego monitorowania otoczenia.
2. podsystem gromadzenia danych, którego zadanie sprowadza się do systematycznego i zorganizowanego gromadzenia danych z obydwu źródeł. Zorganizowanie to może polegać na rutynowym, stałym w czasie przeglądzie np. biuletynów informacyjnych dotyczących danej branży lub stworzeniu sieci komunikowanie się komputerowego z przedsiębiorstwem, która umożliwi bieżący napływ danych o zapytaniach, zamówieniach, sprzedaży itp. Jednocześnie należy uwzględnić fakt, iż część danych trafia do SIM w wyniku celowych działań, inne są zbierane „przy okazji", dane mogą pochodzić ze źródeł formalnych i nieformalnych oraz różna może być ich wiarygodność. Wszystkie powyższe uwagi powinny znaleźć odzwierciedlenie przy wprowadzaniu danych do banku.
3. bank danych, który powinien dysponować technicznymi możliwościami przechowywania dużej ilości danych, jak również selektywnego pozyskiwania ich, tak aby można je było opracować wg zindywidualizowanych potrzeb użytkowników SI. Ponadto w banku dane są opracowywane, klasyfikowane, tabelaryzowane,

sumowane, w miarę potrzeby przekazywane do banku modeli i technik analitycznych a także usuwane są dane niepotrzebne.

4. bank modeli i technik analitycznych, który stanowi zbiór narzędzi służących do przekształcania danych wprowadzonych do systemu w informacje niezbędne do zarządzania przedsiębiorstwem. Modele te umożliwiają kierownikom pozyskanie odpowiednich informacji oraz przygotowanie ich w sposób wspierający konkretne decyzje. Zaliczyć tu należy przede wszystkim narzędzia statystyczne. Do najczęściej wykorzystywanych w SI modeli należą: modele prognozowania, model optymalizacji i modele symulacyjne.
5. podsystem rutynowego udostępniania informacji z banku danych jest z punktu widzenia użytkowników najważniejszym składnikiem SI. Potrzebują oni systematycznego dopływu generowanych przez system raportów do planowania działań, realizacji tych działań oraz kontroli ich skutków. To element, za pomocą którego generowane są raporty według wcześniej zdefiniowanych potrzeb np. dotyczące wyników działalności przedsiębiorstwa w różnych przekrojach, rezultatów podjętych badań pierwotnych, a następnie udostępniane według przyjętych założeń do osób podejmujących działania w przedsiębiorstwie.
6. podsystem opracowywania raportów specjalnych daje możliwość tworzenia niestandardowych raportów potrzebnych do podjęcia decyzji nierutynowych i często w trudnych warunkach otoczenia.



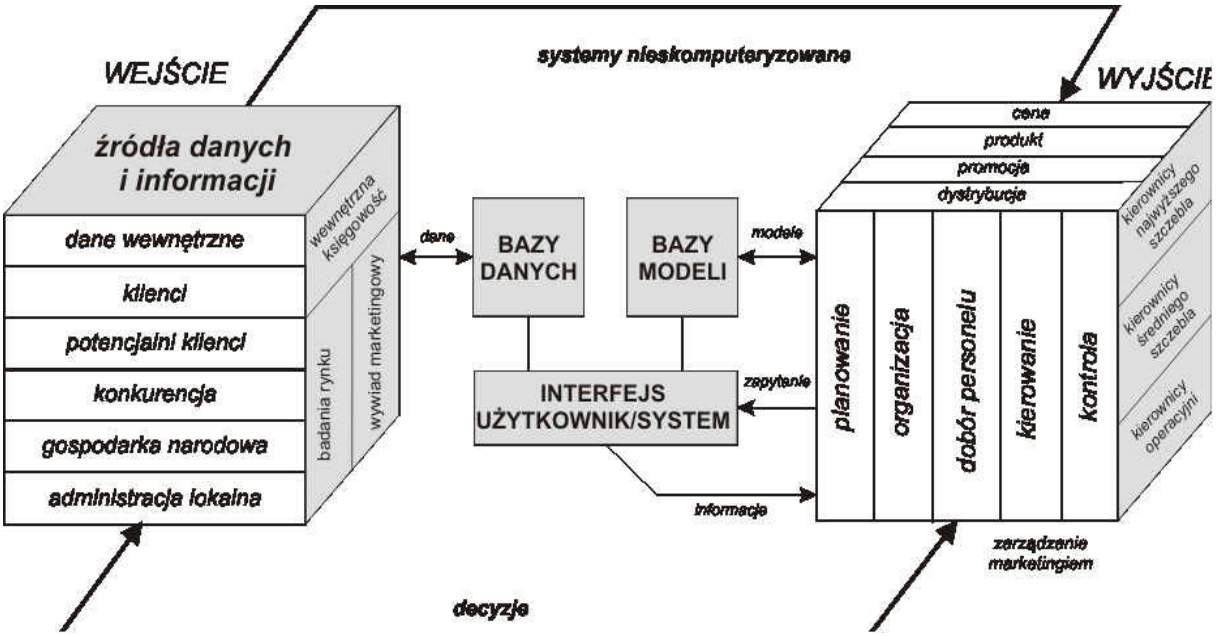
Rysunek 3. Struktura systemu informacyjnego

Źródło: E.Duliniec, „Badania marketingowe w zarządzaniu przedsiębiorstwem", PWN, Warszawa, 1994, s. 146

Inny interesujący model budowy systemu informacyjnego prezentuje E.Li (rys. 6). Według tej koncepcji SI składa się z dwóch grup podsystemów:[48]

1. podsystemy wejścia danych – podsystemy te zajmują się zbieraniem danych z wnętrza firmy oraz z jej otoczenia a następnie gromadzeniem tych danych w bazach danych. Składają się na ten podsystem: wewnętrzna księgowość, wywiad oraz badania rynku.
2. podsystemy wyjścia danych (podsystemy wyników) – wykorzystują bazy danych w celu przetworzenia danych w informacje potrzebne do zarządzania przedsiębiorstwem. Kierownicy otrzymują rutynowe raporty oraz mogą na bieżąco zamawiać raporty według potrzeb. Dzięki dostępności tych informacji podejmują oni

decyzje, stosownie do ograniczeń narzuconych przez gospodarkę, rząd konkurentów i klientów. Proces ten powinien być zintegrowany ze strategią organizacji oraz procesem podejmowania decyzji, aby wspierać na wszystkich poziomach funkcjonowanie firmy – w sferze planowania, organizacji, polityki kadrowej, kierowania i kontroli.



Rysunek 4. Model SI według E. Li

Źródło: „MIS in the TOP US Companies: A Longitudinal Analysis", Information and Management 1995, No.28

Kolejną propozycję zdefiniowania systemu informacyjnego przedstawiają K.P.Marshall i S.W.LaMotte. Definiują oni SI jako „formalny system stworzony dla zapewnienia zorganizowanego i regularnego przepływu istotnych informacji przeznaczonych dla menedżerów". Warto zwrócić uwagę, że autorzy tej definicji nie ograniczają pojęcia SI do sprzętu i oprogramowania. Zamiast tego podkreślają znaczenie istotnych informacji w procesie decyzyjnym. Kładą nacisk na zapewnienie zorganizowanego i regularnego przepływu istotnych (nie wszystkich) informacji. Wynika stąd konieczność takiego projektowania SI, aby uwzględniał on jak najwięcej aspektów ogólnie pojętego zarządzania organizacją. Nie może to być system izolowany, pracujący w oderwaniu od pozostałych obszarów funkcjonalnych firmy. Sugerują, że użytkownicy SI powinni umieć przeprowadzać dalsze analizy oparte na uzyskanych informacjach. Integralną częścią każdego SI jest zestaw narzędzi analitycznych (narzędzia statystyczne, modele i techniki optymalizacyjne), pozwalający na odpowiednie przygotowanie się do podejmowania decyzji. [49]

J.Unold przyjmuje, iż „istotę nowoczesnego Systemu Informacyjnego (…) stanowią ludzie, którzy – korzystając z nowoczesnych środków technologii informatycznej i telekomunikacyjnej – uczestniczą w procesach zarządzania. Podstawą tych procesów jest przepływ informacji, pozwalający na rozwiązywanie napotkanych problemów decyzyjnych i podejmowanie odpowiednich decyzji”.[50] Koncepcja ta ma uwypuklać aspekty funkcjonalne SI w miejsce zwykle akcentowanych zagadnień strukturalnych. Wyraźnie podkreślone zostają funkcje zarządcze oraz specyfika procesów informacyjno – decyzyjnych.

Niezależnie od zasygnalizowanych różnic w poszczególnych podejściach, łatwo zauważyć, iż wszystkie zacytowane koncepcje systemu informacyjnego zawierają pewne elementy wspólne.

1.4.2 Proces budowy systemu informacyjnego

W tworzeniu systemu informacyjnego przyjmuje się dwa zasadnicze podejścia: oparcie się na systemach już istniejących w organizacji lub projektowanie i budowa SI od podstaw. W pierwszym przypadku przez SI rozumie się zbiór tych wszystkich skomputeryzowanych i nieskomputeryzowanych systemów przedsiębiorstwa, które są w stanie spełniać zadane funkcje. Stąd SI obejmuje wiele systemów, np. systemy finansowo-księgowe czy systemy planowania produkcji.[51] Rozwój technologii informacyjnej, w tym szczególnie coraz powszechniejszy dostęp do usług internetowych, wraz z globalizacją gospodarki, spowodują zdecydowany wzrost uniwersalności projektowanych i wdrażanych systemów informacyjnych. Za rozwiązanie pośrednie można uznać podejście, w którym na początku konstruuje się podsystemy gromadzenia danych, które po pewnym czasie i odpowiedniej adaptacji oraz integracji z innymi podsystemami tworzą całościowy SI. Tworzenie SI od podstaw obejmuje kilka zasadniczych etapów:

1. Sformułowanie założeń tworzenia SI.
2. Powołanie w przedsiębiorstwie specjalnego zespołu ds. SI.
3. Przeprowadzenie audytu informacyjnego.
4. Zaprojektowanie SI.
5. Powołanie jednostki organizacyjnej odpowiedzialnej za funkcjonowanie SI.
6. Zakup odpowiedniego sprzętu komputerowego i standardowego oprogramowania.
7. Adaptacja programów do potrzeb przedsiębiorstwa.
8. Testowanie SI.
9. Nieustanny proces doskonalenia SI.

T. Domański i P. Kowalski podają ogólne założenia, które powinny zostać spełnione przy tworzeniu systemu informacyjnego od podstaw: SI powinien odzwierciedlać wizję otoczenia, jaką posiadają menedżerowie firmy; przyszli użytkownicy SI powinni być

zaangażowani w jego tworzenie oraz muszą zrozumieć zasady działania powstającego systemu; projektowany SI musi się opierać na dezagregowanych plikach danych, ze względu na różnorodność potrzeb informacyjnych użytkowników; architektura SI musi umożliwiać jego dalszą ewolucję; proces tworzenia SI musi być koordynowany przez menedżera projektu, będącego pracownikiem firmy.[52]

Przyjęcie podstawowych zasad, na jakich powinien się opierać proces tworzenia SI, pozwala na przejście do kolejnych etapów, tzn. do powołania zespołu ds. systemu oraz przeprowadzenia audytu informacyjnego. Audyt informacyjny jest przeprowadzany w trzech zasadniczych etapach: 1. audyt potrzeb informacyjnych użytkowników; 2. audyt potencjalnych źródeł informacji; 3. audyt zarządczy.[53]

Audyt zarządczy ma za zadanie określić sprawny przepływ informacji organizacji. Ten typ analizy polega na: zlokalizowaniu możliwych rodzajów i pól duplikacji pozyskiwanych informacji, zweryfikowaniu podziału pól decyzyjnych w ramach organizacji w odniesieniu do każdego stanowiska, uzgodnieniu wskaźników skutecznych decyzji podejmowanych na podstawie pozyskanych informacji, określeniu realnego kosztu funkcjonowania systemu, określeniu zakresu i rodzajów takich informacji wymaganych do podjęcia decyzji, których pozyskanie z istniejących źródeł jest niemożliwe.[54]

Przeprowadzenie audytu informacyjnego pozwala na przystąpienie do kolejnych faz tworzenia SI. Przyjmuje się, że w projektowaniu systemu powinni aktywnie uczestniczyć przyszli jego użytkownicy oraz osoby odpowiedzialne za późniejsze funkcjonowanie SI. Niektórzy autorzy uważają wręcz, że to użytkownicy powinni projektować system informacyjny, a informatycy powinni jedynie oferować pomoc techniczną.[55] Pewnym ograniczeniem tego podejścia jest jednakże tendencja do tworzenia takich systemów, które produkują nadmiar zbędnych informacji. Rezultatem tego etapu jest opracowanie dwóch podstawowych projektów SI. Są to: projekt funkcjonalny, projekt techniczny. Pierwszy dokument opisuje, przy założonym poziomie szczegółowości, pracę systemu informacyjnego z punktu widzenia pełnionych funkcji. Projekt techniczny opisuje techniczno-technologiczne aspekty funkcjonowania SI, m.in. urządzenia wejścia i wyjścia, konfigurację sieci, strukturę plików, projekt bazy danych, wymogi bezpieczeństwa. Jest to perspektywa informatyka i stanowi podstawę zakupu odpowiedniego sprzętu i oprogramowania. Kolejnym etapem jest adaptacja standardowego, komercyjnego oprogramowania na potrzeby danego przedsiębiorstwa. Opracowywane są własne programy aplikacyjne. Istotnym elementem tego etapu jest stan wiedzy informatyków na temat dostępnego rynku oprogramowania komputerowego, w tym zwłaszcza programów analitycznych. Programy te stanowią o stopniu przydatności danego SI dla przedsiębiorstwa.

Testowanie jest krytycznym stadium tworzenia SI i zajmuje stosunkowo dużo czasu. Odbywa się w kilku zasadniczych etapach: 1. testowanie jednostkowe *(unit testing)* - ma na

celu sprawdzenie każdego indywidualnego programu z osobna; 2. testowanie grupowe *(string testing)* - sprawdza poprawność współpracy grupy programów; 3. testowanie systemu *(system testing)* - odbywa się po wyeliminowaniu ewentualnych błędów we współpracy poszczególnych programów i polega na długotrwałym, nieraz wielomiesięcznym sprawdzaniu pracy całego systemu informacyjnego w organizacji; próba odbiorcza systemu *(acceptance testing)* - pozwala na zapoznanie się ze specyfiką pracy systemu przed oddaniem do użytku. Bardzo często na tym etapie wprowadzane są istotne modyfikacje w stosunku do pierwotnego projektu. Na przykład, założony czas oczekiwania na informację może się wydać zbyt długi w stosunku do możliwości oferowanych przez stworzony system. [56]

E. Duliniec podkreśla konieczność przyjęcia takiego podejścia w projektowaniu i wdrażaniu SI, aby była możliwa jego elastyczna modyfikacja, zwłaszcza zaś rozbudowa.[57] Na ogół względy organizacyjne i finansowe narzucają ściśle określony scenariusz tworzenia systemu. Polega on na budowie bardzo prostych wersji lub kilku prostych podsystemów, które są z czasem integrowane. Każdy etap powstawania SI powinien uwzględniać czynny udział przyszłych użytkowników i stopniowego zapoznawania się z podstawowymi możliwościami stwarzanymi przez SI, poprzez coraz bardziej precyzyjne formułowanie swoich potrzeb informacyjnych, po aktywne współtworzenie rozwiniętych wersji systemu. Wymaga to coraz lepszego rozumienia przez użytkowników własnych mechanizmów podejmowania decyzji, zasad funkcjonowania SI, a także zdobycia biegłości w posługiwaniu się sprzętem i oprogramowaniem.

Wdrożenie w organizacji systemu informacyjnego stanowi początek nieustannego procesu doskonalenia systemu. Przez doskonalenie systemu informacyjnego rozumie się proces celowych zmian strukturalnych i funkcjonalnych, w wyniku których system osiąga najwyższą jakość w danych warunkach działania.[58]

Doskonalenie SI jest związane z: potrzebą ciągłej modyfikacji powiązań informacyjno-decyzyjnych sprzęgających nadawców i odbiorów różnych szczebli zarządzania oraz otoczenia organizacji (klienci jako odbiorcy informacji); bieżącą identyfikacją aktualnych potrzeb informacyjnych decydentów; dokonywaniem weryfikacji miejsc powstawania, algorytmów przetwarzania i magazynowania informacji w strukturze organizacyjnej przedsiębiorstwa; koniecznością stałego dysponowania najnowocześniejszymi technologiami informacyjnymi.

Z podanych warunków wynika, że doskonalenie jest równoznaczne nie z przywróceniem systemowi jakości utraconej na skutek działania czasu lub sił fizycznych, lecz z unowocześnieniem systemu zgodnie z bieżącymi zdobyczami nauki i techniki. W wyniku wprowadzanych na bieżąco zmian strukturalnych i funkcjonalnych SI uzyskuje najwyższą jakość parametrów użyteczności swoich elementów.

Zaprojektowanie i wdrożenie systemu informacyjnego w organizacji jest procesem żmudnym i kosztownym. Istnieją trzy podstawowe warunki powodzenia tego przedsięwzięcia: poparcie zadania przez najwyższe kierownictwo organizacji, prawidłowe zarządzanie projektem oraz aktywny udział użytkowników w tworzeniu systemu.

Stosunkowo niewielkie zamierzenia w dziedzinie implementacji technologii informacyjnej mogą być przeprowadzane bez wyraźnego udziału ścisłego kierownictwa firmy. W wypadku tworzenia dużych i skomplikowanych systemów, a do takich należy SI, prace należy rozpocząć od *reenginneringu* zasadniczych procesów informacyjnych w przedsiębiorstwie.[59] Pociąga to za sobą zasadnicze zmiany organizacyjne w firmie: zmienia się struktura organizacyjna, a w ślad za tym struktura zatrudnienia i zakres obowiązków pracowniczych. Bardzo często modyfikowany jest sposób współpracy firmy z dostawcami i klientami. Bez jednoznacznego poparcia i aktywnego udziału naczelnych władz przedsiębiorstwa tak ambitne przedsięwzięcie nie ma szans powodzenia. Prawidłowe zarządzanie projektem w fazie realizacji oznacza m.in. aktywne śledzenie rozwoju sytuacji oraz identyfikowanie i rozwiązywanie wyłaniających się problemów. Problemy mogą mieć charakter techniczno-technologiczny, zarządczy lub typowo operacyjny. Ich natychmiastowe rozwiązywanie leży w gestii odpowiednich specjalistów: informatyków, kierowników. Innym elementem mającym bezpośredni wpływ na jakość zarządzania projektem jest stałe monitorowanie postępu prac i kontrola ryzyka. Funkcje te na ogół są spełniane przez osobę specjalnie oddelegowaną do nadzorowania całego procesu tworzenia SI, kierownika projektu. Udział przyszłego użytkownika jest istotny w tworzeniu każdego systemu informacyjnego.

W dużych i złożonych organizacjach powstaje problem integracji systemów informacyjnych. Integracja może obejmować powiązanie różnych systemów informacyjnych w ramach tej samej organizacji lub systemów należących do zupełnie różnych organizacji. W ramach danej organizacji może pojawić się potrzeba wzajemnego przepływu informacji pomiędzy systemami. Połączenie systemów nie jest łatwym zadaniem, ze względu na różnice w technice lub przyjętych systemach operacyjnych, czasem niemożliwe. Jednym ze sposobów pokonania tych trudności byłoby jednorazowe wprowadzenie kompletnego systemu informacji. Niestety jednak, nie jest to rozwiązanie tanie, a czasami menedżerowie nie są w stanie przewidzieć dziś, jakie będą ich przyszłe potrzeby. Inna metoda polega na przyjęciu standardowego typu systemu na początku, tak by można go było potem odpowiednio rozbudować. Nawet postęp techniczny w dziedzinie systemów informacyjnych może wymagać zmian podejścia na jakimś etapie rozwoju systemu.

Sprawdzianem wartości systemu informacyjnego jest jego praktyczne zastosowanie. Idealny system informacyjny powinien być prosty w użyciu a posługiwanie się nim nie

powinno wymagać jakiejś szczególnej wiedzy z zakresu znajomości komputerów. Teoretycznie menedżer powinien mieć dostęp do systemu poprzez włączenie komputera i naciśnięcie odpowiednich klawiszy w odpowiedzi na pytania menu. Ponadto powinien również mieć możliwość wprowadzenia nowych danych albo zażądania pewnych informacji.

1.4.3 Współczesne determinanty rozwoju systemów informacyjnych

Bezprecedensowe tempo przemian technologicznych zarejestrowane od czasu skonstruowania pierwszego współczesnego komputera w roku 1948 wpłynęło na wszystkie dziedziny życia, także na biznes i politykę. Wpływ rewolucji informatycznej lat dziewięćdziesiątych zaznaczył się szczególnie wyraźnie w obszarze biznesu i szeroko pojętego zarządzania. Odpowiedzią na nowe wyzwania stała się koncepcja reengineeringu procesów biznesowych i kształtująca się równolegle nowa koncepcja zarządzania relacjami. Bowiem koniec lat osiemdziesiątych XX wieku ujawnił poważny kryzys dotychczasowego postrzegania zarządzania przedsiębiorstwem. Prowadzone analizy ujawniły również inne przyczyny takiego stanu rzeczy.[60]

- ☑ Nieumiejętne obchodzenie się z dotychczasowymi klientami firmy. Zamiast o nich dbać, skupiano się na rozwoju wyrafinowanych działań mających na celu pozyskanie nowych klientów. Rezultatem takiej polityki była utrata zaufania do firmy i spadek poziomu lojalności konsumentów.
- ☑ Trwonienie środków na promocję. Jak wykazano, w samym tylko 1993 roku amerykańskie przedsiębiorstwa sprzedające dobra szybko zbywalne, należące do sieci FMCG *(Fast-moving Consumer Goods),* wydały ponad 6 miliardów dolarów na wydanie 300 mld bonów promocyjnych. Aż 98% tych bonów nie zostało nigdy zrealizowanych. Z 5 miliardów bonów, które zrealizowano, aż 80% zostało wykupione przez klientów, którzy i tak nabyliby promowany produkt.
- ☑ Utrata znaczenia przez tradycyjny system zarządzania marką *(brand management).* Strategie, którymi posługiwano się w latach 1950-1980, przynosiły doskonałe rezultaty, a ich źródłem było właściwe zarządzanie marką. W latach osiemdziesiątych coraz częściej zaczęto stawać przed dylematem: czy inwestować w rozwój nowych produktów, czy rozszerzać dotychczasową ofertę. Koszty i ryzyko związane z wypuszczeniem na rynek nowego produktu okazały się znacznie wyższe od ulepszania istniejącej oferty. Nie ulega wątpliwości, że taka polityka z czasem doprowadziła do powszechnego zniecierpliwienia konsumentów i wyraźnego obniżenia poziomu lojalności.
- ☑ Nienadążanie z nowymi ideami. Porównanie udziału niemieckich i brytyjskich firm wytwórczych w narodowym produkcie brutto (odpowiednio 30 i 20%) wykazało, że na rozwijanie długoterminowych strategii zorientowanych na klienta (Niemcy) powinien

zostać położony znacznie większy nacisk niż na pogoń za krótkoterminowymi zyskami finansowymi (Wielka Brytania). Znacznie większą wagę należało również przywiązać do jakości i niezawodności produktu, a produkt powinien mieć większe znaczenie niż cena.

- ☑ Marketing przestał być czynnikiem wzmacniającym silne strony firmy. W latach osiemdziesiątych w Japonii rozpoczęto wprowadzanie nowej metody organizacji dystrybucji fizycznej, polegającej na eliminacji funkcji przechowywania zapasów i związanych z tym kosztów. Metoda *just-in-time* szybko zaczęła przenikać do wszystkich rozwiniętych gospodarek świata.

Zidentyfikowanie problemów i zagrożeń tradycyjnego podejścia zbiegło się w czasie z początkiem rewolucji informacyjnej. Wyzwanie, jakim było dynamiczne rozprzestrzenianie się nowoczesnej technologii informatycznej, stało się jednocześnie szansą, a zastosowania informatyki, jak się okazuje, wykraczają daleko poza obszar nowych kanałów dystrybucji.

Na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych XX wieku pojawiały się poglądy, że możliwości oferowane przez technikę komputerową w niewielkim tylko stopniu wpłyną na pracę kierowników. Obawiano się także, że rozwój technologii informatycznej spowoduje zalew informacyjny, prowadzący do całkowitego paraliżu istniejących struktur zarządzania. Już dziesięć lat później uznano, że to właśnie świat biznesu będzie nadawał tempo rewolucji informacyjnej, w obszarze zarządzania bowiem po raz pierwszy zaczęto stosować najnowsze rozwiązania technologiczne.

Podstawową przyczyną aż tak znaczącego przyspieszenia technologicznego i organizacyjnego w świecie biznesu jest bez wątpienia eksplozja Internetu. Wiek XXI to era komunikacji cyfrowej i Internetu. Metody zbierania informacji uległy gwałtownej przemianie pod wpływem postępu w telekomunikacji i elektronice. Obecnie 5,15 mld ludzi to użytkownicy Internetu, a 4,76 mld – to aktywni uczestnicy mediów społecznościowych.[61] Staje się on kluczowym kanałem komunikacyjnym i wymiany informacji. Użycie Internetu i baz danych stały się podstawą rozwoju możliwości docierania do konkretnych odbiorców. Posiadanie dostępu do sieci Internet oznacza dwie zasadnicze korzyści. Pierwszą z nich jest dostęp do zgromadzonych zasobów informacji, druga to szybka i sprawna komunikacja z dowolnymi innymi użytkownikami tej sieci.

Internet jest o tyle niezwykłą dziedziną życia społecznego, że - jak nigdzie indziej - zdecydowana większość dóbr (czyli w tym przypadku informacji) jest w nim dostępna za darmo. Istnieją oczywiście serwisy komercyjne, dostępne za odpłatnością. Są to na ogół wyspecjalizowane, fachowe bazy danych, np. o tematyce biznesowej, prawniczej, medycznej, czy też serwisy agencji prasowych.

Sieć internetowa nie jest jednak medium samym w sobie - powinna być traktowana jako kolejny, zintegrowany z pozostałymi kanał komunikacji, którego jedną z najważniejszych cech będzie interaktywność.[62] Zakłada ona współudział - dialog z klientem,

a tym samym spełnianie jego indywidualnych potrzeb. Internet jako system rozwinął się znacznie bardziej niż pierwotnie zakładano. Obecnie jest on głównym kanałem komunikacji interpersonalnej oraz środkiem zbierania i popularyzacji wszelkiego rodzaju danych. Ten spektakularny rozwój nie pozostaje bez wpływu na sektor badań rynkowych. Atrakcyjność Internetu jako narzędzia wspomagającego proces komunikacji bierze się z takich jego cech jak: międzynarodowy zasięg, niskie koszty dostępu i użytkowania, niewielkie wymagania co do kwalifikacji użytkownika, interaktywność, szybkość w uzyskiwaniu wyników, wreszcie - szeroki zakres wykorzystywania materiałów audiowizualnych.

Podsumowując rozważania na temat rangi i roli Internetu w biznesie stwierdzić należy, iż w najbliższych latach będzie niewątpliwie wzrastać.

Niezależnie od popełnianych błędów i wynikających stąd zagrożeń, koncepcja zarządzania w naturalny sposób ewoluowała, próbując dostosować się do wymogów zmiennego rynku. Zmiany, jakie zaszły w ostatnich latach, można zakwalifikować do kilku zasadniczych grup[63]:

- ☑ Coraz bardziej wymagający klient. W dzisiejszych czasach klient stał się o wiele bardziej wymagający i znacznie mniej lojalny. Aby przeciwdziałać zjawisku coraz szybszej zmiany preferencji wśród konsumentów, rozpoczęto upowszechniać różnego rodzaju "programy lojalnościowe". Stało się to ważnym elementem koncepcji budowania bezpośredniej więzi sprzedawcy z nabywcą.
- ☑ Wyraźne skrócenie cyklu życia produktu. Obserwuje się wyraźną redukcję czasu potrzebnego na wprowadzenie produktu na rynek, połączoną ze skróceniem cyklu życia produktu. W tak zaawansowanych technologicznie gałęziach przemysłu, jak branża komputerowa, cykl rozwoju produktu został zredukowany o ponad 60%.
- ☑ Globalizacja rynków. Powszechnym zjawiskiem stała się ekspansja najlepszych przedsiębiorstw poza granice macierzystego kraju. Wciąż obserwuje się bardzo zaawansowany poziom globalizacji, choć tempo spowalnia. Kilka wydarzeń wyraźnie wpłynęło na spadek tempa globalizacji. Wymienia się rozpad ZSRR, zamachy z 11 września 201r., kryzys finansowy z lat 2007-2009, a ostatnio – pandemia koronawirusa i wojna w Ukrainie. Choć globalizacja napędza handel międzynarodowy, to obecnie dominującym trendem jest regionalizacja.[64]
- ☑ Powstawanie nowych kanałów dystrybucji. To przede wszystkim wpływ nowoczesnej technologii. Jeszcze w połowie lat dziewięćdziesiątych za główne przykłady postępu w tej dziedzinie uważano powszechny rozwój sieci bankomatów i wyspecjalizowanych usług telefonicznych. W 2022r. rynek e-commerce w Polsce osiągnął wartość 109 mld zł (co stanowi wzrost w stosunku do roku 2021 o 19%).[65]

W połowie lat dziewięćdziesiątych XX wieku przewidywano, a dzisiaj można już zaobserwować, wpływ nowoczesnej technologii informacyjnej na szeroko rozumianą

aktywność biznesową, który znalazł wyraz w wielu nowych, nieznanych wcześniej zjawiskach. [66] Wyłoniło się niejednolite, bardzo zróżnicowane i nieprzewidywalne społeczeństwo informacyjne. Aż 80% przedsiębiorców amerykańskich spodziewało się spontanicznego powstawania interaktywnych, multimedialnych rynków. Mają one nieodwracalnie zmienić dotychczasowy krajobraz biznesu. Zanikają dotychczasowe formy kooperacji w łańcuchu dostawców. Tradycyjny system bazował na podziale zadań między różnymi organizacjami, od dostawy surowców, przez ich obróbkę, po wytworzenie końcowego produktu i dystrybucję. Nowoczesne technologie umożliwiają bezpośrednie kontaktowanie się uczestników procesu, zarówno zorganizowanych, jak i indywidualnych, co powoduje rozerwanie tradycyjnego łańcucha powiązań. Wytwarza się nowy rodzaj relacji między biznesem i klientem. Są to związki oparte na wiedzy. Nowoczesne systemy obsługi klienta oparte na interaktywnym kontakcie zapewnią bezpośredni kontakt dostawcy usługi z klientem, likwidując instytucje pośrednictwa. Powstają nowe, oparte na wiedzy, organizacje, a także produkty i usługi. Jedną z branż, w której najszybciej zastosowano najnowsze rozwiązania technologiczne jest przemysł farmaceutyczny. System *on-line* umożliwia jednoczesne zapoznanie się z ofertą leków i uzyskanie specjalistycznej porady medycznej dotyczącej sposobu ich dawkowania. Zasadniczej zmianie ulega organizacja miejsca pracy. Powszechne zastosowanie koncepcji klient-serwer i nowoczesnych łączy telekomunikacyjnych pozwala na wykonywanie pracy w oddalonych od siebie miejscach, najczęściej w zaciszu domowym. Praca zdalna jest organizowana i koordynowana w sposób wirtualny, w czasie rzeczywistym. Konkurencja rynkowa ulega jeszcze większemu nasileniu. Globalne sieci informacyjne upowszechnią dostęp do wszelkich informacji na temat oferowanych produktów i usług. Zjawisko to powoduje wzrost oczekiwań konsumenckich. Powstają nowe sieci globalne. Jednym ze skutków tego procesu jest postępująca anonimowość, co powoduje odrodzenie koncepcji zarządzania marką. Na rynku zatłoczonym nowinkami klienci kierują się w stronę znanych, sprawdzonych produktów. Niektóre organizacje gospodarcze mogą nie podołać wyzwaniom rewolucji informacyjnej. Część z nich nie będzie w stanie nadążyć za pozyskiwaniem potrzebnych informacji, część zostanie przytłoczona ich nadmiarem. Przetrwają te organizacje, które zainwestują w efektywny system zarządzania informacją.

1.4.4 Rola systemów informacyjnych w przedsiębiorstwie

Dobrze zaprojektowany i sprawnie działający SI pozwala firmie właściwie ocenić pozycję przedsiębiorstwa, zmiany zachodzące w otoczeniu oraz ich wpływ na firmę, a poprzez to osiągnąć przewagę konkurencyjną na rynku. Podstawową funkcją SI jest dostarczanie właściwej informacji na potrzeby zarządzania całością procesów w firmie.

Składają się na to trzy obszary: dostarczanie informacji, zapewnianie przepływu informacji oraz kontrola działań firmy.[67]

Prawidłowo spełniane funkcje SI prowadzą do wyraźnego usprawnienia całego procesu gromadzenia i przetwarzania informacji, co, jak się okazuje, przekłada się na wyniki finansowe organizacji. Jak wykazują badania, implementacja SI jest w stanie zwiększyć sprzedaż przedsiębiorstwa o 10-30%, przy wzroście stopy zwrotu z zainwestowanego kapitału aż o 100%.[68] Ten końcowy efekt finansowy jest wypadkową wielu różnorodnych czynników, związanych bezpośrednio z funkcjonowaniem systemu informacyjnego. Dzięki SI decyzje dotyczące działań, zarówno strategicznych, jak i bieżących, są lepiej przygotowane ze względu na „wyposażenie" menedżerów w dokładne i aktualne informacje, łatwo i szybko dostępne oraz będące wynikiem właściwych procesów analitycznych. Ponadto SI zdecydowanie zmniejsza niebezpieczeństwo pominięcia ważnych czy nowych informacji, np. sygnałów z rynku. Dzięki modelom analitycznym (np. statystycznym modelom prognostycznym), z których korzysta SI, łatwiej jest rozpoznawać trendy rynkowe. Dzięki modelom ekonometrycznym można symulować testowanie alternatywnych strategii. SI umożliwia także zintegrowanie wielu rozproszonych danych z różnych źródeł i wygodne korzystanie z baz danych. Sformalizowane posługiwanie się informacjami z baz danych powoduje wzrost przejrzystości wielu procesów decyzyjnych w przedsiębiorstwie. Jednocześnie obserwuje się wzrost strukturalizacji wielu problemów zarządzania. Istnienie SI dyscyplinuje przepływy informacji między działami przedsiębiorstwa i szczeblami zarządzania, dzięki czemu osłabia powiązania nieformalne w tym zakresie. Dzięki SI możliwe staje się realizowanie efektu skali w odniesieniu do zasobów informacyjnych przedsiębiorstwa. Dane, które w razie braku SI byłyby wykorzystywane tylko przez jeden dział, mogą być przydatne - w różnych układach analitycznych - wielu komórkom organizacyjnym. SI udostępnia kierownikom informacje, które charakteryzują się: dużą szybkością ich uzyskania, elastycznością (dostosowaniem do zapotrzebowania), kompletnością, dokładnością oraz wygodnym dostępem. [69]

O tym, czy system informacyjny funkcjonuje efektywnie, decyduje jednocześnie wiele determinantów. Ostatecznym wyznacznikiem wydają się być pozycja konkurencyjna przedsiębiorstwa na rynku i wyniki finansowe. Istnieje jednakże kilka jednoznacznych cech, które świadczą o efektywności SI. Są to m.in.:[70]

- ☑ dostarczanie aktualnych, wiarygodnych i kompletnych informacji wtedy, gdy są potrzebne,
- ☑ dostarczanie selektywnych informacji o odpowiednim stopniu szczegółowości, prezentowanie ich w czytelnej i zrozumiałej formie,
- ☑ wykorzystywanie jednocześnie kilku źródeł danych,
- ☑ elastyczność, tj. dostosowywanie się do potrzeb wynikających ze zmian warunków otoczenia,

- ☑ możliwość rozbudowy,
- ☑ opłacalność - korzyści wynikające z jego zainstalowania i funkcjonowania powinny przewyższać związane z tym koszty,
- ☑ łatwość w użytkowaniu,
- ☑ ciągłość funkcjonowania,
- ☑ zdolność do współpracy z innymi systemami istniejącymi w przedsiębiorstwie (wspomagającymi inne funkcjonalne obszary działalności),
- ☑ zabezpieczanie danych przed zniszczeniem i dostępem niepowołanych osób.

Systemy informacyjne są ważną częścią większości nowoczesnych organizacji. Ich wpływ przejawia się na wiele różnych sposobów. W szczególności systemy informacyjne wpływają na wyniki, na samą organizację, a także na ludzi należących do tej organizacji. Oprócz tego, możliwości systemów informacyjnych mają swe oczywiste granice.

Systemy informacyjne aplikuje się dlatego, iż kierownictwo jest przekonane, że uczynią one organizację bardziej skuteczną i sprawną. Chociaż systemy informacyjne mogą zwiększyć zdolność organizacji do szybkiego przerobu liczb i produkcji dokumentów, trudno zmierzyć, czy prędkość jest uzasadniona w świetle olbrzymich kosztów z jakimi należy się liczyć podczas wdrażania systemu. Generalnie narasta powszechne przekonanie, iż wykorzystywanie systemów informacyjnych jest uzasadnione nawet ponosząc znaczne koszty, które mogą się zwrócić dopiero po kilku latach. Systemy informacyjne wpływają na podstawową strukturę i projekt organizacji. Wpływ ten przejawia się następująco. Po pierwsze, większość organizacji uznaje za pożyteczne stworzenie odrębnej jednostki, która będzie się zajmowała systemem zarządzania informacją: w niektórych tworzy się nawet nowe stanowisko w najwyższym kierownictwie, zwykle zwane dyrektorem ds. informacji, gdzie ustalona zostaje odpowiedzialność za eksploatację systemu informacyjnego, jego przystosowywanie do potrzeb, znajdowanie dla niego nowych zastosowań i szkolenie ludzi w posługiwaniu się nim. Oprócz tego, informacja wpływa również na organizację w ten sposób, że pozwala menedżerom wyeliminować pewne szczeble w hierarchii kierowniczej. Dodatkowo systemy te pozwalają menedżerom utrzymywać stałe kontakty z dużą liczbą podwładnych, eliminując dzięki temu potrzebę tak wielu szczebli hierarchicznej kontroli. Systemy informacyjne wywierają zarówno pozytywny jak i negatywny wpływ na zachowanie ludzi w organizacjach. Z jednej strony bowiem systemy informacyjne zazwyczaj powodują poprawę indywidualnej sprawności. Niektórzy ludzie zwiększają swoje zaangażowanie w pracy, którą teraz bardziej lubią, bo bawi ich stosowanie nowej techniki. Skutkiem negatywnym jest izolacja: systemy informacyjne umożliwiają ludziom zaopatrzenie się we wszystko, czego potrzebują w pracy, bez konieczności wchodzenia w kontakt z innymi. Menedżerowie mogą bez trudu pracować w domu, czego

możliwym skutkiem ubocznym jest fakt, że nie dla wszystkich będą dostępni lub że nie będą uczestniczyli w istotnych powiązaniach społecznych w ramach organizacji. Skomputeryzowany układ pracy jest również znacznie mniej osobisty w charakterze niż inne metody. Badania nad wpływem systemów informacyjnych na indywidualne zachowania i postawy znajdują się dopiero w początkowej fazie. Jednocześnie przedsiębiorcy powinni sobie zdać sprawę, że mimo olbrzymich zalet, które cechują systemy informacyjne posiadają one także istotne wady, które zebrano w tabeli 12.

Tabela 9. *Ograniczenia systemów informacyjnych*

Ograniczenia systemów informacyjnych
• Systemy informacyjne są kosztowne oraz trudne w budowie i zastosowaniu. • Systemy informacyjne nie nadają się do wykonywania wszelkich zadań i rozwiązywania wszelkich problemów. • Menedżerowie czasami w zbyt dużym stopniu polegają na systemach informacyjnych. • Informacja, jaką otrzymują menedżerowie, może nie być taka ścisła, aktualna, pełna czy odpowiednia, jakby się wydawało. • Menedżerowie mogą żywić nierealistyczne oczekiwania co do możliwości systemu informacyjnego. • System informacyjny może być narażony na sabotaż, wirusy bądź przestoje.

Źródło: R.W. Gryffin, ,, Podstawy zarządzania organizacjami", 1995, s.694.

Po pierwsze, systemy informacyjne są kosztowne i trudne w budowie. Organizacje mogą więc próbować pójść na skróty budując system w tak fragmentarycznej postaci, że nie osiągnie on przewidzianej skuteczności. Prawda jest taka, że owe systemy do pewnych zadań czy problemów się nie nadają. Złożonymi problemami wymagającymi osądu człowieka muszą się zajmować ludzie. Systemy informacyjne są pożytecznym narzędziem dla przedsiębiorców, rzadko kiedy jednak mogą ich całkowicie zastąpić. Decydenci mogą zbytnio polegać na możliwościach systemów informacyjnych. W konsekwencji taka osoba może stracić kontakt z rzeczywistymi problemami, którymi powinna się zająć. Informacja może nie być tak ścisła, aktualna, pełna i odpowiednia, jakby się mogło wydawać. Ludzie zwykle myślą, że tylko dlatego, iż obliczenia dokonano za pomocą komputera, odpowiedź musi być poprawna, zwłaszcza jeśli zostanie wyliczona z dokładnością do kilku miejsc po przecinku. Jeśli jednak wejściowe informacje były obarczone błędem, przenosi się on na wszystkie otrzymane wyniki, a przecież dane wejściowe wprowadzane są do systemu w dużej mierze przez człowieka. Czasami użytkownicy żywią nierealistyczne oczekiwania dotyczące możliwości systemów informacyjnych. Mogą być przekonani, że pierwsza faza wdrażania od razu przyniesie w pełni rozwiniętą sieć komunikacyjną. Osoba, która dostrzeże niedostatki i ograniczenia systemu oraz dozna rozczarowania, może nie wykorzystywać go później w pełni jego rzeczywistej efektywności oraz może wątpić w wartość otrzymywanych wyników. System informacyjny może być przedmiotem sabotażu, jest ciągle narażony na wirusy lub przestoje. Firma, która zbytnio polega na skomputeryzowanym

systemie informacyjnym, może doznać całkowitego paraliżu w przypadku zajścia jednego z wyżej wymienionych czynników.

1.5 Podsumowanie rozdziału 1

Dynamika i złożoność procesów gospodarczych wymuszają na przedsiębiorstwach produkcyjnych nową jakość funkcjonowania, opartą na dominacji informacji. Informacji, której znaczenie jest oczywiste w utrzymywaniu i zdobywaniu przewagi konkurencyjnej. Określenie miejsca i roli informacji we współczesnym zarządzaniu przedsiębiorstwem produkcyjnym staje się wiodącym wyznacznikiem zaznaczenia pozycji wśród uczestników rynkowych. Bez względu na wielkość, formę czy rodzaj prowadzonej działalności umiejętne pozyskiwane, przetwarzane i wykorzystywane zasoby informacyjne w dużym stopniu decydują o stopniu realizacji zamierzonych efektów. Można wysunąć założenie, iż prowadzenie racjonalnych działań w przedsiębiorstwach nie jest możliwe bez wsparcia informacyjnego.

Nikt nie kwestionuje dziś roli, jaką informacja odgrywa we współczesnym świecie. W literaturze podkreśla się schyłek epoki industrialnej i początek nowej ery opartej na informacji, a także komunikacyjnej rewolucji w gospodarce, która jest objawem przechodzenia społeczeństwa industrialnego do społeczeństwa informacyjnego. W naukach o zarządzaniu dynamicznie rozwijają się koncepcja zarządzania wiedzą oraz kapitałem intelektualnym, traktujące informację jako jeden z podstawowych zasobów przedsiębiorstwa, a także jako podstawę wszelkich racjonalnych decyzji.

Użyteczność informacji zależy od tego, czy są one istotne i dostateczne dla rozwiązywanego problemu, a także aktualne i dokładne. Ich uzyskanie nie powinno sprawiać trudności i nie powinno wiązać się z ponoszeniem zbyt dużych kosztów. Ostatecznie o wartości informacji decyduje to, czy przyczyniają się one do poprawy trafności podejmowanych decyzji.

Potrzeby informacyjne są pochodną procesów decyzyjnych, rodzaj zaś decyzji, jakie są podejmowane przez decydentów, zależy przede wszystkim od struktury organizacyjnej firmy, wielkości przedsiębiorstwa, rodzaju prowadzonej działalności, metod produkcji i stosowanych technologii, a także od stylu zarządzania.

Pomimo oczywistych zalet wynikających z zastosowania systemów informacyjnych, ich wprowadzenie do polskich przedsiębiorstw napotyka pewne problemy. Jednym z najważniejszych jest trudność w identyfikacji potrzeb informacyjnych decydentów, którzy przez lata podejmowali decyzje na podstawie własnej intuicji i ukształtowanych nawyków, a nie na podstawie systematycznie zbieranych informacji. Innym utrudnieniem jest nadal bardzo wysoki koszt dedykowanych rozwiązań w tym obszarze oraz wymagający proces przygotowania, wdrożenia i użytkowania rozbudowanych systemów.

Aplikacja systemów informacyjnych w małych i średnich przedsiębiorstwach (MŚP) powinna przede wszystkim spowodować wzrost efektywności w obszarze podejmowania decyzji produkcyjnych.

Ze względu na wysoki koszt oraz nakład pracy przy tworzeniu systemów informacyjnych, wdrożenie gotowego modelu wspomagającego decyzje do tych przedsiębiorstw narażone jest na niepowodzenie. Konieczne więc jest takie zaprojektowanie systemu wsparcia decyzji, aby umożliwić przedsiębiorstwu właściwą ocenę i analizę realizowanych procesów. To z kolei przyczyni się do wzrostu przychodów, podniesienia sprawności operacyjnej, uzasadnienia konieczności ponoszonych w przyszłości nakładów finansowych oraz poprawy wskaźników efektywności.

2. WYBRANE ASPEKTY EFEKTYWNOŚCI FUNKCJONOWANIA PRZEDSIĘBIORSTWA PRODUKCYJNEGO

2.1. Teoretyczne aspekty efektywności – przegląd pojęć

Efektywność to jedna z podstawowych, powszechnie stosowanych kategorii oceny działań. Znajduje ona zastosowanie nie tylko w ekonomii, ale również w wielu innych obszarach aktywności człowieka. Powszechnie występuje także w potocznym użyciu. Jest przedmiotem nieustannie prowadzonych badań i analiz. Stosowane są w tym celu różne metody i modele. Pomimo to, pojęcie efektywności w dalszym ciągu jest niejednoznacznie interpretowane i budzi wiele kontrowersji. Sposób rozumienia istoty efektywności i - co za tym idzie - stosowanych metod badawczych, w dużej mierze zależy od obszaru stosowania. Należy również podkreślić, że kategoria ta ulega ewolucji wraz z rozwojem wiedzy z zakresu ekonomii, a także teorii organizacji i zarządzania. [71]

Kategoria efektywności definiowana jest w różny sposób. W najwęższym ujęciu efektywność jest rozumiana w analogiczny sposób jak pojęcie "ekonomiczności" w prakseologii, tj. jako stosunek osiągniętych wyników do nakładów.[72] W nieco szerszym ujęciu efektywność jest utożsamiana z korzystnością (różnicą pomiędzy uzyskiwanymi efektami a ponoszonymi nakładami) oraz ekonomicznością.[73] W jeszcze szerszym aspekcie efektywność gospodarowania jest przedstawiana jako skuteczność (stopień realizacji wyznaczonych celów), korzystność i ekonomiczność.[74] W najszerszym aspekcie efektywność obejmuje ocenę (kwalifikację) uzyskanego efektu od strony rynkowej użyteczności, tj. wartości dodanej dla klienta.[75] Działalność przedsiębiorstwa będzie użyteczna tylko wtedy, kiedy struktura osiągniętych efektów przedsiębiorstwa będzie zgodna ze strukturą wartości dla klienta. Z tego też powodu P. Blaik dodaje do komponentów efektywności wartość dodaną dla klienta.

Efektywność jest kategorią wykorzystywaną przede wszystkim jako kryterium oceny działalności zarówno na poziomie całego przedsiębiorstwa, jak i w poszczególnych jego obszarach. Efektywność należy do właściwości przesądzających o istocie przedsiębiorstwa jako podmiotu gospodarującego, warunkując tym samym jego funkcjonowanie oraz determinując jego rozwój.[76] Pojęcie efektywności odnosi się najczęściej do zasady racjonalnego gospodarowania formułowanej w dwóch wariantach: wydajnościowym (maksymalizacja efektu) i oszczędnościowym (minimalizacja nakładu).[77] Efektywność rozumiana jako wzajemne relacje między nakładami i efektami może być przedstawiana w oparciu o trzy podstawowe formuły:

- ✓ efektywność jako różnica pomiędzy efektami a nakładami (korzystność) - pożądany

wynik powinien być większy od zera, co oznacza, że uzyskane efekty są większe od poniesionych nakładów;

- ✓ efektywność jako iloraz efektów do poniesionych nakładów (ekonomiczność) - pożądany wynik powinien być większy od jedności, co oznacza, że poniesione nakłady są niższe od uzyskanych efektów;
- ✓ efektywność jako iloraz różnicy pomiędzy efektami a nakładami do poniesionych nakładów - formuła ta, określana jest jako stopa zwrotu z inwestycji (return on investment ROI) i wyrażana jest w procentach.

Efektywność jest pojęciem trudnym do jednoznacznego zdefiniowana. W rozważaniach na temat efektywności należy odnieść się do pojęcia sprawności działania, zdefiniowanego na gruncie prakseologii. W tym kontekście, działania będą miały atrybut sprawności tylko wtedy, gdy będą cechowały się skutecznością, korzystnością oraz ekonomicznością.[78] Konstrukcja pojęciowa poszczególnych wyznaczników sprawnego działania opiera się na określeniu relacji pomiędzy celem, efektem i nakładem. Należy zwrócić uwagę na fakt, iż korzystność wyraża przewagę absolutną systemu, ekonomiczność zaś przewagę względną. Studia literatury przedmiotu dowodzą, iż efektywność (efficiency) dość często utożsamiana jest ze skutecznością (effectiveness). Na różnicę w pojmowaniu tych dwóch pojęć zwraca uwagę M.M. Helms podkreślając, iż "efektywność odnosi się do robienia rzeczy w odpowiedni sposób, natomiast skuteczność odnosi się do robienia właściwych rzeczy".[79] W ścisłym ujęciu efektywności odpowiada w teorii sprawnego działania ekonomiczność. W rzeczywistości gospodarczej stanem pożądanym jest "powiązanie skuteczności i ekonomiczności z korzystnością. Można bowiem działać skutecznie a nieekonomicznie, można także skutecznie i ekonomicznie szkodzić lub działać na korzyść".[80] Jak podkreśla E. Niedzielski, współczesne zarządzanie organizacją wymaga włączenia do oceny sprawności zarządzania kryterium słuszności społecznej, co wynika z faktu, iż skuteczność działania i słuszność społeczna oddziałują na ekonomiczność i korzystność.[81] "Takie postrzeganie sprawności działania poszerza klasyczny, prakseologiczny zestaw kryteriów jej oceny o perspektywę społecznego uzasadniania istnienia i działania organizacji".[82]

W literaturze przedmiotu obok różnych definicji wyróżniono także wiele kategorii efektywności. W teorii zarządzania dominuje pojęcie efektywności organizacyjnej (funkcjonowania systemu) określanej jako zdolność przedsiębiorstwa do "bieżącego i strategicznego przystosowania się do zmian otoczeniu, a także produktywnego wykorzystania posiadanych zasobów do realizacji przyjętej struktury celów".[83] Można stwierdzić, że efektywność w sensie operacyjnym oznacza realizowanie działań znacznie lepiej przy wykonywaniu tego, co robią inni w tej samej branży, realizując tę samą koncepcję biznesowego działania. Składowymi efektywności organizacyjnej są: efektywność

gospodarowania (ekonomiczna) oraz efektywność pozaekonomiczna. Efektywność ekonomiczna nawiązuje do zasady racjonalnego gospodarowania. Ze względu na charakter czynników kształtujących wyróżnić można efektywność techniczną i efektywność ekonomiczną. Podjęcie decyzji o wytwarzaniu dobra lub świadczeniu usługi pociąga za sobą konieczność podjęcia decyzji o wyborze technologii produkcji. Pod pojęciem efektywności technicznej rozumie się maksymalizowanie wielkości produkcji przy wykorzystaniu danych nakładów na jej prowadzenie.[84] Wybór technologii zgodnie z kryterium efektywności technicznej opiera się na zasadzie maksymalizowania wielkości produkcji, natomiast wyboru technologii zgodnie z kryterium efektywności ekonomicznej dokonuje się według zasady minimalizacji kosztów wytwarzania.[85] W ramach efektywność technicznej wyodrębnić można efektywność technologii oraz efektywność skali. Efektywność technologii wyrażana jest jako stosunek wartości produkcji uzyskanej do pewnej teoretycznej wartości maksymalnej, a jej praktycznym wyrazem jest graficzna funkcja produkcji. Techniczna efektywność skali oznacza osiąganie wyższej relacji produkcji do nakładów w miarę wzrostu rozmiarów produkcji, niezależnie od jednostkowych cen produktów i nakładów. Do pewnego momentu wzrost skali produkcji jest korzystny niezależnie od wspomnianych relacji cenowych, jednak wyznaczenie optymalnej skali wymaga ostatecznie uwzględnienia cen produktów i nakładów. Do składowych efektywności ekonomicznej zaliczyć można efektywność alokacji, cenową oraz skali. Efektywność alokacji wyznaczana jest przez daną kombinację czynników produkcji i produktów. "Maksymalizacja efektywności alokacji odpowiada maksymalnej produkcji przy ograniczonych środkach i jest równoznaczna z minimalizacją jednostkowych kosztów produkcji. Efektywność cenowa wyraża natomiast zdolność przedsiębiorstwa do uzyskiwania atrakcyjniejszych warunków w zakresie pozyskiwania nakładów i sprzedaży produktów".[86]

Wymiar strategiczny efektywności związany jest natomiast z zaleceniem by działać w odmienny sposób, urzeczywistniając tym samym unikatowe koncepcje biznesowego działania. W sytuacji zmienności warunków otoczenia, osiągnięcie naturalnych celów działalności przedsiębiorstwa, do których należy przetrwanie i rozwój, wymaga efektywności zarówno w wymiarze operacyjnym, jak i strategicznym.[87] Efektywność w świetle dorobku teorii organizacji jest nadrzędną kategorią w stosunku do takich pojęć jak wydajność, produktywność, rentowność, skuteczność, sprawność, a nawet racjonalność. Efektywność może być w tym kontekście rozumiana jako relacja nakład-efekt, umiejętność szybkiego przystosowania się do zmian, miara zdolności organizacji do realizacji strategii i urzeczywistniania celów, narzędzie pomiaru skuteczności i sprawności działania.[88] Według P. Druckera efektywność jest kluczowym elementem rozwoju człowieka i organizacji, przejawiającym się w samorealizacji i zdolności nowoczesnego społeczeństwa do przetrwania.[89] W literaturze wyróżnia się także efektywność kierowania będącą miarą

sprawności i skuteczności kierownika oraz stopnia wyznaczania i osiągania przez niego odpowiednich celów.[90]

Różnorodność podejść powoduje, że efektywność traktowana jest wielowymiarowo.

A. Jaki wymienia następujące wymiary efektywności[91]:

- ✓ efektywność rzeczowa, związana z realizacją misji organizacji,
- ✓ efektywność ekonomiczna, oparta na dążeniu do maksymalizacji relacji: efekty - nakłady,
- ✓ efektywność techniczno-produkcyjna, odnosząca się do optymalizacji doboru i wykorzystania zasobów gospodarczych,
- ✓ efektywność środowiskowa, związana z powstaniem i rozwojem paradygmatów nauki o zarządzaniu środowiskiem,
- ✓ efektywność oparta na jakości, odnosząca się do realizacji paradygmatu jakości w zarządzaniu,
- ✓ efektywność społeczna, związana z koncepcją społecznej odpowiedzialności przedsiębiorstwa,
- ✓ efektywność etyczno-kulturowa, odnosząca się do tworzenia, utrwalania i promowania norm etycznych i kulturowych, w ramach szeroko rozumianego otoczenia społecznego i gospodarczego organizacji,
- ✓ efektywność behawioralna, koncentrująca się na realizacji interesów ludzi w organizacji.

W aspekcie ekonomicznym, efektywność jest wynikiem działalności gospodarczej przedsiębiorstwa, będący stosunkiem uzyskanego efektu, do poniesionego nakładu[92]:

$$E = \frac{e}{n} \qquad (1)$$

gdzie:

E - efektywność,

e - efekty,

n - nakłady.

Efektywność jest zatem pomiarem, przedstawionym zazwyczaj w postaci procentowej, oczekiwanych wyników do rzeczywistej wielkości produkcji. Przedstawiony wzór pomiaru efektywności (1) stał się podstawą do rozważań literaturowych nad produktywnością. W literaturze związanej z zarządzaniem produkcją można znaleźć powyższy wzór, jako podstawową postać pomiaru produktywności.[93] Zgodnie ze Słownikiem terminologii logistycznej, produktywność jest relacją między zmierzoną w określonym mierniku wielkością "wyjścia" danego procesu lub jednostki produkcyjnej, a zmierzoną w tym samym okresie, choć niekoniecznie w tym samym mierniku, wielkością "wejścia".[94] Z tego względu, że "wyjściem" danego procesu są efekty, a "wejściem" są nakłady, pojęcie

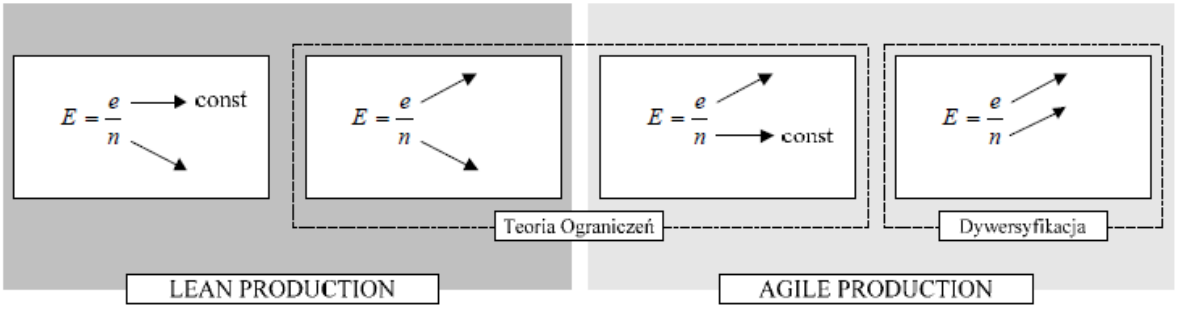
efektywności produkcji i produktywności można uznać za bliskoznaczne.

Złożoność problematyki zarządzania produkcją jest poparta licznością koncepcji zarządzania, które są wdrażane w celu poprawy efektywności procesu produkcyjnego. Zgodnie ze wzorem (1) należy wyróżnić kilka sposobów podniesienia efektywności działania:

- ✓ poprzez obniżenie nakładów, przy jednoczesnym utrzymaniu dotychczasowego poziomu efektów,
- ✓ poprzez obniżenie nakładów, przy jednoczesnym podwyższeniu poziomu efektów.
- ✓ poprzez utrzymanie dotychczasowego poziomu nakładów, przy jednoczesnym podwyższeniu poziomu efektów,
- ✓ poprzez podwyższenie dotychczasowego poziomu nakładów, przy jednoczesnym drastycznym podwyższeniu poziomu efektów.

Na rysunku 1 przedstawiono podstawowe sposoby podniesienia efektywności produkcji i przypisanie ich do wybranych koncepcji zarządzania.

Rys.1. Przypisanie wybranym koncepcjom zarządzania sposobów podniesienia efektywności



Źródło: A.Koliński, Przegląd metod i technik oceny efektywności procesu produkcyjnego, Logistyka 5/2011, str. 1085

Podstawą powyższego rysunku jest przekonanie, że koncepcja *Lean Production* koncentruje się na obniżeniu nakładów, między innymi poprzez obniżenie poziomu kosztów. Z kolei koncepcja *Agile Production* nie skupia się na optymalizacji kosztowej, dlatego sposoby poprawy efektywności, które nie dotyczyły obniżenia nakładów uznano za cechę charakterystyczną dla tej koncepcji. Teoria Ograniczeń koncentruje się na dwóch sposobach poprawy efektywności. W początkowej fazie poprzez poprawę efektów, przy utrzymaniu dotychczasowych nakładów, a następnie poprzez udoskonalenie procesu i obniżenie nakładów (np. zredukowanie zapasów robót w toku). Zgodnie z definicją dywersyfikacji, zwiększenie efektów jest możliwe poprzez wzrost nakładów (np. wprowadzenie nowych produktów, czy wejście na nowe rynki).[95]

Należy jednak pamiętać, że proces produkcji jest ściśle powiązany z innymi procesami, które mają równie ważny wpływ na efektywność. Wartość produktu dla klienta jest wynikiem realizacji wielu procesów w łańcuchu dostaw - m.in. zaopatrzenia, produkcji i

dystrybucji i zużywania w tych procesach zasobów. Określenie przebiegu procesu najlepiej realizującego cele przyjętej strategii przedsiębiorstwa i eliminującego działania nie dodające wartości dla klienta, jest problemem wielu przedsiębiorstw w osiąganiu ich wysokiej efektywności działania.[96] Efektywność procesu produkcji jest zatem uzależniona od łańcucha wartości, który poprzez swój wkład w tworzenie produktu powoduje, że każda kolejna czynność w procesie produkcji powinna dodawać wartości do efektu wcześniejszej czynności.

Proces produkcyjny stanowi wyzwanie dla działań controllingowych, ze względu na różnorodność czynników wpływających na efektywność. Jednym z najważniejszych czynników wpływających na efektywność procesu produkcyjnego jest występowanie "wąskich gardeł", które determinują wydajność całego procesu produkcji.[97] Liczne analizy sytuacyjne i badania przedstawione w literaturze przedmiotu, jedynie potwierdzają ogromny wpływ wąskich gardeł na efektywność procesu produkcji. Innym bardzo istotnym czynnikiem wpływającym na efektywność jest planowanie racjonalnych przepływów materiałowych w procesie produkcyjnym, mającym na celu redukcję zapasów robót w toku. Z tego względu badanie efektywności procesu produkcyjnego składa się z następujących elementów:

- ✓ identyfikacji i wyodrębnienia działań, które będą przedmiotem oceny pod względem efektywności,
- ✓ pomiaru składników efektywności.[98]

2.2. Metody, techniki i mierniki oceny efektywności

Pomiar efektywności przedsiębiorstwa jest jedną z najbardziej dynamicznie rozwijających się koncepcji ostatnich dekad. Pomiar efektywności działań podejmowanych przez podmioty gospodarcze jest standardową procedurą pozwalającą na racjonalną alokację dostępnych zasobów. Wysoka efektywność działań jest bowiem uzasadnieniem do dalszej ich intensyfikacji, podczas gdy niska efektywność stanowi sygnał ostrzegawczy wskazujący na ich ograniczenie lub wręcz zaprzestanie. Takie podejście stosowane jest w przypadku zasobów materialnych, jak również coraz częściej odnosi się do obszaru zasobów niematerialnych.[99] Pomiar efektywności ekonomicznej dokonywany może być zarówno w skali mikroekonomicznej, jak i makroekonomicznej. Efektywność, jako uniwersalna i kompleksowa miara sprawności gospodarowania, odnoszona może być do pojedynczego przedsiębiorstwa, jak też do całej gospodarki. Podejście makroekonomiczne pozwala zmierzyć sprawność gospodarowania ogółu przedsiębiorstw w kraju. Jeżeli ocena ta, przeprowadzana będzie na przestrzeni kilku lat, daje to możliwość uzyskania prawie kompletnego obrazu gospodarki. Warto podkreślić, iż ocena poziomu efektywności ekonomicznej przedsiębiorstw w ujęciu mikroekonomicznym ma znaczenie dla właściciela, podczas gdy

ujęcie makroekonomiczne dostarcza informacji o stanie sytuacji całego społeczeństwa. W gospodarce rynkowej istnieje bowiem silny związek pomiędzy wynikami ogółu przedsiębiorstw, a sytuacją całego społeczeństwa. Poprawa efektywności ogółu przedsiębiorstw w kraju wpływa na polepszenie przeciętnych warunków życia całego społeczeństwa. Ta zależność sprawia, iż efektywność ekonomiczna całej gospodarki urasta do jednego z najważniejszych problemów społecznych w każdym państwie, implikując tym samym konieczność jej monitorowania.

Powszechnie stosowane metody pomiaru efektywności opierają się na podejściu wskaźnikowym, parametrycznym i nieparametrycznym. Analiza wskaźnikowa jest stosunkowo prostą metodą wglądu w operacje gospodarcze i wyniki funkcjonowania podmiotów gospodarczych. Ujęcie wskaźnikowe sprowadza się do konstruowania relacji pomiędzy różnymi wielkościami.[100] Ważne jest jednak odpowiednie oszacowanie tych wielkości i prawidłowa interpretacja, której dokonuje się na podstawie porównania uzyskanych wyników z przyjętymi bazami odniesienia.[101] Wybór wskaźników podyktowany jest celem analizy. Proponowane są rozwiązania takie jak: systemy wielu wskaźników, ograniczenie się do analizy tylko kilku najważniejszych wskaźników lub tworzenie miar syntetycznych.[102] Wskaźnikowa analiza ekonomiczna dysponuje dużą liczbą wskaźników, które najczęściej ujmowane są w następujące grupy: wskaźniki rentowności, wskaźniki płynności finansowej i wypłacalności, wskaźniki sprawności działania, wskaźniki zadłużenia i zdolności do obsługi długu, wskaźniki rynkowe.[103] Efektywność może być analizowana w różnych wymiarach. W analizach dotyczących różnych fragmentów efektywności ekonomicznej wybierane są grupy lub systemy wskaźników, które reprezentują badaną sferę zainteresowań.[104] A.Jaki dokonał systematyzacji stosowanych w literaturze wskaźników wyróżniając trzy grupy wskaźników[105]:

- ✓ wskaźniki księgowe,
- ✓ wskaźniki finansowe,
- ✓ wskaźniki rynkowe.

Wskaźniki księgowe są najbardziej powszechną formą pomiaru efektywności w analizie wskaźnikowej. Traktując efektywność jako relację pomiędzy przychodami i kosztami, skupiają się przede wszystkim na pomiarze rentowności na różnych poziomach wyniku finansowego, odnosząc ją do wielkości zaangażowanego kapitału oraz wartości aktywów.

Wskaźniki księgowe oparte są na danych historycznych, co stanowi źródło ich popularności. Sprawozdania finansowe przedsiębiorstw są dokumentami powszechnie dostępnymi, wystandaryzowanymi, w wielu przypadkach potwierdzonymi w zakresie rzetelności ich sporządzenia przez niezależnego audytora. W przeciwieństwie do wielkości o charakterze prognostycznym, dane zawarte w sprawozdaniach finansowych są danymi

pewnymi. W literaturze przedmiotu bardzo dobrze rozpoznane są metody analizy wskaźnikowej oparte na sprawozdaniach finansowych.

Tabela…. *Księgowe mierniki efektywności przedsiębiorstwa*

Lp.	Symbol miernika	Formuła obliczania	Oznaczenia
Mierniki bezwzględne			
1	EBIT	$NP + INT + TAX$	EBIT – zysk przed opodatkowaniem i zapłaceniem odsetek (zysk operacyjny) NP – zysk netto INT – odsetki TAX – podatek dochodowy
2	EBITDA	$EBIT + DEP$	EBITDA – zysk przed opodatkowaniem, zapłaceniem odsetek i amortyzacją DEP – amortyzacja pozostałe oznaczenia jak uprzednio
3	NOPAT	$EBIT * (1 - T)$	NOPAT – zysk operacyjny po opodatkowaniu T – stopa podatku dochodowego pozostałe oznaczenia – jak uprzednio
4	EBIDAAT	$(EBIT + DEP) * (1 - T)$	EBIDAAT – zysk przed zapłaceniem odsetek i amortyzacją, po opodatkowaniu pozostałe oznaczenia – jak uprzednio
5	EPS	$\frac{NP}{l.a.}$	EPS – zysk na jedną akcję l.a. – liczba akcji pozostałe oznaczenia – jak uprzednio
Mierniki względne			
1	ROI	$\frac{NOPAT}{K}$	ROI – wskaźnik rentowności kapitału K – kapitał ogółem pozostałe oznaczenia – jak uprzednio
2	ROA	$\frac{NP}{A}$	ROA – wskaźnik rentowności aktywów A – aktywa ogółem pozostałe oznaczenia – jak uprzednio
3	ROS	$\frac{NP}{S}$	ROS – wskaźnik rentowności sprzedaży S – przychody ze sprzedaży pozostałe oznaczenia – jak uprzednio
4	ROE	$\frac{NP}{E}$	ROE – wskaźnik rentowności kapitału własnego E – kapitał własny pozostałe oznaczenia – jak uprzednio
5	DFL	$\frac{ROE - ROI}{ROI}$	DFL – stopień dźwigni finansowej pozostałe oznaczenia – jak uprzednio
6	DOL	$\frac{S - VC}{EBIT}$	DOL – stopień dźwigni operacyjnej S – przychody ze sprzedaży VC – koszty zmienne pozostałe oznaczenia – jak uprzednio

Źródło: A.Jaki, Mechanizmy procesu zarządzania wartością przedsiębiorstwa, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków 2012, str. 150-151.

Szeroki zakres wskaźników księgowych powoduje, że dla właściwej oceny efektywności przedsiębiorstwa wymagana jest jednoczesna ich interpretacja. Dodatkowo

przedsiębiorstwa stosują różne zasady i polityki rachunkowości, co powoduje, że dane należy zawsze czytać z informacją dodatkową. Zagadnienie to ma szczególne znaczenie w przypadku spółek stosujących Międzynarodowe Standardy Rachunkowości i Międzynarodowe Standardy Sprawozdawczości Finansowej. Utrudnia to dokonanie rzetelnego porównania pomiędzy sobą szerszej grupy przedsiębiorstw, zwłaszcza, że mierniki względne bazują głównie na bilansowym zysku netto jako podstawowym parametrze będącym przedmiotem pomiaru.

Druga grupa wskaźników to wskaźniki finansowe, które bazują na przepływach gotówkowych jako głównym parametrze oceny. Wskaźniki finansowe oparte są o przepływy gotówkowe. Ujęcie kasowe powoduje, że pomiar efektywności daje bardziej jednoznaczne i łatwiejsze w interpretacji rezultaty niż w przypadku wskaźników księgowych.

Wskaźniki finansowe w większości przypadków znajdują realne zastosowanie przy ocenie efektywności pojedynczych przedsiębiorstw i to w przypadku dostępu do bardziej szczegółowej informacji niż ta prezentowana w sprawozdaniach finansowych. Dlatego powszechność ich stosowania jest dużo mniejsza niż w przypadku wskaźników księgowych.

Tabela …. *Finansowe mierniki efektywności przedsiębiorstwa.*

Lp.	Symbol miernika	Formuła obliczania	Oznaczenia
1	2	3	4
Mierniki bezwzględne			
1	FCF	$NOPAT + DEP - I - \Delta KO$	FCF – wolne przepływy pieniężne I – nakłady inwestycyjne ΔKO – przyrost kapitału obrotowego netto pozostałe oznaczenia – jak uprzednio
2	FCFE	$NP + DEP - I - \Delta KO + \Delta D$	FCFE – wolne przepływy pieniężne dla właścicieli ΔD – przyrost zadłużenia netto pozostałe oznaczenia – jak uprzednio
3	GCF	$NOPAT + DEP$	GCF – przepływy pieniężne brutto pozostałe oznaczenia – jak uprzednio
4	DCF	$CF * \frac{1}{(1+r)^n}$	DCF – zdyskontowane przepływy pie--nięźne CF – przepływy pieniężne (w dowolnej postaci) r – stopa dyskontowa n – okres w latach
5	NPV	$\sum_{t=0}^{n} NCF_t * \frac{1}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^{n} I_t * \frac{1}{(1+r)^t}$	NPV – wartość bieżąca netto NCF – przepływy pieniężne netto pozostałe oznaczenia – jak uprzednio
6	CVA	$K * (CFROI - WACC) - GCF - K * WACC$	CVA – gotówkowa wartość dodana CFROI – gotówkowa stopa zwrotu WACC – średnioważony koszt kapitału pozostałe oznaczenia – jak uprzednio
Mierniki względne			
1	IRR	$\sum_{t=0}^{n} NCF_t * \frac{1}{(1+IRR)^t} - \sum_{t=0}^{n} I_t * \frac{1}{(1+IRR)^t}$	IRR – wewnętrzna stopa zwrotu pozostałe oznaczenia – jak uprzednio
2	CFROI	$\sum_{t=0}^{n} NCF_t * \frac{1}{(1+CFROI)^t} - \sum_{t=0}^{n} I_t * \frac{1}{(1+CFROI)^t}$	CFROI – gotówkowa stopa zwrotu pozostałe oznaczenia – jak uprzednio
3	WACC	$k_e * \frac{E}{K} + k_d * \frac{D}{K}$	WACC – średnioważony koszt kapitału k_E – koszt kapitału własnego k_D – koszt kapitału obcego E – kapitał własny D – kapitał obcy pozostałe oznaczenia – jak uprzednio

Źródło: A.Jaki, Mechanizmy procesu zarządzania wartością przedsiębiorstwa, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków 2012, str. 152

Ostatnia grupa wskaźników, wskaźniki rynkowe, pozwala na ocenę efektywności przedsiębiorstwa z punktu widzenia akcjonariuszy. Jest to ocena przedsiębiorstwa dokonana z zewnątrz. Wycena rynkowa kapitału własnego uwzględnia każdorazowo historyczne wyniki finansowe, bieżącą sytuację oraz przewidywania co do przyszłości przedsiębiorstwa, stąd uznaje się ją za wycenę najbardziej obiektywną. Należy jednak zwrócić uwagę, że cena

rynkowa akcji jest ustalana bardzo często przez podmioty o niskim stopniu znajomości przedsiębiorstwa i rozumienia specyfiki danego biznesu. Cena akcji zawiera w sobie dyskonto z tytułu asymetrii informacji, jaką posiadają akcjonariusze mniejszościowi. Jest ona również uzależniona od sytuacji na rynku kapitałowym, działań o charakterze spekulacyjnym, a także polityki inwestorów giełdowych w zakresie budowania portfela akcji.

Tabela .... *Rynkowe wskaźniki efektywności przedsiębiorstwa.*

Lp.	Symbol miernika	Formuła obliczania	Oznaczenia
Mierniki bezwzględne			
1	EVA	$K*(ROI-WACC)=$ $=NOPAT-K*WACC$	EVA – ekonomiczna wartość dodana pozostałe oznaczenia – jak uprzednio
2	EVC	$E*(ROE-k_E)=NP-E*k_E$	EVC – szacunkowa wartość kreowana pozostałe oznaczenia – jak uprzednio
3	MVA	$V(K)-K=(V(E)-E$	MVA – rynkowa wartość dodana V(K) – wartość rynkowa kapitału V(E) – wartość rynkowa kapitału własnego pozostałe oznaczenia – jak uprzednio
4	SVA	$\Delta V(E)+DIV-I$	SVA – wartość dodana dla akcjonariuszy ΔV(E) – przyrost wartości rynkowej kapitału własnego DIV – dywidendy wypłacone w trakcie roku I – inwestycje netto akcjonariuszy w kapitał własny (emisja akcji – umo-rzenie akcji + zamiana długu na akcje) pozostałe oznaczenia – jak uprzednio
Mierniki względne			
1	TSR	$\frac{(P_1-P_0)+DPS}{P_0}$	TSR – całkowity zwrot dla akcjonariuszy, stopa zwrotu z akcji P_1P_0 – rynkowa cena akcji na koniec i początek okresu DPS – dywidenda na 1 akcję wypłacona w rozpatrywanym okresie
2	VCI	$\frac{ROE}{k_E}$	VCI – indeks tworzenia wartości pozostałe oznaczenia – jak uprzednio

Źródło: A.Jaki, Mechanizmy procesu zarządzania wartością przedsiębiorstwa, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków 2012, str. 154.

Ocena efektywności w oparciu o wskaźniki rynkowe ma szerokie zastosowanie praktyczne - bardzo dobrze porównuje się wskaźniki rynkowe, zwłaszcza te w ujęciu bezwzględnym. Ocena ta jest bardzo przydatna, lub nawet niezbędna, z punktu widzenia inwestorów/właścicieli. Należy zwrócić uwagę, że w tym przypadku ocenia się bardziej efektywność inwestycji w akcje przedsiębiorstwa aniżeli efektywność przedsiębiorstwa jako całości.

Mając na uwadze różnorodność i złożoność działań podejmowanych przez współczesne przedsiębiorstwo M. Bielski dostrzegł konieczność poszerzenia tradycyjnej oceny efektywności o zbiór mierników niefinansowych, wyodrębniając tym samym siedem wymiarów efektywności, wraz z kryteriami ich oceny (tabela 4).

***Tabela …** Wymiary i kryteria oceny efektywności organizacyjnej wg M. Bielskiego*

Wymiary efektywności	Kryteria efektywności
Rzeczowa	produkcja globalna, dostawy rynkowe, sprzedaż, realizacja planu produkcji globalnej, realizacja dostaw rynkowych, realizacja planu sprzedaży
Ekonomiczna	produkcja dodana, wydajność na jednego zatrudnionego, produktywność pracy, produktywność środków trwałych, zysk brutto, zysk netto
Systemowa	innowacyjność, wartość wydatków na badania i rozwój, wartość zastosowanych wniosków racjonalizatorskich, istnienie organizacji, wartość inwestycji, liczba pracowników podnoszących kwalifikacje, dynamika produkcji, sprzedaż
"polityczna"	wielkość dotacji, subwencji, obniżanie taryf celnych, podatków, udział w rynku, autonomia względem otoczenia i uczestników, warunki pracy i płac w stosunku do innych organizacji
Polityczna	stopnie realizacji interesów politycznych grupy (klasy) rządzącej lub dążącej do władzy, utrwalanie bądź naruszanie istniejącego ładu społeczno-politycznego
Kulturowa	zgodność norm organizacji z normami kulturowymi, innowacyjność kulturowa
Behawioralna	poczucie bezpieczeństwa, wydajność pracy, fluktuacja, absencja, stopień integracji pracowniczej, stosunki międzyludzkie

Źródło: M.Bielski, Organizacje. Istota, struktury, procesy, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 1997, str. 116-117

W celu stworzenia spójnego systemu miar efektywności, należy powiązać przyczynowo-skutkowo poszczególne poziomy zarządzania przedsiębiorstwem. Z pomocą przychodzą działania controllingowe, które mają na celu zapewnienie skuteczności i efektywności działania przedsiębiorstwa z punktu widzenia założonych celów. Ścisłe powiązanie pomiędzy poziomem strategicznym i operacyjnym, argumentuje proces analizy odchyleń poszczególnych wartości od planu, na poziomie taktycznym i operacyjnym. Zgodność działań bieżących jest oceniana na podstawie określonych celów strategicznych, które należy przenieść na poziom operacyjny.

Przeniesienie celów strategicznych przedsiębiorstwa na poziom taktyczny i operacyjny, z punktu widzenia controllingu polega na modyfikacji wskaźników i mierników oceny efektywności realizacji celów. Na poziomie strategicznym wskaźniki i mierniki analizy odchyleń stanu rzeczywistego od planowanego, nie tylko cechują się długoterminowością, ale również wysokim poziomem ogólności otrzymywanych danych (np. udział w rynku). Należy jednak pamiętać, że już na poziomie operacyjnym konieczne jest stopniowe monitorowanie realizacji celów oraz ewentualne korygowanie bieżących działań, aby zwiększyć prawdopodobieństwo osiągnięcia zaplanowanego rezultatu.

Złożoność problematyki oceny efektywności procesu produkcyjnego powoduje, że zestawienie metod i technik oceny należy rozpatrzyć nie tylko pod względem operacyjnym i strategicznym, ale również uwzględniając odmienne ujęcia efektywności. W tabeli 5 przedstawiono zestawienie wybranych metod, technik i mierników oceny efektywności procesu produkcyjnego.

Tab.5. Zestawienie wybranych metod, technik i mierników oceny efektywności procesu produkcyjnego

Efektywność	**Charakterystyka**	**Metody, techniki i mierniki oceny efektywności procesu produkcji**
Operacyjna	Dotyczy wzrostu wydajności pracy, obniżki kosztów, zmniejszeniu strat oraz skracaniu długości cykli produkcyjnych. Polega na szukaniu sposobów zmniejszenia wykorzystania zasobów produkcyjnych.	Wskaźniki Produktywności Wskaźniki Rentowności Analiza Wydajności i Stopnia Wykorzystania Stanowisk Rachunek Kosztów Działań Efektywność przestrzenna organizacji produkcji Ekonomiczna Ocena Struktury Produkcyjnej
Rynkowa	Określana przez wyróżnienie elementów, których analiza może służyć ocenie tej efektywności, będącej wyznacznikiem sukcesu rynkowego. Do tych elementów zalicza się: produkt, reputacja, koszty, indywidualizacja obsługi, doradztwo. udział w rynku itp.	Strategiczna Karta Wyników Analiza udziału w rynku Analiza satysfakcji klienta Analiza Progu Rentowności
Dynamiczna	Wykorzystywana do pomiaru tempa w jakim firma rozwija nowe produkty oraz zdobywa rynki, tworzy lub pozyskuje nowe technologie oraz umiejętności	Procent twórczych inicjatyw, które w ciągu określonego okresu zaowocowały nowymi produktami lub ulepszeniami procesów produkcyjnych; Liczba wynalazków powstających w firmie i tych, które znajdują wyraz w nowych produktach; Procent zysków pochodzących z produktów zaprojektowanych nie dawniej niż przed pięciu laty; Bieżący zapas "banku pomysłów" będących w trakcie realizacji lub w fazie przygotowań; Wartość bieżących nakładów na zdobywanie nowej wiedzy oraz technologii informacyjnej, która umożliwi pracownikom współdziałanie w kreowaniu nowych produktów; Benchmarking na podstawie wyznaczonych mierników
Techniczna	Występuje w sytuacji, gdy nie można zwiększyć poziomu jednego z wyników lub zredukować jednego z nakładów bez jednoczesnego zmniejszenia poziomu innego wyniku, lub zwiększenia poziomu innego nakładu	Dynamiczny Plan Kontroli (Dep) 5 Why 8D Statystyczne Sterowanie Procesem (SPC) Kontrola systemów pomiarowych (MSA)
Wg kryterium zysku	Określana jest z punktu widzenia maksymalizacji zysku przedsiębiorstwa	Analiza Make or Buy Analiza wąskich gardeł

Źródło: A.Koliński, Przegląd metod i technik oceny efektywności procesu produkcyjnego, Logistyka 5/2011, str. 1085-1088

Większość metod i technik oceny efektywności procesu na poziomie operacyjnym została zawarta w tabeli 5. Jest ona próbą przedstawienia złożono[106]ści problemu, jakim jest rzetelna ocena efektywności procesu produkcji. Należy jednak zwrócić uwagę, że to nie jedyne metody i techniki oceny efektowności produkcji.

Metody pomiaru efektywności nie muszą odnosić się jedynie do procesu produkcyjnego, mogą być stosowane również w celu oceny całego podmiotu gospodarczego, a więc do pomiaru efektywności na poziomie strategicznym. Do najczęściej stosowanych metod oceny efektywności na poziomie strategicznym zalicza się[107]:

- ✓ arkusz badania potencjału strategicznego - polega na wszechstronnej ocenie przedsiębiorstwa, we wszystkich obszarach funkcjonowania. W każdym z tych obszarów należy wytypować bardziej szczegółowe czynniki, które warunkują funkcjonowanie przedsiębiorstwa,
- ✓ analizę kluczowych czynników sukcesu - polega na ocenie wybranych czynników odzwierciedlających zasoby oraz umiejętności przedsiębiorstwa, które stanowią jego kluczowe kompetencje,
- ✓ analizę łańcucha wartości - opierającą się na modelu, w którym wyznacza się określoną sekwencję działań lub następujące po sobie fazy przekształcania surowców, materiałów, technologii na produkty finalne, które stanowią określoną wartość dla końcowego odbiorcy,
- ✓ metody portfelowe - umożliwiają dokonanie oceny efektywności pod kątem wytwarzanych produktów, ich zapotrzebowania na środki finansowe oraz generowanych dochodów, czy pozycji konkurencyjnej przedsiębiorstwa na rynku,
- ✓ cykl życia technologii i produktu - pozwala określić wiek rynkowy każdego produktu wytwarzanego w przedsiębiorstwie lub każdej stosowanej technologii. Umożliwia zatem racjonalne zaplanowanie portfela oferowanych wyrobów oraz kosztów związanych z wprowadzeniem nowych produktów na rynek.

Ze względu na złożoność procesów zachodzących w przedsiębiorstwie produkcyjnym ocena efektywności przedsiębiorstw produkcyjnych powinna zawierać[108]:

- ✓ wskaźniki efektywności ekonomicznej procesu produkcyjnego,
- ✓ analizę rezultatów działalności przedsiębiorstwa na różnych szczeblach zarządzania,
- ✓ wskaźniki efektywności działalności gospodarczej,
- ✓ wskaźniki efektywności podnoszenia jakości produkcji,
- ✓ wskaźniki efektywności organizacji pracy,
- ✓ analizę oceny technicznego poziomu organizacji,
- ✓ wskaźniki postępu naukowo-technicznego,
- ✓ wskaźniki wykorzystania zasobów materialno-energetycznych,

- ✓ analizę oceny systemów stymulujących efektywność produkcji.

Jak już wspomniano metody pomiaru efektywności podmiotów gospodarczych można zasadniczo podzielić na parametryczne i nieparametryczne.

W odróżnieniu od innych sposobów oceny, metody parametryczne mają silne podstawy mikroekonomiczne i statystyczne, a pomiar efektywności opiera się na rozwiązaniu odpowiedniego zagadnienia optymalizacyjnego. Metody parametryczne stosowane są w przypadku modeli o ściśle określonej strukturze, którą należy zidentyfikować. Od postaci struktury zależy odpowiednio liczba estymowanych parametrów. Metody te, wymagają przyjęcia założeń dotyczących postaci funkcji produkcji, określającej relacje między nakładami a wynikami. Funkcja ta, dostarcza informacji na temat wielkości maksymalnego produktu, jaki można uzyskać przy danych nakładach, a parametry tej funkcji ustala się za pomocą klasycznych narzędzi estymacji ekonometrycznej.[109] W praktyce często jednak nie można zaobserwować wszystkich możliwych kombinacji nakładów i wyników, trudno zatem sprecyzować matematyczną postać funkcji produkcji dla danego podmiotu gospodarczego.[110] Do parametrycznego pomiaru efektywności początkowo stosowane były modele deterministyczne. W modelach tych nieefektywność techniczna określana jest jako odległość pomiędzy obserwowaną wielkością produkcji, a jej wartością maksymalną wynikającą z funkcji granicznej i dostępnej technologii. Ze względu jednak na przyjęte założenia ignorujące czynniki o charakterze losowym okazały się one niewysterczające. W 1977 r. do pomiaru efektywności i analizy procesu produkcyjnego zaproponowano stochastyczne modele graniczne, dające bardziej przekonujące rezultaty.[111] Pomiar efektywności w grupach modeli deterministycznych i stochastycznych wymaga specyfikacji określonej funkcji granicznej i ekonometrycznej estymacji jej parametrów.

Najczęściej stosowanymi metodami parametrycznymi są[112]:

- ✓ stochastyczna metoda graniczna (Stochastic Frontier Approach - SFA),
- ✓ metoda swobodnego rozkładu (Distribution-Free Approach - DFA),
- ✓ metoda grubej granicy (Thick Frontier Approach - TFA).

Podejście parametryczne opiera się na funkcji produkcji. W praktyce oceny efektywności bazujące na wykorzystaniu tej funkcji mają często charakter fragmentaryczny, uwzględniający tylko część kategorii efektywności.[113]

Dużą aplikacyjną wartość w badaniach efektywności podmiotów gospodarczych mają metody nieparametryczne. Metody te, nie wymagają znajomości funkcyjnej zależności między nakładami i wynikami. Ujęcie nieparametryczne cechuje większa elastyczność, jest bowiem stosowane w przypadku modeli, których struktura nie jest założona a priori, lecz jest dostosowywana do danych. W podejściu nieparametrycznym wykorzystuje się procedurę

programowania liniowego, nie uwzględnia się natomiast wpływu czynnika losowego na efektywność obiektów oraz potencjalnych błędów pomiaru. W metodach tych, nie analizuje się także zależności pomiędzy nakładami a efektami.

Najczęściej stosowanymi metodami nieparametrycznymi są[114]:

- ✓ graniczna analiza danych (Data Envelopment Analysis - DEA),
- ✓ metoda swobodnego ustalania obwiedni (Free Disposal Hull - FDH).

Mając na uwadze różnorodność metod i podejść do sposobu pomiaru efektywności można zauważyć, iż nie istnieje współcześnie jedno, syntetyczne i uniwersalne kryterium oceny efektywności organizacji. System oceny wielokryterialnej powinien być konstruowany indywidualnie przy uwzględnianiu funkcji genotypowej organizacji, zestawu bieżących celów, uznawanej hierarchii wartości, a także celu z punktu widzenia którego dokonuje się oceny. Ewolucyjny rozwój definiowania efektywności przedstawiła M. Holstein-Beck[115], wyróżniając tym samym sześć kategorii składających się na współczesne rozumienie treści i zakresu pojęcia efektywności. Obejmują one: wydajność (w ujęciu techniczno-ekonomicznym H. Emersona); kompetencyjność (w ujęciu organizacyjno-biurokratycznym M. Webera); sprawność (w ujęciu prakseologicznym T. Kotarbińskiego); funkcjonalność (w ujęciu humanistycznym R. Beckharda); komunikatywność (w ujęciu osobowościowym D.J. Lawlessa); moralność (w ujęciu behawioralnym K. Obuchowskiego).

Konotacje znaczeniowe pojęcia efektywności dotyczą zarówno sfery ekonomiczno-finansowej, ale również wyrażać mogą wartości społeczne, kulturowe czy ekologiczne, przejawiając się w sferze organizacji ludzkiej działalności. Efektywność odnosi się zatem zarówno do wymiaru ekonomicznego, jak i organizacyjnego przedsiębiorstwa. Jak podkreśla K. Cameron, pojęcie efektywności jest niezwykle skomplikowane, jednak zawsze odnosi się do wewnętrznych i zewnętrznych kryteriów oceny, specyficznych dla danego kontekstu oraz zmieniających się w czasie. Niezwykle istotnym czynnikiem owych zmian są potrzeby, przeświadczenia, a także wartości kadry zarządzającej.[116]

2.3. Wskaźniki efektywności procesu produkcyjnego

Szybko zmieniające się otoczenie firm produkcyjnych wymusza na menedżerach podejmowanie trudnych decyzji dotyczących dalszego rozwoju i działalności firmy. Nie tylko w czasie globalnej epidemii, czy działań wojennych, firmy zmuszone są do wprowadzania nowych rozwiązań, aby dopasować się do nieustannie zmieniającej się sytuacji rynkowej. W zależności od branży decyzje mogą dotyczyć ograniczenia obsady do niezbędnego minimum, zwiększenia produkcji czy przestawienia się na produkcję nowych wyrobów, aby lepiej zaspokoić potrzeby zmieniającego się rynku.

Niezależnie od sytuacji przy podejmowaniu tych działań istotną rolę odgrywają informacje o aktualnej sytuacji firmy, a w przypadku firm produkcyjnych, szczególnie ważne są dane dotyczące produktywności czy ogólniej efektywności procesu produkcyjnego. Dynamika zmian w otoczeniu nie pozwala już na poleganiu na intuicji, a dotyczy to zarówno małych, średnich i dużych przedsiębiorstw. Przy podejmowaniu decyzji nie wystarczy obchód po hali i ogólny obraz sytuacji. Niezbędne staje się zbieranie, przetwarzanie i analiza dużej ilości danych pochodzących bezpośrednio z produkcji, aby następnie przedstawić je w postaci wymiernych wartości.

Przedsiębiorcy poszukują odpowiedzi na wiele pytań. Ilu ludzi wysłać do domu, a ilu wystarczy by realizować bieżące zamówienia? Jakich zasobów potrzeba by zwiększyć produkcję i nie przeoczyć pojawiającej się okazji? Jakie są aktualne moce produkcyjne po przezbrojeniu i jaki termin podać klientowi? Jakie są wąskie gardła procesu produkcyjnego? Aby mieć pewność, że kluczowe decyzje z punktu widzenia działalności firmy oparte są na solidnych podstawach, warto zastosować odpowiednio dobrane wskaźniki.

2.3.1. Przegląd wskaźników efektywności procesu produkcyjnego.

W.E.Deming zwykł mawiać: „jeśli nie mierzymy procesu, to nie możemy nim zarządzać". Pierwszą rzeczą, jak należy zrobić, jest zmierzenie procesu, żeby ustalić stan aktualny. Pomocne okażą się wskaźniki efektywności procesu produkcyjnego, popularnie zwane KPI (ang. Key Performance Indicators), których jest bardzo wiele.

Wskaźniki efektywności produkcji są jednym z najważniejszych narzędzi kadry kierowniczej. Pozwalają w wymierny sposób porównywać rezultaty osiągane przez pracowników, zespoły, linie produkcyjne, działy i całe zakłady. Są ważnym parametrem pozwalającym ocenić rezultaty wprowadzanych usprawnień i modyfikacji.[117] [118] Mnogość wskaźników efektywności sprawia, że nieracjonalnym byłoby stosowanie ich wszystkich jednocześnie. Dlatego spośród wielu dostępnych KPI warto wybrać kilka takich, które najdokładniej będą odpowiadały specyfice i celom danego przedsiębiorstwa.

Do grupy wskaźników efektywności produkcji, w których kluczowym parametrem jest czas, możemy zaliczyć:

- **Czas realizacji zlecenia produkcyjnego** (ang. Lead time) - parametr szczególnie ważny dla firm specjalizujących się w produkcji krótkoseryjnej. Jest kluczowy także dla tych przedsiębiorstw, które nastawione są na konkurowanie czasem (ang. Quick Response Manufacturing). Jest to łączny okres, który upłynął od momentu złożenia zamówienia przez klienta, do chwili dostarczenia towaru do kupującego.

- **Czas cyklu produkcyjnego** – to całkowity czas od początku do końca procesu produkcyjnego. W produkcji mierzony jest czas potrzebny na przejście produktu przez wszystkie maszyny, procesy i cykle, aż do uzyskania gotowego produktu. Czas cyklu może odnosić się do okresu potrzebnego do wytworzenia gotowego produktu, każdego pojedynczego komponentu produktu końcowego, a nawet do całkowitego czasu dostawy do użytkownika końcowego. Dzięki temu czas cyklu można wykorzystać do analizy ogólnej wydajności procesu produkcyjnego tak w skali makro, jak i mikro. Skrócenie tego czasu może przynieść redukcję kosztów, lepszą reakcję na potrzeby klientów oraz większą elastyczność.
- **Czas taktu –** wskaźnik definiuje jak często linię produkcyjną powinien opuszczać gotowy produkt, tak aby zakład mógł zaspokoić aktualne wymagania klientów. Wskaźnik pozwala ustalić optymalny poziom produkcji.
- **Czas przezbrojenia** – czas liczony od chwili wyjścia ostatniej dobrej sztuki danego produktu, do momentu wyjścia pierwszej poprawnie wykonanej sztuki innego typu produktu po przezbrojeniu maszyny. Przezbrojenie to proces przestawiania linii lub maszyny z pracy nad jednym produktem na inny. Dlatego ten wskaźnik mierzy po prostu szybkość lub czas potrzebny na dokonanie tej zmiany. W zależności od posiadanego sprzętu, przezbrojenie może trwać minuty, godziny, a nawet dni. Śledząc ten wskaźnik można określić, w jaki sposób i gdzie można poprawić czasy przezbrajania, na przykład stosując sprzęt, który jest łatwiejszy do ustawienia lub skonfigurowania. Można wykorzystać do tego dedykowane systemy i oprogramowanie.
- **Przestoje –** czas w którym proces produkcyjny nie jest realizowany z takich powodów jak: braki w dostawie energii elektrycznej, brak materiałów, konserwacja, awaria lub usterka maszyny, błąd operatora. W niektórych zakładach w ramach tego wskaźnika uwzględnia się także przerwy w produkcji spowodowane brakiem zleceń.
- **Terminowość realizacji zleceń –** jest to wskaźnik leżący na styku produkcji i logistyki. Pozwala zbiorczo ocenić sprawność procesu produkcji, magazynowania i transportu.

Do wskaźników efektywności opartych na wolumenie produkcji, wielkości poniesionych nakładów i stopniu wykorzystania zasobów należą:

- **Przepustowość produkcji** – to jeden z najprostszych, ale i najważniejszych wskaźników produkcji. Mierzy ona średnią liczbę jednostek produkowanych na maszynie, linii, jednostce lub zakładzie w określonym czasie, np.: jednostek na minutę. Jeśli przepustowość nagle spada, wiadomo, że pojawia się problem.

Poprawa przepustowości może być osiągnięta m. in. dzięki automatyzacji produkcji, czy procesom optymalizowanym zgodnie z Lean Manufacturing.

- **Wielkość produkcji** – wskazuje ilość towaru wyprodukowanego w dowolnie określonej jednostce czasu.
- **Wykorzystanie zdolności produkcyjnych** – wskaźnik ten ilustruje wykorzystywanie zdolności produkcyjnych w stosunku do całkowitej dostępnej zdolności produkcyjnej. Im wyższy poziom tego wskaźnika, tym wyższy jest zwrot z posiadanych przez przedsiębiorstwo aktywów. Parametr ten jest przydatny przy podejmowaniu decyzji o możliwości podjęcia nowego zlecenia. Wykorzystanie zdolności produkcyjnych jest zaniżane m.in. poprzez:
  - ✓ przestoje związane z awariami;
  - ✓ brak pracowników, materiałów, energii;
  - ✓ niepełną liczbę zmian (system jedno i dwuzmianowy);
  - ✓ wąskie gardła.
- **Produkcja w toku** – określa ilość częściowo ukończonych produktów. Pomaga firmom produkcyjnym zrozumieć, jaka część ich kapitału obrotowego jest związana z niekompletnymi produktami, co może pomóc zidentyfikować problemy w zarządzaniem łańcuchem dostaw.
- **Zużycie mediów** – poziom konsumpcji energii elektrycznej, wody i innych mediów. Do jego prezentacji stosuje się wiele różnych rodzajów wykresów (Sankeya, Gantta, uporządkowany wykres obciążeń). Zużycie mediów można ilustrować w ujęciu dowolnych przedziałów czasu i w rozbiciu na poszczególne maszyny, linie, wydziały, jak i całą halę produkcyjną.
- **Koszt energii na jednostkę** – dość drobiazgowy wskaźnik, który pokazuje całkowity koszt energii zużytej w danym okresie i dzieli go przez liczbę jednostek towaru wyprodukowanych w tym czasie. Wskaźnik przydatny przy ocenie zmian wprowadzanych w procesie produkcji, zwłaszcza w energochłonnych gałęziach przemysłu.

Wskaźniki używane w działach kontroli jakości pozwalają kadrze kierowniczej w wymierny sposób określić minimalny, akceptowalny poziom jakości.

- **Braki produkcyjne** – liczba produktów przeznaczonych do utylizacji z powodu wad produkcyjnych. Jest to dla zakładów produkcyjnych jeden z podstawowych mierników jakości procesu wytwarzania.
- **Wskaźnik wydajności produkcji (Yield) -** to jeden z najstarszych wskaźników produkcji stosowanych w zakładach produkcyjnych. Możemy wyróżnić zazwyczaj dwa rodzaje „Yieldu”:

- ✓ First Pass Yield: to procent produktów, które są wytwarzane prawidłowo i zgodnie ze specyfikacją za pierwszym razem, bez odrzutów, ponownego uruchomienia lub ponownej pracy. Jest to liczba jednostek wychodzących z procesu podzielona przez liczbę jednostek wchodzących do procesu w określonym czasie.
- ✓ Całkowity Yield: jest to procent wytworzonych produktów, które mogą, ale nie muszą, wymagać ponownej obróbki, aby spełnić normy zgodności i jakości.

- **Zwroty od klientów** – wskaźnik ten mówi, ile razy klienci odrzucają produkty lub żądają zwrotów, ponieważ otrzymali produkty złej jakości lub niezgodne ze specyfikacją. Jest to bezpośredni dowód na przestrzeganie standardów jakości. Liczba ta nigdy nie powinna być wysoka.

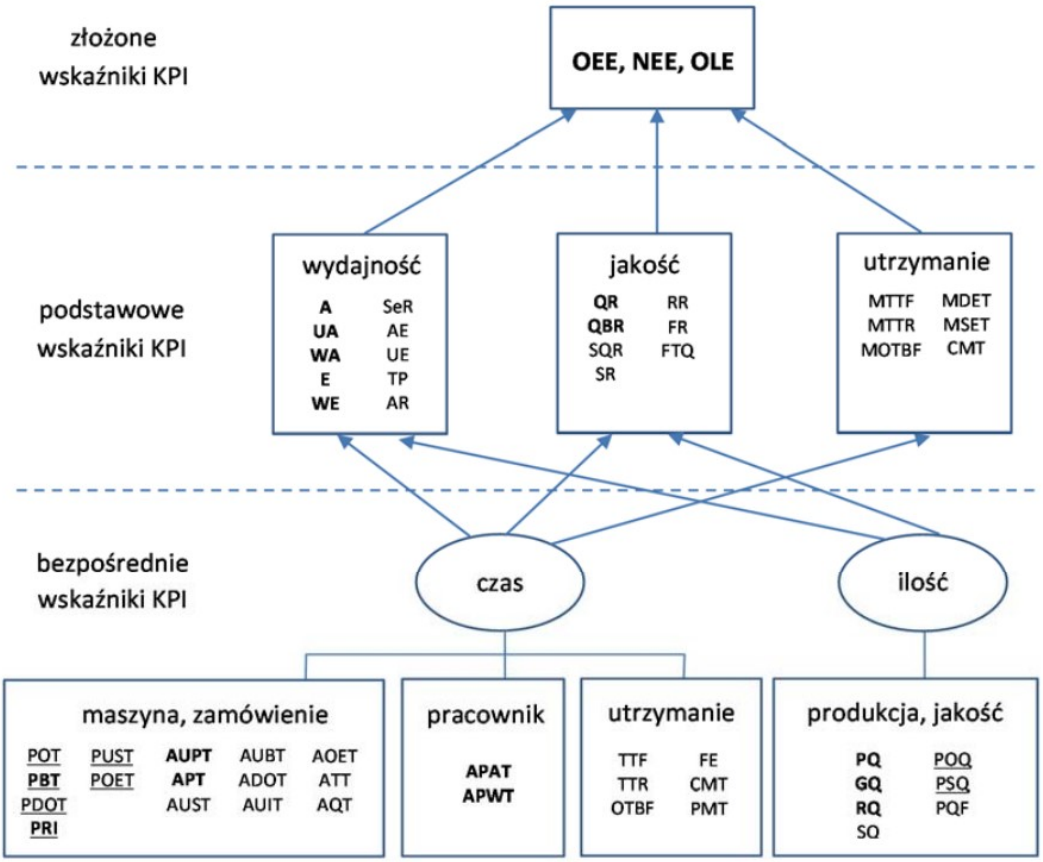
Zestaw wskaźników pozwalających ocenić kondycję parku maszynowego i skuteczność działu Utrzymania Ruchu.

- **MTTF (Mean Time To Failure)** – średni czas do wystąpienia awarii, czyli inaczej mówiąc uśredniony czas, jaki dzieli kolejne awarie. W przypadku nowych maszyn i urządzeń za punkt wyjścia traktuje się moment rozpoczęcia użytkowania.
- **MTTR (Mean Time To Repair)** – średni czas naprawy, informuje o tym, jak długo zajmuje przeciętnie naprawa maszyny lub urządzenia gdy wystąpi awaria. Wskaźnik ten pomaga ocenić pracochłonność napraw, jest też przydatny przy ocenianiu techników utrzymania ruchu.
- **MTBF (Mean Time Between Failure**) – wskazuje z jaką częstotliwością dochodzi do awarii lub usterki danego urządzenia. Jest to suma MTTF i MTTR.
- **Odsetek konserwacji zaplanowanej** – ukazuje jaki, w danym okresie czasu, był stosunek konserwacji zaplanowanej, do konserwacji nieplanowanej (usterki, awarie). Wskaźnik ten pomaga ustalić czy w przypadku niektórych zasobów nie jest wymagana bardziej zapobiegawcza konserwacja.
- **Procent czasu na przestoje z powodu awarii –** parametr liczony jest jako stosunek czasu przestojów z powodu awarii do całkowitego czasu pracy maszyny. Wskaźnik pomaga podjąć decyzję o tym czy dana maszyna wciąż nadaje się do eksploatacji, czy należy już ją wymienić.

Właściwy dobór oraz skuteczne monitorowanie wskaźników efektywności są kluczem do transparentnego procesu produkcji. Pozwalają one podejmować istotne decyzje na podstawie danych, a nie wyłącznie w oparciu o przypuszczenia i intuicję.

2.3.2. Omówienie złożonych wskaźników KPI (OEE, NEE, OLE)

Poszczególne wskaźniki opisujące funkcjonowanie procesu produkcyjnego charakteryzują się hierarchiczną strukturą oraz wynikającymi z niej licznymi powiązaniami. W literaturze wyróżnia się trzy poziomy wskaźników KPI: bezpośrednie, podstawowe i złożone.(ISO 22400-1, ISO 22400-2, [119], Bartecki, Król, Skowroński). Rys. przedstawia hierarchiczną, trójwarstwową strukturę wskaźników KPI.



Rys. Hierarchiczna, trójwarstwowa struktura wskaźników KPI (Bartecki, Król, Skowroński; Ishaq Bhatti)

Na najwyższym poziomie zauważyć można trzy wskaźniki złożone: OEE, NEE i OLE, które w dalszej części tej pracy zostaną omówione. Niektóre, wybrane wskaźniki bezpośrednie i podstawowe zostały krótko omówione w punkcie 2.3.1.

Całkowita efektywność wyposażenia – (ang. OEE - Overall Equipment Effectiveness) – to wskaźnik, który jako element TPM (ang. Total Productive Maintenance – Całkowite Produktywne Utrzymanie Ruchu), jest uznawany na całym świecie za miernik najlepszych praktyk i kluczowy wskaźnik wydajności procesów produkcji. [120] [121] [122] OEE może być wykorzystany do wskazania ogólnej efektywności części wyposażenia produkcyjnego lub

całej linii produkcyjnej. Im lepszy wynik wskaźnika OEE, tym bardziej rentowna i efektywna kosztowo jest produkcja, a co za tym idzie firma. Zatem wynik OEE równy 100% oznacza idealną produkcję: wytwarzanie tylko wysokiej jakości produktów, tak szybko, jak to możliwe, bez przestojów.

Wskaźnik OEE jest wskaźnikiem złożonym, przedstawianym jako iloczyn dostępności, wykorzystania (wydajności) i jakości. Wyrażony jest wzorem:

OEE = A*E*QR

gdzie:

- A – dostępność (ang. Availability),
- E – wydajność (ang. Effectiveness),
- QR – odsetek produktów dobrych jakościowo (ang. Quality Ratio)

Dostępność jest stosunkiem rzeczywistego czasu pracy maszyny (APT) do planowanego czasu pracy (PBT), czyli teoretycznego czasu dostępności maszyny. Przy określaniu teoretycznego czasu przyjmuje się, że uwzględniane są w nim planowane przestoje (w przypadku, gdyby nie wystąpiły żadne straty czasu w obszarze dostępności, czas rzeczywisty zrównałby się z czasem zaplanowanym, a dostępność wyniosłaby wtedy sto procent, co w praktyce nie występuje). Dostępność wyrażona jest wzorem:

A = APT/PBT

gdzie:

- APT – rzeczywisty czas pracy maszyny (ang. Actual Production Time),
- PBT – planowany czas pracy maszyny (ang. Planned Busy Time).

Wydajność (wykorzystanie) odnosi się do tempa produkcji i liczona jest jako iloczyn liczby wyprodukowanych sztuk wyrobu (PQ) i planowanego czasu pojedynczego cyklu produkcyjnego (PRI), podzielona przez rzeczywisty czas pracy maszyny (APT). Wydajność wrażona jest wzorem:

E = PQ*(PRI/APT)

gdzie:

- PQ – ilość wytworzonych wyrobów (ang. Product Quantity);
- PRI – planowany czas pojedynczego cyklu produkcyjnego (ang. Planned Run time per Item);
- APT – Rzeczywisty czas pracy maszyny (ang. Actual Production Time).

Odsetek produktów dobrych jakościowo odnosi się do stanu produktów, jest to stosunek liczby wyrobów dobrych (GQ) do ogólnej liczby wyrobów wyprodukowanych (PQ) w badanym okresie. Odsetek produktów dobrych jakościowo wyrażony jest wzorem:

$$QR = GQ/PQ$$

gdzie:

- GQ – ilość wyrobów dobrych (ang. Good Quality),
- PQ – ilość wszystkich wytworzonych wyrobów (ang. Product Quantity).

Wskaźnik NEE (ang. Net Equipment Effectiveness) – jest to wskaźnik podobny do OEE, ale uwzględniający również czas konfiguracji lub przezbrojenia (tzw. setup time). Wyrażony jest wzorem:

$$NEE = UA*E*QR$$

gdzie:

- UA – dostępność maszyny z uwzględnieniem czasu konfiguracji oraz przezbrajania (ang. Uptime Availability),
- E – wydajność (ang. Effectiveness),
- QR – odsetek produktów dobrych jakościowo (ang. Quality Ratio)

OEE z definicji jest wskaźnikiem dotyczącym efektywności wyposażenia. Analizując wartość wskaźnika dla poszczególnych maszyn można określić czas pracy każdej z nich oraz wskazać obszary i procesy o dużym potencjale poprawy, aby zaplanować działania optymalizacyjne w miejscach, które najbardziej tego wymagają. W przypadku w pełni zautomatyzowanej produkcji maksymalne wykorzystanie parku maszynowego może być głównym i wystarczającym miernikiem efektywności procesu produkcyjnego.

W praktyce większość procesów nie jest w pełni zautomatyzowana i ważną rolę w określeniu efektywności produkcji odgrywa także wydajność pracowników. W przypadku maszyn pracujących samodzielnie, gdzie rola operatora ogranicza się do ustawienia, włączenia i przezbrojenia maszyny OEE także może okazać się niewystarczającym miernikiem efektywności procesu. Wskaźnik OEE niewiele bowiem mówi o dostępności i wydajności pracy pracowników produkcyjnych. Jeżeli wydajność załogi odgrywa istotną rolę w kosztach wytworzenia warto rozważyć wprowadzenie dodatkowego współczynnika. Wskaźnik ogólnej efektywności pracy OLE (ang. Overall Labor Effectiveness), który może być alternatywą bądź uzupełnieniem wskaźnika OEE, jest wyznaczany analogicznie do OEE z tą różnicą, że dostępność i wydajność maszyn jest zastąpiona dostępnością i wydajnością pracowników. Wskaźnik wyrażony jest wzorem:

OLE = WA*WE*QR

gdzie:

- WA – dostępność procowników (ang. Workers Availability),
- WE – wydajność pracowników (ang. Workers Effectiveness),
- QR – odsetek produktów dobrych jakościowo (ang. Quality Ratio)

Niezależnie od wybranego podejścia, do wyznaczenia wartości wskaźnika potrzebne są konkretne dane produkcyjne, a poprawność wskaźnika w dużej mierze zależy od poprawności zebranych danych.

Istotną kwestią przy wyznaczeniu i analizie wskaźników efektywności jest określenie źródła danych oraz sposobu ich gromadzenia. Nieodpowiednio zebrane dane, oraz dodatkowy czas potrzebny na ich pozyskanie mogą zafałszować końcowy wynik. Dodatkowo, w wielu firmach produkcyjnych systemy premiowania pracowników w dużej mierze opierają się na wartościach wyznaczonych wskaźników, co sprawia, że transparentność zasad ich obliczania i przejrzystość procesu zbierania danych staje się bardzo ważnym elementem budowania motywacji i zaangażowania załogi. Dobrze jest, jeżeli każdy pracownik niezależnie od stanowiska ma możliwość zrozumienia sposobu obliczania wskaźników oraz wie, skąd pochodzą dane do ich wyznaczania.

Obecnie automatyzacja procesu pozyskiwania danych produkcyjnych jest standardem w dużych i w większości średnich przedsiębiorstw w Polsce. Na rynku dostępnych jest wiele rozwiązań pozwalających na wprowadzanie w czasie rzeczywistym danych przez pracowników produkcyjnych za pomocą czytników kodów kreskowych lub odpowiednio skonfigurowanych terminali dotykowych. Dynamicznie rozwijający się obszar internetu rzeczy (IoT) i koncepcji Przemysłu 4.0 sprawia, że coraz częściej można też spotkać rozwiązania opierające się na pozyskiwaniu danych bezpośrednio z maszyn za pomocą odpowiednio zaprogramowanych czujników.

Z punktu widzenia poprawności wyznaczenia wskaźników efektywności produkcji korzyści wynikające z takich rozwiązań to:

- ograniczenie czasu potrzebnego do wprowadzenia danych,
- jednoznaczność wprowadzonych danych (kto, co, gdzie, kiedy),
- ograniczenie błędów podczas wprowadzania danych,
- dostępność danych w czasie rzeczywistym,
- możliwość automatycznego obliczania wskaźników efektywności produkcji (KPI).

Pracownicy dużo łatwiej utożsamiają się z celami firmy (wyrażonymi często za pomocą wskaźników KPI), gdy widzą bezpośrednie przełożenie własnej pracy na bieżącą wartość danego wskaźnika. Gdy zasady obliczania wskaźników oraz sposoby pozyskiwania danych są powszechnie znane, pracownicy częściej angażują się w działania mające na celu

optymalizację procesu, a w konsekwencji poprawę wartości danych wskaźników. Dodatkowo udostępnianie wartości wskaźników w czasie rzeczywistym pozwala szybko zauważyć błędy pojawiające się na etapie wprowadzania danych i w uzasadnionym przypadku dokonać odpowiedniej korekty.

Po zebraniu danych, niezbędnych do obliczenia wskaźnika OEE, kolejnym krokiem jest odpowiednia analiza oraz prezentacja danych. Pomimo bardzo dużych możliwości pozyskiwania informacji pochodzących bezpośrednio z procesu produkcyjnego za pomocą systemów do rejestracji czasu pracy nie musi się to przekładać na wartość dodaną w postaci wiedzy o procesach. Suche dane same w sobie, bez odpowiedniej analizy, nie dostarczają wystarczających informacji do podejmowania właściwych decyzji. Aby prawidłowo zinterpretować duże ilości danych należy je uporządkować oraz poddać odpowiedniej analizie, tak aby odróżnić szumy od sygnałów. Każdy proces produkcyjny charakteryzuje się pewną naturalną zmiennością i nie zawsze chwilowe pogorszenie się danego wskaźnika świadczy o problemie na hali. Z drugiej strony istotny problem w konkretnym obszarze może zostać ukryty w wyliczonej średniej. Aby, uniknąć konieczności reagowania na każdą chwilową zmienność danych warto analizować wskaźniki w czasie, analizując trend oraz średnie odchylenia od specyfikacji lub ustalonego celu. Dodatkowo warto też analizować wskaźniki nie tylko globalnie, ale także z dokładnością do wydziału, gniazda i konkretnej maszyny.

Niezależnie od stosowanych wskaźników KPI, warto zautomatyzować proces ich wyznaczania opierając wyliczenia na danych pochodzących bezpośrednio z produkcji w czasie rzeczywistym. Pozwala to na bieżące monitorowanie wahań mierzonych wskaźników i szybką reakcję na zaburzenia występujące w każdym procesie produkcyjnym. Przy wyborze odpowiedniego systemu do raportowania czasu produkcji warto zwrócić uwagę na możliwość rejestrowania aktywności zarówno maszyn jak i pracowników, a także możliwość wprowadzania danych w sposób automatyczny bezpośrednio z maszyn (IoT), co w nieodległej przyszłości stanie się standardem i otworzy nowe możliwości poprawy efektywności procesów i wykorzystania sztucznej inteligencji (AI) przy podejmowaniu decyzji dotyczących m.in. ustawienia optymalnych parametrów pracy maszyn w oparciu o aktualne dane pochodzące bezpośrednio z procesu produkcyjnego. Systemy klasy BI (Business Intelligence) dają duże możliwości agregacji i prezentacji danych w postaci dynamicznych wykresów co w dobie coraz bardziej popularnej koncepcji Przemysłu 4.0 staje się nieodzownym elementem wspierającym podejmowanie decyzji w obszarze zarządzania produkcją.

Połączenie systemów klasy MES z systemami BI może znacząco wpłynąć na zdobycie przewagi rynkowej i wspomóc szybkie dostosowywanie się firm produkcyjnych do zmieniającego się otoczenia.

Wiele firm, zwłaszcza tych o wysokim współczynniku OEE, poszukuje redukcji strat nawet w planowanym czasie postoju. Jak można to osiągnąć? Chociażby poprzez wykorzystanie czasu przerwy śniadaniowej na czas pracy maszyny. Nie oznacza to rezygnacji z przerwy, lecz zmianę organizacji pracy, np. poprzez wprowadzenie systemu rotacji przerw pomiędzy pracownikami i zastępowania pracownika nieobecnego liderem bądź dodatkowym pracownikiem.

Wiele firm głosi zasadę „przecież jest dobrze, to po co zmieniać". Nie ma chyba bardziej mylnego założenia. Otoczenie organizacji nieustannie się zmienia, a zwłaszcza klient i jego potrzeby. Każde przedsiębiorstwo, które chce pozostać na rynku, musi się dostosowywać do wymagań i zachowań klienta, co oznacza, że musi być elastyczne i szczupłe. Żeby tego dokonać, musi kontrolować procesy i nimi zarządzać. Aby ułatwić zarządzanie, firma musi wiedzieć, gdzie jest dzisiaj, a gdzie chce być jutro; jakie są cele przedsiębiorstwa. Poprawnie zdefiniowany cel musi posiadać wartość, czyli wskaźnik, po którym poznamy, że firma jest w miejscu, w którym być chciała. Jednym z takich wskaźników jest właśnie OEE, który pokazuje efektywne wykorzystanie potencjału. Jeśli wskaźnik ten jest niski, nie należy go sztucznie zawyżać. Niski wskaźnik OEE to jedynie informacja o ogromnym potencjalne drzemiącym w organizacji.

2.3.3. Efektywność procesu produkcyjnego a konkurencyjność przedsiębiorstwa

Każde przedsiębiorstwo, przed przystąpieniem do mierzenia efektywności swoich procesów powinno zadać sobie pytanie: po co to robi? Odpowiedź wydaje się być oczywista: aby podnieść konkurencyjność przedsiębiorstwa. Producentowi zależy na tym, aby jego produkt był kupowany przez jak największe grono klientów. Wynika stąd, iż należy produkować rzeczy tanie, dobre i tylko wtedy, kiedy klient sobie tego zażyczy. Te trzy czynniki wpływają na konkurencyjność przedsiębiorstw, a firma może być konkurencyjna tylko wtedy, gdy w pełni zadowala oczekiwania klienta.

Jakie wymagania co do produktu lub usługi może mieć klient? Każdy klient chciałby otrzymać produkt o jak najlepszej jakości, taki który przez długi czas działał będzie niezawodnie. Dla wielu jest to podstawowy argument warunkujący decyzję kupna. Jednak nie tylko jakość produktu jest czynnikiem wpływającym na zadowolenie. Drugim, niezwykle istotnym czynnikiem, jest koszt zakupu. A trzecim – jego dostępność, dokładnie wtedy, kiedy tego potrzebuje. Reasumując to jakość, cena oraz dostępność w żądanym czasie są czynnikami, które warunkują konkurencyjność przedsiębiorstwa.

Pomiędzy zamówieniem (oczekiwaniem klienta) a dostawą, czyli spełnieniem oczekiwań klienta, pojawia się proces, na który składa się wiele czynników, które są

wartością, ale także działania, które wartości nie dają, czyli mówiąc wprost – są stratą. Często, definiując wartość, mówi się, że jest to wszystko to, za co chce zapłacić klient. Jednak de facto klient płaci za wszystko, czyli za wartość oraz za straty.

Jakiego rodzaju straty mogą wystąpić w procesie produkcji? W literaturze straty produkcyjne grupuje się w sześciu głównych kategoriach, i noszą one nazwę „sześciu głównych strat produkcyjnych".[123] W czasie pracy dochodzi wielokrotnie do zatrzymania linii. Zatrzymania te mogą mieć charakter zaplanowany, np. przerwy śniadaniowe, szkolenia, sprzątanie itp. Niestety, duża liczba zatrzymań ma charakter nieplanowany. W skład tej kategorii wchodzą np. awarie maszyn, wymiany narzędzi, regulacje, ustawienia itp. Zatrzymania z punktu widzenia efektywności produkcji są ewidentną stratą, gdyż nie jest wytwarzany w tym czasie produkt, który można sprzedać. Wszelkiego rodzaju zatrzymania określane są mianem *strat dostępności*. Jak się jednak okazuje, nie tylko zatrzymania są marnotrawstwem, jakie występują każdego dnia produkcyjnego. Kolejną kategorią strat są straty związane np. z czasem uruchamiania maszyny na początku każdej zmiany produkcyjnej. Częstokroć zdarza się, iż maszyna potrzebuje kilkunastu minut, aby dojść do nominalnych parametrów pracy, które z kolei zapewniają jakość wytwarzanego produktu. Tego typu straty określamy mianem *strat efektywności*.

Wiele firm kończy definiowanie strat właśnie w tym momencie, zapominając o bardzo ważnej kategorii strat, jaką są *straty jakości*. Wszystkie komponenty, których klient nie zechce kupić, są stratą nie tylko dlatego, że zainwestowano w materiał i ludzi, ale także dlatego, że zainwestowano w nie czas oraz choćby amortyzację maszyny. Maszyna wyprodukowała niezgodny wyrób w czasie, w którym można było produkować wyroby w pełni funkcjonalne. Typy strat powstające w procesie produkcyjnym przedstawia Tabela …

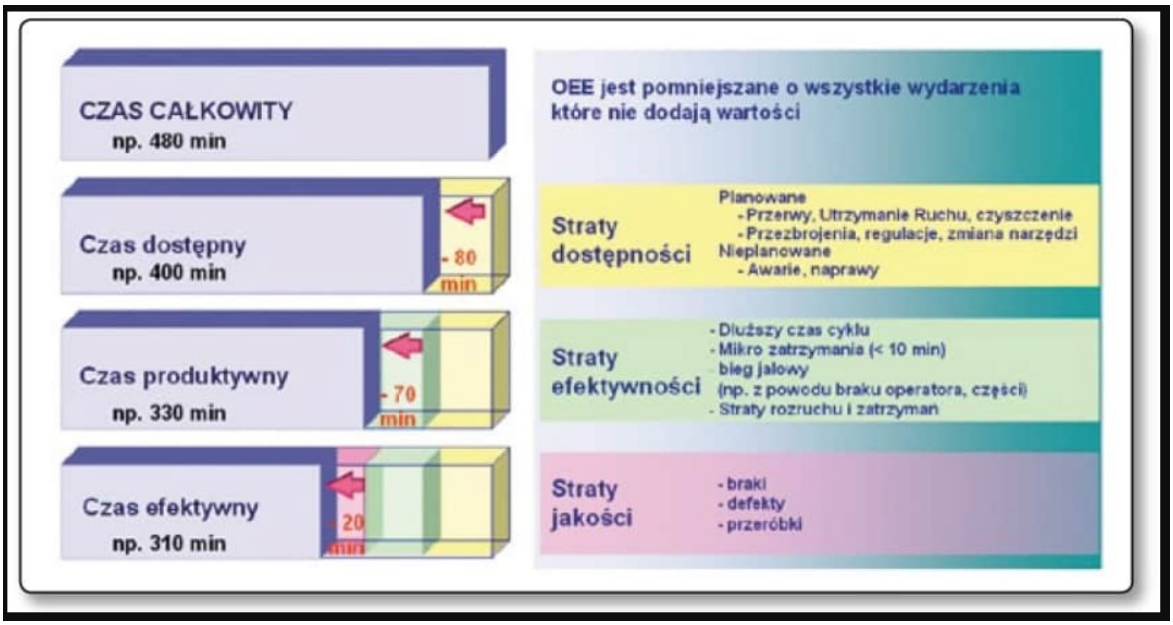
Tabela…. Charakterystyka tzw. sześciu głównych strat produkcyjnych

Kategoria strat	Wpływ na składowe wskaźnika OEE	Przykłady zdarzeń	Komentarz
awarie	straty czasu wskutek przestoju (A)	awarie narzędzi awarie sprzętowe nieplanowane konserwacje	Istnieje możliwość dowolnego określenia granicy między awarią a mikroprzestojem.
konfiguracje i dostrajania	straty czasu wskutek przestoju (A)	konfiguracje i przezbrajania niedobory materiałowe nieobecność operatora inne korekty czas na rozruch	Straty te często redukuje się za pomocą programów redukcji czasu konfiguracji i/lub przezbrajania.
mikroprzestoje	straty	zablokowany przepływ	Zazwyczaj obejmują one

	wydajnościowe (E)	produktu zablokowany dopływ materiału zacięcie blokada czujnika blokada dostaw czyszczenie/sprawdzanie	przerwy trwające do pięciu minut, nie wymagające zaangażowania obsługi.
zmniejszenie prędkości produkcji	straty wydajnościowe (E)	nierówna praca praca poniżej wydajności maksymalnej praca poniżej wydajności nominalnej zużycie sprzętu nieefektywność operatora	Wszystkie czynniki sprawiające, że proces nie działa z teoretyczną prędkością maksymalną.
straty rozruchowe	straty jakościowe (Q)	wybrakowane produkty uszkodzenia podczas przetwarzania nieprawidłowy montaż	Odrzuty podczas fazy rozruchu lub innej wczesnej fazy produkcji. Może to być spowodowane niewłaściwą konfiguracją, niewłaściwym czasem rozruchu itp.
straty produkcyjne	straty jakościowe (Q)	wybrakowane produkty uszkodzenia podczas przetwarzania nieprawidłowy montaż	Odrzuty podczas ustalonego stanu produkcji

(na podstawie Cessarotti, Bartecki, Król, Skowroński)

Często pojawia się pytanie: w jaki sposób obliczyć czas strat jakości? Odpowiedź jest prosta, należy zsumować ilość sztuk wadliwych wyprodukowanych w zadanym czasie (np. 8h) i pomnożyć przez czas cyklu. Otrzymany wynik jest sumą strat czasowych, jakie poniesiono w związku ze złą jakością wyrobu. Rys. 3. przedstawia wpływ strat dostępności, efektywności i jakości na efektywność procesu produkcyjnego.



Rys.3. Wpływ strat na efektywność procesu produkcyjnego.

Zatem, eliminując znaczną ilość strat w procesie produkcyjnym, można wpłynąć na obniżenie ceny finalnej produktu, gdyż klient nie będzie już ponosił kosztów strat w procesie produkcyjny, a co za tym idzie podniesie się poziom konkurencyjności przedsiębiorstwa.

2.4. Podsumowanie rozdziału 2

Efektywność to pojęcie funkcjonujące we wszystkich aspektach działalności przedsiębiorstwa, ale także w życiu codziennym i społecznym funkcjonowaniu człowieka. Oznacza bowiem najlepsze możliwe do osiągnięcia efekty z danych nakładów.

Efektywność odgrywa kluczową rolę we właściwym funkcjonowaniu przedsiębiorstwa produkcyjnego, jest istotna także dla zwiększenia wydajności produkcji. Poprawa procesów, optymalne zarządzanie zasobami, minimalizacja strat i optymalizacja harmonogramu pracy przyczyniają się do zwiększenia liczby wyprodukowanych jednostek w określonym czasie.

Stałe mierzenie efektywności przyczynia się do ograniczania kosztów produkcji. Poprzez zoptymalizowanie wykorzystania zasobów, minimalizację strat, optymalizację procesów i zarządzanie efektywnością energetyczną, przedsiębiorstwo może zredukować koszty operacyjne i poprawić rentowność. Ponadto poprawa procesów produkcyjnych, kontrola jakości, standaryzacja i optymalizacja parametrów produkcji prowadzą do wysokiej jakości produktów, co przekłada się na zadowolenie klientów i konkurencyjność.

Analizując efektywność można stosować bardzo rozbudowane systemy ocen i wskaźników. Z punktu widzenia osób zarządzających procesami produkcyjnymi najważniejszy jest wybór tych wskaźników efektywności, które wg, przyjętych kryteriów oraz spodziewanych efektów będą nośnikami pożądanej informacji. Aby wspomóc monitorowanie tych wskaźników można zastosować gotowe rozwiązania informatyczne, lub zbudować indywidualnie dostosowany aparat.

3. MODELOWANIE I SYMULACJA PROCESU PRODUKCYJNEGO

Istotą działalności przedsiębiorstwa produkcyjnego jest produkcja, a następnie sprzedaż wytworzonych dóbr. Główną treść procesu produkcyjnego stanowią zmiany dokonujące się w rzeczowej postaci przetwarzanego przedmiotu pracy, ale także w obszarze zagadnień ekonomicznych, społecznych, biologicznych i ekologicznych.[124] Zgodnie ze współczesnymi teoriami zarządzania przedsiębiorstwem produkcyjnym, poszukuje się kompromisu pomiędzy produkcją zgodną z bieżącym zapotrzebowaniem zgłaszanym przez rynek (popytem), a zdolnościami produkcyjnymi.[125] Nie jest to łatwe zadanie, szczególnie, gdy pojawiają się czynniki wpływające na niemożliwość stałej odpowiedzi na zgłaszany popyt. Ich źródeł można upatrywać w ograniczonych możliwościach przedsiębiorstwa, które nie wynikają jedynie ze zdolności produkcyjnej, ale często z niewłaściwego zarządzania tymi możliwościami.

To właśnie zmiany teorii i sposobów myślenia z przełomu XX i XXI wieku spowodowały, iż przedsiębiorstwa zostały zmuszone do przystosowania się do nowych warunków i sytuacji, a zatem konieczne stało się zweryfikowanie, a nawet zmiana dotychczasowych metod działania. Tradycyjne czynniki produkcji, takie jak ziemia, kapitał i praca, odgrywające główną rolę w erze produkcyjnej, straciły na znaczeniu, a zasoby wiedzy stały się czynnikami przesądzającymi zarówno o rozwoju, jak i sukcesie przedsiębiorstwa.[126][27]

Poznawanie zjawisk i procesów jest celem wielu programów badawczo-rozwojowych. Stosowane są w tym celu różne metody, począwszy od działań praktycznych, polegających na obserwacji, a kończąc na analizach teoretycznych, często z wykorzystaniem aparatu matematycznego. W obecnych czasach, dominacji narzędzi informatycznych, niezwykle ważną i skuteczną metodą badawczą jest symulacja komputerowa, która jest odwzorowaniem badanego zjawiska lub procesu w formie programu komputerowego nazywanego także modelem komputerowym, utworzonego z wykorzystaniem modelu matematycznego. W takim ujęciu symulacja komputerowa jest metodą badawczą, szczególnie przydatną w procesach dynamicznych, opisujących zmiany zachodzące w funkcji czasu.

3.1. Elementy teorii modelowania i symulacji procesu produkcyjnego

Proces produkcyjny obejmuje wszystkie fazy przetwarzania surowców, materiałów i półwyrobów w wyroby końcowe o założonej jakości finalnej. Obejmuje on procesy

technologiczne i pomocnicze związane bezpośrednio (np. obróbka, montaż) i pośrednio (np. przygotowanie surowca, magazynowanie, transport, pakowanie) z nadawaniem wyrobowi cech, od których zależy jego jakość końcowa.[127]

Jest więc oczywiste, że projektowanie procesu produkcyjnego, będące działaniem wieloetapowym, ma decydujący wpływ na cenę oraz jakość wyrobów. Odpowiednio zaprojektowane procesy produkcyjne wymagają między innymi połączenia we właściwych proporcjach, w czasie i przestrzeni, procesów podstawowych i pomocniczych, przygotowania produkcji i sterowania, a także racjonalnej organizacji zapewniającej ciągłość i rytmiczność produkcji poprzez eliminowanie wszelkiego typu zakłóceń.

Do zadań racjonalizacji i optymalizacji procesów produkcyjnych należy więc podchodzić indywidualnie, uwzględniając specyfikę przedsiębiorstwa, rodzaj wyrobów, potencjał ludzki, możliwości finansowe i wiele innych czynników. Przedsiębiorstwa, które chcą odnosić sukcesy w swojej branży, pozyskiwać nowych klientów, zwiększać asortyment (nowe konstrukcje i wersje wyrobów) i efektywność produkcji (skrócenie serii produkcyjnych i reakcja na zapotrzebowanie rynku), zobligowane są do stosowania systemów komputerowych do modelowania i symulacji procesów produkcyjnych, w tym do ich planowania i do sterowania nimi.

Proces technologiczny, będący częścią procesu produkcyjnego może być wykonywany według różnych wariantów, różniących się między sobą między innymi wykorzystywanym wyposażeniem technologicznym (maszyny, urządzenia, oprzyrządowanie), pracochłonnością, kosztem, skomplikowaniem ruchów montażowych, kolejnością czynności, zabiegów i operacji, co w konsekwencji często prowadzi do ich lepszej lub gorszej jakości użytkowej.

Coraz większe wymagania jakości produkcji oraz obniżania kosztów wprowadzania nowych technologii wymuszają stosowanie przez przedsiębiorstwa coraz bardziej zaawansowanych narzędzi pozwalających na wirtualne planowanie produkcji.[128]

Metody modelowania i symulacji stosuje się wtedy, gdy uzyskanie rozwiązania metodami analitycznymi jest zbyt skomplikowane lub niemożliwe, a bezpośrednie eksperymentowanie na praktycznym (fizycznym) modelu jest zbyt pracochłonne, niebezpieczne i kosztowne. Modelowanie stosuje się także wtedy, gdy inne metody nie dają wymaganego poziomu pewności, że rzeczywisty system wytwórczy będzie zachowywał się zgodnie z przyjętymi założeniami modelu teoretycznego (wirtualnego). Modelowanie i symulacja procesów wytwarzania, umożliwia ich analizę oraz prześledzenie funkcjonowania wybranego obiektu (stanowiska, operacji, zabiegu, czynności, transportu, stanu magazynów, zakłóceń itd.), trwającego niekiedy wiele lat, w ciągu zaledwie kilku minut. Pozwala przeprowadzić weryfikację przyjętych założeń przed ich zastosowaniem w praktyce, a także

określić nieprawidłowości, jakie mogą wystąpić w czasie eksploatacji, w tym szczególnie słabe punkty projektowanego lub realizowanego systemu produkcyjnego.[129]

Model symulacyjny jest logiczno-matematycznym przedstawieniem pojęcia, systemu lub działań, zaprogramowanym w celu rozwiązania za pomocą komputera. Modelowanie i symulacja procesu produkcyjnego polega na tworzeniu komputerowego wirtualnego modelu rzeczywistego systemu wytwórczego, na którym przeprowadza się szereg eksperymentów.

Modelowanie symulacyjne jest jedną z ważniejszych technik wspomagających projektowanie systemów produkcyjnych, jak i zarządzanie produkcją. Wiąże się to z tym, że w warunkach gospodarki rynkowej przedsiębiorstwa muszą rozwiązywać złożone problemy w coraz to krótszym czasie. Na drodze do sukcesów ekonomicznych decydującą rolę odgrywa zdolność do wdrożenia konkurencyjnej koncepcji. W wyniku symulacji uzyskuje się zestawy raportów, dzięki którym opracowuje się dalsze działania. Badany model systemu produkcyjnego można udoskonalić i przeprowadzać kolejne symulacje dla różnych jego wariantów i ustawień.

W analizach można ponadto uwzględniać koszty wytwarzania lub inwestycji dla wszystkich lub wybranych wariantów systemu, co z kolei pozwala na szybką analizę efektywności ekonomicznej.

Dla urzeczywistnienia tak silnie ukierunkowanej na odbiorcę produkcji muszą istnieć odpowiednie narzędzia do projektowania i modyfikacji systemów produkcyjnych. Narzędziami tymi mogą być układy modelowe, które umożliwiają prowadzenie badań pozwalających na szeroką ocenę jakościową i ilościową zjawisk występujących w systemach.

Można powiedzieć, że modelowanie symulacyjne jest jedną z metod przyczyniających się do skrócenia czasu pojawienia się produktów na rynku. Możliwe jest prowadzenie badań na rzeczywistym systemie produkcyjnym, poprzez poddawanie go nowym warunkom. Nie zawsze jest to uzasadnione ze względów ekonomicznych. W przypadku złożonych elastycznych systemów produkcyjnych modyfikacje wyposażenia technologicznego i projektowanie algorytmów sterowania wygodniej jest przeprowadzić na podstawie modeli symulacyjnych.

Do niedawna symulacja komputerowa była domeną dużych przedsiębiorstw, które mogły sobie pozwolić na zakup zarówno sprzętu komputerowego, jak i drogiego oprogramowania. Burzliwy rozwój technik informatycznych spowodował, że stały się one bardziej dostępne. Nastąpił też znaczący rozwój oprogramowania do modelowania i symulacji. Pakiety symulacyjne stały się bardziej kompleksowe i uniwersalne.

Wybór narzędzia do eksperymentu symulacyjnego jest bardzo istotny i zależy od wielu czynników: doświadczenia modelującego, specyfiki problemu, wymaganego poziomu dokładności itp.

Rozwój modelowania i symulacji przebiegał równolegle z ewolucją kolejnych generacji komputerów. Podstawowe elementy modelowania i symulacji komputerowej pozostały niezmienione, np. w każdym procesie symulacji występują obliczenia matematyczne, schematy logiczne, elementy deterministyczne lub losowe albo elementy obu tych rodzajów. Do nowych zastosowań wykorzystano nowe techniki, opracowano nowe bardziej dogodne języki symulacyjne, jednakże podstawowe cechy pozostawały niezmienione.[130] W okresie powstawania aplikacji symulacyjnych większość modeli symulacyjnych była tworzona za pomocą podstawowych języków programowania lub języków symulacyjnych ogólnego przeznaczenia. Pierwsza symulacja komputerowa miała miejsce w latach 50. XX wieku. W latach 60. powstały pierwsze profesjonalne języki programowania do symulacji: GPSS, SIMSCRIPT, SIMPAC, CLS, ESP, SIMON, SIMULA, ESP, MONTECODE, GPS, opracowane dla komputera IBM 7090. [131] Były one wykorzystywane jako narzędzia symulacji – większość miała na celu eliminację wielu żmudnych czynności i uproszczenie działań przygotowawczych związanych z realizacją symulacji komputerowej. Burzliwy rozwój technologii komputerowej spowodował powstanie w 1979 roku wizualno – interaktywnego języka programowania symulacyjnego VIS (Visual Interactive Simulation). Dalszy rozwój – w latach 80. i 90. – komputeryzacji, systemów operacyjnych, zwłaszcza systemu Windows zaowocował powstaniem wielu programów symulacyjnych. Programy te miały rozbudowany aparat do wizualizacji procesów, w tym zdolność do generowania obrazów 3D, lepszą kompatybilność z innymi pakietami oprogramowania takimi jak: arkusze kalkulacyjne czy bazy danych, symulacja przez sieć, rozbudowane własne biblioteki czy narzędzia symulacyjne. Przykładami tego typu oprogramowania są: Enterprise Dynamics, Arena, ShowFlow czy ProModel.

Wybrane programy i systemy komputerowe służące do modelowania i symulacji procesów produkcyjnych przedstawiono w tabeli 1.

***Tabela**…. Przegląd programów do modelowania i symulacji procesów produkcyjnych[132]*

Nazwa programu	Producent programu	Główne przeznaczenie
eM-Plant	Tecnomatix Technologies Inc.	analiza i weryfikacja procesów produkcyjnych, harmonogramowanie i szeregowanie zadań, wyrównoważenie linii produkcyjnych, transport wewnętrzny i międzystanowiskowy materiałów, logistyka – dystrybucja i łańcuchy dostaw, symulacja procesów biznesowych
Enterprise Dynamics Simulation Software	Production Modeling Corporation	procesy produkcyjne – analiza, weryfikacja i optymalizacja
Enterprise Dynamics Studio	XP Incontrol Enterprise Dynamics	oprogramowanie zorientowane obiektowo do analizy procesów produkcyjnych i biznesowych
Flexsim	Flexsim Software Products, Inc.	procesy produkcyjne, logistyka, transport międzystanowiskowy i międzyoperacyjny, magazynowanie, wysyłka i dystrybucja towarów
Lean MAST	CMS Research Inc	analiza przepływu materiałów w procesie

		produkcyjnym Windows 2000 lub nowszy Plant Simulation UGS obiektowo zorientowany program do symulacji, wizualizacji i optymalizacji dyskretnych procesów produkcyjnych
ShowFlow 2	Incontrol Enterprise Dynamics GmbH	optymalizacja procesów produkcyjnych (organizacji, wydajności i cyklu produkcji, robót w toku)
SIMUL8	Professional SIMUL8 Corporation	zarządzanie przepływu materiałów w procesach wytwórczych i jego analiza
Systemflow 3D Animator	Systemflow Simulations Inc.	animacja i wizualizacja 3D dyskretnych procesów produkcyjnych

Do głównych zalet symulacji wizualno-interaktywnej można zaliczyć:[133]

- ✓ lepsze zrozumienie modelu,
- ✓ łatwiejszą weryfikacja i walidacja modelu,
- ✓ możliwość interaktywnego eksperymentowania,
- ✓ ulepszony sposób prezentacji i interpretacji wyników,
- ✓ udoskonaloną komunikację z modelem,
- ✓ przystosowanie do potencjalnego wykorzystania w grupach rozwiązujących problemy.

Wymagane cechy współczesnych programów symulacyjnych to:[134]

- ✓ generowanie losowych liczb z jednorodnego rozkładu prawdopodobieństwa,
- ✓ generowanie losowych wartości ze sprecyzowanego rozkładu prawdopodobieństwa,
- ✓ postępujący czas symulacji,
- ✓ określenie kolejnych rezultatów oraz bieżąca kontrola kodu symulacji,
- ✓ możliwość dodawania oraz usuwania rekordów,
- ✓ gromadzenie i analiza danych,
- ✓ raportowanie wyników,
- ✓ wykrywanie błędów otoczenia.

Generalnie oprogramowanie do symulacji i modelowania można podzielić na trzy zasadnicze grupy: (1) arkusze kalkulacyjne, (2) języki oprogramowania ogólnego przeznaczenia, (3) oprogramowanie specjalistyczne.

3.2. Model symulacyjny systemu procesu produkcyjnego

Do zbudowania modelu symulacyjnego potrzebna jest rozległa wiedza z innych pokrewnych dziedzin. Jeżeli przedmiotem analizy symulacyjnej jest system zarządzania, wtedy budujący model symulacyjny winien korzystać z dorobku organizacji i zarządzania, szczególnie w zakresie działania tradycyjnego systemu zarządzania. Wiedza ta jest pomocna głownie przy konstruowaniu modelu symulacyjnego, doborze zmiennych modelu, podziale na zmienne i parametry oraz definiowaniu powiązań pomiędzy elementami analizowanego systemu. W aspekcie technicznym przy budowie modelu symulacyjnym korzystamy z dorobku techniki symulacji. Technika symulacji dostarcza wiedzy na temat

modelowania symulacyjnego oraz na temat prowadzenia eksperymentów symulacyjnych. Technika symulacji dostarcza wskazówek z zakresu teorii obliczeń oraz analizy logicznej modelu. W ostatnim czasie coraz większego znaczenia w symulacji nabiera sztuczna inteligencja, szczególnie w zakresie zastosowania komputera do interpretacji wyników symulacji.

Można wyróżnić następujące cele symulacji komputerowej: [135]

- ✓ opis sytuacji rzeczywistej (rzeczywistość, fragment rzeczywistości, system),
- ✓ uzyskanie oceny struktury i zachowanie się analizowanego systemu,
- ✓ egzemplifikacja konkretnej teorii, badanie jej implikacji,
- ✓ synteza empirycznych i teoretycznych informacji (wiedzy) o systemie,
- ✓ objaśnianie(lub uwarunkowane prognozy) stanów systemu i procesów w nim zachodzących,
- ✓ badanie konsekwencji różnych decyzji także optymalizacja,
- ✓ projektowanie (przeorganizowanie) istniejących systemów i generowanie nowych systemów (kreowanie),
- ✓ przekazywanie wiedzy, kształtowanie i treningi.

W teorii symulacji modele symulacyjne mają wyraźnie przypisane zadania. Można wyróżnić następujący układ zadań:[136]

- ✓ opis systemu realnego,
- ✓ zapewnienie „wglądu" w strukturę i zachowanie się systemu realnego,
- ✓ wyrażanie konkretnych teorii, wspomaganie analiz i ich implikacji,
- ✓ dokonywanie syntezy empirycznych i/lub teoretycznych aspektów częściowych badanych systemów realnych,
- ✓ dokonywanie objaśnień i opisywanie stanów systemu i zachodzących w systemie procesów,
- ✓ badanie konsekwencji alternatyw decyzyjnych,
- ✓ obliczenia optymalizacyjne,
- ✓ wspomaganie przeprojektowania istniejących i projektowanie nowych systemów,
- ✓ wspomaganie przekazywania wiedzy, wspomaganie treningów i szkoleń.

3.2.2. Podstawowe definicje

Model to układ założeń przyjmowanych w danej nauce w celu ułatwienia rozwiązania danego problemu badawczego. Jest to hipotetyczna konstrukcja myślowa, będąca uproszczonym obrazem badanego fragmentu rzeczywistości, w którym pomija się elementy nieistotne dla danego celu. Modele wprowadza się do nauki ze względu na ich przydatność

przy budowaniu teorii naukowej. Modele służą do zmniejszania złożoności rozpatrywanych zjawisk w stopniu umożliwiającym ich poznanie. Modele ułatwiają zrozumienie zjawisk przeszłych i umożliwiają przewidywanie zjawisk przyszłych. Szczególne znaczenie dla współczesnej nauki mają modele matematyczne, czyli opisy obiektów w języku matematyki i logiki formalnej.[137]

Najbardziej znaną klasyfikacją modeli jest podział na fizyczne i abstrakcyjne. Modele fizyczne przedstawione są za pomocą pewnych obiektów fizycznych (np. mechanicznych, elektronicznych, hydraulicznych). Modele abstrakcyjne wyrażone są w pewnym języku i w zależności od tego wyróżnia się:

- ✓ modele liczbowe- zapisane za pomocą wzorów,
- ✓ modele logiczne- zapisane za pomocą wyrażeń logicznych,
- ✓ modele graficzne- zapisane w postaci wykresów, diagramów, rysunków,

Główne cechy modeli to:

- ✓ Umożliwienie fotografii obiektu (systemu); obiekt może być rzeczywisty lub sztuczny,
- ✓ Dostarcza uproszczony obraz systemu; abstrahowanie od elementów nieistotnych,
- ✓ Umożliwia redukowanie kompleksowości systemów rzeczywistych,
- ✓ Model jest teoretycznym systemem.

Model jest odzwierciedleniem oryginału, uproszczonym obrazem oryginału, wykazuje podobieństwo do oryginału. Rozróżnić można odzwierciedlenie izomorficzne i homomorficzne. Odzwierciedlenie izomorficzne najogólniej mówiąc jest relacją symetryczną, zwrotną i przechodnią między dwoma obiektami. Poszczególne elementy jednego obiektu są jednoznacznie przyporządkowane elementom drugiego obiektu. Model symulacyjny jest izomorficznym odzwierciedleniem obiektu rzeczywistego, gdzie izomorfia nie dotyczy wszystkich cech obiektu lecz tylko cech wybranych. Istotne jest przy tym odzwierciedlenie według określonej cechy, np. konsystencja i kolor mimo, że inne cechy są dla obiektu i jego modelu różne. System i model maja dokładnie taką samą strukturę:

- ✓ każdemu elementowi systemu jest przyporządkowany dokładnie jeden element modelu i odwrotnie,
- ✓ każdej relacji w systemie jest przyporządkowana jedna relacja w modelu i odwrotnie,
- ✓ wzajemnie przyporządkowane relacje zawierają tylko wzajemnie przyporządkowane elementy.

Odzwierciedlenie homomorficzne to podobieństwo struktur systemu i modelu. Podobieństwo struktur oznacza, że system i model w sensie homomorficznym mają podobne struktury. Można mówić o mniejszym lub większym podobieństwie funkcjonalnym lub strukturalnym modelu i systemu. Model symulacyjny będący homomorficznym odzwierciedleniem analizowanego systemu jest niepełnym, przybliżonym odbiciem struktury

oryginału i nie daje się wprost przetłumaczyć „z powrotem". Na podstawie wyników modelu uzyskuje się pewne dodatkowe informacje, które są użyteczne w procesie sterowania układem rzeczywistym:

- ✓ każdemu elementowi modelu jest jednoznacznie przyporządkowany jeden element systemu lecz nie odwrotnie,
- ✓ każdej relacji w modelu jest przyporządkowana jednoznacznie jedna relacja w systemie lecz nie odwrotnie,
- ✓ wzajemnie przyporządkowane relacje zawierają tylko wzajemnie przyporządkowane elementy.

W podejściu homomorficznym występują pewne dodatkowe pojęcia użyteczne w symulacji. Są to:

1. Uproszczenie - model odzwierciedla tylko te cechy systemu, które modelującemu (obserwatorowi) wydają się ważne (istotne) z punktu widzenia hipotezy. Jeden system mogą reprezentować różne modele bo różne są hipotezy i różne punkty widzenia.
2. Praktyczność - model jest praktycznie użyteczny jako obraz systemu, umożliwia wgląd w strukturę systemu, umożliwia weryfikację hipotezy , umożliwia analizę zachowania się systemu, m.in. poprzez analizę procesów w systemie zachodzących, manipulowanie modelem.

Dane wejściowe

Do opracowania modelu systemu produkcyjnego niezbędne są informacje i dane wejściowe charakteryzujące się odpowiednim poziomem jakości, formy i ilości. Jest to etap wstępny, umożliwiający uzyskiwanie pewnego poglądu na rozwiązanie problemu, w tym informacji o nowych metodach, które mogą być zastosowane do jego rozwiązania. Ponadto dane wejściowe pozwalają na opracowanie modelu procesu o odpowiedniej szczegółowości według zasady minimalnej liczby obiektów, wymaganych do osiągnięcia celów projektu w sposób jak najprostszy.[138] Do podstawowych informacji o budowanym modelu systemu wytwórczego można zaliczyć:

- ✓ informacje o obiektach systemu (rodzaj i liczba obrabiarek, środków transportu i plany ich remontów, liczba pracowników, organizacja i rozmieszczenie stanowisk produkcyjnych),
- ✓ wydajność systemu (plan produkcyjny na analizowany okres, wielkość partii, asortyment wyrobów),
- ✓ liczba i pojemność magazynów wejściowych i wyjściowych oraz międzyoperacyjnych,
- ✓ tzw. wąskie gardła, − proces technologiczny (tzw. marszruta technologiczna) oraz pracochłonność operacji,

- ✓ kolejność wykonywania zleceń produkcyjnych,
- ✓ liczbę i kwalifikacje pracowników (operatorów, nastawiczy itd.),
- ✓ czas przezbrojenia produkcji na inny typ wyrobu,
- ✓ koszty materiałowe, robocizny bezpośredniej, stanowiskowe, narzuty itd.
- ✓ hipotezy dla pewnych aspektów problemu, szczególnie gdy brakuje konkretnych danych, które będą weryfikowane na drodze eksperymentalnej,
- ✓ system sterowania system produkcyjnym.

Wyjściem modelu będą te zmienne, które modelujący jako obserwator zaliczył do zmiennych obserwowanych. Na ich podstawie obserwator ocenia w jakim stopniu model został dopasowany do rzeczywistości oraz wnioskuje (podejmuje decyzje) w postaci zmian w systemie realnym.

W modelowaniu symulacyjnym podczas definiowania modeli trzeba także odróżnić kompleksowość od przyczynowości. Kompleksowość można opisać następująco:

- ✓ model opisuje relacje ilościowe pomiędzy elementami systemu,
- ✓ kompleksowość modelu jest określana zarówno przez ilość relacji, jak i przez ilość elementów systemu,
- ✓ ilość relacji można dowolnie zwiększać lub zmniejszać,
- ✓ oddzielnie rozpatrujemy ilość elementów i oddzielnie relacje pomiędzy wyróżnionymi elementami.

Przyczynowość można scharakteryzować jako:

- ✓ nastawienie na modelowanie powiązań pomiędzy elementami analizowanego systemu; przedmiotem zainteresowania są relacje przyczynowe; poszukiwanie jednocześnie przyczyny i skutku; w modelowaniu definiowane są schematy przyczynowo-skutkowe;
- ✓ występują dwa typy powiązań: interakcyjne (zależność bezpośrednia) i kombinacyjne (zależność pośrednia),
- ✓ podejście przyczynowe umożliwia modelowanie sprzężeń zwrotnych, występujących w analizowanym systemie; dodatnie i ujemne pętle sprzężeń zwrotnych.

3.2.3. Budowa modelu i symulacja systemu procesu produkcyjnego

Budowa symulacyjnego modelu procesu jest zadaniem wieloetapowym. Model procesu i eksperymenty wymagają usystematyzowanego podejścia do projektu, tak aby osiągnąć założone cele. Poniżej przedstawiono algorytm postępowania przy budowie, testowaniu i badaniach eksperymentalnych modelu symulacyjnego procesu produkcyjnego:[139]

1. Określenie problemu do rozwiązania (cel projektu)
2. Zbieranie danych i informacji wejściowych
3. Weryfikacja danych wejściowych (dokładność i jakość informacji jest ważniejsza niż ich ilość)
4. Budowa modelu symulacyjnego (określenie szczegółowości modelu, wybór obiektów, ich liczby oraz wzajemnych powiązań)
5. Opracowanie w programie symulacyjnym modelu systemu produkcyjnego (plan rozmieszczenia obiektów, opis ich modelu, zdefiniowanie przepływu materiałów oraz ustalenie kolejności operacji)
6. Weryfikacja modelu procesu z wynikami obliczeń wstępnych
7. Przeprowadzenie kolejnych eksperymentów symulacyjnych przy zmianie wybranych parametrów systemu
8. Sformułowanie wniosków (ocena wyników)
9. Modyfikacja modelu systemu
10. Symulacja końcowa (animacja wraz z komentarzami i wynikami z przeprowadzonych eksperymentów

Algorytm składa się z kilku głównych faz: konstrukcji modelu, komputerowej realizacji modelu, testowania modelu, eksperymentów na modelu.

1. Faza konstrukcji modelu

Model odzwierciedla jakiś fragment systemu realnego. Może jednak przedstawiać zarówno system sztuczny, jak i system realny. Model reprezentuje w formie zmiennych i parametrów wszystkie elementy należące do systemu i odzwierciedla ich właściwości. Ponadto do opisu modelu używane są dane oraz relacje między zmiennymi. Jeżeli nie dysponujemy danymi empirycznymi bądź oszacowanymi relacjami pomiędzy zmiennymi, wtedy musimy posiłkować się hipotezami bądź wypowiedziami ekspertów. W takich przypadkach model jest mniej wiarygodny, gdyż wypowiedzi ekspertów z natury rzeczy są mniej dokładne. Modelujący określa granice systemu (podział system – otoczenie). Model jest pewną konstrukcją abstrakcyjna. Najpierw definiujemy go w formie werbalnej, a następnie postać werbalna zostaje przekształcona w układ równań matematycznych.

2. Faza komputerowej realizacji modelu

Obliczenia komputerowe są wykonywane za pomocą wcześniej stworzonego programu. Komputer wykonuje wszystkie zdefiniowane operacje arytmetyczne i logiczne. Wyniki tych obliczeń opisują zachowanie się lub funkcjonowanie analizowanego systemu w zależności od tego jaki rodzaj symulacji przeprowadzamy. Symulacja umożliwia

odzwierciedlenie nie tylko powiązań statycznych pomiędzy elementami systemu, lecz także, a może w szczególności pozwala na przedstawienie procesów, przebiegów pracy w ujęciu dynamicznym na osi czasu. Modele symulacyjne są zatem przede wszystkim modelami dynamicznymi. Modele symulacyjne dostarczają analitykowi informacji w postaci: numerycznych szeregów czasowych dla określonych zmiennych, tabel z danymi liczbowymi, wykresy do interpretacji zachowań zmiennych wzorców graficznych, map, krzywych itd.

3. Faza testowania modelu

Zanim model zostanie w jakikolwiek sposób zastosowany praktycznie musi najpierw zostać wytestowany na wiarygodność. Najważniejsze jest tutaj określenie z jaką dokładnością i w jakim zakresie model odzwierciedla prawdziwe zachowanie analizowanego systemu realnego. Najprościej można to przeprowadzić przez porównanie wyników modelu z takimi samymi wynikami systemu realnego. Jeżeli występują różnice należy dokonać odpowiednich korekt na modelu. Testy wiarygodności modeli symulacyjnych przeprowadza się interaktywnie, eksperymenty na modelu winny być tak długo powtarzane, aż zostanie osiągnięty zadawalający rezultat w zakresie podobieństwa modelu i systemu realnego.

4. Faza eksperymentów na modelu

Eksperymenty na modelu symulacyjnym mają zastąpić realne eksperymenty na systemie rzeczywistym. Generalnie eksperymentowanie na modelu polega na tym, że zmieniamy określone wartości zmiennych lub parametrów modelu, uruchamiamy przebieg symulacyjny i obserwujemy wyniki obliczeń na modelu. Model symulacyjny jest rodzajem laboratorium komputerowego przeznaczonym do testowania decyzji, a w szczególności do testowania decyzji gospodarczych.

W trakcie eksperymentów symulacyjnych zmieniać można:

- ✓ wartości początkowe zmiennych,
- ✓ wartości zmiennych egzogenicznych (zewnętrznych, z otoczenia systemu),
- ✓ wartości parametrów modelu, które zwykle są stałe podczas jednego przebiegu symulacyjnego,
- ✓ relacje pomiędzy zmiennymi modelu, tzw. zmiany strukturalne.

Eksperymentowanie na modelu opiera się na założeniu, że modelujący może stwierdzić w jakim stopniu model prawdziwie odzwierciedla analizowany system realny. Na tej podstawie można na modelu symulacyjnym przeprowadzać następujące typy eksperymentów:

- ✓ ustalenie konsekwencji zmian w systemie na podstawie istniejących lub przyjętych założeń, np. jak będzie wyglądała tendencja stopy zysku, gdy będziemy co roku obniżali ceny o 10%,
- ✓ ustalenie koniecznych (wystarczających) warunków w systemie realnym niezbędnych do osiągnięcia oczekiwanych zdarzeń albo stanów systemu, np. jak ma być kształtowana cena wyrobu, aby zachować stopę zysku na poziomie 5% rocznie,
- ✓ ustalenie zachowania się systemu w ograniczonym przedziale czasu lub stanu systemu w danym punkcie czasu przy założeniu, że model w poprzednim okresie poprawnie odzwierciedlał zachowanie systemu realnego, np. prognoza wielkości obrotów przy zachowaniu istniejących cen,
- ✓ ustalenie jak musi być zmieniona struktura analizowanego systemu, aby wystąpiło konkretne oczekiwane zdarzenie lub aby został osiągnięty dany cel, np. jak ma być struktura zatrudnienia aby osiągnąć wymaganą poziom zysku.

3.2.4 Symulacja systemów dynamicznych i przegląd oprogramowania

Symulacja systemów dynamicznych jest współcześnie bardzo szerokim zagadnieniem, nieustannie rozwijającym się. Symulować to znaczy odwzorowywać, imitować, udawać. Symulacja pozwala ograniczyć wydatki związane z badaniami z udziałem rzeczywistych obiektów. Symulacja komputerowa zrewolucjonizowała świat nauki umożliwiając zbadanie złożonych systemów, których analityczne rozwiązanie byłoby niesamowicie czasochłonne, jeśli nie niemożliwe (dobrym przykładem jest prognoza pogody). W przemyśle, handlu oraz usługach pozwoliła na wzrost zysków spowodowanych wsparciem wszelakich decyzji oraz szybsze i jednocześnie tańsze konstruowanie nowych produktów.

Stale obserwuje się ogromne zapotrzebowanie na programy symulacyjne, co powoduje ich ciągły rozwój, ale także coraz większą różnorodność oprogramowania i zwiększanie dostępnych na rynku systemów symulacyjnych.[140]

Względy ekonomiczne przekreślają możliwość prowadzenia badań na rzeczywistych systemach produkcyjnych, polegających na poddawaniu ich różnorodnym, nowym warunkom. Jednocześnie rosnące wymagania dotyczące jakości produkcji oraz obniżania kosztów wymuszają stosowanie coraz bardziej zaawansowanych narzędzi, pozwalających na wirtualne planowanie działalności. To, co do niedawna było dostępne jedynie dla dużych przedsiębiorstw, ze względu na koszty sprzętu jak i oprogramowania, obecnie staje się osiągalne dla nowych grup odbiorców za sprawą burzliwego rozwoju oprogramowania do modelowania i symulacji.

Poszukując oprogramowania do symulacji komputerowych, nie sposób nie natrafić na listę, na której znajduje się około 35 produktów free lub open-source oraz ponad 70 produktów proprietary. Lista ta stale się powiększa.[141][2]

Tabela …. *Lista oprogramowania do symulacji komputerowych*

Free or open-source	**Proprietary (prawnie zastrzeżone)**	
Advanced Simulation Library	Adaptive Simulations	MADYMO
Algodoo	AGX Dynamics	Maple
ASCEND	20-sim	MapleSim
Cantera	Actran	MATLAB
Celestia	ADINA	Mathematica
CP2K	ACSL and acslX	Micro Saint Sharp
DWSIM	Simcenter Amesim	ModelCenter
Elmer	ANSYS	NEi Nastran
Facsimile	AnyLogic	NI Multisim
FlightGear	APMonitor	Plant Simulation
FreeFem++	Arena	PLECS
Freemat	Automation Studio	Project Team Builder
Gekko	Chemical WorkBench	ProLB
GNU Octave	CircuitLogix	PTV Vissim
HASH	COMSOL Multiphysics	PSF Lab
JModelica.org	CONSELF	RoboLogix -
Mobility Testbed	DX Studio	Ship Simulator
NetLogo	Dymola	Simcad Pro
ns-3	Ecolego	Simcenter STAR-CCM+
OpenFOAM	EcosimPro	SimEvents
OpenModelica	Enterprise Architect	SimScale
Open Source Physics	Enterprise Dynamics	SIMUL8
OpenSim	ExtendSim	Simulations Plus
Physics Abstraction Layer	FEATool Multiphysics	SimulationX
Project Chrono	Flexsim	Simulink
Repast	GoldSim	SRM Engine Suite
Scilab	HyperWorks	STELLA
Simantics System Dynamics	IDA ICE	TRNSYS
SimPy	IES Virtual Environment	Vensim
Simulation of Urban MObility	(IESVE)	VisSim
SOFA	Isaac dynamics	Vortex (software)
SU2 code	iThink	Wolfram SystemModeler
Step	JMAG	Visual Components
Tortuga	Khimera	VisualSim Architect
UrbanSim	Lanner WITNESS	VSim
	Lanner L-SIM Server	zSpace

Zgodnie z literaturą przedmiotu[142] [3-9], w modelowaniu i symulacji procesu produkcyjnego dobrze sprawdzają się dwa podejścia symulacyjne, dla których stworzono specjalistyczne narzędzia komputerowe i języki symulacyjne. Są to:

- symulacja zdarzeń dyskretnych (symulacja dyskretna) – np. GPSS, Arena, eMPlant, AutoMod, Enterprise Dynamics, FlexSim,
- dynamika systemowa (symulacja ciągła) – np. Vensim, PowerSim, iThink.

Aktualnie wiele z oferowanych na rynku narzędzi symulacyjnych pozwala na przeprowadzanie zarówno symulacji ciągłej, jak i dyskretnej. Zanim jednak rozpocznie się modelowanie i symulację, trzeba zadecydować, jakie podejście symulacyjne zastosować,

biorąc pod uwagę, że dynamika systemowa jest bardziej odpowiednia do modelowania na poziomie strategicznym, a symulacja zdarzeń dyskretnych na poziomie operacyjnym oraz taktycznym.[143][11]

Znaleźć można wiele opracowań porównujących oprogramowanie do symulacji komputerowych, dających różnorodne, pomocne wskazówki, który program może najlepiej spełnić pokładane w nim nadzieje symulacyjne.[144][1, 10, 11]

3.3. Podsumowanie rozdziału 3

Budowanie modeli i przeprowadzanie symulacji procesów produkcyjnych ma wiele korzyści i jest szeroko stosowane w dziedzinie zarządzania operacjami. Powodów dla których buduje się modele i przeprowadza symulacje procesów produkcyjnych jest wiele, poniżej zebrano najważniejsze z nich.

Symulacje pozwalają na analizę, testowanie i optymalizację różnych scenariuszy i ustawień procesów produkcyjnych bez konieczności wprowadzania zmian w rzeczywistym środowisku produkcyjnym. Mogą być stosowane do identyfikacji wąskich gardeł, zmniejszenia czasu cyklu, poprawy wykorzystania zasobów i maksymalizacji wydajności.

Modele symulacyjne umożliwiają ocenę efektywności i wydajności procesów produkcyjnych poprzez zbieranie i analizę danych dotyczących czasu, kosztów, wykorzystania zasobów i innych wskaźników. Pozwalają na identyfikację obszarów wymagających poprawy oraz podejmowanie świadomych decyzji.

Symulacje procesów produkcyjnych służą do planowania i zarządzania operacjami. Pozwalają na tworzenie harmonogramów, przydział zasobów, prognozowanie zapotrzebowania, analizę skutków wprowadzenia nowych produktów czy zmian w procesie produkcyjnym. Dzięki nim można dokonywać lepszych decyzji dotyczących alokacji zasobów i zapewnienia płynności operacyjnej.

Symulacje umożliwiają testowanie alternatywnych scenariuszy w celu zrozumienia ich wpływu na proces produkcyjny. Mogą pomóc w identyfikacji potencjalnych problemów, ryzyk i obszarów, które wymagają uwagi. Przed wprowadzeniem zmian w rzeczywistym środowisku produkcyjnym, symulacje pozwalają na ocenę skutków i minimalizację ryzyka.

4. CEL PRACY I ZAKRES BADAŃ

Podsumowując przegląd literatury, dotyczący roli informacji w przedsiębiorstwach produkcyjnych, należy jednoznacznie stwierdzić, że aktualnie funkcjonują one w niezwykle złożonym i dynamicznym otoczeniu, w którym umiejętność zarządzania informacją jest źródłem przewagi konkurencyjnej. O ile w latach 90.tych XX wieku pozyskanie, gromadzenie i przetworzenie danych w użyteczne informacje było wyzwaniem, o tyle obecnie głośno mówi się o zjawisku „przeładowania informacyjnego". W firmach jest za dużo informacji, menedżerowie każdego tygodnia zapoznają się z dokumentami zawierającymi około milion wyrazów[145]. Przeładowanie informacyjne związane jest z rosnącą podażą informacji, jakiej doświadczają współczesne przedsiębiorstwa przy jednoczesnym systematycznym spadku zdolności do ich przetwarzania.

Przeładowanie informacyjne to nie tylko kwestia ilości informacji w stosunku do możliwości ich przetworzenia. Źródła skuteczności upatruje się w zastosowaniu odpowiednich filtrów, jakimi na poziomie zarządzania produkcją w przedsiębiorstwie może być model procesu produkcyjnego. W miarę wzrostu zasobów informacyjnych na świecie rośnie bowiem także moc obliczeniowa komputerów.

Na przestrzeni ostatnich 50-ciu lat rozwinięto i bardzo szeroko rozpropagowano systemy wspomagające podejmowanie decyzji w przedsiębiorstwach. Wśród systemów informatycznych wspomagających decyzje w procesach produkcyjnych na pierwszym miejscu należy wymienić systemy klasy ERP, które integrują wszystkie aspekty działania przedsiębiorstwa. Kolejno, systemy MES, stanowiące źródło rzetelnej wiedzy z linii produkcyjnych, pozwalającej na śledzenie procesów produkcyjnych bieżącego przebiegu produkcji, wydajności maszyn oraz jakości produkcji. Jednak małe i średnie przedsiębiorstwa nie decydują się na wdrożenie tego typu rozwiązań. Badania GUS dotyczące informatyzacji[146] wskazują, że jedynie 28,5% polskich przedsiębiorców korzysta z systemów ERP. W informatyzacji prym wiodą duże firmy, które zatrudniają 250 lub więcej osób (około 90% tych firm korzysta z ERP). W średnich i małych przedsiębiorstwach jest to odpowiednio 54% i 21%. Najczęściej wymienianą przeszkodą są wysokie koszty i skomplikowana procedura wdrożenia, obawa, że wdrożenie zakłóci ich procesy biznesowe, oraz mocne przyzwyczajenie do polegania na doświadczeniu i intuicji. Brak wdrożeń systemów klasy ERP nie świadczy o tym, iż MŚP nie gromadzą, nie przetwarzają i nie analizują danych i informacji. Wręcz przeciwnie, lecz robią to w przyjaznych dla siebie środowiskach (np. arkuszach kalkulacyjnych typu EXCELL), tworzą zestawienia, bazy danych, z których regularnie korzystają.

Równolegle do rozwoju systemów wspomagających decyzje, wzrostu mocy obliczeniowych komputerów i zalewu przedsiębiorców ogromną ilością informacji, bardzo silnie rozwijał się nurt związany z symulacyjnym wspomaganiem procesów produkcyjnych. Modelowanie symulacyjne, polegające na budowaniu modeli matematycznych, jak najwierniej reprezentujących rzeczywistość produkcyjną, jest jedną z ważniejszych technik wspomagających zarządzanie produkcją. W toku przeprowadzanych symulacji przedsiębiorca otrzymuje informacje, dzięki którym opracowuje dalsze działania. Ponadto, badany model systemu produkcyjnego można udoskonalić i przeprowadzać kolejne symulacje dla różnych jego wariantów i ustawień, w celu osiągnięcia założonych skutków – np. poprawy efektywności realizowanych procesów. Programów, które można wykorzystać do zbudowania modelu i symulowania procesów jest wiele, niektóre dostępne są nieodpłatnie i posiadają przyjazny użytkownikowi interfejs (jak np. Vensim), dzięki czemu niwelują argumenty związane z niechęcią do wrażania systemów klasy ERP przez mniejszych przedsiębiorców.

Resumując powyższe, zauważono stale rosnące znaczenie zarządzania informacją w kontekście podejmowania decyzji produkcyjnych. Informacji jest coraz więcej, pojawiają się problemy z ich weryfikacją, z powodu przeładowania informacyjnego osób zarządzających. Otoczenie rynkowe jest niezwykle złożone i dynamiczne, co polscy przedsiębiorcy odczuwają szczególnie dotkliwie w ostatnich latach (m.in. pandemia koronawirusa czy woja w Ukrainie). W małych i średnich firmach przedsiębiorcy mają potrzebę uzyskiwania informacji potrzebnych w procesie zarządzania produkcją i chętnie skorzystają z narzędzi, które wesprą ich procesy decyzyjne.

Na podstawie powyższych obserwacji oraz osobistego doświadczenia w prowadzeniu firmy, zauważono brak dostępnego rozwiązania, które mogłoby wspomóc podejmowanie decyzji w zarządzaniu produkcją małym i średnim przedsiębiorcom. W ramach pracy zbudowany zostanie model wybranych modułów procesu produkcyjnego, wzorowany na istniejącym przedsiębiorstwie. Do budowy modelu zostanie wykorzystana nieodpłatna wersja programu do symulacji ciągłych Vensim firmy Ventana Systems.

Cel pracy: Usprawnienie procesu zarządzania produkcją i podejmowania decyzji w przedsiębiorstwach typu MŚP z wykorzystaniem metody symulacji komputerowej.

Cele szczegółowe:

1. Określenie roli prawidłowego przepływu informacji w procesie produkcyjnym. Rozpoznanie potrzeb informacyjnych przedsiębiorstwa produkcyjnego, tak aby można było przygotować wdrożenie systemu wspomagającego decyzje w zakresie potrzeb produkcyjnych.

2. Ustalenie współzależności pomiędzy komórkami w przedsiębiorstwie, identyfikacja strumieni przepływu informacji oraz budowa modelu komputerowego procesu produkcyjnego przedsiębiorstwa, tak aby można było przeprowadza symulacje sytemu w celu poprawy efektywności procesów.
3. Identyfikacja głównych czynników mających wpływ na modelowanie procesu w przedsiębiorstwie.
4. Przeprowadzanie weryfikacji zbudowanego modelu oraz określenie możliwości i ograniczeń modelu.
5. Identyfikacja kluczowych parametrów poprawy efektywności w modelu.

Zakres badań:

1. Wybór wskaźników efektywności procesu produkcyjnego
2. Opracowanie struktury modelu przepływu informacji
3. Budowa modelu komputerowego procesu produkcyjnego w przedsiębiorstwie (na wybranym przykładzie)
4. Określenie ograniczeń (warunków brzegowych) modelu
5. Ocena parametrów wpływających na efektywność procesu produkcyjnego
6. Weryfikacja funkcjonowania poszczególnych modułów modelu
7. Opracowanie zaleceń dla użytkowników opracowanego programu

5. METODYKA BADAŃ I BUDOWA MODELU

5.1. Wybór i opis narzędzia wykorzystywanego do budowy modelu komputerowego VENSIM

Jak już wspomniano, na rynku pojawia się coraz więcej ofert oprogramowania służącego do symulacji systemów. Procesy realizowane w przedsiębiorstwach związane są ze zmianami zachodzącymi w czasie, są to zatem procesy dynamiczne i do ich opisu w modelu komputerowym potrzebny jest program realizujący zadanie całkowania równań różniczkowych. Narzędziem informatycznym, które zostało wykorzystane w niniejszej pracy jest program do symulacji modeli dynamicznych firmy Ventana System Inc. o nazwie Vensim.[147] [12]

Vensim to oprogramowanie symulacyjne opracowane przez firmę Ventana Systems. Obsługuje przede wszystkim symulację ciągłą (dynamika systemu), z pewnymi dyskretnymi zdarzeniami i możliwościami modelowania opartymi na agentach. Vensim występuje zarówno w wersji komercyjnej, jak i bezpłatnej „Personal Learning Edition".

Vensim zapewnia graficzny interfejs modelowania z diagramami stanów i przepływów oraz pętli przyczynowych, oprócz tekstowego układu równań w deklaratywnym języku programowania. Obejmuje opatentowaną metodę interaktywnego śledzenia zachowania poprzez związki przyczynowe w strukturze modelu, a także rozszerzenie języka do automatyzacji eksperymentów kontroli jakości na modelach o nazwie Reality Check.

Język modelowania obsługuje tablice (indeksy dolne) i umożliwia mapowanie między wymiarami i agregację. Wbudowane funkcje alokacji spełniają ograniczenia, których czasami nie spełniają konwencjonalne podejścia, takie jak logit. Obsługuje dyskretne opóźnienia, kolejki i różnorodne procesy stochastyczne.

Istnieje wiele ścieżek importu i eksportu danych przekrojowych i szeregów czasowych, w tym plików tekstowych, arkuszy kalkulacyjnych i ODBC. Modele mogą być kalibrowane względem danych za pomocą metod optymalizacji, filtrowania Kalmana lub łańcuchów Markowa Monte Carlo. Opcje analizy czułości zapewniają różne sposoby testowania i próbkowania modeli, w tym symulację Monte Carlo z próbkowaniem Latin Hypercube.

Poza tym pliki modeli Vensim można spakować i opublikować w konfigurowalnym formacie tylko do odczytu, który można wykonać za pomocą ogólnodostępnego czytnika modeli. Pozwala to na udostępnianie interaktywnych modeli użytkownikom, którzy nie posiadają programu i/lub którym autor modelu nie chce dać dostępu do bazy kodu modelu.

Vensim to oprogramowanie ogólnego przeznaczenia, używane w wielu różnych dziedzinach problematycznych. Najczęściej wykorzystywany jest do modelowania w obszarze:

- Transportu i Energii
- Strategii biznesowych
- Zdrowia
- Bezpieczeństwa i terroryzmu
- Zarządzania projektami
- Marketing Science w farmaceutykach i produktach konsumpcyjnych
- Logistyki
- Środowiska.

Program ten wybrano także ze względu na jego uniwersalność, wysoką funkcjonalność oraz inne opisane poniżej zalety. Vensim oferuje między innymi następujące możliwości :

1. konstruowanie nowych i modyfikowanie istniejących modeli systemowo-dynamicznych,
2. dokonywanie eksperymentów symulacyjnych na modelu,
3. analizę modelu i wizualizację wyników eksperymentów symulacyjnych.

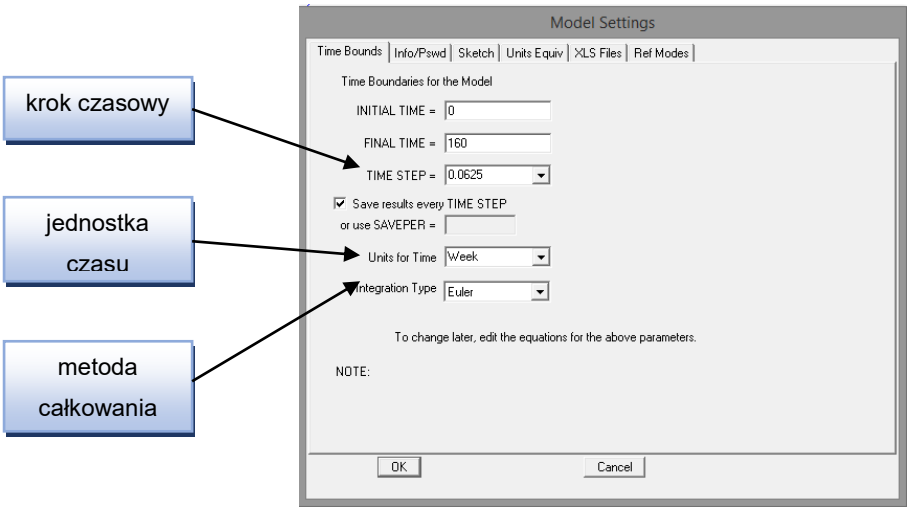
Vensim nie ma ograniczeń tematycznych; służy do budowy i symulacji praktycznie dowolnego systemu, którego elementy i relacje między nimi można opisać zależnościami matematycznymi. Pozwala w prosty i płynny sposób budować modele systemowo-dynamiczne, schematy przyczynowo-skutkowe, a także schematy strukturalne, z uwzględnieniem sprzężenia zwrotnego.

W programie zastosowano intuicyjny interfejs graficzny, dzięki któremu budowa diagramu strukturalnego modelu polega na rozmieszczeniu w oknie roboczym programu obiektów graficznych reprezentujących elementy (zmienne) modelu, a następnie połączenie ich skierowanymi łukami obrazującymi relacje wpływu między nimi. W następnym kroku budowy modelu należy poszczególnym elementom przypisać odpowiednie funkcje lub operacje matematyczne definiujące te elementy. Vensim posiada także bibliotekę z szeregiem wbudowanych funkcji, m.in.:

- IF THEN ELSE ({cond},{ontrue},{onfalse}) - klasyczna funkcja warunkowa;
- DELAY FIXED ({in},{dtime},{init}) - opóźnienie sygnału wejściowego;
- RANDOM UNIFORM ({min},{max},{seed}) - generowanie wartości losowej;
- INTEGER ({x}) - funkcja zwracająca wartość całkowitą z parametru x;
- PULS TRAIN ({start}, {duration}, {repeattime}, {end}) - cykliczny impuls jednostkowy.

Dla przeprowadzania symulacji należy wybrać jednostkę czasu (sekunda, minuta, godzina, dzień, tydzień, miesiąc) oraz określić przedział wyrażony w tych jednostkach dla którego będzie przeprowadzana symulacja. Ponadto należy określić krok czasowy jako część wybranej jednostki (1 – 0,0078125), z którym będą realizowane obliczenia w procesie symulacji. Vensim stosuje całkowanie metodą Eulera lub Rungego-Kutty 4-tego rzędu. Program umożliwia określenie jednostek miary dla poszczególnych zmiennych modelu; poprawność ich zastosowania jest kontrolowana w trak[148]cie edycji definicji każdej zmiennej modelu.

Brak zdefiniowanych jednostek lub błędy w ich zastosowaniu są sygnalizowane. Można pominąć poprawę wykrytych błędów jednak w takim przypadku, otrzymane wyniki obliczeń, które formalnie są wykonywalne w programie, mogą nie mieć sensu w odniesieniu do rzeczywistości.



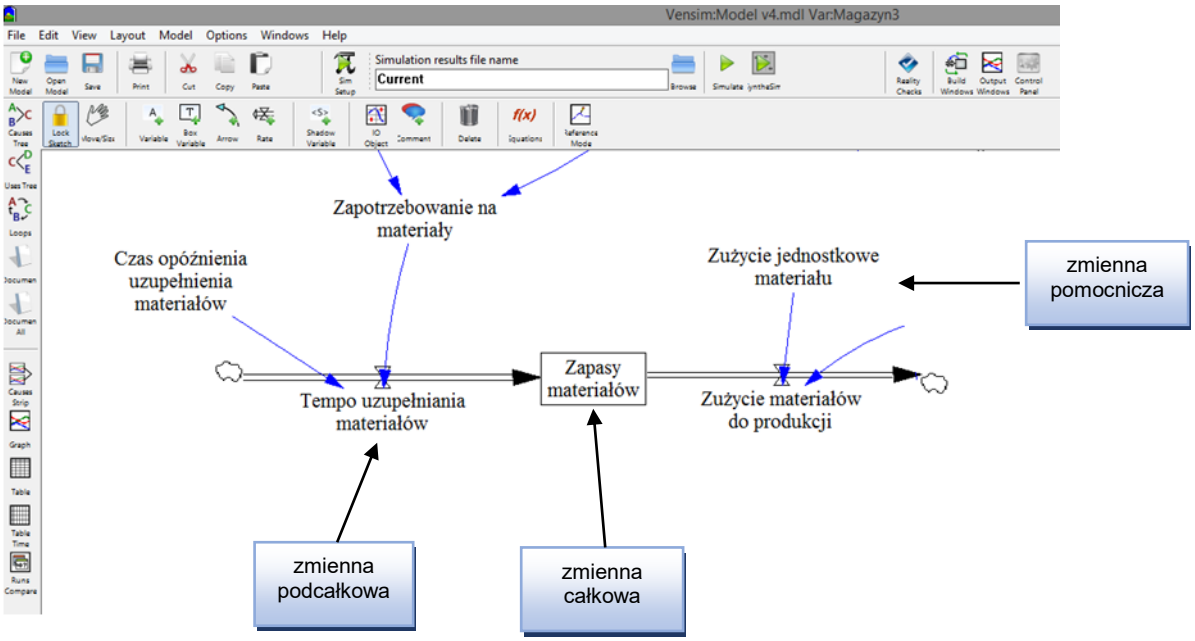
Rys1. Okno ustawień modelu dotyczące parametrów czasowych oraz metody całkowania.

Niewątpliwą zaletą użycia programu Vensim jest sposób budowania modelu, niemal jednakowy dla różnych branż. Z matematycznego punktu widzenia nie jest ważne, czy program będzie symulował produkcję mebli, ubrań, obrabiarek, czy też innych rzeczy. Liczy się jedynie struktura systemu (procesu produkcyjnego).

W modelu wykorzystuje się zasadniczo trzy rodzaje zmiennych (rys.1):

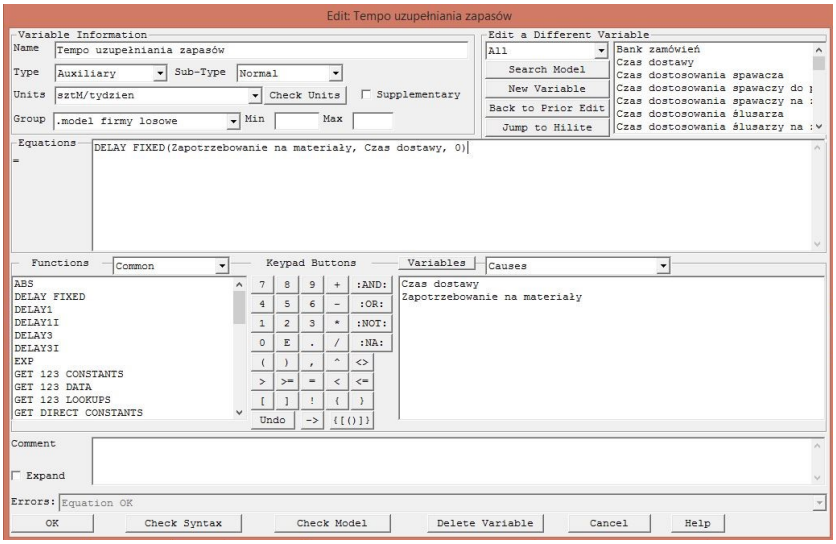
- zmienna całkowa – zapisuje się ją w prostokącie, a przedstawia ona wartość akumulacyjną danego parametru od początku symulacji do aktualnej chwili;
- zmienna podcałkowa – przypisana wizualnie do podwójnej strzałki kierunkującej przepływ wraz z zaworem, umożliwiającym sterowanie przepływem; reprezentuje natężenie przepływu;

- zmienna pomocnicza – zapisywana bez szczególnych wyróżnień graficznych a połączona z modelem skierowanymi łukami obrazującymi relacje wpływu; służy do opisu zależności matematycznych.



Rys.1. Przykłady zmiennych wykorzystywanych w modelu.

Dodatkowo definiuje się relacje między zmiennymi (elementami), przedstawionymi za pomocą strzałek. Dla każdej zmiennej definiuje się zależności matematyczne w oknie „*Equations*" (rys.2). Na podstawie zdefiniowanych relacji, w oknie „*Variables*" pojawiają się nazwy zmiennych, od których zależy wartość zmiennej edytowanej. Ważnym aspektem modelowania w tym programie jest poprawna definicja jednostek (*Units*), gdyż Vensim je przelicza, sprawdzając w ten sposób logikę stworzonego modelu. Istnieje możliwość sprawdzenia poprawności zdefiniowanych jednostek w zakładce *Model/Check Model*. Jeśli jednostki w dowolnym miejscu nie będą się zgadzać, zostanie wygenerowany raport o błędzie.



Rys.2. Okno dialogowe edycji zmiennej

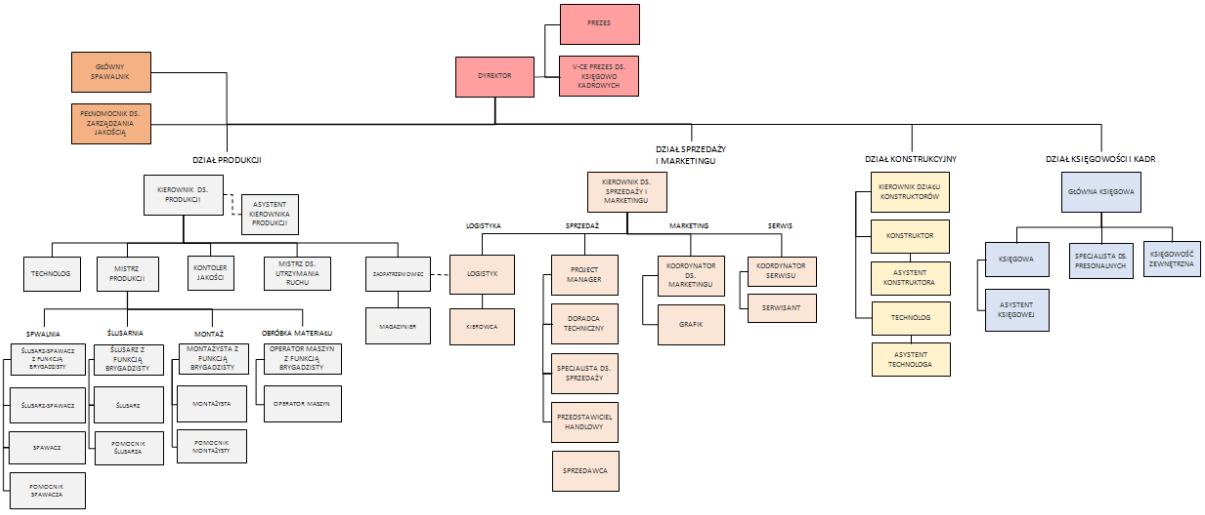
W analizowanym przypadku najistotniejszym pytaniem jest: jak zarządzać procesem produkcji w kontekście tempa otrzymywanych zleceń. Jakie konsekwencje zrodzą podjęte decyzje? Które parametry mają istotny wpływ na jakość podejmowanych decyzji oraz efektywność funkcjonowania przedsiębiorstwa? Innymi słowy: jak zareaguje przedsiębiorstwo – system - na szereg bodźców i jaka jest jego wrażliwość na poszczególne bodźce?

Aby odpowiedzieć na te pytania, podjęto próbę budowy modelu procesu produkcyjnego przedsiębiorstwa. Model opisywanego systemu dotyczy przedsiębiorstwa produkcyjnego, które realizuje funkcje produkcyjne w zunifikowany sposób: pozyskuje środki produkcji, takie jak materiały, energię oraz pracę ludzką, produkuje określone dobra, które następnie są sprzedawane. Zmiany w poziomie produkcji muszą uwzględniać zmiany w poziomie zapotrzebowania na produkowane dobra. Specyfika produkcji „na zamówienie" nie daje możliwości nadmiernego magazynowania wyrobów. Każda partia wyrobów może różnić się od siebie, spełniając indywidualne wymagania klienta. Nie można zatem w modelu zastosować bufora w postaci magazynu, który niwelowałby ewentualne opóźnienia w produkcji.

Zbudowany model uwzględnia także identyfikację kluczowych miejsc powstawania opóźnień, zarówno tych wynikających z realiów funkcjonowania przedsiębiorstwa, spowodowanych naturalnymi ograniczeniami związanymi z czasem koniecznym na reakcję systemu (np. pozyskanie i wyszkolenie nowych pracowników), jak i tych wynikających ze specyfiki prowadzonych prac w przedsiębiorstwie oraz zależnych od przedsiębiorstwa i dających się modelować.

Model symulacyjny zbudowany został w oparciu o główne procesy w przedsiębiorstwie produkcyjnym, od momentu otrzymania zamówienia do zakończenia jednego z procesów obróbkowych (spawania) i przedstawiony na schemacie - wizualizacja modelu (**Aneks 1**).

Model został zbudowany dla firmy[149] produkcyjnej z ponad 20 letnim stażem na rynku polskim. Przedsiębiorstwo projektuje i wytwarza innowacyjne rozwiązania z zakresu usprawnień dla transportu wewnętrznego i magazynowania. Głównymi klientami firmy są przedsiębiorstwa z branży *automotive*, która charakteryzuje się wysokimi wymaganiami stawianymi przez odbiorców, którzy niejednokrotnie przeprowadzają po stronie swoich dostawców audyty jakościowe, a same ich kryteria bywają wyśrubowane. Udoskonalenie procesów produkcji stało się jednym z czynników budowania stabilnej pozycji rynkowej. Prowadzone w firmie audyty i ciągły rozwój współpracy z branżą motoryzacyjną odsłoniły niedoskonałości i utwierdziły w przekonaniu konieczności wprowadzenia zmian, które umożliwiłaby efektywne zarządzanie procesami produkcyjnymi i usprawniły wytwarzanie jednocześnie w kilku punktach.

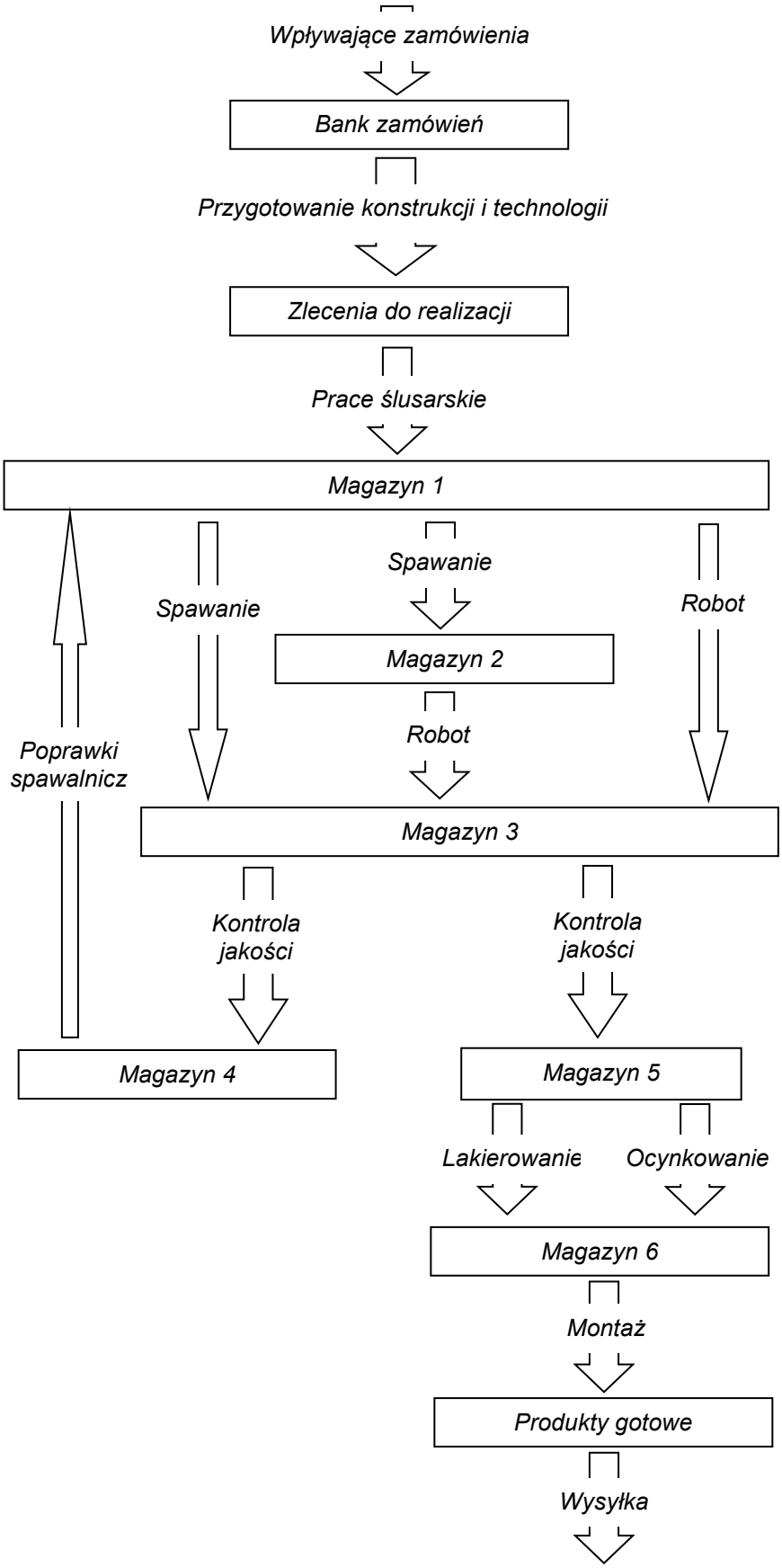


Rys. 1 Schemat organizacyjny analizowanego przedsiębiorstwa.

Ponieważ produkcja realizowana jest wyłącznie na indywidualne zamówienie, jest zatem zależna od tempa wpływających zleceń. Pierwszym problemem zauważonym w firmie był stale wydłużający się okres realizacji zamówień, co w konsekwencji mogło doprowadzić do utraty klientów, którzy nie byli skłonni czekać na zamawiane wyroby ponad „rozsądny" czas (na rynku istnieją firmy konkurencyjne). Mogła zdarzyć się sytuacja nadmiernej kumulacji zamówień (jak i również – w skrajnym przypadku – ich braku). Przedsiębiorstwo ma kilka opcji reakcji w takiej sytuacji: może ustalić priorytet realizacji zleceń i określić

terminy dostawy wyrobów gotowych, które mogą być odległe i niezadowalające dla klienta. Może zwiększyć swoją zdolność produkcyjną, różnymi metodami: zatrudniając dodatkowych pracowników, wydłużając czas pracy, podzlecając niektóre prace. Istnieje także możliwość usprawnienia przebiegu procesów poprzez likwidowanie opóźnień. Nigdy wcześniej w analizowanej firmie nie podchodzono do problemu opóźnień kompleksowo, tak aby wskazać miejsca ich powstawania, określić przyczyny, podjąć próby wyeliminowania oraz zaobserwować wpływ zmian na zachowanie całego układu produkcyjnego. Dopiero w toku prowadzonych analiz w firmie opóźnienia zostały zdiagnozowane w kilku obszarach i odsłoniły „słabe" punkty w procesie funkcjonowania przedsiębiorstwa.

Na rys. 2 przedstawiono model przebiegu głównych procesów produkcyjnych w analizowanym przedsiębiorstwie produkcyjnym.



Rys 2. Model przebiegu głównych procesów produkcyjnych w analizowanym przedsiębiorstwie produkcyjnym

System produkcyjny w firmie podzielony jest na kilka następujących po sobie etapów, jest to:. ślusarka, spawanie, lakierowanie/ocynk, montaż. Zanim jeszcze pojawiła się świadomość usprawnienia procesu zarządzania produkcją, wiele informacji z przebiegu procesu wytwarzania ewidencjonowano ręcznie (lub nie ewidencjonowano w ogóle), a system przepływu informacji był bardzo ograniczony. Niestety dane te przetwarzano z dużym opóźnieniem, co najczęściej dawało nieadekwatny obraz oraz komplikowało bieżące podejmowanie decyzji. W połączeniu z koniecznością zachowania ostrożności w procesie planowania produkcji terminy realizacji zleceń wydłużały się ponad wszelką miarę. Trudności pojawiły się, gdy ciągle przybywało zamówień a w harmonogramie pracy robiło się tłoczno. Klienci nie zawsze są elastyczni i nie są skłonni dłużej oczekiwać na zamówione wyroby. W takich uwarunkowaniach kwestia poprawy efektywności wytwarzania nabrała największego znaczenia, a w grę wchodzą coraz większe liczby, które wprost przekładają się na pieniądze.

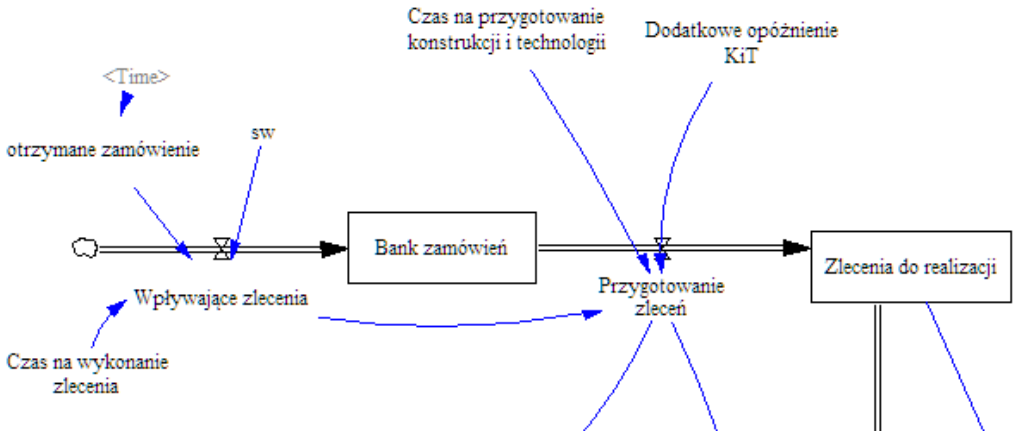
5.2. Budowa modelu systemu procesu produkcyjnego – struktura, możliwości, ograniczenia

W niniejszej pracy zbudowano model przedstawiający przebieg głównych procesów w przedsiębiorstwie produkcyjnym od momentu otrzymania zamówienia, poprzez dwa główne procesy obróbkowe realizowane w firmie (prace ślusarskie oraz spawanie), po których następuje kontrola jakości. Dalsze elementy procesu produkcyjnego: lakierowanie i/lub ocynkownie zlecane są na zewnątrz firmy do przedsiębiorstw, z którymi firma współpracuje. Następnie polakierowane/ocynkowane elementy wracają do przedsiębiorstwa, następuje ich montaż i wysyłka gotowych produktów do klienta. Te etapy nie zostały w pracy zamodelowane, stanowią dalsze kierunki rozbudowy projektu. Przyjęte rozwiązania w wielu miejscach mają zastosowanie uniwersalne, możliwe do wdrożenia w dowolnym przedsiębiorstwie produkcyjnym, a w niektórych będą wymagały korekty i indywidualnego dostosowania do specyfiki prowadzonych w firmie działań.

Niemniej zbudowany model można nazwać modelem przykładowym i z powodzeniem można na jego bazie tworzyć modele aplikacyjne dla wybranych przedsiębiorstw. Mówiąc o „indywidualnym dostosowaniu” należy mieć na uwadze pojedyncze procesy występujące np. podczas obórki w procesie produkcyjnym, gdzie w miejsce procesu: ślusarka – spawanie – lakierowanie pojawią się procesy specyficzne np. dla danej branży.

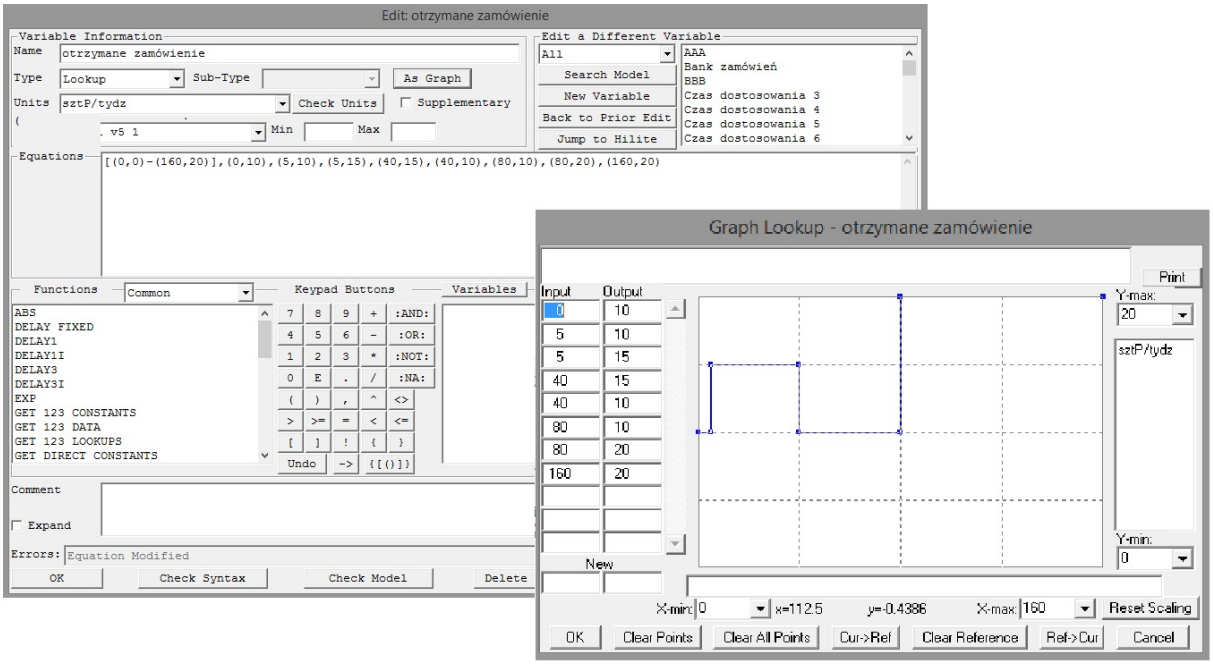
Model obejmuje kolejno następujące po sobie sekwencje działań w przedsiębiorstwie, które pogrupowano uwzględniając logiczne następstwo.

1. **Moduł bank zamówień** – obejmuje szeroko pojęte zarządzanie zamówieniami w przedsiębiorstwie.



Rys. 3. Fragment modelu: moduł bank zamówień.

Charakterystyka *otrzymywanych zamówień* opisana jest zmienną typu Lookup, która umożliwia wprowadzenie rzeczywiście istniejącego (aktualnego lub historycznego) zgłaszanego zapotrzebowania na produkty [sztP/tydz]. Rys.4 przedstawia przykładowe okno informacji o zmiennej *otrzymane zamówienia zarówno* w formie równania jak i wykresu.



Rys. 4 Okno informacji o zmiennej *otrzymane zamówienia*

Zmienna cieniowa <*Time*> wprowadza konieczny dla symulacji upływ czasu, w przypadku analizowanego modelu przyjętą podstawową jednostką czasu jest jeden tydzień [tydz]. Tempo napływania zmówień regulowane może być zaworem na zmiennej

podcałkowej w*pływające zamówienia*, która informuje o tym ile jest zamawianych sztuk produktu na tydzień. Dodatkowo w modelu podany jest *czas na wykonanie zlecenia*, czyli całkowity czas w jakim przedsiębiorstwo podjęło się wyprodukować dany produkt. Zmienna całkowa *bank zamówień* informuje o tym, jaki jest aktualny poziom zamówień przyjętych do realizacji ale jeszcze nie realizowanych [szP]. Jest całką z różnicy pomiędzy *wpływającymi zleceniami* a *przygotowaniem zleceń* [sztP/tydz].

Wpływające zlecenia = otrzymane zamówienie/Czas na wykonanie zlecenia*sw [sztP/tydz](1)

Bank zamówień = $\int$ wpływające zlecenia − przygotowanie zleceń (dt) [sztP] (2)

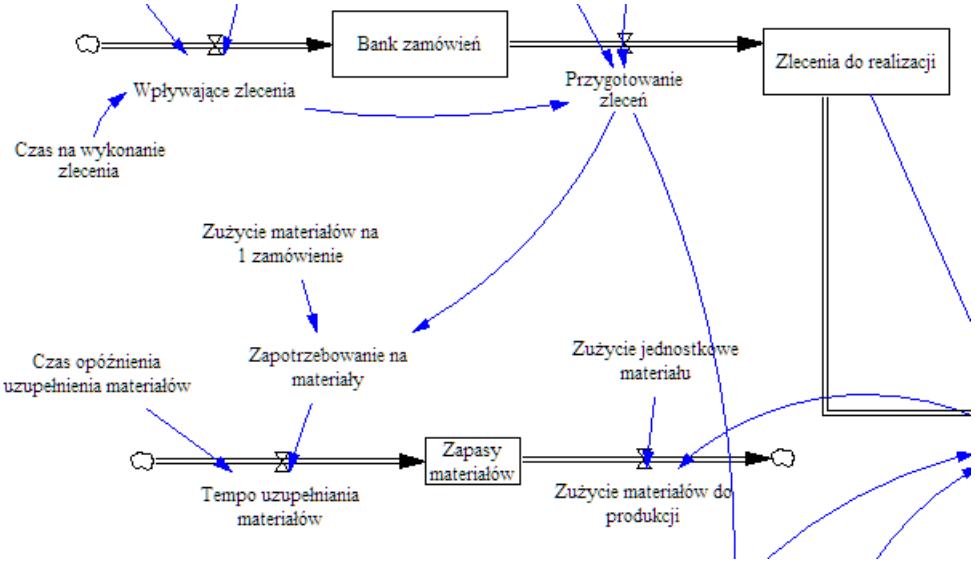
Z kolei *przygotowanie zleceń* uzależnione jest od *czasu na przygotowanie konstrukcji i technologii* oraz od *dodatkowego opóźnienia KiT.* Te dwa parametry mają znaczenie nie tylko jako określające czas rozpoczęcia realizacji zamówień, ale są obszarem analiz dotyczących możliwości skrócenia tych czasów, eliminacji dodatkowych opóźnień oraz ich wpływu na całkowity czas realizacji zamówienia od przyjęcia zlecenia do wysyłki gotowych produktów. Kolejnym elementem są *zlecenia do realizacji* [sztP], czerpiemy stąd informację o tym jaka jest liczba zleceń gotowych, z opracowaną konstrukcją i technologią, możliwych do rozpoczęcia produkcji, a jest to całka z różnicy *przygotowanie zleceń* i *ślusarki.*

Przygotowanie zleceń = DELAY1(Wpływające zlecenia, Czas na przygotowanie konstrukcji i technologii + Dodatkowe opóźnienie KiT [sztP/tydz](3)

Zlecenia do realizacji = $\int$ przygotowanie zleceń − ślusarka (dt) [sztP] (4)

sw ????? (5)

2. **Moduł zapasów materiałowych** – decyzja o rozpoczęciu realizacji zleceń jest między innymi informacją konieczną do uruchomienia procesu związanego z zamówieniem odpowiedniej ilości i jakości materiałów z zewnątrz, koniecznych do bieżącej realizacji zleceń.



Rys.5. Fragment modelu: moduł zapasów materiałowych.

Podstawową jednostką w tym module jest uogólniona sztuka materiału [sztM], tak aby nie powodować nadmiernej rozbudowy modelu. W razie potrzeby sztukę materiału można rozróżnić wprowadzając specyfikację na materiały wg indywidualnego zapotrzebowania danego przedsiębiorstwa. W takim przypadku moduł zapasów materiałowych zostanie rozbity na poszczególne elementy np. elementy łączne, wsporniki, profile itp. według zapotrzebowania danej produkcji. Co zostanie zsumowane na poziomie *zapasów materiałów* dając jednocześnie większą kontrolę nad tym obszarem, jeśli w uznaniu analityka taka jest konieczna.

Jak łatwo zauważyć, oprócz informacji o koniecznym poziomie zapasów, która jest przesyłana z modułu *banku zamówień* musi pojawić się także informacja o zapotrzebowaniu, które wynikać będzie z modułu *produkcja*. Informacja ta wraz ze *zużyciem jednostkowym materiału* da informację o poziomie zużycia materiałów do produkcji [sztM/tydz].

$$\text{Zapasy materiałów} = \int \text{tempo uzupełniania materiałów} - \text{zużycie materiałów do produkcji}\ (dt)$$

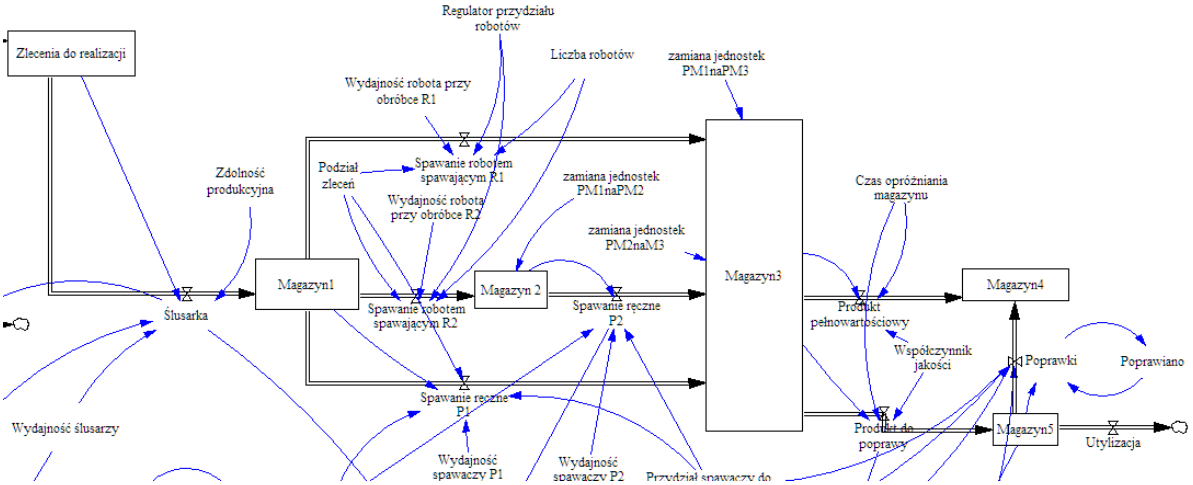
[sztM] (6)

Tempo uzupełniania materiałów = DELAY FIXED (zapotrzebowanie na materiały, czas opóźnienia uzupełniania materiałów, 0) [sztM/tydz](7)

Zużycie materiałów do produkcji = ślusarka * zużycie jednostkowe materiału [sztM/tydz](8)

Dla urealnienia systemu wprowadzono czas opóźnienia uzupełniania materiałów [tydz], który jednocześnie daje kolejny obszar manewru w analizowanym modelu.

3. **Moduł produkcja** – zdecydowanie najbardziej rozbudowany moduł, który w zależności od specyfiki przedsiębiorstwa będzie obejmował różne sposoby obróbki materiału, technologii, sekwencji wykonywanych działań. Dla potrzeb niniejszego modelu wprowadzono wieloetapowy proces wytwórczy, a zamodelowano prace ślusarskie i spawalnicze (zarówno przez ludzi jak i przez automat spawalniczy). W module produkcja wprowadzono także kontrolę jakości, wskutek której może nastąpić zawrócenie półproduktu do poprawy ze względu na niewystarczająca jakość.



Rys. 6. Fragment modelu: moduł produkcja.

3-1. Pierwszym etapem obróbki w module produkcja są prace ślusarskie.

W analizowanym modelu prace ślusarskie są wykonywane przez ślusarzy zatrudnionych w przedsiębiorstwie (na etat lub zlecenie). Moduł związany z zarządzaniem pracą ślusarzy zostanie omówiony w dalszej kolejności. Ślusarka jest przede wszystkim determinowana przez *zdolność produkcyjną* [sztP/tydz], dostępność ślusarzy: *ślusarze razem* [ślusarz] oraz *wydajność ślusarzy* [szP/tydz/ślusarz]. Przez *zdolność produkcyjną* w modelu rozumie się inne niż wynikające z pracy ludzkiej uwarunkowania tego procesu, tj: dostępność stanowisk, urządzeń, narzędzi, czy wreszcie ograniczenia przestrzenne. Ten parametr ujęty jest zbiorczo, jednak, gdy zajdzie taka potrzeba, można go rozdzielić na kluczowe czynniki warunkujące tak rozumianą zdolność produkcyjną i analizować zmiany i ich wpływ na proces produkcyjny w każdym z obszarów, jeśli analityk uzna to za konieczne. A wszystko to zostało opisane z wykorzystaniem rozbudowanych funkcji, pozwalających

wprowadzenie zabezpieczenia w przypadku braku zleń do realizacji. Dzięki temu model pokazuje rzeczywisty obraz produkcji.

Ślusarka = INTEGER(IF THEN ELSE((MIN(Zlecenia do realizacji, IF THEN ELSE(Wydajność ślusarzy*Ślusarze Razem<=Zdolność produkcyjna , Wydajność ślusarzy*Ślusarze Razem, Zdolność produkcyjna))*Zużycie materiałów na 1 zamówienie)>Zapasy materiałów, Zapasy materiałów/Zużycie materiałów na 1 zamówienie, MIN(Zlecenia do realizacji , IF THEN ELSE(Wydajność ślusarzy*Ślusarze Razem<=Zdolność produkcyjna, Wydajność ślusarzy*Ślusarze Razem, Zdolność produkcyjna))))

[sztP/tydz]

(9)

Ślusarze razem = ślusarze + ślusarze na zlecenie

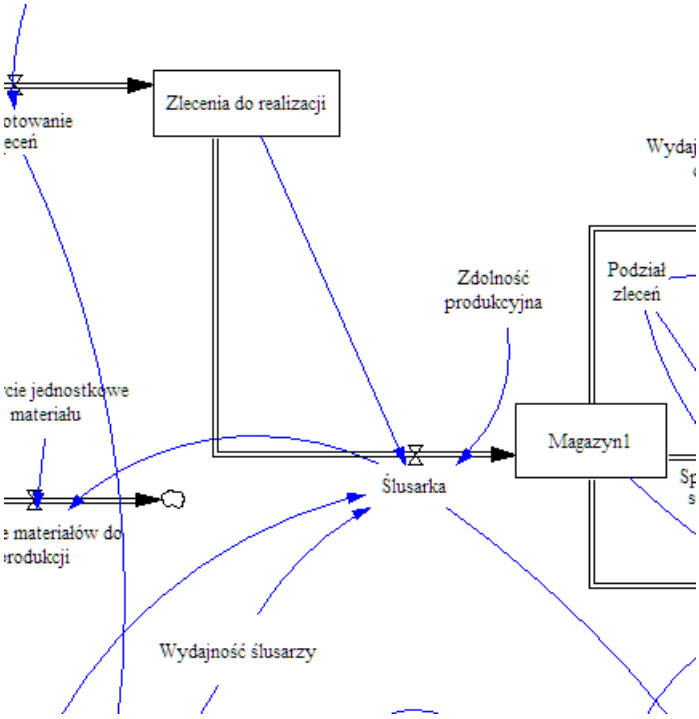
[ślusarz] (10)

Zdolność produkcyjna i *wydajność ślusarzy* to zmienne typu *constant* wprowadzane do modelu na podstawie faktycznych wartości tych parametrów w danym przedsiębiorstwie.

Po zakończeniu pierwszego rodzaju obróbki jakim są prace ślusarskie poziom produktów widoczny jest w *magazynie1* [sztP].

Magazyn 1 = $\int$ Ślusarka − Spawanie ręczne P1 − Spawanie robotem spawającym R1 − Spawanie robotem spawającym R2 (dt) [sztP]

(11)



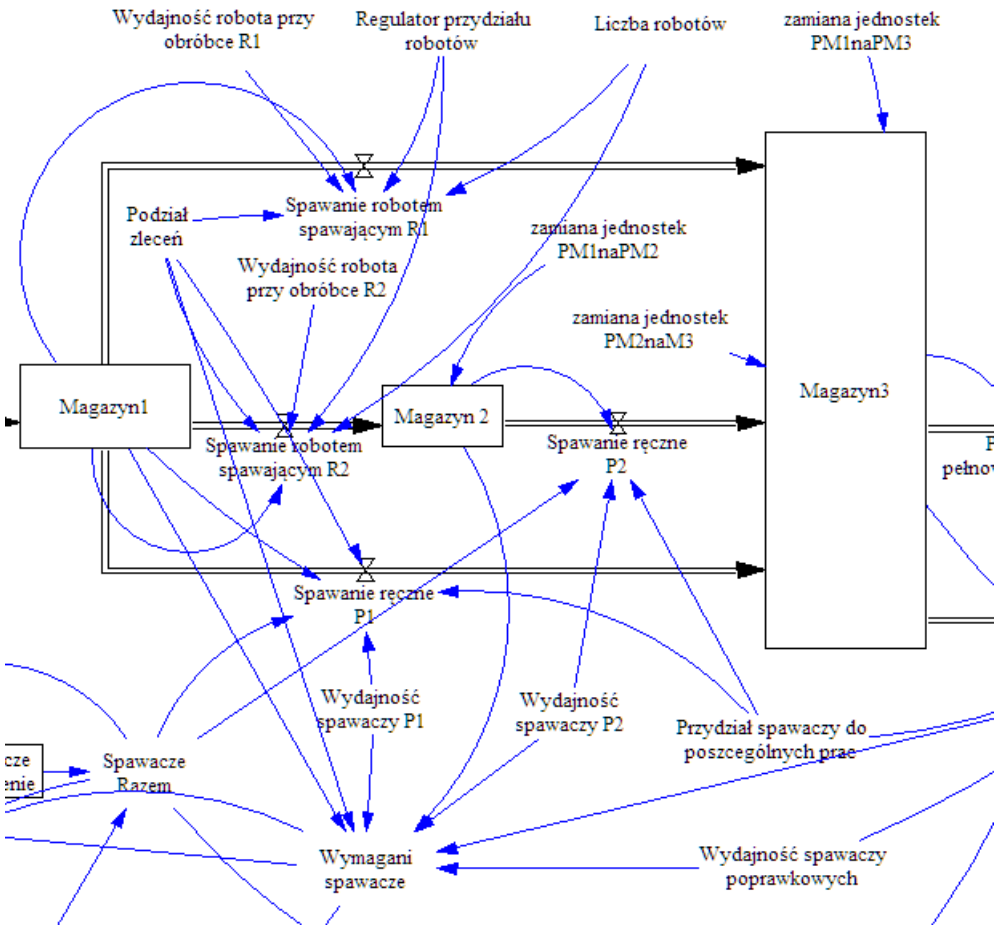
Rys. 7. Fragment modelu: moduł produkcja – prace ślusarskie.

Z *magazynu 1* wypływają 3 strumienie – trzy różne sposoby realizacji kolejnego etapu produkcji – spawania.

3-2. Drugim etapem obróbki w module produkcja jest spawanie.

W analizowanym modelu istnieją trzy możliwości realizacji prac spawalniczych:

1. *Spawanie robotem spawającym R1* – w całości realizowane przez robota spawalniczego;
2. *Spawanie robotem spawającym R2* + *Spawanie ręczne P2* – realizowane w pierwszej fazie przez robota spawalniczego a następnie przez wykwalifikowanych spawaczy;
3. *Spawanie ręczne P1* – realizowane jest wyłącznie przez wykwalifikowanych spawaczy.



Rys. 8. Fragment modelu: moduł produkcja – spawanie.

W takim ujęciu realizacji procesu spawania pojawia się kilka nurtujących obszarów. Pierwszym z nich jest konieczność wprowadzenia *podziału zleceń* [%], ponieważ z *magazynu1* wypływają 3 strumienie. W analizowanym modelu przyjęto, iż *podział zleceń* przyjmie wartość stałą 0,4 i odpowiednio zaproponowano dla:

1. *Spawanie ręczne P1* – wartość parametru *podział zleceń*;
2. *Spawanie robotem spawającym R2* + *Spawanie ręczne P2* – wartość parametru *podział zleceń);*
3. *Spawanie robotem spawającym R1* – wartość: *(1-podział zleceń*2);*

Można zaproponować w tym miejscu inny sposób dzielenia zadań pomiędzy poszczególne strumienie, co spowoduje kolejny ważny moment możliwości wywołania i obserwowania zmian w systemie.

Spawanie ręczne P1 oraz *spawanie ręczne P2* realizowane jest wyłącznie przez wykwalifikowanych spawaczy, będących etatowymi pracownikami firmy, lub dodatkowo

zatrudniani w przypadku wysokiego stanu *magazynu M1*. Opis *modułu Spawacze* zostanie omówiony w kolejnych etapach. Matematycznie *spawanie ręczne P1* i *P2* pisane są wzormi:

Spawanie ręczne P1= INTEGER(MIN(Magazyn1*Podział zleceń, Spawacze Razem*(1-Przydział spawaczy do poszczególnych prac)/2*Wydajność spawaczy P1)) [sztP/tydz] (12)

Spawanie ręczne P2 = INTEGER(MIN(Magazyn 2, Spawacze Razem*(1-Przydział spawaczy do poszczególnych prac)/2*Wydajność spawaczy P2)) [sztP/tydz] (13)

gdzie:
Spawacze Razem, to wszyscy dostępni spawacze (zatrudnieni na zlecenie i etatowi);

Spawacze razem = spawacze + spawacze na zlecenie [spawacz](14)

Przydział spawaczy do poszczególnych prac, to parametr opisujący przydział spawaczy do realizacji zadań *spawanie ręczne P1* i *spawanie ręczne P2* czyli (część procesu spawania po robocie spawalniczym w drugiej ścieżce) oraz poprawek spawalniczych po kontroli jakości. Jest to zmienna bezwymiarowa; w modelu przyjęto dla:
- *spawanie ręczne P1* : (1-*przydział Przydział spawaczy do poszczególnych prac)/2*,
- *spawania ręczne P2*: (1-*przydział Przydział spawaczy do poszczególnych prac)/2*;
- *poprawki*: wartość parametru *Przydział spawaczy do poszczególnych prac.*

Parametr ten podlega sterowaniu zgodnie z intencjami osoby zarządzającej procesem produkcyjnym, dostarcza wysoce istotnych informacji o tym, jak wykorzystać dostępnych spawaczy w przedsiębiorstwie i który z podziałów da najlepsze rezultaty. Parametrem tym należy sterować, aby osiągnąć jak najlepszą przepustowość produkcji w każdej z opisanych w modelu ścieżek procesu spawania.

Kolejnym parametrem, koniecznym do zamodelowania procesu jest wydajność spawaczy. W module produkcja-spawanie określono wydajność spawacza dla każdego rodzaju prac spawalniczych. Wydajność ta jest wyrażona w jednostce [sztP/tydz*spawacz]. Parametr ten jest zmienną typu *constant*, w firmie określana jest na podstawie faktycznych informacji gromadzonych w toku działalności przedsiębiorstwa. Z prac wykonywanych w przedsiębiorstwie wynika, że potrzebni są spawacze do trzech, różnych w swoim przebiegu, prac spawalniczych, zatem wyodrębniono i określono 3 parametry: *Wydajność spawaczy P1, Wydajność spawaczy P2* i *Wydajność spawaczy poprawkowych.*

Wydajność jest kolejnym parametrem, którym w ograniczonym stopniu można sterować. Zmiany w tym obszarze mogą być podstawą do podjęcia decyzji o: podniesieniu kwalifikacji pracowników, lepszej organizacji stanowiska, wykorzystywaniu lepszych narzędzi pracy (trwalszych, bardziej precyzyjnych, bardziej ergonomicznych, itp.), zmianie ogólnych warunków organizacji pracy (uwarunkowania przestrzenne, temperatura, oświetlenie, itp.).

Analogicznie jak spawanie wykonywane przez spawaczy zamodelowano procesy realizowane przez roboty spawające (czy automaty spawające). Jedna ze ścieżek realizowana jest wyłącznie przez robota spawającego (*spawanie robotem spawającym R1*), a druga rozpoczyna się od spawania robotem (*spawanie robotem spawającym R2*) a następnie praca ta jest kończona przez spawaczy (*spawanie ręczne P2* – opisane już wcześniej). Spawanie robotami spawającym R1 i R2 opisane jest wzorami:

Spawanie robotem spawającym R1 = INTEGER(MIN(Magazyn1*(1-Podział zleceń*2), Liczba robotów*Wydajność robota przy obróbce R1*Regulator przydziału robotów)) [sztP/tydz] (12)

Spawanie robotem spawającym R2 = INTEGER(MIN(Magazyn1*Podział zleceń, Liczba robotów*(1-Regulator przydziału robotów)*Wydajność robota przy obróbce R2)) [sztP/tydz] (13)

Liczba robotów, to zmienna typu *constant*, określająca ilość dostępnych robotów w przedsiębiorstwie. Wartość tę można zmieniać i modelować poszukując najlepszych rozwiązań dla płynności i tempa realizacji zlecenia. Ilość robotów wykorzystywanych w procesie produkcyjnym będzie uwarunkowana wieloma czynnikami: możliwością zakupu takiego robota (np. koszty), kompetencjami załogi, możliwościami związanymi z eksploatacją i bieżącym utrzymaniem, itp. Jednak coraz większa popularność automatyzowanych rozwiązań powinna znaleźć także odzwierciedlenie w modelowanym systemie produkcyjnym.

Podobnie jak wydajność spawaczy zdefiniowano w modelu wydajność robotów spawających. Są to stałe parametry, wyrażone w [sztP/(tydz*robot)] i wynikają z możliwości produkcyjnych robota oraz danych historycznych.

Regulator przydziału robotów, jest to parametr opisujący przydział robotów spawalniczych do realizacji zadań *spawanie robotem spawającym R1* i *spawanie robotem spawającym R2* (czyli część procesu spawania przed spawaczami); w modelu przyjęto dla:

- *spawanie robotem spawającym R1* – wartość parametru *regulator przydziału robotów*,
- *spawanie robotem spawającym R2: 1- regulator przydziału robotów*;

Ponieważ trzeci strumień procesu spawania składa się z dwóch etapów (*spawanie* robotem spawającym *R2* + *spawanie ręczne P2*), zaszła konieczność wprowadzenia magazynu pośredniego pomiędzy poszczególnymi etapami prac: *magazyn 2*. Należy bowiem przyjąć, że elementy po obróbce *spawanie robotem spawającym R2* będę półproduktami wymagającymi dalszych prac, wykonywanych przez spawaczy.

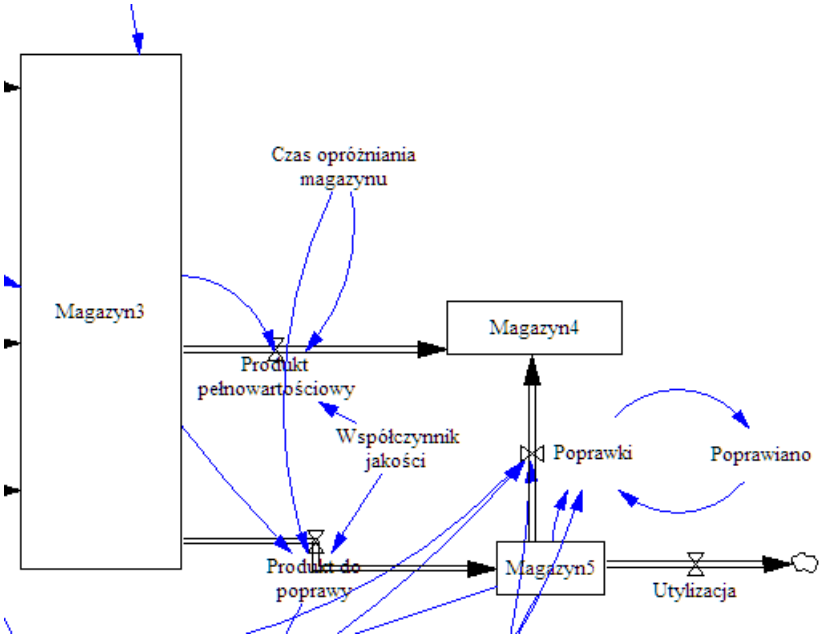
Jednocześnie sztuka produktu po *spawaniu robotem spawającym R2* nie jest tą samą sztuką produktu co po *spawaniu ręcznym P1* lub *spawaniu robotem spawającym R1*, jest to produkt pośredni i konieczne jest wyodrębnienie nowej jednostki, która zobrazuje stan faktyczny ale także umożliwi prawidłową symulację modelu. W tym celu wprowadzona została *zmiana jednostek PM1naPM2,* dzięki której zachowana zostaje prawidłowość w jednostkach w modelu.

Zatem w *magazynie 2* otrzymujemy produkty pośrednie wyrażone w nowej jednostce [sztPM2] (czyli sztuki produktu znajdujące się w magazynie M2). Dopiero po wykonaniu drugiego etapu *spawanie ręczne P2* produkty przyjmują tę samą postać co po *spawaniu robotem spawającym R1 i spawaniu ręcznym P1* i trafiają do wspólnego *magazynu 3* – magazynu produktów po wszystkich trzech ścieżkach związanych z pracami spawalniczymi. Konieczne jest zatem podkreślenie zmiany stanu produktu i wprowadzenie parametru, który ujednolici produkty wpływające do *magazynu 3* wszystkimi trzema ścieżkami. I odpowiednio dla ścieżki *spawanie robotem spawającym R1 i spawanie ręczne P1* parametr ten nazwano *zamiana jednostek PM1naPM3*. A dla ścieżki *spawanie robotem spawającym R2 + spawanie ręczne P2 – zamiana jednostek PM2naPM3*. Zatem stany akumulacyjne zmiennych całkowych w *magazyn 2* i *magazyn 3* zostały opisane wzorami:

$$\text{Magazyn } 2 = \int \text{Spawanie robotem spawającym R2} * \text{zamiana jednostek PM1naPM2} - \text{Spawanie ręczne P2}\ (dt) \quad [\text{sztPM2}] \ (14)$$

$$\text{Magazyn } 3 = \int \text{Spawanie ręczne P1} * \text{zamiana jednostek PM1naPM3} + \text{Spawanie ręczne P2} * \text{zamiana jednostek PM2naM3} + \text{Spawanie robotem spawającym R1} * \text{zamiana jednostek PM1naPM3} - \text{Produkt pełnowartościowy} - \text{Produkt do poprawy}\ (dt) \quad [\text{sztPM3}] \ (15)$$

3.3. Trzecim etapem w module produkcja jest kontrola jakości.



Rys. 6. Fragment modelu: moduł kontrola jakości.

W przedsiębiorstwie, na wzór którego zbudowany został ten model procesu produkcyjnego kontrola jakości odbywała się po przejściu przez dwa procesy obróbkowe: prace ślusarskie i prace spawalnicze. W modelu wprowadzono *współczynnik jakości*, który określa odsetek *produktów pełnowartościowych* i *produktów do poprawek* spawalniczych. Produkty pełnowartościowe trafiają do *magazynu 4* gdzie oczekują na dalsze czynności w procesie produkcyjnym. Produkty niespełniające norm jakościowych trafiają do *magazynu 5* skąd pobierane są do wykonania koniecznych *poprawek*, a następnie również wpływają do *magazynu 4*. Jednak może się tak zdarzyć, że nie wszystkie produkty uda się poprawić w sposób spełniający wyznaczony poziom jakości. Wtedy produkty te zostają *zutylizowane*. Zmienne w tym module zostały opisane w następujący sposób:

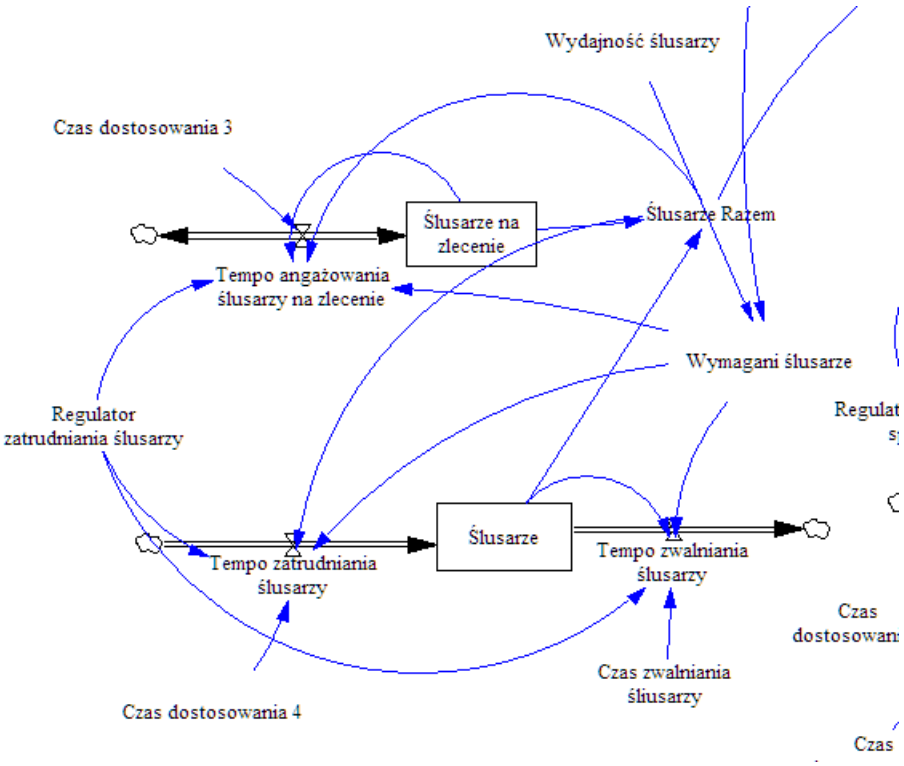
Produkt pełnowartościowy = Magazyn3/Czas opróżniania magazynu*Współczynnik jakości [sztPM3/tydz] (16)
Produkt do poprawy = Magazyn3/Czas opróżniania magazynu*(1-Współczynnik jakości) [sztPM3/tydz] (17)

Poprawki = MIN(Magazyn5, Spawacze Razem*Przydział spawaczy do poszczególnych prac*Wydajność spawaczy poprawkowych)+0*Spawacze do poprawek+0*Poprawiano [sztPM3/tydz] (18)

Poprawki, o których mowa, realizowane są poprzez spawaczy zatrudnionych na etacie w przedsiębiorstwie. Są oni oddelegowani do procesu poprawek jakości, a schemat został omówiony w module kadry – spawacze.

4. **Moduł kadry** – obejmuje dwie grupy zatrudnionych w przedsiębiorstwie pracowników: ślusarzy i spawaczy.

4.1. Pierwszą analizowaną grupą są ślusarze.



Rys. 9. Fragment modelu: moduł kadry – ślusarze.

Model uwzględnia możliwość zatrudniania ślusarzy na etat, co związane jest z większymi konsekwencjami dla przedsiębiorstwa (wynikającymi chociażby z kodeksu pracy) ale także, w razie wystąpienia takiej konieczności zatrudniania pracowników na zlecenie – *ślusarze na zlecenie*. Mimo, iż zatrudnianie pracowników na zlecenie wydaje się być rozwiązaniem bardziej opłacalnym finansowo, to jednak nie zawsze jest to dobre rozwiązanie z punktu widzenia m.in. jakości. Założono, iż przedsiębiorstwo zatrudnia pewną liczbę wykwalifikowanych, sprawdzonych pracowników (zdefiniowany został stan początkowy) a w

sytuacjach zwiększonego zapotrzebowania uzupełnia kadrę korzystając z okresowych pracowników.

Zatem w modelu zarówno *ślusarze* jak i *ślusarze na zlecenie* matematycznie wyrażeni są zmiennymi całkowymi.

Ślusarze = $\int$ Tempo zatrudniania ślusarzy − Tempo zwalniania ślusarzy(dt)

[ślusarz] (19)

Ślusarze na zlecenie = $\int$ Tempo angażowania ślusarzy na zlecenie (dt) [ślusarz] (20)

Ślusarze razem = Ślusarze + Ślusarze na zlecenie

[ślusarz] (21)

Konieczne jest określenie, jaka część prac ślusarskich ma zostać wykonana przez ślusarzy etatowych, a jaka przez ślusarzy na zlecenie, w tym celu wprowadzony został *regulator zatrudniania ślusarzy*, dzięki któremu istnieje możliwość dostosowania ww. podziału do oczekiwań przedsiębiorstwa i ma on wpływ zarówno na zatrudnianie oraz zwalnianie ślusarzy jak i na *tempo angażowania ślusarzy na zlecenie*. *Regulator zatrudniania ślusarzy* jest zmienną typu constans, i daje możliwości symulowania zmian w tym obszarze. Założono, że przedsiębiorstwo w przypadku nadmiaru prac ślusarskich w pierwszej kolejności będzie angażowało ślusarzy na zlecenie, niż zatrudniało na etat. Ma to uzasadnienie w przypadku przewidywania, że zwiększony popyt wynika z chwilowej kumulacji zleceń. Jednak przydział ten można zmieniać i sprawdzać jak wpłynie on na płynność realizacji zadań. Wymienione zmienne podcałkowe opisane są wzorami:

Tempo zatrudniania ślusarzy = IF THEN ELSE(Wymagani ślusarze>Ślusarze Razem, (Wymagani ślusarze-Ślusarze Razem)/Czas dostosowania 2, 0)*(1-Regulator zatrudniania ślusarzy) [ślusarz/tydz] (22)

Tempo zwalniania ślusarzy = IF THEN ELSE(Wymagani ślusarze<=0, (Ślusarze-Wymagani ślusarze)/Czas zwalniania ślusarzy, 0)*(1-Regulator zatrudniania ślusarzy)Tempo zwalniania [ślusarz/tydz] (23)

Tempo angażowania ślusarzy na zlecenie = INTEGER(IF THEN ELSE((Wymagani ślusarze-Ślusarze Razem)<0 , max(Wymagani ślusarze-Ślusarze Razem,-Ślusarze na zlecenie)

,(Wymagani ślusarze-Ślusarze Razem)/Czas dostosowania 1*Regulator zatrudniania ślusarzy)) [ślusarz/tydz] (24)

Dla urealnienia procesów dotyczących zatrudniania i zwalniania pracowników należy wprowadzić informację o czasie potrzebnym na osiągnięcie pełnej wydajności, tj. czasie przystosowania nowych pracowników do warunków pracy i osiągania przez nich założonej sprawności. W całym modelu parametr ten nosi nazwę *czas dostosowania* (numerowany od 1 do 5). Jest to stały czas, w każdym przypadku odrębnie określony przez analityka, możliwy do zmiany (wydłużenia lub skrócenia) i sprawdzenia reakcji systemu na te zmiany.

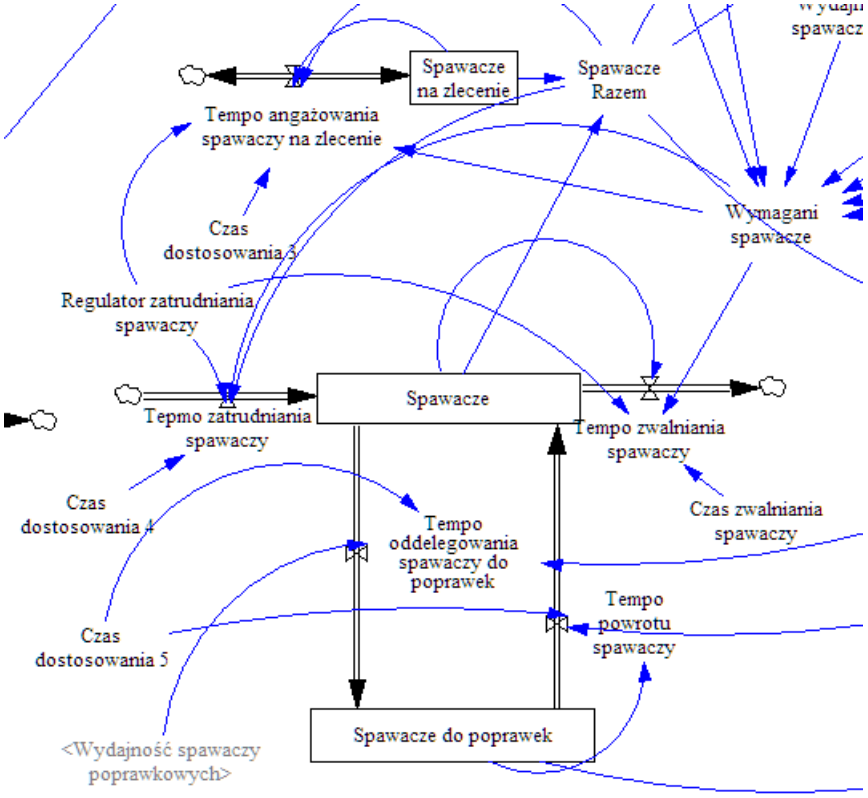
Nie można pomiąć faktu, iż konsekwencje decyzji dotyczące zwolnienia pracowników etatowych także będą odłożone w czasie. Dlatego wprowadzony został regulator *czas zwalniania ślusarzy*.

Zmienna pomocnicza *wymagani ślusarze* jest determinowana zmienną podcałkową *zlecenia do realizacji* oraz *wydajność ślusarzy* (została już omówiono w module produkcja-ślusarka), gdyż to właśnie z liczby realizowanych zleceń [sztP/tydz] oraz możliwości wykonania tych zleceń przez ślusarzy [sztP/tydz/ślusarz] będzie wynikała ogólna liczba ślusarzy, którzy są konieczni do optymalnego wykonania zleceń.

Wymagani ślusarze = zlecenia do realizacji / wydajność ślusarzy [ślusarz](25)

4-1. Drugą analizowaną grupą są spawacze.

Moduł ten zbudowany jest analogicznie do modułu dotyczącego śluszarzy. I przez analogię opisujemy poszczególne zmienne, z pewną różnicą. Obejmuje mianowicie oddalegowanie spawaczy do koniecznych prac poprawkowych, związanych z kontrolą jakości. Kontrola ta następuje po zakończeniu spawania oełnego procesu spawania.



Rys. 10. Fragment modelu: moduł kadry – spawacze.

Spawacze = ∫ Tempo powrotu spawaczy + Tepmo zatrudniania spawaczy − Tempo oddelegowania spawaczy do poprawek − Tempo zwalniania spawaczy (dt) [spawacz] (26)

Tempo zatrudniania spawaczy = INTEGER(IF THEN ELSE(Wymagani spawacze>Spawacze Razem, (Wymagani spawacze-Spawacze Razem)/Czas dostosowania 4, 0)*(1-Regulator zatrudniania spawaczy)) [Spawacz/tydz] (27)

Tempo zwalniania spawaczy = INTEGER(IF THEN ELSE(Wymagani spawacze<=0, (Spawacze-Wymagani spawacze)/Czas zwalniania spawaczy, 0)*(1-Regulator zatrudniania spawaczy)) [Spawacz/tydz] (28)

Spawacze do poprawek = ∫ Tempo oddelegowania spawaczy do poprawek − Tempo powrotu spawaczy (dt) [spawacz] (29)

Tempo oddelegowania spawaczy do poprawek = 0*Produkt do poprawy/Wydajność spawaczy poprawkowych/Czas dostosowania 5 [Spawacz/tydz] (30)

Tempo powrotu spawaczy = 0*IF THEN ELSE(Magazyn5<=0, IF THEN ELSE(Spawacze do poprawek>10, DELAY3(Spawacze do poprawek/Czas dostosowania 5, 2),0), 0) [Spawacz/tydz] (31)

Spawacze na zlecenie = Tempo angażowania spawaczy na zlecenie [spawacz] (32)

Spawacze razem = Spawacze + Spawacze na zlecenie [spawacz] (33)

Regulatory, takie jak *czas dostosowania 3, 4 i 5, czas zwalniania spawaczy, regulator zatrudniania spawaczy* – mają analogiczne uzasadnienie jak w przypadku ślusarzy.

Wydajność spawaczy została omówiona przy omawianiu modułu produkcja – spawanie.

6. WERYFIKACJA ZBUDOWANEGO MODELU – PRZYKŁAD APLIKACYJNY Z ZASTOSOWANIEM WYBRANYCH KRYTERIÓW

6.1. Charakterystyka elementów modelu

Poniżej przeprowadzono analizę zbudowanego modelu procesu produkcyjnego ze wskazaniem wszystkich rodzajów informacji. Przyjęto nazewnictwo i podzielono je według następującej klasyfikacji:

- akumulacja – inaczej stan, przedstawia wartość danego parametru przez cały okres symulacji;
- tempo – reprezentuje natężenie przepływu;
- informacja złożona – to charakterystyka złożona z jednej lub więcej zmiennych;
- informacja prosta – informacja wejściowa, którą można zmieniać w pewnym zakresie i po to aby obserwować wpływ na zachowanie modelowanego procesu produkcyjnego.

Analizie poddano wszystkie modułu w kolejności, w jakiej są prezentowane w pracy. Kolorem zielonym wyróżniono te zmienne, które pojawiały się w opisie modułów po raz kolejny, tak aby w analizie nie brać ich pod uwagę wielokrotnie.

1. Moduł bank zamówień

Lp.	**nazwa**	**opis**	
1	Otrzymane zamówienia		inf. prosta
2	Czas na wykonanie zlecenia		inf. prosta
3	Wpływające zlecenia	tempo	
4	Bank zamówień	akumulacja	
5	Czas na przygotowanie konstrukcji i technologii		inf. prosta
6	Dodatkowe opóźnienie KiT		inf. prosta
7	Przygotowanie zleceń	tempo	
8	Zlecenia do realizacji	akumulacja	

2. Moduł zapasów materiałowych

Lp.	nazwa	opis	
1	Zużycie materiałów na 1 zamówienie		inf. prosta
2	Zapotrzebowanie na materiały	inf. złożona	
3	Przygotowanie zleceń	tempo	
4	Czas opóźnienia uzupełniania materiałów		inf. prosta
5	Tempo uzupełniania materiałów	tempo	
6	Zapasy materiałowe	akumulacja	
7	Zużycie materiałów do produkcji	tempo	
8	Ślusarka	tempo	

3. Moduł produkcja – prace ślusarskie

Lp.	nazwa	opis	
1	Zlecenia do realizacji	akumulacja	
2	Zużycie materiałów na 1 zamówienie		inf. prosta
3	Zapasy materiałów	akumulacja	
4	Zdolność produkcyjna		inf. prosta
5	Ślusarka	tempo	
6	Ślusarze razem	inf. złożona	
7	Wydajność ślusarzy		inf. prosta

4. Moduł produkcja – prace spawalnicze

Lp.	nazwa	opis	
1	Magazyn 1	akumulacja	
2	Spawanie robotem spawającym R1	tempo	
3	Podział zleceń		inf. prosta
4	Wydajność robota przy obróbce R1		inf. prosta
5	Regulator przydziału robotów		inf. prosta
6	Liczba robotów		inf. prosta
7	Spawanie robotem spawającym R2	tempo	
8	Wydajność robota przy obróbce R2		inf. prosta
9	Magazyn 2	stan	
10	Spawanie ręczne P2	tempo	
11	Spawacze razem	inf. złożona	

12	Wydajność spawaczy P2		inf. prosta
13	Przydział spawaczy do poszczególnych prac		inf. prosta
14	Spawanie ręczne P1	tempo	
15	Wydajność spawaczy P1		inf. prosta
16	Magazyn 3	akumulacja	

5. Moduł produkcja – kontrola jakości

Lp.	**nazwa**	**opis**	
1	Czas opróżniania magazynu		inf. prosta
2	Współczynnik jakości		inf. prosta
3	Produkt pełnowartościowy	tempo	
4	Produkt do poprawy	tempo	
5	Magazyn 4	akumulacja	
6	Magazyn 5	akumulacja	
7	Poprawki	tempo	
8	Poprawiono	inf. złożona	
9	Przydział spawaczy do poszczególnych prac		inf. prosta
10	Wydajność spawaczy poprawkowych		inf. prosta
11	Spawacze razem	inf. złożona	
12	Spawacze do poprawek	akumulacja	
13	Utylizacja	tempo	

6. Moduł kadry – ślusarze

Lp.	**nazwa**	**opis**	
1	Wymagani ślusarze	inf. złożona	
2	Wydajność ślusarzy		inf. prosta
3	Zlecenia do realizacji	akumulacja	
4	Ślusarze razem	inf. złożona	
5	ślusarze	akumulacja	
6	Tempo zatrudniania ślusarzy	tempo	
7	Regulator zatrudniania ślusarzy		inf. prosta
8	Czas dostosowania 1		inf. prosta
9	Czas dostosowania 2		inf. prosta

10	Tempo zwalniania ślusarzy	tempo	
11	Czas zwalniania ślusarzy (*)		inf. prosta
12	Tempo angażowania ślusarzy na zlecenie	tempo	
13	Ślusarze na zlecenie	akumulacja	

7. Moduł kadry – spawacze

Lp.	**nazwa**	**opis**	
1	Wymagani spawacze	inf. złożona	
2	Spawacze razem	inf. złożona	
3	Tempo angażowania spawaczy na zlecenie	tempo	
4	Spawacze na zlecenie	akumulacja	
5	Regulator zatrudniania spawaczy		inf. prosta
6	Czas dostosowania 3		inf. prosta
7	Czas dostosowania 4		inf. prosta
8	Czas dostosowania 5		inf. prosta
9	Spawacze	akumulacja	
10	Tempo zatrudniania spawaczy	tempo	
11	Tempo zwalniania spawaczy	tempo	
12	Czas zwalniania spawaczy (*)		inf. prosta
13	Tempo oddelegowania spawaczy do poprawek	tempo	
14	Tempo powrotu spawaczy	tempo	
15	Spawacze do poprawek	akumulacja	
16	Wydajność spawaczy P1		inf. prosta
17	Wydajność spawaczy P2		inf. prosta
18	Wydajność poprawkowych		inf. prosta

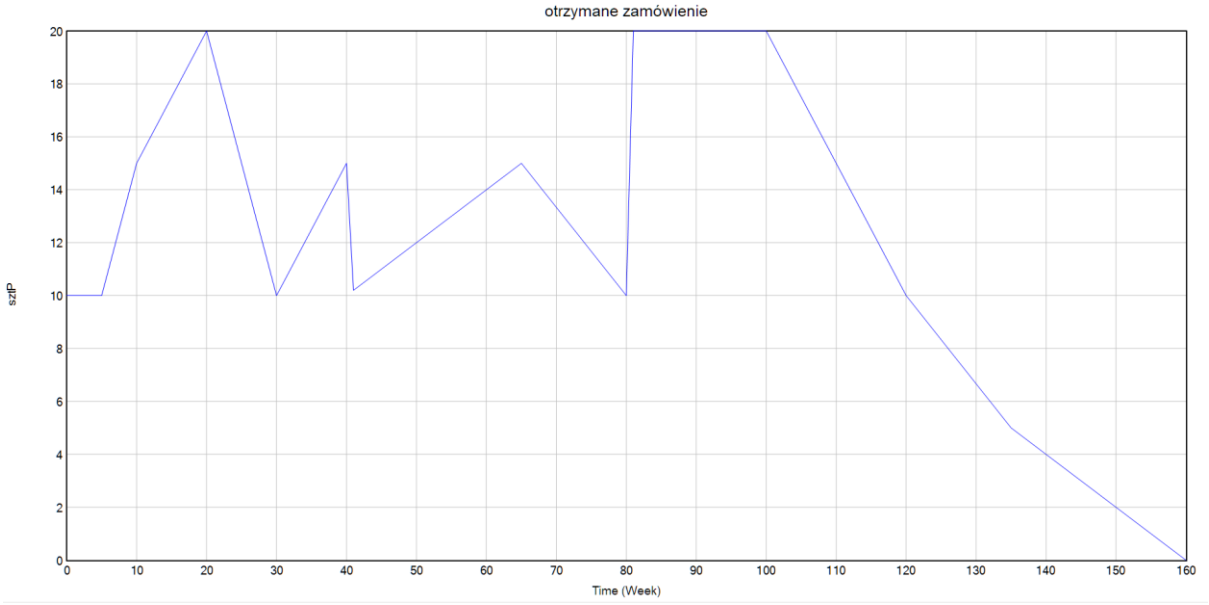
W analizie modułów kadrowych zarówno przy czasie zwalniania ślusarzy jak i spawaczy zaznaczono (*), gdyż zmienna ta pozornie tylko jest możliwa do regulowania. Czas zwalniania pracowników etatowych w świetle przepisów prawa pracy jest bowiem ściśle regulowany. Wynosi on w przypadku przepracowania na stanowisku przynajmniej 3 lat – 3 miesiące; w przypadku zatrudnienia przez okres co najmniej 6 miesięcy – 1 miesiąc; w przypadku zatrudnienia przez okres poniżej 6 miesięcy – 2 tygodnie (w modelu przyjęto wspólny okres 4 tygodni).

Dlatego w modelu zaproponowano zatrudnianie pracowników „doraźnych", których obwiązywać będzie umowa zlecenia dająca możliwość płynniejszej regulacji w omawianej kwestii (zostało to szerzej już omówione w części dotyczącej budowy poszczególnych modułów modelu). Tabela 1 prezentuje wszystkie informacje proste w modelu.

Lp.	nazwa	jednostka	wartość inicjalna
Moduł bank zamówień			
1	Otrzymane zamówienia	sztP/tydz	*wykres 1 (pod tabelą)
2	Czas na wykonanie zlecenia	tydz	2
3	Czas na przygotowanie konstrukcji i technologii	tydz	2
4	Dodatkowe opóźnienie KiT	tydz	0,5
Moduł zapasów materiałowych			
5	Zużycie materiałów na 1 zamówienie	sztM/sztP	30
6	Czas opóźnienia uzupełniania materiałów	tydz	2
Moduł produkcja – prace ślusarskie			
8	Zdolność produkcyjna	sztP/tydz	150
9	Wydajność ślusarzy	sztP/tydz/Ślusarz	20
Moduł produkcja – prace spawalnicze			
10	Podział zleceń	dmnl	0,4
11	Wydajność robota przy obróbce R1	sztP/(tydz*Robot)	6
12	Regulator przydziału robotów	dmnl	0,5
13	Liczba robotów	robot	2
14	Wydajność robota przy obróbce R2	sztP/(tydz*Robot)	10
15	Wydajność spawaczy P2	sztP/(tydz*Spawacz)	8
16	Przydział spawaczy do poszczególnych prac	dmnl	0,2
17	Wydajność spawaczy P1	sztP/(tydz*Spawacz)	5
Moduł produkcja – kontrola jakości			
18	Czas opróżniania magazynu	tydz	2
19	Współczynnik jakości	dmnl	0,9
20	Wydajność spawaczy poprawkowych	sztP/(tydz*Spawacz)	40
Moduł kadry – ślusarze			

21	Regulator zatrudniania ślusarzy	dmnl	0,9
22	Czas dostosowania 1	tydz	2
23	Czas dostosowania 2	tydz	2
24	Czas zwalniania ślusarzy (*)	tydz	4
Moduł kadry – spawacze			
25	Regulator zatrudniania spawaczy	dmnl	0,9
26	Czas dostosowania 3	tydz	2
27	Czas dostosowania 4	tydz	2
28	Czas dostosowania 5	tydz	0,1
29	Czas zwalniania spawaczy (*)	tydz	4

Tabela 1. Informacje proste w modelu.



Wykres 1. Wartość początkowa „otrzymane zamówienia” [sztP/tydz]

Czas dostosowania 1-5 jest wprowadzony w modułach kadry, odpowiednio:

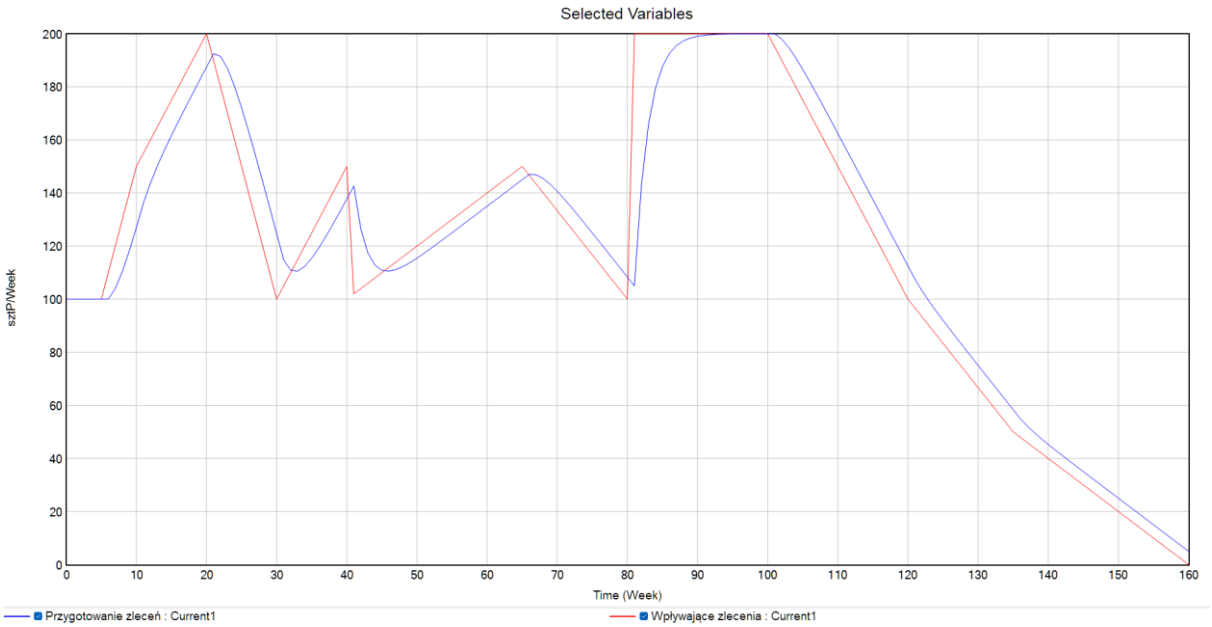
- czas dostosowania 1 – reguluje tempo angażowania ślusarzy na zlecenie;
- czas dostosowania 2 – reguluje tempo zatrudniania ślusarzy;
- czas dostosowania 3 – reguluje tempo angażowania spawaczy na zlecenie;
- czas dostosowania 1 – reguluje tempo zatrudniania spawaczy;
- czas dostosowania 1 – reguluje tempo oddelegowania i powrotu spawaczy poprawkowych;

W modelu przedstawia on niejako mniejszą wydajność nowych pracowników, co tak naprawdę jest zgodne ze stanem faktycznym. Zatem czas dostosowania 2 tyg. oznacza

przykładowo, że zatrudniając 2 nowych pracowników będą oni mieli wydajność o połowę mniejszą niż doświadczony pracownik.

1.2. Symulacja i analiza

Na wykresie 2 widać przesunięcie związane z czasem na przygotowanie konstrukcji i technologii oraz związane z dodatkowym opóźnieniem. Czas na przygotowanie konstrukcji i technologii nie powinien być traktowany jako opóźnienie, jeśli faktycznie realizowany jest w optymalnym, koniecznym czasie. Dodatkowe opóźnienie w modelu rozumiane jest jako wynikające ze strat związanych z dostępnością konstruktorów i technologów oraz złożonością zadania, które podlega rozwiązaniu.



Wykres 2. Przesunięcie związane z czasem na przygotowanie konstrukcji i technologii oraz związane z dodatkowym opóźnieniem KiT (wartości inicjalne).

Poniżej, w tabeli 2 przedstawiono porównanie, jak wpłynie wydłużenie opóźnienia KiT z 0,5 tyg. do 2 tyg. na wycinku 5 tygodni w okresie symulacji. Skutki są widoczne w wypłaszczaniu się krzywej przygotowania zleceń.

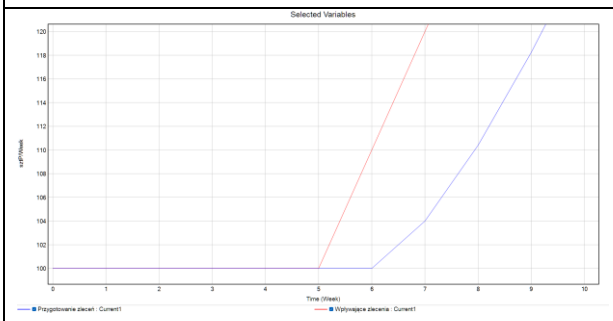
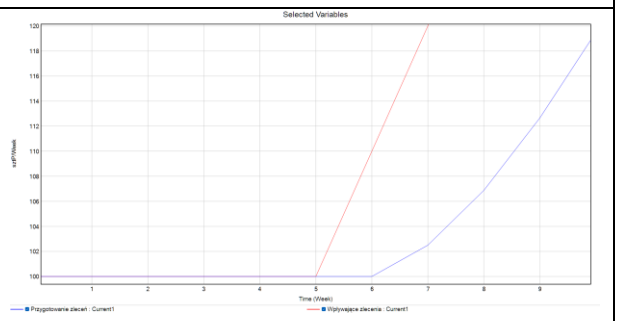
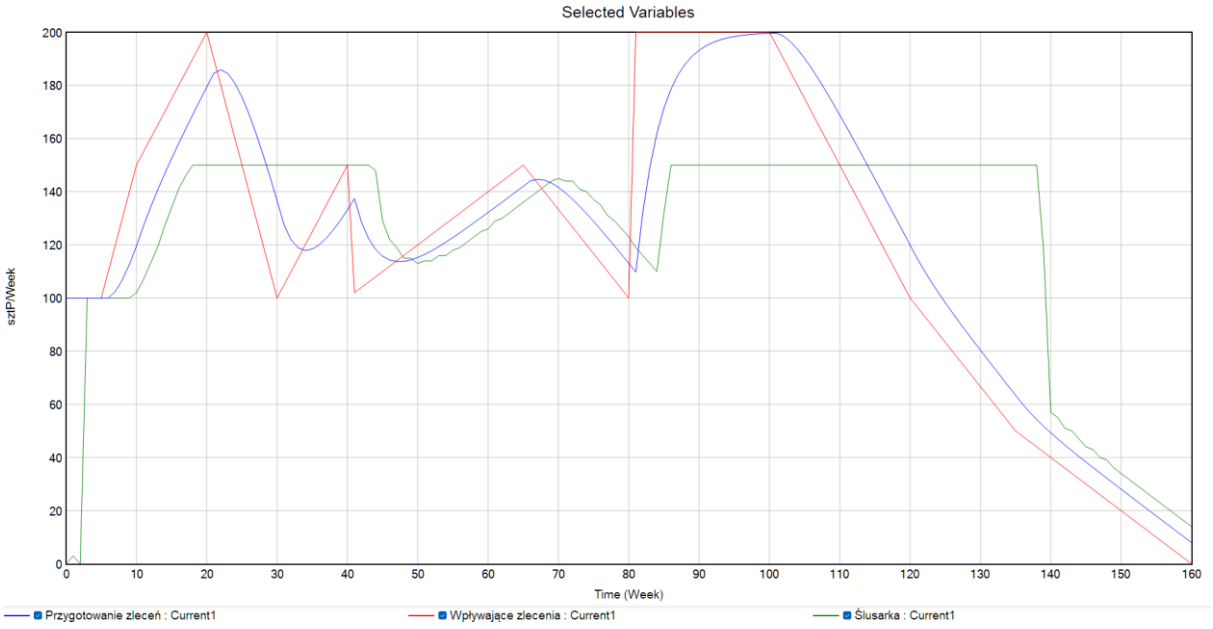
czas na przygotowanie konstrukcji i technologii: 2 tyg dodatkowe opóźnienie KiT: 0,5 tyg	czas na przygotowanie konstrukcji i technologii:2 tyg dodatkowe opóźnienie KiT: 2 tyg
	

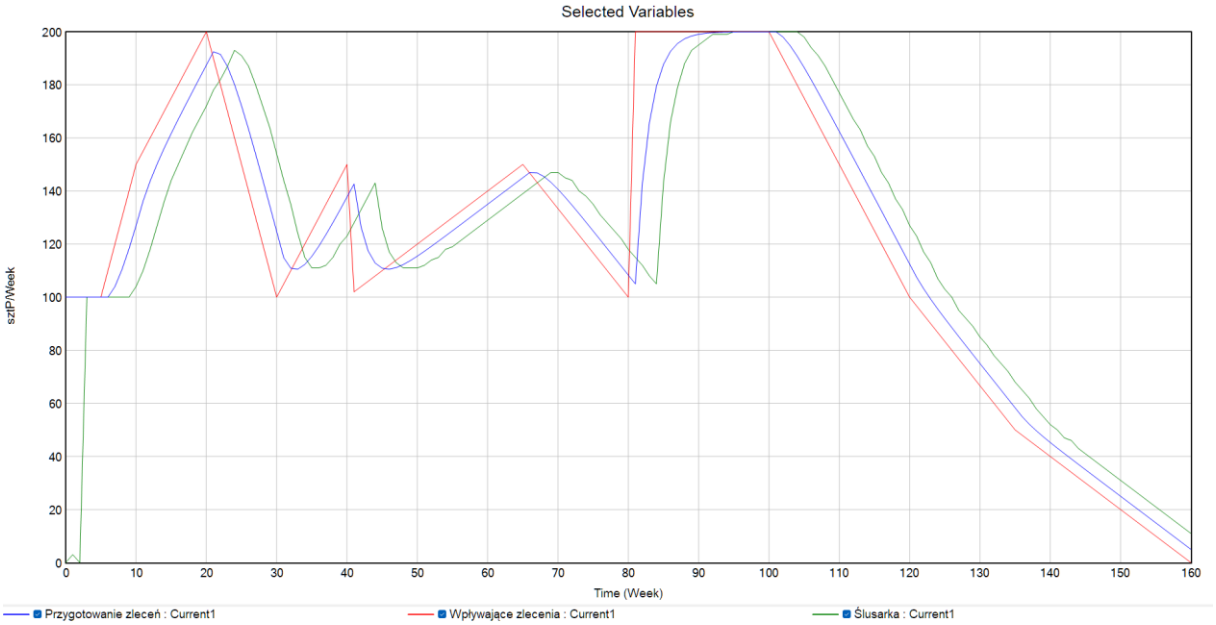
Tabela 2. Wpływ wydłużenia opóźnienia KiT z 0,5 tyg. do 2 tyg. na wycinku 5 tygodni w okresie symulacji.

Przeprowadzając dalej symulację na zwiększonym parametrze *dodatkowego opóźnienia KiT* (do 2 tyg.) i dołączeniu *Ślusarki* do symulacji, można zauważyć, że czas realizacji wydłuża się także z powodu limitowanych *zdolności produkcyjnych* w obszarze obróbki ślusarskiej (ustalona na 150 sztP/tydz.), co widać na wykresie 3.



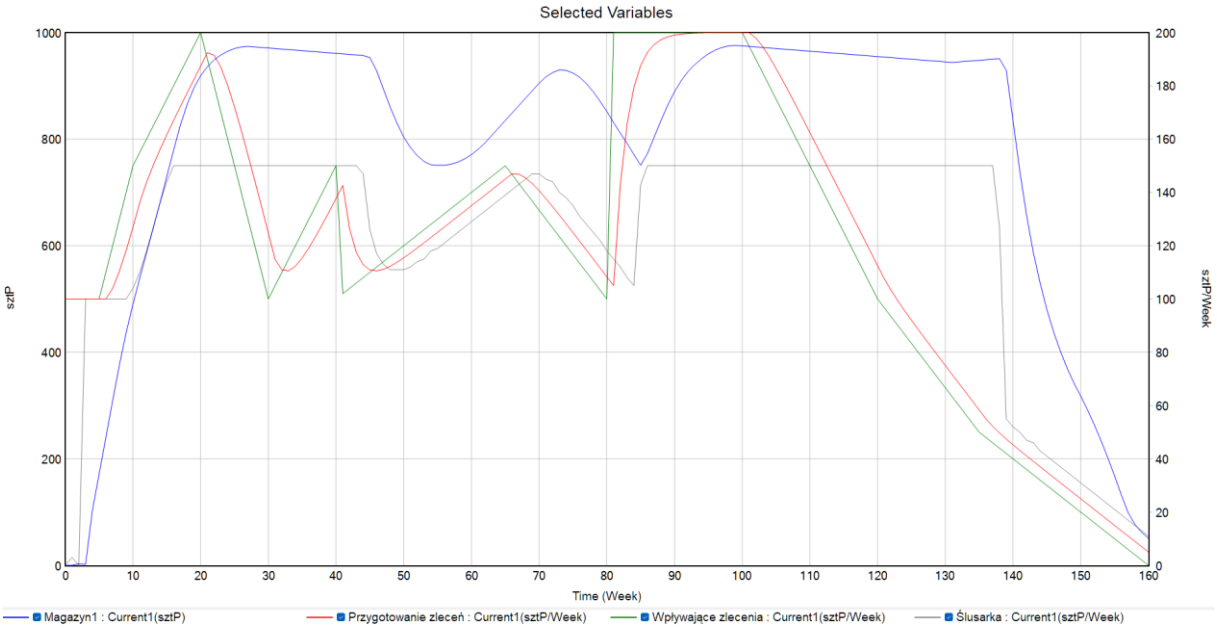
Wykres 3. Symulacja wpływające zlecenia – przygotowanie zleceń – ślusarka przy zdolności produkcyjnej 150sztP/tydz.

Po zwiększeniu *zdolności produkcyjnych* do 200 sztP/tydz. można zauważyć, że *ślusarka* zaczyna nadążać za przygotowanymi zleceniami (wykres 4). Zatem, można wyciągnąć wniosek, że w tym konkretnym przypadku, podniesie zdolności produkcyjnych do wskazanej wartości, poprawi płynność produkcyjną. Za zdolność produkcyjną w modelu przyjęto ogólnie uwarunkowania związane z dostępnością urządzeń, narzędzi, przestrzeni produkcyjnej.

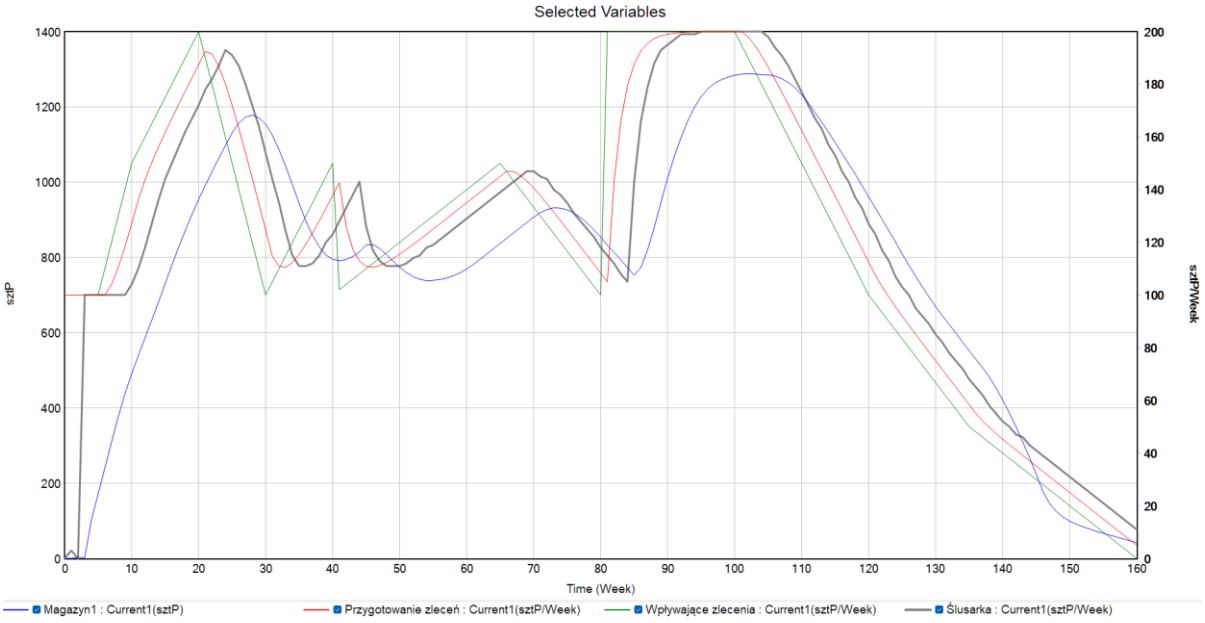


Wykres 4. Symulacja wpływające zlecenia – przygotowanie zleceń – ślusarka przy zdolności produkcyjnej 200sztP/tydz.

Różnice można także zaobserwować dołączając do analizy *Magazyn 1*, czyli po *Ślusarce*, co przestawiają wykresy 5 i 6.



Wykres 5. Symulacja wpływające zlecenia – przygotowanie zleceń – ślusarka magazyn 1, przy zdolności produkcyjnej 150 sztP/tydz.

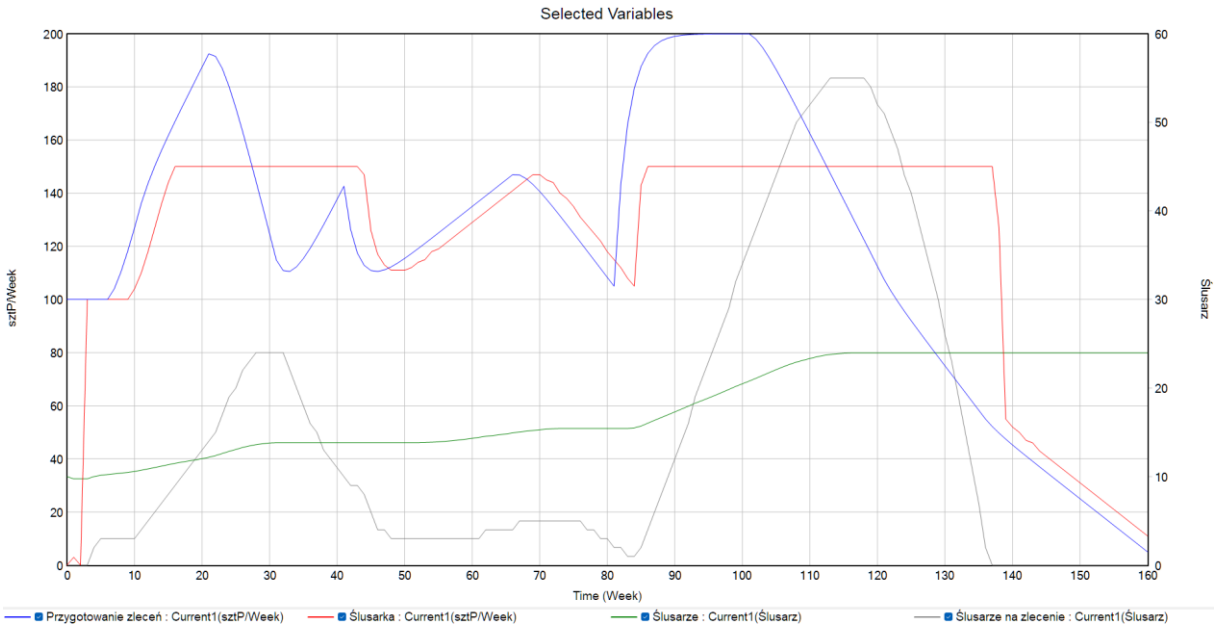


Wykres 6. Symulacja wpływające zlecenia – przygotowanie zleceń – ślusarka magazyn 1, przy zdolności produkcyjnej 150 sztP/tydz.

Jak łatwo zauważyć zwiększenie zdolności produkcyjnej *Ślusarki* o 50 sztP/tydz. powoduje płynną realizację prac obróbkowych i skrócenie ich czasu nawet o około 20 tygodni. Warto zatem rozważyć korzyści i koszty wynikające z podniesienia zdolności produkcyjnych: inwestycje w większą przestrzeń produkcyjną, stworzenie i wyposażenie większej ilości stanowisk, zakup bardziej wydajnych urządzeń itp.

Jednak zdolność produkcyjna wynikająca z uwarunkowań związanych z technicznym wyposażeniem produkcji jest jednym z aspektów, które należy poddać analizie. Kolejnym jest, jakże istotny, czynnik ludzki.

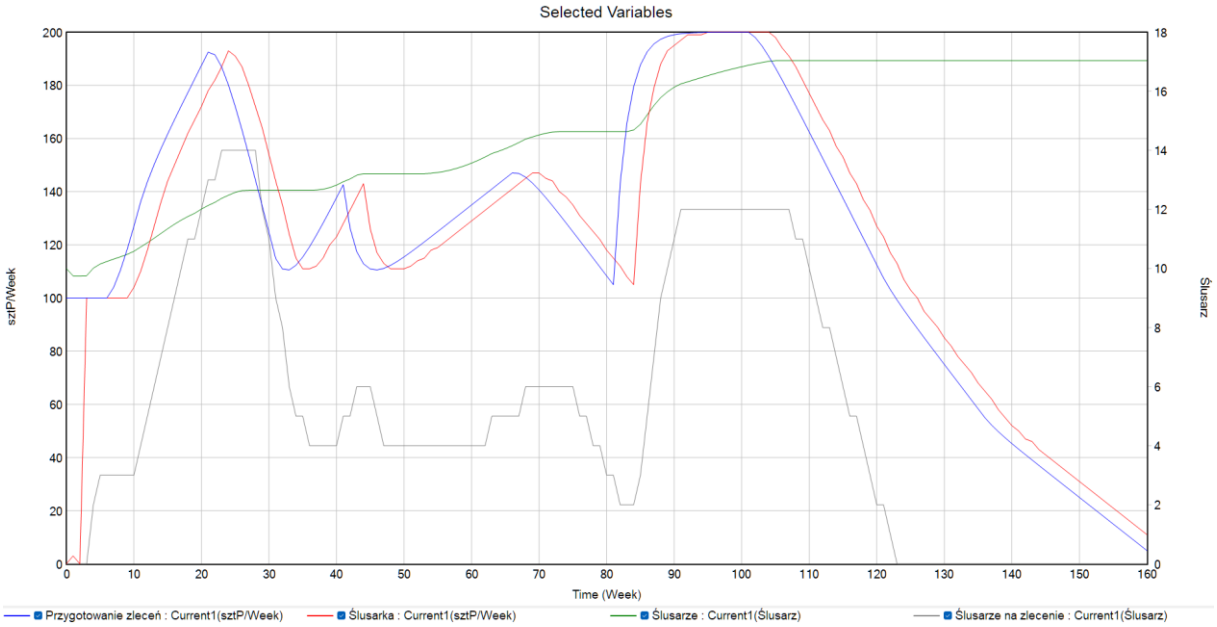
Wykres 7 przedstawia stany akumulacyjne: przygotowanie zleceń, ślusarka, ślusarze i ślusarze na zlecenie, przy zdolności produkcyjnej 150sztP/tydz.



Wykres 7. Symulacja: Przygotowanie zleceń – Ślusarka – Ślusarze – Ślusarze na zlecenie, przy zdolności produkcyjnej 150 sztP/tydz.

Na wykresie 7 można zauważyć, że pomimo ostrego ograniczenia w zatrudnianiu ślusarzy na etat (regulator zatrudniania ślusarzy wynosi 0,9) kumulacja ślusarki związana z ograniczoną zdolnością produkcyjną i tak powoduje powolne zatrudnianie ślusarzy na etat. Widać to szczególnie około 20 i 85 tygodnia. Stan ślusarzy na zlecenie nadąża za zapotrzebowaniem na tych pracowników.

Należy sprawdzić jaki będzie poziom zatrudnienia przy zdolności produkcyjnej wynoszącej 200 sztP/tydz. Obrazuje to wykres 8.

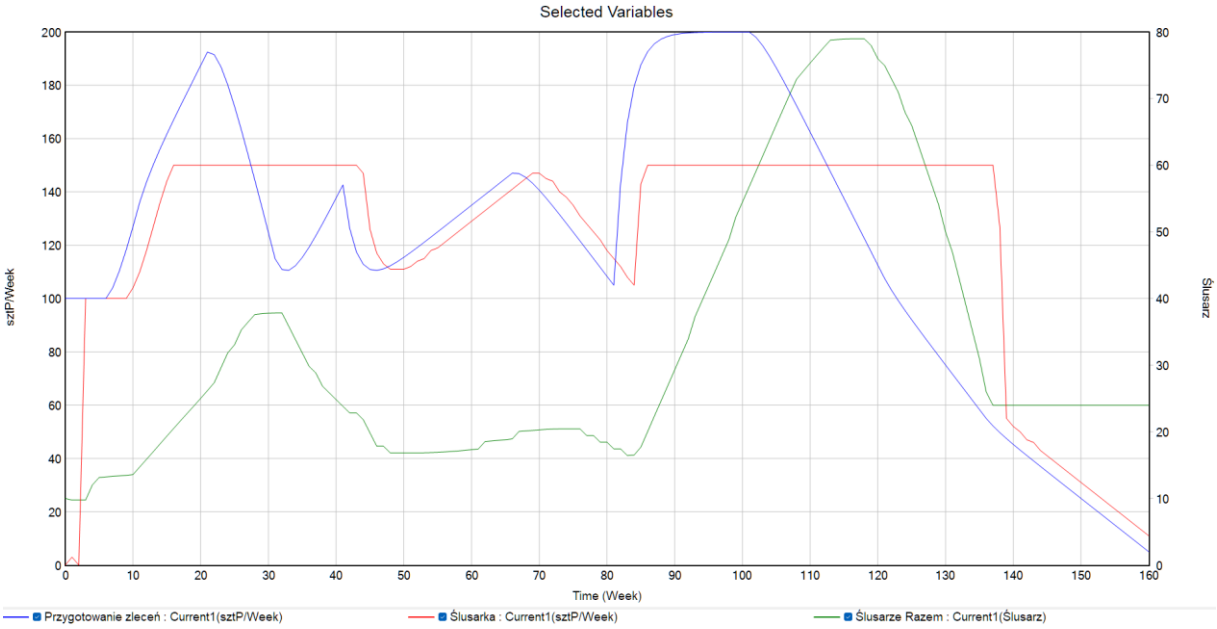


Wykres 8. Symulacja: Przygotowanie zleceń – Ślusarka – Ślusarze – Ślusarze na zlecenie, przy zdolności produkcyjnej 200 sztP/tydz.

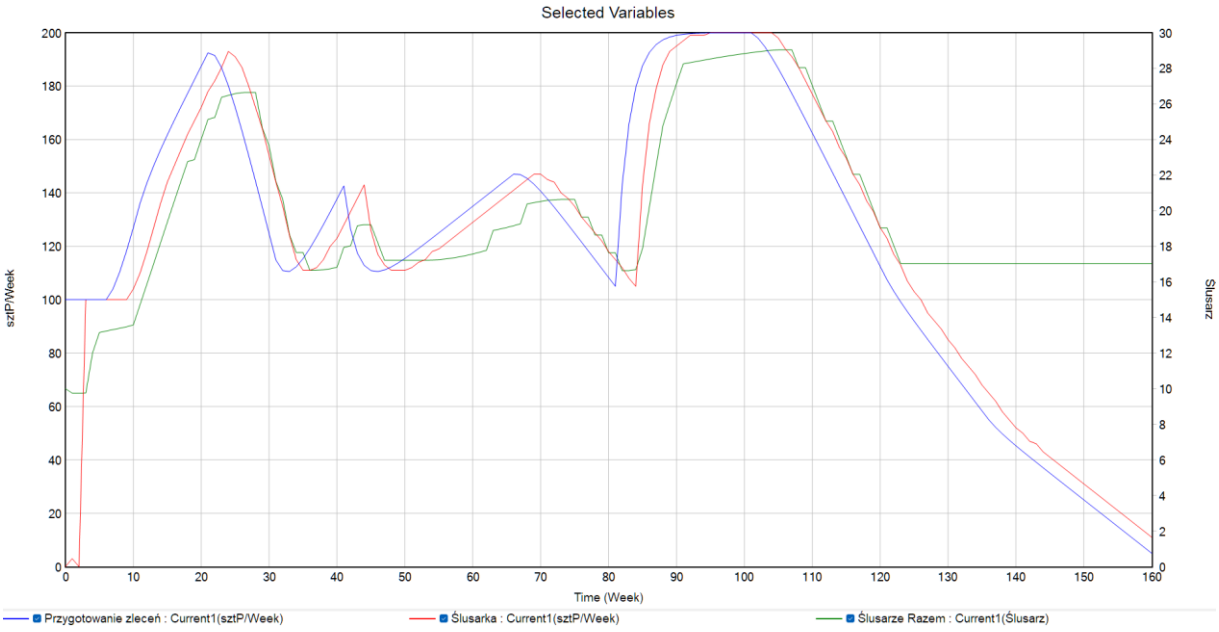
Uwagę zwraca poziom zatrudnienia zarówno *Ślusarzy* jak i *Ślusarzy na zlecenie*. Przy *zdolności produkcyjnej* 150 sztP/tydz. Ślusarzy w szczytowym momencie jest 23, a ślusarzy na zlecenie około 55. Czyli łącznie w kulminacyjnych momentach jest ich: w 30 tygodniu – 28 i około 115 tygodnia 78.

Kiedy zwiększono zdolność produkcyjną do 200 sztP/tydz. Ślusarzy jest 17, a ślusarzy na zlecenie: 14. Czyli łącznie w kulminacyjnych momentach jest ich: w 25 tygodniu – 27 i około 105 tygodnia 29.

Dla zobrazowania zaobserwowanych różnic poniżej na wykresach 9 i 10 przedstawiono stan *Ślusarze Razem* zarówno dla *zdolności produkcyjnej* 150 sztP/tydz. jak i 200szP/tydz.



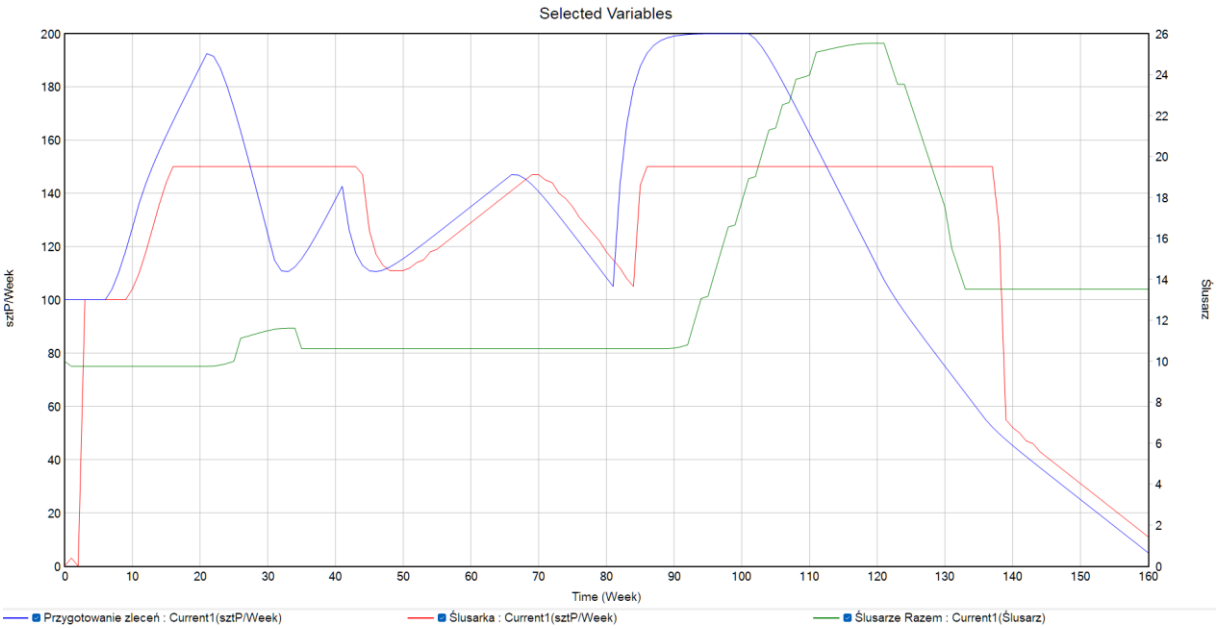
Wykres 9. Stan *Ślusarze Razem* dla zdolności produkcyjnej 150 sztP/tydz.



Wykres 10. Stan *Ślusarze Razem* dla zdolności produkcyjnej 200 sztP/tydz.

Wzrost liczby ślusarzy do 78 pokazuje, że przy innych parametrach nie zmienionych, należy zwiększyć zdolność produkcyjną w obszarze obróbki ślusarskiej. Nie wydaje się bowiem możliwe, że istniałaby fizyczna możliwość aby 78 ślusarzy pracowało w tym samym czasie.

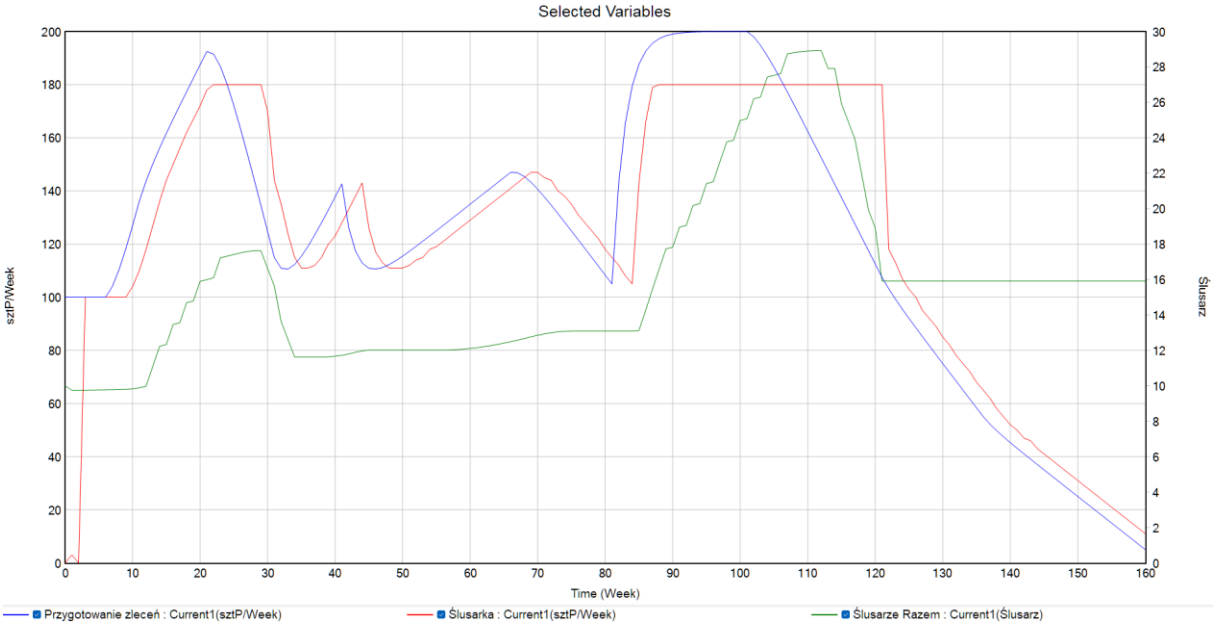
Wydaje się, że parametrem, który mógłby wpłynąć na obniżenie poziomu zatrudnienia w szczytowych momentach kulminacji zamówień jest *wydajność ślusarzy*. Wartością początkową wydajności ślusarzy jest 20 sztP/(tydz*ślusarz). Sprawdzono przy jakiej wartości *wydajności ślusarz*y firma uniknie pików w obszarze zatrudnienia ślusarzy.



Wykres 11. Stan Ślusarze Razem dla zdolności produkcyjnej 150 sztP/tydz. i wydajności ślusarzy 60 sztP/(tydz*ślusarz).

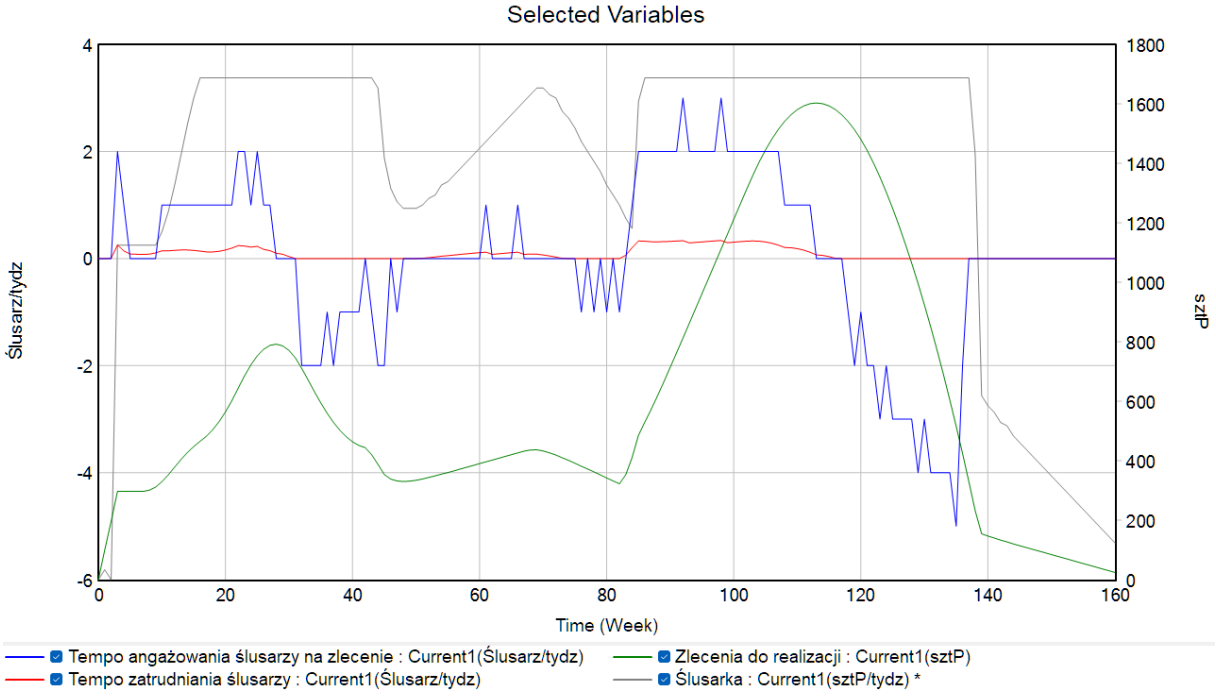
Okazuje się, że dopiero zwiększenie wydajności ślusarzy 3-krotnie, czyli z 20 do 60 sztP/(tydz*ślusarz) da podobne wyniki w liczbie zatrudnionych (maksymalnie około 25 ślusarzy), która jest zbliżona do stanu przy zdolności produkcyjnej 200 sztP/tydz., co pokazuje wykres 11.

Podobne rezultaty można osiągnąć zwiększając zdolność produkcyjną do 180 sztP/(tydz*ślusarz) i równocześnie podnosząc wydajność ślusarzy o 50% czyli z 20 do 30 sztP/(tydz*ślusarz). Zobrazowano to na wykresie 12. Pozostaje kwestią dalszych rozważań, które z proponowanych rozwiązań jest możliwe do wprowadzenia w przedsiębiorstwie.

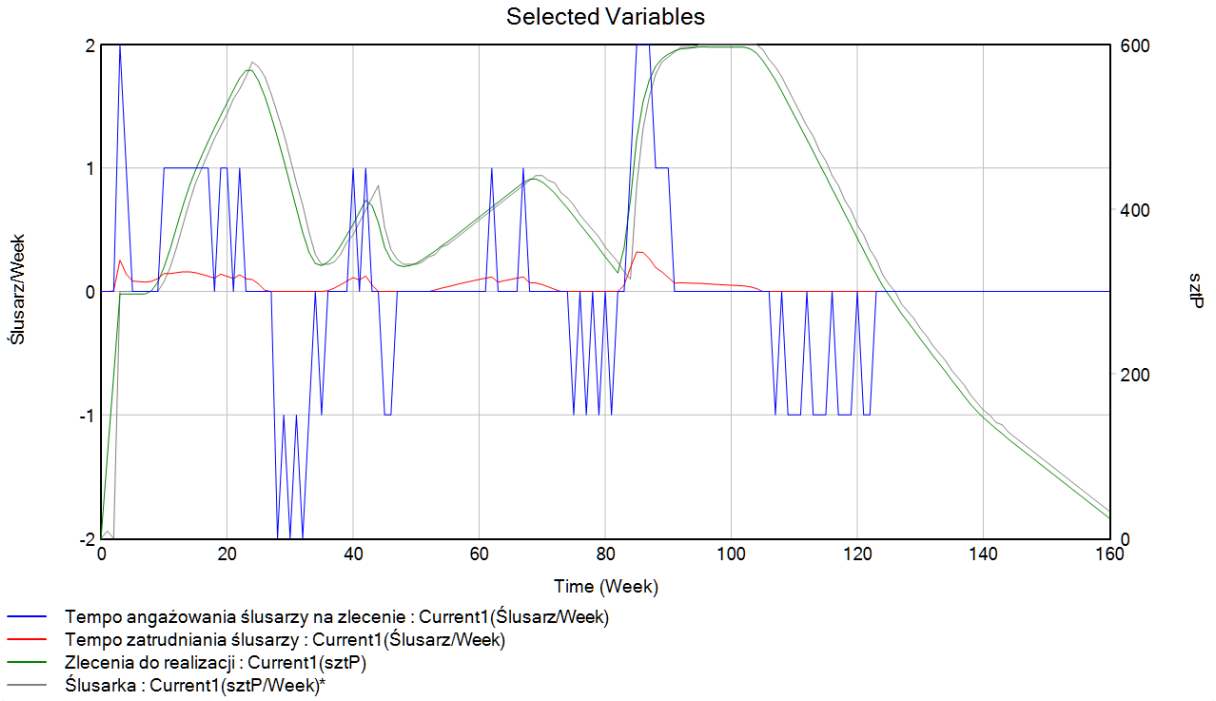


Wykres 12. Stan Ślusarze Razem dla zdolności produkcyjnej 180 sztP/tydz. i wydajności ślusarzy 30 sztP/(tydz*ślusarz).

Kolejnym obszarem poddanym analizie jest tempo zatrudniania ślusarzy oraz angażowania ślusarzy na zlecenie. Na wykresie 13 i 14 pokazano przebieg tempa zaangażowania obu typów pracowników w powiązaniu z akumulacyjną wartością zleceń do realizacji i ślusarką, przy wydajności ślusarzy 20sztP/(tydz*ślusarz) oraz przy różnych wartościach zdolności produkcyjnej i regulatora zatrudniania ślusarzy.



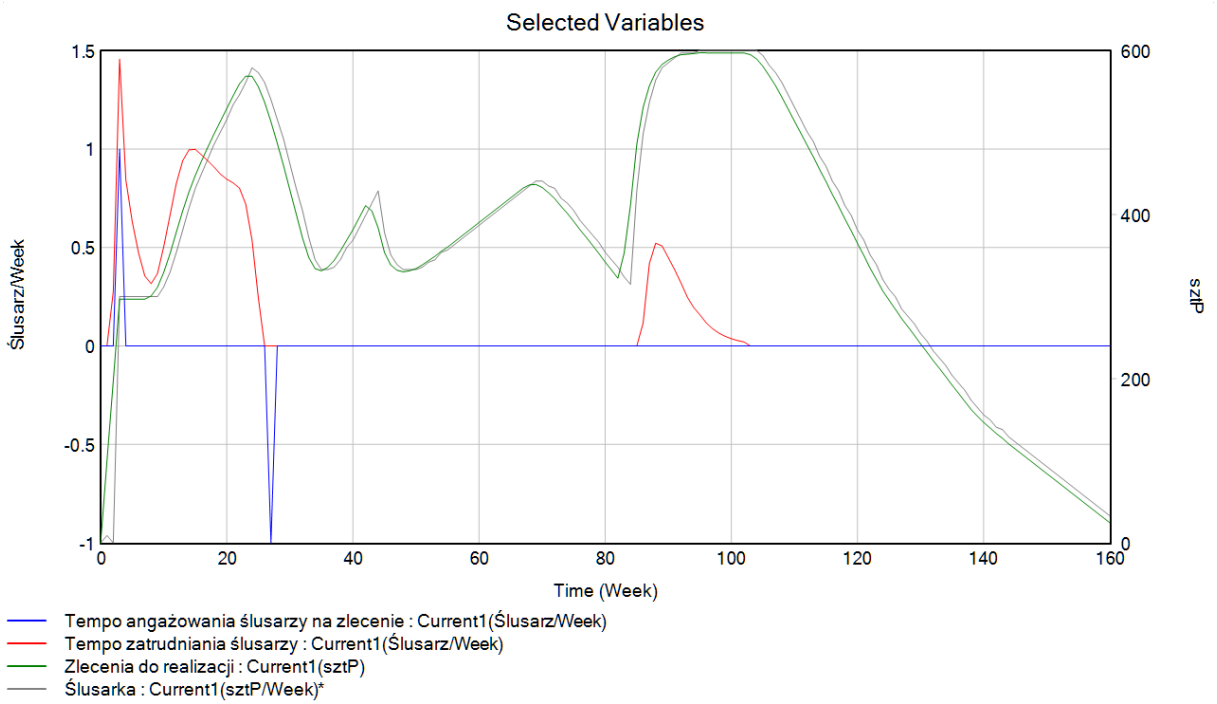
Wykres 13. Symulacja: tempo zatrudniania ślusarzy-tempo angażowania ślusarzy na zlecenie-zlecenia do realizacji-ślusarka; zdolność produkcyjna 150sztP/tydz, wydajność ślusarzy 20 sztP/(tydz*ślusarz), regulator zatrudniania ślusarzy 0,9.



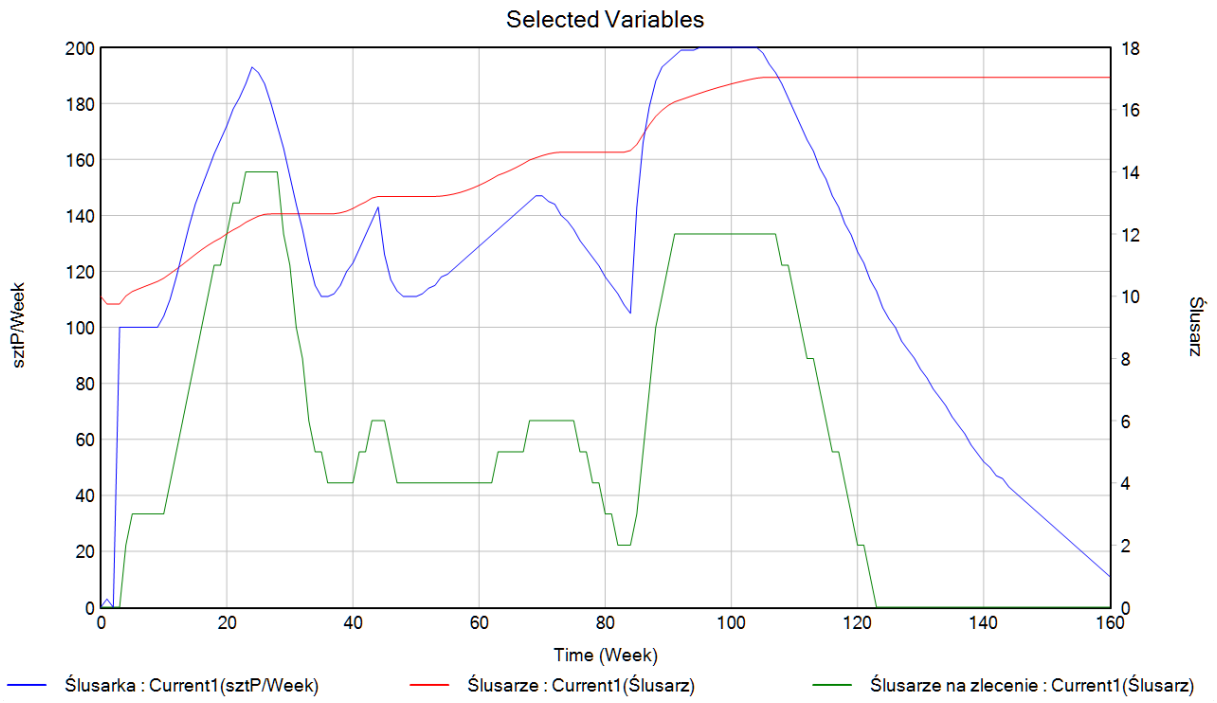
Wykres 14. Symulacja: tempo zatrudniania ślusarzy-tempo angażowania ślusarzy na zlecenie-zlecenia do realizacji-ślusarka; zdolność produkcyjna 200sztP/tydz, wydajność ślusarzy 20 sztP/(tydz*ślusarz), regulator zatrudniania ślusarzy 0,9.

Na wykresach 13 i 14 widać, że przyjęte ograniczenie regulatora zatrudniania ślusarzy (0,9) powoduje stabilizację zatrudniania ślusarzy na etat i zwiększone zapotrzebowanie na ślusarzy angażowanych na zlecenie. Jest to dobre rozwiązanie w przypadku dużych wahań i niestabilności w poziomie wpływających do firmy zamówień, a co za tym idzie wydawanych zleceń produkcyjnych. Likwidacja „wąskiego gardła" jakim jest zdolność produkcyjna ślusarki (wykres 14) powoduje skrócenie okresu, na który angażowani są ślusarze na zlecenie o około 20 tygodni.

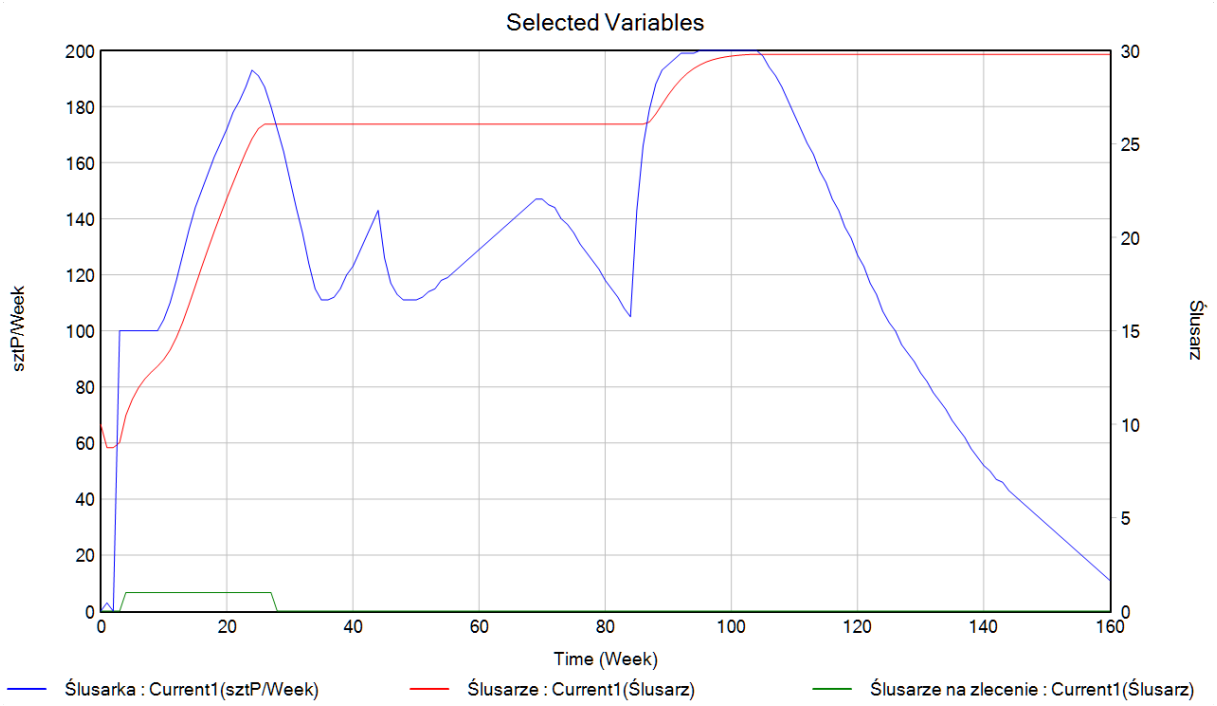
Interesującym pomysłem jest sprawdzenie, jak będzie kształtowało się zatrudnianie ślusarzy na etat i na zlecenie jeśli zmieniony zostanie regulator zatrudniania ślusarzy do wartości 0,5. Oznacza to zezwolenie na równomierne zatrudnianie ślusarzy w obu grupach. Wykres 15 przedstawia jak kształtuje się tempo zatrudniania przy zmienionym regulatorze zatrudniania ślusarzy (z 0,9 do 0,5). A na wykresach 16 i 17 przedstawiono stany akumulacyjne ślusarzy w obu grupach zatrudnienia.



Wykres 15. Symulacja: tempo zatrudniania ślusarzy-tempo angażowania ślusarzy na zlecenie-zlecenia do realizacji-ślusarka; zdolność produkcyjna 200sztP/tydz, wydajność ślusarzy 20 sztP/(tydz*ślusarz), regulator zatrudniania ślusarzy 0,5.



Wykres 16. Symulacja: ślusarze - ślusarze na zlecenie - ślusarka; zdolność produkcyjna 200sztP/tydz, wydajność ślusarzy 20 sztP/(tydz*ślusarz), regulator zatrudniania ślusarzy 0,9.



Wykres 17. Symulacja: ślusarze - ślusarze na zlecenie - ślusarka; zdolność produkcyjna 200sztP/tydz, wydajność ślusarzy 20 sztP/(tydz*ślusarz), regulator zatrudniania ślusarzy 0,5.

W analizowanym przypadku początkowe zatrudnienie ślusarzy na etat wynosi 10 osób. W przypadku prowadzenia polityki kadrowej polegającej na niezatrudnianiu pracowników na etat, a korzystaniu ze ślusarzy zewnętrznych (wykres 16) obserwuje się stały wzrost w liczbie zatrudnionych ślusarzy na etat i w ostatnim, 160 tygodniu symulacji, firma zatrudniać będzie 17 ślusarzy etatowych, pomimo, że ilość sztP/tydz spada do 10 (czyli do ½ wydajności 1 ślusarza).

Zmieniając regulator zatrudniania ślusarzy do wartości 0,5 liczba pracowników etatowych wzrasta do 30 (wykres 17). W obu przypadkach utrzymujące się bardzo wysokie zatrudnienie pracowników etatowych związane jest z długim terminem zwalniania pracowników wynikającym z przepisów prawa pracy.

W toku symulacji wskazano na kolejny obszar poprawienia efektywności, tym razem efektywności wykorzystania pracy ludzkiej.

Podsumowanie:

- stabilizacja wpływających zleceń
- dbanie o minimalizację opóźnienia KiT (komunikacja)
- zwiększenie zdolności produkcyjnej ślusarki za 160 do 200 sztP/(tydz*ślusarz) - (dostępność)OEE
- - podniesienie wydajności ślusarzy o 50% (OLE)

- znalezienie optymalnego i spójnego z polityką firmy regulatora zatrudniania ślusarzy

Obserwując aktualną sytuację w obszarze prac spawalniczych w Polsce należy zwrócić uwagę na 3 typowe problemy związane ze spawaniem manualnym:[150]

1. Brak wykwalifikowanych spawaczy - większa część przedsiębiorstw boryka się z brakiem pracowników. Sytuacja będzie się jeszcze pogarszać mając na uwadze, trend starzejących się społeczeństw i zmniejszania się liczby osób czynnych zawodowo.
2. Brak powtarzalności i utrata jakości - roboty spawalnicze zapewniają wysoką jakość i powtarzalność spoin na poziomie 0,02 mm.
3. Niska wydajność manualnego spawania - przedsiębiorstwa korzystające z ręcznego procesu spawania osiągają efektywne jarzenie łuku przez spawacza na poziomie 25-28%. Przy spawaniu zrobotyzowanym, stanowiska dwustrefowe osiągają wydajność 65-70% jarzenia łuku w czasie zmiany. Dobrze wdrożona cela spawalnicza potrafi zapewnić wydajność 2-3 spawaczy. Szacuje się, że operator spawa ze średnią prędkością 6-7 mm/min. Natomiast spawanie robotem spawalniczym odbywa się z prędkością nawet 50 mm/min.[151]

W modelu procesu spawania przyjęto zatem założenia, dotyczące deklarowanej wydajności spawaczy i robotów spawających w proporcji 2:1 (jeden robot ma wydajność 2 spawaczy).

Analizę i symulacje modułu spawanie rozpoczęto od sprawdzenia jak wyglądają wszystkie 3 ścieżki spawania w kontekście stanu magazynu 1, czyli magazynu po pracach ślusarskich. Do analizy na tym etapie przyjęto większą zdolność produkcyjną (200 sztP/tydz.) została przeprowadzona dla przyjętych wartości początkowych:

Liczba robotów: 2

Podział zleceń: 0,4 (0,4 dla spawania robotem R1, 0,4 dla spawania ręcznego R1, 0,2 dla spawania robotem R2 +spawania ręcznego P2)

Regulator przydziału robotów: 0,5

Wydajność robota przy obróbce R1: 20 sztP/(tydz*robot)

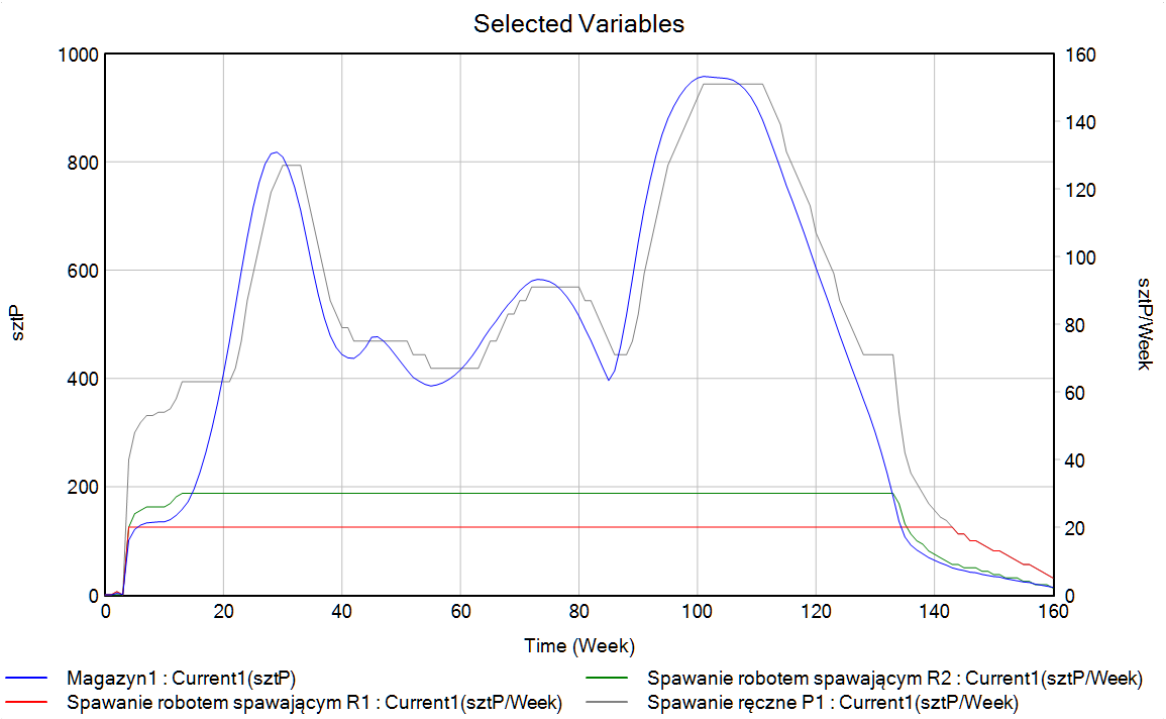
Wydajność robota przy obróbce R2: 30 sztP/(tydz*robot)

Wydajność spawaczy P1: 10 sztP/(tydz*Spawacz)

Wydajność spawaczy P2: 15 sztPM2/(tydz*Spawacz)

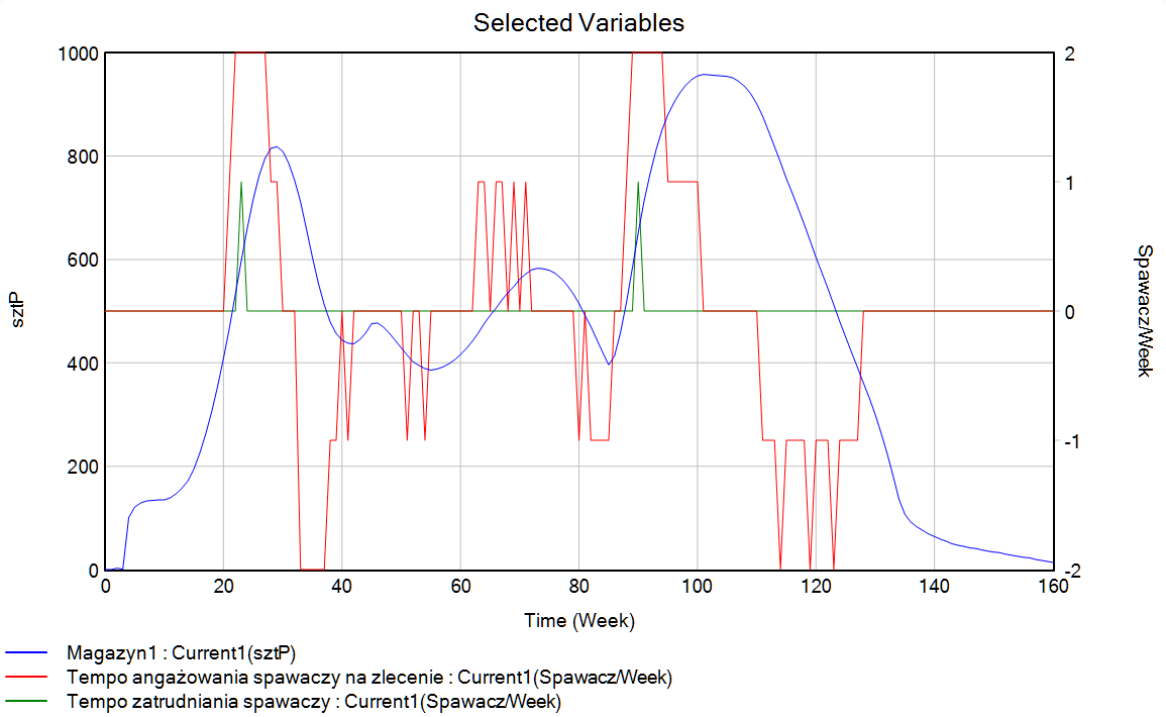
Liczba spawaczy zatrudnionych na etat w firmie: 20 spawaczy

Symulacja przy podanych powyżej parametrach została przedstawiona na wykresie 18. Zauważyć można stałe wysokie obciążenie pracą spawaczy. Roboty w obu ścieżkach wykorzystywane jsą w pełni przez cały okres symulacji, w którym do firmy wpływają zlecenia.

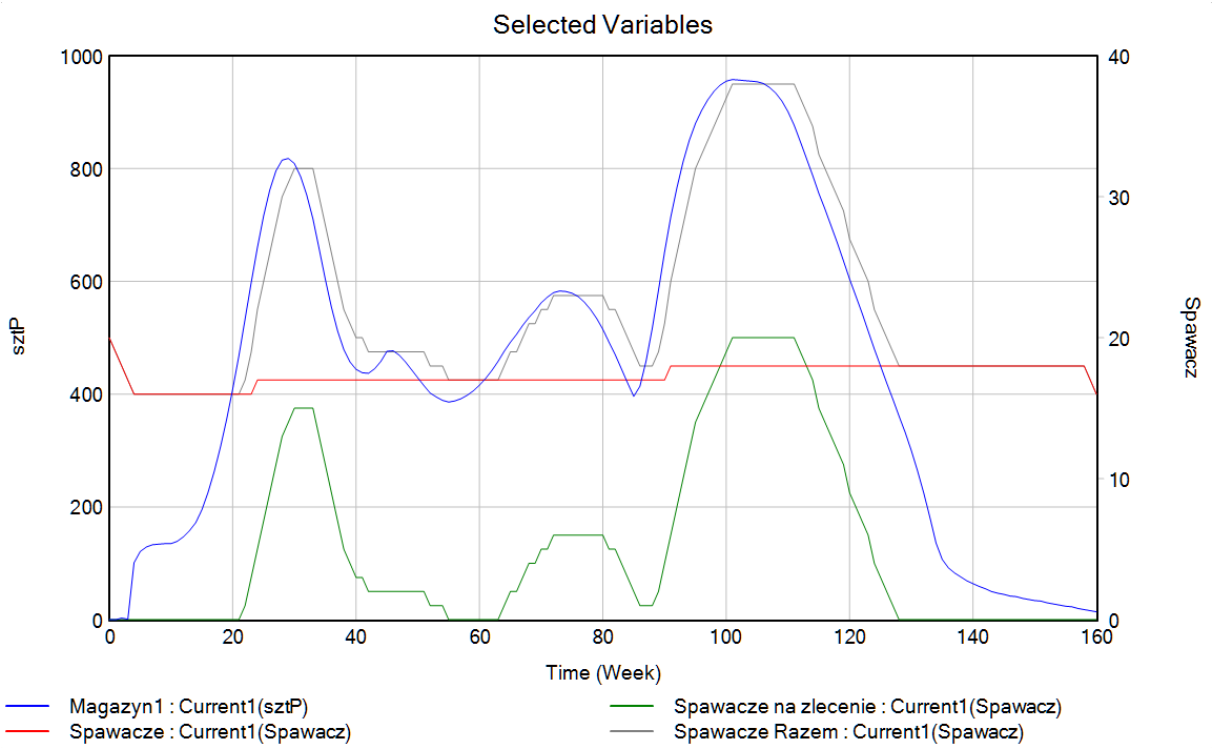


Wykres 18. Symulacja: magazyn 1 – spawanie robotem spawającym R1 - spawanie robotem spawającym R2 - spawanie ręczne P1.

W kolejnym kroku należy sprawdzić, jak przy tak ustalonych parametrach będzie wyglądało tempo zatrudnienia spawaczy (wykres 19) oraz ich stan (wykres 20).



Wykres 19. Symulacja: magazyn 1 - tempo angażowania spawaczy na zlecenie - tempo zatrudniania spawaczy; liczba robotów 2.



Wykres 20. Symulacja: magazyn 1 - spawacze na zlecenie – spawacze – spawacze razem; liczba robotów 4.

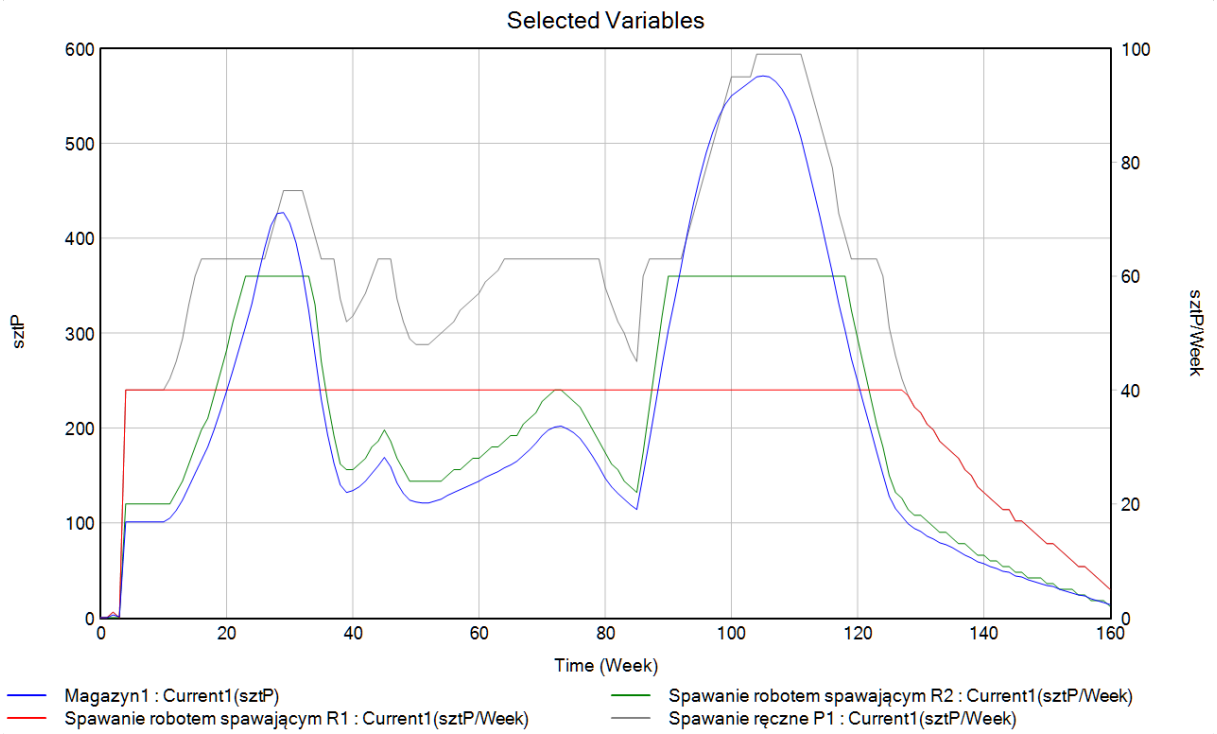
Analizując powyższe symulacje zwrócono uwagę na rosnącą, w okresach kumulacji zamówień, ogólną liczbę spawaczy. Liczba spawaczy, szczególnie około 100-go tygodnia zwiększa się dwukrotnie i łącznie przez ponad 10 tygodni w firmie pracuje prawie 40 spawaczy. W sposób naturalny nasuwa się pytanie o ograniczenia wynikające np. z powierzchni hali, ilości sprzętu itp. Być może tak duża wymagana liczna pracowników spowoduje konieczność wprowadzenia pracy zmianowej, a to wpłynie na wzrost kosztów pracy.

Jednak, myśląc szerzej – wzrasta nie tyle zapotrzebowanie za spawaczy, ile na „spawanie", które w analizowanym przedsiębiorstwie realizowane jest również przy pomocy robotów spawających. Zatem kolejne analizy zostaną przeprowadzone zwiększając liczbę robotów z 2 do 4. (wykres 21 i 22).

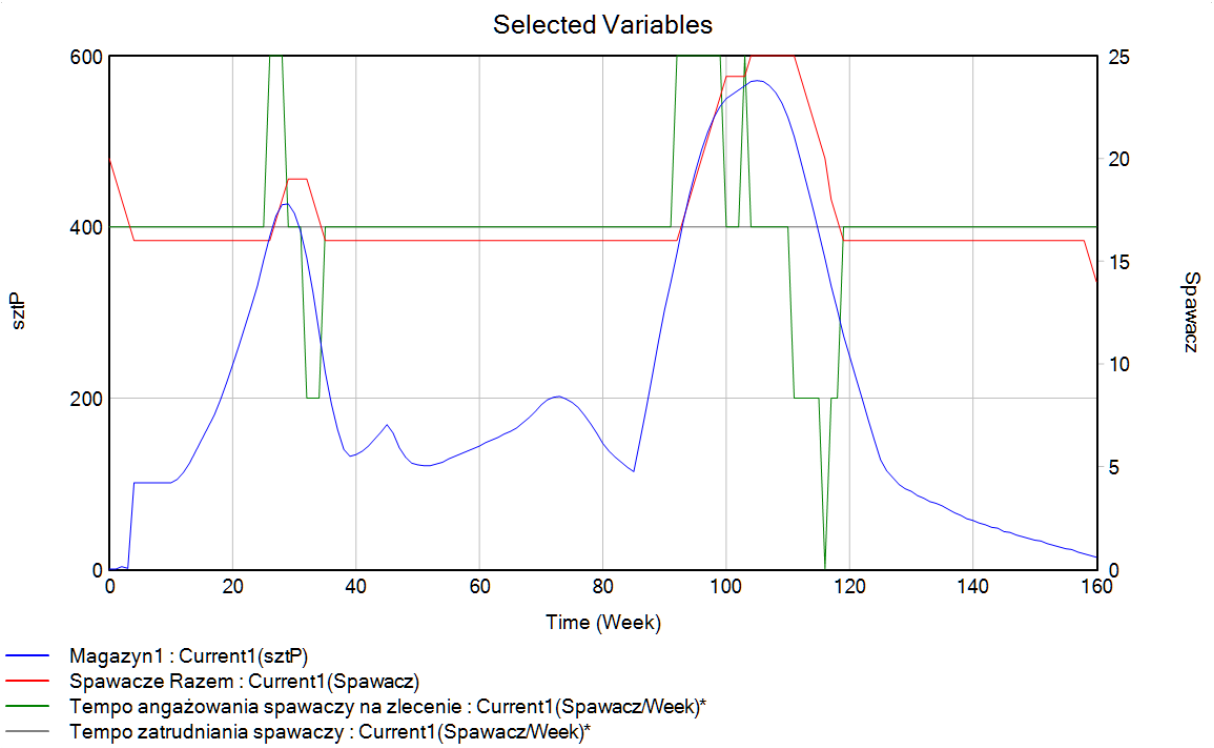
Zauważyć można nadal stałe, wysokie obciążenie pracą spawaczy (chociaż niższe o blisko 1/3 w porównaniu do tej samej analizy z wykorzystaniem 2 robotów spawających). Robot R1 wykorzystywany jest w pełni przez cały okres symulacji, w którym do firmy wpływają zlecenia. Można zauważyć, że robot R2 nie jest w pełni wykorzystywany i to tutaj należy szukać źródeł poprawy efektywności wykorzystania sprzętu (OEE). Być może dobrym rozwiązaniem będzie zmiana regulatora „przydział robotów", tak, aby w okresach mniejszego zapotrzebowania na pracę w ścieżce „spawanie robotem spawającym R2" roboty były

przekierowywane do ścieżki „spawanie robotem spawającym R1”. Wpłynie to na przejęcie większej ilości prac od spawaczy.

W sytuacji, gdy w firmie pracują 4 roboty spawające zatrudnienie spawaczy razem osiąga w kulminacyjnym 110-tym tygodniu wartość zaledwie 25 osób, i jest to tylko o 5 więcej od liczby spawaczy zatrudnionych na etat. W porównaniu z poprzednią symulacją gdzie przy 2 robotach spawających zatrudnienie rosło do „aż” około 40 pracowników, jest to sytuacja komfortowa, wpisująca się w obecnie zauważany trend na rynku, związany z brakiem wykwalifikowanych spawaczy.



Wykres 21. Symulacja: magazyn 1 - tempo angażowania spawaczy na zlecenie - tempo zatrudniania spawaczy; liczba robotów 4.



Wykres 22. Symulacja: magazyn 1 - spawacze na zlecenie – spawacze – spawacze razem; liczba robotów 4.

Podsumowanie:

- przy 2 robotach bardzo duże zapotrzebowanie na pracowników
- inwestycja w 2 kolejne roboty?
- może likwidacja ścieżki pośredniej?
- praca na zmiany?

-koszty utworzenia dodatkowych stanowisk – wzrost z 20 do 38 spawaczy

6. PODSUMOWANIE – WNIOSKI I KIERUNKI DALSZYCH PRAC

Prace związane z budową modelu symulacyjnego rozpoczęto od identyfikacji potrzeb informacyjnych w firmie. Przyjęto, że identyfikowanie potrzeb informacyjnych w firmie jest istotne dla efektywnego zarządzania, podejmowania decyzji opartych na faktach, dostosowania strategii biznesowej i rozwijania innowacyjnych rozwiązań. Pozwala to firmie działać skuteczniej, osiągać lepsze wyniki i utrzymać konkurencyjność na rynku. W toku tych prac wyciągnięto następujące wnioski:

1. Zrozumienie potrzeb informacyjnych w firmie pozwala skoncentrować się na zbieraniu i dostarczaniu informacji, które są najbardziej istotne dla różnych działów i pracowników. Dzięki temu można zoptymalizować procesy biznesowe, podejmować lepsze decyzje i działać bardziej efektywnie.
2. Identyfikacja potrzeb informacyjnych pomaga w planowaniu strategicznym firmy. Pozwala to określić, jakie informacje są niezbędne do monitorowania rynku, konkurencji, trendów branżowych i innych czynników zewnętrznych, które mogą wpływać na działalność firmy. Dzięki temu firma może dostosować swoje strategie i podejmować odpowiednie działania.
3. Rzetelne i aktualne informacje są kluczowe dla podejmowania świadomych decyzji biznesowych. Identyfikowanie potrzeb informacyjnych pozwala na precyzyjne określenie, jakie informacje są potrzebne do podejmowania decyzji na różnych poziomach zarządzania w firmie. Odpowiednie gromadzenie, analiza i przekazywanie tych informacji może znacząco poprawić jakość podejmowanych decyzji.
5. Identyfikowanie potrzeb informacyjnych pomaga firmie być świadomą nowych trendów, technologii i innych czynników wpływających na rozwój branży. Dostęp do odpowiednich informacji pozwala na wykrywanie nowych możliwości, innowacyjne rozwiązania i rozwój nowych produktów lub usług, które spełniają aktualne potrzeby klientów.

W kolejnym kroku określono współzależności pomiędzy komórkami w przedsiębiorstwie oraz zidentyfikowano strumienie przepływu informacji i ich istotność dla efektywnego zarządzania i optymalizacji procesów w firmie. W toku tych dział nasunęły się następujące wnioski:

1. W wielu firmach procesy biznesowe są podzielone pomiędzy różne komórki lub działy, z których każdy wykonuje określone zadania. Identyfikacja i zrozumienie współzależności pomiędzy tymi komórkami jest kluczowe dla efektywnego funkcjonowania całej firmy. Obejmować analizę, które komórki są odpowiedzialne za

dostarczanie informacji, które są niezbędne dla innych komórek, oraz identyfikację przepływu informacji pomiędzy nimi.

2. Zrozumienie, w jaki sposób informacje są przekazywane i wymieniane pomiędzy różnymi komórkami w przedsiębiorstwie, jest kluczowe dla eliminacji opóźnień, redundancji i błędów w przepływie informacji. Identyfikacja strumieni przepływu informacji pozwala na lepsze zrozumienie, które informacje są generowane, gromadzone, przetwarzane i udostępniane przez poszczególne komórki, a także jakie są związane z tym wyzwania i możliwości.
3. Model komputerowy procesu produkcyjnego przedsiębiorstwa to narzędzie, które umożliwia symulację i analizę działania procesu produkcyjnego wirtualnie. Pozwala to na zidentyfikowanie ewentualnych słabych punktów, obszarów nieoptymalnych lub innych problemów, które mogą wpływać na wydajność lub jakość produkcji. Model taki może być wykorzystywany do testowania różnych scenariuszy, optymalizacji ustawień maszyn, harmonogramowania produkcji czy analizy wpływu zmian w procesie na inne obszary firmy.
4. Budowa modelu komputerowego procesu produkcyjnego przedsiębiorstwa może wspomóc podejmowanie lepszych decyzji dotyczących inwestycji, zmian organizacyjnych czy optymalizacji procesu. Może również służyć jako narzędzie do komunikacji i zrozumienia procesu przez zespół zarządzający i pracowników. Jest to szczególnie ważne w kontekście złożonych procesów produkcyjnych, gdzie analiza manualna może być trudna lub czasochłonna.
6. Określenie współzależności pomiędzy komórkami w przedsiębiorstwie, identyfikacja strumieni przepływu informacji oraz budowa modelu komputerowego procesu produkcyjnego przedsiębiorstwa mogą przyczynić się do lepszego zrozumienia i optymalizacji procesów w firmie, poprawy przepływu informacji oraz podejmowania lepszych decyzji biznesowych.

Podczas identyfikowania głównych czynników mających wpływ na modelowanie procesu w przedsiębiorstwie zauważono jak jest to istotne dla skutecznego i precyzyjnego odwzorowania rzeczywistości oraz uzyskania trafnych wyników. Oto kilka wniosków:

1. Ważne jest określenie celu, dla którego tworzony jest model procesu. Czy chodzi o optymalizację procesu, identyfikację wąskich gardeł, przewidywanie wyników lub podejmowanie decyzji? Jasne określenie celu pomaga skupić się na odpowiednich aspektach procesu i wybrać odpowiednie metody i techniki modelowania.
2. Poprawność i dokładność danych wejściowych mają kluczowe znaczenie dla wiarygodności i trafności modelu. Należy zidentyfikować, jakie dane są potrzebne do modelowania procesu, jakie są ich źródła i jak mogą być zebrane. Czynniki takie jak

czas trwania zadań, ilość zasobów, koszty operacyjne czy parametry jakościowe mogą być istotne dla modelu i powinny być uwzględnione.

3. Modelowanie procesu wymaga zrozumienia struktury procesu, czyli kolejności i zależności między zadaniami, decyzjami, etapami lub komórkami organizacyjnymi. Właściwe odwzorowanie tej struktury w modelu pozwala na realistyczną symulację i analizę procesu.
7. Należy uwzględnić różne czynniki, które mogą mieć wpływ na przebieg procesu. Mogą to być czynniki wewnętrzne, takie jak zasoby, technologia, umiejętności pracowników, struktura organizacyjna, czy czynniki zewnętrzne, takie jak warunki rynkowe, zmieniające się regulacje czy trendy branżowe. Włączenie tych czynników w model pozwala na bardziej realistyczną symulację i ocenę efektów.
8. W przypadku bardziej zaawansowanych modeli, mogą być potrzebne parametry i zależności między różnymi elementami procesu. Na przykład, czas trwania zadania może być zależny od innych czynników, takich jak ilość zasobów, priorytet zadania czy obciążenie systemu. Identyfikacja tych parametrów i zależności jest kluczowa dla dokładności modelu.

Podsumowując, identyfikacja głównych czynników mających wpływ na modelowanie procesu w przedsiębiorstwie jest kluczowa dla uzyskania trafnego, dokładnego i użytecznego modelu. Poprawne uwzględnienie tych czynników pozwala na bardziej realistyczną symulację, analizę i podejmowanie decyzji w kontekście badanego procesu.

Po zbudowaniu modelu istotne jest przeprowadzenie weryfikacji i walidacji, aby upewnić się, że model odzwierciedla rzeczywistość i generuje wiarygodne wyniki. Porównanie wyników modelu z rzeczywistymi danymi oraz analiza wrażliwości na zmienne to ważne etapy procesu weryfikacji i walidacji modelu. Przeprowadzanie weryfikacji zbudowanego modelu jest kluczowe dla sprawdzenia jego poprawności, skuteczności i użyteczności. W trakcie realizacji tego etapu wyciągnięto następujące wnioski:

1. Jednym z podstawowych kroków weryfikacji jest porównanie wyników generowanych przez model z rzeczywistymi danymi. Można porównać takie wskaźniki jak czas trwania procesu, wydajność, koszty lub inne miary jakości. Jeśli wyniki modelu są zgodne z danymi rzeczywistymi, można uznać model za poprawny.
2. Wrażliwość modelu na zmienne może dostarczyć informacji na temat jego stabilności i skuteczności. Przeprowadzenie analizy wrażliwości pozwala na zrozumienie, jak zmienne wejściowe wpływają na wyniki modelu. Można przetestować różne wartości i scenariusze dla zmiennych, aby ocenić, jakie są ich efekty na wyniki końcowe. To pomaga zidentyfikować kluczowe czynniki i zależności w modelu.

3. Jeśli istnieją alternatywne modele lub dostępne są historyczne dane, można przeprowadzić porównanie zbudowanego modelu z tymi alternatywami lub danymi historycznymi. Porównanie wyników może dostarczyć informacji na temat trafności i użyteczności modelu w porównaniu do innych rozwiązań.
9. Przeprowadzenie konsultacji z ekspertami dziedzinowymi, którzy mają doświadczenie i wiedzę na temat modelowanego procesu, może pomóc w weryfikacji modelu. Ekspert może ocenić logiczność modelu, zgodność z rzeczywistością i przyczynić się do identyfikacji ewentualnych błędów lub niedociągnięć.
10. Wraz z weryfikacją modelu ważne jest również określenie jego możliwości i ograniczeń. Model nie jest idealny i może istnieć pewne uproszczenia, przybliżenia lub założenia, które mogą wpływać na wyniki. Ważne jest świadome zrozumienie tych możliwości i ograniczeń, aby nie przekraczać granic modelu i interpretować wyniki z umiarem.

Podsumowując, przeprowadzanie weryfikacji zbudowanego modelu oraz określenie jego możliwości i ograniczeń są niezbędnymi krokami, aby mieć pewność, że model jest wiarygodny i przydatny. Weryfikacja pomaga potwierdzić poprawność modelu, a analiza wrażliwości oraz porównania z alternatywnymi modelami lub danymi dostarczają dodatkowej wiedzy na temat jego skuteczności.

Podczas identyfikacji kluczowych parametrów poprawy efektywności w modelu symulacyjnym zauważono, że zależą one od konkretnego procesu lub systemu, który jest analizowany. Wyciągnięto kilka ogólnych wniosków tym obszarze:

1. Dokładne określenie czasów przetwarzania lub wykonania poszczególnych zadań w procesie może być kluczowe dla identyfikacji wąskich gardeł, opóźnień czy obszarów, w których można osiągnąć większą efektywność. Poprawa efektywności może obejmować zmniejszenie czasów przetwarzania, zwiększenie wydajności lub zrównoważenie obciążenia.
2. Skuteczne wykorzystanie dostępnych zasobów, takich jak pracownicy, maszyny, surowce czy infrastruktura, może znacząco wpływać na efektywność procesu. Identyfikacja kluczowych parametrów związanych z wykorzystaniem zasobów, takich jak dostępność, wydajność, czas przestoju czy równoważenie obciążenia, może prowadzić do poprawy efektywności.
3. Efektywny przepływ informacji w procesie jest istotny dla szybkiego podejmowania decyzji, minimalizacji błędów i opóźnień oraz zapewnienia płynności działania. Parametry związane z przepływem informacji, takie jak czas dostarczenia, dokładność, komunikacja między zespołami czy dostępność danych, mogą być kluczowe dla identyfikacji obszarów wymagających poprawy.

11. Odpowiednie zaplanowanie i harmonogramowanie zadań może pomóc w zminimalizowaniu czasu oczekiwania, maksymalizacji wykorzystania zasobów i zwiększeniu efektywności. Parametry związane z harmonogramowaniem, takie jak czas rozpoczęcia/zakończenia zadań, priorytety, równoległe wykonywanie zadań czy kolejność wykonywania, mogą być kluczowe dla poprawy efektywności.
12. W przypadku procesów produkcyjnych lub usługowych, parametry związane z jakością produktu lub usługi mają duże znaczenie dla efektywności. Identyfikacja kluczowych parametrów jakościowych, takich jak wskaźniki defektów, odrzuty czy satysfakcja klienta, może prowadzić do działań mających na celu poprawę jakości i efektywności.

Na podstawie analizy literatury oraz badań własnych przeprowadzonych w ramach niniejszej rozprawy doktorskiej, zaproponowano następujące kierunki dalszych prac:

1. Rozbudowa modelu o kolejne moduły wynikające z przebiegu procesu produkcyjnego. Można pokusić się o uzupełnienie modelu innymi modułami, które wniosą użyteczną wartość do zobrazowania pełnego przebiegu procesu produkcyjnego. W szczególności interesującym modułem wydaje się być moduł „sprzedaż, obsługa klienta, obsługa posprzedażowa”, gdyż w dzisiejszych czasach to właśnie te elementy bliskiej współpracy z klientem przeważają szalę na stronę sukcesu rynkowego firmy.
2. Rozbudowa modułów o inne, specyficzne czynniki rzeczywiście wpływające na symulację w ocenie osób podejmujących decyzje (w zależności od specyfiki prowadzonej działalności). Rozpoznanie aktualnych potrzeb informacyjnych decydentów, doprecyzowanie i uszczegółowienie parametrów wpływających na przebieg symulacji. Prace te powinny odbywać się już w ścisłej współpracy z użytkownikami modelu.
3. Powiązanie modelu z dostępnymi w firmie rejestrami i bazami danych, które przestawiają rzeczywisty obraz funkcjonowania przedsiębiorstwa. Każde przedsiębiorstwo korzysta na bieżąco z różnych rozproszonych systemów, w których gromadzi i przechowuje informacje z toku bieżącej działalności firmy, są to informacje finansowe, kadrowe, o współpracy z dostawcami, bazy klientów. Vensim daje możliwość „zaciągnięcia” tych informacji i przeprowadzania jak najbardziej aktualnych symulacji.
4. Bardzo interesującym kierunkiem dalszego rozwoju jest połączenie wyników symulacji z modelem kosztowo-przychodowym w firmie. Taki rozwój prac wydaje się być atrakcyjny dla przedsiębiorców szczególnie z powodu możliwości utrzymania kontroli kosztowej w firmie, reżimu budżetowego czy alokacji środków finansowych.

STRESZCZENIE

Poprawa efektywności funkcjonowania przedsiębiorstwa produkcyjnego jest zakresem interesującym zarówno przedsiębiorców, jak i naukowców poszukujących metod na osiągnięcie lepszych parametrów. Spośród rozlicznych sposobów wspierających systemy produkcyjne dużym zainteresowaniem cieszy się prognozowanie i symulacja systemów produkcyjnych. Dzieje się tak m.in. dlatego, że w procesie symulacji można analizować przebieg poszczególnych etapów produkcji w funkcji czasu, w sposób jaki nie jest on wykonalny w rzeczywistości. Niektóre procesy zachodzą tak szybko, iż istnieje konieczność ich „spowolnienia" w celu analizy kolejnych kroków, a na skutki innych trzeba by czekać bardzo długo i wtedy należy „ścieśnić" – przyspieszyć przebieg kolejnych kroków aby w toku symulacji uzyskać obraz planowanych efektów działalności przedsiębiorstwa.

Niniejszy praca powstała na podstawie współpracy świata nauki i biznesu. Poszukując rozwiązań dla realnie funkcjonującego przedsiębiorstwa zaproponowano zbudowanie modelu symulacyjnego, dzięki któremu przedsiębiorca uzyska możliwość wprowadzania zmian i obserwowania reakcji systemu na poszczególne bodźce. Model opisywanego systemu dotyczy przedsiębiorstwa produkcyjnego, które realizuje funkcje produkcyjne w zunifikowany sposób: pozyskuje środki produkcji takie jak materiały, energię oraz pracę ludzką, produkuje określone dobra, które następnie są sprzedawane. Zmiany w poziomie produkcji muszą uwzględniać zmiany w poziomie zapotrzebowania na produkowane dobra. Specyfika produkcji „na zamówienie" nie daje możliwości magazynowania wyrobów. Każda partia wyrobów może różnić się od siebie spełniając indywidualne wymagania klienta. Nie można zatem w modelu zastosować bufora w postaci magazynu, który niwelowałby ewentualne opóźnienia w produkcji.

Zbudowany model uwzględnia także identyfikację kluczowych miejsc powstawania opóźnień, jednych – wynikających z realiów funkcjonowania przedsiębiorstwa, spowodowanych naturalnymi ograniczeniami związanymi z czasem koniecznym na reakcję systemu (np. pozyskanie i wyszkolenie nowych pracowników), innych – wynikających ze specyfiki prac prowadzonych w firmie, zależnych od przedsiębiorstwa i dających się modelować.

Model symulacyjny zbudowany został w oparciu o główne procesy w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Ponieważ opisywane procesy związane są ze zmianami zachodzącymi w czasie (procesy dynamiczne), zatem do ich opisu w modelu komputerowym potrzebny jest program realizujący zadanie całkowania równań różniczkowych. Narzędziem informatycznym, które zostało wykorzystane w niniejszej pracy jest program do symulacji modeli dynamicznych firmy Ventana System Inc. o nazwie Vensim.

Niniejsza praca prezentuje możliwości wykorzystania komputerowych modeli symulacyjnych w celu poprawy efektywności funkcjonowania przedsiębiorstwa. Ma na celu zasygnalizowanie możliwości osiągnięcia różnorodnych korzyści wynikających z wdrożenia modelu opartego na symulacji, nie tylko dotyczących prognozowania przyszłych wyników, ale także poprawy przepływu informacji, integracji działań i ludzi, kompleksowego spojrzenia na problemy pojawiające się w firmie. Zbudowany model pozwoli wesprzeć procesy decyzyjne i poprawić sprawność działania, pozwoli zdefiniować obszary, w których można odnieść wymierne korzyści.

BIBLIOGRAFIA

[1] Rogowski A. (2010), *Podstawy organizacji i zarządzania produkcją w przedsiębiorstwie*, Wydawnictwo Fachowe CeDeWu.Pl, Warszawa.

[2] Muniz J., Batista D.E., Loureiro G. (2010), *Knowledge-based integrated production management model*, Journal of Knowledge Management, Vol. 14 Issue: s. 858-871.

[3] Grandys E. (2013), *Podstawy zarządzania produkcją*, Difin, Warszawa

[4] Muniz J., Batista D.E., Loureiro G. (2010), *Knowledge-based integrated production management model*, Journal of Knowledge Management, Vol. 14 Issue: s. 858-871

[5] Muniz J., Batista D.E., Loureiro G. (2010), *Knowledge-based integrated production management model*, Journal of Knowledge Management, Vol. 14 Issue: s. 858-871

[6] J.Unold, „Systemy informacyjne marketingu", Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, 2001, s.78

[7] A.Nowicki, red. „Systemy informacyjno-decyzyjne zarządzania", Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, 1991, s.13

[8] A.Nowicki, „Strategia doskonalenia systemu informacyjnego w zarządzaniu przedsiębiorstwem", Akademia Ekonomiczna Wrocław, 1999,s.28

[9] Ph. Kotler, „Marketing. Analiza, planowanie, wdrażanie i kontrola", Gebethner & Ska, Warszawa 1999, s. 114

[10] W.Chmielarz, „Zagadnienia analizy i projektowania informatycznych systemów wspomagających zarządzanie", Wydawnictwa Naukowe Uniwersytetu Warszawskiego, 2000, s. 15-16.

[11] U.Siedlecka, „Prognozowanie ostrzegawcze w gospodarce", PWE, Warszawa, 1996

[12] E.Duliniec, „Badania marketingowe w zarządzaniu przedsiębiorstwem", PWN, Warszawa, 1999, s. 145)

[13] A.Nowicki, „Strategia doskonalenia systemu informacyjnego w zarządzaniu przedsiębiorstwem", Akademia Ekonomiczna Wrocław, 1999, s. 32.

[14] Ph. Kotler, „Marketing. Analiza, planowanie, wdrażanie i kontrola", Gebethner & Ska, Warszawa 1994, s. 114

[15] Ph. Kotler, „Marketing. Analiza, planowanie, wdrażanie i kontrola", Gebethner & Ska, Warszawa 1994, s. 134

[16] A.K.Koźmiński, W.Piotrowski, „Zarządzanie", PWN, Warszawa, 1996

[17] G.Morgan, „Obrazy organizacji", PWN, Warszawa, 1997

[18] J.Kisielnicki, H.Sroka, „Systemy informacyjne biznesu", Agencja Wydawnicza PLACET, Warszawa, 1999

[19] Encyklopedia powszechna PWN, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1995, t.3, 54

[20] R.W.Griffin, „Podstawy zarządzania organizacjami",1995, s. 676

[21] J.Kisielnicki, H.Sroka, „Systemy informacyjne biznesu", Agencja Wydawnicza PLACET, Warszawa, 1999, s.13

[22] J.Unold, „Systemy informacyjne marketingu", Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, 2001, s.54

[23] Penc J., „Informacje rynkowe a sukces firmy", Marketing i Rynek, 3/1994

[24] „Badania rynkowe i marketingowe", praca zbiorowa pod red. J. Kramer, PWE, Warszawa 1994, s.102

[25] R.W.Gryffin, „Podstawy zarządzania organizacjami", 1995, s. 676

[26] J.G.Siegel, „Systemy informacji marketingowej", Wydawnictwo ABC, Warszawa, 1999, s.106

[27] op.cit. s.107

[28] op.cit s.107

[29] J.G.Siegel, „Systemy informacji marketingowej", Wydawnictwo ABC, Warszawa, 1999, s.108

[30] B.Stefanowicz, „Informacyjne systemy zarządzania", Wydawnictwo SGH, Warszawa, 1997, s.25

[31] R.W.Gryffin, „Podstawy zarządzania organizacjami", 1995, s. 677

[32] J.G.Siegel, „Systemy informacji marketingowej", Wydawnictwo ABC, Warszawa, 1999, s.92

[33] J. Kramer, „Badania rynkowe i marketingowe ", PWE, Warszawa, 1994, s.95

[34] J.G.Siegel, „Systemy informacji marketingowej", Wydawnictwo ABC, Warszawa, 1999, s.101-104

[35] Rawski, Marek. "Wykorzystanie źródeł informacji marketingowej przez przedsiębiorstwa usługowe: wyniki badania." *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Ekonomii i Informatyki w Krakowie* 11 (2015): 157-169.

[36] J. Kramer, „Badania rynkowe i marketingowe ", PWE, Warszawa, 1994, s.82

[37] J. Kramer, „Badania rynkowe i marketingowe ", PWE, Warszawa, 1994, s.83

[38] T.Domański, P.Kowalski, „Marketing dla menedżerów", PWN, Łódź, 2000, s.14

[39] T.Domański, P.Kowalski, „Marketing dla menedżerów", PWN, Łódź, 2000, s.14

[40] J.A.F.Stoner, R.E.Freeman, D.R.Gilbert, "Kierowanie", PWE, Warszawa 1998, s.592

[41] W.Radzikowski, „Komputerowe systemy wspomagania decyzji", PWE, Warszawa, 1993, s. 9

[42] J.J.Lambin, „Strategic marketing management", McGraw-Hill, London, 1997, s.136

[43] S. Pietrzak, „Informacyjny system zarządzania przedsiębiorstwem", Ekonomika i organizacja przedsiębiorstwa nr 6/98, Wyd. ORGMASZ

[44] J.G.Siegel, „Systemy informacji marketingowej", Wydawnictwo ABC, Warszawa, 1999, s. 75

[45] J.G.Siegel, „Systemy informacji marketingowej", Wydawnictwo ABC, Warszawa, 1999, s. 76

[46] Ph. Kotler, „Marketing. Analiza, planowanie, wdrażanie i kontrola", Gebethner & Ska, Warszawa 1994, s.98

[47] E.Duliniec, „Badania marketingowe w zarządzaniu przedsiębiorstwem", PWN, Warszawa, 1999, s.146-153

[48] I.Majdan, „System informacji marketingowej w firmie", Marketing i Rynek 2/98

[49] J.Unold, „Systemy informacyjne marketingu", Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, 2001, s.92

[50] J.Unold, „Systemy informacyjne marketingu", Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, 2001, s.93

[51] J.O'Connor, E.Galvin, „Marketing and information technology. The strategy, application and implementation of IT in Marketing", Financial Times, Pitman Publishing, London, 1997, s. 41

[52] T. Domański, P.Kowalski, „Marketing dla menedżerów", PWN, Łódź, 2000, s. 83

[53] Zakres potrzeb informacyjnych użytkowników został omówiony w rozdziale 1.3.3., natomiast identyfikacja potencjalnych źródeł informacji - w rozdziale 1.3.2.

[54] T. Domański, P.Kowalski, „Marketing dla menedżerów", PWN, Łódź, 2000

[55] J.O'Connor, E.Galvin, „Marketing and information technology. The strategy, application and implementation of IT in Marketing", Financial Times, Pitman Publishing, London, 1997, s. 259

[56] J.O'Connor, E.Galvin, „Marketing and information technology. The strategy, application and implementation of IT in Marketing", Financial Times, Pitman Publishing, London, 1997, s. 260

[57] E.Duliniec, „Badania marketingowe w zarządzaniu przedsiębiorstwem", PWN, Warszawa, 1999, s. 160

[58] A.Nowicki, „Strategia doskonalenia systemu informacyjnego w zarządzaniu przedsiębiorstwem", Akademia Ekonomiczna Wrocław, 1999, s. 88

[59] J.Unold, „Reegineering procesów zarządzania przedsiębiorstwem", Przegląd Organizacji, Warszawa, nr 9

[60] J.Unold, „Systemy informacyjne marketingu", Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, 2001, s.38

[61] https://www.znajdzreklame.pl/blog/ebooki-i-raporty/internet-i-social-media-w-2023-najnowsze-statystyki/

[62] A.B.Patel, „Inwestowanie w Internecie ", W&G-PRESS, Warszawa, 2000., s.14

[63] J.O'Connor, E.Galvin, „Marketing and information technology. The strategy, application and implementation of IT in Marketing", Financial Times, Pitman Publishing, London, 1997, s. 4-8

[64] Teluk Tomasz, Przemyłski Jan, Na jakim etapie globalizacji jesteśmy? 10.02.2023r. w: https://www.obserwatorfinansowy.pl/tematyka/makroekonomia/trendy-gospodarcze/na-jakim-etapie-globalizacji-jestesmy/

[65] https://www.strategyand.pwc.com/pl/pl/publikacje/2022/perspektywy-rozwoju-rynku-e-commerce-w-polsce-2018-2027.html

[66] J.Unold, „Systemy informacyjne marketingu", Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, 2001, s. 41

[67] A.Jarosz, „Znaczenie systemu informacji marketingowej w zarządzaniu przedsiębiorstwem", w: Systemy informacyjne w zarządzaniu przedsiębiorstwem, Akademia Ekonomiczna, Wrocław, 2000

[68] J.Unold, „Systemy informacyjne marketingu", Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, 2001, s.95

[69] E.Duliniec, „Badania marketingowe w zarządzaniu przedsiębiorstwem", PWN, Warszawa, 1999, s. 161

[70] I.Penc-Pietrzak, „Strategiczne zarządzanie marketingiem", Wydawnictwo Key-Text, Warszawa, 1999, s. 35

[71] B. Ziębicki, Efektywność w naukach ekonomicznych, Biuletyn Ekonomii Społecznej, Małopolski Ośrodek Wsparcia Ekonomii Społecznej, 2013, str. 20

[72] L. Pasieczny, J. Więckowski, Ekonomika i analiza działalności przedsiębiorstwa, PWE, Warszawa 1987, str. 14.

[73] Z. Cygan, J. Wojtczak, Metody oceny efektywności doboru wyposażenia stacji obsługi. Efektywność eksploatacji systemów technicznych, PWN, Warszawa 1990.

[74] S. Grzesiak, Efektywność funkcjonowania przedsiębiorstw - aspekty prakseologiczne i ekonomiczne, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, nr 17, Szczecin

[75] P. Blaik, Logistyka. Koncepcja zintegrowanego zarządzania, PWE, Warszawa 2010, str. 411

[76] G. Osbert-Pociecha, Relacja między efektywnością i elastycznością w organizacji, Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu nr 1183, Wydawnictwo AE we Wrocławiu, Wrocław 2007, str. 337-349

[77] R.Matwiejczuk, Efektywność – próba interpretacji, Przegląd Organizacji, nr 11, Towarzystwo Naukowe Organizacji i Kierownictwa, Warszawa, 2000, s. 27-31.

[78] R.Walkowiak, Prakseologiczne zasady sprawnego działania, Zeszyt Naukowy Ekonomia i Zarządzanie, nr1, 2011, str. 29

[79] B.H.Clark, Managerial perceptions of marketing performance: efficiency, adaptability, effectiveness and satisfaction, Journal of Strategic Marketing 2000, str.5

[80] E.Niedzielski, Determinanty sprawnego działania w zarządzaniu, Zeszyt Naukowy Ekonomia i Zarządzanie, nr 1, 2011, str. 20

[81] S.Nowosielski, Skuteczność i efektywność realizacji procesów gospodarczych, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław 2008, str. 39-46

[82] E.Niedzielski, Determinanty sprawnego działania w zarządzaniu, Zeszyt Naukowy Ekonomia i Zarządzanie, nr 1, 2011, str. 21

[83] E.Szymańska, Zastosowanie metody DEA do badania efektywności gospodarstw trzodowych, Journal of Agribusiness and Rural Development, nr 2, 2010, str. 156

[84] G.Dębniewski, H.Pałach, W.Zakrzewski, Mikroekonomia, Wydawnictwo UWM, Olsztyn 2000, str. 31

[85] H.G.Adamkiewicz-Drwiłło, Mikroekonomia. Zachowania producenta w gospodarce rynkowej, Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr Sp. z o.o., Gdańsk 2002, str. 16-17

[86] E.Szymańska, Efektywność przedsiębiorstw - definiowanie i pomiar, Roczniki Nauk Rolniczych, 2010, str. 157

[87] tamże, str. 152

[88] E.Skrzypek, Efektywność działań w TQM – koszty jakości, Problemy Jakości nr 7, 1999, str. 11-12

[89] P.Drucker, Menedżer skuteczny, Biblioteka nowoczesności, AE Kraków 1995, str. 25

[90] E.Skrzypek, Efektywność działań w TQM – koszty jakości, Problemy Jakości nr 7, 1999, str. 3

[91] A.Jaki, Mechanizmy procesu zarządzania wartością przedsiębiorstwa, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków 2012, str. 128

[92] M.Szafrański, Elementy ekonomiki jakości w przedsiębiorstwach, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2007

[93] por. E.Pająk, Zarządzanie produkcją: produkt, technologia, organizacja, Wydawnictwo Naukowe PW, Warszawa 2006; S.Borkowski, R.Ulewicz, Zarządzanie produkcją. Systemy produkcyjne, Oficyna Wydawnicza, Sosnowiec 2008; B.Śliwczyński, Planowanie logistyczne, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2008

[94] M.Fertsch, Słownik terminologii logistycznej, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2006

[95] *A.Koliński, Przegląd metod i technik oceny efektywności procesu produkcyjnego, logistyka 5/2011, str. 1085*

[96] B.Śliwczyński, Controlling In supply chain – tool for proces integration, LogForum, nr 4, 2008, str. 1-8

[97] A.Koliński, A.Tomkowiak, Wykorzystanie koncepcji analizy wąskich gardeł w zarządzaniu produkcją, Gospodarka Materiałowa i Logistyka, nr 9, 2010, str. 16-21

[98] W.Czakon, Procesowe podejście do badania efektywności, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Wrocław 2005, str. 56-63

[99] R.Kazlauskaite, I.Buciuniene, The role of human resources and their management in the establishment of sustainable competitive competitive advantage, Engineering Economics nr.5, 2008, str. 8

[100] M.Sierpińska, T.Jachna, Ocena przedsiębiorstwa wg standardów światowych, PWN, Warszawa 2004, str. 144-145

[101] E.Szymańska, Zastosowanie metody DEA do badania efektywności gospodarstw trzodowych, Journal of Agribusiness and Rural Development, nr 2, 2010, str. 250

[102] J.Kulawik, Wskaźniki finansowe i ich systemy w zarządzaniu gospodarstwami rolniczymi, IERiGŻ, Warszawa 1995, str. 13

[103] B.Pomykalska, P.Pomykalski, Analiza finansowa przedsiębiorstwa, PWN, Warszawa 2007, str. 66-67

[104] M.Gotowska, A.Jakubczak, Differentiation of economical effectiveness of enterprises by the divisions in Manufactruring in Poland, Journal of Central European Agriculture, nr 11, 2010, str. 272

[105] A.Jaki, Mechanizmy procesu zarządzania wartością przedsiębiorstwa, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków 2012, str. 149

[106]

[107] por. A. Skowronek-Mielczarek, Z. Leszczyński, Controlling, analiza i monitoring w zarządzaniu przedsiębiorstwem, Difin, Warszawa 2007

[108] Kamienicer S., Więckowski J., Metody oceny efektywności organizacji gospodarczych, Państwowe

Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1979

[109] Baran J., Pietrzak M., Analiza efektywności wybranych branż polskiego agrobiznesu bazująca na metodzie DEA, Roczniki Nauk Rolniczych, 2009, str. 15-16

[110] Ćwiąkała-Małys A., Nowak W., Sposoby klasyfikacji modeli DEA, Badania Operacyjne i Decyzje, nr 3.,2009, str. 5-18

[111] Barburski J., Ekonometryczny pomiar efektywności ekonomicznej instytucji finansowych. Stochastyczny model graniczny kosztów, Bank i Kredyt nr 41, 2010, str. 32

[112] Ćwiąkała-Małys A., Nowak W., Sposoby klasyfikacji modeli DEA, Badania Operacyjne i Decyzje, nr 3.,2009

[113] Szymańska E. , Efektywność przedsiębiorstw – definiowanie i pomiar, Roczniki Nauk Rolniczych, 2010, str. 159

[114] Ćwiąkała-Małys A., Nowak W., Sposoby klasyfikacji modeli DEA, Badania Operacyjne i Decyzje, nr 3.,2009

[115] por. Holstein-Beck M., Być albo nie być menedżerem, Indor Book, Warszawa 1997

[116] Cameron K. , A study of organizational effectiveness and its predictors, Management Science nr 1, 1986, str. 87-112

[117] Badawy M., Abd El-Aziz A.A., Idress A.M., Hefny H., Hossam S., A survey on exploring key performance indicators. "Future Computing and Informatics Journal", 1(1-2)/2016, 47-52, DOI: 10.1016/j.fcij.2016.04.001.

[118] Ishaq Bhatti M., Awan H.M., Razaq Z., The key performance indicators (KPIs) and their impact on overall organizational performance. "Quality & Quantity", 48/2014, 3127-3143, DOI: 10.1007/s11135-013-9945-y.

[119] Kang N., Zhao C., Li J., Horst J.A., A Hierarchical structure of key performance indicators for operation management and continuous improvement in production systems. "International Journal of Production Research", 54(21)/2016, 6333–6350, DOI: 10.1080/00207543.2015.1136082.

[120] Bartecki K. , Król D. , Skowroński J., Wyznaczanie kluczowych wskaźników wydajności procesu produkcyjnego - część I: badania teoretyczne, Pomiary Automatyka i Robotyka, ISSN 1427-9126, R.22, Nr 3/2018, 5-13, DOI: 10.14313/PAR_229/5

[121] International Standard ISO 22400–1. Automation Systems and Integration – Key Performance Indicators (KPIs) for Manufacturing Operations Management – Part 1: Overview, Concepts and Terminology. Geneva: International Standard Organization (ISO), 2014.

[122] International Standard ISO 22400–2. Automation Systems and Integration – Key Performance Indicators (KPIs) for Manufacturing Operations Management – Part 2: Definitions and Descriptions. Geneva: International Standard Organization (ISO), 2014.

[123] Cesarotti V., Giuiusa A., Introna V., Using Overall Equipment Effectiveness for Manufacturing System Design, Operations Management Massimiliano M. Schiraldi, IntechOpen, 2013, DOI: 10.5772/56089.

[124] Liwowski B., Kozłowski R., Podstawowe zagadnienia zarządzania produkcją, Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2006, p. 15

[125] Korotayev A.V., Tsirel S.V., A Spectral Analysis of World GDP Dynamics: Kondratieff Waves, Kuznets Swings, Juglar and Kitchin Cycles in Global Economic Development, and the 2008–2009 Economic Crisis, Structure and Dynamics 4(1) 2010, pp. 3-57

[126] Jarugowa A., Fijałkowska J., Rachunkowość i zarządzanie kapitałem intelektualnym, koncepcje i praktyka, oddk, Gdańsk, 2002, p. 13

[127] Ciszak O., Komputerowo wspomagane modelowanie i symulacja procesów produkcyjnych, Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej, Nr 6, 2007, str. 39

[128] Por. Zdanowicz R., Modelowanie i symulacja procesów wytwarzania, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002

[129] Ćwikała G., Gołda G., Modelowanie i symulacja jako narzędzie poprawy wydajności produkcji wyrobów wielkogabarytowych, w Komputerowo Zintegrowane Wytwarzanie, red. R. Knosala, Warszawa, WNT 2005, str. 235–245

[130] Por. Gordon G., Symulacja systemów, WNT Warszawa, 1974; Martin F.F., Wstęp do modelowania cyfrowego, PWN, Warszawa 1976

[131] Por. Hlupic V., Paul R.J., A Critical Evaluation of Four Manufacturing Simulators, International Journal of Production Research, 1995, vol. 33 (10), str. 2757 – 2766; Law A.M., Kelton W.D., Simulation Modelling and Analysis, 3rd edn. 2000, New York, McGrawHill; Nikoukaran J., Hlupic V., Paul R.J., A hierarchical framework for evaluating simulation software, Simulation Practice and Theory, 1999, 7(3), str.219 – 231

[132] Sawin J. J., Simulation Reloaded (http://lionhrtpub.com)

[133] Zdanowicz R., Dobór oprogramowania do modelowania i symulacji procesów wytwarzania, Pomiary Automatyka Robotyka 1/2006, str. 10-17

[134] tamże

[135] Biniek Z., Elementy teorii systemów modelowania i symulacji, Skrypt akademicki wyd. III Internetowe INFOPLAN, Internet 2002

[136] tamże

[137] Encyklopedia Zarządzania, https://mfiles.pl/pl/index.php/Model

[138] Zdanowicz R., Modelowanie i symulacja procesów wytwarzania, Gliwice, WPŚ 2002

[139] Por. Ciszak O., Modelling and Simulation of the final assembly using the Flexsim software, in: 3 th International Conference Virtual Design and Automation – VIDA, “Innovation in Product and Process Development”, 28–29.06.2007, Poznań, Polska, materiały konferencyjne: str. 25; Ciszak O., Żurek J., Balancing of vertical milling centre final assembly line, ATMiA, 2006, Vol. 26, No. 2, str. 239–245; Zdanowicz R., Modelowanie i symulacja procesów wytwarzania, Gliwice, WPŚ 2002

[140] Zdanowicz R., Dobór oprogramowania do modelowania i symulacji procesów wytwarzania, Pomiary Automatyka Robotyka 1/2006, s. 10-17

[141] https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_computer_simulation_software

[142] [3]Crespo-Márquez A., Usano R.R., Aznar R.D. (1993), Continuous and Discrete Simulation in a Production Planning System, A Comparative Study, [in:] E. Zepeda, J.A.D. Machuca (eds.), Proceedings of the 1993 International System Dynamics Conference, System Dynamics Society, Canun, pp. 58–65.

[4] Sweetser A.A. (1999), Comparison of System Dynamics (SD) and Discrete Event Simulation (DES), [in:] R.Y. Cavana, J.A.M. Vennix, E.A.J.A. Rouwette, M. Stevenson-Wright, J. Candlish (eds.), Proceedings of the 17th International Conference of the System Dynamics Society, System Dynamics Society, Wellington, pp. 1–8.

[5] Venkateswaran J., Son Y.J. (2005), Hybrid system Dynamic—Discrete Event Simulation-Based Architecture for Hierarchical Production Planning, „International Journal of Production Research", Vol. 43, No. 20, pp. 4397–4429

[6] Rabelo L., Helal M., Jones A., Min H.S. (2005), Enterprise Simulation: A Hybrid System Approach, „International Journal of Computer Integrated Manufacturing", Vol. 18, No. 6, pp. 498–508.

[7] Tako A.A., Robinson S. (2009b), Comparing Model Development in Discrete Event Simulation and System Dynamics, [in:] M. Rossetti, R.R. Hill, B. Johansson (eds.), Proceedings of the Winter Simulation Conference WSC'09, IEEE, Austin, pp. 979–991.

[8] Jovanoski B., Minovski R., Voessner S., Lichtenegger G. (2012), Combining System Dynamics and Discrete Event Simulations – Overview of Hybrid Simulation Models, „Journal of Applied Engineering Science", Vol. 10, No. 3, pp. 135–142.

[9] Matuszek J., Kurczyk D. (2013), Tendencje rozwoju w projektowaniu i zarządzaniu procesami produkcyjnymi, [w:] R. Knosala (red.), Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole, s. 461–469.

[143] [11] Łatuszyńska M., Modelowanie i symulacja w zarządzaniu produkcją, Przegląd Organizacji, Nr 12 (911), 2015, ss. 51-57 (TNOiK)

[144] [1] Zdanowicz R., Dobór oprogramowania do modelowania i symulacji procesów wytwarzania, Pomiary Automatyka Robotyka 1/2006, s. 10-17

[10] Mendlikowski B., Pawlewski P., Porównanie oprogramowania do symulacji i modelowania procesów logistycznych, Logistyka 3/2015, s. 5740-5744

[11] Łatuszyńska M., Modelowanie i symulacja w zarządzaniu produkcją, Przegląd Organizacji, Nr 12 (911), 2015, ss. 51-57 (TNOiK)

[145] https://www.prawo.pl/kadry/za-duzo-informacji-w-firmie-czyli-kiedy-i-dlaczego-spada-wydajnosc-pracownikow,268156.html

[146] https://www.jcommerce.pl/jpro/artykuly/systemy-erp-polskie-przedsiebiorstwa-nadal-w-ogonie-europy

[147] [12] https://vensim.com

[149] Firma złożyła zastrzeżenie o nie ujawnianiu swoich danych.

[150] https://corobotics.pl/zastosowania/spawanie/

[151]https://www.tworzywa.pl/news/polecamy/z-jaka-predkoscia-pracuja-dobre-roboty-spawalnicze,229.html