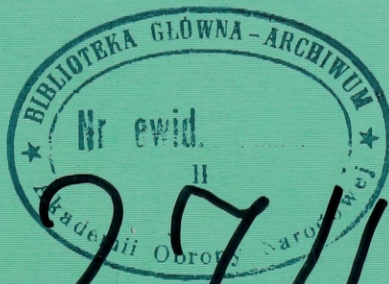


A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19



AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

MODELOWANIE ZJAWISK TWORZENIA PRZEWAGI NA WSPÓŁCZESNYM POLU WALKI



62748

Biblioteka Główna
Akademii Obrony Narodowej
S/4871



05-004871-003-0

WARSZAWA

2001



AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

CENTRUM INFORMATYKI



**MODELOWANIE ZJAWISK TWORZENIA
PRZEWAGI NA WSPÓŁCZESNYM POLU WALKI**

PRZEWAGA-1
7.9.1.0

Opracował:
mjr dr Henryk SPUSTEK

Recenzent:
płk prof. dr hab. inż. Piotr SIENKIEWICZ



WARSZAWA

2001

Praca została wykonana zgodnie
Z planem „Prac naukowo-badawczych
Akademii Obrony Narodowej 2001 r.”



SPIS TREŚCI

1. WPROWADZENIE METODOLOGICZNE	5
1.1 METOLOGIA MODELOWANIA.....	13
1.1.1 PODSTAWOWE POJĘCIA	16
1.1.2 KLASYFIKACJA MODELI.....	20
1.1.3 WYMAGANIA STAWIANE MODELOM.....	24
1.1.4 PRZYKŁADY BUDOWY MODELI MATEMATYCZNYCH.....	25
2. PRZEWAGA – RZECZYWISTOŚĆ I MODEL.....	33
3. WYKORZYSTANE OPROGRAMOWANIE.....	39
3.1. PRZYGOTOWANIE PROGRAMU DO PRACY	43
3.2.METODOLOGIA BUDOWY	
DOKUMENTÓW PROCESOWYCH.....	45
3.3.WYBRANE FUNKCJE PROGRAMU	49
4. DWA PRZYKŁADY WYKORZYSTANIA PAKIETU iGRAFX.....	53
4.1. PRZYKŁAD EKONOMICZNY.....	53
4.2. PRZYKŁAD WOJSKOWY.....	67
5. PODSUMOWANIE.....	71
BIBLIOGRAFIA	

1. WPROWADZENIE METODOLOGICZNE

Modelowanie – pojęcie, które w ostatnich latach dwudziestego wieku zrobiło zawrotną karierę. Ileż to razy w ciągu dnia, miesiąca lub roku stajemy przed problemem konieczności przewidzenia, w określonym horyzoncie czasowym, skutków podjętych przez nas decyzji, wypowiedzianych zdań, czy też wykonanych czynności. Zawsze w takich wypadkach, w naszym umyśle kłębią się najprzeróżniejsze myśli, które selekcjonujemy twierdząc, że to one powinny mieć szczególnie istotny wpływ na osiągnięcie zamierzonego celu. Zazwyczaj nigdy nie kojarzymy tych czynności z modelowaniem, gdyż nie zawsze znamy wszystkie pojęcia, które go determinują. Zakładając, że modelowanie jest w chwili obecnej jednym z podstawowych narzędzi poznania otaczającej nas rzeczywistości, jej zrozumienia a później jej kreowania, nie ma wątpliwości co do konieczności precyzyjnego zdefiniowania tego pojęcia oraz pojęć mu towarzyszących. W naukach humanistycznych, technicznych, przyrodniczych czy ekonomicznych model jest „obrazem” rzeczywistości pozbawionym tych cech, które w sposób arbitralny bądź też w wyniku naszego doświadczenia uznaliśmy za mało istotne z punktu widzenia potrzeby osiągnięcia założonego celu. W sztuce „model”, to cała złożoność doznań fizycznych i estetycznych, a obraz (rzeźba) to wielokrotnie wydobyte tych dodatkowych cech modelu, które odnalazł w nim twórca obrazu. Przystępując do modelowania, zawsze stajemy przed dylematem: czy winniśmy budować model z uwzględnieniem całej złożoności pierwowzoru, czy też powinniśmy na problem „popatrzeć” z góry, zaniehbując podglądanie szczegółów. Pierwszy zabieg może prowadzić do braku jego uzasadnienia ekonomicznego i trudno nie zgodzić się wówczas ze stwierdzeniem Morisona¹ (1996) „(..) *Na ogół nie ma sensu poświęcać 10 razy więcej czasu, aby uzyskać prognozę o 5% lub 10% lepszą*”.

W sposób dobitny podkreśla to Staniszewski i Lewandowski² (1980) stwierdzając, że: „*W miarę rozwoju konstrukcji maleje nieokreśloność i rośnie nasza wiedza o procesie. Jest to naturalną tendencją wynikającą ze wzrostu zapotrzebowania i chęci poznania rzeczy trudnych. Należy jednak pamiętać, że likwidacja coraz mniejszych niedokładności kosztuje nas coraz więcej. W skrajnym przypadku – gdy błędy dążą do zera, wysiłek osiąga wielkości nieskończone. Małe wymiary są więc elementem naszego działania. Praktycznie, nie stawiamy sobie celu osiągnięcia ideału konstrukcji silnika; dążymy tylko do małych błędów, dużych dokładności, małego rozrzutu*”

¹ Morrison F. (1996): Sztuka modelowania układów dynamicznych – deterministycznych, chaotycznych, stochastycznych. Warszawa. WNT.

² Staniszewski R., Lewandowski J. (1980): Dynamika układów cz. III. Dynamika układów cieplnych. Warszawa. WAT

i małej nieokreśloności". Niejednokrotnie, proces dążenia do osiągnięcia dużej dokładności modelowania związany jest z racjonalną agregacją rozpatrywanego problemu. Istnieje wówczas, jakby podświadomie, potrzeba przechodzenia do coraz mniejszych wielkości (zjawisko popularnie nazywane „dzieleniem zapalki na czworo”). Wówczas, istotnym do dalszych refleksji nad badaną rzeczywistością staje się spostrzeżenie W. Heisenberga, że „ (...) przechodząc do wielkości coraz mniejszych; nie znajdujemy wielkości fundamentalnych i niepodzielnych, natomiast dochodzimy do punktu, w którym dalsze dzielenie nie ma już sensu.” Drugi zabieg może prowadzić do takiego uproszczenia, które nie pozwoli na dogłębne zrozumienie rzeczywistości. Niemniej jednak, gdy nasza wiedza w opisywanym i badanym zakresie rzeczywistości jest nikła, to modele o dużym stopniu uproszczenia pozwalają nam na uchwycenie prawidłowej drogi prowadzenia dalszych prac badawczych, bardziej precyzyjnych, pozbawionych dużego zbioru uproszczeń i ograniczeń. Jak duża trudność towarzyszy modelowaniu może świadczyć również myśl wyrażona przez Morisona (1996) „(...) Modelowanie jest sztuką i dlatego zawsze będzie zawierać jakieś subiektywne i kulturowe elementy”. Jej uzupełnieniem może być myśl sformułowana przez Bielę³ (1995) we wstępie do swojej książki: „Człowiek wyrażający swój stosunek do (...) rzeczywistości (poznawczy, uczuciowy preferencyjny, poprzez działanie) operuje w sposób mniej lub bardziej świadomy wymiarami, czyli płaszczyznami, zmiennymi lub aspektami, które ułatwiają mu poznawanie „opanowanie” tej rzeczywistości. Tak więc zgodnie z tym złożeniem można by powiedzieć, że człowiek w sposób intuicyjny skaluje wielowymiarowo rzeczywistość, czyli schematyzuje i kategoryzuje według jakiegoś indywidualnego stylu, który koresponduje w pewnym stopniu z określonym wzorcem kulturowym znanym w danej grupie społecznej, etnicznej, religijnej, zawodowej lub cywilizacyjnej.”

Model jest pojęciem bardzo ogólnym, używanym często w różnych dziedzinach, lecz w sposób daleko niejednoznaczny. Pojęcie modelu używane w nauce ma inne znaczenie, niż w języku potocznym, gdzie na ogół oznacza pewien wzorzec do naśladowania, czy też w plastyce, gdzie nazywamy tak, na przykład osobę, której portret jest malowany przez artystę – mistrza. Aby uniknąć niejednoznaczności przyjmujemy, że model oznacza reprezentację badanego obiektu w postaci innej, niż ta, w której występuje w rzeczywistości. W nauce, w zdecydowanej większości przypadków, model jest rozumiany jako uproszczona reprezentacja rzeczywistości. Stanowi on pewien substrat rzeczywistości. Ujmuje tylko jej część. Ludzkość od zarania swych dziejów operowała modelami, jako środkiem uogólnień

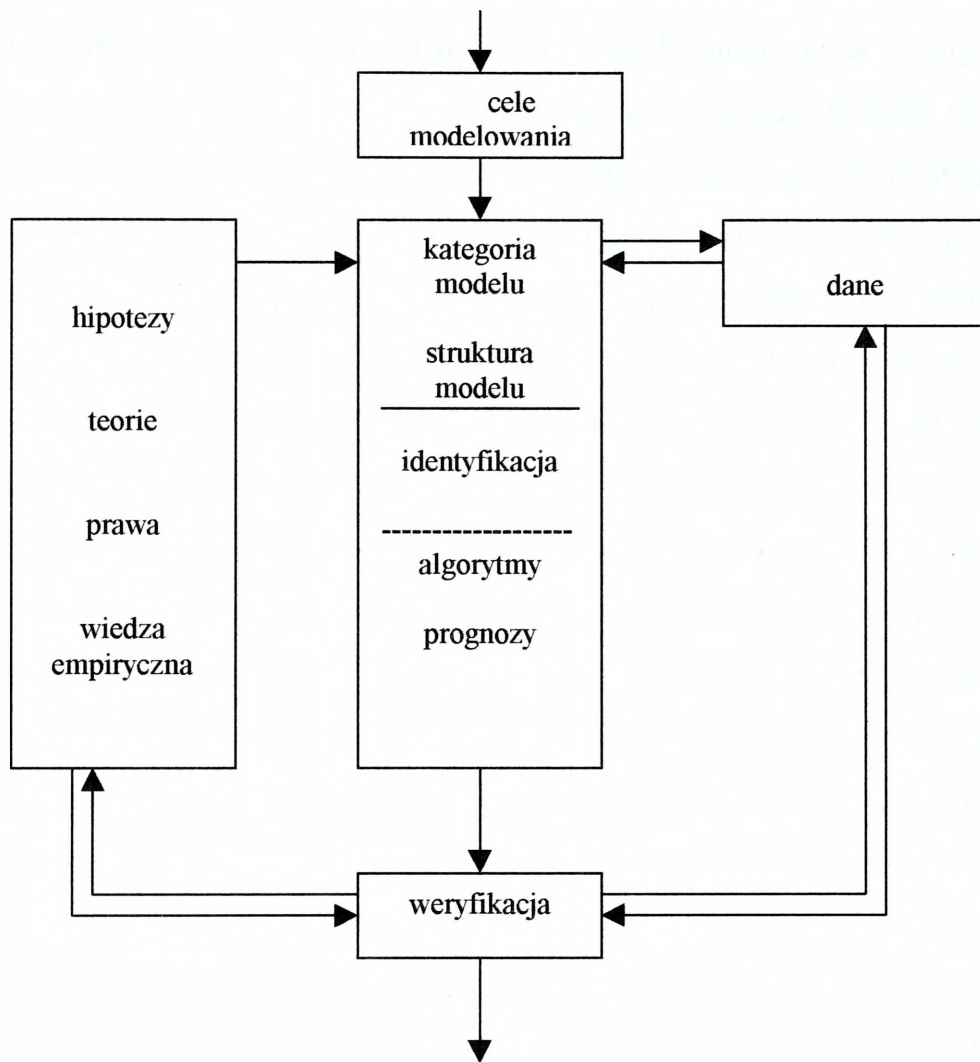
³ Biela A. (1995): Skalowanie wielowymiarowe w analizach ekonomicznych i behawioralnych. Lublin. Norbertinum

i tworzenia pojęć abstrakcyjnych. Na przykład kamienne megality w Stonehenge tworzą model systemu słonecznego. Umożliwił on dawnym mieszkańcom doliny Salisbury obserwację zjawisk astronomicznych, wyznaczenie pór roku, programowanie obrzędów. Celem tworzenia wszelkich modeli jest dążenie do zrozumienia otaczającej nas rzeczywistości. Stosując modele obserwujemy i sprawdzamy, jakie prawa rządzą zjawiskami. Kiedy prawa te zrozumiemy, to możemy przewidzieć jak dane zjawiska będą przebiegać w przyszłości i w innych warunkach. Do najstarszych sposobów odwzorowania rzeczywistości należą **modele „w skali”**, w których występuje podobieństwo wyłącznie geometryczne. Należą do nich *modele ikonograficzne* (obrazy, mapy, plany) oraz *modele trójwymiarowe* (makiety, miniatury). Wyższy stopień abstrakcji osiągają modele oparte nie na podobieństwie, lecz na **analogii** a więc na odpowiedniej *zgodności wartości wielkości fizycznie różnych*. Są to na przykład modele elektryczne systemów mechanicznych (lub odwrotnie). Charakterystyczną cechą tych modeli jest fakt, że wielkości modelowane i modelujące podlegają prawom opisanym przez identyczne zależności matematyczne. Jeszcze pod koniec XIX wieku czynione były próby modelowania zjawisk elektromagnetycznych za pomocą układów mechanicznych. W połowie naszego wieku, analogia była stosowana w kierunku odwrotnym – budowano układy elektryczne do badania układów mechanicznych, hydraulicznych, termicznych itp. Modele analogowe rozwinęły się do postaci *uniwersalnych maszyn analogowych*. Były to układy elektryczne składające się głównie z rezystorów i kondensatorów, oraz wzmacniaczy operacyjnych, budowane w postaci modułowej. Poszczególne moduły realizowały elementarne operacje matematyczne, typu sumowania, mnożenia, różniczkowania, całkowania. Łącząc odpowiednio moduły można było realizować modele bardziej złożonych procesów fizycznych, opisywanych za pomocą równań różniczkowych. W ciągu ostatnich dziesięcioleci komputery oparte o technikę cyfrową wyparły prawie całkowicie maszyny analogowe, które okazały się mniej dokładne i mniej elastyczne. Zarówno uniwersalne maszyny analogowe jak i komputery wymagają sformułowania zadania modelowania w postaci relacji matematyczno – logicznych, a więc tego, co nazywamy modelem matematycznym. Model taki charakteryzuje się najwyższym stopniem abstrakcji – umożliwia operowanie symbolami i wyciąganie wniosków jakościowych. Termin model *matematyczny* jako określenie sformalizowanej reprezentacji rzeczywistości, jest rozpowszechniony różnorodnie w poszczególnych dziedzinach wiedzy. W fizyce stosuje się matematykę do opisu praw przyrody, słowo *model* ma bardzo wąski zasięg i odnoszone jest do pewnych rozwiązań szczegółowych, np. model atomu Bohra – Rutherforda. W dziedzinach, w których stosowanie metod matematycznych datuje się

od niedawna, takie pojęcia jak *model matematyczny*, *modelowanie matematyczne* są szeroko stosowane. Dotyczy to takich nauk jak ekonomia, ekologia, biologia, medycyna. Modelowanie matematyczne jest dziedziną, której zadaniem jest opis rzeczywistości w pewnym specyficznym języku, a mianowicie w języku matematyki i logiki formalnej. Uniwersalizm języka, którym posługuje się matematyka, powoduje, że taki sam model może opisywać systemy różniące się w sposób zasadniczy między sobą, dotyczące zupełnie odmiennych dziedzin. Metody matematyczne są powszechnie stosowane w dziedzinach, w których zjawiska mają charakter ilościowy (np. fizyka, chemia). Jednakże, nawet tam gdzie informacja ilościowa jest trudno dostępna, matematyka może dostarczyć narzędzi, pozwalających na badanie związków między zjawiskami (np. nauki przyrodnicze). Ogólnie można powiedzieć, że modelowanie matematyczne ma zastosowanie tam gdzie występuje powtarzalność lub podobieństwo zjawisk. W naukach, które interesują się pojedynczymi faktami (np. archeologia, historia), a nie klasami zdarzeń, możliwość stosowania modeli wydaje się problematyczna. Ograniczone są również możliwości formalizacji matematycznej dziedzin, których przedmiotem badań jest człowiek, jego odruchy emocjonalne, myśli i uczucia, czy też jego działalność intelektualna. Proces tworzenia modelu matematycznego rozpoczyna się od pewnych *konceptji*, mniej lub bardziej sprecyzowanych, odnoszących się do badanego wycinka rzeczywistości. Następnie definiuje się zasady *przyporządkowania cech zjawiska rzeczywistego – obiektom matematycznym i formułuje relacje między tymi obiektami*. W wyniku otrzymuje się zbiór *aksjomatów*, czy też zbiór hipotez teoretycznych. Dalej, na podstawie dedukcji logicznych, wyciągane są wnioski. W procesie rozwiązywania zadań modelowania matematycznego wyróżnia się następujące etapy:

- sformułowanie celów modelowania;
- wybór kategorii modelu i określenie jego struktury;
- identyfikacja;
- algorytmizacja obliczeń;
- weryfikacja obliczeń.

Wymienione etapy należy traktować łącznie. Iteracyjne sprzężenia między poszczególnymi etapami budowy modelu matematycznego ilustruje rys. 1.



Rys.1. Etapy budowy modelu matematycznego

Źródło: J.Gutenbaum „Modelowanie matematyczne systemów”

OMNITECH PRESS, Warszawa, 1992r.

Proces modelowania jest zawsze ukierunkowany celowo. Oznacza to, że model trzeba zawsze tworzyć dla konkretnych systemów, zjawisk i zastosowań. Inny będzie model systemu działającego w długim horyzoncie, np. do określenia polityki inwestycyjnej przedsiębiorstwa, a inny do sterowania na krótkim odcinku czasu, np. do opracowania bieżącego harmonogramu produkcji w tym przedsiębiorstwie. W badaniach systemowych celem podstawowym jest tworzenie narzędzi, pozwalających przewidzieć, co stanie się z badanym systemem w warunkach innych, niż aktualnie istniejące. Szczególne znaczenie mają modele, za pomocą których badamy zachowanie się systemów jeszcze nie istniejących, lub systemów,

które mają działać w przyszłości w różnorodnych, zmieniających się warunkach. Cele ogólne, dla których budowane są modele systemów, można pogrupować następująco:

- opis i wyjaśnienie działań i mechanizmu *systemu (model fenomenologiczny)* – np. modele systemów biologicznych;
- przewidywanie zachowania się systemów w przyszłości i przy różnorodnych warunkach oddziaływania otoczenia na system (*model prognostyczny*) – np. modele demograficzne, czy modele wzrostu ekonomicznego przy różnych politykach inwestycyjnych;
- wybór właściwych oddziaływań wejściowych, spełniających określone warunki (*model decyzyjny*), w szczególności wybór oddziaływań optymalnych (*model optymalizacyjny*) – większość modeli sterowania;
- wybór struktury lub parametrów systemu, spełniającego określone zadania (*model normatywny*) – np. modele do projektowania struktury organizacyjnej przedsiębiorstwa.

Podstawowa różnica między modelem normatywnym a decyzyjnym polega na tym, że pierwszy służy głównie do podejmowania decyzji jednokrotnych, drugi – do podejmowania decyzji wielokrotnych. Ten etap polega na przetworzeniu całej, istotnej z punktu widzenia celów modelowania, wiedzy o systemie w zbiór niesprzecznych relacji matematyczno – logicznych. Modele matematyczne systemów, przede wszystkim, muszą spełniać następujące wymagania:

- zgodność z modelowanym systemem, w zakresie interesujących nas zależności;
- łatwość użytkowania, zgodnie z przeznaczeniem.

Wymagania te są wzajemnie sprzeczne. Zbytne uproszczenie modelu może dać zniekształcony pogląd na rzeczywistość i prowadzić do fałszywych wniosków.

Model zbyt skomplikowany, nie spełniający drugiego wymagania, może okazać się bezużyteczny. Konieczny jest więc kompromis między dokładnością modelu a łatwością jego użytkowania. Z reguły, wiedza teoretyczna o systemie nie wystarcza do nadania modelowi postaci, umożliwiającej dokonywanie konkretnych obliczeń. Najczęściej nie są znane wartości liczbowe niektórych współczynników – *parametrów modelu*.

Oceny statystyczne (*estymatory*) tych wartości należy wyznaczyć drogą odpowiedniego przetworzenia danych doświadczalnych. Zagadnienie to nazywa się *identyfikacją parametrów modelu*, lub krócej – *identyfikacją modelu*. Rozróżniamy identyfikację czynną i bierną. *Identyfikacja bierna* polega na gromadzeniu danych podczas normalnej pracy systemu,

a następnie po statystycznym ich opracowaniu, wyznaczeniu *parametrów modelu*. *Identyfikacja czynna* polega na odpowiednim zaplanowaniu i przeprowadzeniu eksperymentu, którego wyniki służą do wyznaczenia *parametrów modelu*.

Identyfikacja czynna jest bardziej kosztowna i trudniejsza do przeprowadzenia niż bierna i nie zawsze może być zastosowana, ponieważ wymaga ingerencji w normalne funkcjonowanie systemu. Mogą ją więc uniemożliwiać nie tylko względy ekonomiczne, lecz również moralne – tak jest np. przy badaniach genetycznych. Z drugiej strony identyfikacja bierna może być niewystarczająca do rozwiązania zadań modelowania. Może się, bowiem okazać, że normalna praca systemu odbywa się w warunkach całkowicie stacjonarnych, bez znaczących odchyłeń. Dane, które można wówczas uzyskać nie pozwalają na wyciągnięcie żadnych wniosków, co do zachowania się systemu w warunkach odmiennych, co jest właśnie celem budowy modelu matematycznego[1]. Model, może wymagać *identyfikacji jednorazowej*, lub *identyfikacji bieżącej*, powtarzającej się okresowo, lub nawet dokonywanej w sposób ciągły. Dzieje się tak wtedy, gdy model służy do wyznaczenia okresowych lub ciągłych decyzji sterujących, w warunkach, gdy system podlega istotnym zmianom wraz z upływem czasu. Przykładem może być sterowanie reaktorem chemicznym ze słojem katalizatora, którego aktywność słabnie z czasem. Do najbardziej uniwersalnych zadań, z którymi spotykamy się przy stosowaniu modeli matematycznych należą:

- *rozwiązywanie równań oraz nierówności* wchodzących w skład modeli;
- *rozwiązywanie zadań optymalizacyjnych*.

Przypuśćmy, że model ma pozwolić na określenie wartości, jakie przyjmą pewne zmienne wówczas, gdy innym zmiennym modelu narzucimy określone wartości (np. zmierzone).

Dla modelu, który składa się z m równań zawierających n zmiennych ($m \leq n$), możemy na ogół wyznaczyć wartości wybranych m zmiennych (zmiennych zależnych), przy zadanych wartościach pozostałych $n - m$ zmiennych (zmiennych niezależnych). Proces wyznaczania zmiennych zależnych nazywamy rozwiązywaniem równań modelowych, a wyznaczone wartości - rozwiązaniem tych równań. Rozwiązanie równań modelowych wyraża się zbiorem liczb, funkcją czasu, funkcją zmiennych przestrzennych itp.

Wśród metod rozwiązywania równań modelowych można wyróżnić:

- *rozwiązanie analityczne* – w przypadku, gdy jesteśmy w stanie przedstawić rozwiązanie w postaci jawnej np. $y = u^3$, gdzie u jest zmienną niezależną;
- *rozwiązanie numeryczne* – przypadek, gdy nie istnieje praktyczna możliwość znalezienia rozwiązania na drodze analitycznej, a wartości zmiennych zależnych

mogą być określone tylko za pomocą odpowiedniego algorytmu (często jest to program komputerowy);

- *rozwiązanie przez symulację* – stosowane gdy zmiennymi niezależnymi modelu są zmienne odpowiadające wielkościom wejściowym systemu rzeczywistego, oraz wyjście jest jednoznaczłą funkcją wejścia.

Przez weryfikację modelu rozumie się *porównanie wyników modelowania z zachowaniem się systemu rzeczywistego, z punktu widzenia zgodności z wiedzą teoretyczną oraz z badaniami doświadczalnymi*. Etap weryfikacji jest integralnie związany z każdym z poprzednich etapów budowy modelu, a więc powinien być prowadzony we wszystkich fazach tworzenia modelu. Zasadniczym problemem jest tu dobór kryteriów, na podstawie, których będzie można ocenić czy warunki zgodności są spełnione, czy też nie. Wyróżniamy dwie grupy takich kryteriów: kryteria wewnętrzne i kryteria zewnętrzne.

Kryteria wewnętrzne dotyczą wewnętrznych cech modelu. Należą do nich *zgodność formalna*, zapewniająca brak sprzeczności koncepcyjnych, logicznych, matematycznych oraz *zgodność algorytmiczna*, zapewniająca efektywne wykonanie obliczeń czy też symulacji komputerowej z wymaganą dokładnością.

Kryteria zewnętrzne dotyczą celów modelowania i zgodności modelowanych zjawisk z teorią i z danymi doświadczalnymi. Do kryteriów tych należą *zgodność heurystyczna* i *zgodność pragmatyczna*. *Zgodność heurystyczna* dotyczy walorów naukowych modelu: zgodności interpretacji, weryfikacji hipotez, formułowania nowych zadań badawczych. *Zgodność pragmatyczna* dotyczy bezpośrednio wyników modelowania. Weryfikację zgodności pragmatycznej przeprowadza się podając na wejście badanego systemu i na wejście modelu to samo wymuszenie, a następnie porównuje się wielkości uzyskane na wyjściu systemu i modelu. Z powyższego widać, że weryfikacja pragmatyczna nie jest możliwa do przeprowadzenia dla nie istniejących jeszcze systemów. Nie należy nigdy oczekiwać pełnej identyczności wyjść modelu i systemu. Model wyraża nie wszystkie, lecz jedynie istotne cechy systemu, przy czym to co jest uznawane za istotne, zależy od celów modelowania.

1.1 METOLOGIA MODELOWANIA

Definicja modelu

W literaturze przedmiotu można znaleźć różne definicje pojęcia „model”. Może ona być bardzo lapidarna (Eykhoff, 1980)⁴:

„Opis zasadniczych cech istniejącego (lub projektowanego) układu, dostarczający wiedzy o nim w formie użytecznej”

lub bardziej filozoficzna (Weinberg, 1979)⁵:

„Każdy model jest w istocie wyrażeniem rzeczy, o której sądzimy, że mamy nadzieję zrozumieć w kategoriach innych rzeczy, o których sądzimy, że ją już rozumiemy”

Definicja ta znalazła swoje odbicie w nurcie filozoficznym – redukcjonizmie, który zakładał, że każde zjawisko złożone da się podzielić na zjawiska proste, a tym samym wytłumaczyć. Wyjaśniając te ostatnie można interpretować te pierwsze. Podstawowym założeniem redukcjonizmu jest również to, że zjawiska proste tworzące zjawiska złożone są we wzajemnej izolacji.

Drugi nurt, którego zwolennikiem był Euler, dowodził, że wszystko jest dziełem Stwórcy, a więc ma swoje maksimum i minimum, i Jego wolą należy tłumaczyć otaczającą nas rzeczywistość. Czy też ograniczoną do pojęć matematycznych (Sieniutycz, 1991)⁶.

„Model matematyczny optymalizacji jest to układ wszystkich równań i nierówności charakteryzujących badany proces, a także wyrażenie definiujące kryterium optymalizacji”.

Często szukamy jednak rozwiązań quasioptymalnych (suboptymalnych), gdyż rozwiązanie optymalne może być zbyt kosztowne lub wręcz niemożliwe do osiągnięcia. Przykładem niech będzie wypowiedź prof. Yorka z firmy Allison, w której stwierdził, że nie opłaca się wydawać więcej na badania i wdrożenia niż 10 tysięcy USD, aby zmniejszyć masę konstrukcji silnika lotniczego o 1 kg. U Gutenbauma (1993)⁷ można znaleźć definicję łączącą wyżej opisane w jedną myśl sformułowaną następująco:

„Model oznacza reprezentację badanego obiektu w postaci imiej, niż ta, w której występuje on w rzeczywistości. Jest rozumiany jako uproszczona przy czym umyślnie i celowo - reprezentacja rzeczywistości. Jest pozbawiony wielu szczegółów i cech nieistotnych z punktu widzenia celów modelowania”.

⁴ Eykhoff P. (1980): Identyfikacja w układach dynamicznych. Warszawa. PWN

⁵ Weinberg G. M. (1979): Myślenie systemowe. Warszawa. WNT

⁶ Sieniutycz St. (1991): Optymalizacja w inżynierii systemowej

⁷ Gutenbaum J. (1993): Modelowanie matematyczne systemów. Warszawa. Omnitech Press.

Cele modelowania

Ogólnym celem modelowania (tworzenia modeli) jest dążenie do rozumienia otaczającej nas rzeczywistości, a także do uzyskania pomocy w uporaniu się z jej niezwykle złożonością. Należy również zgodzić się z Eykhoffem (1980), że powyższe potrzeby wynikają z funkcji nauki. Dla dobra rozwoju ludzkości, tak w sferze materialnej jak i socjologicznej, ważne jest również to, aby przez tworzenie modeli następowała polaryzacja myślenia i rodziły się nowe celne pytania, istotne z punktu widzenia tego rozwoju. Jak twierdził M. Kac „*nie należy jednak dopuszczać do tego, aby rozmnażały się one ponad istotne potrzeby i rzeczywistą konieczność*” czy też Yukawa (w Brown, Nambu, 1999) „*bytów wyjaśniających nie powinno się mnożyć bez potrzeby*”. Na tej podstawie można określić również trzy rodzaje działania, związane z tworzeniem modeli:

- Ulepszenie procesu myślenia – „polaryzowanie myślenia i stawianie celnych pytań”.
- Studiowanie określonych systemów - „istotne potrzeby i rzeczywista konieczność”.
- Odkrywanie nowych praw i ulepszanie dawnych – “ wymyślanie gier i obserwowanie”.

W zależności od typu prowadzonej działalności modelom stawia się różne cele indywidualne.

I tak, zgodnie z Eykhoffem (1980):

- W badaniach naukowych celem modelowania jest podanie interpretacji pewnej wiedzy lub wyników pomiarów. Sprawą o podstawowym znaczeniu jest zrozumienie zagadnienia i postawienia diagnozy. Model musi stwarzać przesłanki do prowadzenia dalszych badań.
- W projektowaniu celem modelowania jest poszukiwanie sposobów spełnienia określonych kryteriów użytkowych, np.: wydajność, stabilność, bezpieczeństwo wewnętrzne.
- W sterowaniu celem modelowania jest:
 - spełnienie kryteriów użytkowych określonych przez warunki pracy, np.: optymalizacja statyczna, sterowanie adaptacyjne;
 - badanie zachowania się systemu w sytuacjach awaryjnych;
 - badania procesu rozruchu i zakończenia pracy w celu ich automatyzacji.

Powyższe trzy obszary, w których umiejscowiona jest działalność związana z modelowaniem, mają swoje odbicie w opisie prezentowanym przez Kac’a i Yukawę.

Filozofia modelowania (Jaworski 1992)⁸

Przystępując do modelowania określonego zjawiska lub urządzenia należy zdawać sobie sprawę z tego, że:

- Model odwzorowuje tylko niektóre zjawiska lub właściwości obiektu (istotne z punktu widzenia przeznaczenia modelu), przedstawiając je w postaci równania wiążącego wielkości wejściowe (modelujące przyczyny istotnych zjawisk zachodzących w obiekcie lub czynniki odpowiedzialne za jego istotne właściwości) z wielkościami wyjściowymi (modelującymi przejawy tych zjawisk lub właściwości). A zatem jak stwierdza również Garbacik (1997) „*Nie istnieje obiektywnie dokładny model, istnieją tylko modele właściwie zorientowane i uszczególnione dla danej pracy*”.
- Na zjawiska i właściwości istotne z punktu widzenia modelu mają wpływ również inne zjawiska zachodzące w obiekcie i jego otoczeniu. W celu uniezależnienia się od ich wpływu ustala się dla nich wagi statystyczne, stabilizując w ten sposób rolę wielkości najistotniejszych.
- Poznanie zjawisk w obiekcie ma zawsze ograniczony charakter i dlatego wielkości wpływające nie opisują wszystkich zjawisk, a ich stabilizacja nie eliminuje wpływu innych zjawisk na wyjściu.

Tak więc model reprezentuje trzy rodzaje wiedzy (Eykhoff, 1980):

- O strukturze – wyrażoną w postaci tożsamości matematycznych, schematów blokowych, schematów przepływowych lub;
- O wartościach parametrów – tzn. wielkościach niezależnych od sygnału wejściowego lub zmiennych niezależnych;
- O wartościach zmiennych zależnych (współrzędnych stanu) – w pewnej chwili lub w postaci funkcji czasu.

Założenia upraszczające

Mając świadomość braku możliwości pełnego odwzorowania opisywanej rzeczywistości w celu zwiększenia efektywności modelowania należy poczynić stosowne uproszczenia. Ogólne postępowanie pozwalające na stworzenie prostszych modeli przedstawił, np. Cannon (1973)⁹ stwierdzając, że: – należy pomijać małe wpływy; – należy starać się zastąpić parametry rozłożone parametrami skupionymi; – należy dążyć do stosowania prostych liniowych (zlinearyzowanych) zależności między zmiennymi fizycznymi opisującymi przyczyny i skutki, -jeżeli to możliwe,

⁸ Jaworski J. (1992): Wstęp do metrologii i technik eksperymentu. Warszawa. WNT

⁹ Cannon R. H. jr. (1973): Dynamika układów fizycznych. Warszawa. WNT

założyć, że parametry fizyczne nie zmieniają się w czasie. Na podkreślenie zasługuje fakt, że przyjmując określone założenia upraszczające powinno się określić przybliżoną (szacunkową) wartość błędu, który powstanie podczas obliczeń modelu.

1.1.1 PODSTAWOWE POJĘCIA

System

Hall i Fagen¹⁰ zdefiniowali pojęcie systemu następująco: „(..) *system... jest zbiorem obiektów oraz relacji między tymi obiektami i między ich własnościami*”. Cechą charakterystyczną systemu, zgodnie z przytoczoną definicją, jest to, że na przykład w wyniku oddziaływań zewnętrznych wszelkim zmianom ulegają tak własności charakteryzujące obiekty, jak i relacje między nimi. Elementami tworzącymi system są:

- **proces** - jako zjawisko świata materialnego, niesprowadzalne do kategorii osób lub rzeczy (np. proces produkcji);
- **struktura** - jako pewne niezmiennie w czasie warunki uczestniczące w procesie, ale same nie przekształcające się w proces (np. narzędzia pracy).

(proces) + (struktura) = (SYSTEM)

Systemem w tym rozumieniu może być np.: proces - proces podejmowania optymalnych decyzji przez pilota; struktura konstrukcja samolotu wielozadaniowego. W wyniku wielostronnych ćwiczeń, które pilot odbywa w trakcie szkolenia, zmieniają się jego własności psychofizyczne (np. czas reakcji na bodźce sensoryczne) a tym samym system też ulega rozwojowi poprzez zmianę własności jednego z ogniw go tworzących.

Weryfikacja

Weryfikacja polega na porównaniu wyników modelowania z wynikami zachowania się systemu rzeczywistego, z punktu widzenia zgodności z wiedzą teoretyczną oraz badaniami doświadczalnymi. W niektórych przypadkach to, co określamy mianem systemu rzeczywistego jest też modelem, ale bardziej dokładnym, traktowanym jako wzorzec.

Przyjmuje się następujące kryteria zgodności modelu z rzeczywistością:

Kryteria wewnętrzne - dotyczą wewnętrznych cech modelu:

- zgodność formalna – brak sprzeczności koncepcyjnej i matematycznej;
- zgodność algorytmiczna -spójność matematycznych relacji tworzących model,

¹⁰ W Weinberg w 1979

Kryteria zewnętrzne – dotyczą celów modelowania i zgodności modelowanych zjawisk z teorią i danymi doświadczalnymi:

- zgodność heurystyczna – dotyczy walorów naukowych modelu; zdolności interpretacji za jego pomocą określonych zjawisk, weryfikacji hipotez, formułowania nowych zadań badawczych;
- zgodność pragmatyczna – dotyczy bezpośrednio wyników modelowania; jej stwierdzenie wymaga porównania wyników modelowania z zachowaniem się systemu przy tych samych wymuszeniach; w tej grupie kryteriów należy wyróżnić:
 - zgodność replikatywną – z godność wyników modelowania z rzeczywistością w badanym polu ograniczeń;
 - zgodność predykatywną -zgodność wyników modelowania z rzeczywistością poza polem ograniczeń, dla których model był tworzony;
 - zgodność strukturalną - konieczną do uzyskania przy studiowaniu praw natury.

Mozna przyjąć, że weryfikacja odbywa się przez:

- porównanie wyników badań z wynikami uzyskanymi innymi metodami, o znanym stopniu wiarygodności, pod warunkiem wprowadzenia tych samych danych wejściowych i w porównywalnym zakresie obszaru rozwiązań;
- porównywanie wyników badań z wynikami eksperymentalnymi;
- porównanie wyników badań z wynikami uzyskanymi metodami analitycznymi, w zakresie zgodności stosowania, obu metod;
- przeprowadzenie tzw. weryfikacji logicznej, kiedy zgodnie z sensem fizycznym model reaguje na zmiany danych wejściowych – jedynie przy analizie wstępnej zjawisk mało poznanych i nie badanych empirycznie.

Identyfikacja

Na ogół wiedza teoretyczna nie wystarcza do nadania modelowi systemu postaci, np. umożliwiającej dokonania konkretnych obliczeń. Zwykle nie są znane wartości liczbowe, niektórych współczynników - parametrów modelu. Wiedzę tę uzyskuje się przez identyfikację, np. parametrów modelu. Identyfikacja jest to określona na podstawie wejść (x) i wyjść (y) przynależność badanego układu do określonej klasy układów, względem których jest on równoważny. Przyjmując, że badane zjawisko jest wywołane wielkościami x_i ($i = 0 \dots k$) i charakteryzuje go tylko jedna wielkość skalarna, na podstawie eksperymentu jesteśmy w stanie określić relację: $y = f_e(x_i)$

Z rozwiązania modelu matematycznego wiemy, że $y = f_m(x_i)$.

Tym samym identyfikację modelu możemy uznać za zadowalającą, jeżeli spełniona jest nierówność: $(f_e(x_i) - f_m(x_i)) < e$, gdzie e - jest założonym błędem modelowania.

Niejednokrotnie z uwagi na możliwość uzyskania wiedzy o modelowanej rzeczywistości, tylko i wyłącznie z badań eksperymentalnych, ocenę nieznanymi parametrów przeprowadza się z wykorzystaniem danych statystycznych. Z takim podejściem do modelowania związane jest pojęcie estymacji jako statystycznej oceny nieznanymi parametrów. Wyróżnia się estymację parametrów i estymację stanu.

Estymacja parametrów jest to doświadczalne wyznaczenie wartości parametrów rządzących dynamiką i (lub) nieliniowym zachowaniem się procesu, przy założeniu znanej struktury modelu procesu.

Estymacja stanu stosowana jest wówczas, gdy istnieje konieczność uzyskiwania ciągłej informacji o procesie (diagnostyka).

Stan procesu jest to zmienna (wektor), która razem z sygnałem wejściowym całkowicie określa zachowanie się procesu.

J. M. Szymański (1991)¹¹ - określił identyfikację jako proces poznawczy, który z dostrzegalnych cech przedmiotu wydobywa te, które dla nas (w danym miejscu i czasie) są istotne. Sprowadza się ona tym samym do:

- określenia kryteriów identyfikacji -tego co jest istotne;
- opisanie modelu systemu -im większym zbiorem informacji dysponujemy, tym większego znaczenia nabiera odrzucanie informacji;
- ustalenia, że dana rzeczywistość spełnia nasz model.

W zależności od sposobu, w jaki uzyskuje się dane niezbędne do identyfikacji modelu, można podzielić identyfikację na:

- bierną - niezbędne dane uzyskuje się podczas normalnej pracy systemu;
- czynną - planuje się i przeprowadza odpowiedni eksperyment.

Okazać się jednak może, że normalna praca systemu odbywa się w warunkach statycznych i uniemożliwia tym samym poznanie innych stanów. Identyfikacja wówczas może być przeprowadzona:

- jednorazowo;
- bieżąco (gdy system podlega istotnym zmianom w czasie). W podsumowaniu należy stwierdzić, że generalnie proces identyfikacji jest zadaniem odwrotnym do procesu weryfikacji.

¹¹ Szymański J. M. (1991): Życie systemów. Warszawa. Wiedza powszechna

Struktura (Jaworski 1992)¹²

Struktura jest cechą podobieństwa modeli. Dwa modele (bez zakłóceń) mają identyczną strukturę, jeżeli między wejściami i wyjściami jednego z nich (M'), a wejściami i wyjściami drugiego (M'') można ustalić wzajemnie jednoznaczną odpowiedniość, taką że odpowiadające sobie wielkości mają identyczne przestrzenie zmienności, a równania obydwu modeli różnią się tylko wartościami współczynników.

Sterowalność

O sterowalności mówimy wówczas, jeżeli można znaleźć taki wektor sterujący (nieograniczony), który sprowadza układ z dowolnego stanu początkowego do jakiegokolwiek, określonego z góry, stanu końcowego w skończonym czasie.

Obserwowalność

Obserwowalność jest miarą oceny możliwości określenia na podstawie sygnału wyjściowego stan procesu. Kanał dostarczający tej informacji nazywa się sprzężeniem zwrotnym, a sama informacja podlega selekcji przez identyfikację.

Nieadekwatność

Nieadekwatność dotyczy samej struktury modelu, a wynika z ograniczonej poznawalności rzeczywistości i objawia się:

- pominięciem, spośród wielkości modelującej system, czynników istotnych dla przebiegu zjawiska w systemie i właściwości systemu (np. zły dobór założeń upraszczających model);
- niewłaściwą specyfikacją wielkości modelujących system (wejść, wyjść, pływających);
- przyjęciem niewłaściwego typu równania (równań) modelu.

Niedokładność

Niedokładność spowodowana jest najczęściej przez:

- błędy wynikłe ze źle przyjętej metody identyfikacji parametrów modelu oraz błędów jej realizacji (błąd obliczeń);
- błędy jakimi obarczone są dane użyte do identyfikacji parametrów modelu.

Źródłem błędu modelu jest tak nieadekwatność struktury, jak i niedokładność identyfikacji.

Trudno jest jednak określić ilościowo, w jakim stopniu oba czynniki w nim partycypują.

¹² Jaworski J., (1990): Wstęp do metrologii i techniki eksperymentu. Warszawa. WNT

Komplementarność

Z komplementarnością mamy do czynienia wówczas, jeżeli otaczająca nas rzeczywistość może zostać opisana na dwa zasadniczo odmienne sposoby, które się nawzajem uzupełniają. Wówczas:

- Jeden opis uzupełnia drugi. Każdy z nich jest prawdziwy, gdy odnosi się do odpowiadających mu własności systemu. Przykładem może być opis zjawisk cieplnych z wykorzystaniem tennodynamiki fenomenologicznej lub tennodynamiki statystycznej.
- Zastosowanie jednego opisu wyklucza zastosowanie drugiego. Na przykład: jeżeli chcemy zmierzyć dokładnie prędkość elektronu, korzystamy z jego własności falowych. Jeżeli natomiast chcemy określić jego położenie traktujemy go jak cząstkę odcinając się od jego własności falowych.

1.1.2 KLASYFIKACJA MODELI

W rozwoju historycznym zastosowanie modeli jako narzędzia badawczego charakteryzowało się wzrastającym poziomem ich abstrakcji, prowadzącym od modeli o postaci fizycznej do modeli symbolicznych.

Stwierdzenie to jest zgodne z refleksją wyrażoną przez Bertalanffy'ego (1984)¹³: „(..) *postęp nauki sprowadza się do doskonalenia języka. Istnieje ograniczona liczba podstawowych idei nauki, które powracają wciąż na spirali nowych poziomów hierarchii języka nauk*”.

Jest to także spójne z myślą wyrażoną przez Weinberga (1970)¹⁴: „*Często doniesienie o nowym odkryciu to nic innego jak eliminacja ograniczenia wniesionego przez innego badacza*”.

Rozwój modeli

według Gutenbauma (1993)¹⁵:

- modele „w skali” – mapy, plany, tunel aerodynamiczny – oddane jest przede wszystkim podobieństwo geometryczne (trudniej kinetyczne i dynamiczne); w celu zbliżenia do rzeczywistości stosuje się kryteria podobieństwa najczęściej w postaci bezwymiarowej;

¹³ Bertalanffy L. (1984): *Ogólna teoria systemów*. Warszawa. PWN

¹⁴ Weinberg G. M. (1979): *Myślenie systemowe*. Warszawa. WNT.

¹⁵ Gutenbaum J. (1993): *Modelowanie matematyczne systemów*. Warszawa. Omnitech Press.

- modele oparte na analogii w wąskim sensie – a więc odpowiednia zgodność wielkości fizycznie różnych, np. modele elektryczne systemów mechanicznych; w XIX wieku próbowano modelować zjawiska elektromagnetyczne systemami mechanicznymi; w połowie XX wieku z uwagi na łatwość pomiarów elektrycznych analogia poszła w przeciwnym kierunku;
- modele abstrakcyjne (matematyczne) – w postaci relacji matematyczno-logicznych; najczęściej uzyskuje się wyniki jakościowe, aczkolwiek działa tu dialektyczna zasada, że „ilość przechodzi w jakość”;
- modele komputerowe – model matematyczny uzupełniony o liczbowe wartości parametrów, kształt charakterystyk nieliniowych itp.

według **Eykhoffa (1980)**¹⁶:

- modele koncepcyjne (fenomenologiczne) – np. ptolemeuszowski model cykloidalnych ruchów planet;
- modele fizyczne (empiryczne) – np. kopernikański model Układu Słonecznego powstały z obserwacji ruchów Ziemi (obserwatora), jak i obserwowanych planet;
- modele matematyczne (analityczne) – np. opisany przez Keplera system planetarny, który pozwala na ilościowe przewidywania zjawisk.

według **Jaworskiego (1992)**¹⁷:

Biorąc pod uwagę charakter wielkości wejściowych i wyjściowych, modele można podzielić na:

- statyczne – wszystkie wielkości są stałe;
- dynamiczne – przynajmniej część wielkości zależy od czasu;
- punktowe – o stałych skupionych - niezależność relacji wejście – wyjście od współrzędnych przestrzennych;
- polowe – o stałych rozłożonych - zależność wielkości wejście – wyjście od współrzędnych przestrzennych.

Jak wspomniano wcześniej można, w wyniku przyjętych założeń upraszczających, przejść od jednego typu modelu do innego, stosownie do określonego celu modelowania.

Model matematyczny

Modelem matematycznym nazywa się skończony zbiór symboli i relacji matematycznych oraz bezwzględnie ścisłych zasad operowania nimi. Zawarte w modelu symbole i relacje muszą mieć

¹⁶ Eykhoff P. (1980): Identyfikacja w układach dynamicznych. Warszawa. PWN

¹⁷ Jaworski J., (1990): Wstęp do metrologii i techniki eksperymentu. Warszawa. WNT

interpretację odnoszącą się do konkretnych elementów modelowanego wycinka rzeczywistości. Należy zdawać sobie sprawę z faktu, że zbiór symboli i relacji matematycznych – to twór abstrakcyjny, a czynnikiem przekształcającym go w model matematyczny jest fizyczna interpretacja tych relacji i symboli.

Podstawowe zadanie badacza to wysiłek intelektualny skierowany na formułowanie hipotez, wyciąganie wniosków analitycznych i syntezę wyników. Stąd też niebagatelne znaczenie, w procesie modelowania matematycznego, ma właściwe opracowanie aksjomatów i hipotez oraz wynikających z nich twierdzeń.

Zgodnie z Grabińską (1994)¹⁸, model opracowany z wykorzystaniem układu symboli i upraszczających założeń nazywa się modelem normalnym. Jeżeli skonstruowano go tak, że jest on przedmiotem lub zjawiskiem, które wyobrażają obiekt modelowany, to wówczas nazywa się go modelem realnym lub materialnym. Jak dalej stwierdza Grabińska (1994) „*model realny jest wtórny wobec modelu normalnego dlatego, że bez uprzedniego teoretycznego wyobrażenia modelowanego obiektu, niemożliwe byłoby zbudowanie lub wybranie przedmiotu modelowanego*”.

Etapy budowy modelu matematycznego

Ogólną postać metodyki dochodzenia do modelu matematycznego przedstawili Sakate i Takatami, która znana jest pod nazwą „teorii trzech etapów”:

- wytłumaczenie zjawiska, poznanie szczegółów i ustalenie pewnych prawidłowości;
- opracowanie modelu jakościowego w celu wyjaśnienia tych prawidłowości;
- opracowanie dokładnej matematycznej teorii.

Dość użyteczną kolejność etapów budowy modelu matematycznego przedstawia poniższy schemat:

- *sformułowanie celów modelowania;*
- *wybór kategorii modelu i określenie jego struktury;*
- *identyfikacja modelu;*
- *algorytmizacja modelu;*
- *weryfikacja obliczeń (modelu).*

Etapy te są zależne od siebie i należy je uściślać, np. przez iterację po przejściu przez każdy z etapów.

¹⁸ Grabińska T. (1994): *Poznanie i modelowanie*. Wrocław. Oficyna Wyd. PWr.

Wybór kategorii modelu i określenie jego struktury

Polega on na opracowaniu niesprzecznych relacji matematyczno-logicznych. Model matematyczny musi spełniać następujące wymagania:

- zgodność z modelowanym systemem w zakresie interesujących nas zależności;
- łatwość użytkowania zgodnie z przeznaczeniem.

Wymagania te są wzajemnie sprzeczne, gdyż:

- model spełniający warunek drugi, w swej istocie będący uproszczonym, może zniekształcić pogląd na rzeczywistość;
- model spełniający warunek pierwszy, przez swoje naturalne skomplikowanie, może okazać się bezużyteczny.

Przy wyborze kategorii modelu i jego struktury doniosłe znaczenie ma problem istotności – czyli opracowanie trafnego zbioru hipotez wyróżniających to co jest istotne dla celów modelowania i powinno znaleźć odbicie w modelu.

Na podstawie np. (Jaworski 1992), spośród kategorii modeli mamy do wyboru:

- statyczne lub dynamiczne;
- o parametrach rozłożonych (polowe) lub skupionych (punktowe);
- dyskretne;
- całkowitoliczbowe lub binarne;
- modele korelacyjne lub przyczynowe;
- deterministyczne lub stochastyczne.

Algorytmizacja obliczeń

Algorytmizacja to określenie spójnego logicznego sposobu postępowania w celu rozwiązania równań i nierówności tworzących model. Wyróżnia się następujące metody ich rozwiązania:

- analityczne – w postaci funkcji jawnej;
- numeryczne – za pomocą procedur numerycznych;
- symulacyjne – pod względem struktury metoda ta odpowiada eksperymentowi.

Generalnie we wstępnym etapie modelowania należy zastosować takie uproszczenia, które pozwoliłyby na uzyskanie rozwiązania analitycznego, gdyż pozwala ono na wyciągnięcie wielu wniosków o właściwościach systemu, takich jak jego wrażliwość, stabilność, itp.

W celu określenia poprawności modelu koniecznym jest sprawdzenie jego wrażliwości na zmianę parametrów niezależnych, które go tworzą. W trakcie modelowania można określić jego wrażliwość względną oraz bezwzględną. Jeżeli wrażliwość względną nie ma wartości większej niż $10^4 \dots 10^6$, to przyjmuje się, że model wykonany jest poprawnie.

1.1.3 WYMAGANIA STAWIANE MODELOM

Tworząc model danej rzeczywistości należy mieć na uwadze to, aby spełnione zostały następujące wymagania (Bertalanffy, 1984):

- liczba aksjomatów pozwalających na stworzenie modelu powinna być jak najmniejsza. Nie mogą być one wewnętrznie sprzeczne. Zawsze należy sprawdzić czy następnych, które zostały opracowane, nie można wyprowadzić z wcześniejszych;
- należy dążyć do uzyskania rozwiązania analitycznego, gdyż pozwoli ono na twórcze działanie;
- wiedza o procesie musi być przedstawiona w formie użytecznej; – tworząc model należy zawsze postawić sobie następujące pytania:
 - jaką kategorię modelu chce się uzyskać?
 - czy ma być on nieliniowy czy zlinearyzowany?
 - czy model ma być realizowany off-line (prosty określony bezpośrednio)
 - czy on-line (otwarty z możliwością adaptacji)?
- należy określić czy podczas jego tworzenia i realizacji muszą być brane pod uwagę względy ekonomiczne;
- nie należy się bać modeli jakościowych gdyż lepiej mieć je, niż nie wiedzieć nic;
- nigdy nie należy dążyć do osiągnięcia zerowego błędu, gdyż włożony w to wysiłek osiąga wówczas nieskończoność;
- należy dążyć do uzyskania małego błędu, dużej dokładności, małego rozrzutu i małej nieokreśloności.

Ograniczenia

Całość procesu modelowania obarczona jest dość istotnymi ograniczeniami, które nie tylko w sposób znaczący wpływają na poznanie rzeczywistości, ale również skłaniają do głębszej refleksji nad uzyskanymi wynikami. Do podstawowych ograniczeń tego procesu należą:

- **Metodyczne** – związane z koniecznością śledzenia postępów matematyki światowej i doskonaleniem własnego aparatu matematycznego, co w chwili obecnej jest wręcz niemożliwe do osiągnięcia.
- **Epistemiologiczne** – poznawcze. Sprowadzają się one do obiektywnej nieuniknioności przyjęcia – takich czy innych – założeń matematycznych i ogólnoteoretycznych. Założenia matematyczne określają ramy rzetelnej stosowalności modelu. Wnioski

z modelu nie mogą bowiem wyjść poza te założenia. Modele matematyczne powstają czasami po założeniu sterowalności zmiennych, nie zawsze w pełni sterowalnych.

- **Obliczeniowe** – związane z możliwościami maszyn cyfrowych. Niejednokrotnie musimy się godzić na mniej precyzyjne modele pozwalające, w czasie możliwym do przyjęcia, na uzyskanie określonej wiedzy o rzeczywistości.
- **Informacyjne** – związane z brakiem, niekompletnością, nierzetelnością i sprzecznością niezbędnych informacji. Należy się jednak bronić przed zalewem informacji dostępnych, ale zbędnych. Niebagatelne znaczenie nabiera we współczesnym świecie umiejętność selekcji napływających informacji.
- **Aplikacyjne** – związane z zastosowaniem. Wynikają bądź to z braku zainteresowania odbiorcy rozwiązaniem lub z niemożliwością, w danej chwili, ich technicznej realizacji.

1.1.4 PRZYKŁADY BUDOWY MODELI MATEMATYCZNYCH

Równania bilansowe

Istnieją dwie drogi tworzenia relacji równościowych modelu matematycznego: analityczna, wynikająca z ugruntowanej wiedzy teoretycznej o modelowym zjawisku oraz empiryczna, poprzez zaobserwowane korelacje. Stosowanie zależności empirycznych wynika z konieczności, a więc albo z braku odpowiedniej teorii, albo też z tego, że teoria taka jest zbyt skomplikowana, aby mogła być praktycznie użyteczna. Dobrym przykładem konieczności stosowania zależności empirycznych są modele zjawisk hydrodynamicznych, w przypadku przepływu burzliwego cieczy ściśliwych. Brak jest ogólnej teorii takich zjawisk, a teoria pewnych przypadków szczególnych jest bardzo skomplikowana. Stosuje się więc z powodzeniem wzory empiryczne, na przykład określające przepływ między punktami o różnym ciśnieniu hydrodynamicznym.

Układanie relacji równościowych polega na bezpośrednim lub pośrednim bilansowaniu wybranych wielkości fizycznych, podlegających prawom zachowania lub innym podstawowym prawom fizyki, jak zasada najmniejszego działania, prawa Newtona bilansowania sił. Zagadnienie tworzenia relacji równościowych nie można omówić w sposób wyczerpujący, w rozsądnie ograniczonej objętości, gdyż jest ono przedmiotem zainteresowania, nie tylko fizyki i techniki, ale i innych nauk, w których występują czynniki materialne.

W systemach, w których mamy do czynienia z wielkościami materialnymi, bilansowaniu najczęściej podlegają wielkości, które podporządkowane są bezpośrednio lub pośrednio zasadom zachowania: masy i energii, ładunku, pędu i momentu pędu. Oczywiście stosowanie określonych

zasad zachowania wymaga głębokiej znajomości modelowanych zjawisk. Chodzi zarówno o to, by uwzględnić wszystkie istotne składowe sumowanych wielkości jak i o poprawność stosowania odpowiednich zasad. Na przykład zasady zachowania pędu i momentu pędu są słuszne, tylko w przypadku braku pola zewnętrznego, lub w ograniczonym zakresie – w polu jednorodnym¹⁹.

W systemach ekonomiczno-społecznych odpowiednikiem energii, czy masy, są wielkości, jak: zasoby finansowe, siła robocza; odpowiednikiem mocy są zdolności przerobowe, zatrudnienie. Powszechność praw zachowania, na których opiera się gmach fizyki klasycznej, jest podstawą formułowania analogii między różnorodnymi zjawiskami. Mimo ograniczonego zakresu wszelkich analogii, mają one olbrzymie znaczenie przy modelowaniu matematycznym. Można bowiem na ich podstawie przenosić wiedzę z dziedzin dobrze znanych i bardziej podatnych do analizy i eksperymentu – do innych dziedzin. W charakterze przykładu można wysnuć analogię między wielkościami fizycznymi, w elektrotechnice, hydrodynamicie i termodynamicie. Kluczową rolę odgrywają dwie wielkości: wielkość bilansowana oraz potencjał. Potencjał jest to wielkość, która charakteryzuje stopień zapełnienia zbiornika przez wielkość bilansowaną, mającą tę właściwość, że wydatek kanału łączącego dwa zbiorniki, zależy jedynie od ich potencjałów. Pozwala to na wyrażanie przepływów w funkcji potencjałów. Analogie mogą być rozszerzone na zjawiska wykraczające poza dziedzinę fizyki. Na przykład, przy modelowaniu procesów migracyjnych zakłada się, że strumienie migracyjne skierowane są od ośrodków o niższych zarobkach średnich (potencjał) do ośrodków o zarobkach wyższych. Przy badaniu rozptyłów kapitałowych na rynkach międzynarodowych analogiem potencjału może być stopa procentowa w różnych krajach.

Przykład - JEDNORÓWNANIOWY MODEL EKONOMETRYCZNY W ZASTOSOWANIU DO PROGNOZY

Można zadać pytanie, po co wprowadzać matematykę do podejmowania decyzji w zarządzaniu. Niektórzy mogą wątpić w celowość stosowania komputerów jako wsparcia w procesie podejmowania decyzji. Nikt nie odmawia dziś komputerom użyteczności, ale czy nie wystarczy to, co mamy rejestracja i przetwarzanie danych, telekomunikacja, poczta elektroniczna i internetowe aplikacje sieciowe?

¹⁹ Landau L., Lifszyc E.: ika. PWN, Warszawa 1966

Opis matematyczny i wspierane komputerami metody przetwarzania informacji są koniecznym – choć niewystarczającym – warunkiem sukcesu w zarządzaniu przedsiębiorstwami gospodarczymi. Brak zrozumienia tego faktu jest jedną z najważniejszych barier stosowania metod, które w gruncie rzeczy są proste i logiczne. Dlatego postaram się dowieść nie tylko opłacalności, ale wręcz konieczności stosowania w zarządzaniu metod ilościowych. O udanej implementacji przesądza bowiem niekiedy nie tylko przedstawienie projektu rozwiązania, ale i zdolność do pokonania uprzedzeń.

Organizacje gospodarcze stają się coraz większe i coraz bardziej skomplikowane. Obserwacja ta nie zależy od tego, czy jako miary wielkości organizacji użyjemy wielkości zatrudnienia, produkcji czy zakresu działania, a stopień komplikacji odniesiemy do procesu wytwarzania produktu lub usługi, struktury funkcjonalnej czy administracyjnej.

Istnieją dwie ważne konsekwencje rosnącej złożoności organizacji gospodarczych. Pierwszą z nich jest zwiększenie trudności w podejmowaniu decyzji, a druga – koszt błędu. Na trudność w podejmowaniu decyzji składają się trzy czynniki: zakres przetwarzanych informacji, złożoność relacji między elementami organizacji oraz ograniczony czas (konieczność szybkiej reakcji) w warunkach konkurencji. Na wzrost znaczenia popełnionych błędów wpływają szczególnie dwa czynniki: skala działania organizacji gospodarczych, która zwielokrotnia negatywne skutki błędu i koszt utraconych możliwości w przypadku stosowania nieoptymalnych rozwiązań.

Dlaczego więc takie błędy występują i czemu nie stosuje się rozwiązań przybliżonych zamiast optymalnych? Można wskazać na kilka ważniejszych przyczyn tego stanu rzeczy. Otóż, w miarę wzrostu złożoności opisywanych problemów zawodzą metody oparte na intuicji. Zwiększa się wpływ oddziaływań interpersonalnych o podłożu subiektywnym i psychologicznym, a także wpływ czynników niekontrolowanych, tzw. Deformacji poznawczych (np. zaniżania i zawyżania prawdopodobieństw zdarzeń). Proste intuicyjne oszacowania obarczone są błędami, które są proporcjonalne do skali: małe w przypadku problemów kilkuwariantowych i duże, gdy występują tysiące wariantów. Zwiększa się zatem czas potrzebny do dokonania oszacowań, nawet jeśli wymagają prostych obliczeń.

Dlatego stosowanie metod ilościowych może wyeliminować błędy związane z subiektywizmem podejmującego decyzje oraz brakiem kontroli nad wpływem sposobu podejmowania decyzji na ich skutki. Opis matematyczny stanowi podstawę stosowania komputerowego wsparcia podejmujących decyzje. To zaś pozwala unikać błędów obliczeniowych i zyskać na czasie, a minimalizacja kosztów i czasu przygotowania decyzji to podstawowe warunki konkurencyjności.

Model powstaje w wyniku eliminacji cech uznanych za nieistotne. Ta eliminacja ma dwojaki charakter, obiektywny i subiektywny. Model musi bowiem odzwierciedlać własności obiektywne, gdy opisuje rzeczywistość poznaną naukowo. Ale model zawiera również elementy subiektywne, gdy odnosi się do celów podejmującego decyzję, który choć sam jest bytem obiektywnym i rzeczywistym, ma prawo do własnego, subiektywnego formułowania swoich celów. Dlatego dopóki nasze cele są identyczne, dopóty i nasze modele są identyczne, gdyż są oparte na tej samej obiektywnej wiedzy o przedmiocie decyzji. Gdy wiedza traci swój uniwersalizm, to budując model, różne szczegóły, a zatem i modele są zróżnicowane. Z przypadkiem takim mamy do czynienia często w ekonomii, gdzie analitycy z różnych szkół, dążąc do tych samych celów, tworzą inne modele gospodarki.

Można wyróżnić dwie fazy procesu wykorzystania modelu. Pierwsza faza – obserwacji i opisu (budowy modelu) – poświęcona jest analizie problemu, zebraniu danych, ustaleniu i zapisaniu fundamentalnych elementów i relacji między nimi. Faza druga to faza testowania i wdrażania. W fazie tej wyznaczane są rozwiązania, a model poddawany jest testom w celu ustalenia: w jaki sposób otrzymane rozwiązanie zależy od parametrów, czy odpowiadają one wstępnym oczekiwaniom, jakie byłyby skutki zmian otrzymanego rozwiązania itp. Model pozwala monitorować proces wdrażania.

Przy budowie modelu wyróżniamy etapy: identyfikacji problemu i konstrukcji modelu, konstrukcji modelu, testowania modelu, wyznaczania rozwiązania oraz analizy wrażliwości (testowanie) rozwiązania.

Identyfikacja problemu polega na określeniu, kto jest decydentem, ustaleniu celów, dokonaniu opisu wariantów decyzji za pomocą zmiennych decyzyjnych oraz określeniu kryteriów. Konstrukcja modelu polega na znalezieniu liczbowych charakterystyk wariantów oraz (funkcyjnych) zależności między wariantami i ocenami.

Kolejny etap sprowadza się do ustalenia matematycznej metody wyznaczenia rozwiązania i dokonania analizy otrzymanego wyniku, a następnie doskonalenia wyniku przez modyfikację struktury problemu i parametrów modelu. Chodzi tu o to, aby wyeliminować zmienne, które są niepotrzebne, gdyż utrudniają interpretację, a ich wpływ na rozwiązanie wydaje się nieistotny lub o dołączenie nowych elementów do modelu (zmiennych lub kryteriów) w przypadku, gdy wnioskowanie na podstawie otrzymanych rozwiązań jest sprzeczne z doświadczeniem osoby podejmującej decyzję, a wreszcie o korekty parametrów liczbowych (tzw. kalibrowanie) modelu.

W trakcie przeprowadzania analiz ekonomicznych często formułuje się hipotezy, że zmienność określonej kategorii ekonomicznej zależy od zmienności innych kategorii ekonomicznych.

Po sformułowaniu hipotezy stajemy przed problemem jej weryfikacji. Niezbędne jest zatem zbadanie ilościowej zależności między wartościami ustalonej kategorii ekonomicznej a wartościami innych kategorii ekonomicznych. Wyznaczaniem takich zależności i ich analizą zajmuje się dyscyplina naukowa zwana ekonometrią, której podstawą badań jest model ekonometryczny.

Modelem ekonometrycznym nazywamy równanie lub układ równań opisujących zależności pomiędzy wybranymi kategoriami – zmiennymi ekonomicznymi. Model składający się z jednego równania nazywamy jednorównaniowym modelem ekonometrycznym. Zmienne objaśniające reprezentują kategorie ekonomiczne będące przyczynami zmian wartości zmiennej objaśnianej. Element równania ε jest zmienną losową tradycyjnie nazywaną składnikiem losowym modelu. Wprowadzenie do równania składnika losowego sprawia, że równanie to staje się zależnością stochastyczną (losową). Składnik losowy reprezentuje błąd wynikający z określania wartości zmiennej Y za pomocą przyjętego zestawu zmiennych objaśniających $X_0, X_1, X_2, \dots, X_k$. Błąd ten może wynikać np. z niekompletnej listy zmiennych objaśniających uwzględnionych w modelu w porównaniu z listą czynników realnie mających wpływ na zmienna objaśnianą, z niedoskonałego sposobu pomiaru wartości zmiennych objaśniających jak też z niewłaściwie dobranej zależności funkcyjnej.

Jeśli przyjmiemy założenie, że funkcja f jest funkcją liniową, to otrzymamy jednorównaniowy, liniowy model ekonometryczny

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_{1t} + \dots + \alpha_k X_{kt} + \varepsilon_t$$

gdzie:

$\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_k$ - parametry strukturalne modelu,

Gdy w modelu zmienna X_0 jest tożsamościowo równa 1, to wówczas parametr α_0 nazywamy wyrazem wolnym modelu ekonometrycznego.

Parametry strukturalne modelu ekonometrycznego szacuje się na podstawie zebranych informacji statystycznych o zmiennej objaśnianej i zmiennych objaśniających. Oszacowany model podlega następnie weryfikacji merytorycznej i statystycznej. Weryfikacja merytoryczna przesądza o zgodności interpretacyjnej modelu z przyjętą teorią ekonomiczną

badź potwierdza postawioną hipotezę. Procedura weryfikacji statystycznej składa się z wielu testów statystycznych.

W toku weryfikacji postać modelu i liczba występujących w nim zmiennych objaśniających może być zmieniana, a jego parametry powtórnie szacowane. Po zakończeniu etapu weryfikacji modelu ekonometrycznego, można użyć go m.in. do prognozowania, czyli do przewidywania przyszłych wartości zmiennej objaśnianej.

W modelowaniu ekonometrycznym zmiennymi modelu powinny być takie kategorie – zmienne ekonomiczne, które można zmierzyć. Zmienną mierzalną jest np. ilość opadów na danym terenie w danym czasie, ale poziom zadowolenia społecznego nie należy już do zbioru zmiennych mierzalnych.

Oprócz zmiennych mierzalnych i niemierzalnych istotnymi pojęciami ekonometrycznymi są: szeregi czasowe i dane przekrojowe. Ważną cechą szeregu czasowego jest uporządkowanie tworzących go obserwacji zgodnie z upływem czasu (np. szereg czasowy odzwierciedlający liczbę ludności Polski w latach 1990 – 2000). Dane przekrojowe są informacjami liczbowymi dotyczącymi obiektów pewnej zbiorowości w ustalonym okresie lub momencie (np. dane o liczbie ludności w miastach wojewódzkich wg stanu na dzień 31.12.1999 r.). O wyborze zmiennych objaśniających do modelu ekonometrycznego, oprócz względów merytorycznych, decyduje również dostępność i porównywalność w czasie danych statystycznych. Jeśli zestaw zmiennych, z których trzeba wybrać zmienne objaśniające, jest liczny, to można stosować specjalne metody wyboru zwane metodami doboru zmiennych objaśniających. Skoro model ekonometryczny opisuje zależność między zmienną objaśnianą a zmiennymi objaśniającymi, to liniowa zależność określona wzorem powinna być prawdziwa dla każdej obserwacji:

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_{1t} + \dots + \alpha_k X_{kt} + \varepsilon_t$$

$$t = 1, 2, \dots, n.$$

Zależność ta po oszacowaniu wartości parametrów strukturalnych ma postać:

$$\hat{Y}_t = a_0 + a_1 X_{1t} + \dots + a_k X_{kt}$$

$$t = 1, 2, \dots, n.$$

gdzie:

$a_0, a_1, a_2, \dots, a_k$ - oznaczają oszacowania parametrów strukturalnych ,

\hat{Y}_t - tzw. wartość teoretyczna zmiennej objaśnianej.

Różnicę $e_t = Y_t - \hat{Y}_t$ nazywamy resztą dla obserwacji t . Wartość każdej reszty dla $t = 1, 2, \dots, n$ zależy od wartości oszacowań $a_0, a_1, a_2, \dots, a_k$. Oszacowanie tych wartości wykonuje się metoda najmniejszych kwadratów. Warto pamiętać o następujących założeniach (tzw. założeniach klasycznych):

- a) zmienne objaśniające są nielosowe i niewspółliniowe,
- b) składnik losowy ξ ma wartość oczekiwaną równą 0 oraz stałą wariancję $D^2(\xi) = \delta^2$,
- c) składnik losowy ξ jest typu: $E(\xi_i, \xi_j) = 0$ dla każdego $i \neq j$ (nie występuje autokorelacja składnika losowego),
- d) kowariancja składnika losowego nie zależy od zmiennych objaśniających, to estymator dany wzorem jest estymatorem nieobciążonym, zgodnym i efektywnymi z macierzą wariancji i kowariancji.

Weryfikacja modelu

Po oszacowaniu parametrów modelu należy sprawdzić, czy oszacowany model dobrze opisuje analizowane zależności. Jeżeli okaże się, że rozbieżność między oszacowanym modelem a danymi empirycznymi jest duża, wówczas należy poprawić model. Przyczyny złej jakości modelu mogą być wielorakie.

Nigdy nie ma pewności czy:

- uwzględniono właściwe zmienne objaśniające,
- wybrano właściwą postać analityczną modelu,
- zastosowano właściwą metodę estymacji parametrów modelu (czy spełnione są wszystkie założenia metody najmniejszych kwadratów).

Wątpliwości te powodują, że przed wykorzystaniem modelu zachodzi potrzeba jego weryfikacji.

Weryfikacja modelu sprowadza się do zbadania:

- czy oszacowany model jest zgodny z rzeczywistością (kierunek wpływu zmiennych objaśniających modelu jest zgodny z rzeczywistością),
- czy oszacowany model jest wystarczająco precyzyjny,
- czy uwzględnione zmienne objaśniające istotnie wpływają na zmienną endogeniczną,
- czy spełnione są założenia klasyczne metody najmniejszych kwadratów.

Po oszacowaniu parametrów strukturalnych modelu, jeżeli stwierdzimy, że znak przy ocenie parametru jest inny niż wynika to z rzeczywistych powiązań, takiego modelu nie można wykorzystać do dalszego wnioskowania. Model taki trzeba przekonstruować i powtórnie oszacować. Przyczyną tego stanu rzeczy może być pominięcie istotnej zmiennej objaśniającej bądź błędne określenie opóźnień czasowych wybranych zmiennych.

Ocena dopasowania modelu do danych empirycznych ma na celu sprawdzenie, czy oszacowany model jest wystarczająco precyzyjny, tzn. czy w odpowiednim stopniu wyjaśnia kształtowanie się wartości zmiennej endogenicznej. Do tego celu służą różne mierniki zgodności modelu z danymi empirycznymi.

Jednym z założeń dodatkowych jest założenie o normalności rozkładu składnika losowego $\xi : N(0, \delta)$. Normalność rozkładu zakłóceń nadaje estymatorowi danemu metodą najmniejszych kwadratów (MNK) wiele właściwości i pozwala na przeprowadzenie szerszej analizy wyników estymacji. Istnieją testy służące do weryfikacji hipotezy o normalności rozkładu zmiennej losowej, np. test λ - Kołmogorowa, test Jarque-Bera, test Shapiro-Wilka czy test zgodności Hellwiga.

2. PRZEWAGA – RZECZYWISTOŚĆ I MODEL

Wiele do tej pory powiedziano, zarówno o samej przewadze, jej istocie, powstawaniu i mechanizmach ją tworzących, jak i roli i miejscu jakie zajmuje we współczesnych poglądach na temat prowadzenia działań bojowych.

Podkreślmy wyraźnie, że na współczesnym polu walki czynniki materialne są nośnikami wartości niewymiernych, będących wyrazem jakościowej przewagi nad przeciwnikiem, jak również, wartości niewymierne będą potęgowały i zwielokrotniały siłę elementów materialnych, stanowiąc o przewadze ogólnej nad przeciwnikiem. Właśnie w tym stwierdzeniu zawarty jest sens pojęcia substytucji wartości wymiernych i niewymiernych. Substytucja tych wartości i próba określenia mechanizmu wymiany była tematem poprzedniej pracy naukowo-badawczej²⁰.

Przewaga ilościowa - jest wielkością wymiarną, określana jest zwykle stosunkiem sił własnych do sił przeciwnika lub poprzez porównanie parametrów i wydajności (skuteczności) sprzętu bojowego przeciwstawnych stron.

Przewaga jakościowa – jest wielkością znacznie trudniej mierzalną niż przewaga ilościowa i zawiera w sobie wszystkie te elementy, które stanowią o roli przygotowania człowieka do prowadzenia walki i nadają walce współczesny wymiar.

Żaden z wymiarów walki (ani ilościowy, ani jakościowy) nie może i nigdy też nie występuje samodzielnie. Największa przewaga intelektualna dowódców i żołnierzy będzie nieskuteczna, jeżeli uzbrojenie wojsk będzie przestarzałe, technicznie zacofane a systemy dowodzenia niesprawne. Twierdzenie to zachodzi również w drugą stronę.

Istotę sztuki wojennej stanowiła i na pewno w przyszłości stanowić będzie walka o zdobycie przewagi nad przeciwnikiem i racjonalne jej wykorzystanie w celu odniesienia zwycięstwa przy jak najmniejszych stratach własnych.

Niezależnie od problemów ze zdefiniowaniem pojęcia przewagi kwestia jej zdobycia i utrzymania jest głównym problemem zainteresowania dowódców i sztabów w ich działalności. Ten bowiem, kto posiada przewagę, czyli góruje nad przeciwnikiem osiąga sukces w walce. Górowanie to może przejawiać się różnorako: pod względem intelektualnych możliwości dowódców i sztabów, pod względem taktyki i sztuki operacyjnej, pod względem lepszego

²⁰ H. Spustek, Analizy porównawcze potencjałów bojowych zgrupowań wojsk w konflikcie zbrojnym, Warszawa, AON 200

uzbrojenia, czy też pod względem większej liczby wojsk w ogóle lub w określonym miejscu i czasie.²¹ Przechodząc do natarcia musimy zapewnić sobie niezbędną przewagę. Wyraża się ona zwykle poprzez przewagę liczebną (materialną), jaką tworzy się w określonym miejscu i czasie. Zazwyczaj też przewaga ta wystarcza, aby uzyskać początkowe powodzenie. Problemem staje się natomiast utrzymanie przewagi w toku natarcia. Utrzymanie przewagi w toku natarcia jest problemem niezwykle trudnym i skomplikowanym. Trudność ta wynika z faktu, że z każdym kilometrem zdobytego terenu będzie następowało naturalne zużycie sił i środków nacierającego. Proste utrzymanie przewagi poprzez wprowadzanie do walki II rzutów i odwodów nacierającego może okazać się niewystarczającym sposobem. W pewnym momencie przestanie to być możliwe. Należy zatem poszukiwać innych sposobów, nie negując oczywiście roli jaką odgrywa ciągle utrzymywanie w dyspozycji odwodów, którymi można wpływać na przebieg walki. Powinny one jednak być użyte w decydujących momentach po spełnieniu określonych warunków.

Podczas natarcia, zgrupowania przeciwnika rozbija się kolejno, porażając je ogniem i uderzeniami oddziałów (pododdziałów) zmechanizowanych i pancernych, przy zdecydowanym ześrodkowaniu wojsk oraz potęgowaniu ich wysiłków przede wszystkim na kierunku głównego uderzenia. Natarcie prowadzi się w szybkim tempie, przenosząc działania w głąb obrony, stosując oskrzydlenie i obejście na lądzie oraz z powietrza, rozcinając ugrupowanie bojowe przeciwnika i niszcząc je częściami. Aby to osiągnąć, należy posiadać nad przeciwnikiem przewagę, zarówno ilościową²² i jakościową²³ a także bezwzględną²⁴ i względną²⁵. Zasadniczy wpływ na utrzymanie przewagi podczas prowadzenia natarcia przez oddział będą miały głównie takie czynniki, jak zdolności (możliwości) bojowe oddziału, manewr i manewrowość, aktywność i zdecydowany charakter działań, czy też zaskoczenie. Możliwości bojowe oddziału – termin, rozumiany zwykle jako określone parametry jakościowe i ilościowe charakteryzujące dany oddział. Są one wskaźnikiem określającym stopień jego gotowości do wykonania zadań bojowych w konkretnej sytuacji operacyjno-taktycznej. Czynniki te dzieli się na dwie grupy – niematerialne i materialne.

²¹ K.NOŻKO, Walka o przewagę, Warszawa 1985, s.7

²² Przewaga ilościowa – jest to liczebna dominacja nad przeciwnikiem w podstawowych kategoriach sprzętu i uzbrojenia, a także w ludziach. Z.Galewski, Czynniki powodzenia we współczesnej walce, W-wa 1986, s.11

²³ Przewaga jakościowa – dotyczy uzbrojenia wojsk i często jest nazywana przewagą techniczną. Dotyczy poziomu technicznego sprzętu bojowego. Tamże, s.12

²⁴ Przewaga bezwzględna – to całkowita dominacja nad przeciwnikiem. To górowanie nad nim pod każdym względem, zarówno w kategorii przewagi, jak też jej lokalizacji. Tamże, s.54

²⁵ Przewaga względna – oznacza dominację wycinkową, a więc ograniczoną do określonego miejsca, czasu, bądź sektora

Do czynników niematerialnych zalicza się poziom wyszkolenia wojsk i dowództw, stopień gotowości bojowej, struktura organizacyjna, dyscyplina, umiejętność wykorzystania środowiska walki. Są to czynniki związane bezpośrednio z możliwościami destrukcyjnego oddziaływania oddziału na przeciwnika. Z terminem: możliwości bojowe wiąże się pojęcie możliwości ogniowe oznaczające zdolność do wykonania w określonym czasie typowych zadań ogniowych, przy użyciu wydzielonej ilości amunicji. Wskaźnikiem możliwości ogniowych w natarciu jest suma możliwości poszczególnych typów środków ppanc., zdolnych do podjęcia skutecznej walki ze środkami opancerzonymi przeciwnika.

Możliwości manewrowe – określają zdolność oddziałów i pododdziałów do wykonania sprawnego manewru zarówno ogniem, jak i elementami ugrupowania bojowego.

W wielu wypadkach do przedstawionych wyżej wskaźników możliwości bojowych dodaje się jeszcze tzw. możliwości uderzeniowe. Jest to połączenie możliwości ogniowych i manewrowych, charakteryzujących dany oddział w czasie prowadzenia natarcia. W praktyce oznacza ilość możliwych do zniszczenia środków opancerzonych przeciwnika oraz średnią prędkość pokonania terenu w pasie natarcia. Możliwości uderzeniowe będą w zasadniczej mierze zależały od zastosowanego manewru, wyboru właściwego kierunku uderzenia i stworzenia niezbędnej przewagi oraz umiejętności szybkiego przeniesienia działań w głąb ugrupowania przeciwnika. Oceniając możliwości bojowe zgrupowania zawsze trzeba brać pod uwagę zarówno siły i środki organiczne, jak i przydzielone. Przykładowo, BZ i Bpanc mogą zniszczyć w natarciu porównywalne siły przeciwnika. Biorąc jednak pod uwagę, że wiąże się to z możliwością poniesienia znacznych strat należy szukać innych, wydajniejszych sposobów prowadzenia walki. Dlatego tak ważna jest umiejętność tworzenia przewagi w natarciu. Należy mieć na uwadze przede wszystkim osiągnięcie celu walki przy jednoczesnym zachowaniu zdolności bojowej wojsk.

Manewr jest zorganizowanym przemieszczeniem wojsk na polu walki w celu zajęcia dogodniejszego położenia względem przeciwnika, uzyskania i wykorzystania przewagi.²⁶ Doświadczenia minionych wojen i współczesnych konfliktów zbrojnych dowodzą, że manewr stanowi wyjątkowo ważny, niekiedy decydujący czynnik uzyskiwania przewagi nad przeciwnikiem i racjonalnego jej wykorzystania. W manewrze bowiem wyraża się idea ruchu, stawiająca w korzystniejszym położeniu jego wykonawców. Istotą manewru jest zdobycie przewagi nad przeciwnikiem, głównie przez zorganizowany ruch, w celu stworzenia sobie dogodnych warunków do skuteczniejszego użycia posiadanych sił, środków, wykonania

²⁶ J. Zieliński, Teoretyczne podstawy walki zbrojnej, W-wa 1995, s.39

nieoczekiwanego uderzenia lub celowego wykorzystania topograficzno - geograficznych terenu, a przez to postawienia przeciwnika w niekorzystnej dla niego sytuacji i w efekcie – rozstrzygnięcia walki lub bitwy na swoją korzyść kosztem jak najmniejszych strat własnych. Moment przewagi, do której prowadzi manewr, polega m.in. na zaskoczeniu, a przede wszystkim na zajęciu przez nas, w stosunku do przeciwnika takiego położenia w terenie, które by (rozpatrywane w sensie geometrycznym) stawiało go – zarówno w znaczeniu fizycznym, jak i psychicznym – w możliwie najtrudniejszych warunkach.²⁷

Przez celowe i właściwe wykonanie manewru można spotęgować siłę uderzenia, zaskoczyć przeciwnika, uchwycić inicjatywę i narzucić mu własny sposób działania. W wielu sytuacjach można poprzez manewr uniknąć zniszczenia własnych sił głównych, wyprowadzając je umiejętnie spod uderzenia ogniowego lub uderzeń zgrupowań uderzeniowych przeciwnika i następnie wykorzystać je w dogodniejszych warunkach i w innym czasie, zwłaszcza tam, gdzie istnieje możliwość uzyskania przewagi nad przeciwnikiem. W warunkach współczesnych, integralnym elementem manewru dokonywanego w celu uzyskania przewagi nad przeciwnikiem jest manewr siłami i środkami materiałowego, medycznego i technicznego zabezpieczenia. Jest to manewr szczególnego rodzaju, będzie on jednak konieczny, zwłaszcza wówczas, gdy walka (bitwa) nabierze wyjątkowej dynamiki, gdy często będzie się zmieniała sytuacja, gdy będą powstawały straty i zniszczenia, m.in. w urządzeniach i obiektach tyłowych. Współczesną walkę zbrojną cechują niespotykany rozmach, dynamika działań oraz nagłe i gwałtowne zmiany sytuacji operacyjno-taktycznej we wszystkich możliwych wymiarach. Wynika to, z intensywności i zdecydowanego charakteru działań prowadzonych przez różne rodzaje wojsk i sił zbrojnych. W ich wyniku można stosunkowo szybko uzyskać przewagę nad przeciwnikiem, zaskoczyć go, uprzedzić w działaniu, zmusić do prowadzenia walki w niekorzystnych dla niego warunkach. Aktywne i zdecydowane działania nie tylko zapewniają zdobycie przewagi, lecz w jeszcze większym stopniu, przyczyniają się do jej utrzymania oraz potęgowania. Szczególnym wyrazem aktywności w tworzeniu przewagi nad przeciwnikiem jest walka o uzyskanie inicjatywy i ciągłe dążenie do jej utrzymania oraz narzucenia przeciwnikowi swojej woli i sposobu działania. Wyraża się ona między innymi w umiejętności wyboru najbardziej ekonomicznych i celowych form oraz sposobów działania operacyjno-taktycznego, a także we właściwym ich stosowaniu. Aktywność i zdecydowany charakter działań nie oznaczają, że będą one prowadzone za wszelką cenę. Takie bowiem działania nie sprzyjają tworzeniu, a tym bardziej zachowaniu przewagi lub jej potęgowaniu.

²⁷ F. Skibiński, Rozważania o sztuce wojennej, W-wa 1972, s.270

Innym, ważnym czynnikiem tworzenia przewagi jest zaskoczenie. Zaskoczenie wyraża się w nieoczekiwanym, nagłym i gwałtownym dla przeciwnika działaniu, wskutek którego zostaje on pozbawiony inicjatywy bojowej oraz możliwości zorganizowanego prowadzenia walki.²⁸ Doświadczenia minionych wojen i współczesnych konfliktów zbrojnych wykazują, że zaskoczenie zawsze stanowiło niezwykle ważny czynnik tworzenia ogólnej przewagi nad przeciwnikiem. Celem zaskoczenia jest uzyskanie przewagi nawet nad liczebnie silniejszym przeciwnikiem przez sparaliżowanie woli jego działania i tym samym pozbawienie go zdolności do stawiania zorganizowanego oporu podczas realizacji własnych zamierzeń. Tworzenie warunków do uzyskania zaskoczenia staje się wyjątkowo opłacalnym elementem walki o ogólną przewagę nad przeciwnikiem.

Wszystko to, co zostało powyżej powiedziane o naturze przewagi i jej tworzeniu dotyczyło fazy walki, a więc niejako ostatniej (sprawczej) części całego, długotrwałego procesu decyzyjnego. Modelowane zjawiska przewagi w całym procesie jest zadaniem niewątpliwie bardzo trudnym. Jednakże, wydaje się, że w miarę prosto można pokusić się o zbudowanie modelu opisującego tworzenie przewagi w procesie dowodzenia, jeszcze przed rozpoczęciem działań bojowych. Ramowy układ cyklu decyzyjnego na stanowisku dowodzenia wojsk lądowych jest znany i dobrze opisany²⁹. W związku z tym, punktem zainteresowania stała się faza planowania i występujące w niej etapy stanowiące jej integralne części. Na podstawie słownego opisu poszczególnych etapów wykonano schemat postępowania (rys.1). Schemat ten posłuży do wykonania diagramu strukturalnego i przeprowadzenia symulacji komputerowej przy użyciu specjalistycznego oprogramowania (patrz rozdział 3 niniejszego opracowania).

²⁸ Tamże, s.12

²⁹ J.Michniak i inni, Metody i treści pracy zespołów funkcjonalnych na stanowisku dowodzenia wojsk lądowych, Warszawa AON 1999

3. WYKORZYSTANE OPROGRAMOWANIA

Dlaczego iGrafix Proces 2000 ?

Program iGrafix Process 2000 powstał w amerykańskiej firmie Micrografx głównie jako odpowiedź na zapotrzebowanie rynku w zakresie restrukturyzacji i modernizacji przedsiębiorstw. Za pomocą tego programu decydent może w szybki i „bezbolesny” dla kadry sposób zmienić parametry procesów przebiegających w przedsiębiorstwie. Oszczędności wynikające z takich zmian są olbrzymie. Ważne jest, że koszty zmian są o wiele niższe niż w przypadku pracy na „żywym organizmie”. Należy pamiętać, że do pełnego sukcesu potrzebne jest pełne zaangażowanie i wiedza pracowników tworzących przedsiębiorstwo. Stres wywołany wśród pracowników przedsiębiorstwa może być niewspółmierny do poniesionych nakładów. W Polsce, program używany jest m.in. przez TP S.A., ABB, Onet, Rafako, Polar. W przedsiębiorstwach występują cztery podstawowe grupy zadań graficznych: dokumentacje, prezentacje, wizualizacje i marketing. Nie jest to regułą, bowiem niektóre firmy obywają się bez oprogramowania graficznego i wszystko jest przygotowywane w postaci tekstowej. Takie podejście jest bardzo nieefektywne, ponieważ firma musi poświęcić więcej czasu na przekazywanie informacji, a odbiorcy – znacznie więcej czasu na jej zrozumienie. Nowocześnie zarządzanej firmie nie wystarcza „jakiś program grafiki wektorowej, coś do schematów blokowych i jeszcze parę innych narzędzi graficznych”. Potrzebuje ona spójnego systemu grafiki zaspokajającego wielorakie potrzeby i umożliwiającego współdzielenie zasobów graficznych pomiędzy różnorodnymi użytkownikami w firmie. Istotnymi wymaganiami jest możliwość dopasowania aplikacji do rzeczywistych potrzeb firmy oraz możliwość pracy w sieci. Dostępnym systemem w pełni realizującym te potrzeby jest właśnie system iGrafix. Stanowi on ponadto nie tylko grupą narzędzi graficznych, ale też doskonałą platformą dla niezależnych twórców oprogramowania pozwalającą na korzystanie z różnorodnych zasobów i na graficzne komunikowanie się ich aplikacji z użytkownikiem.

W skład Systemu iGrafix wchodzi:

- iGrafix Share - bazowy zestaw narzędzi udostępniających różnorodną grafikę wszystkim użytkownikom systemu.
- iGrafix Business - komplet podstawowych narzędzi do tworzenia grafik potrzebnych w przedsiębiorstwie.

- iGrafx Professional - w pełni programowalne (VBA 6) narzędzie do przygotowywania różnorodnych schematów blokowych, opisu i symulacji procesów, silnie zintegrowane z mechanizmami MS Office 2000 i Java Script.
- iGrafx Process - zaawansowane graficzne narzędzie do analizy i symulacji procesów technologicznych, ekonomicznych i zarządzania.
- iGrafx ERP - zestaw graficznych narzędzi ułatwiających wdrażanie zaawansowanych systemów sterowania produkcją.
- iGrafx ISO - zestaw graficznych narzędzi umożliwiających certyfikację normami (m.in. ISO 9000 i ISO 14000).
- iGrafx Desinger - komplet profesjonalnych narzędzi do tworzenia i zarządzania grafikami zwłaszcza pod kątem dokumentacji i ilustracji technicznych.
- iGrafx Network - zestaw narzędzi do projektowania, rozpoznawania i dokumentowania sieci komputerowych.
- iGrafx Network PRO - zestaw narzędzi do projektowania, rozpoznawania i dokumentowania rozległych sieci komputerowych.
- iGrafx Development - narzędzie służące pisaniu własnych aplikacji wykorzystujących technologię iGrafx System.

iGrafx Business zawiera iGrafx Share; iGrafx Professional i iGrafx Desinger zawierają iGrafx Business, a wszystkie pozostałe elementy systemu zawierają iGrafx Professional.

System iGrafx zapewnia:

- **Zgodność z MS Office**

Komponenty Systemu iGrafx są zgodne z uznanym w przedsiębiorstwach standardem Microsoft Office. Dzięki temu, że posiadają jednolity z MS Office interfejs nawet okazjalni użytkownicy będą potrafili sprawnie się w nich poruszać. Wysoki poziom integracji aplikacji należących do Systemu iGrafx pozwala sprawnie współdzielić elementy graficzne przygotowywane w poszczególnych aplikacjach w podobny sposób jak aplikacje MS Office współdziela swoje dokumenty. Na komputerach z zainstalowanym MS Office graficzne obiekty i dokumenty zachowują się tak, jak gdyby były naturalnymi składnikami MS Office. Aby dodatkowo zwiększyć integrację, poszczególne aplikacje Systemu iGrafx zostały wyposażone w mocno rozbudowane mechanizmy dopasowywania ich do standardów korporacyjnych i potrzeb użytkowników. Istotną cechą jest możliwość programowania przez VBA, dzięki której można poprawić skuteczność wykorzystywania innych aplikacji

stosowanych w przedsiębiorstwie poprzez włączenie w nie elementów i dodatkowych możliwości przez iGrafx System.

▪ **Sieciowość**

W skład Systemu iGrafx wchodzi jeden z najskuteczniejszych i najelastyczniejszych programów do sieciowej instalacji i dystrybucji odpowiednich komponentów systemu. Można skonfigurować parametry pracy aplikacji dla grup użytkowników, a także dopasować je do konkretnego środowiska pracy danego użytkownika. System działa prawidłowo w najszerszym zakresie instalacji począwszy od klienta „odchudzonego”, poprzez klienta i na terminalach NT skończywszy. Dzięki temu, a także dzięki pochodzeniu wszystkich tych zaspokajających różnorodne potrzeby produktów od jednego producenta, radykalnie zredukowane są koszty administracji systemu.

▪ **Skalowalność**

Wchodzące w skład Systemu iGrafx różnorodne, wymienione wyżej aplikacje, dopasowane są do różnorodnych potrzeb i możliwości poszczególnych użytkowników.

Najprostszy **iGrafx Share** pozwala jedynie na zarządzanie i współdzielenie kolekcji grafik celem umieszczenia ich w poszczególnych aplikacjach środowiska Windows oraz podgląd i umieszczenie uwag na otrzymanych do zrecenzowania grafikach. Nie wymaga od użytkownika żadnej wiedzy dotyczącej tworzenia grafik czy też formatów plików graficznych występujących w środowisku Windows.

Do wykonania większości grafik spotykanych w firmach wystarczy **iGrafx Business**. Pozwala on nie tylko na korzystanie z bogatej kolekcji gotowych grafik, ale również na samodzielne ich tworzenie oraz daleko idącą modyfikację. Wysoki stopień automatyzacji procesu tworzenia pozwala uzyskiwać zadawalające efekty nawet przy bardzo niskim poziomie wiedzy dotyczącej tworzenia grafik. W iGrafx Business można rysować, skanować ilustracje i tworzyć proste obiekty przestrzenne.

„Solą” grafiki w przedsiębiorstwach są jednak schematy blokowe. To one mają decydujący wpływ na podniesienie efektywności pracy działu albo całej firmy. Żaden nowoczesny menadżer nie może się bez nich obejść. Do prostych schematów wystarczy iGrafx Business, ale bardziej złożone wymagają wyspecjalizowanej aplikacji. Jest nią **iGrafx Professional**, która pozwala na efektywne tworzenie wielopoziomowych programów schematów blokowych. Pozwala on na daleko idącą automatyzację tworzenia zaawansowanych schematów, jak również na powiązanie diagramów z innymi aplikacjami i dokumentami celem pobierania i przekazywania danych. Użytkownicy mogą dokupić do iGrafx Professional gotowe spolonizowane mapy procedur na potrzeby certyfikacji normami ISO

9000/14000. Można też samodzielnie tworzyć schematy procesowo opisujące procedury na potrzeby ISO 2000/9000/14000. Zaawansowani użytkownicy zajmujący się zarządzaniem procesami mogą skorzystać z **iGrafx Process**. Bazując na schematach wprowadzanych w iGrafx Professional iGrafx Process zmienia je w pełnowartościowe symulacje procesów niezbędne przy ustalaniu scenariuszy „co jeśli” oraz w analizach pod kątem BPR (rekonstrukcja procesów biznesowych), TPM (całkowite zarządzanie procesami) TQM (całościowe zarządzanie jakością).

Powyższa możliwość sprawia, że aplikacja może zostać wykorzystana do zagadnień wojskowych.

Przy wdrażaniu systemów zarządzania produkcją bardzo korzystne jest również opracowanie schematów struktur powiązań wewnątrz systemu. Temu celowi służy **iGrafx UML Charter**, dzięki któremu można opracowywać diagramy zgodnych z językiem Unified Modeling Language. Narzędzie to służy również do opisywania systemów informatycznych i do zarządzania nimi. UMTL Charter wymaga iGrafx Professional (lub Process).

Do narysowania prostych struktur organizacyjnych wystarcza iGrafx Business lub co najwyżej Professional. Jednakże przy złożonych warto posłużyć się wyspecjalizowanym rozszerzeniem systemu do tworzenia diagramów. Jest nim **iGrafx OrgCharter**.

Dla osób profesjonalnie zajmujących się grafiką (np. twórców ilustracji technicznych) możliwości zawarte w iGrafx Business mogą być niewystarczające. Dla nich przygotowano **iGrafx Designer** z profesjonalnymi modułami do zaawansowanego rysowania, obróbki zdjęć i grafiki przestrzennej. Najwyższym stopniem wykorzystywania aplikacji graficznych w przedsiębiorstwie jest tworzenie własnych rozwiązań wykorzystujących mechanizmy dostarczone przez iGrafx. Dzięki temu można zautomatyzować tworzenie odpowiednich dokumentów graficznych oraz wykorzystać grafiki jako interfejs do innych programów. Dla programistów wykorzystujących te możliwości oferowany jest **iGrafx Development**.

▪ **Dostępność**

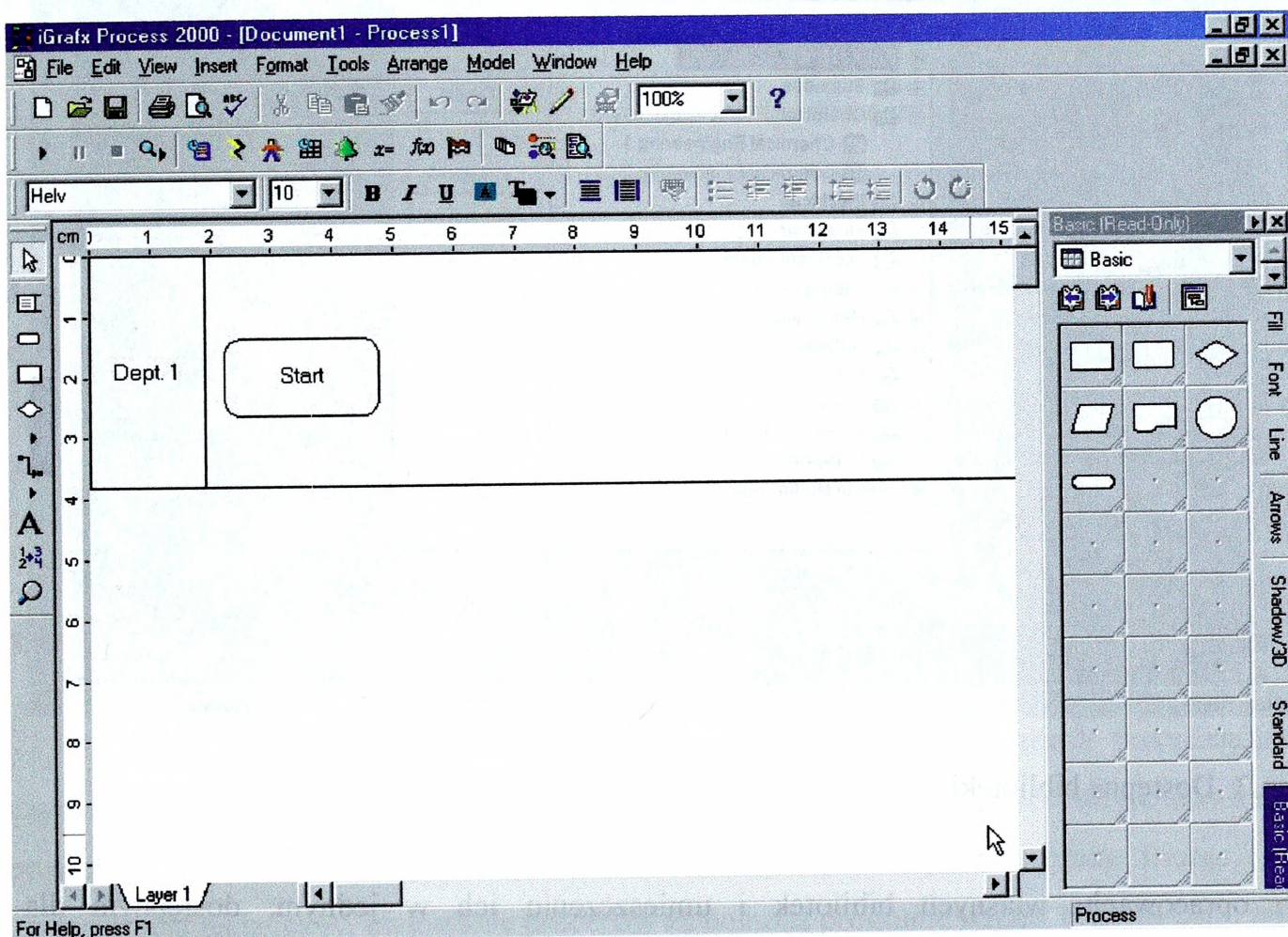
Komponenty Systemu iGrafx były wprowadzane na rynek podczas całego 1999 roku. Pierwsze dostępne elementy to iGrafx Professional (łącznie z iGrafx Share i iGrafx Business).

▪ **Wymagania sprzętowe**

Podstawowe komponenty (takie jak iGrafx Share i iGrafx Business) będą działały praktycznie na wszystkich komputerach spełniających wymagania odpowiednio Windows 95, 98 lub NT. Pozostałe aplikacje mają podstawowe wymagania niewiele większe. Aplikacje wspierają technologie MMX i Direct 3D.

3.1. PRZYGOTOWANIE PROGRAMU DO PRACY

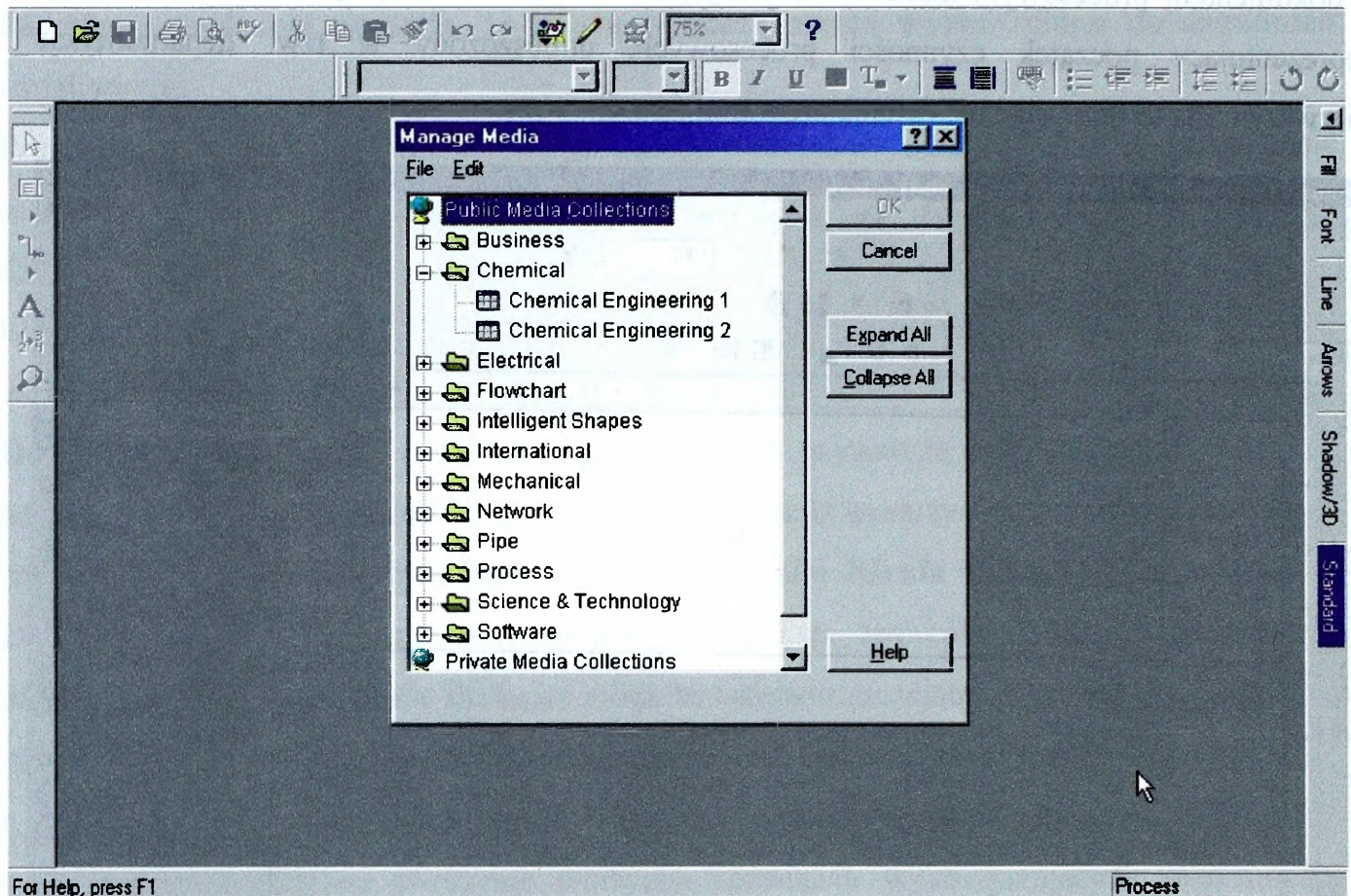
Zaczynamy prace z programem iGrafx Process 2000. Program „przedstawia się” użytkownikowi oknem powitalnym. Celem przejścia do tworzenia diagramu należy zamknąć okno powitalne a następnie z menu file wybrać polecenie New / Process. Rozpoczynając prace z dokumentem procesowym możemy zauważyć, iż standardowo znajduje się w nim symbol reprezentujący początek czynności procesowych, umieszczony w tzw. departamencie pierwszym. Są to domyślne ustawienia programu (rys.2).



Rys.2. Początek pracy z programem.

Wygląd programu przywodzi na myśl zaawansowane programy graficzne. Po prawej stronie ekranu znajduje się biblioteka symboli, która dostępna jest również pod charakterystyczną ikoną biblioteki. Mieści się w niej około 1300 symboli reprezentujących poszczególne czynności. Zgrupowane są one w dwóch głównych katalogach: Public Media Collections i Private Media Collections (rys.3). Porządek ten

wynika z faktu, iż w folderze Private MC (pustym przy pierwszym uruchomieniu programu) znajdują się biblioteki użytkownika, w pełni modyfikowalne (dodawanie, usuwanie obiektów a także tworzenie nowych bibliotek), a w folderze Public MC biblioteki dostarczone przez producenta wraz z programem. Biblioteka producenta nie podlega żadnym modyfikacjom. W metodologii tworzenia dokumentów procesowych ważne miejsce ma tworzenie własnych (użytkownika) bibliotek. Wynika to z faktu, iż każda firma posiada własne, często opracowane dużo wcześniej i zaakceptowane metody graficznej prezentacji czynności.



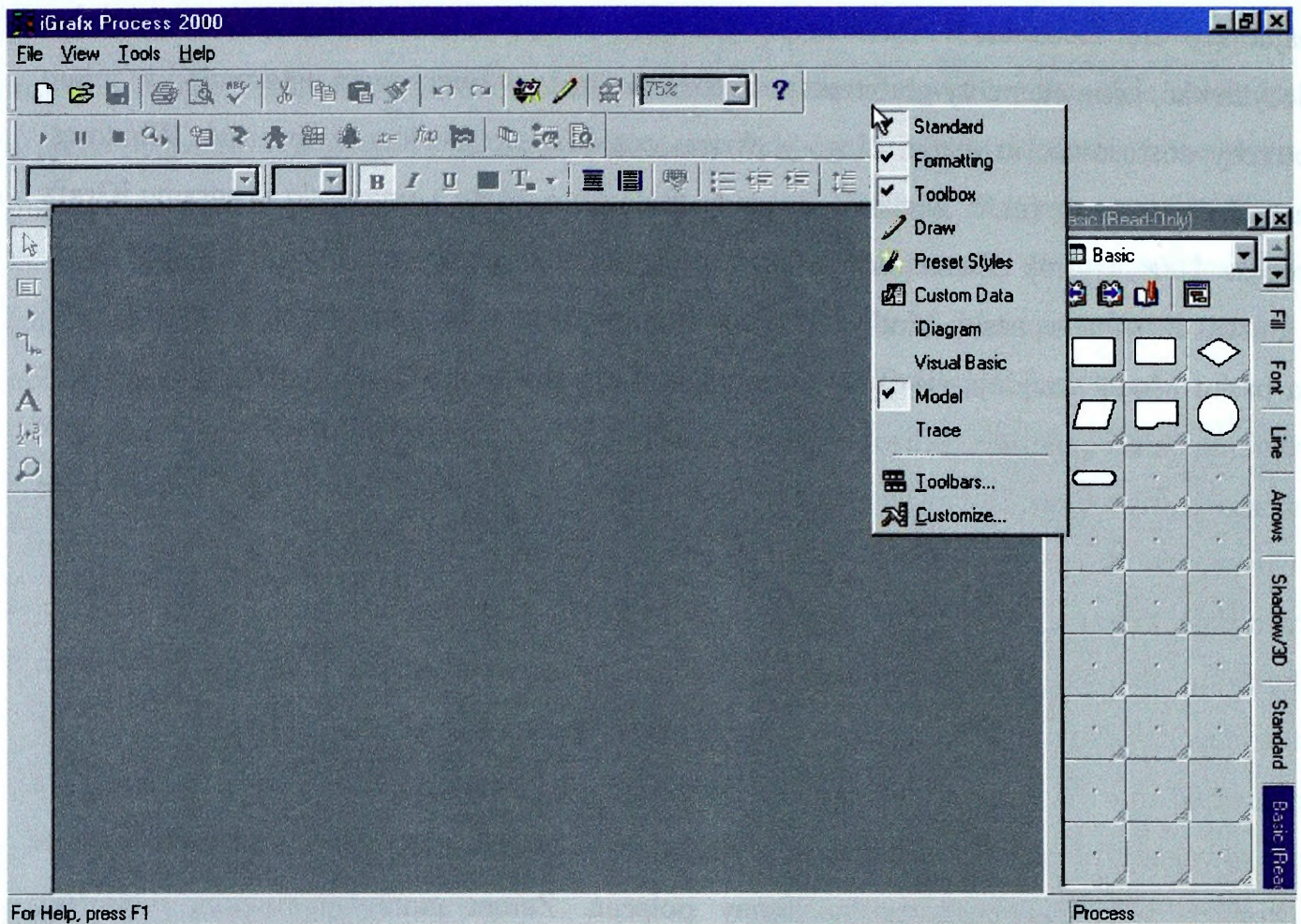
Rys.3. Dostępne biblioteki

Po opracowaniu własnych bibliotek i umieszczeniu ich w jednym, dostępnym dla użytkowników miejscu (np. na firmowym serwerze), wszystkie dostępne elementy do przygotowywanych dokumentów znajdują się właśnie tam. Systematyzuje i porządkuje to prace a końcowy efekt w postaci gotowych procesów tworzony jest znacznie szybciej. Oczywiście okno biblioteki możemy ukryć lub zamknąć. Ukryte okno powiększa nam obszar roboczy (ilość dostępnego miejsca na ekranie w momencie tworzenia procesu) a użyte elementy symboli dostępne są w każdej chwili w podręcznym menu po lewej stronie ekranu (Toolbox). W tym menu użytkownik uzyskuje szybki dostęp do tych symboli procesu, jakich zamierza użyć w budowanym schemacie. Dodawać i odejmować możemy wszystkie symbole

znajdujące się zarówno w Public MC jak i Private MC. Użytkownik sam powinien zdecydować, jakie elementy graficzne potrzebne mu będą w tworzonym diagramie i w miarę potrzeby dostosować to menu. U góry ekranu znajdują się: standardowy pasek Windows. Pasek formatowania (m.in. wielkość, atrybuty, położenie tekstu) oraz paski programu iGrafx Process 2000 (rys.4). Standardowo, przy uruchomieniu programu inicjowany jest stan, w którym aktywne są paski: Model i Toolbox (odpowiednio u góry i po lewej stronie ekranu). Na pasku Model znajdują się ikony za pomocą których uruchamiane są wszystkie funkcje programu niezbędne do prawidłowego zainicjalizowania i prowadzenia symulacji już stworzonego procesu. Dodawanie i odejmowanie pasków narzędziowych jest bardzo proste i następować może w dwojaki sposób. Pierwszym z nich jest rozwijane menu prawego przycisku myszy, w którym zaznaczamy wszystkie potrzebne paski narzędziowe. Aby zainicjalizować tą procedurę należy: najechać kursorem na puste pole na wysokości linii istniejących pasków u góry ekranu i wcisnąć prawy przycisk myszy. Zostanie uruchomione menu z którego wybieramy wszystkie potrzebne paski lub poprzez polecenie Toolbars dopasujemy na stałe ilość i rodzaj wyświetlanych pasków lub także poprzez polecenie customize dodajemy poszczególne ikony poleceń. Zatem mamy utworzoną bibliotekę obiektów, odpowiednio sformatowane paski narzędziowe i możemy przystąpić do budowy dokumentów procesowych.

3.2. METODOLOGIA BUDOWY DOKUMENTÓW PROCESOWYCH

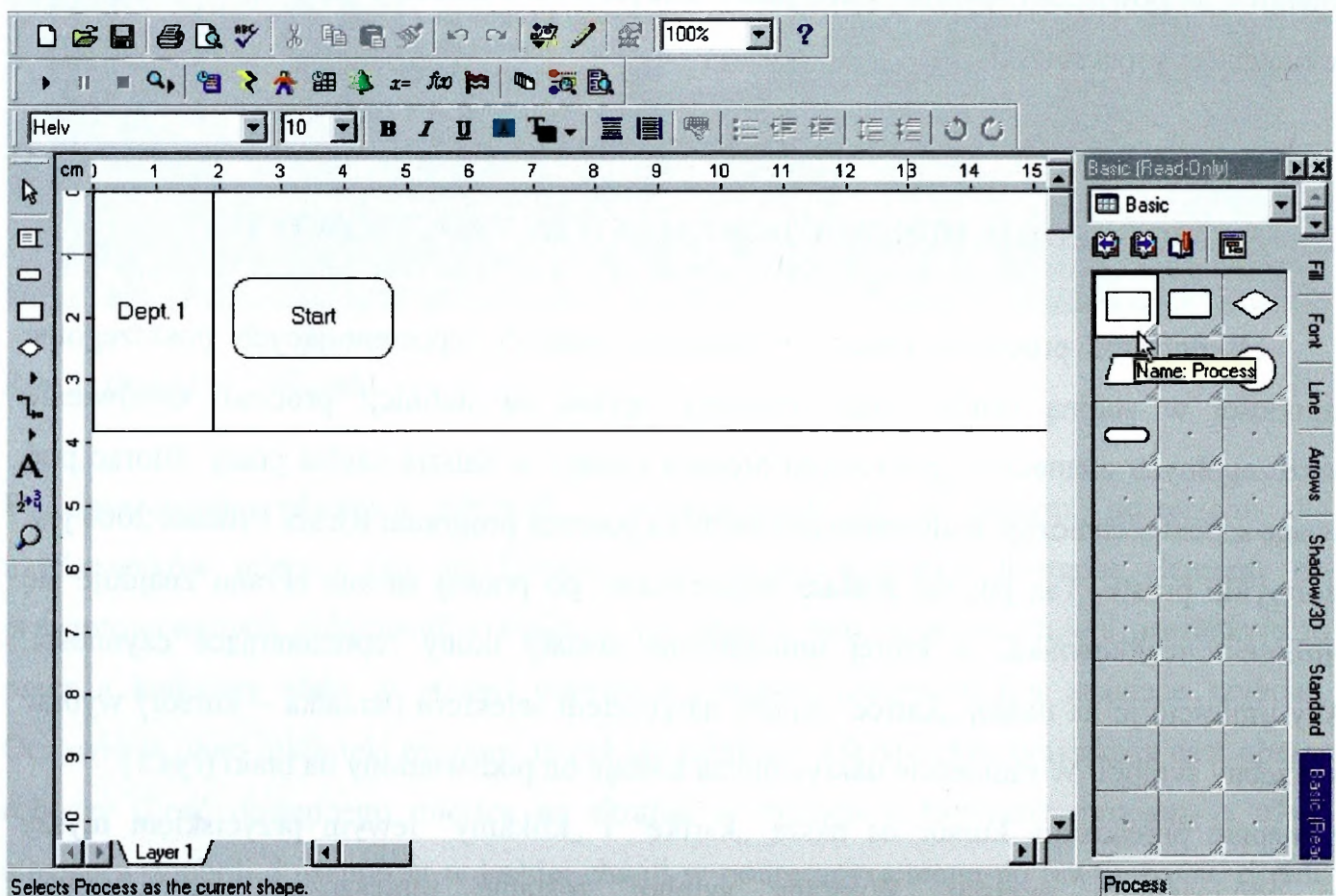
Budowanie procesów polega na łączeniu symboli reprezentujących poszczególne czynności w spójną całość, którą możemy oprzeć na definicji procesu. Omówienie poszczególnych elementów graficznych procesu nastąpi w dalszej części pracy. Biorąc pod uwagę aspekt techniczny, budowanie procesów za pomocą programu iGrafx Process 2000 jest niezwykle proste. Tak jak już zostało wspomniane, po prawej stronie ekranu znajduje się biblioteka użytkownika, w której umieszczone zostały ikony reprezentujące czynności. Aby umieścić je na naszej „kartce” należy narzędziem selektora (strzałka – kursor) wybrać potrzebny symbol. W momencie uaktywnienia zostaje on podświetlony na biało (rys.5). Następnie przenosimy kursor na naszą „kartkę” i „klikamy” lewym przyciskiem myszy w odpowiednim miejscu. Wybrany symbol zostanie umieszczony na „kartce”. Szybkie podwójne naciśnięcie lewego przycisku myszy spowoduje uaktywnienie opcji edycji tekstu w danym symbolu. Regułą jest, że wpis odpowiada czynności wykonywanej na danym



For Help, press F1

Process

Rys.4. Dostępne paski narzędziowe (duże podobieństwo z MS Office).



Selects Process as the current shape.

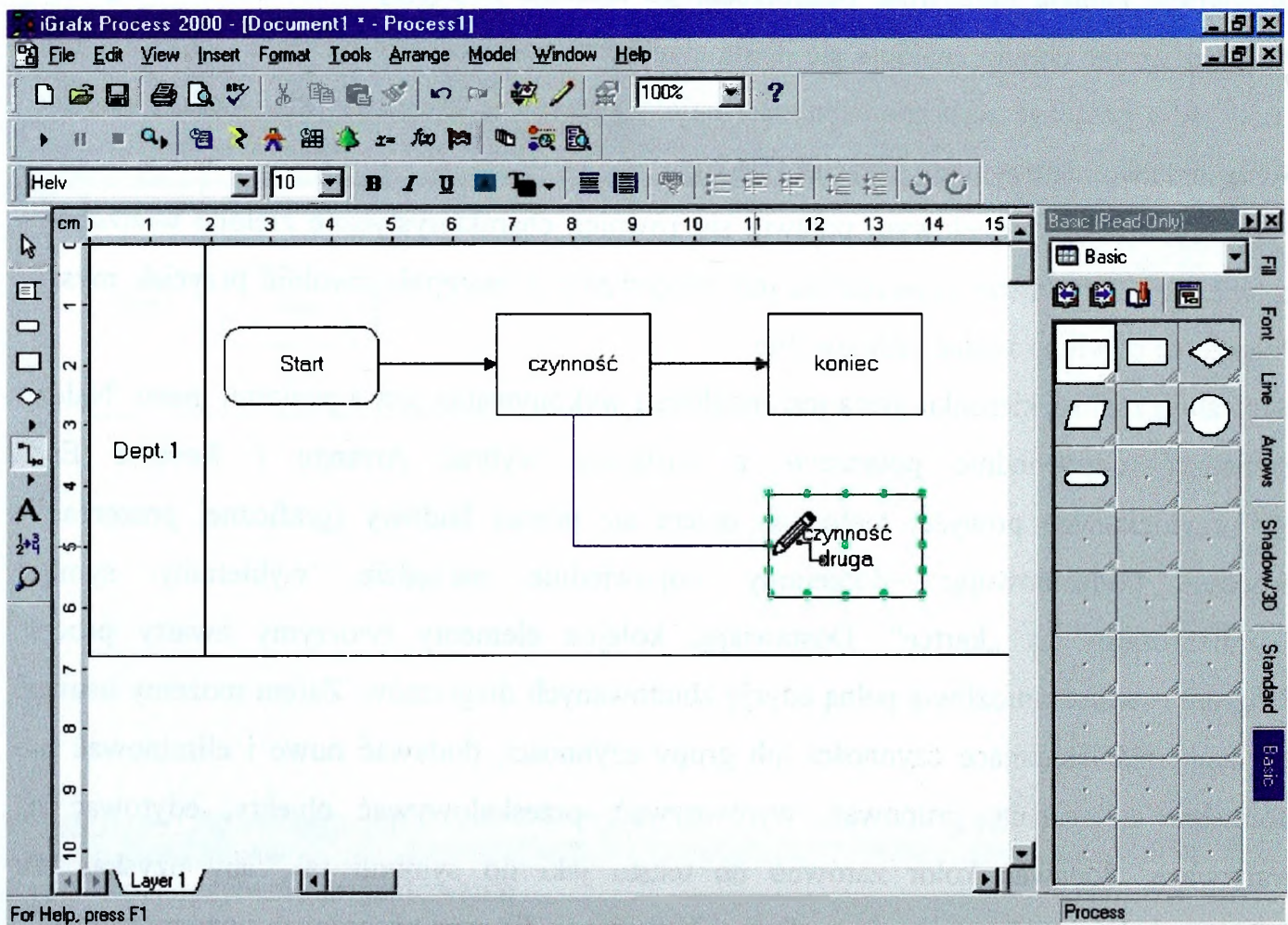
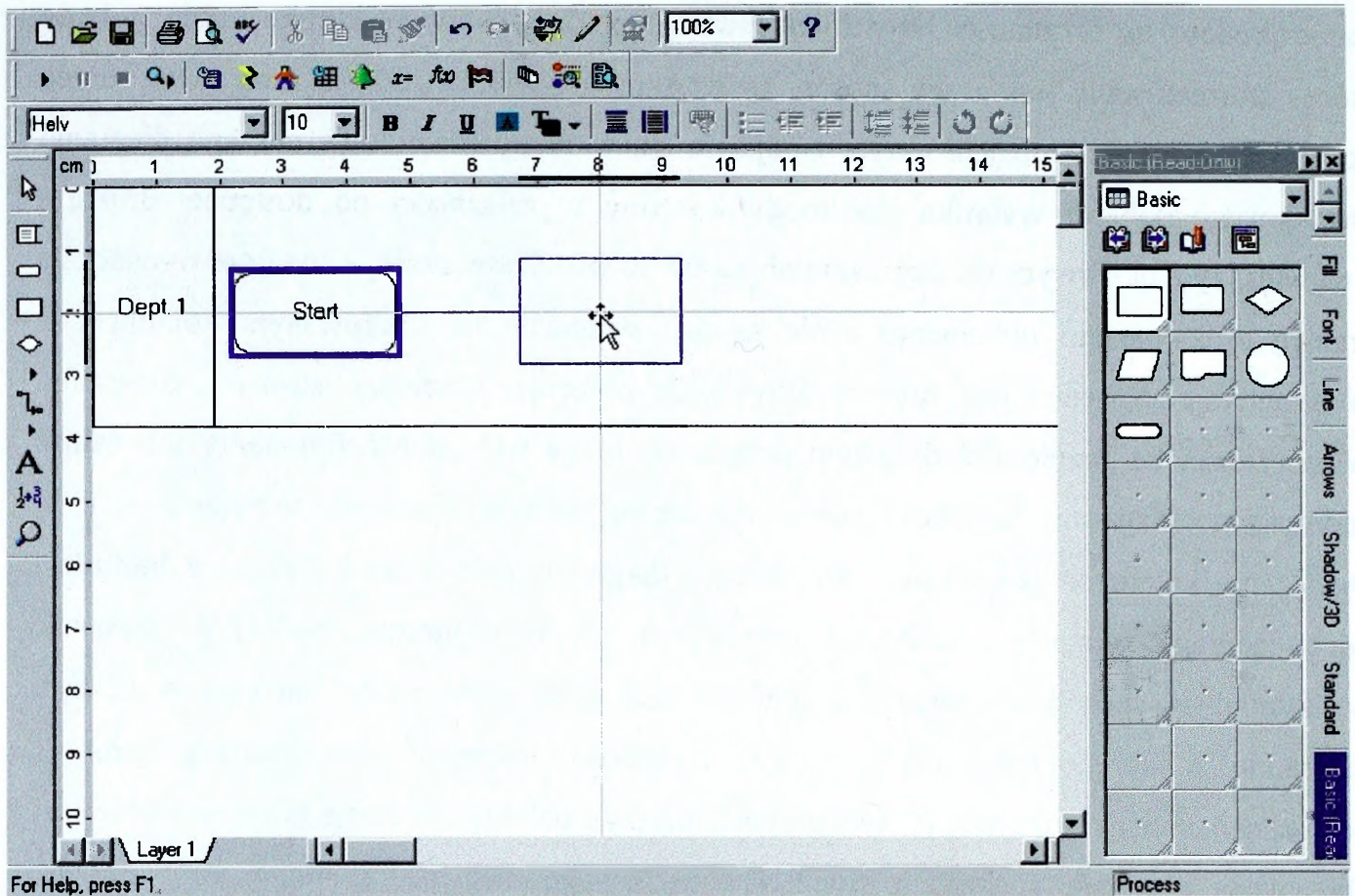
Process

Rys.5. Rozpoczynamy projektowanie ...

etapie procesu np. czynność „wypełnienie dokumentu”. Obszar, w którym komponujemy proces sformatowany jest w ten sposób, by użytkownik widział jedynie lewy górny brzeg „kartki” natomiast reszta jest ukryta i pojawia się w miarę rozbudowy naszego diagramu procesowego. Obszar wydruku jest modyfikowalny w zależności od dostępnej drukarki a największy z możliwych do uzyskania obszarów to A0. Szare, przerywane linie wyznaczają granicę drukowanego dokumentu i nie są one widoczne na drukowanym dokumencie. W programie dostępna jest funkcja aktywnych połączeń pomiędzy stronami diagramu. W zależności od rozpiętości diagramu połączenia mogą wskazywać fragmenty lub całość budowanego diagramu. Szybkość poruszania się po naszym diagramie znacząco wzrasta. Dołączanie kolejnych „czynności” do naszego diagramu polega na wybraniu z biblioteki odpowiedniego symbolu a następnie dostawieniu go do diagramu. Należy to wykonać w następujący sposób. Po wybraniu symbolu należy najechać na ten element w naszym diagramie, z którego nowa czynność ma „wychodzić” (symbol poprzedzający czynność dołączaną), wcisnąć i trzymając lewy przycisk myszy (obiekty zmieniają kolor na niebieski) Opisywana czynność spowoduje umieszczenie nowego elementu graficznego w naszym diagramie z jednoczesnym połączeniem z już istniejącym symbolem (poprzednikiem). Oczywiście istnieje możliwość bezpośredniego łączenia istniejących elementów diagramu. Po lewej stronie ekranu znajduje się ikona symbolizująca narzędzie łączenia Connector Line Tool. Aby połączyć wybrane czynności należy przesuwając kursor w odpowiednie miejsce. Następnie zwolnić trzymany przycisk (rys.6).

W obiekcie docelowym pojawią się również charakterystyczne zielone wierzchołki kotwiczenia. Wystarczy najechać na ten wierzchołek a następnie zwolnić przycisk myszy. Połączenie powinno zostać ustanowione.

Naturalnie zmiana kierunku grota jest możliwa i wykonywalna jest z poziomu menu. Należy zaznaczyć odpowiednie połączenie a następnie wybrać Arrange / Reverse End. Na przytoczonych powyżej metodach opiera się proces budowy (graficznej prezentacji) procesu. Podsumowując: dobieramy odpowiednie narzędzie, wybieramy symbol i umieszczamy na „kartce”. Dostawiając kolejne elementy tworzymy zwarty proces. Program również umożliwia pełną edycję zbudowanych diagramów. Zatem możemy usuwać lub zamieniać istniejące czynności lub grupy czynności, dodawać nowe i eliminować nie potrzebne połączenia, grupować, wyrównywać, przeskalowywać obiekty, edytować na warstwach, dodawać kolor zarówno do tekstu jaki do symboli tak, aby uzyskać jak najodpowiedniejszą kompozycję graficzną. Utworzony diagram procesowy możemy zapisać




Rys. 6 i 7. Kolejne etapy projektowania

w formacie własnym programu, wyeksportować do Worda, Excela lub Power Pointa. Istnieje pełna zgodność między pakietem iGrafx Process a środowiskiem MS Office (zarówno do i z MS Office). Wspaniałą możliwością jest prezentacja wyników pracy w internecie lub ekstranecie bez utraty wcześniej nadanych właściwości (połączenia między częściami diagramu, elementy dekompozycji, format obiektu i czcionki). Efektem pracy na tym etapie jest graficzna prezentacja procesu.

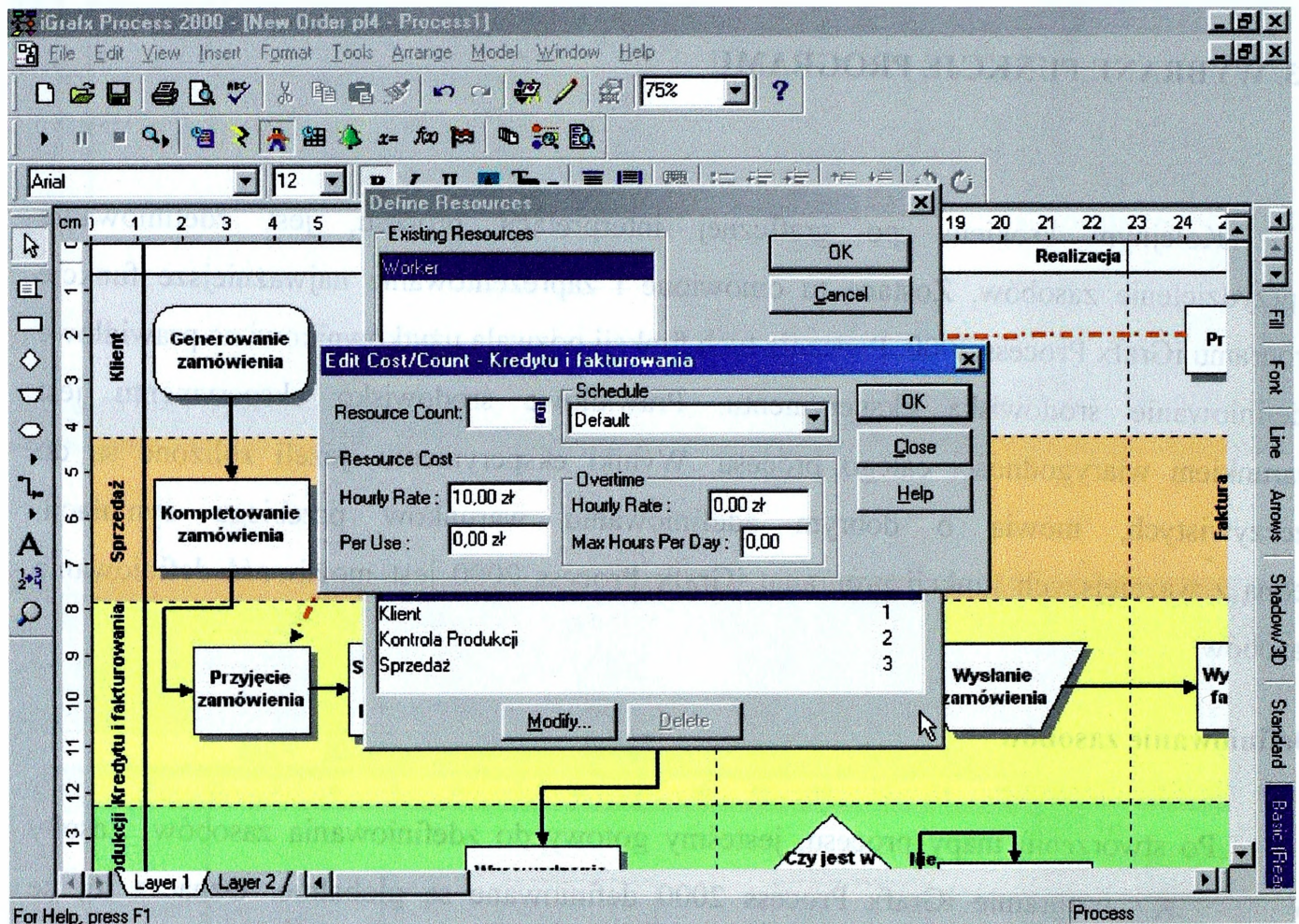
3.3. WYBRANE FUNKCJE PROGRAMU

Kolejnym krokiem, po graficznej interpretacji procesu, jest zdefiniowanie i przydzielenie zasobów. Zostaną tu omówione i zaprezentowane najważniejsze funkcje programu iGrafx Process 2000. Poznanie tych funkcji pozwala użytkownikowi na prawidłowe zdefiniowanie środowiska eksperymentu. Prawidłowe środowisko eksperymentu jest warunkiem wiarygodności całego procesu. Wyniki eksperymentu, jeżeli zbliżone są do rzeczywistych, mówią o dobrym zdefiniowaniu warunków przebiegu symulacji. Jedną z ważniejszych funkcji programu iGrafx Process 2000 jest możliwość definiowania zasobów.

Definiowanie zasobów

Po stworzeniu mapy procesu, jesteśmy gotowi do zdefiniowania zasobów. Zasoby w  programie iGrafx Process 2000 definiowane są globalnie. Oznacza to, że dopiero po określeniu rodzaju zasobu następuje jego fizyczne przydzielenie do czynności procesowych. Definiowanie zasobów następuje z poziomu menu za pomocą funkcji dostępnej pod ikoną. Po jej wybraniu użytkownikowi ukazuje się okno Definiowania Zasobów / Define Resources (rys.6). W tym miejscu dodaje lub odejmuje zasoby. Mogą to być zarówno zasoby ludzkie (np. ślusarz, magazynier, sekretarka) jak i materiałowe (ksero, faks, komputer). Należy pamiętać, że na tym etapie program pozwala definiować zasoby na poziomie globalnym, tzn. bez przydziału do poszczególnych czynności w procesie. Zatem definiujemy zasoby, ustalamy ich ilość lub wielkość, określamy godzinowe stawki wynagrodzenia lub stawki za użycie, a także, jeżeli istnieje potrzeba, stawkę za nadgodziny i maksymalną ilość nadgodzin do wypracowania w ciągu dnia. Tutaj również należy wybrać, według jakiego kalendarza pracownik wypełnia swoje obowiązki.

Zdefiniowane zasoby możemy podzielić na zbiory pracowników, zwane Pool'ami, o odpowiednich atrybutach, np. wielkość wynagrodzenia, staż pracy, szybkość wykonywania poszczególnych prac itp. Należy pamiętać, że nadgodziny jest to ten czas, który pracownik poświęca ponad ustalony dzienny czas pracy. Zarówno czas pracy, jak i cały dostępny kalendarz definiuje się za pomocą funkcji dostępnej pod ikoną Plan Pracy / Schedules.

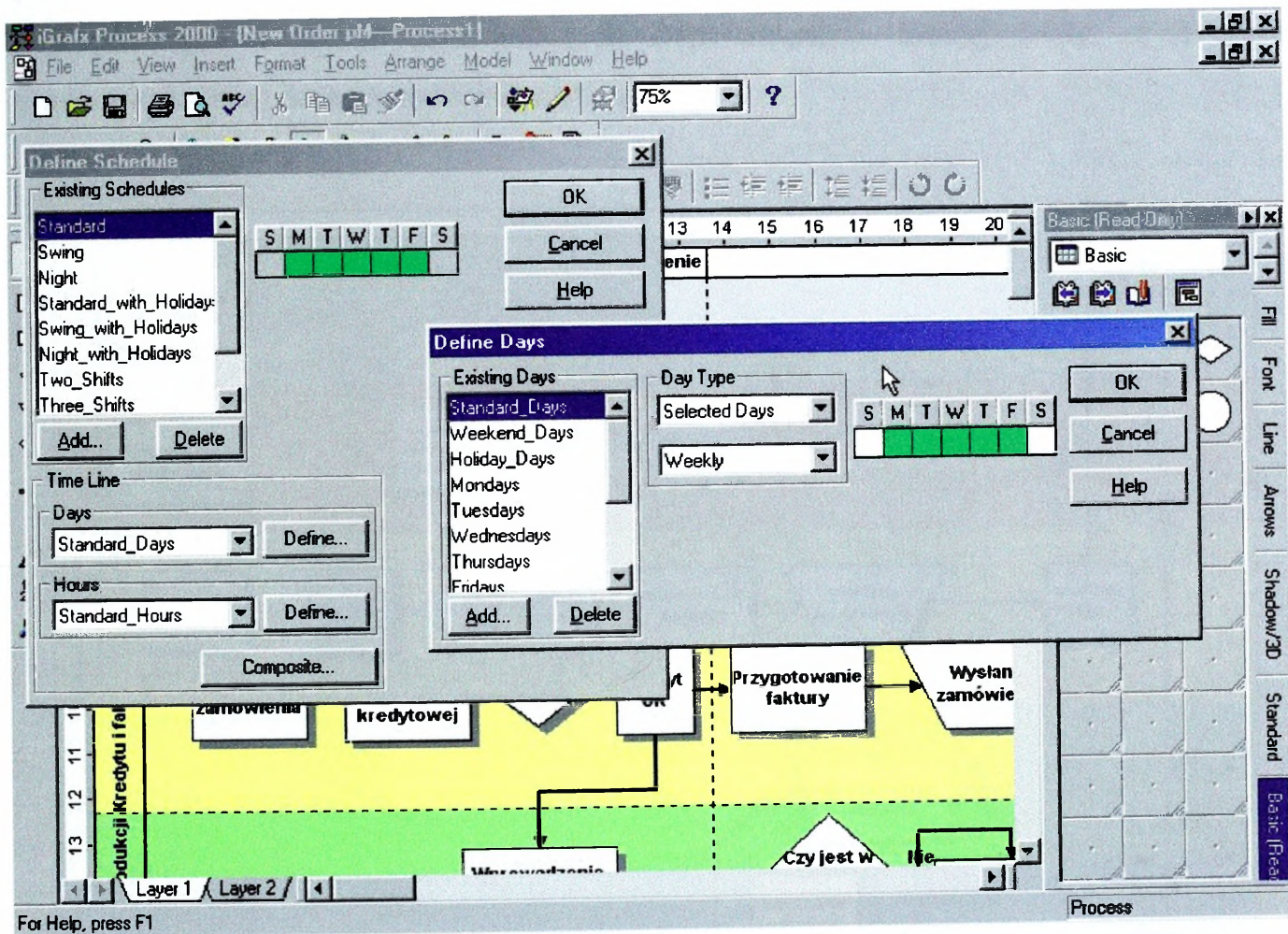


Rys.8. Koszt – ważna cecha procesu

Definiowanie kalendarzy

Określanie czasu pracy zasobów, zarówno ludzkich jak i materiałowych, jest prostą czynnością i odbywa się w menu Define Schedule. Użytkownik może w dowolny sposób modelować kalendarze, złączenie od rodzaju zasobu, np. uwzględniając urlopy lub przerwy związane z konserwacją sprzętu. Istnieje długa lista kalendarzy dostarczonych wraz z programem i praktycznie liczba ich jest wystarczająca. Jeżeli jednak warunki symulacji wymagają niestandardowych ustawień, program to umożliwia. Po zdefiniowaniu własnej nazwy kalendarza następuje przydzielenie bądź zdefiniowanie własnych dni pracy,

z przerwami na odpoczynek, urlop, czynności serwisowe. Po zdefiniowaniu dni należy ustalić godziny pracy. I znowu, użytkownik może skorzystać ze standardowych ustawień programu bądź zdefiniować własne, uzależnione od wielu czynników godziny pracy. Godziny i dni pracy składają się na kalendarz. Kalendarz przydzielony być może do pojedynczego pracownika, grupy pracowników, departamentu, urządzenia będącego na wyposażeniu itp. Zdefiniowane kalendarza wyznacza nam dostępność, lub nie danego zasobu. Im dokładniej zdefiniowany jest kalendarz tym efekt symulacji jest bardziej rzeczywisty, a skutki zmian dokonywanych w trakcie symulacji precyzyjniejsze. Mając mapę procesu, zdefiniowane zasoby oraz kalendarze użytkownik powinien określić inne niezbędne i wpływające na wynik procesu parametry. Zostaną one omówione na przykładzie nazwanym „przyjęcie zamówienia”.

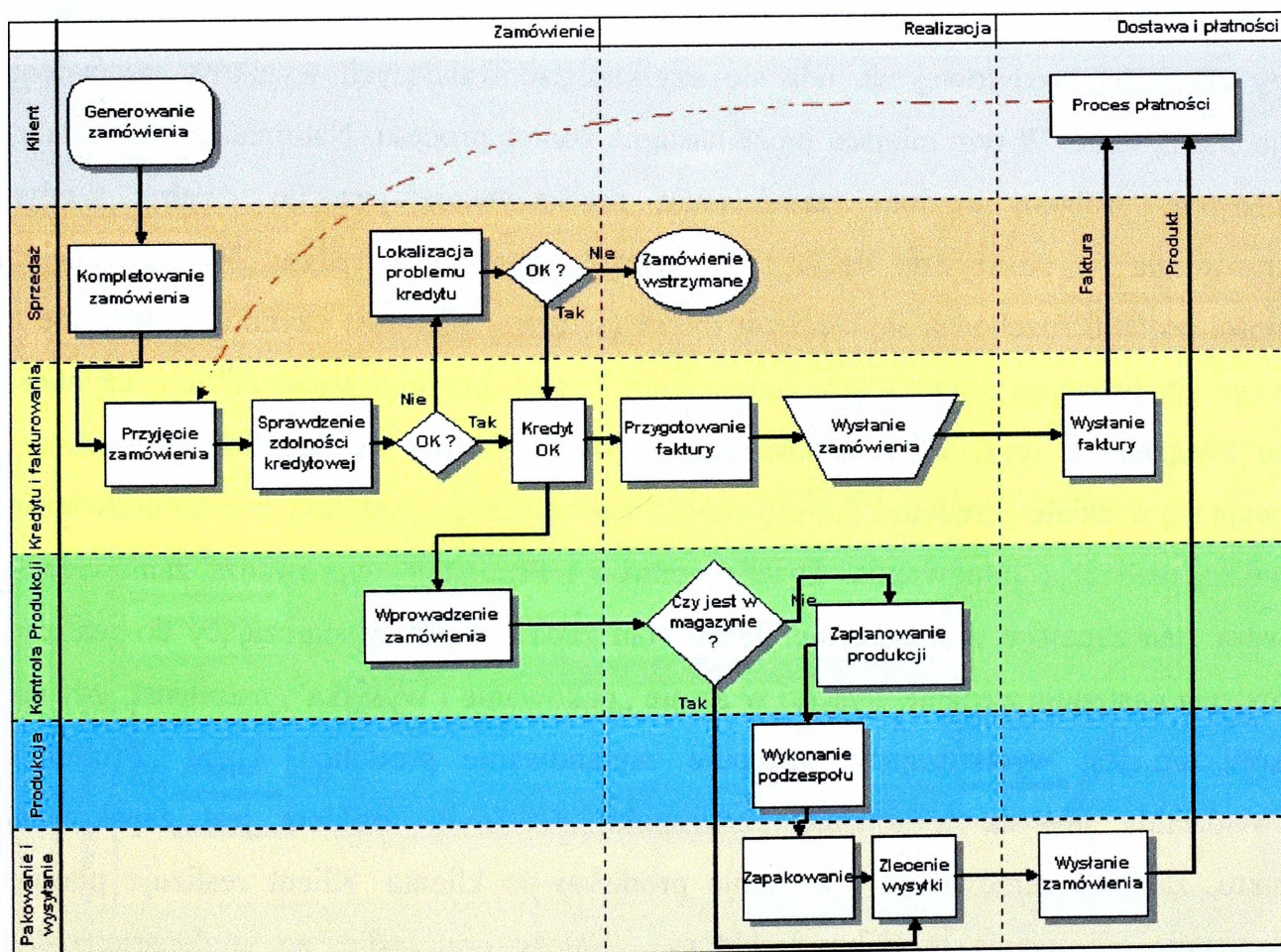


Rys.9. Wbudowany kalendarz

4. DWA PRZYKŁADY WYKORZYSTANIA PAKIETU iGRAFX

4.1. PRZYKŁAD EKONOMICZNY

Proces przyjęcia zamówienia jest doskonałym przykładem możliwości programu iGrafx Process, łączącym w sobie kilka zaawansowanych funkcji. Po opracowaniu mapy procesu, zdefiniowaniu i przydzieleniu zasobów oraz ułożeniu kalendarza trzeba zapoznać się z innymi, niezbędnymi do prawidłowego zdefiniowania warunków symulacji, funkcjami programu. Przykład dotyczy sposobu realizowania zamówienia w fikcyjnym przedsiębiorstwie. Jak możemy zauważyć (rys.10), proces składa się z wielu czynności pogrupowanych w sześciu departamentach. Departamenty – inaczej działy, są to części procesu, w których dane czynności są wykonywane.

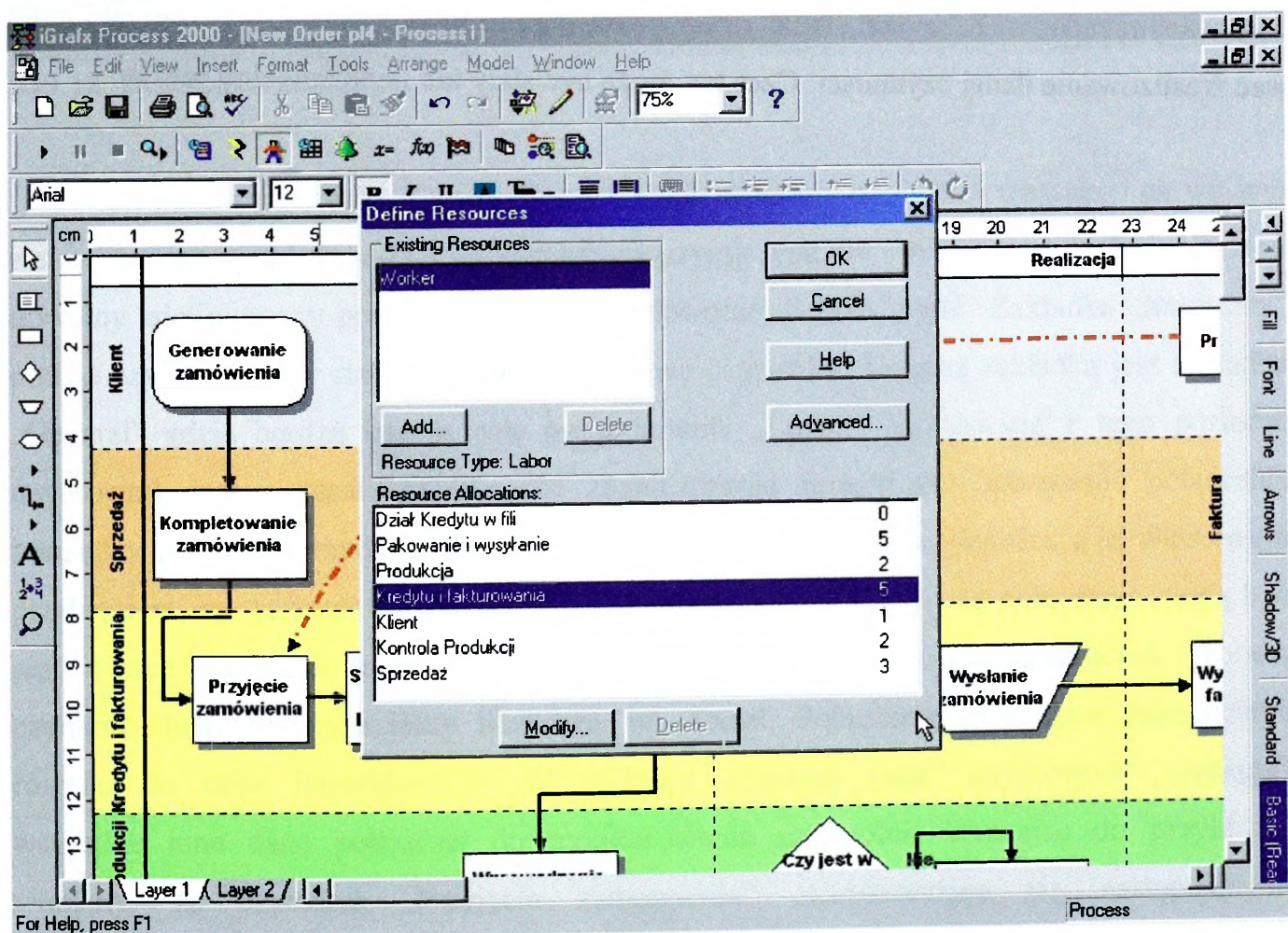


Rys.10. Diagram procesu „zamówienie”

W przykładzie występuje sześć departamentów: począwszy od klienta, który nie stanowi bezpośrednio działu w przedsiębiorstwie, ale odpowiedzialny jest za generowanie zamówień, dział sprzedaży w którym następuje zebranie odpowiednich dokumentów, dział

Kredytu i Fakturowania w którym m.in. sprawdzana jest zdolność kredytowa klienta, kontroli produkcji gdzie określany jest stan magazynu, kopiowania w którym następuje przygotowanie projektu i w końcu dział kompletacji i wysyłki gdzie zamówienie jest realizowane. Departamenty należy rozumieć jako warstwy procesu, w których dana czynność ma miejsce. W przykładzie, nazwy departamentów mogą pokrywać się z nazwami własnymi działów występujących w przedsiębiorstwie. Departamenty wstawiamy poprzez polecenie Department z menu Insert. Pojawia się okno dialogowe Insert Department w którym możemy dodawać (polecenie apply), odejmować lub edytować istniejące departamenty. Proces rozpoczyna się w departamencie „klient”, gdzie generowane jest zamówienie. Jest to etap startowy naszego procesu. Inicjowanie zamówień odbywa się za pomocą generatora pseudolosowego, o czym będzie mowa w dalszej części pracy. Następnie czynności procesowe realizowane są w departamencie „sprzedaż” gdzie zamówienie jest kompletowane. Dział „kredytu i fakturowania” otrzymuje zamówienie i sprawdza zdolność kredytową klienta. Jeżeli zostanie stwierdzona niska zdolność kredytowa ścieżka procesu kierowana jest ponownie do działu „sprzedaż” gdzie następuje lokalizacja problemu kredytu. W przypadku, gdy na podstawie analizy zdolności kredytowej nie uda się uzyskać zadowalających wyników zamówienie zostaje wstrzymane. W tym miejscu może nastąpić koniec procesu. Natomiast, jeżeli uda się zlokalizować problem kredytu, zamówienie przekazywane jest do działu „kredytu i fakturowania” z pozytywną decyzją. Następuje przyznanie kredytu. W tym miejscu czynności procesu rozchodzą się. Jednym torem podążają wszystkie czynności związane ze sprawami finansowymi dotyczącymi zamówienia i są to: przygotowanie faktury, czynności ręczne związane z wysłaniem zamówienia, wysłanie faktury do klienta. Te czynności odbywają się w dziale „kredytu i fakturowania”. Drugim torem podążają czynności związane z fizyczną realizacją zamówienia. Dział „Kontroli i Produkcji” wprowadza zamówienie i sprawdza stan zapasów w magazynie. Jeżeli stan zapasów jest wystarczający do realizacji zamówienia następuje zlecenie wysyłki w dziale „pakowanie i wysyłka”, natomiast, gdy stan zapasów nie jest wystarczający następuje zaplanowanie produkcji. Dział „Produkcji” odpowiedzialny jest za wykonanie podzespołu. Kolejnym krokiem jest zapakowanie produktu, zlecenie zamówienia i wysłanie produktu do klienta. Klient realizuje płatność w momencie otrzymania produktu i faktury. Należy podkreślić, że w departamentach realizowane są poszczególne czynności, natomiast dla porządku wprowadzono podział na fazy procesu. Widoczne jest to u góry przedstawionego procesu, gdzie odpowiedni podział na „zamówienie”, „realizację” i „dostawę i płatność” wyznacza granicę kolejnych etapów procesu. Użytkownik uzyskuje dostęp do tej funkcji programu z menu Insert poleceniem

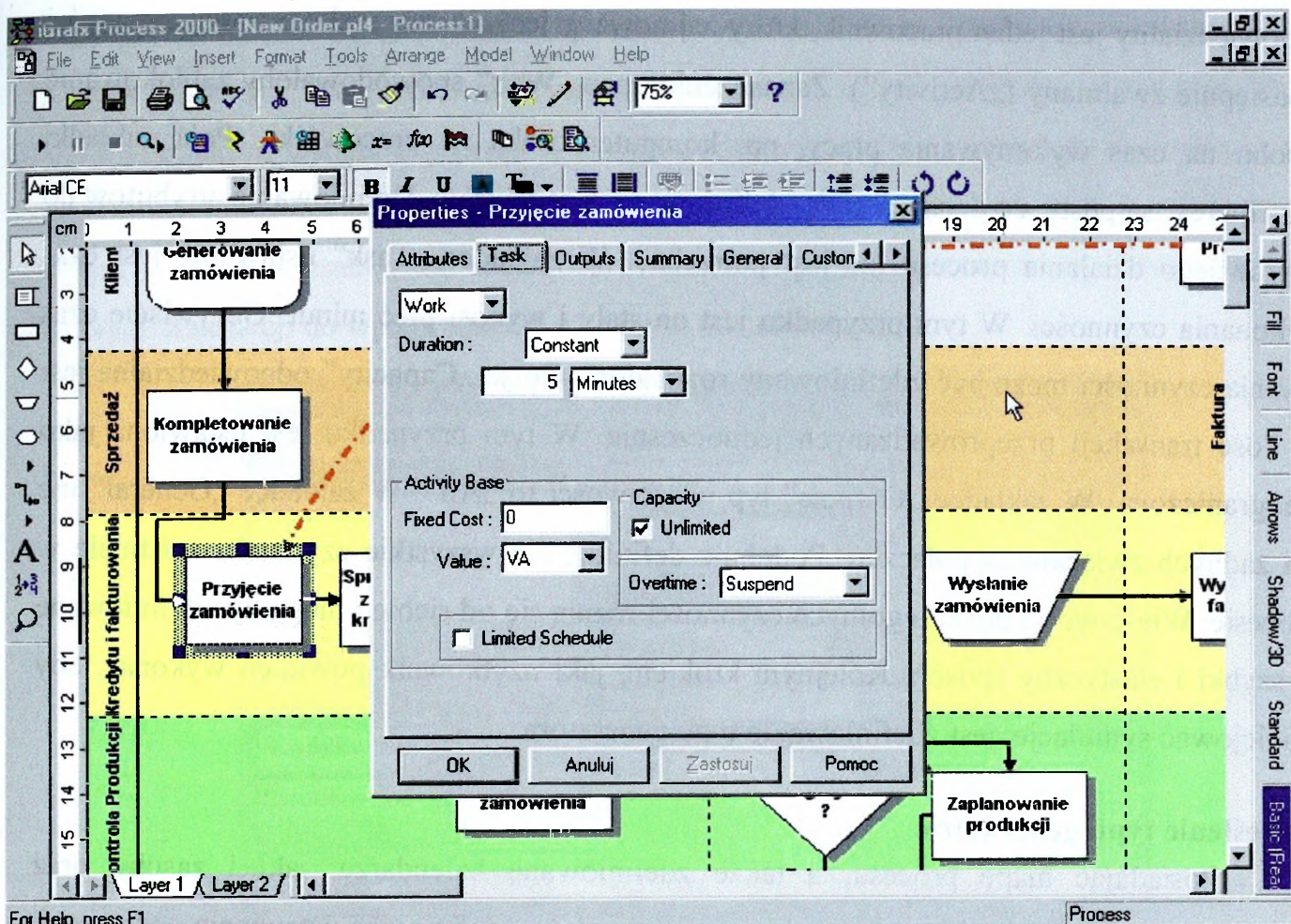
Phases. Kolejnym krokiem, po interpretacji graficznej, jest zdefiniowanie środowiska symulacji procesu. Jak już zostało wspomniane, należy zdefiniować zasoby a następnie kalendarz. Po uruchomieniu funkcji definiowania zasobów, zostaje przyporządkowana określona wielkość zasobów w poszczególnych departamentach. I tak możemy zauważyć, że w departamencie „Sprzedaż” zatrudnionych jest trzech pracowników, w departamencie „Kontroli i produkcji” dwóch, departament „Klient” reprezentowany jest jako jedna osoba. Departament „Kredytu i fakturowania” to kolejne trzy osoby, a „Produkcje” zasila załoga w sile dwóch osób. „Pakowanie i wysyłka” to kolejne pięć osób. Stawki godzinowe zostały ustalone na 10 zł a kalendarz na standardowy tzn. praca od poniedziałku do piątku od godziny ósmej rano do siedemnastej po południu, z godziną przerwą na posiłek. Z dostępnych zasobów występują jedynie pracownicy. W tym momencie, użytkownik powinien określić właściwości poszczególnych czynności w procesie. Funkcja ta dostępna jest, po zaznaczeniu któregośkolwiek symbolu, w podręcznym menu wywoływanym prawym przyciskiem myszy.



Rys.11. Definiowanie środowiska symulacji

Określanie właściwości czynności procesowych.

Celem wywołania menu Properties należy zaznaczyć dowolną czynność procesu. Następnie nacisnąć prawy przycisk myszy i wybrać polecenie Properties. Wówczas ukazuje się okno ustawień czynności wraz z nazwą czynności, której ono dotyczy. Nie zamykając tego okna, użytkownik może „przeskakiwać”: pomiędzy poszczególnymi symbolami. Ponieważ każdy z symboli charakteryzuje się pewnymi właściwościami, niektóre opcje tego okna mogą być różnie ustawione. Okno Properties zostanie omówione na przykładzie czynności „Przyjęcie zamówienia” w departamencie „Kredytu i fakturowania”. Wybierając zakładkę „Inputs” użytkownik ustawia dane wejściowe do danej czynności. Określona czynność może być czynnością startową całego procesu, bądź jego części. Na wejściu do danej czynności może być również określony rodzaj kolekcjonowania transakcji oraz metoda ich kolejowania. Zakładka „Resources” – zasoby, określa przydzielenie zasobów do danej czynności oraz wszystkie parametry związane z realizacją tegoż zadania przez przydzielony zasób. Za pomocą zakładki „Attributes” użytkownik definiuje nadanie atrybutów przed lub po realizowanym zadaniu. Zakładka „Task” odpowiedzialna jest m.in. za przedział czasu jaki ma trwać zrealizowanie danej czynności. Czas ten może być stały lub mieć dowolny rozkład.




Rys.12. Dostępne zakładki

Za pomocą zakładki „Outputs” użytkownik definiuje parametry transakcji na wyjściu z danej czynności. Może to być np. podział decyzyjny typu tak – nie, prawda – fałsz lub inny dowolny zdefiniowany przez użytkownika o dowolnej liczbie wyjść. Zakładka „Summary” podaje użytkownikowi statystyki dotyczące danej czynności. Kolejną zakładką jest zakładka „General” gdzie bardzo istotną rolę pełni funkcja „Links”. Mianowicie z tego poziomu użytkownik jest w stanie zrealizować zagnieżdżenie funkcji tzn. uaktywnić połączenia pomiędzy aktywną czynnością, która może być hasłowym opisem czynności, a jej właściwym przebiegiem, np. rozbudowanym graficznie podprocesem. Oczywiście połączenia mogą być realizowane również do innych dokumentów, np. Word, wyczerpująco opisujących wybraną czynność, bądź podające fakty liczbowe, np. Excel. Połączenie może być ustanowione również do stron internetowych. W zakładce „Custom Data” użytkownik „wyciąga” wszystkie inne dane potrzebne do monitorowania czynności. Wracając do przykładu, widzimy, że czynność „Przyjęcie zamówienia” charakteryzuje się następującymi parametrami. Pola przy poleceniu „Start point” oraz „Collect Transactions As Inputs” są puste. Metoda kolejowania napływających transakcji równa jest metodzie „Pierwszy przyszedł – pierwszy wyszedł” (FIFO); „Resources” – za wykonanie czynności

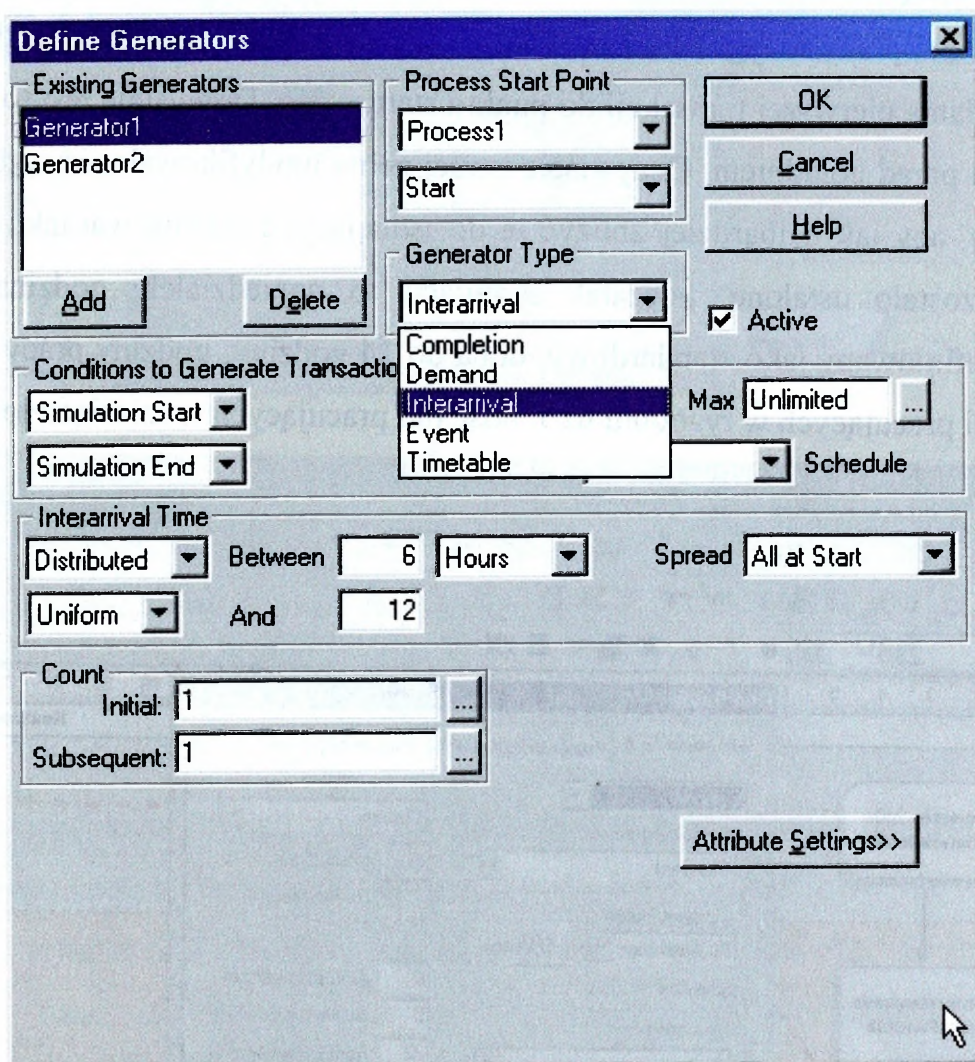
odpowiedzialny jest jeden pracownik, który zajmowany jest na czas wykonywanej czynności a następnie zwalniany („Activity”). Zaznaczenie opcji „Wait” spowodowałoby zablokowanie zasobu na czas wykonywania pracy, np. komputer czeka na pracownika. Pola zakładki „Attributes” są puste, co oznacza brak zdefiniowanych atrybutów. Definiowanie atrybutów do poprawnego działania procesu nie jest potrzebne. W zakładce „Task” ustawiony jest czas wykonania czynności. W tym przypadku jest on stały i wynosi pięć minut. Oczywiście czas trwania czynności może być zdefiniowany rozkładem. Opcja „Capacity” odpowiedzialna jest za ilość transakcji przeprowadzanych jednocześnie. W tym przypadku jest ustawiona jako nieograniczona. W zakładce „Outputs” typ właściwości to „All”. W zakładce „General” nie ma żadnych związanych połączeń. Podobnie definiuje się wszystkie czynności zaistniałe w procesie. Właściwości poszczególnych czynności różnią się od siebie i mogą być definiowane w szybki i elastyczny sposób. Kolejnym krokiem, jaki użytkownik powinien wykonać, aby zainicjować symulację, jest zdefiniowanie typu generatora.

Określenie typu generatora.

Posiadając mapę procesu, a także zdefiniowane kalendarze, jaki i zasoby oraz ustawione właściwości poszczególnych czynności należy zdefiniować ustawienia generatora. Rodzaj generatora odpowiedzialny jest za częstotliwość, z jaką transakcje w procesie będą inicjowane. Typ generatora zastosowanego w programie określamy jako pseudolosowy. Wywołanie ustawień generatora następuje z menu Model i dostępne jest pod  ikona .

U dołu ekranu ukaze się okno z dostępnymi generatorami. Ilość i rodzaj generatora użytkownik definiuje w zależności od potrzeb wynikających z modelowanego procesu. Przy określeniu parametrów generatora ważne są następujące funkcje: „Process Start Point” – tutaj użytkownik definiuje miejsce (czynność), z jakiej generator „wypuszcza” transakcje. Opcja „Generator Type” pozwala użytkownikowi zdefiniować, z jaką częstotliwością generator „wypuszcza” transakcje. Typ „Complete” powoduje inicjowanie kolejnych transakcji dopiero w momencie zakończenia rozpoczętych. Pomocny jest w określeniu długości trwania procesu, np. cyklu projektowania produktu. Typ „Demand” wysyła transakcje do punktu startowego w każdym przypadku, gdy pracownik jest dostępny w departamencie, w którym punkt startowy został zdefiniowany. Typ „Interrival” powoduje generowanie transakcji według określonego zadania czasowego. Użytkownik sam określa w jakich odstępach czasowych generowane są transakcje w punkcie startowym. Ten rodzaj generatora używany jest zwykle do modelowania procesów powtarzających się, o regularnych, prostych czynnościach. Generator typu „Event” wysyła transakcje do punktu

startowego, co pewien określony czas, np. raz w tygodniu, raz w miesiącu czy raz w roku. Używany może być do generowania transakcji o specyficznym przebiegu czasowym np. księgowanie faktur. Ostatni z generatorów wprowadza transakcje opierając się na rozkładzie czasowym zdefiniowanym przez użytkownika. Można, zatem określić porę dnia, tygodnia czy miesiąca, w której transakcja ma zostać wprowadzona a przy tym definiuje się również ilość możliwych transakcji do wprowadzenia na danym odcinku czasu.

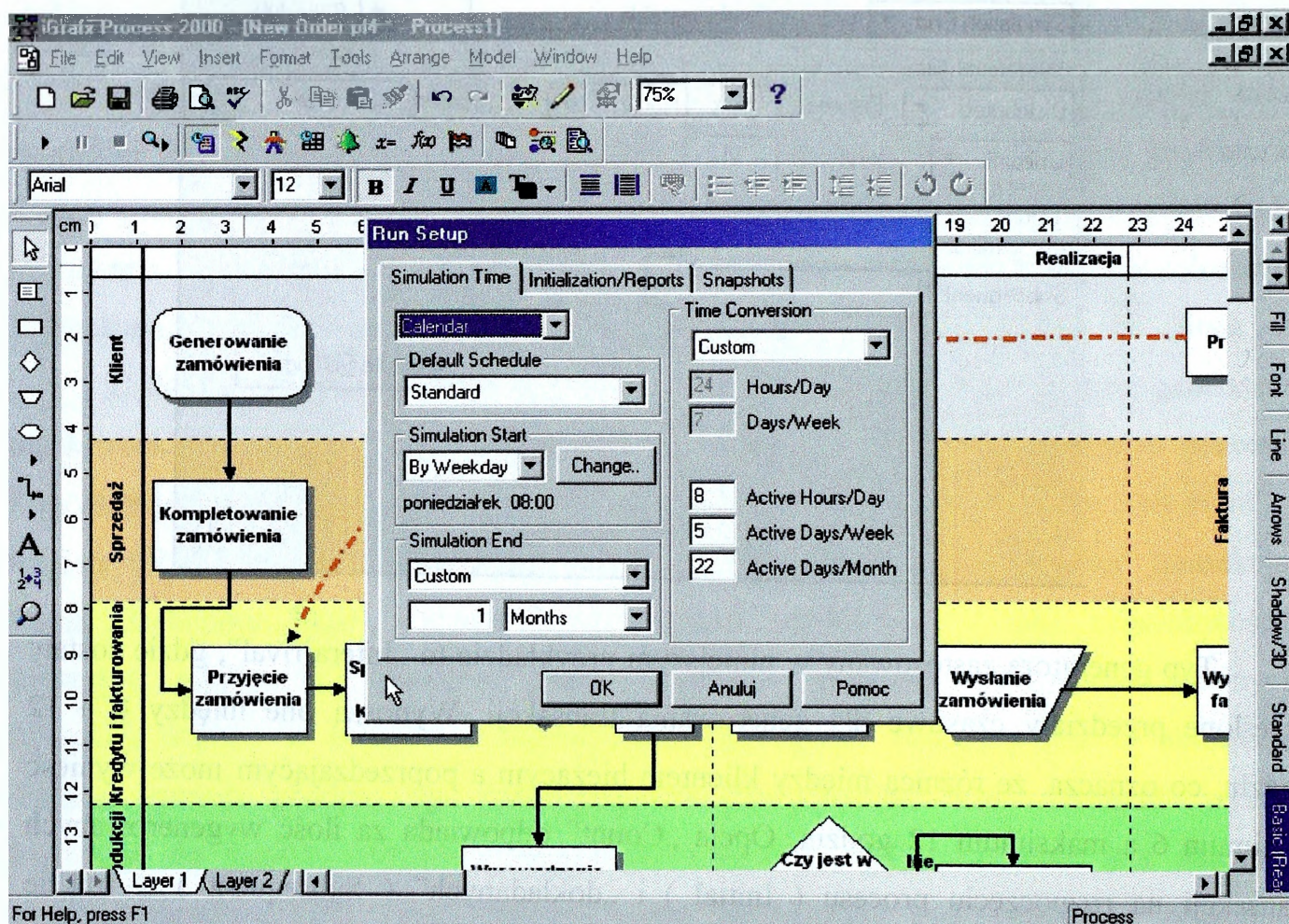


Typ generatora zastosowany w niniejszym przykładzie to „Interarrival”, gdzie zostały określone przedziały czasowe dla generowania transakcji. Wynoszą one między 6 a 12 godzin, co oznacza, że różnica między klientem bieżącym a poprzedzającym może wynieść minimum 6 a maksimum 12 godzin. Opcja „Count” odpowiada za ilość wygenerowanych transakcji na rozpoczęciu procesu (Initial) i „dokładanych” (Subsequent) w trakcie generowania nowych transakcji. Poznanie właściwości generatorów pozwala użytkownikowi precyzyjnie zdefiniować środowisko doświadczenia. Do ustalenia warunków przebiegu transakcji używa się funkcji „Run Setup”.

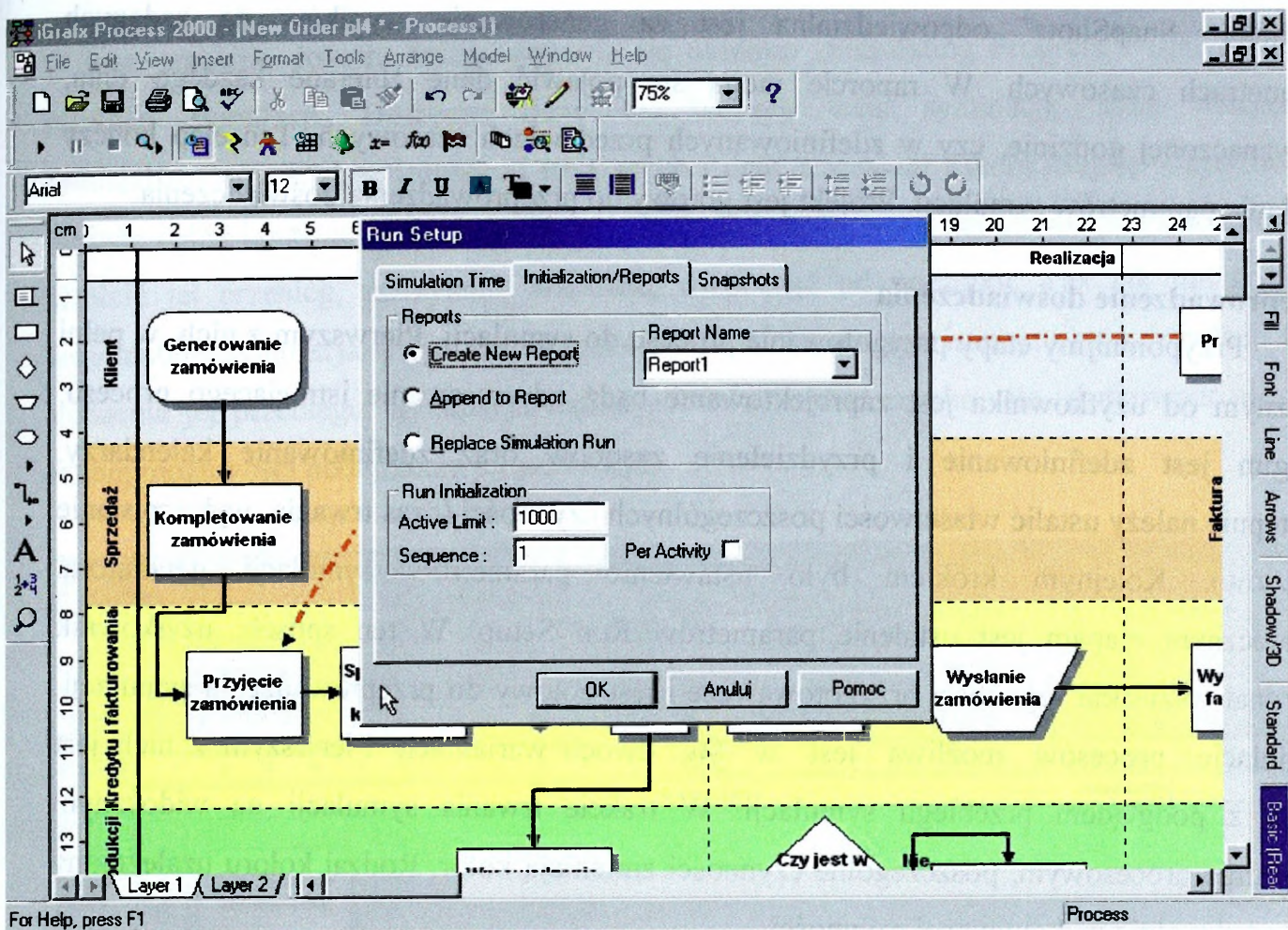
Ustalenie warunków przebiegu symulacji procesu.

Czasowe ramy trwania symulacji oraz parametry, w jakich symulacja jest wykonywana użytkownik ustala w menu „Run Setup”. Dostępne ono jest z paska narzędziowego pod ikoną. Menu „Run Setup” składa się z trzech zakładek: Simulation Time, Initialization/Reports, Snapshots.

Za pomocą zakładki Simulation Time określa się rodzaj kalendarza, ilość godzin pracy na dobę, ilość dni pracy w tygodniu i ilość dni pracy w miesiącu. Ponadto użytkownik ustala początek wysłania pierwszej transakcji do punktu startowego. Domyślnie jest to poniedziałek, godzina ósma przed południem. Oczywiście istnieje pełna modyfikowalność wybranych opcji, w ten sposób, aby jak najbardziej zbliżyć je do istniejących realnie warunków. W naszym przykładzie zostało ustalone: początek symulacji to poniedziałek, godzina ósma rano, kalendarz zdefiniowany jako standardowy, doba do 24 godziny, godziny pracy to: 8 w ciągu dnia, ilość dni pracujących w tygodniu to 5, ilość dni pracujących w miesiącu to 22.



Rys.13. Ustalenie warunków procesu symulacji.




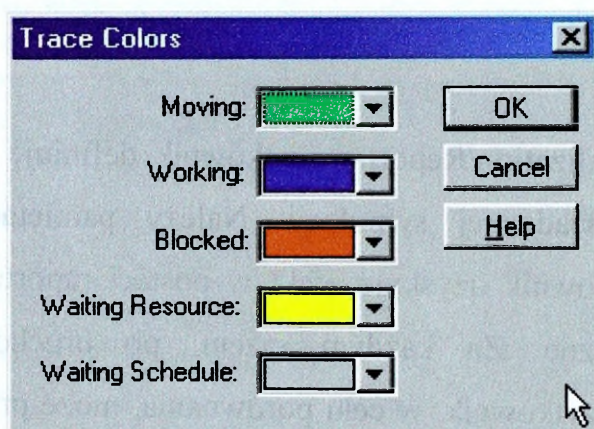
Rys.14. Raporty


W kolejnej zakładce Initialization/Reports, użytkownik definiuje miejsce docelowe raportu powstałego po przeprowadzonej symulacji. Należy pamiętać, że w wyniku przeprowadzonej symulacji użytkownik uzyskuje efekt w postaci raportu. W raporcie tym umieszczone są dane statystyczne. Za każdym razem, po uruchomieniu symulacji otrzymywany jest nowy raport. Użytkownik, w celu porównania, może przyłączyć go do już istniejącego raportu. W tym celu powinien wybrać pole „Append to Report”. Za pomocą opcji „Run Initialization” użytkownik definiuje górną granicę ilości aktywnych jednocześnie transakcji. Z reguły, limit ten ustalany jest wysoko. Program używa wielu generatorów, których cechą wspólną jest numer sekwencji. Opcja Sequence pozwala na wybranie numeru sekwencji generatora. Istnieje, bowiem możliwość, że transakcja przebiegnie tą samą ścieżką, co poprzednia. W przypadku, gdy modelowanych jest kilka transakcji, należy powtarzać symulacje przy różnych wariantach opcji „Sequece” w celu otrzymania różniących się od siebie wyników.

Zakładka „SnapShots” odpowiedzialna jest za generowanie wyników na zadanych parametrach czasowych. W raporcie mogą się pojawić dane zbierane każdego dnia, o wyznaczonej godzinie, czy w zdefiniowanych przedziałach czasowych. Ten etap kończy ustalenie parametrów symulacji. Projekt jest gotowy do przeprowadzenia doświadczenia.

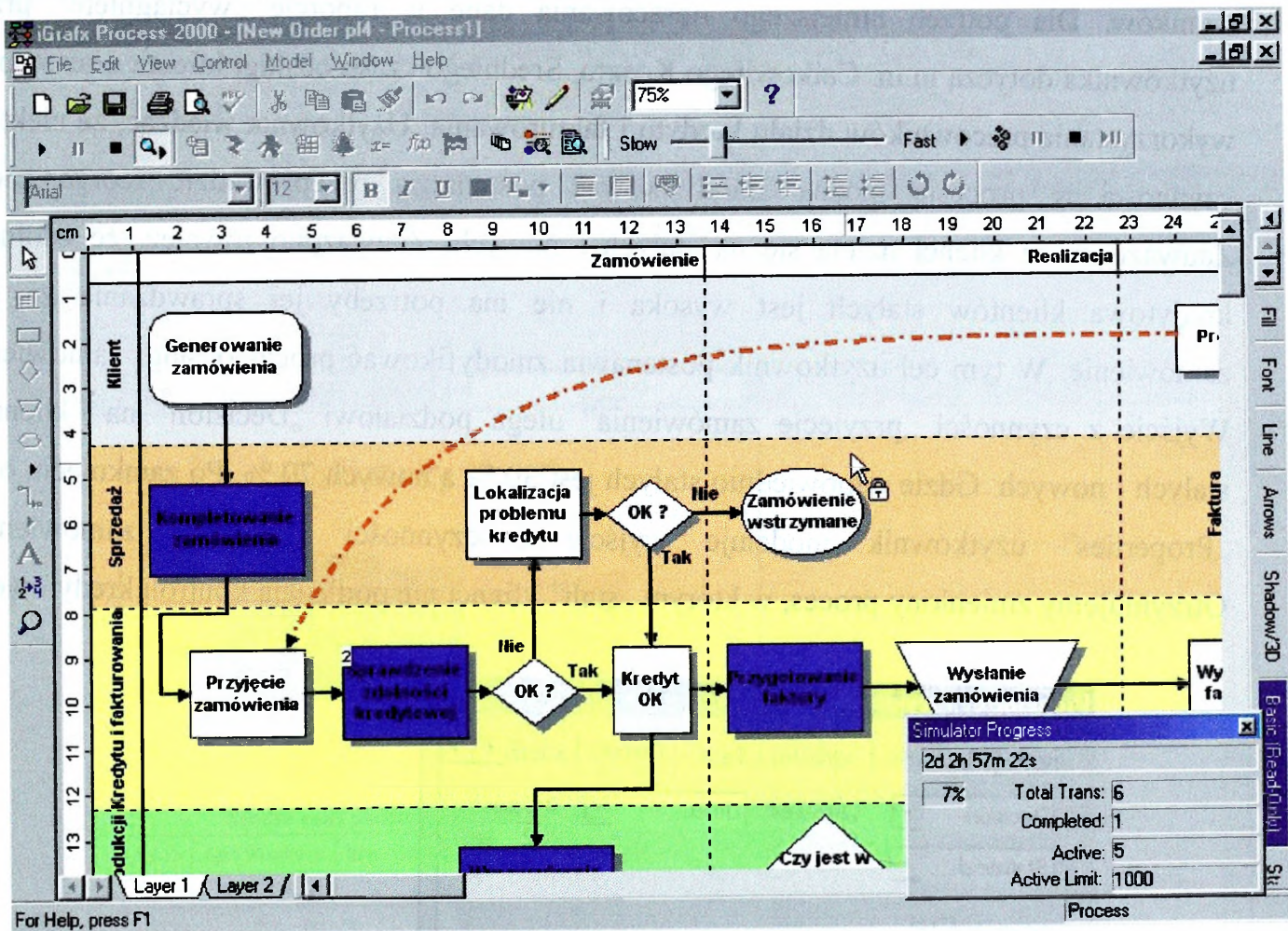
Przeprowadzenie doświadczenia

Przypomnijmy etapy przygotowania procesu do symulacji. Pierwszym z nich, w pełni zależnym od użytkownika jest zaprojektowanie bądź odwzorowanie istniejącego procesu. Drugim jest zdefiniowanie i przydzielenie zasobów oraz zdefiniowanie kalendarzy. Następnie należy ustalić właściwości poszczególnych czynności (czas trwania, wykorzystanie zasobów). Kolejnym krokiem było ustawienie parametrów symulacji generatora. Ostatecznym etapem jest ustalenie parametrów Run Setup. W ten sposób, użytkownik wykonał wszystkie czynności przygotowawcze i jest gotowy do przeprowadzenia symulacji. Symulacje procesów możliwa jest w  dwóch wariantach. Pierwszym z nich jest opcja z podglądem przebiegu symulacji. W trakcie trwania symulacji na widocznym diagramie procesowym, poszczególne czynności zmieniają kolor. Rodzaj koloru uzależniony jest od aktualnie wykonywanej czynności.



I tak, kolor zielony to przenoszenie czynności, kolor niebieski oznacza, że czynność jest wykonywana, kolor czerwony, że czynność jest zablokowana i oczekuje na zakończenie innych czynności wynikających z przebiegu procesu. Kolor żółty oznacza, że czynność oczekuje na zasób a szary, że oczekiwanie spowodowane jest układem kalendarza. Wszystkie kolory są modyfikowalne i dostępne z menu Control / Trace Colors przy włączonej opcji śledzenia procesu. W trakcie przebiegu symulacji możliwe jest jej przyspieszenie. Służy do tego opcja „Trace Update Speed. Jest to szczególnie przydatna opcja zwłaszcza, że niektóre procesy mogą być bardzo rozległe czasowo. W celu uruchomienia symulacji należy wcisnąć ikonę  „Start/Resume”. Użytkownik obserwuje przebieg symulacji na ekranie monitora.

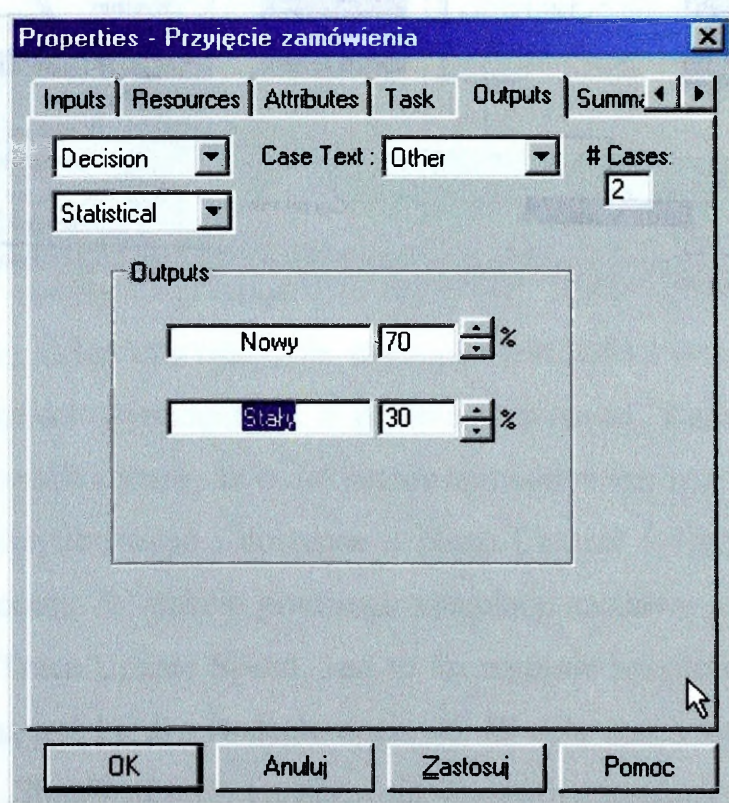
W jego prawym, dolnym brzegu pojawia się okienko „Simulating Progress”. Ujawnia ono przebieg symulacji. Dostępne dane to: bieżący czas symulacji, ilość transakcji zainicjalizowanych, ilość transakcji trwających i ilość transakcji zakończonych. Użytkownik posiada pełną kontrolę nad przebiegiem symulacji i może w każdej chwili przyspieszyć lub zwolnić jej przebieg, zatrzymać, wznowić, rozpocząć od początku. Tak jak już zostało wspomniane symulacja w tym trybie może trwać długo, dlatego istnieje opcja symulacji bez śledzenia jej przebiegu. Symulacja tego typu trwa bardzo szybko, ale użytkownik nie ma żadnej możliwości podejrzenia jej przebiegu.



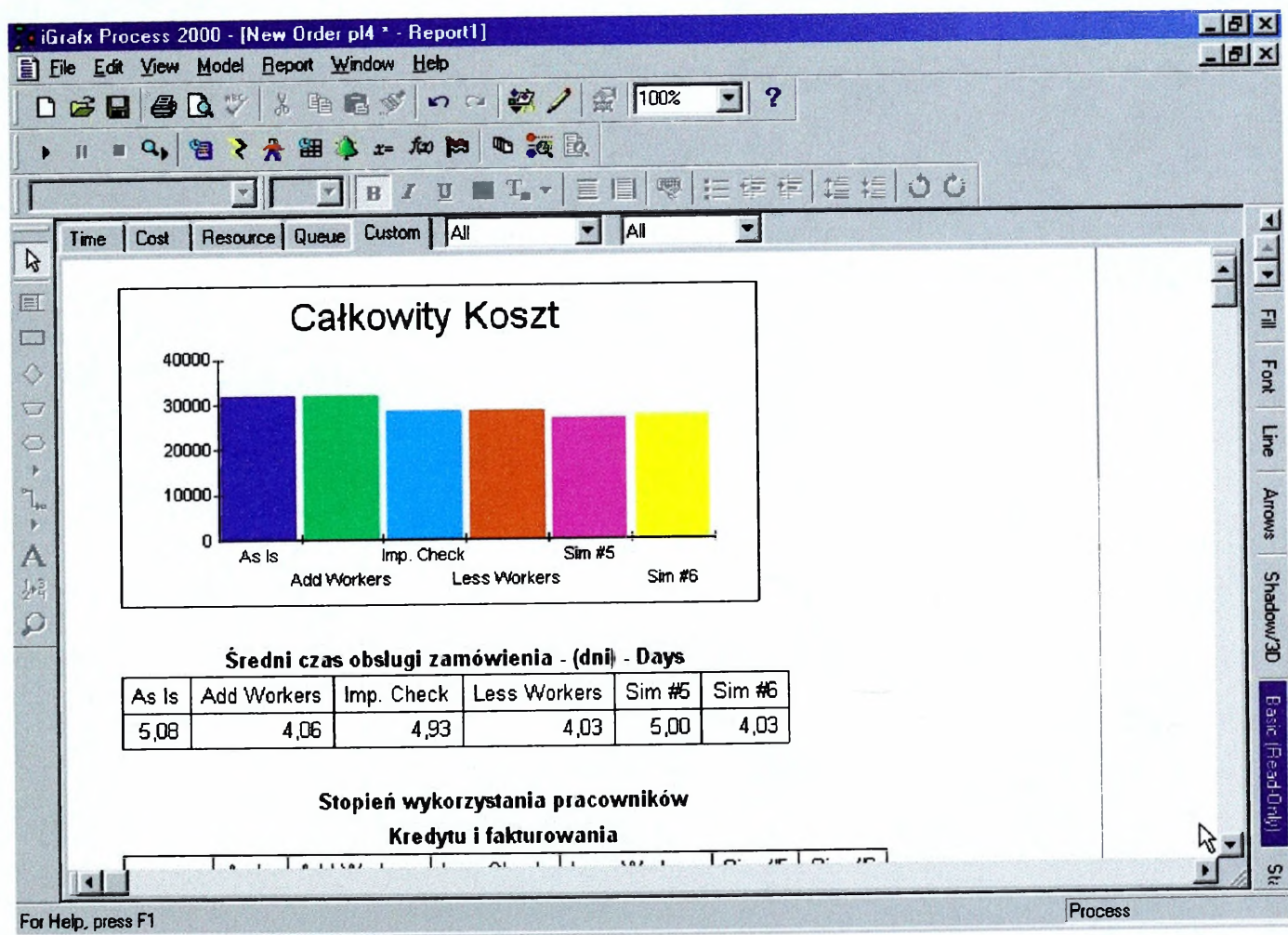
Rys.15. Proces symulacji

Wynik doświadczenia oraz modelowanie zmian

Wynikiem przeprowadzonego doświadczenia jest raport. Raport, w którym zawarte są dane statystyczne jest drogowskazem dla użytkownika, co do dalszych działań. Domyślnie raport składa się z pięciu arkuszy opisujących. Wybrane warianty związane są z czasem trwania symulacji, kosztem potrzebnym do realizacji procesu, stopniem wykorzystania pracowników, kolejkowaniem transakcji, oraz dane wybrane przez użytkownika. Dane w raporcie przedstawiane są w postaci tabelarycznej. Istnieje graficzna metoda prezentacji wyników. Dla potrzeb niniejszego opracowania dane w raporcie „wyciągnięte” przez użytkownika dotyczą m.in. Całkowitego Kosztu, Średniego czasu obsługi klienta oraz stopnia wykorzystania pracowników działu kredytu i fakturowania. Użytkownik wiedząc, że niektóre czynności w procesie można zmodyfikować postanawia przeprowadzić reorganizację. Zauważono, że klienci dzielą się na stałych i nowych. Zauważono również, że zdolność kredytowa klientów stałych jest wysoka i nie ma potrzeby jej sprawdzania za jest zamówienie. W tym celu użytkownik postanawia zmodyfikować proces obsługi zamówienia. Wyjście z czynności „przyjęcie zamówienia” ulega podziałowi „Decision” na klientów stałych i nowych. Gdzie odpowiednio stałych jest 30 % a nowych 70 %. Po zamknięciu okna „Properties” użytkownik modeluje wyjście z czynności „przyjęcie zamówienia”. Otrzymujemy zmieniony proces, w którym „stali” klienci nie podlegają kontroli kredytowej.



Użytkownik ponownie uruchamia symulacje i otrzymuje wynik. W rezultacie podjętych działań obniżony został znacząco średni czas trwania obsługi zamówienia jak również znacząco spadł stopień wykorzystania pracowników w dziale „kredytu i fakturowania”. Nie nastąpiły żadne zmiany w kosztach, ponieważ nie zostały wprowadzone żadne modyfikacje w zasobach. Kolejnym krokiem w modelowanym procesie może być ustalenie różnego czasu wykonywania czynności. Użytkownik ponownie wraca do diagramu przedstawiającego proces i wprowadza zmiany. W wyniku podjętych działań otrzymuje się korzystniejszy układ procesu. W celu lepszego zobrazowania istnieje, możliwość przedstawienia wyników pracy w postaci wykresu słupkowego (rys.16).



Rys.16. Przykładowy wykres słupkowy obrazujący wynik symulacji

4.2. PRZYKŁAD WOJSKOWY

Przykład dotyczy fazy planowania, a dokładnie etapu oceny sytuacji tj. do momentu podjęcia decyzji przez dowódcę.

Dowodzenie, jako proces może sprawnie przebiegać gdy ma zapewnioną bazę składającą się z elementów personalnych, technicznych i organizacyjnych wzajemnie zależnych, zorganizowanych w systemie dowodzenia, w którym celowe i skoordynowane działanie tych elementów umożliwia skuteczne dowodzenie³⁰.

Elementy systemu dowodzenia obejmują trzy komponenty tj.:

- organizacje dowodzenia,
- środki dowodzenia,
- proces dowodzenia - proces decyzyjny oraz procedury i techniki stosowane

przez dowództwa w celu oceny sytuacji oraz postawienia zadań i kontroli ich wykonania. Zawiera także dokumenty dowodzenia systemu odpraw i meldunków wspierających proces decyzyjny.

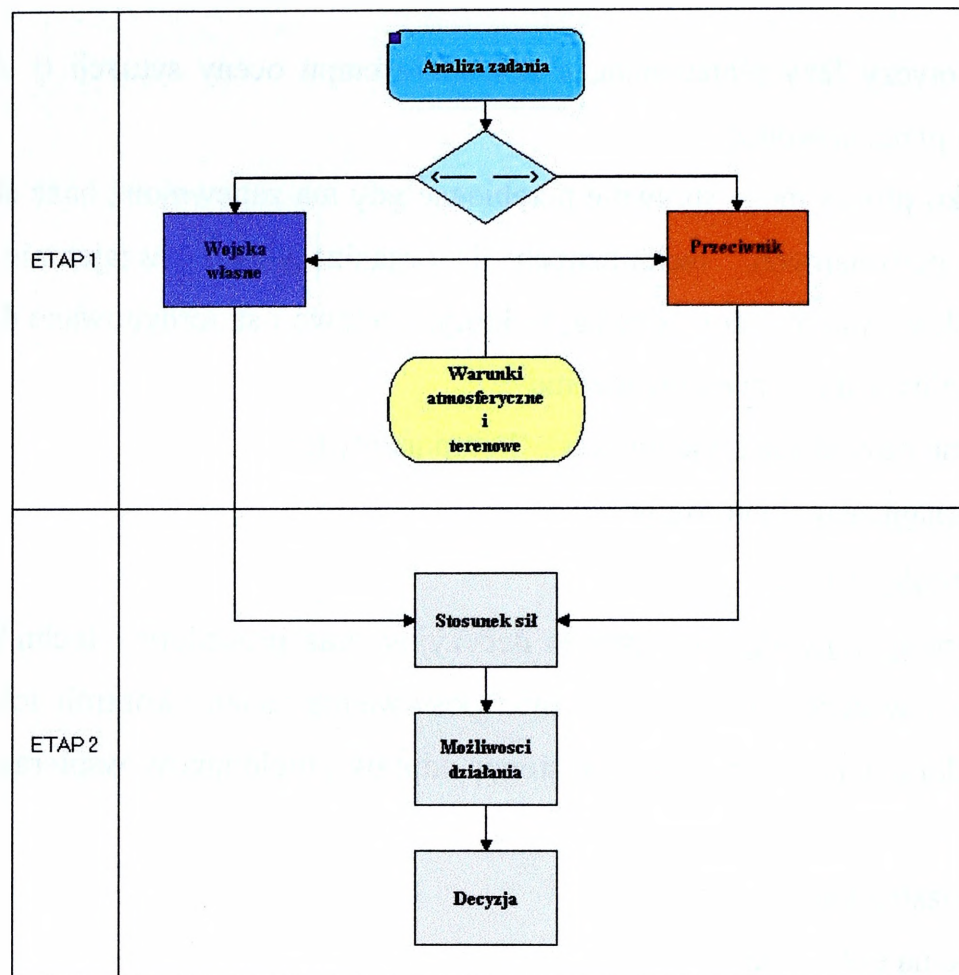
Składa się on z następujących faz:

- ◆ ustalenia położenia,
- ◆ planowania,
- ◆ stawiania zadań,
- ◆ kontroli.

Wymienione fazy składają się na cykl decyzyjny i są realizowane na wszystkich szczeblach i we wszystkich obszarach dowodzenia w sposób ciągły. Zdobywanie, przetwarzanie i wykorzystanie informacji (w postaci zadań, informacji o działaniu i położeniu wojsk własnych i przeciwnika, warunkach działania) utrzymuje ten cykl w ruchu i pozwala w efekcie na opracowanie planu działania i podjęcie decyzji.

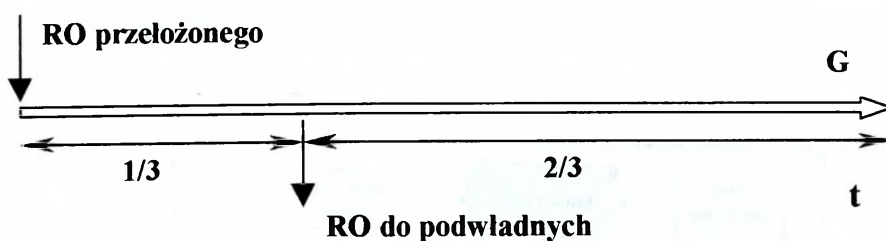
Wykonano analizę wszystkich czynności jakie należy przeprowadzić celem podjęcia decyzji w procesie dowodzenia. Początkowo wykonano uproszczony diagram (rys.17) jedynie celem sprawdzenia, czy możliwym będzie wykonanie symulacji komputerowej przy pomocy iGrafix Professional. Następnie wzbogacono diagram o dodatkowe bloki (rys.19). Oba diagramy wykonano bazując na rys.1 niniejszego opracowania. Bieżące zmiany sytuacji mają jednocześnie wpływ na wojska własne, wojska przeciwnika oraz na analizę zadania, od której przecież zaczyna się cały proces. Trzeba również zwrócić uwagę na sens stosowania

³⁰ Regulamin Działań Wojsk Lądowych, Warszawa 1999



Rys. 17. Wstępny diagram „Ocena sytuacji i decyzja” utworzony w iGrafx

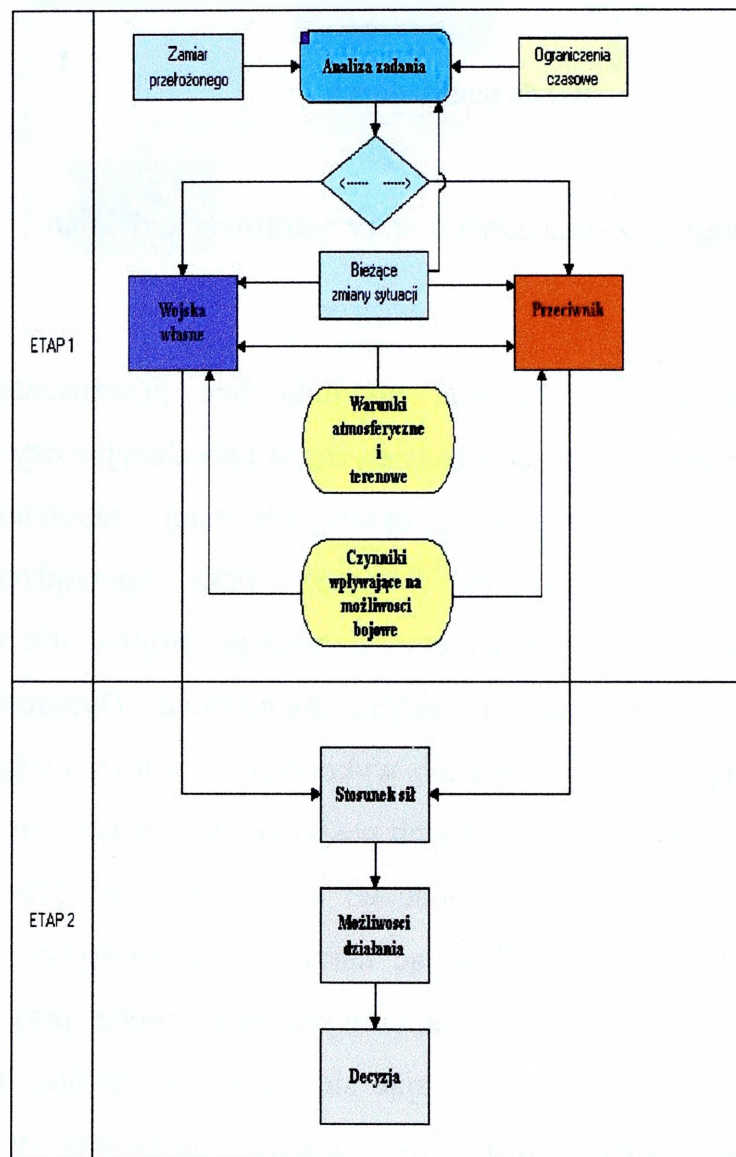
„elementu wyboru” umożliwiającego przeprowadzenie symulacji w warunkach niepełnej informacji o wojskach własnych jak i przeciwnika. Oba zgrupowania wojsk narażone są na wpływ czynników zewnętrznych mających znaczenie przy określaniu ich możliwości bojowych. Istotnym czynnikiem wpływającym na rozwój sytuacji jest czas. Zaznaczono ten wpływ umieszczając stosowny element bezpośrednio przy bloku analizy zadania. W procesie dowodzenia, w fazie planowania, wśród czynności etapu oceny sytuacji występuje rozważenie i porównanie wariantów działania. Są to jedne z ważniejszych czynności w pracy sztabu. Czynności te powinna być przeprowadzona w sposób obiektywny przez uczestników, aby uniknąć stronniczości (np. najlepszy jest wariant zaproponowany przeze mnie). Czas przewidywany na pracę sztabu wynosi 1/3 czasu przeznaczonego na przygotowanie walki. Po tym czasie podwładni otrzymują Rozkaz Operacyjny (RO), gdy wymaga tego sytuacja, Wstępne Zarządzenie Operacyjne (WZO) i przystępują do realizacji zadań (rys.18.).



Rys. 18. Podział czasu przeznaczanego na przygotowanie działań.

Na działalność koncepcyjno-organizacyjną powinna być przeznaczona znaczna część dostępnego czasu, a tylko nieznaczna na przedsięwzięcia kalkulacyjne czy redakcyjne.

Pełna kontrola dowództw i sztabów nad potokiem informacji, zapewnienie ich szybkiego przetworzenia, dokonanie niezbędnych prognoz oraz sporządzenie różnorodnych dokumentów, przy jednoczesnym zapewnieniu wysokiego stopnia ich wiarygodności, bez wspomagania informatycznego stało się wręcz niemożliwe. Dynamicznemu rozwojowi techniki towarzyszą rosnące wymagania osób wykorzystujących jej osiągnięcia. Żądane jest zapewnienie możliwości przekazywania danych w sposób wiarygodny, precyzyjny i aktualny. Uczestnicy tego procesu chcą mieć pewność co do poprawności przetwarzanych danych i rzetelności otrzymanych wyników. Stosując narzędzia informatyczne oczekują lepszych efektów swojej pracy w ograniczeniach czasowych czy wręcz przy braku znajomości złożonych metod matematycznych ograniczając się jedynie do obsługi programu). Stąd do procesu symulacji zastosowano stosunkowo proste, omawiane w pracy, narzędzie informatyczne.



Rys. 19. Rozbudowany diagram, uwzględniający czynniki zewnętrzne wpływające na decyzję końcową

5. PODSUMOWANIE

Proces modelowania jest tworzony dla konkretnych systemów i zjawisk oraz dla konkretnych zastosowań. Podstawowym celem modelowania jest tworzenie narzędzi pozwalających na sprawdzenie zachowania się systemu w warunkach innych niż aktualnie istniejące. Użyteczność stosowanego modelu polega na takiej jego konstrukcji by możliwe było uzyskanie rozwiązań analitycznych i jednocześnie by uzyskane przy jego pomocy rozwiązania cechowała jednoznaczność.

Budując model rzeczywistości napotykamy na szereg problemów. Oto niektóre z nich.

Subiektywność oceny rzeczywistości

Model jest niedoskonały. Nie uwzględnia szeregu czynników. Czynniki te zostały pominięte świadomie (celowo) bądź nieświadomie.

Poszukiwanie szablonu

Uniwersalizm języka matematyki powoduje, że istnieją teoretycznie nieograniczone możliwości implementacji poprawnie zbudowanych modeli matematycznych do opisu różnego typu zjawisk.

Identyfikacja zmiennych

Problem identyfikacji zmiennych (pozornie prosty) polega na wybraniu spośród wszystkich zmiennych tylko tych, których obecność w modelu zapewni jego poprawność.

Powrót do punktu wyjścia

Proces budowy modelu rzeczywistości przebiega według następującego algorytmu:

1. Stworzenie poglądu na rozpatrywane zjawisko
2. Rozumowanie prowadzące do określenia wniosków
 - 2.1. Bez użycia metod matematycznych (numerycznych)
 - 2.2. Przy użyciu metod matematycznych (numerycznych)
 (punkty 2.1 i 2.2 występują opcjonalnie)
3. Sprawdzenie czy wnioski mają swoje odzwierciedlenie w rzeczywistości
4. Jeśli tak to treści zawarte w punkcie 1 i 2 są sformułowane poprawnie
5. Jeśli nie to z pewnością występują błędy w punktach 1 i/lub 2.

Cechy mierzalne i niemierzalne

Istnieją znane metody zamiany cech niemierzalnych na mierzalne.

W zbiorze cech istotnych powinny znajdować się tylko te, które charakteryzują się dostateczną zmiennością wartości przy przejściu od obiektu do obiektu. Warunek wystarczającej zmienności jest postulatem formalnym doboru cech istotnych. Postulatu tego

nie spełniają cechy stałe i quasi stałe. Ze zbioru cech istotnych można usunąć te cechy, których zmienność z punktu widzenia ustalonego kryterium jest niewystarczająca. Ostatecznie do zbioru cech istotnych powinny wejść tylko te, których wzajemne podobieństwo pomiędzy sobą jest możliwie małe i możliwie duże z cechami nie wchodzącymi do zbioru, tzn. niezależne lub słabo zależne pomiędzy sobą i silnie zależne z cechami wyeliminowanymi. Pozostawienie w modelu cech, których wartości są ze sobą silnie związane, spowodowałoby niepotrzebne powielanie („zanieczyszczanie”) informacji o obiektach badanych.

Dobór zmiennych diagnostycznych

Problem określenia listy zmiennych objaśniających (cech opisujących badany obiekt – rozumiany tu jako zgrupowanie wojsk) można rozwiązać sięgając do teorii ekonomii opisującej w sposób przyczynowy wiele procesów gospodarczych, dostarczając tym samym gotową listę zmiennych objaśniających. Niekiedy lista tych zmiennych jest zbyt długa, a bywają również przypadki, gdy teoria ekonomii niezbyt jasno precyzuje, które zmienne należy brać pod uwagę. Zatem problem optymalnego wyboru zmiennych objaśniających spośród wcześniej wytypowanego - na ogół licznego - zbioru zmiennych objaśniających sprowadza się do zagadnienia redukcji wstępnie ustalonego zbioru tych zmiennych. W takich przypadkach pomocne okazują się procedury statystyczne. Główna idea wszelkich metod statystycznych mających na celu redukcję zbioru wstępnie wytypowanych zmiennych objaśniających sprowadza się do przestrzegania zasady, iż w modelu powinny się znaleźć zmienne silnie skorelowane ze zmienną objaśnianą (endogeniczną) i jednocześnie stosunkowo słabo skorelowane między sobą. Nieprzestrzeganie tej zasady, a zwłaszcza tolerowanie zjawiska współliniowości zmiennych objaśniających (zjawisko to pojawia się wtedy, gdy współczynniki korelacji między zmiennymi objaśniającymi co do bezwzględnej wartości są bliskie jedności), prowadzi do wielu niekorzystnych efektów modelowania.

Klasyfikacja zmiennych

Problem klasyfikacji zmiennych sprowadza się do:

- ujednoczenia ich charakteru,
- dokonania podziału zmiennych na kategorie
- standaryzacji polegającej na doprowadzeniu do stanu umożliwiającego wzajemną porównywalność wartości zmiennych,
- normalizacji,
- nadania wag (ważności) poszczególnym zmiennym.

Kryteria

Kryteria oceny porównawczej zgrupowań wojsk mogą mieć charakter tak ilościowy jak i jakościowy. W przypadku kryteriów jakościowych napotykamy na szereg problemów, wśród których można wyróżnić:

- dużą subiektywność przy określaniu zakresu zmiennych,
- dużą subiektywność przy określaniu jakości zmiennych,
- trudności z doбором właściwej metody badawczej,
- trudności z interpretacją uzyskanych wyników przeprowadzonej analizy.

Zmienne

Każde zgrupowanie wojsk (porównywany obiekt) może być opisane dowolną liczbą cech (parametrów). Przyjmuje się, że zbiór cech opisujących jest zbiorem skończonym o dużej liczbie elementów. W praktyce zbiór ten powinien być zawężony do tzw. cech istotnych obiektu, w sensie przedstawionym wyżej. Wybór cech ma główny wpływ na wyniki oceny porównawczej. Formalnie rzecz biorąc, cechy obiektu można uważać za wielkości zmienne, przyporządkowane tym obiektom. Cechy istotne obiektów są zaliczane do grupy cech mierzalnych lub pośrednio mierzalnych (kwantytatywnych). Cecha mierzalna to taka, której wartościami są liczby rzeczywiste mianowane, czyli mierzalne w sensie fizycznym. Cecha pośrednio mierzalna jest cechą o wartościach zawartych w zbiorze liczb całkowitych (najczęściej liczb naturalnych). Wartości liczbowe tych cech otrzymuje się przez:

- policzenie np. liczby możliwych powiązań pomiędzy obiektami zgrupowania,
- przyporządkowanie cechom niemierzalnym (opisom słownym stanów cechy) odpowiednich skal numerycznych. Opis słowny jest w tym przypadku wyjściową formą przedstawienia wartości danej cechy.

Wśród cech charakteryzujących zgrupowanie wojsk, znajdują się te które reprezentują wyposażenie

(stronę techniczną) jak również inne, przypisane warunkom i celom działania.

Ograniczenia

1) Z dotychczasowych doświadczeń specjalistów zajmujących się analizami porównawczymi oraz przeprowadzonego przeglądu istniejących modeli ocenowych wynika, że dokładność analiz zależy od dwóch czynników:

- a) właściwego doboru współczynnika wagi;
- b) ilości rozpatrywanych parametrów i cech niewymiernych.

- 2) Dobór odpowiednich współczynników wagi dla poszczególnych parametrów (grup parametrów) wymiernih stanowi największą trudność i ma decydujący wpływ na dokładność analizy wartości bojowej badanego uzbrojenia i sprzętu co zasadniczo wpływa na ocenę zgrupowania. Również szacunkowa ocena cech niewymiernih wymaga dobrej znajomości ich walorów i odpowiedniej klasyfikacji spełnianej funkcji.
- 3) Analiza porównawcza musi być zatem prowadzona przez specjalistów znających doskonale porównywane obiekty. Pozwala to w sposób empiryczny wyznaczyć właściwe współczynniki wagi, a tym samym ocena wartości bojowej uzbrojenia będzie zawierała odchylenia nie mające większego wpływu na ostateczną ocenę walorów porównywanych wzorów uzbrojenia lub sprzętu.
- 4) Nie można posługiwać się ocenami wartości bojowej, ustalonymi w zbyt odległym czasie. Istnieje konieczność określania wartości bojowej tego samego uzbrojenia w każdym przypadku poważniejszych zmian w możliwościach techniki, jak i w warunkach pola walki. Wydaje się, że niezbędne jest wariantowanie ocen wartości bojowej, tzn. określanie oceny przy założeniu różnych wymogów pola walki.

Wykorzystanie wspomaganie informatycznego, nawet na pojedynczych stanowiskach w zespołach funkcjonalnych stanowisk dowodzenia może przynieść zdecydowane korzyści w postaci skrócenia czasu potrzebnego na wykonywanie czynności kalkulacyjno-obliczeniowych czy redagowanie dokumentów. Na potrzeby szkolenia i ćwiczeń, przydatne mogą być narzędzia prostsze ułatwiające oficerom przygotowanie odpowiednich dokumentów, wykonanie obliczeń, a jednocześnie nie skomplikowane w projektowaniu i tym samym nie pociągające za sobą wysokich kosztów. Zastosowanie nawet tak popularnych narzędzi jak arkusze kalkulacyjne czy edytory tekstu w zdecydowany sposób może usprawnić prace w zakresie planowania działań.

Zagadnienia przedstawione w opracowaniu dotyczą problemu budowania przewagi. Proces budowania przewagi jest ciągły. Stąd możliwe jest rozpatrywanie tego problemu na poszczególnych etapach procesu dowodzenia.

Zwrócono uwagę na podstawowe zasady budowy analitycznych modeli zjawisk rzeczywistych. Przedstawiono zarys metodologii modelowania rzeczywistości. Wskazano na możliwości informatycznego wspomaganie w tym zakresie.

Na uwagę zasługuje problem dokładności przeprowadzanych analiz. Błędy jakimi obarczone są wyniki tych analiz pochodzą z wielu źródeł, między innymi są one generowane przez nieprawidłowo dobrany zbiór zmiennych diagnostycznych. Stąd, dużego znaczenia

nabiera umiejętność stosowanie statystycznych metod doboru zmiennych do analitycznych modeli systemów rzeczywistych.

Z problemami wyboru jednego z wielu wariantów działania mamy do czynienia niemalże codziennie i codziennie dokonujemy wyborów podejmując decyzje trafne bądź nie. Podjęcie decyzji związanej z wyborem jednego z wielu możliwych wariantów można wspomóc używając metod analitycznych. Problematyka porównywania możliwości bojowych zgrupowań wojsk jest jednym z istotniejszych zagadnień w dziedzinie szkolenia operacyjnego sztabów, jak również jest to ważny problem sztuki operacyjnej oraz teorii i praktyki dowodzenia wojskami. Dokonujące się w obecnej dobie częste zmiany w systemach uzbrojenia, ich ciągła modernizacja, a także ewolucja poglądów w dziedzinie ich rzeczywistej skuteczności bojowej, powodują potrzebę precyzyjnego mierzenia możliwości bojowych zgrupowań wojsk a w szczególności posiadanych środków walki. Możliwości bojowe wojska zależą od wielu czynników, wśród których podstawowe znaczenie posiada wyposażenie w uzbrojenie i sprzęt techniczno-wojskowy, przy czym w wyniku osiągnięć techniki rola wskaźników jakościowych niewspółmiernie wzrosła. Nie ulega wątpliwości, że koncepcje rozwoju uzbrojenia i sprzętu wojskowego poszczególnych rodzajów sił zbrojnych wynikają z jednej strony z rozwoju sił potencjalnego przeciwnika, z drugiej zaś są w znacznym stopniu uwarunkowane możliwościami technicznymi i ekonomicznymi. Istnieje zatem ciągła potrzeba porównywania własnych sił zbrojnych z siłami innych państw (w tym potencjalnych przeciwników) zarówno z operacyjno-taktycznego, jak i ekonomicznego punktu widzenia. Trwający nieustannie rozwój nauki i techniki spowodował, że współczesne uzbrojenie i sprzęt wojskowy są coraz bardziej skomplikowane, gwałtownie rosną również koszty jego opracowania, produkcji i eksploatacji. Tym samym znacznie utrudnione zostały decyzje dotyczące jego wyboru. W konsekwencji równie gwałtownie wzrasta zapotrzebowanie na rozwiązywanie podstawowych problemów będących elementami wspomaganie procesu podejmowania decyzji, a więc dokonywania racjonalnego wyboru systemu technicznego niezbędnego do realizacji wcześniej założonych celów.

Wraz z ogólnym wzrostem poziomu bezpieczeństwa w świecie, rośnie liczba zagrożeń, w tym zagrożeń militarnych. Zmianie ulega również ich forma. Zagrożenia te są różnego typu a wiele z nich ma podłoże etniczne. Rozwiązywanie tego typu konfliktów wymaga wykorzystania regularnych sił zbrojne po jednej lub obu stronach. Tego typu konflikty zbrojne jest szczególnie trudno modelować. Głównym powodem jest to, że w czasie

ich trwania szczególnie intensywnie ujawnia się wpływ czynników niewymiernych lub trudno mierzalnych na bieżący przebieg działań.

Na podstawie przedstawionych wyżej rozważań można stwierdzić, że w procesie budowy modelu analiz porównawczych zgrupowań wojsk szczególnego znaczenia nabiera problem identyfikacji zmiennych objaśniających. Metody identyfikacji tych zmiennych są szczegółowo opisane w statystyce i ekonometrii. Metody te zostały sprawdzone na problemach dobrze opisanych, tzn. takich gdzie zmienne objaśniające są przedstawione w postaci ilościowej. Z drugiej strony, w zagadnieniach analizy porównawczej zgrupowań wojsk nie sposób jest całkowicie wyeliminować zmienne jakościowe.

BIBLIOGRAFIA

1. Cieślak M, *Nieklasyczne metody prognozowania*, PWN, Warszawa 1983.
2. Cieślak M, *Prognozowanie gospodarcze*, AE, Wrocław 1996.
3. Cieślak M, *Prognozowanie gospodarcze. Metody i zastosowania*, PWN, Warszawa 1997.
4. Cieślak M, *Prognozowanie w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, AE, Wrocław 1991.
5. Cieślak M., Jasiński J, *Miara podobieństwa funkcji*, Przegląd Statystyczny 1979, s.96.
6. *Decyzje menedżerskie z Excelem, Praca zbiorowa pod redakcją T. Szapiro*, PWE, Warszawa 2000.
7. Dębski W, *Prognozowanie sprzedaży*, CIM, Warszawa 1998.
8. Dittmann P, *Metody prognozowania działalności przedsiębiorstwa*, AE, Wrocław 1991.
9. Gajda J, *Ekonometria praktyczna*, Absolwent, Łódź 1996.
10. Griffin R.W, *Podstawy zarządzania organizacjami*, PWN, Warszawa 1999.
11. Gutenbaum J, *Modelowanie matematyczne systemów*, OMNITECH PRESS, Warszawa 1992.
12. Guzik B, *Ekonometria i badania operacyjne*, AE, Poznań 1999.
13. Helwig Z, *Teoria prognozy z zastosowaniami ekonomicznymi*, AE, Wrocław 1997.
14. Jakubczyc J, *Jednorównaniowe modele ekonometryczne*, PWE, Warszawa 1982.
15. Kasprowicz A., Romański J, *Matematyka z elementami zastosowań w ekonomii*, UMK, Toruń 1997.

16. Kotler P, *Marketing – Analiza, Planowanie, Wdrażanie i Kontrola*, Gebethner i Sp-ka, Warszawa 1994, s. 228.
17. Nowak E.: Pawłowski Z, *Modele ekonometryczne równań opisowych*, PWN, Warszawa 1971.
18. Pawłowski Z, *Teoria prognozy ekonometrycznej w gospodarce socjalistycznej*, PWN, Warszawa 1974, S. 151.
19. *Prognozowanie gospodarcze*, Praca zbiorowa pod redakcją E. Nowaka, Agencja Wydawnicza PLACET, Warszawa 1998.
20. Welfe A., *Ekonometria*, wyd.2, PWE, Warszawa 1998.
21. Wiśniewski J.W., Zieliński Z.: *Elementy ekonometrii*, UMK, Toruń 1998.
22. Zeliaś A, *Teoria Prognozy*, PWE, Warszawa 1997.
23. Siergiejczyk M.: *Projektowanie inżynierskie*, materiały niepublikowane, Warszawa 1999, maszynopis.
24. Borucki W., Urbaniak M.: *Zarządzanie przez jakość w telekomunikacji*, Wyższa Szkoła Zarządzania Telekomunikacją Akademii Ekonomicznej, Poznań 1997.
25. Gruchman G. B.: *Rynek, Strategia, Procesy*, cykl artykułów, ComputerWorld, nr 41/357 z dnia 09.11.1998 r., nr 42/358 z dnia 16.11.1998 r., nr 43/359 z dnia 23.11.1998 r.
26. Hall A. D. *Podstawy techniki systemów (Ogólne zasady projektowania)*, PWN, Warszawa 1968.
27. Pawlak M., *Inżynieria systemów i zarządzanie projektami*, Politechnika Lubelska 1997.