



AKADEMIA
OBRONY
NARODOWEJ

ANALIZA SYSTEMOWA
I PROGNOZOWANIE W SYMULACJI



56801

WARSZAWA

2003

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

CENTRUM SYMULACJI I KOMPUTEROWYCH GIER WOJENNYCH



Analiza systemowa i prognozowanie w symulacji

WARSZAWA

2003

Autorzy:

płk dr inż. Marian URBANEK
ppłk dr inż. Wiesław BŁAŻEJCZYK
kpt. mgr inż. Jerzy GRZYB
mgr Halina ŚWIEBODA

Wstęp; Rozdział 1; Zakończenie
Rozdział 4,5
Rozdział 2,3,4
Rozdział 5,6

Sygn. AON 5577/03

Spis treści

WSTĘP	5
1. METODA SYSTEMOWA	9
1.1. DEFINICJA SYSTEMU	11
1.2. KLASYFIKACJA SYSTEMÓW	13
1.3. OPIS STRUKTURY SYSTEMU	15
1.4. OPIS FUNKCJONALNY SYSTEMU	16
2. MODELOWANIE	20
2.1. MODELOWANIE MATEMATYCZNE	21
2.2. KLASYFIKACJA MODELI	23
2.3. SYMULACJA I MODELOWANIE SYMULACYJNE	26
3. WYKORZYSTANIE NARZĘDZI CASE DO OPISU SYSTEMU	38
3.1. METODYKA TWORZENIA SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH I JEJ SKŁADNIKI	41
3.2. RODZAJE NARZĘDZI CASE	43
3.3. SKŁADOWE NARZĘDZI CASE	45
4. OMÓWIENIE ĆWICZEŃ (AAR- AFTER ACTION REVIEW)	48
4.1. KLASYFIKACJA AAR	53
4.2. OGÓLNE ZASADY PROWADZENIA AAR	56
4.3. PRZYKŁADOWY FORMAT AAR	59
4.4. AAR W ĆWICZENIACH WOJSKOWYCH	62
4.5. WYKORZYSTANIE SYMULACJI DO WSPOMAGANIA AAR	65
5. PROGNOZOWANIE	68
5.1. KLASYFIKACJA PROGNOZ	72
5.2. PROCES PROGNOZOWANIA	74
5.3. ZASADY PROGNOZOWANIA	76
6. METODY TAKSONOMICZNE W KLASYFIKOWANIU OBIEKTÓW	79
6.1. PODSTAWOWE POJĘCIA	79
6.2. KLASYFIKACJA OBIEKTÓW	80
6.3. PROCEDURA BADANIA TAKSONOMICZNEGO	82
6.4. DZIEDZINY ZASTOSOWAŃ METOD TAKSONOMICZNYCH	85
ZAKOŃCZENIE	86
LITERATURA	87

WSTĘP

Utrzymanie systemów walki w gotowości do skutecznego działania stwarza potrzebę ciągłego ich doskonalenia, a zatem prowadzenia wszechstronnych badań tych systemów w celu poznania sposobów ich funkcjonowania oraz istotnych czynników i warunków mających wpływ na przebieg i skuteczność działań bojowych.

Charakterystyczną właściwością środowiska działania systemów walki jest między innymi aktywne przeciwdziałanie przeciwnika. Jest to problem złożony, bowiem każda z walczących stron zawsze dąży do ukrycia informacji przed przeciwnikiem, bądź dezinformowania. Oprócz tego procesy zachodzące na polu walki mają charakter procesów losowych, a na skutki podejmowanych decyzji wywierają wpływ czynniki niezależne od decydenta, w tym także elementy kontrolowane i sterowane przez przeciwnika.

Ocena aktualnego stanu lub określenie kierunków rozwoju takich systemów wymaga ich identyfikacji oraz określenia szeregu wskaźników bezpośrednich – cech charakteryzujących dany system oraz wskaźników pośrednich – wyznaczonych w sposób analityczny czy empiryczny. Zatem koniecznym wydaje się (przy próbie diagnozowania lub prognozowania rozwoju) przeprowadzenie kompleksowych badań systemowych ukierunkowanych na osiągnięcie określonego celu. Takie skuteczne, kompleksowe podejście badawcze zapewnia analiza systemowa¹ – szczególnie jej elementy: analiza morfologiczna i funkcjonalna. Uniwersalność metod analizy systemowej odnośnie obszarów zastosowań jak i dostępność wspomagającego oprogramowania komputerowego (np. narzędzia typu CASE) czyni ją bardzo skuteczną w badaniu systemów wojskowych. Jest narzędziem pozwalającym wystarczająco ściśle modelować strukturę i funkcje systemu². Dlatego też nieodzowne jest wykorzystanie w badaniach metod analizy systemowej, w szczególności modelowania i symulacji. Należy podkreślić, że modelowanie walki wymaga do opisu modelu (procesów) złożonego aparatu matematycznego. Przydatność takiego modelu użytkownik dostrzega po jego implementacji na

¹ Dział teorii systemów traktujący złożone obiekty jako systemy i zajmujący się formułowaniem i praktycznym rozwiązywaniem problemów decyzyjnych dotyczących systemów: ekonomicznych, wojskowych, technicznych i społecznych.

² Zwracając uwagę na funkcję instrumentalną badań systemowych jednym z wyróżników podejścia systemowego jest „świadome posługiwanie się modelem systemu o określonym poziomie rozdzielczości w rozwiązywaniu problemów decyzyjnych” [22].

komputer³. Istotną zaletą modelu komputerowego jest możliwość symulowania wielu wariantów (krótki czas oczekiwania na wyniki symulacji) oraz fakt, że symulacja pozwala wyeliminować destrukcyjne skutki działania systemu rzeczywistego. Główne obszary zastosowań to: kompleksowa ocena efektywności systemów, analiza wariantów rozwiązań (epizody walki), a przede wszystkim szkolenie decydentów, bowiem wyznacznikiem skutecznego działania systemów wojskowych jest spójny i sprawny system dowodzenia z jednej strony oraz umiejętnie realizujący postawione zadania system wykonawczy – czyli walczące wojska – z drugiej strony.

Postrzegając ćwiczące wojska jako system działania W systemowym ujęciu problemu szkolenia wojsk (to znaczy postrzegając podmiot procesu szkolenia jako system działania) to można w nim wyodrębnić podsystem dowodzenia (szkolony sztab) oraz podsystem wykonawczy (szkolone wojska). Przy takim podejściu wydaje się, że podsystem dowodzenia (w zależności od szczebla) jest elementem istotniejszym ponieważ odpowiada za planowanie, przygotowanie i realizację procesów kierowania walczącymi wojskami. Należy podkreślić, że w czasie pokoju szkolenie i doskonalenie umiejętności kierowania działaniami bojowymi jest kłopotliwe ze względu na trudności w stworzeniu rzeczywistych warunków – takich jakie występują w czasie wojny. Realizm warunków można poprawić poprzez wykorzystanie w szkoleniu gier komputerowych oraz modeli symulacyjnych. Ponadto taka forma szkolenia wykształca u ćwiczących nawyki racjonalnego, analitycznego postępowania przy podejmowaniu decyzji oraz ogranicza swobodę w gospodarowaniu środkami walki.

Ponieważ efektywne wykorzystanie narzędzi symulacji wymaga od użytkownika pewnej wiedzy na ten temat, to istnieje potrzeba przedstawienia w ujęciu „warsztatowo – aplikacyjnym” podstawowych zagadnień dotyczących istoty analizy systemowej, modelowania, symulacji, czy metod analizy otrzymanych wyników. Taka potrzeba wynika również z faktu, że w pełni świadome stosowanie metod symulacyjnych w procesie szkolenia wymaga od szkolących i szkolonych:

- elementarnej wiedzy w dziedzinie modelowania;
- wiedzy na temat obszaru zastosowań modeli symulacyjnych, a zatem przeprowadzenia czynności identyfikacyjnych dających odpowiedź na pytania:

³ Przyjazne dla użytkownika oprogramowanie systemowe komputerów oraz łatwo dostępne zintegrowane pakiety oprogramowania użytkowego stwarzają warunki do projektowania coraz bardziej złożonych komputerowych modeli działań bojowych i powszechniejszego wykorzystywania metody modelowania symulacyjnego w procesie doskonalenia umiejętności kadr dowódczych.

- ✓ jak przebiega proces szkolenia dowództw (sztabów) na poziomie taktyczno-operacyjnym?
- ✓ jakie elementy procesu szkolenia można wspomagać techniką modelowania symulacyjnego?
- ✓ jak umiejętnie wykorzystać modelowanie symulacyjne w procesie szkolenia?
- ✓ jak przygotować scenariusz i przeprowadzić eksperyment.

Symulacyjne wspomaganie ćwiczenia może mieć miejsce zarówno na etapie przygotowania ćwiczenia jak również podczas jego realizacji. Zatem od użytkownika oczekuje się umiejętności przygotowania scenariusza oraz pewnej ogólnej i specjalistycznej wiedzy z zakresu symulacji i organizacji ćwiczeń. Na przykład w fazie przygotowania ćwiczenia należy wiedzieć:

- jakie elementy ćwiczenia można wspomagać symulacją komputerową?
- jak wykorzystać wyniki symulacji dla podkreślenia zasady realizmu ćwiczenia oraz zasady równości szans ćwiczących stron?
- jak zastosować metody symulacyjne do planowania ugrupowania bojowego oraz racjonalnego użycia sił?
- jak zespół „podgrywki” może wykorzystać modelowanie symulacyjne do przygotowania wstępnych założeń dla zespołów ćwiczących?

Na etapie realizacji ćwiczenia:

- w jaki sposób oraz jakie modele zastosować podczas opracowania przez zespoły ćwiczące (komórki sztabu) decyzji do walki ?
- jak kierownictwo ćwiczenia może wykorzystać modelowanie symulacyjne do oceny decyzji opracowanych przez zespoły ćwiczące?

Szczególne znaczenie może mieć symulacyjne wspomaganie ćwiczeń w zakresie AAR⁴. Możliwość odtworzenia zaistniałych sytuacji i ich chronologicznego przeglądu stworzy warunki do jednoznacznej interpretacji przebiegu zdarzeń i wyeliminuje niedociągnięcia wynikające z ograniczonych możliwości percepcyjnych i pamięciowych uczestników ćwiczenia.

⁴ AAR-(ang. After Action Review) – oznacza przegląd przebiegu działania po jego zakończeniu (po zakończeniu etapu działania) z aktywnym udziałem jego bezpośrednich uczestników. Metoda retrospektywnej twórczej analizy zdarzeń (działania) wykorzystywana w US Army i cywilnych środowiskach biznesu i nauki. Patrz: dokumenty „The Gurteen Knowledge Conference”, London, 18th June 2003.

Uzyskanie odpowiedzi na postawione pytania przybliży użytkownikowi problemy związane z praktycznym wykorzystaniem modelowania symulacyjnego, a zatem i pełniejsze wykorzystanie symulacji w dziedzinie szkolenia.

1. Metoda systemowa

Pomimo, że termin „metoda” jest powszechnie stosowany istnieje wiele różnych jego interpretacji. Według profesora T. Kotarbińskiego [22]: *„Metoda, czyli system postępowania jest to sposób wykonywania czynu złożonego, polegającego na określonym doborze i układzie jego działań składowych, a przy tym uplanowanych i nadający się do wielokrotnego stosowania”*. Przy analizie metody szczególnie istotne są takie elementy jak [29]:

- oczekiwany skutek rozwiązania (nowa struktura, nowy proces, nowy system);
- zadania (dotyczące zarówno ludzi, jak również ich otoczenia);
- sposób sformułowania zadania;
- warunki ograniczające;
- sposób oceny rozwiązania (ocena użytkownika lub decydenta).

Wyróżnione elementy są ogólnometodologicznymi „cechami” przyjmowanymi w analizie porównawczej dowolnych metod rozwiązywania zadań.

Przedmiotem metody systemowej są klasy systemów rzeczywistych (przedmiotowych) charakteryzowanych za pomocą zbioru cech systemowych. Jest to pierwszy warunek „systemowości” metody i zarazem jej ogólności, a także uniwersalności. Podmiotem w metodzie systemowej jest określona grupa ludzi (określony system rzeczywisty). W jej skład wchodzić mogą przedstawiciele różnych dyscyplin, między którymi mogą występować różnorakie powiązania (relacje). Jest to warunek interdyscyplinarności metody. Wynik stosowania metody stanowi także pewien system, którego ocena poprawności realizowana jest w szeroko pojętej praktyce społecznej. Oprócz powyższych generalnych cech wyróżnia się cechy szczegółowe posiadające charakter pewnych dyrektyw:

- ✓ konsekwentne stosowanie w procesie rozwiązywania problemu naczelných zasad systemologii: zasady systemowości, zasady relatywności, zasady nieoznaczoności;
- ✓ przestrzeganie rygorów stosowania pojęcia systemu (ściśłość, niezmienność, zupełność, rozłączność, funkcjonalność);
- ✓ stosowanie procedur: analitycznych, syntetycznych i ocenowych (w zależności od celu);
- ✓ stosowanie zarówno procedur programowych jak i heurystycznych;

- ✓ dążenie do strukturalizacji, formalizacji i matematyzacji podejmowanych problemów;
- ✓ stosowanie zasady optymalności rozwiązań w sensie przyjętego kryterium będącego „odbiciem” określonych potrzeb społecznych;
- ✓ stosowanie komputerów jako podstawowego narzędzia, czyli realizacja zasady instrumentalizacji działania.

Metoda systemowa obejmuje wyrażanie explicite procedur przedstawiania przedmiotów metody jako systemów i sposobów ich systemowego badania (opis, objaśnianie, przewidywanie, decydowanie, konstruowanie itp.).

Realizacja metody może przebiegać od empirycznego, na wpół intuicyjnego opisu cząstkowych procedur badań systemowych, do ściśle matematycznego formułowania ogólnosystemowych procedur i technik.

W badaniach systemowych pytania, na które uzyskuje się odpowiedzi stanowią problem, a informacje dające odpowiedzi na te pytania stanowią rozwiązanie problemu. Postępowanie, przy pomocy którego uzyskuje się rozwiązanie na podstawie modelu o ustalonych warunkach początkowych i granicznych, nazywa się metodą rozwiązywania. Czasami istnieje kilka metod dających wymagane rozwiązanie. Bywa tak, że trudno jest znaleźć nawet jedną taką metodę, a w pewnych przypadkach można wykazać, że model o danych warunkach początkowych i granicznych nie jest w stanie doprowadzić do rozwiązania problemu. Jeżeli rozwiązanie istnieje i jest kilka (możliwych) metod rozwiązywania, to dodatkowo może pojawić się problem wyboru metody najlepszej.

Stosowanie modelowania (metod symulacyjnych) w badaniach systemów zwykle wymaga, żeby organizacja badań obejmowała następujące elementy [13]:

- system;
- pytania dotyczące systemu, na które chce się uzyskać odpowiedzi;
- **model systemu;**
- warunki początkowe i graniczne;
- metody rozwiązywania;
- narzędzia umożliwiające zastosowanie metody rozwiązywania.

1.1. Definicja systemu

Ogólne zdefiniowanie terminu **system**⁵ sprawia pewną trudność z uwagi na jego wieloznaczność. Intuicyjnie zwykło się używać powyższego terminu do określenia tak różnorodnych typów systemów, jak na przykład: organizmy żywe, systemy ekonomiczne, systemy znaków, systemy kierowania, itp. W literaturze przedmiotu można napotkać wiele jego określeń. Na przykład:

- definicja matematyczna [17] określa system jako *podzbiór N-elementowej relacji – iloczynu kartezjańskiego zbiorów własności elementów (obiektów) systemu*

$$ST \subseteq (V_1 \times V_2 \times \dots \times V_N)$$

gdzie V_j jest j-tym zbiorem własności systemu. Ta definicja jest pewną abstrakcją nie mającą odniesienia do rzeczywistości. Jest podzbiorem kombinacji własności (obiektów). Uwzględniając związki przyczynowo-skutkowe, obiekty dzieli się na dwie klasy: przyczyny – zbiory wejść X oraz skutki – zbiory wyjść Y . Wtedy

$$ST \subseteq (X \times Y).$$

- Według definicji „cybernetycznej” *system jest to składająca się z elementów funkcjonalna całość wyodrębniona z otoczenia, które wpływa na system za pośrednictwem bodźców – wejść, zaś system odpowiada reakcją za pośrednictwem wyjść.*

Badanie systemu jako „czarnej skrzynki” polega nie tylko na badaniu wpływu wielkości wejściowych na wielkości wyjściowe, lecz na badaniu ogólnych cech systemu i jego struktury. Określona (uzyskana) wiedza o systemie jest konsekwencją zaistnienia problemu badawczego – systemowej sytuacji problemowej [28], czyli sytuacji, w której występują:

- dane początkowe – wiedza o obiekcie, którego dotyczą określone cele poznawcze lub praktyczne;
 - zbiór operatorów przekształcających dane początkowe w dane końcowe;
 - zbiór warunków ograniczających proces poszukiwania rozwiązań;
 - zbiór określający cechy celu problemu - czyli wymagania stawiane rozwiązaniu.
- Ze względu na aspekt morfologiczny system definiuje się jako *zbiór możliwych do zidentyfikowania elementów, które mogą oddziaływać na siebie w taki sposób, że*

⁵ Słowo system pochodzi od francuskiego „systeme” i greckiego „systema ~ atos” (zestaw).

funkcjonując razem spełniają zbiór określonych warunków [13].

- Według profesora Piotra Sienkiewicza [28], [29] *Systemem nazywa się każdy obiekt złożony, wyróżniony z badanej rzeczywistości, przedstawiany jako pewna całość i tworzony przez zbiór obiektów elementarnych (elementów) i powiązań (relacji) pomiędzy nimi.*

W badaniach systemowych [36] z pojęciem system wiąże się przestrzeganie następujących zasad:

- ściśle określenie granic i wnętrza systemu;
- niezmiennosc dokonanego rozróżnienia między systemem a jego otoczeniem w trakcie badań obiektów;
- zupełność podziału wewnętrznego systemu na podsystemy;
- rozłączność rozpatrywanych podsystemów.

W świetle powyższych zasad, warunkiem koniecznym i dostatecznym postrzegania wyodrębnionej z otoczenia rzeczywistości jako systemu, jest istnienie zbioru elementów (składu systemu) i relacji między nimi oraz zbioru cech systemowych, charakteryzujących utworzoną z tych elementów całość. Pojęcia: element systemu, skład systemu, cecha systemowa, prof. P. Sienkiewicz zdefiniował następująco [28]:

- ✓ *Obiektami elementarnymi (elementami) nazywa się takie obiekty, które występując w określonym układzie relacji, bezpośrednio tworzą daną całość (system).*
- ✓ *Składem systemu określa się zbiór obiektów elementarnych (elementów) tworzących daną całość.*
- ✓ *Cecha systemowa to taka własność, która charakteryzuje system jako całość, lecz której nie mają elementy systemu.*

System można określić (zidentyfikować) tylko wtedy, gdy znana jest jego kompozycja czyli zbiór jego części i ich wzajemne powiązania oraz znane jest jego otoczenie - zbiór elementów mających wpływ na zachowanie systemu lecz nie należących do jego składu. Zaś pomocnymi zasadami zapewniającymi uzyskanie zadowalających rezultatów badań są:

- traktowanie badanego (tworzonego) obiektu jako systemu;
- traktowanie danego systemu jako obiektu złożonego z wzajemnie powiązanych podsystemów;
- traktowanie danego systemu jako należącego do większego systemu;

- świadome posługiwanie się modelem systemu o określonym poziomie rozdzielności wyrażającym określony aspekt działania.

Przy opisie systemu należy pamiętać, że nie istnieje taki jego model (rezultat opisu), który uwzględniałby wszystkie możliwe aspekty badań systemowych, wyrażone celem poznawczym lub praktycznym. Powyższą uwagę wyraża **zasada relatywności systemów** – wynika z niej *konieczność przyjmowania w opisie obiektu jako systemu określonego aspektu badań systemowych* [28]. Z zasadą relatywności systemów wiąże się **zasada nieokreśloności systemów** sformułowana [38], [28] przez G. Weinberga, z której wynika, że „... w opisie obiektów złożonych nie jesteśmy w stanie uzyskać pewności, czy zaobserwowane ograniczenie swobody należy przypisać systemowi, czy też jego otoczeniu.”

Przy opisie systemów, oprócz opisu (modelu) morfologicznego wyrażającego organizację wewnętrzną systemu (przestrzenne rozmieszczenie elementów oraz ich wzajemne powiązania), bardzo istotny jest opis oddziaływań pomiędzy procesami zachodzącymi w elementach - czyli opis (model) funkcjonalny. W opisie funkcjonalnym charakteryzuje się procesy realizowane przez system, aspekty jego organizacji przestrzenno-czasowej oraz jego dynamikę - zachowanie systemu w czasie⁶.

1.2. Klasyfikacja systemów

W literaturze można spotkać wiele klasyfikacji systemów dokonywanych przez różnych autorów i z różnych punktów widzenia. Podstawowym jest podział na dwie klasy:

- **systemy pojęciowe** (podmiotowe, ogólne), będące pewnymi konstrukcjami myślowymi;
- **systemy rzeczywiste** (przedmiotowe), reprezentujące obiektywną rzeczywistość:
 - ✓ systemy homogenne, czyli jednorodne w sensie cech gatunkowych, genetycznych, itp.;
 - ✓ systemy heterogenne, zespalaające cechy systemowe poszczególnych klas

⁶ Nieodłącznym atrybutem każdego systemu jest czas. Oznacza to, że na wielkości wyjściowe w chwili t , ma wpływ wartość wielkości wejściowych w chwilach wcześniejszych niż chwila t (system niejako pamięta to, co działo się wcześniej z jego wielkościami wejściowymi). Niekiedy nie ma potrzeby eksponowania czasu (atrybut ten nie jest istotny). Odwzorowanie czasu jak i opis dynamiki systemu jest sam w sobie zagadnieniem złożonym i wymaga oddzielnego rozpatrzenia.

systemów homogennych (wywodzące się z nich drogą rozwoju).

W klasyfikacji systemów pośród systemów niejednorodnych wyróżnia się systemy działania. W [29]: *system działania*⁷ to organizacja, czyli taki system społeczny, który wraz z niezbędnymi sposobami i środkami działania wytycza, a następnie dąży do osiągnięcia określonych celów. W każdym systemie działania wyróżnia się dwa wzajemnie sprzężone i oddziałujące na siebie podsystemy: **kierowania** (zarządzania, dowodzenia) oraz **roboczy** (wykonawczy). Przykładem systemów działania są na przykład systemy gospodarcze, administracyjne czy wojskowe. Prof. P. Sienkiewicz wyróżnił dodatkowo aktywne systemy działania. Pod pojęciem aktywności systemu rozumie się, że system:

- działa we własnym interesie, czyli stara się osiągnąć własne cele;
- ma umiejętność prognozowania;
- zna swoje możliwości lepiej niż organ sterujący wyższego poziomu;
- jest informowany o zasadach podejmowania decyzji na wyższych poziomach i wykorzystuje tę informację podczas swego funkcjonowania.

Z punktu widzenia obserwacji systemów [29] ważne jest rozróżnienie „wielkości” i „złożoności” systemu. Cechy te można wiązać z określonym poziomem obserwacji. Im wyższy poziom obserwacji, tym „większy” system. Przyjęto podział systemów na trzy klasy wielkości:

- **proste** - systemy składające się z obiektów elementarnych, wśród których żaden nie może być traktowany jako system;
- **złożone** - systemy składające się z obiektów, wśród których co najmniej kilka można traktować jako systemy proste;
- **wielkie**⁸ - systemy, których wszystkie obiekty składowe (rozpatrywane na danym poziomie obserwacji) są co najmniej systemami prostymi.

⁷ Każdy system działania stanowi kompleks systemów społecznych i politycznych, biologicznych i technicznych, kulturowych i teoretycznych (naukowych).

⁸ Warunki systemu „wielkiego” spełniają w sposób wystarczający systemy, w których występują 4 poziomy obserwacji:

1. nadsystem (otoczenie systemu),
2. system,
3. podsystemy,
4. elementy (obiekty elementarne).

1.3. Opis struktury systemu

Podstawowe aspekty każdego systemu to: skład, otoczenie i struktura, czyli relacje występujące pomiędzy poszczególnymi elementami systemu oraz pomiędzy elementami systemu i jego otoczeniem⁹. Model struktury jest przydatny w analizie systemu ukierunkowanej na uzyskanie odpowiedzi na pytania:

- jakie elementy tworzą system i jakie między nimi występują różnice?
- jakiego typu powiązania między elementami systemu tworzą jego strukturę?
- jaki powinien być najbardziej pożądaný skład systemu (ze względu na przyjęte kryterium efektywności)?
- jakie powinny być najbardziej pożądane relacje między elementami systemu (ze względu na przyjęte kryterium efektywności)?
- w jaki sposób struktura wpływa na realizowane przez system funkcje?
- w jakim kierunku przebiegać będą przemiany struktur systemu, itp.

W modelu struktury główny nacisk kładzie się na opis organizacji wewnętrznej. Po określeniu granic¹⁰ systemu czyli zdecydowaniu co należy do otoczenia, a co do wnętrza systemu można wyodrębnić jego elementy składowe oraz ich wzajemne powiązania nazywane sprzężeniami. Strukturę systemu ST przedstawia się jako parę [29]

$$ST = \langle M, R \rangle$$

w której: $M = \{m_i : i = 1, 2, \dots, l\}$ oznacza skończony zbiór elementów o liczności l ,

$R \subseteq M \times M$ oznacza relację dwuczłonową w M .

Części systemu nazywa się elementami. Elementy nie muszą być obiektami materialnymi. Na przykład zestaw reguł rządzących funkcjonowaniem systemu jest takim samym elementem składowym systemu jak sprzęt.

Dowolny element m_i ($i = 1, 2, \dots, l$) może być opisany przez N_i – elementowy zbiór X_i cech mierzalnych:

$$X_i = \{x_{i,n} : n = 1, 2, \dots, N_i\};$$

Cecha $x_{i,n}$ może przyjmować wartości¹¹ z dopuszczalnego zbioru wartości $X_{i,n}$.

W systemach złożonych ważną właściwością elementów jest to, że one

⁹ Taki opis systemu jest wyrazem ujęcia strukturalnego, w którym wykorzystywane są takie kategorie, jak: element, skład, relacje, struktura.

¹⁰ Może być tak, że z jednego punktu widzenia dany element może być uważany za część systemu, a z innego za część jego otoczenia.

¹¹ Dopuszczalny zbiór wartości można opisać zależnością funkcyjną.

same mogą być uważane za systemy, czyli za podsystemy większego systemu, który z kolei może być uznawany jako ich otoczenie.

Zasadniczy przedmiot opisu morfologicznego - sprzężenia między elementami systemu - wygodnie jest opisać przy pomocy grafu¹² (opis ten, charakteryzuje przede wszystkim dążenie do odwzorowania organizacji wewnętrznej systemu, przestrzennego rozmieszczenia elementów oraz sposobów ich wzajemnych powiązań). Ze względu na własności sprzężeń między elementami systemu, wyróżnia się następujące rodzaje sprzężeń:

- **lokalizacyjne** - sprzężone są elementy, które muszą pozostawać we wzajemnych relacjach ze względu na reprezentowane cechy systemowe;
- **energetyczne** - istnieją sprzężenia między elementami, gdy jeden z nich stanowi podstawę do powstania drugiego;
- **egzystencjonalne** - czyli sprzężone są elementy, których istnienie jako elementów systemu określone jest przez relacje z innymi elementami, co najmniej niedestruktywnie nań wpływającymi;
- **koegzystencjonalne** - sprzężone są elementy, między którymi istnieją relacje odpowiadające ich potrzebom (np. relacja współdziałania).

1.4. Opis funkcjonalny systemu

Opis funkcjonalny stanowi model związków przyczynowych stanów¹³ i procesów w poszczególnych, połączonych ze sobą, elementach (lub podsystemach) danego systemu. Podstawowymi pojęciami [29] niezbędnymi przy opisie funkcjonalnym są: zdarzenia, procesy, związki przyczynowo-skutkowe i porządkujący te elementy czas. Czas (istnienia systemu) rozpatruje się jako zbiór momentów (chwil) T , w których system istnieje lub w których obserwuje się zachowanie systemu.

¹² Grafem [23] nazywa się trójkę uporządkowaną $G = (W, U, P)$ przy czym: W – oznacza zbiór wierzchołków; U – zbiór gałęzi; $P \subset W \times U \times W$ – relacja trójczłonowa spełniająca warunki:

a) dla każdej gałęzi u istnieje taka para wierzchołków $x, y \in W$, że $(x, u, y) \in P$,
b) jeżeli dla gałęzi u istnieją $(x, u, y) \in P$ i $(v, u, z) \in P$, to albo $x = v$ i $y = z$ lub $x = z$ i $y = v$.

Szczególnym przypadkiem relacji P jest relacja, w której każdej gałęzi u odpowiada wzajemnie jednoznacznie jedna para uporządkowana $(x, y) \in W \times W$, taka że $(x, u, y) \in P$. wtedy para uporządkowana (x, y) określa jednoznacznie tę gałąź u i zbiór U jest izomorficzny z relacją dwuczłonową $R \subset W \times W$, określoną rozważanym grafem. Takie grafy można zapisać w postaci dwójki uporządkowanej $G = (W, U)$.

¹³ W zagadnieniach modelowania duże znaczenie dla opisów funkcjonalnych mają przestrzenie (np. przestrzeń stanów). Zwykle będą to przestrzenie metryczne unormowane (przestrzenie metryczne stanowią naturalne uogólnienie n -wymiarowych przestrzeni euklidesowych).

Czas¹⁴ reprezentowany za pomocą liczb rzeczywistych nazywa się ciągłym $T \subseteq R_+$. Czas przedstawiany za pomocą liczb naturalnych nazywa się dyskretnym. Jest zbiorem chwil $T = \{t_k : k \in N ; t_k \in N\}$.

Przy opisie funkcjonalnym przyjmuje się, że:

- dowolny element m_i ($i = 1, 2, 3, \dots, l$) systemu o liczności elementów l opisuje N_i - elementowy zbiór X_i cech będących wielkościami (cechami mierzalnymi);
- dla każdej cechy $x_{i,n}$ ($n = 1, 2, \dots, N_i$) określony jest zbiór jej wartości ($X_{i,n}$);
- znane jest przekształcenie, przy pomocy którego dla każdej chwili¹⁵ $t \in T$ przyporządkowuje się wartości (z dopuszczalnego zbioru) wszystkim cechom elementu;
- w każdej chwili system znajduje się w konkretnym stanie.

Odwołując się do cybernetycznej [17] definicji systemu¹⁶ w zbiorze cech charakteryzujących i -ty element systemu wyróżnia się:

- Wejścia X_i^{wej} ($X_i^{wej} \subset X_i$) elementu m_i jako „drogi” oddziaływania otoczenia (innego elementu) na i -ty element. Wyróżnia się [29] wejścia wewnętrzne, tj. pochodzące od innych elementów systemu oraz wejścia zewnętrzne - pochodzące od otoczenia systemu. Przyjmuje się, że na wartości cech uznanych za "wejściowe" rozpatrywany element (system) nie ma wpływu.
- Wyjścia¹⁷ X_i^{wyj} ($X_i^{wyj} \subset X_i$) elementu m_i jako „drogi” oddziaływania i -tego elementu na jego otoczenie (inny element). Wyróżnia się [29] wyjścia wewnętrzne, tj. będące "drogami" oddziaływania na inne elementy systemu a także wyjścia zewnętrzne – „drogi” oddziaływania na otoczenie systemu. Przyjmuje się, że na wartości cech uznanych za "wyjściowe" otoczenie rozpatrywanego elementu (systemu) nie ma bezpośredniego wpływu.

¹⁴ Czas traktowany jest jako zbiór, który po wprowadzeniu metryki staje się przestrzenią metryczną. Istnieje więc liczba nieujemna $d_t(t_i, t_j) = |t_i - t_j|$, $t_i, t_j \in T$ zwana odległością między t_i i t_j spełniająca aksjomaty metryki:

- $d_t(t_i, t_j) = 0 \Leftrightarrow t_i = t_j$,
- $d_t(t_i, t_j) = d_t(t_j, t_i)$,
- $d_t(t_i, t_j) + d_t(t_j, t_k) \geq d_t(t_i, t_k)$.

¹⁵ Przy założeniu jednakowego dla wszystkich elementów upływu czasu (czas istnienia systemu jest równy czasom istnienia jego wszystkich elementów).

¹⁶ System jest to składająca się z elementów funkcjonalna całość wyodrębniona z otoczenia, na którą otoczenie oddziałuje za pośrednictwem wielkości wejściowych (bodźców) i która zwrótnie oddziałuje na otoczenie za pośrednictwem wielkości wyjściowych (reakcji).

¹⁷ Zbiory X^{wej} oraz X^{wyj} określa się jako zbiory tzw. „organów brzegowych” [22]. Ze względu na charakter wyróżnionych organów brzegowych systemy klasyfikuje się na zamknięte oraz otwarte. System nazywa się zamkniętym (izolowanym, odosobnionym) jeżeli nie posiada żadnego wejścia i

- Wewnątrz X_i^{wew} ($X_i^{wew} \subseteq X_i$) nie mające bezpośredniego wpływu na otoczenie elementu (systemu), oraz na które otoczenie również nie ma bezpośredniego wpływu.

Na podstawie takiego wyróżnienia[29]: "stanem wewnętrznym elementu¹⁸ systemu nazywa się zbiór (wektor) wartości poszczególnych cech wewnętrznych elementu w danej chwili,¹⁹ któremu przyporządkowana jest liczba naturalna $s_{i,k} \in S_i^{wew}$ określająca numer stanu".

Gdzie: $S_i^{wew} = \{ s_{i,k} : s_{i,k} \in N; i = 1, 2, \dots, I; k = 1, 2, \dots, K_i^{wew} \}$ jest zbiorem stanów wewnętrznych w jakich może się znajdować element systemu m_i ;

K_i^{wew} - liczba wyróżnionych stanów wewnętrznych elementu m_i .

Podobnie "Stanem elementu w danej chwili $t \in T$ nazywa się zbiór wartości poszczególnych cech wewnętrznych X_i^{wew} oraz wejściowych X_i^{wej} i wyjściowych X_i^{wyj} , któremu przyporządkowany jest numer $s_{i,k} \in S_i^{el}$ stanu".

Gdzie: $S_i^{el} = \{ s_{i,k} : s_{i,k} \in N; i = 1, 2, \dots, I; k = 1, 2, \dots, K_i^{el} \}$ jest zbiorem stanów w jakich może się znajdować element systemu m_i ;

K_i^{el} - liczba wyróżnionych stanów elementu m_i .

W dowolnej chwili stan systemu jest określony na podstawie wartości chwilowych stanów wszystkich elementów składowych systemu. Każdemu stanowi systemu przypisany jest numer stanu $s_k \in S$, gdzie: $S = \{ s_k : s_k \in N; k = 1, 2, \dots, K^{sys} \}$ jest zbiorem stanów w jakich może się znajdować system zaś K^{sys} - liczba stanów systemu.

Stan systemu (jego elementów) jest w ścisłym związku z występowaniem zdarzeń uporządkowanych w czasie²⁰. Zdarzenie²¹ określa się jako okoliczność zaistniała w systemie powodującą zmianę stanu któregoś z procesów. Można je traktować jako zmianę jednej lub wielu cech systemu. Zdarzeniu nie przypisuje się czasu trwania i interpretuje się je jako punkt na osi czasu, który dzieli dwa różne stany systemu. Wystąpienie zdarzenia stwarza warunki do zmiany stanu systemu.

wyjścia zewnętrznego. System nazywa się otwartym jeżeli posiada chociaż jedno wejście lub jedno wyjście zewnętrzne.

¹⁸ Podobnie stanem wewnętrznym systemu nazywa się zbiór (wektor) wartości poszczególnych cech systemu w danej chwili czasu systemowego, któremu przyporządkowana jest liczba naturalna określająca numer stanu wewnętrznego systemu.

¹⁹ Przestrzeń czasu systemu można traktować jako sumę „czasów własnych” wszystkich elementów systemu.

²⁰ Opis stanu jest związany z chwilą (punktem w czasie), a nie z przedziałem czasu.

²¹ Zdarzenie, w teorii względności punkt czasoprzestrzeni mający określone położenie i czas (tzw. punktochwila). Ciąg zdarzeń tworzy linię świata.

Zatem zdarzenie $e_k \in \mathbf{E}$ w chwili $t_k \in \mathbf{T}^S$ będące przyczyną zmiany stanu systemu na $s_k \in \mathbf{S}$ można opisać parą (s_k, t_k) . Gdzie:

$\mathbf{E} = \{ (s_k, t_k) : s_k \in \mathbf{S}; t_k \in \mathbf{T}^S; k = 1, 2, \dots, K^{sys} \}$ jest zbiorem zdarzeń;

\mathbf{T}^S - zbiór wszystkich chwil zmian stanów systemu,

\mathbf{S} - zbiór stanów systemu.

Analiza zdarzeń stanowi podstawę przy badaniu dynamiki systemu. Wiąże się to często z badaniem przyczyn i skutków określonych zdarzeń czyli określeniem związków przyczynowo-skutkowych dotyczących funkcjonowania systemu bądź jego elementów. Funkcjonowanie dowolnego i -tego elementu (m_i) systemu określa zbiór \mathbf{P}_i realizowanych w nim procesów²²

$$\mathbf{P}_i = \{ P_{i,h} : i = 1, 2, \dots, I; h = 1, 2, \dots, H_i \}$$

Gdzie: $P_{i,h}$ - h -ty proces realizowany w i -tym elemencie systemu.

I - liczba elementów systemu.

H_i - liczba procesów realizowanych w i -tym elemencie systemu.

Oznaczając przez \mathbf{P} zbiór procesów realizowanych w systemie można przyjąć, że jest on sumą procesów, realizowanych przez elementy systemu (pod warunkiem, że dwa procesy realizujące tę samą czynność uznaje się podczas identyfikacji za różne, jeżeli przyporządkowane są różnym elementom systemu)

$$\mathbf{P} = \mathbf{P}_1 \cup \mathbf{P}_2 \cup \dots \cup \mathbf{P}_I.$$

Proces elementarny $P_{i,h}$ jest opisany przez:

- $\mathbf{X}_{i,h}^{wej}$ - zbiór wartości cech "wejściowych" i -tego elementu, z których korzysta h -ty proces;
- $\mathbf{X}_{i,h}^{wyj}$ - zbiór wartości cech "wyjściowych" i -tego elementu, z których korzysta h -ty proces;
- $\mathbf{X}_{i,h}^{wew}$ - zbiór wartości cech "wewnętrznych" i -tego elementu, z których korzysta h -ty proces;
- Opis czynności;
- Opis zdarzeń związanych z procesem (inicjujące, przerywające, kończące realizację).

²² Ciąg zachodzących jedna po drugiej i wynikających kolejno z siebie przemian prowadzących do pewnego stadium końcowego - wyniku (ciąg czynności będących ze sobą w związku przyczynowo-skutkowym).

2. Modelowanie

Modelowanie jest procesem konstruowania obrazu danego fragmentu rzeczywistości, zwanego oryginałem, wyrażonym w przyjętym języku (kodzie) za pomocą określonej metody badawczej i zgodnie z wiedzą przedmiotu[30]. Jako współczesne narzędzie badawcze analizy systemowej może być z powodzeniem stosowane do badania otaczającej rzeczywistości. Może dotyczyć między innymi takich działań poznawczych jak [8]:

- obserwacja obiektu rzeczywistego;
- wybór istotnych cech obiektu (konceptualizacja);
- określenie związków pomiędzy najistotniejszymi cechami obiektu (idealizacja);
- uwzględnienie podczas określania związków kolejnych mniej istotnych cech (konkretyzacja);
- logiczne i empiryczne sprawdzenie związków między istotnymi cechami obiektu (weryfikacja);
- podjęcie działań praktycznych (preparacja).

W zależności od celu badań system (jako obiekt obserwacji) może być rozważany przez różnych badaczy z różnych punktów widzenia²³. Realizując cel badań badacz rozwiązuje "własny" problem i opisuje rozwiązanie we "własnym" języku [11]. Mając na uwadze wpływ intuicji badacza na kształt modelu oraz znajomość naturalnych właściwości przedmiotu badań w modelowaniu można wyróżnić [30]:

- **orientację modelową** - preferowanie kryteriów poprawności logicznej modelu (zagadnienie adekwatności modelu nie jest najistotniejsze);
- **orientację przedmiotową** - eksponowanie kryteriów zgodności modelu z mniej lub bardziej arbitralnie wybranym fragmentem rzeczywistości (co niekiedy odbywa się kosztem poprawności logicznej modelu);
- **orientację podmiotową** – uwaga skierowana na dostosowanie zadania do możliwości i kwalifikacji podmiotu.

Z modelowaniem nierozłącznie związane jest pojęcie *model*. W literaturze - podobnie jak w przypadku pojęcia "system" można napotkać różne definicje tego

terminu. Na przykład:

- ✓ "Model jest konkretnym interpretacyjnym wyrazem teorii jednej lub kilku hipotez" [4].
- ✓ "Model oznacza uproszczone odwzorowanie, często połączone z pewną schematyzacją lub stylizacją" [6].
- ✓ "Model jest rezultatem modelowania, tzn. obrazem danego przedmiotu badań, wyrażającym cel badań i wiedzę o przedmiocie, przedstawionym w przyjętym języku" [30].

W analizie systemowej termin modelowanie (jako metoda badawcza) definiowane jest następująco [27], [25]:

"Modelowanie systemowe oznacza całokształt przedsięwzięć poznawczych, związanych z tworzeniem modelu obiektu, którego znajomość cech skłania do traktowania modelu jako obiektu".

Zaś

"Model systemu jest ilościową i jakościową reprezentacją statycznej i dynamicznej struktury systemu; pozwala przedstawić wpływ czynników istotnych z punktu widzenia prowadzonych badań na zachowanie się systemu".

2.1. Modelowanie matematyczne

Rozwój techniki obliczeniowej, praktyczne wykorzystanie metod matematyki stosowanej stanowi podstawę do wypracowania szczegółowego podejścia pomocnego przy rozwiązywaniu wielu problemów związanych z obiektami rzeczywistymi. Jest to charakterystyczne dla analizy systemowej stosowanej w badaniach operacyjnych. Analiza modeli stosowanych w badaniach operacyjnych²⁴ i analizie systemowej prowadzona jest najczęściej pod kątem zgodności z wybranym fragmentem rzeczywistości i wewnętrznej poprawności modelu.

Jedną ze stosowanych w badaniach operacyjnych metod jest modelowanie matematyczne. Określane jest jako *"proces, którego rezultatem jest model matematyczny ustalonego obiektu rzeczywistego, uwzględniający problem z nim*

²³ W celu odwzorowania niezbędnych aspektów badanego obiektu.

²⁴ Badania operacyjne definiuje się jako: *"badanie procesów zamierzonych (operacji) i wypracowanie, opierając się na metodach matematycznych, wniosków i zaleceń umożliwiających podejmowanie optymalnych decyzji dotyczących organizacji i kierowania tymi procesami"*, tj. decyzji pozwalających na uzyskanie maksymalnych efektów za pomocą posiadanych sił i środków, bądź osiągnięcie wyznaczonego celu przy minimalnym ich nakładzie [8].

związany i cele modelowania" [8].

Konstrukcję modelu matematycznego poprzedza analiza obiektu rzeczywistego przez pryzmat problemu z nim związanego. Prowadzi to do skonstruowania werbalnego opisu wybranych cech obiektu, a następnie wybranych związków²⁵ między ustalonymi cechami²⁶. Na podstawie opisu werbalnego wybranym cechom i związkom przypisuje się nazwy oraz ustala, które z cech są mierzalne oraz jakie wartości mogą przyjmować. Faza nazewnictwa i ustalania zakresu zmienności cech kończy etap modelowania opisowego (werbalnego). Kolejny etap to formalizacja. Na podstawie opisu należy:

- zastąpić nazwy odpowiednimi symbolami (zmiennymi) x_1, x_2, \dots, x_i ;
- symbolom przypisać zbiory dopuszczalnych wartości X_1, X_2, \dots, X_i ;

Wszystkie pary (x_i, X_i) gdzie $i = 1, 2, \dots, I$ tworzą zbiór par:

$$\mathbf{X} = \{ (x_1, X_1), (x_2, X_2), \dots, (x_I, X_I) \}$$

Podobnie postępuje się w stosunku do związków. Nazwy związków oznacza się odpowiednio symbolami: $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_J$ (gdzie J jest licznością związków). Związki tworzą uporządkowany zbiór $\mathbf{R} = \{\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_J\}$. Każdy związek może być opisany podzbiorem pewnego produktu kartezjańskiego zbiorów możliwych wartości niektórych cech obiektu, czyli relacją. Na podstawie powyższych opisów (cech oraz związków) można przyjąć, że model matematyczny uważa się za skonstruowany jeżeli[8]:

- odzwierciedla wszystkie wybrane cechy i wybrane związki między nimi zachodzące;
- ustalona jest jednoznacznie interpretacja wszystkich zmiennych wolnych występujących w modelu.

²⁵ Związki występujące między cechami obiektu podzielić można na dwie grupy:

- związki indywidualne, charakterystyczne dla badanego obiektu rzeczywistego;
- związki ogólne, wynikające z praw nauki obowiązujących w stosunku do obiektu.

²⁶ Wyniki analizy zwykle charakteryzują się dużą niejednoznacznością, tzn. wybór cech obiektu i związków między nimi silnie zależy od subiektywnych działań i predyspozycji uczestników tworzących opisy. Dążenie do zminimalizowania stopnia subiektywizmu przejawia się, szczególnie w analizie systemowej, w opracowaniu mniej lub bardziej sformalizowanych scenariuszy postępowania.

2.2. Klasyfikacja modeli

Przy klasyfikacji modeli matematycznych stosowanych w badaniach operacyjnych najczęściej przyjmuje się następujące kryteria podziału: [8]

- własności zbioru X ;
- interpretację elementów zbioru X ;
- własności zbioru relacji R ;
- dostępność informacji o wartościach zmiennych ze zbioru X w chwili podejmowania decyzji.

We własnościach zbioru X zwraca się uwagę na własności matematyczne par (x_i, X_i) lub tylko X_i - zbiorów dopuszczalnych wartości. Własności par mogą stanowić kryterium klasyfikacyjne modeli matematycznych. Na przykład:

- *Modelem dyskretnym* nazywa się model, w którym wszystkie zbiory X_1, X_2, \dots, X_i są zbiorami dyskretnymi (np. przeliczalnymi).
- *Modelem ciągłym*²⁷ nazywa się model, w którym wszystkie zbiory X_1, X_2, \dots, X_i są zbiorami ciągłymi (np. zbiorami liczb rzeczywistych).
- *Model deterministyczny* to taki, w którym wszystkie pary (x_i, X_i) opisują wielkości deterministyczne.
- *Model probabilistyczny* lub *stochastyczny* to taki, w którym przynajmniej jedna zmienna x_i jest zmienną losową lub procesem stochastycznym, a pozostałe są zmiennymi deterministycznymi.
- *Modelem rozmytym* nazywa się model, w którym nie występują zmienne losowe oraz przynajmniej w jednym wypadku wyrażenie $x_i \in X_i$ oznacza "element x_i należy do zbioru rozmytego X_i " (mogą również występować modele rozmyto-probabilistyczne).

Ze względu na interpretację zbioru X wyróżnia się najczęściej:

- *Modele dynamiczne*²⁸, tzn. takie modele, w których wartości co najmniej jednej zmiennej w ustalonym momencie zależą od wartości zmiennych w przynajmniej jednym poprzednim momencie. Jeżeli ta zależność występuje tylko dla jednego momentu dla każdej zmiennej, to mówi się o *modelach dynamicznych z*

²⁷ Istnieją modele ciągle-dyskretne. Na przykład znane w teorii procesów stochastycznych procesy dyskretne w stanach i ciągle w czasie.

²⁸ Modele z czasem - jedna ze zmiennych x_i przyporządkowana jest nazwie „czas” występującej w werbalnym opisie cech obiektu.

opóźnieniem, jeżeli zaś zależy od wielu momentów dla tych samych zmiennych, to takie modele nazywa się *modelami dynamicznymi z akumulacją*.

- *Modelem statycznym*²⁹ nazywa się (w odróżnieniu od dynamicznego) model bez czasu lub taki model z czasem, w którym wartości zmiennych dla każdego momentu zależą wyłącznie od wartości innych zmiennych w tym samym momencie lub od zmiennych niezależnych od czasu.

Rozpatrując własności relacji wyróżnia się:

- *Modele liniowe*, w których wszystkie relacje opisywane są zależnościami liniowymi.
- *Modele nieliniowe*, w których przynajmniej jedna relacja nie jest opisana zależnością liniową.

Niezależnie od przedstawionej wyżej klasyfikacji, charakterystycznej dla modeli matematycznych, w literaturze przedmiotu prezentuje się różnorodne klasyfikacje modeli, tworzone głównie w celu przybliżenia potencjalnym użytkownikom możliwości ich racjonalnego wykorzystania w praktyce. Za główne kryteria podziału przyjmowane są następujące[8] [27]:

- Przeznaczenie:
 - ✓ *modele badawcze* (poznawcze), podporządkowane funkcjom nauki, których celem jest wydobycie nowej informacji o otaczającej nas rzeczywistości;
 - ✓ *modele pragmatyczne*, pomocne w opracowywaniu projektów oddziaływania na rzeczywistość;
 - ✓ *modele* jako wzory, używane w działaniach realizacyjnych.
- Cel poznawczy (rezultat modelowania):
 - ✓ *modele ocenowe*, których celem jest uzyskanie ocen, czyli wypowiedzi wyrażających aprobatę lub dezaprobatę dla stanu (przeszłego, bieżącego, przyszłego) systemu;
 - ✓ *modele decyzyjne*, których celem jest uzyskanie określonych decyzji, niezbędnych do zapewnienia pożądanego stanu systemu z uwagi na przyjęte kryterium;
 - ✓ *modele desygnujące* (*wyjaśniające*), których celem jest uzyskanie wyjaśnienia istoty cech (zjawisk) systemu.
- Forma przekazu (język modelowania):
 - ✓ *modele opisowe* (niesformalizowane, werbalne) wyrażane w języku

naturalnym;

- ✓ *modele formalne* wyrażane w języku logiki, głównie logiki matematycznej;
- ✓ *modele matematyczne* wyrażane w języku matematyki (np. teorii mnogości, algebry, analizy funkcjonalnej, probabilistyki);
- ✓ *modele fizyczne* (przeznaczone do prowadzenia eksperymentów);
- ✓ *modele analogowe* (inny przedmiot, ale zachowujący istotne cechy i relacje modelowanego obiektu);
- ✓ *modele ikonograficzne* (schematy, plany, ilustracje)
- Odwzorowanie procesów:
 - ✓ *modele statyczne*, nie uwzględniające zmian i procesów;
 - ✓ *modele dynamiczne*, uwzględniające zmiany charakterystycznych wielkości obiektu (w tym modele symulacyjne – odwzorowujące zachowanie się obiektu).
- Stopień określoności uwzględnianych wielkości:
 - ✓ *modele deterministyczne*;
 - ✓ *modele probabilistyczne* (stochastyczne);
 - ✓ *modele strategiczne*;
 - ✓ *modele rozmyte*.
- Przyjmowany aspekt badań systemowych:
 - ✓ *modele morfologii* (model struktury, budowy) systemu;
 - ✓ *modele funkcjonowania* (model zachowania, działania) systemu;
 - ✓ *modele rozwoju* (ewolucji, przemian) systemu.

Opisy wynikające z przyjmowanego aspektu badań wyrażają także stopnie poznania systemu:

- pierwszy - wiąże się z poznaniem budowy systemu (elementów i powiązań między nimi);
- drugi - z poznaniem funkcjonowania systemu, a więc realizowanych w nim procesów;
- trzeci - z poznaniem praw rozwoju systemu, czyli określeniem kierunków przemian jego struktur, funkcji, procesów, itp;

Kolejny etap poznania stanowi opis parametryczny, polegający na specyfikacji cech systemowych. Należy podkreślić, że często ten sam system może być reprezentowany przez kilka modeli (budowanych ze względu na aspekt badań

²⁹ Modele bez czasu - w modelu nie występuje zmienna o nazwie "czas".

czy preferencje badacza), które (różniąc się między sobą) mogą przedstawiać system w zasadniczo odmienny sposób. Model systemu rzeczywistego nigdy nie przedstawia wszystkich jego aspektów, tzn. istnieją charakterystyki systemu rzeczywistego, które są przez model pomijane, skracane, zmieniane lub podawane w przybliżeniu. Jeden model jest często lepszą reprezentacją systemu niż inny, ale każdy, bez względu na stopień doskonałości pod względem zawartości, kompletności, szczegółowości itp. może przedstawić tylko część systemu rzeczywistego. Natomiast, model systemu hipotetycznego można uczynić takim, aby miał pożądane charakterystyki i właściwości.

Wydaje się, że niezależnie od tego czy przedmiotem modelowania będzie system rzeczywisty, czy też system hipotetyczny (pojęciowy) musi być przeprowadzona (uwzględniająca aspekt badań) przynajmniej częściowa identyfikacja systemu ograniczona do czynności wyodrębnienia systemu z otoczenia i specyfikacji cech systemowych, lub pełna, poszerzona o opisy: struktury, funkcji i rozwoju systemu.

2.3. Symulacja i modelowanie symulacyjne

Kolejnym terminem jaki jest związany z pojęciami system i model jest symulacja. *"Symulacja jest to proces konstruowania historii stanów"* [13]. Dokładniej: *"symulacja - to konstruowanie w chronologicznym porządku opisów stanów tworzących historię stanów"* [13]. Taka metoda może być na przykład przeciwstawiona możliwości generowania danych do historii stanów w porządku innym niż chronologiczny, a następnie składania lub organizowania tych danych tak, aby utworzyły historię stanów. Historia stanów skonstruowana przy pomocy metody symulacyjnej jest w rzeczywistości historią stanów modelu, a nie systemu. Ponieważ jednak model reprezentuje system, można przyjąć, że tak otrzymana historia jest historią stanów modelowanego systemu. Zatem *symulacja jest to zastosowanie modelu w celu chronologicznego wygenerowania historii stanów modelu, która jest uważana za historię stanów modelowanego systemu* [13].

Ta metoda jest wykorzystywana podczas badania systemów rzeczywistych, jak również w trakcie badania systemów hipotetycznych. Fakt, że system jest

hipotetyczny³⁰ nie oznacza, że jego skład jest w jakimś stopniu mniej określony niż ma to miejsce w wypadku systemów rzeczywistych [13]. W praktyce symulację często stosuje się w badaniach, których celem jest wybór systemu charakteryzującego się najbardziej pożądanym dla danego celu zbiorem właściwości z rodziny systemów podobnych do badanego. Zwykle takie badanie pociąga za sobą użycie kilku różnych (choć podobnych) przypadków symulacji dla kilku różnych (choć podobnych) systemów. Należy podkreślić, że przypadek symulacji występuje wtedy, gdy dany model konkretnego systemu jest zastosowany w konkretnej sytuacji. Jeżeli używa się dwóch różnych modeli danego systemu, to ma się do czynienia z dwoma oddzielnymi przypadkami symulacji. Dlatego warto rozróżnić badanie symulacyjne od czynności symulacji. Badanie symulacyjne to jedno lub więcej zastosowań symulacji w badaniach systemu lub zbioru systemów.

Zastosowanie symulacji w badaniach systemu wiąże się z modelowaniem symulacyjnym. *"Modelowaniem symulacyjnym nazywa się proces budowy modelu systemu rzeczywistego oraz przeprowadzania eksperymentów symulacyjnych na tym modelu w celu poznania zachowania się systemu pod wpływem czynników wewnętrznych i zewnętrznych lub dokonania oceny strategii zapewniających funkcjonowanie badanego systemu"*. Modelowanie symulacyjne obejmuje nie tylko budowę modelu lecz także analityczne wykorzystanie modelu do zbadania (poznania lub rozwiązania) określonego problemu. Istota metody modelowania symulacyjnego polega na zbudowaniu modelu badanego systemu [14], który w jednych elementach jest zgodny z systemem rzeczywistym, w innych zaś różni się od niego i który jest badany przy pomocy różnych metod i środków. Wyniki uzyskane z eksperymentów symulacyjnych przeprowadzonych na modelu są przenoszone przez analogię na badany system.

Modelowanie symulacyjne stanowi niejako skojarzenie metody matematycznej i eksperymentalnej. Budując model opisuje się formalnie mechanizm zachodzących procesów, podobnie jak przy stosowaniu metod matematycznych. Natomiast sposób uzyskiwania wyników jest taki, jak w metodach eksperymentalnych³¹. Metoda ta jest z jednej strony swego rodzaju narzędziem pozwalającym sprawdzić praktyczne wyniki badań teoretycznych, z drugiej zaś strony

³⁰ System hipotetyczny może być nawet lepiej określony właśnie dlatego, że jest hipotetyczny i może powstać przy założeniu, że jego właściwości są akurat takie, jakie przedstawia jego model.

³¹ Zwykle proces rzeczywisty zastępuje się symulacją tego procesu na przykład na komputerze [15].

metodą teoretycznego rozwiązywania niektórych problemów wysuwanych przez praktykę. Można zatem przyjąć, że modelowanie symulacyjne zajmuje pośrednie miejsce między logicznymi i empirycznymi metodami i stanowi wiążące ogniwo między teorią i praktyką.

Modele symulacyjne są szczególną klasą modeli matematycznych [8]. Pozwalają one na drodze opisów matematycznych „naśladować” zachowanie się obiektu rzeczywistego obserwowanego z punktu widzenia wcześniej zdefiniowanego problemu badawczego. Nawiązując do opisu funkcjonalnego systemu, w modelu symulacyjnym w zbiorze cech wyróżnia się podzbiory:

- zmiennych wejściowych - których wartości są przekazywane z otoczenia (są ustalone niezależnie od zachowania się obiektu rzeczywistego);
- zmiennych stanu - takich, których wartości opisują zmieniające się w czasie wybrane cechy obiektu;
- zmiennych wyjściowych - część zmiennych stanu podlegających obserwacji z zewnątrz.
- podzbiór jednoelementowy opisujący czas.

Najbardziej uniwersalnym opisem matematycznym modeli systemów o działaniu ciągłym uwzględniającym ich dynamikę są równania różniczkowe.³²

- Modelem matematycznym szerokiej klasy ciągłych systemów dynamicznych³³, charakteryzujących się własnościami akumulacyjnymi są równania stanu o postaci układu równań różniczkowych rzędu pierwszego, którego reprezentantem jest równanie

$$\frac{dz(t)}{dt} = \delta[z(t), x(t)].$$

Uzupełnieniem opisu są równania wyjścia formułujące związek między wielkościami wyjściowymi (y), a zmiennymi stanu (z) i wejścia (x)

$$y(t) = \psi[z(t), x(t)].$$

- Innym rodzajem modeli dynamicznych są modele, w których uwzględnia się opóźnienia czasowe (wynikające z ograniczonej prędkości przemieszczania się zjawisk w przestrzeni). W modelach, w których uwzględnia się opóźnienia, a nie uwzględnia własności akumulacyjnych podkreśla się, że reakcja w chwili t jest

³² Ich odpowiednikiem dla dyskretnej zmiany czasu są równania różnicowe [17].

³³ Fakt występowania [17] parametru czasu w równaniach tworzących model jeszcze nie przesądza o tym, że model jest dynamiczny. Jeżeli we wszystkich zależnościach tworzących model wszystkie wielkości dotyczą tej samej chwili - to taki model jest modelem statycznym.

skutkiem oddziaływania wejściowego, które wystąpiło odpowiednio wcześniej, a mianowicie w chwili $(t-h)$

$$y(t) = \psi[x(t-h)].$$

- Model matematyczny systemu dynamicznego ciągłego, w którym uwzględnia się zarówno własności akumulacyjne, jak i opóźnienia stanu w stosunku do wielkości wejściowych, ma równanie stanu o postaci:

$$\frac{dz(t)}{dt} = \delta[z(t), x(t-h)].$$

W modelach dotyczących systemów, w których występuje dziedziczenie pewnych cech w przyszłości występują opóźnienia stanu, zatem:

$$\frac{dz(t)}{dt} = \delta[z(t-h), x(t)].$$

- Opis modelu dynamicznego za pomocą równań stanu z jedną zmienną niezależną t oznaczającą czas jest niewystarczający dla systemów, w których stan zmienia się z upływem czasu ale odmiennie, w różnych punktach przestrzeni³⁴, na jakiej rozpościera się modelowany system. W takim wypadku uwzględnia się w zmiennych stanu nie tylko czas (t) ale również zmienne przestrzenne (l) .

$$\frac{\partial z(t, l)}{\partial t} = F[z(t, l), x(t, l)],$$

Lewa strona równania oznacza pochodną cząstkową względem zmiennej t . Występujący po prawej stronie zapis $F(\dots)$ może być w ogólnym przypadku nie funkcją, lecz operatorem określonym na funkcjach zmiennych przestrzennych l . Oznacza to, że po prawej stronie w nawiasach kwadratowych mogą występować pochodne cząstkowe stanu względem zmiennej l .

Modelowanie symulacyjne z jednej strony opiera się głównie na analizie systemowej, teorii prawdopodobieństwa czy statystyce matematycznej, z drugiej zaś pozostaje w wielu wypadkach w sferze procesów intuicyjnych. Dlatego też można przyjąć, że jest ono swego rodzaju sztuką, bowiem takie czynności, jak wybór elementów do odwzorowania w modelu, przyjęcie dopuszczalnych uproszczeń i ograniczeń oraz ocena skutków podjętych decyzji opierają się na intuicji projektanta oraz doświadczeniach ekspertów (specjalistów) [14].

Z uwagi na to, że proces budowy modelu symulacyjnego jest w takim samym stopniu sztuką, jak i nauką, nie można dać ścisłej recepty na budowę modelu. Zwykle formułuje tylko niektóre prawidłowości i zasady modelowania.

Proces budowy modelu obejmuje zazwyczaj następujące fazy [14] [8]:

- *Formułowania zadania:*
 - ✓ określenie (obiektu rzeczywistego) istoty problemu;
 - ✓ sformułowanie celów;
 - ✓ wybór kryteriów oceny;
 - ✓ ustalenie granic zadania;
 - ✓ określenie założeń i ograniczeń.
- *Poszukiwania* - konkretyzacja celu modelowania:
 - ✓ zebranie niezbędnych danych do modelu,
 - ✓ ustalenie powiązań między poszczególnymi elementami,
 - ✓ ustalenie alternatywnych rozwiązań dla osiągnięcia postawionych celów.
- *Budowy modelu* – uwzględniająca cel modelowania oraz obejmująca:
 - ✓ łączenie poszczególnych elementów na podstawie różnych alternatywnych rozwiązań;
 - ✓ badanie i ocena wyników uzyskanych z alternatywnych rozwiązań.
- *Wyboru* - polegająca na:
 - ✓ analizie otrzymanych rozwiązań;
 - ✓ wskazaniu najlepszego;
 - ✓ wyznaczeniu zakresu modyfikacji i uzupełnienia modelu o charakterystyki (dane, elementy) nie przyjęte do realizacji we wcześniejszych fazach budowy modelu.
- *Weryfikacji* przyjętego rozwiązania (przez eksperymentalne sprawdzenie). Realizacja fazy weryfikacji nie zawsze jest możliwa w praktyce. Szczególnie odnosi się to do modeli procesów walki, gdzie eksperymentalne sprawdzenie zastępowane jest najczęściej ekspertyzą specjalistów.
- *Ostatecznej budowy modelu.*
- *Wstępnej eksploatacji i przygotowania dokumentacji.*

³⁴ Na przykład model koncentracji zanieczyszczeń w atmosferze nad regionem przemysłowym.

Szczególne znaczenie w procesie budowy modelu ma faza formułowania zadania. W fazie tej należy wyraźnie określić istotę i zakres rozwiązywanego problemu, ustalić podstawowe czynniki wpływające na przebieg badanego procesu, a także określić powiązania między nimi. Analiza zadania z różnych punktów widzenia, uściślenie warunków granicznych (ograniczeń) pozwala określić charakter modelu oraz możliwe drogi rozwiązania problemów.

Wstępnie za podstawę do budowy modelu systemu przyjmuje się początkowe sformułowanie problemu wyspecyfikowane przez użytkownika modelu. Jednak uzyskane od użytkownika opisy zadania wymagają wnikliwej analizy prowadzącej do lepszego zrozumienia problemu i uściślenia specyfikacji zadania.

Ważne znaczenie posiada właściwe i precyzyjne sformułowanie celów. Budowany model może mieć różne przeznaczenie i odpowiadające mu cele. Najczęściej celami są:

- *ocena* - polegające na określeniu, w jakim stopniu system o danej strukturze organizacyjnej i funkcjonalnej odpowiada przyjętym (założonym) kryteriom;
- *porównanie* - analiza porównawcza kilku systemów o różnej strukturze organizacyjnej i funkcjonalnej, realizujących określone funkcje lub analiza zasad działania systemu;
- *prognoza* - ocena zachowania się systemu (przy pewnych zakładanych warunkach i ograniczeniach);
- *analiza reagowania systemu* - polegające na ujawnieniu (z większej liczby czynników oddziałujących na system) tych, które w największym stopniu wywierają wpływ na ogólne funkcjonowanie systemu;
- *optymalizacja* – na przykład próba określenia liczby i wartości oddziałujących na system czynników, przy których zapewnione będzie możliwie najlepsze jego funkcjonowanie (jako całości);
- *ujawnienie powiązań funkcjonalnych* - wyrażające się w określeniu charakteru zależności między wybranymi (ze względu na swoją rolę w systemie) cechami lub elementami systemu.

Przedstawioną listę celów nie można uważać za wyczerpaną (wyszczególniono tylko te, które najczęściej są przyjmowane w procesie modelowania). W praktyce mogą wystąpić różne kombinacje wymienionych wyżej celów ogólnych, odpowiednio do konkretnych warunków i potrzeb modelowania. Na przykład budowa modeli systemów wojskowych odbywa się w warunkach niepełnych

informacji. Stąd też przy ustalaniu celów i wyborze kryteriów dla tego rodzaju modeli przeważa koncepcja suboptymalności.

Przy ustalaniu celów, cel główny dzielony jest zazwyczaj na cele cząstkowe (pośrednie), które są celami niższego rzędu. Pomijając fakt, że głównymi celami jakie zamierza się osiągnąć są cele sformułowane przez użytkownika modelu należy pamiętać, że podczas budowy modelu może okazać się, że:

- problem jest bardziej złożony niż zakładano;
- należy skorygować przyjęte wymagania i ograniczenia;
- mogą pojawić się nowe cele cząstkowe.

Oprócz tego należy być przygotowanym na pewne nieścisłości jakie mogą wystąpić w sformułowanych przez użytkownika celach. Na przykład:

- sformułowane cele są zbyt rozległe i nie zawsze precyzyjnie określone;
- w wypadku formułowania celów przez kilku użytkowników mogą wystąpić rozbieżności wynikające z różnicy poglądów odnośnie tej samej kwestii;
- cele cząstkowe mogą być ze sobą sprzeczne, co wymaga wnikliwej ich analizy i uporządkowania;
- może się okazać, że realizacja celu nie jest opłacalna, a niekiedy nawet wręcz niemożliwa.

Ważne jest, aby prawidłowo wybrać i określić cele, a nie warianty rozwiązań. Niewłaściwy wybór celu prowadzi do nieprawidłowego sformułowania zadania. Natomiast nieprawidłowy wybór alternatywy rozwiązania może oznaczać tylko uzyskanie nie najlepszego rozwiązania spośród istniejących.

Zwykle narzędziem realizującym model jest komputer, zaś model jest reprezentowany przez program³⁵ (system) symulacyjny. Podstawowymi elementami jakie należy odwzorować podczas projektowania programowej wersji modelu są: procesy, zdarzenia i czas. Czas jako zmienna niezależna porządkuje procesy i zdarzenia. Podczas realizacji procesów powstają warunki do zaistnienia zdarzeń. Zaistnienie w danej chwili zdarzenia warunkuje zmianę stanu co wyraża się uaktywnieniem procesów, ich zawieszeniem lub zakończeniem.

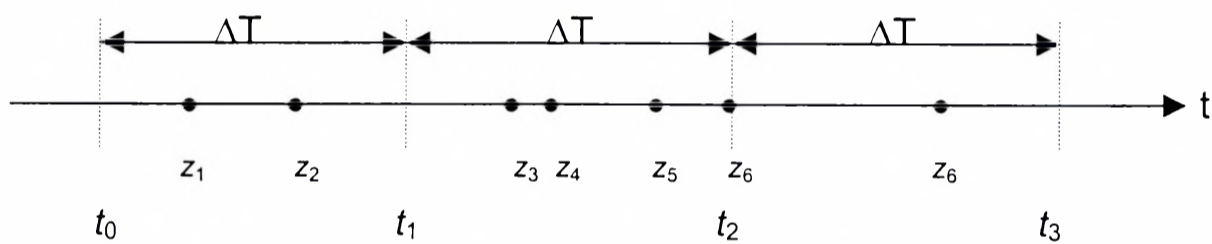
W programowej implementacji modelu podstawowymi metodami zapewniającymi poprawną obsługę zdarzeń oraz realizację procesów są metody:

³⁵ W każdym konkretnym przypadku symulacji program symulacyjny jest związany z modelem i z modelowanym systemem przez następujący fakt: program symulacyjny powoduje utworzenie przez komputer historii stanów, która jest historią stanów modelu uważaną dalej za historię stanów systemu modelowanego [13].

stałego kroku oraz kolejnych zdarzeń (planowanie zdarzeń, przeglądanie zdarzeń, interakcja procesów). Zasadniczym elementem różniącym te metody jest reprezentacja i traktowanie czasu.

W metodzie stałego kroku czas symulacyjny przybiera stałe wartości. Wartości czasu są zdeterminowane ustalonym przyrostem czasu ΔT i nie są zależne od chwili występowania zdarzeń. Przetwarzanie zdarzeń ma charakter przetwarzania grupowego (rys. 1). Zdarzenia (np. z_3, z_4, z_5, z_6) występujące w kolejnym kwancie czasu ΔT są traktowane tak, jak gdyby zaszły w czasie nieco różnym od czasu ich rzeczywistego wystąpienia. Wszystkie zdarzenia, które miały miejsce w danym przedziale czasu są traktowane tak, jak gdyby wystąpiły jednocześnie na końcu tego przedziału (np. $z_3(t_2), z_4(t_2), z_5(t_2), z_6(t_2)$).

Model tworzony metodą stałego kroku wymaga określenia wielkości przyrostu czasu ΔT .

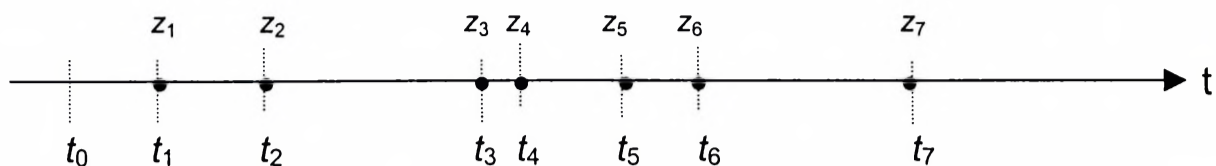


Rys. 1. Interpretacja czasu i zdarzeń w metodzie stałego kroku.

Przyjęta wielkość przyrostu czasu może mieć istotny wpływ na przebieg symulacji, a przez to na wartość i poprawność wyników. Przyczyną tego jest sposób rozpatrywania zdarzeń. Wpływ wielkości przyrostu czasu na poprawność wyników można przyjąć za mało istotny, jeżeli parametry modelu wyrażające wartości czasowe są określone z dokładnością do przyrostu czasu ΔT . Jeżeli w symulacji metodą stałego kroku przyrost czasu jest dostatecznie duży, to może ona przebiegać znacznie szybciej od symulacji metodą kolejnych zdarzeń. Oczywiście, im większy jest przyrost czasu, tym mniej dokładna jest aproksymacja dokonywana przez model.

W modelu zorganizowanym według metody kolejnych zdarzeń problem wyboru wielkości przyrostu czasu nie istnieje, dzięki czemu całkowicie unika się błędów związanych z jego złym wyborem. W metodzie kolejnych zdarzeń upływ czasu symulacyjnego związany jest z czasem występowania zdarzeń (rys. 2).

Zdarzenia tworzą kalendarz zdarzeń.



Rys. 2. Interpretacja czasu i zdarzeń w metodzie kolejnych zdarzeń.

Jeżeli zdarzenie (np. z_2) wystąpiło w danej chwili (t_2) to jest obsługiwane, a czas symulacyjny przyjmuje wartość czasu (t_3) związanego z wystąpieniem kolejnego zdarzenia (z_3) z kalendarza zdarzeń. Kolejne zdarzenie jest obsługiwane, a czas zostaje przesunięty do chwili wystąpienia (nowego) najbliższego zdarzenia zaznaczonego w kalendarzu. Ta metoda organizacji modelu wymaga prowadzenia kalendarza zdarzeń (wykreślanie zdarzeń obsługiwanych, wprowadzanie zdarzeń, które dopiero będą miały miejsce). Przy dużej liczbie zdarzeń metoda ta może okazać się czasochłonna. Ponadto przy obsłudze dużej liczby zdarzeń może okazać się, że przedziały czasu pomiędzy kolejnymi zdarzeniami są porównywalne co do wartości ΔT , a wtedy korzystniejsza będzie metoda stałego kroku.

Niezależnie od wyboru sposobu organizacji w modelu można wyróżnić:

- *obiekty* - odpowiadające elementom występującym w składzie modelowanego systemu;
- *procesy* - odpowiadające funkcjom realizowanym przez obiekty
- *zdarzenia* - wywołujące zmiany stanu.

Każdy obiekt jest jednoznacznie identyfikowany (przez nadanie numerów identyfikacyjnych) oraz opisany. W opisie obiektu występują cechy służące do jego identyfikacji, charakteryzujące jego typ oraz właściwości. Wszystkie obiekty danego typu muszą być charakteryzowane takimi samymi cechami. W każdej chwili stan obiektu jest określony przez jego opis.

Oprócz charakterystycznego opisu obiektów bardzo istotną jest charakterystyka zdarzeń. Przyjmuje się, że każde zdarzenie zachodzi w pewnej chwili i jego czas trwania przyjmuje się równy zero. Wystąpienie zdarzenia podczas symulacji oznacza zwykle początek, koniec lub zmianę pewnego działania (procesu) czy sytuacji w symulowanym systemie rzeczywistym. Wystąpienie zdarzenia pozwala na zmianę stanu jednego lub więcej obiektów modelu, a tym samym na zmianę stanu samego modelu; przeciwnie (każda zmiana stanu modelu wynika z zajścia zdarzenia).

Zwykle zdarzenia są klasyfikowane na kategorie:

- *zdarzenia systemowe* - typy zdarzeń reprezentujących zdarzenia zachodzące w systemie symulowanym;
- *zdarzenia programowe* - zdarzenia związane z realizacją programu symulacyjnego;
- *zdarzenia pewne* - takie zdarzenia systemowe, które raz zaplanowane nie może być zakłócone w jakikolwiek sposób przez wystąpienie innego zdarzenia systemowego;
- *zdarzenia niepewne (możliwe)* - jeśli którekolwiek ze zdarzeń typu systemowego może zostać opóźnione, anulowane lub zmienione przez wystąpienie innego zdarzenia systemowego;

Klasyfikacja typów zdarzeń na pewne i możliwe służy do wyróżnienia tych zdarzeń, które muszą być traktowane w specjalny sposób przy obsłudze kalendarza przyszłych zdarzeń. Musi być zapewniona możliwość usuwania z kalendarza zapisów dotyczących zdarzeń niepewnych bez ich przetwarzania.

Przy przetwarzaniu niektórych typów zdarzeń, pełne określenie wyniku wymaga podjęcia pewnych decyzji, podczas gdy inne typy takich decyzji nie wymagają. Pierwsze typy nazywa się *decyzyjnymi* typami zdarzeń, drugie zaś *bezdecyzyjnymi*.

Ważnym problemem, szczególnie w symulacji metodą kolejnych zdarzeń, jest koordynacja czasowa zdarzeń. Wystąpienia zdarzeń można traktować jako zdarzenia o zerowym czasie trwania oddzielone przedziałami czasu. Analiza przedziałów czasowych oddzielających wystąpienia zdarzeń zwykle sprowadza się do odpowiedzi na pytanie czy przedział czasowy jest zerowy, czy też nie. Jeśli dwa zdarzenia oddzielone są przez niezerowy przedział, to zawsze zdarzenie o wcześniejszym czasie wystąpienia zostanie obsłużone przez program symulacyjny przed przetworzeniem wystąpienia późniejszego. Gdy dwa zdarzenia oddzielone są zerowym przedziałem, tzn. jeśli są one jednoczesne, to powstaje pytanie, które z nich przetworzyć w pierwszej kolejności. Problem ten można rozwiązać tylko przez określenie (podanie programowi) pewnych reguł pozwalających na ustalenie kolejności przetwarzania zdarzeń występujących jednocześnie. Jeśli zachodzi potrzeba, to możliwe jest dołączanie elementów losowych do reguł porządkowania kolejności takich zdarzeń.

W organizacji modelu według metody kolejnych zdarzeń, zdarzenia mogą

oddziaływać na siebie dwoma sposobami:

- zdarzenie może być przyczyną wygenerowania (zaplanowania) innego zdarzenia w przyszłości;
- zdarzenie może spowodować anulowanie (wykreślenie z planu) zdarzeń zaplanowanych wcześniej;
- nie generować ani nie anulować żadnych zdarzeń przyszłych;
- generować, jak i anulować zdarzenia przyszłe.

Sposób w jaki zdarzenia oddziałują na siebie, ma istotne znaczenie dla określenia charakteru symulacji. Aby kompletnie i poprawnie opisać wszystkie możliwe wzajemne oddziaływania zdarzeń podczas symulacji potrzebny jest zwykle mechanizm systematycznego ich wyznaczania.

Umieszczenie zdarzenia w kalendarzu (harmonogramie) oznacza jego zgłoszenie. Zgłoszenia zdarzeń reprezentują pewien zapis harmonogramowy i mogą powstać w dwojaki sposób:

- zapis może być wygenerowany przez moduł obsługi zdarzeń stanowiący element programu symulacyjnego, a następnie zapamiętany w celu późniejszego wykorzystania;
- zapis harmonogramowy można wprowadzić do programu symulacyjnego jako daną.

Wśród zdarzeń charakterystycznymi są zdarzenia *niepewne* oraz zdarzenia *decyzyjne*. Zdarzenia niepewne w przeciwieństwie do zdarzeń pewnych (dla których można dokładnie przewidzieć łańcuch zdarzeń w przyszłości) zachodzą z pewnym prawdopodobieństwem. Mogą zatem zaistnieć okoliczności, w których łańcuchy zawierające zdarzenie niepewne będą przerwane w wyniku na przykład anulowania tych zdarzeń.

Wystąpienie zdarzenia decyzyjnego wymaga podjęcia decyzji w celu pełnego określenia wyniku zdarzenia. W konkretnym modelu decyzje związane z takim zdarzeniem są generowane przez moduł obsługi zdarzenia, który przetwarza zdarzenia tego typu. Potrzebne do obsługi zdarzenia dane zawarte są w opisie stanu systemu (w chwili podejmowania decyzji). Na podstawie tych danych moduł obsługi zdarzenia wykonuje sekwencję testów i wybiera jedną z możliwych wariantów - wybrany jest wynikiem decyzji. Nawet decyzje stosunkowo proste wymagają niekiedy dużej liczby testów i porównań oraz dużej liczby danych opisujących stan symulowanego systemu.

Modelowanie symulacyjne, jako metoda badania złożonych systemów działania, jest ciągle udoskonalana. Dlatego odpowiedź na pytanie: kiedy poszukiwać rozwiązań analitycznych, a kiedy stosować symulację pozostaje nadal zagadnieniem otwartym. Niezależnie od powyższego warto zaznaczyć, że modelowanie symulacyjne pozwala:

- opisać zachowanie się systemu;
- budować teorie i hipotezy, które mogą objaśniać obserwowane zachowanie się systemu;
- wykorzystywać te teorie i hipotezy do przewidywania przyszłego zachowania się systemu, tj. do przewidywania tych przyszłych stanów systemu, które mogą wynikać ze zmiany elementów systemu lub sposobów jego działania.

Metoda badań symulacyjnych może służyć do:

- odtwarzania funkcjonowania systemów aktualnie już nie istniejących (tzw. symulacja odtwarzająca);
- odwzorowywania działania systemów aktualnie funkcjonujących (tzw. symulacja bieżąca);
- przewidywania działania badanych systemów w przyszłości (tzw. symulacja prognostyczna).

3. Wykorzystanie narzędzi CASE do opisu systemu

Termin CASE (ang. *Computer Assisted/Aided System/Software Engineering*) oznacza wspomaganą komputerowo inżynierię systemów/oprogramowania. W pracy inżyniera oprogramowania narzędzia CASE pełnią podobną rolę jak narzędzia CAD/CAM³⁶ w pracy inżynierów innych dziedzin. Tradycyjnie pojęciem CASE określa się narzędzia, które:

- wspomagają wytwarzanie oprogramowania,
- koncentrują się na fazach analizy i projektowania oraz bezpośrednim wykorzystaniu wyników tych faz w implementacji³⁷.

Zakres komputerowego wspomaganie inżynierii oprogramowania obejmuje:

- określenie granic systemu informacyjnego, potencjalnie podlegającego informatyzacji;
- analizę i dekompozycję problemu na składowe odpowiadające elementom tego systemu;
- dobór najważniejszych metod i narzędzi realizacji tych składowych;
- syntezę systemu informatycznego.

Zakładając, że cykl życia systemu informatycznego przebiega zgodnie z modelem tradycyjnym (kaskadowym), rolę i wykorzystanie narzędzi CASE w poszczególnych fazach cyklu życia można ująć tak, jak to przedstawiono w tabeli 1.

Podstawą CASE są techniki i metodyki. Nie ma jednak w CASE, jak na razie, żadnych standardów. Producenci firmują określeniem CASE każdy produkt, który w dowolny sposób automatyzuje prace nad oprogramowaniem.

³⁶ CAD - projektowanie wspomaganie komputerowo (ang. *Computer-Aided Design*); CAM - wytwarzanie wspomaganie komputerowo (ang. *Computer-Aided Manufacturing*).

³⁷ Fazy: analizy, projektowania i implementacji są etapami cyklu życia oprogramowania (ang. *software lifecycle*), rozumianego jako okres od uświadomienia potrzeby istnienia oprogramowania aż do wycofania oprogramowania z eksploatacji. W tradycyjnym modelu cyklu życia oprogramowania wyróżnia się fazy: strategiczną, określania wymagań, analizy, projektowania, implementacji, testowania, instalacji i konserwacji.

Faza cyklu życia systemu informatycznego	Realizowany cel	Wykorzystanie narzędzi CASE
Faza strategiczna	Ustalenie możliwości realizacji przedsięwzięcia, podjęcie decyzji o rozpoczęciu prac	<p>Ponieważ faza strategiczna obejmuje ogólne określenie wymagań, wstępną analizę oraz projekt, wykorzystywane są te same narzędzia, które będą wykorzystywane w kolejnych fazach. Specyficznymi narzędziami używanymi w tej fazie są:</p> <ul style="list-style-type: none"> • programy wspomagające stosowanie metod szacowania kosztów oprogramowania, • narzędzia harmonogramowania.
Faza określania wymagań	Dokładne określenie wymagań „klienta” wobec tworzonego systemu poprzez zamianę celów „klienta” na konkretne wymagania (funkcjonalne i niefunkcjonalne) zapewniające osiągnięcie tych celów. Plan testów umożliwiających weryfikację realizacji tych wymagań	<p>Narzędzia CASE ułatwiają przechowywanie, edycję oraz wyszukiwanie informacji o poszczególnych wymaganiach. W repozytorium systemu CASE zapisywane są:</p> <ul style="list-style-type: none"> • opisy wymagań funkcjonalnych i niefunkcjonalnych, • opisy systemów zewnętrznych, • plany testów <p>W przypadku stosowania notacji graficznych narzędzia CASE zawierają specjalizowane edytory graficzne ułatwiające tworzenie diagramów odpowiedniego typu.</p> <p>W przypadku budowy prototypu wykorzystywane są składowe narzędzi CASE umożliwiające ich szybkie przygotowanie: generatory kodu, narzędzia projektowania interfejsu użytkownika.</p>
Faza analizy (modelowania)	Budowa logicznego modelu systemu, opisującego sposób realizacji przez system postawionych wymagań, abstrahujący od szczegółów implementacyjnych	<p>Specjalizowane edytory graficzne wspomagające:</p> <ul style="list-style-type: none"> • posługiwanie się notacjami graficznymi, • nawigowanie po diagramach, • modyfikacje repozytorium systemu CASE efektami analizy zapewniające spójność zawartych w nim informacji z diagramami.
Projektowanie	Opracowanie szczegółowego opisu implementacji systemu.	<p>W fazie projektowania wykorzystuje się:</p> <ul style="list-style-type: none"> • edytory notacji graficznych, • narzędzia edycji repozytorium, • generatory raportów, • generatory dokumentacji technicznej, • narzędzia sprawdzania jakości projektu, • narzędzia projektowania interfejsu użytkownika, • narzędzia importu informacji z innych projektów, • narzędzia inżynierii odwrotnej.

Faza cyklu życia systemu informatycznego	Realizowany cel	Wykorzystanie narzędzi CASE
Implementacja (kodowanie)	Realizacja projektu oprogramowania w wybranym środowisku implementacji.	Udostępnienie efektów analizy i projektowania zawartych w repozytorium systemu CASE. Generatory kodu, generujące szkielet kodu programu na podstawie zawartości repozytorium. Typowymi elementami kodu generowanymi automatycznie mogą być : <ul style="list-style-type: none"> • skrypty, tworzące relacje w bazie danych, • definicje struktur danych, • nagłówki procedur i funkcji, • definicje klas, • nagłówki metod. Generowany kod jest automatycznie komentowany informacjami zawartymi w repozytorium. Przyspieszenie implementacji poprzez wykorzystanie sprzęgów do narzędzi RAD ³⁸ .
Dokumentacja	Stworzenie dokumentacji użytkowej, traktowanej jako integralna składowa końcowego produktu programistycznego. Podstawowymi składnikami dokumentacji użytkowej są: <ul style="list-style-type: none"> • opis funkcjonalny, • podręcznik użytkownika. 	Autorzy dokumentacji użytkowej korzystają z definicji wymagań, modelu i projektu budowanych przy pomocy narzędzi CASE. Wykorzystywana jest możliwość przeglądania repozytorium, generatory raportów i narzędzia przygotowania dokumentacji technicznej.
Testowanie	Wykrycie i usunięcie błędów w systemie; ocena niezawodności systemu.	Testowanie odbywa się na podstawie specyfikacji wymagań, zawartej w repozytorium. Wykorzystuje się więc możliwości wyszukiwania informacji w repozytorium i przygotowania raportów. W przypadku wykrycia błędów, których usunięcie wymaga poprawy projektu, modelu lub specyfikacji wykorzystywane są możliwości narzędzi CASE użyteczne w poprzednich fazach.
Instalacja	Przekazanie systemu użytkownikowi, szkolenie użytkowników, instalacja sprzętu i przeniesienie oprogramowania, wypełnianie baz danych.	W przypadku wykrycia błędów lub konieczności dokonania zgłoszonych przez klienta modyfikacji wykorzystywane są te same możliwości narzędzi CASE co w poprzednich fazach.
Konserwacja oprogramowania	Wprowadzanie modyfikacji poprawiających, ulepszających i dostosowujących oprogramowanie.	Wprowadzenie żądanych modyfikacji może wymagać cofnięcia się nawet do fazy określania wymagań. Stąd wykorzystanie tych samych narzędzi CASE co w poprzednich fazach. Inżynieria odwrotna wspomagana narzędziami CASE.

Tabela 1: Wykorzystanie narzędzi CASE w realizacji faz cyklu życia oprogramowania.

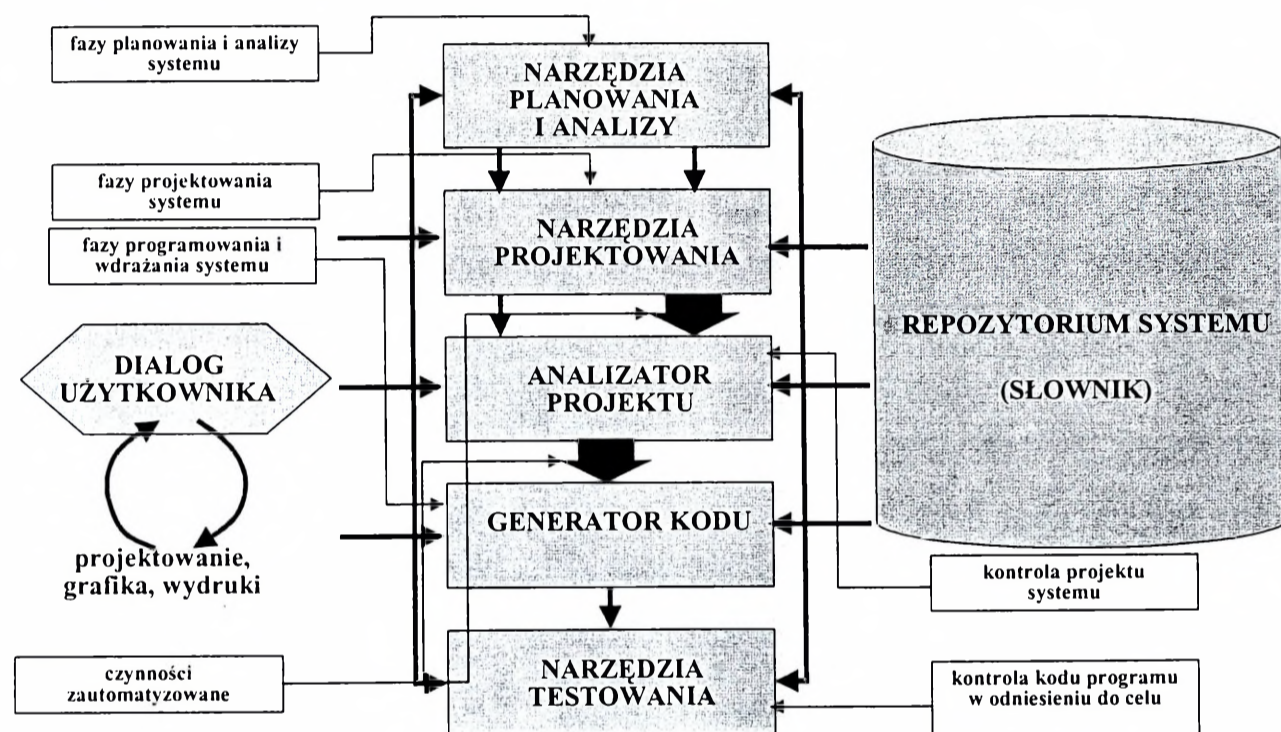
³⁸ RAD, Rapid Application Development, termin komercyjny ("błyskawiczne opracowywanie aplikacji") określający możliwości pakietu oprogramowania działającego w graficznym środowisku okienkowym, służącego do zestawiania aplikacji, w szczególności – ich interfejsów, z modułów wybieranych z bibliotek udostępnianych w postaci drzew tematycznych. W zależności od wybranego elementu pakiet RAD wytwarza fragmenty kodu (np. w języku C++) wraz z odpowiednimi wywołaniami. Szczegóły odbiegające od standardu uzupełnia ręcznie programista.

3.1. Metodyka tworzenia systemów informatycznych i jej składniki

Produkcja oprogramowania wymaga, tak jak każda produkcja przemysłowa, pewnych technologii. W przypadku oprogramowania technologię stanowią **metodyki tworzenia systemów informatycznych**. Stosowanie nowoczesnych narzędzi jest tylko elementem tej technologii. Przez **metodę** rozumie się w inżynierii oprogramowania procedurę służącą realizacji części cyklu życia systemu. W metodzie znajduje zastosowanie wiele różnych narzędzi (np. różnego typu diagramy, formatki, tekst) do tworzenia dokumentacji oraz porozumiewania się. Przez **metodykę** należy rozumieć zbiór powiązanych ze sobą metod opartych na wspólnych podstawach. Ogólna definicja metodyki tworzenia systemów informatycznych mówi, że metodyka to „spójny, logicznie uporządkowany zbiór metod i procedur o charakterze technicznym i organizatorskim, pozwalających realizować cykl życia systemu informatycznego przez zespół wykonawczy” [39]. Metodyka „stanowi zbiór procedur postępowania, metod, narzędzi i środków wspomagających dokumentowanie. Składa się ze ściśle określonych faz. Dana metodyka bazuje na pewnym widzeniu świata, zwanym **podejściem** lub **paradygmatem**” [37]. Składnikami metodyki tworzenia systemów informatycznych są [16]:

- modele opisu dziedziny przedmiotowej,
- strukturyzacja procesu tworzenia systemów informatycznych (procedury poszczególnych etapów),
- szczegółowe metodyki i techniki dokumentowania tworzenia systemów informatycznych,
- narzędzia wspomaganego komputerowo tworzenia systemów informatycznych,
- specyfikacja wymagań merytorycznych wobec poszczególnych twórców,
- kryteria oceny, mechanizmy kontroli projektu,
- zasady planowania i sterowania rozwojem systemu.

Na podstawie metodyk opracowanych w latach osiemdziesiątych powstały obecnie cząstkowe lub kompleksowe pakiety programów wspomagających proces tworzenia systemów informatycznych. Stworzone zostały całe łańcuchy narzędzi właściwie dopasowanych do celów poszczególnych faz cyklu życia systemu. Rozwój i stopniowe udoskonalanie różnych składników metodyki spowodowały powstanie środowiska pracy analityka i projektanta systemów. Przez środowisko należy tu rozumieć ogół metodyk, modeli, technik oraz komputerowych pakietów służących tworzeniu systemów informatycznych. Propozycję środowiska pracy analityka według J. Martina przedstawia rys. 3:



Rys.3. Środowisko pracy analityka i projektanta systemów wg koncepcji J. Martina

Źródło: opracowanie własne.

Podstawą środowiska jest repozytorium (centralna biblioteka, słownik) zawierająca opis wszystkich składników systemu, którymi są:

- struktury danych (obiekty, powiązania, ścieżki dostępu),
- opis procesów w systemie,
- opis interfejsów użytkownika (formatki ekranowe, dialogi, raporty),
- opis wszystkich składników każdego z modeli systemu,
- wzajemne powiązania między poszczególnymi składnikami systemu,
- dane dotyczące zarządzania projektem (wersje, prawa dostępu),

- ewentualnie kod, dokumentacja użytkowa.

Poszczególne narzędzia odpowiadają głównym fazom cyklu życia systemu: analizie, projektowaniu, wdrażaniu i utrzymaniu. Współczesną formą środowisk pracy są zintegrowane pakiety CASE.

3.2. Rodzaje narzędzi CASE

Ze względu na **kompleksowość** pakiety można podzielić na:

- cząstkowe - wspomagają użytkownika tylko jednej wybranej metody lub techniki,
- pośrednie - wspomagają jeden lub kilka etapów życia procesu TSI w określonej metodyce,
- zintegrowane - wspomagają cały cykl życia systemu: od fazy strategicznej, poprzez projekt i generowanie kodu aplikacji po wdrożenie.

Ze względu na otwartość (podstawą jest bezpośredni związek z określoną metodyką) pakiety można podzielić na:

- otwarte - pakiety elastyczne, które mogą być wykorzystywane w odniesieniu do różnych metodyk,
- dedykowane - są ściśle związane z jedną określoną metodyką.

Ze względu na elastyczność metodyczną pakiety można podzielić na:

- kierujące zespołem projektowym i narzucające sposób tworzenia systemu np. przez komunikaty błędów,
- doradcze - zachęcające do określonej procedury metodycznej np. przez komunikaty ostrzegawcze,
- elastyczne - pozostawiające twórcy swobodę doboru metodyki;

lub

- pakiety bez reguł (edytory diagramów lub macierzy)
- pakiety z wbudowanymi regułami,
- pakiety z możliwością własnego rozbudowania reguł metodycznych.

Ze względu na rodzaj modelu dziedziny przedmiotowej pakiety można podzielić na:

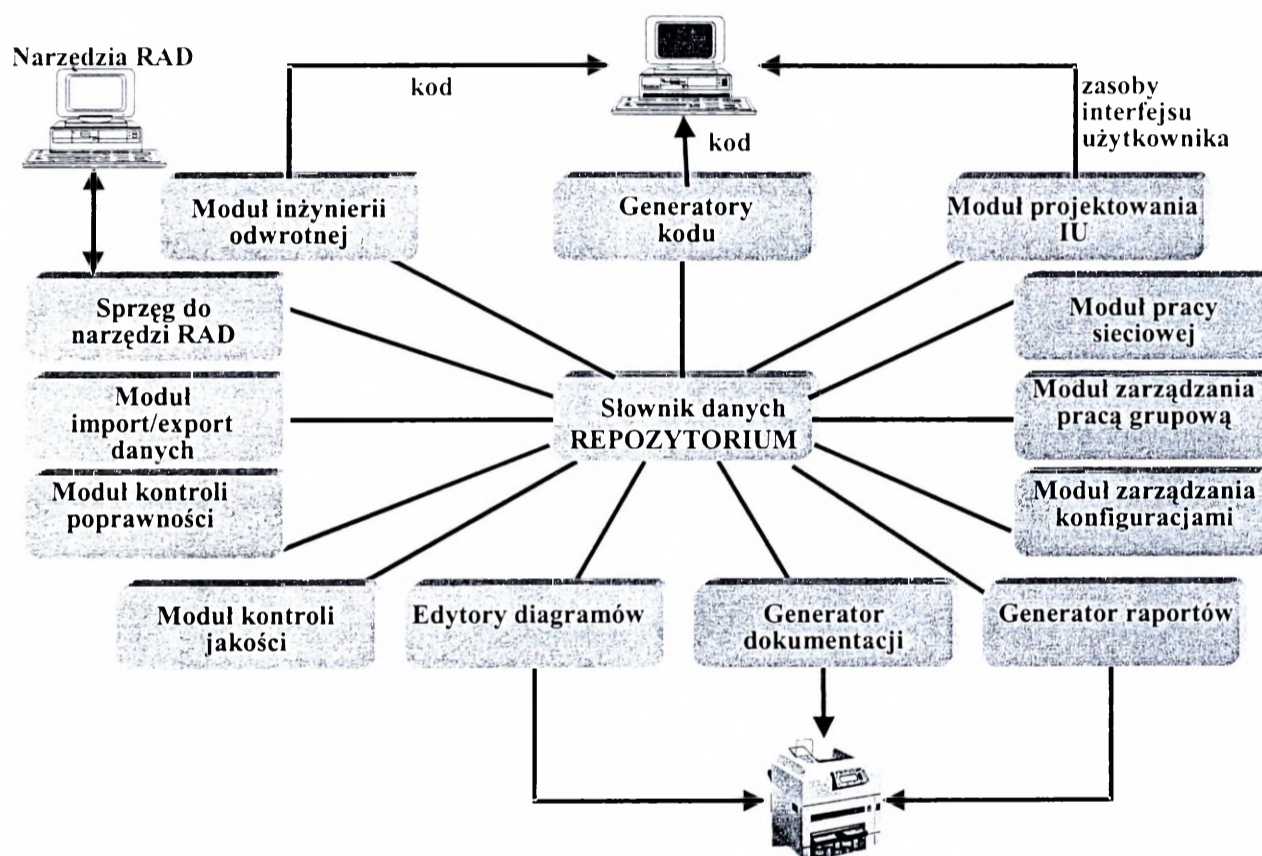
- strukturalne,
- obiektowe,
- społeczne.

Ze względu na cykl życia systemu pakiety można podzielić na:

- planowania strategicznego i modelowania gospodarczego,
- wysokiego poziomu (*upper CASE*) - fazy analizy i projektowania,
- niskiego poziomu (*lower CASE*) - fazy programowania, wdrażania, użytkowania, modyfikacji.

3.3. Składowe narzędzi CASE

Na rys. 4 przedstawiono strukturę hipotetycznego pakietu CASE. Wskazane na rysunku składowe nie we wszystkich pakietach są wyraźnie wyodrębnionymi modułami. W wielu przypadkach funkcje kontroli poprawności są integralną częścią repozytorium i edytora diagramów. Często słownik danych i edytor diagramów stanowią jeden moduł, który stanowi jądro pakietu. W innych przypadkach wymienione składowe są jednak niezależnymi modułami.



Rys. 4. Struktura narzędzi CASE
Źródło: [18]

Edytory notacji graficznych (edytory diagramów) są specjalizowanymi programami graficznymi, pozwalającymi na realizację następujących funkcji:

- tworzenie i edycję diagramów wykorzystywanych w fazach określania wymagań, analizy i projektowania,
- tworzenie i edycję powiązań pomiędzy poszczególnymi symbolami i diagramami (np. powiązań między symbolem procesu a diagramem, na którym dany proces jest dekomponowany) oraz nawigowanie po sieci powiązanych diagramów,
- wydruk diagramów.

Repozytorium (słownik danych) to baza danych, zawierająca informacje o realizowanym projekcie oraz narzędzia, służące do wyboru danych według różnych kryteriów, edycji i przeglądania. Podstawowe funkcje repozytorium to:

- wprowadzanie oraz edycja specyfikacji modelu i projektu, a także innych informacji związanych z przedsięwzięciem,
- wyszukiwanie pożądanej informacji.

Moduł kontroli poprawności sygnalizuje błędy na bieżąco, w trakcie edycji diagramów i repozytorium lub po uruchomieniu specjalnych funkcji odpowiedzialnych za weryfikację poprawności. Zależy to od rodzaju błędu.

Moduł kontroli jakości dokonuje automatycznej oceny miar jakości projektu, dotyczących przede wszystkim złożoności oraz stopnia powiązań składowych.

Generator raportów służy do przygotowania raportów na podstawie zawartości repozytorium. Niektóre narzędzia pozwalają na parametryczne definiowanie raportów, gdzie zakres i rodzaj prezentowanych informacji zależy od podanych parametrów.

Generator dokumentacji technicznej jest modulem służącym do przygotowania dokumentacji technicznej złożonej z szeregu diagramów, raportów oraz dodatkowych opisów tekstowych. Moduł taki może być dostarczany ze zbiorem przykładowych dokumentów, opisujących wyniki realizacji kolejnych faz cyklu życia systemu.

Generatory kodu są narzędziami służącymi do generowania szkieletu kodu w rozmaitych języka programowania. Pozwalają użytkownikowi uzupełnić specyfikację poszczególnych składników o elementy specyficzne dla konkretnego języka programowania. Wygenerowany kod może być komentowany informacjami zawartymi w słowniku danych.

Moduł zarządzania wersjami wspomaga zarządzanie projektami opisującymi różne wersje tego samego systemu.

Moduł projektowania interfejsu użytkownika służy do dialogowego projektowania składowych interfejsu (dialogów, okien, menu). W stosunku do narzędzi tego typu, które nie wchodzi w skład narzędzi CASE, zaletą takich modułów jest wykorzystywanie informacji zawartych w repozytorium do określenia kontekstu tworzonego interfejsu. Pozwala to np. na automatyczne wygenerowanie dialogu służącego do edycji pewnej struktury danych, który następnie musi jedynie zostać odpowiednio sformatowany.

Moduł inżynierii odwrotnej ma za zadanie odtwarzanie zawartości słownika danych oraz diagramów na podstawie istniejącego kodu (czasami także na podstawie struktury istniejącej bazy danych).

Sprzęgi do narzędzi RAD pozwalają na automatyczne generowanie składowych interfejsu użytkownika, definicji relacji oraz wiązania elementów interfejsu użytkownika ze składowymi bazy danych na podstawie opisu projektu. Niektóre narzędzia pozwalają także na przepływ informacji w drugą stronę – z pakietu RAD do pakietu CASE. Możliwe jest np. wprowadzenie definicji nowej encji na podstawie relacji zadeklarowanej w pakiecie RAD.

Moduł importu/eksportu danych pozwala na wymianę danych z innymi pakietami CASE. Opracowane zostały standardy wymiany danych, na przykład CDIF (ang. *CASE Data Interchange Format*) choć z reguły narzędzia CASE pozwalają na eksport i import danych w formie tekstowej.

Moduł zarządzania pracą grupową umożliwia jednoczesną pracę wielu osób nad tym samym projektem. Realizuje on następujące funkcje:

- dodawanie i usuwanie użytkowników oraz grup użytkowników mających prawo pracy nad projektem,
- ochronę dostępu do projektu,
- określanie praw użytkowników i ich grup do odczytu i modyfikacji poszczególnych fragmentów projektu,
- zabezpieczanie fragmentów projektu przed przypadkową zmianą,
- śledzenie pracy poszczególnych użytkowników.

Moduł pracy sieciowej zapewnia blokowanie składowych projektu poddawanych edycji wykorzystujące wielodostępną bazę danych jako repozytorium.

4. Omówienie ćwiczeń (AAR- After Action Review)

Nowoczesne pole walki jest skomplikowane i wymagające. Wysokie tempo prowadzonych działań, narastający strumień odbieranych informacji, krótki czas podejmowania decyzji to cechy charakterystyczne nie tylko dla działań militarnych, ale również i wielu innych dziedzin działalności ludzkiej. Aby odnieść sukces ludzie muszą efektywnie współpracować dla osiągnięcia zarówno indywidualnych jak i zespołowych celów. Potrzebują również wziąć pod rozwagę wszelkie możliwości podniesienia na wyższy poziom swoich osiągnięć między innymi wyciągając wnioski z codziennych doświadczeń zarówno własnych jak i wynikających z działalności w zespole. W związku z tym muszą znaleźć czas na refleksję (podsumowanie), zrozumienie tego, co się stało oraz dlaczego to coś się wydarzyło (lub nie) w trakcie kursu, szkolenia, ćwiczenia, akcji, misji czy zadania. Jednocześnie jest to okazja, aby określić i sprecyzować problemy oraz ich dobre rozwiązania, z których wynika nauka na przyszłość.

W czasie jednego dnia szkoleń, kursów, ćwiczeń występują niekończące się serie zdarzeń. Wiele małych, trochę mniej większych takich jak: projekcje, prezentacje, zadania, planowe i nieplanowe spotkania, odbieranie i wysyłanie wiadomości, ocena działania i wiele innych, które trudno jednoznacznie ogólnie nazwać czy określić. Rodzaj i ilość tych problemów dla jednej osoby zależy od indywidualnej pozycji w hierarchii dowodzenia stąd zdobyte osobiste doświadczenie z tych zdarzeń będzie większe lub mniejsze. Jedne z nich wpływają w trakcie pojedynczego dnia kursu, szkolenia, ćwiczenia inne po ich zakończeniu, a najważniejsze po zamknięciu cyklu szkoleń, kursów, ćwiczeń na koniec roku szkoleniowego. W realizacji dużych i skomplikowanych przedsięwzięć nie zawsze wszystko realizowane jest zgodnie z wcześniej opracowanymi planami. Nieustający wpływ czynników takich jak niezapowiedziane przerwy, spotkania zwoływane w ostatniej chwili, pośpiech spowodowany limitami czasowymi wynikającymi z konieczności terminowego zakończenia zadania, nagłe wypadki i zdarzenia oraz częste zmiany w przebiegu działania oznaczają, że zostaje mało czasu na refleksję (podsumowanie) wydarzeń, na uzyskanie odpowiedzi na zasadnicze pytania, – co się stało?, Co ma związek z...?, O czym zapomnieliśmy?.

Opisana powyżej sytuacja dotyczy nie tylko uczestników kursów, szkoleń, ćwiczeń indywidualnych i grupowych, ale również organizatorów tych przedsięwzięć. Często na końcu realizacji zadania nie ma czasu na rozwinięte podsumowanie ze względu na konieczność rozpoczęcia kolejnego etapu, rozpoczynanego nierzadko bez upewnienia się, że uczestnicy wykonali zadanie i podążają prawidłową drogą do celu. Uniemożliwia to utrzymanie wszystkich uczestników przedsięwzięcia na jednakowym poziomie zrozumienia, utrzymanie jakości szkolenia, kursu, ćwiczenia oraz powoduje obniżenie motywacji i aktywności u uczestników. Sytuacja taka dotyczy zarówno całości kursu, szkolenia, ćwiczenia, jak wszystkich ich pośrednich i cząstkowych etapów, zadań i zdarzeń. Tematyka ta (szczególnie „wydarzenia dnia”) jest zwykle szeroko komentowana za kulisami bez większego praktycznego znaczenia i możliwości wykorzystania.

Rosnące tempo życia, konieczność zachowania terminowości w działaniu powodują, że zwykle nie ma wystarczającej ilości czasu do przeglądu nabytej w przeszłości wiedzy, do rozmów z kierownictwem i zespołem pamiętającymi poprzednie podobne projekty (zadania) w celu skorzystania z ich wiedzy, z tych „małych mądrości”, które zwykle nie mieszczą się w ramach oficjalnych publikacji. Oczywistym jest, że sytuacja taka zmniejsza możliwość uniknięcia wielu potknięć i błędów, których można byłoby uniknąć. Zbyt mało jest nauki z doświadczenia (przeżyć) po wydarzeniach czy działaniach, błędy są powtarzane, zwykle szuka się tylko winnych powstałych niedociągnięć. Szczególnie jaskrawie efekty te występują w przypadkach zmienności składu działających zespołów, rotacji kadr tak typowej we współczesnych organizacjach w tym również (a może nawet szczególnie) w wojsku. Tak być nie powinno i w całym świecie szuka się sposobów, aby było inaczej. Zdaniem wielu specjalistów, można to osiągnąć poprzez krótki czas poświęcony na rozmowę, jeśli jest to możliwe - zainwestowanie niewielkiego okresu czasu do przeglądu wydarzeń i działania w ciągu dnia (zaplanowane w rozkładzie dnia) i po tym kontynuowanie dalszej nauki. Podobne przedsięwzięcia natury wymiany poglądów i refleksji powinny być organizowane również po dłuższych odcinkach czasu działania w tym na zakończenie realizacji zadania. Tak określone podejście jest racjonalną podstawą do stosowania metody **After Action Reviews** w działalności szkoleniowej (i nie tylko) między innymi w armii USA. W dosłownym tłumaczeniu określenie to oznacza przegląd działania (akcji) po jego zakończeniu.

After Action Review rozumie się jako metodę sprzęgania (konsolidacji, jednoczenia) zespołów wykonujących określone działanie szkoleniowe poprzez zaangażowanie uczestników w procesie diagnozowania (np. przebiegu ćwiczenia) w celu zwiększenia efektów nauczania (szkolenia). After Action Review jest profesjonalną dyskusją o zdarzeniach, skupioną na osiągniętych standardach, co umożliwia ćwiczącym (trenującym) osobiste, wewnętrzne odkrywanie (poznawanie) tego, co się zdarzyło, dlaczego się zdarzyło i jak podnieść efekty i poprawić słabości w wykonywanej działalności.

Według dostępnych źródeł genezy "After Action Review" poszukiwać należy w działalności szkoleniowej armii USA. Po raz pierwszy zastosowane było jako metoda nauczania w 1970 roku. Jego celem było tworzenie struktury środków to ułatwienia nauki z „dnia na dzień” w ćwiczeniach wojskowych. Przyczyny sukcesów i porażek w ćwiczeniach wojskowych są zwykle nie do końca jasne i jednoznaczne. AAR był przeznaczony do wyeliminowania trudnych pytań dotyczących niepowodzeń szkoleniowych w takich ćwiczeniach. Metoda AAR w działalności szkoleniowej w pełni się sprawdziła pozwoliła na osiągnięcie znaczących sukcesów i jest dzisiaj na tyle mocno zakorzeniona, że AAR ma miejsce po każdym zdarzeniu szkoleniowym.

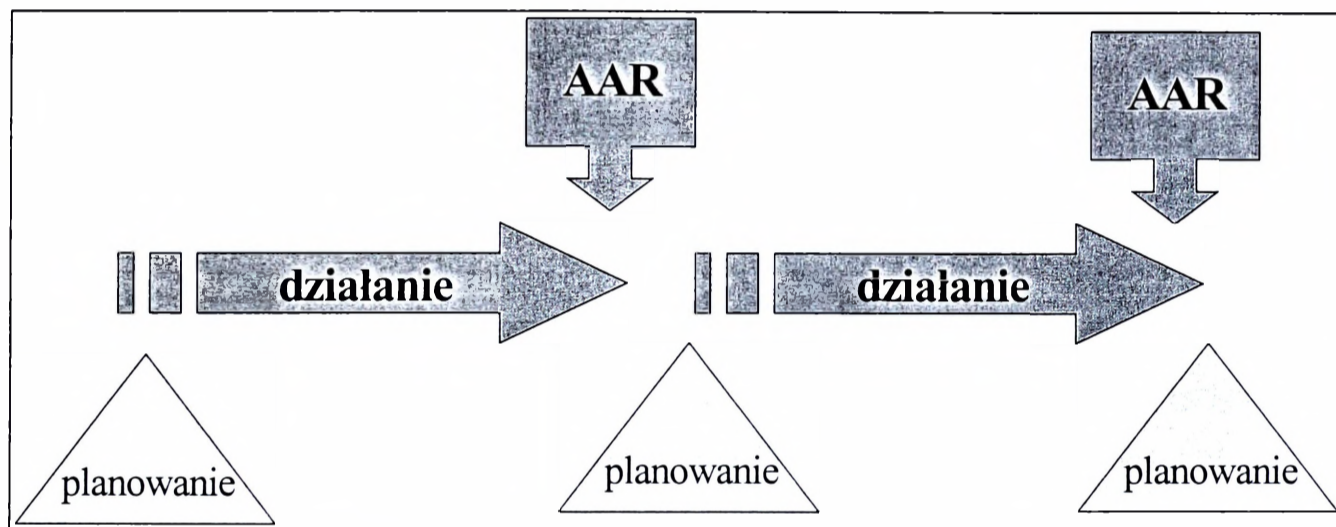
Cykl treningowy oddziału (jednostki) w aspekcie AAR według amerykańskich wojskowych dokumentów normatywnych wygląda następująco³⁹:

1. Określenie stopnia wyszkolenia na podstawie danych dotyczących: AAR z uprzednio przeprowadzonych ćwiczeń, fluktuacji kadrowej, upływu czasu od poprzedniego treningu, nowych zadań, itd.
2. Opracowanie planu ćwiczeń (szkoleń) do szkolenia w zakresie uprzednio określonych zadań. Dla wszystkich elementów szkolenia (przedsięwzięć szkoleniowych) określa się cele bazując na zadaniach i możliwościach (warunkach).
3. Przygotowywane są scenariusze z uwzględnieniem środowiska, w którym cele ćwiczenia mogą być osiągane.
4. Określenie obserwatorów treningów (ćwiczeń).
5. Realizacja AAR. W oparciu o AAR, dowódcy prowadzą ocenę i rozwijają efekty poznania do wprowadzenia w następnej fazie szkoleniowej.

³⁹ Na podstawie: FM 25-100, Training the Force, Headquarters, Department of the Army, Washington, 1988.

Wsparcie przez AAR warunkuje „postęp i efekty” w ćwiczeniach. Jedną z zasad preferowanych w ćwiczenia armii amerykańskiej jest zorientowanie na osiągnięcia. Celem jest osiągnięcie standardów w określonych warunkach w przeciwieństwie do działań zorientowanych na procedury (zrealizowanie planu zamierzeń) oraz zorientowanych na czas (określona ilość czasu spędzona na zajęciach).

Zasadą jest realizacja cykli planowania, oceny osiągnięć i ponownego przetrenowania dopóki nie osiągnięte zostaną określone standardy w zakresie gotowości do działań (Rys. 5.).



Rys. 5. Miejsce AAR w łańcuchu działania

AAR jest kluczowym narzędziem do oceniania i sprzężenia zwrotnego (w postaci adoptowanych do działania wyników analiz). AAR musi być planowane i prowadzone po wszystkich ważnych zdarzeniach (elementach) lub logicznych przerwach w ćwiczeniach do określania sukcesów i niedociągnięć w ćwiczeniu⁴⁰.

AAR jest profesjonalną dyskusją nad zdarzeniami, skupioną na osiągniętych standardach, pozwalającą żołnierzom odkrywać dla siebie, co się zdarzyło i dlaczego się zdarzyło. AAR umożliwia określenie silnych punktów i niedostatków zespołów ćwiczących z różnych punktów widzenia, sprzężenie zwrotne i krytyczny pogląd na jakość szkoleniową ćwiczenia, dostarcza szczegółów często brakujących w raportach ocenowych pojedynczych osób. Rezultaty AAR łączą osiągnięcia bieżących ćwiczeń z późniejszymi ćwiczeniami. Na zasadzie sprzężenia

⁴⁰ FM 25-101, Battle Focused Training, Headquarters, Department of the Army, Washington, DC, 1990.

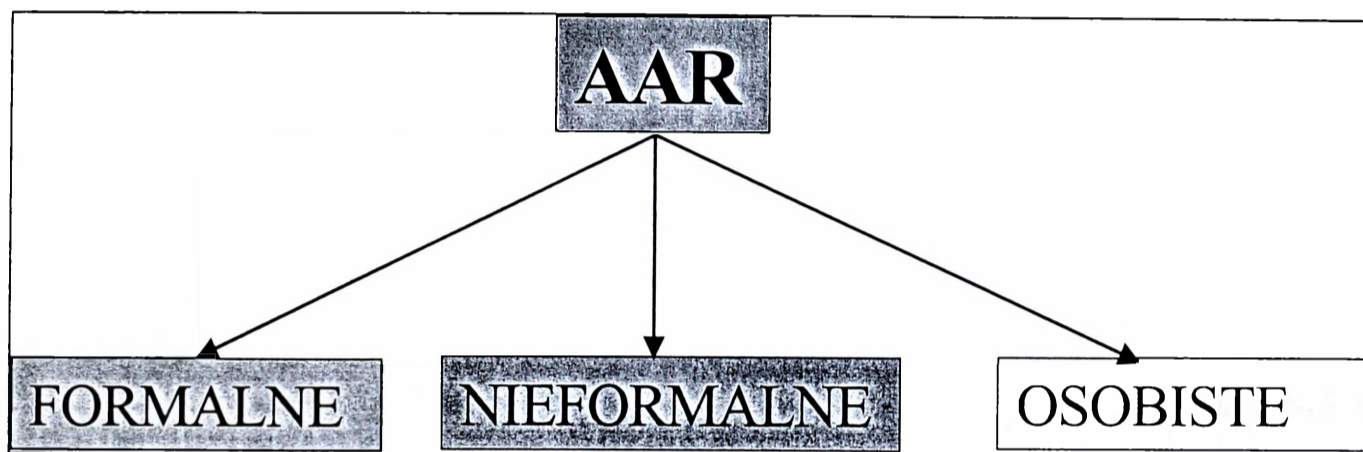
zwrotnego porównuje się aktualne „wyjście” procesu z zamierzonymi wynikami. Dla przybliżenia standardów celów i opisanie specyfiki obserwacji, dowódcy i żołnierze określają sukcesy i niedociągnięcia i razem decydują jak poprawić osiągi. AAR jest zwornikiem (łącznikiem) procesu oceniania i sprzężenia zwrotnego. Szeroki i aktywny udział uczestników w AAR oprócz zwiększenia poziomu wykształcenia poprawia również spójność i ducha zespołu.

AAR był po raz pierwszy zaadoptowany również dla potrzeb biznesu tylko kilka lat temu na koniec lat 90-tych. Jeden z pierwszych artykułów na ten temat był opublikowany w Harvard Business Review w 1993 przez profesora Harvard Business School Davida Garvina pod tytułem "Building a Learning Organisation". Wśród organizacji, które zaadoptowały AAR jako część swojej taktyki działania są między innymi BP-Amoco, Steelcase, Motorola i General Electric [12].

After action review (AAR) jest dyskusją nad przypadkami lub działaniami, która umożliwia indywidualne zaangażowanie dla lepszego wykorzystania wiedzy płynącej z doświadczeń dnia. AAR szuka odpowiedzi na pytania określone angielskojęzycznymi słowami (What, How, Why): co się wydarzyło? dlaczego się wydarzyło?, jak się wydarzyło? i szczególnie: czego to uczy?. Sprawą fundamentalną dla sukcesu AAR jest to, że powinno być prowadzone w duchu otwarcia i uczenia się. AAR nie jest sposobem identyfikowania problemów czy ustalania winnych. Wymiana poglądów na temat przebiegu działania w gronie bezpośrednio w nie zaangażowanych z udziałem zewnętrznych obiektywnych obserwatorów zwykle będących swego rodzaju koordynatorami przebiegu AAR pozwala na określenie i wyeliminowanie popełnionych błędów, tworzy podstawy do bardziej efektywnego i racjonalnego działania w przyszłości. Podkreślić należy, że szczególnie dobre efekty występują w przypadku niewielkiej zmienności działającego zespołu oraz przy powtarzalności (cykliczności) wykonywanych działań.

4.1. Klasyfikacja AAR

Chociaż podstawy są zasadniczo takie same istnieje w zasadzie dwa, a czasem wyróżniane są nawet trzy rodzaje AAR (rys.). W zależności od rodzaju zdarzenia, etapu jego realizacji i osób biorących udział - AAR mogą być formalne, nieformalne lub osobiste. Wszystkie rodzaje AAR wymagają (są realizowane) według tych samych formatów a różnica dotyczy zmiany sposobu i zakresu oraz osób zaangażowanych do dokonywania obserwacji i wymiany poglądów.



Rys. 6. Rodzaje AAR

Formalne AAR wymaga intensywnego i dokładnego zaplanowania i przygotowania w zakresie materiałów wspomagających. Przykładowo formalne AAR może być prowadzone na koniec głównego zadania (przedsięwzięcia). Formalny przegląd:

- ma zewnętrznych obserwatorów lub innych specjalnie wyznaczonych (specjalistów od gromadzenia danych);
- wymaga czasu na przygotowanie;
- wymaga czasu na prowadzenie;
- jest wcześniej zaplanowany;
- prowadzony jest w miejscu umożliwiającym najlepsze wsparcie w zakresie pomocy poglądowych

Nieformalne AAR wymaga znacznie mniej czasu na przygotowanie i planowanie i może być często traktowany jako bodziec motywujący w określonych momentach działania, które tego wymagają. Nieformalne AAR może być prowadzone przykładowo po określonym niewielkim, ale znaczącym dla całokształtu

działań zdarzeniu takim jak pokaz czy zakończony etap działania. Nieformalne przeglądy AAR:

- są prowadzone, kiedy istnieje taka potrzeba;
- nie wymagają (lub wymagają niewiele) czasu do przygotowania;
- nie wymagają długiego czasu na przeprowadzenie;
- są prowadzone tak długo jak potrzeba;
- są prowadzone w doraźnie przygotowanych stosownych miejscach.

Osobiste AAR prowadzone są indywidualnie. Są to zwykle krótkie (szybkie) nieformalne sprawy na przykład przegląd (analiza) przeprowadzonej rozmowy telefonicznej. Mogą być one również nieznacznie dłuższe i być bardziej formalne na przykład, przegląd (analiza) osobistego udziału w zakończonym działaniu grupowym. Bardziej formalne osobiste AAR są w idealnych warunkach prowadzone ze współudziałem trenera, mentora (konsultanta). Ten rodzaj AAR nie jest wyodrębniany przez niektórych specjalistów i traktowany raczej jako szczególna forma nieformalnego AAR.

AAR jest odprawą podsumowującą działanie (retrospektywnym⁴¹ przeglądem działania), łączącą informacje pochodzące od czynników technicznych i ludzkich.

Według opinii specjalistów AAR⁴² jest:

- podstawowym narzędziem dla włączenia zdarzeń, które miały miejsce podczas działania w cykl szkolenia (nauka na przykładach);
- okazją do przedstawienia przyczyn sukcesów i porażek. W przypadku błędu zapewnia możliwość do wypracowania strategii rozwiązywania takiego problemu w przyszłości;
- pomocny w ustaleniu wspólnego punktu widzenia na zdarzenia mające miejsce podczas omawianego działania;

⁴¹ **retrospekcja** (ang. *retrospection*, fr. *rétrospection* z łc. *retrospicere*, *-spectrum* 'patrzenie wstecz') 1. powracanie do wcześniejszych faktów lub etapów jakiegoś zdarzenia. 2. odnowienie w pamięci przeżyć doznanych w przeszłości; rzut oka w przeszłość. „Słownika Wyrazów Obcych”. Wydawnictwa Europa, pod redakcją naukową prof. Ireny Kamińskiej-Szmaj, ISBN 83-87977-08-X. Rok wydania 2001.

⁴² W literaturze polskiej: „Omówienie na gorąco (Hot Wash Up – HWU) - /After Action Review – AAR) : jeden z elementów systemu analityczno sprawozdawczego w procesie organizacji i prowadzenia ćwiczeń. Dość specyficzny rodzaj podsumowania ćwiczenia oparty na rzetelnej i konstruktywnej dyskusji jego uczestników. Uzyskane wnioski i postulaty z tego spotkania są zawierane w odpowiednim sprawozdaniu z tego przedsięwzięcia”. Poradnik planowania i prowadzenia ćwiczeń. Instrukcja tymczasowa. DWLąd. Warszawa 2002.

- okazją do zażegnania konfliktów między członkami grupy i wzajemnej komunikacji;
- okazją do konsolidacji grupy i ustalenia obowiązujących w niej norm.

AAR uszczegółowia aktywność członków grupy podczas omawianego działania. Powinny zostać stosownie przedstawione i zanalizowane wszystkie techniczne, operacyjne i ludzkie czynniki aktywności grupy. Treści omawiane podczas AAR mogą się znacznie od siebie różnić w zależności od omawianych wydarzeń.

Omawiana tematyka może w zależności od rodzaju omawianego działania dotyczyć:

- wydajności technicznej posiadanego wyposażenia;
- skuteczności stosowanych technik;
- uzyskanych doświadczeń;
- jakości planowania;
- zgodności (współgrania) poleceń, wydarzeń, zmian;
- postrzegania zdarzeń;
- dotrzymania zgodności z obowiązującymi procedurami;
- funkcjonowania łączności;
- czynników albo zmian środowiskowych;
- różnic albo problemów środowiskowych;
- koordynacji;
- wpływu stresu, postaw, zmęczenia itp.;
- troski o bezpieczeństwo;
- nasuwających się pytań i odpowiedzi na nie;
- podziału zadań i odpowiedzialności;
- problemów adaptacji;
- problemów organizacyjnych i spowodowanych różnicami kulturowymi. Ich wpływu na zespół oraz przebieg adaptacji do zmian środowiska.

4.2. Ogólne zasady prowadzenia AAR

Rzeczy, których nie powinno się robić w AAR:

- nie należy analizować wydarzeń dnia zbyt szeroko. Skupić się powinno się na ważnych problemach, które powinny zostać omówione. Dyskusja powinna dotyczyć tylko najważniejszych dlatego w niektórych przypadkach musi być kontrolowana i w niezbędnych przypadkach ograniczana;
- nie można pozwolić by AAR skupiała się na trywialnych i nieważnych sprawach, które nie mają wpływu na działania grupy i wydarzenia. Jeśli nic się nie wydarzyło nie powinno czuć się zobligowanym do wyciągania np. 30 minutowych wniosków.

Kiedy organizować AAR:

Aby AAR odniosła swój skutek (nauka na przyszłość) należy tak wybrać jej termin by współgrał on z czasem możliwie najlepszego przyswajania wiedzy przez członków grupy.

- ✓ Koniec dnia.

Ogólnie AAR powinna być prowadzona bezpośrednio po zakończeniu działania. Jest to czas, gdy większość rzeczy jest świeża w pamięci zarówno technicznie jak i emocjonalnie. Jeśli uczucia związane z wydarzeniami nie są zbyt silne pamięć o nich nie pozostaje na długo.

Aspekt emocjonalny doświadczenia jest kluczowym, jeśli chce się przedyskutować wpływ czynników ludzkich. Większość ludzi nie będzie technicznie pamiętała, że byli uczestnikami danej sytuacji. Jest to emocja, więc wydarzenie jest zapamiętywane w kontekście emocji. Terminy: sfrustrowany, zmieszany, niepewny, bojaźliwy mogą wskazywać na emocjonalną manifestację czynników ludzkiego załamania. Z biegiem czasu emocjonalny aspekt wydarzenia zanika i samo wydarzenie może zostać zatarte lub zredukowane do aspektu technicznego. Niektóre dni (odcinki czasu w działalności) są bardziej obfitujące w zdarzenia w związku, z czym częstotliwość i zakres AAR powinny być dostosowane do istniejącej rzeczywistości. Dowódca grupy powinien skoncentrować się na tym by AAR była efektywna i dostosowana do sytuacji w danym dniu. Nie można przypuszczać (zakładać), że nic nie wydarzy się w tzw.

„cichym dniu”. Problemy z grupą mogą pojawić się w takim dniu równie łatwo jak w tzw. „gorącym dniu” - niski poziom stresu może powodować zadowolenie.

✓ Format częściowy.

Format ten jest drugą pod względem wartości formą AAR, gdy niemożliwe jest przeprowadzenie pełnej odprawy np. w przypadku zmęczenia lub wyczerpania grupy lub innych ważnych rzeczy, które należy przedyskutować. W formacie tym AAR ogranicza się do stwierdzenia, co się naprawdę zdarzyło i emocjonalnego odwołania się do przebiegu działania. Analiza i twórcze myślenie konieczne na dalszych etapach AAR może być utrudnione przez zmęczenie w związku z czym odbywa się później.

✓ Początek dnia (pierwsza poranna odprawa).

Wiele spraw z poprzedniego dnia pozostanie w pamięci i mogą one zostać przedyskutowane podczas AAR. Pojawiają się jednak straty w pamięci i zacieranie wzajemnych powiązań członków grupy. Jest to jednak lepsze niż nic. AAR prowadzone rano jest najtrudniejszym do rozpoczęcia.

✓ Koniec etapu / zadania.

Inaczej niż AAR prowadzona po zakończeniu działania, ten typ odprawy jest zwykle bardziej akademicki i szeroko tematyczny. Większość szczegółów i aspektów emocjonalnych została już zapomniana. Ten format AAR nie musi być prowadzony w formie wspomnianych wcześniej 4 pytań. Forma ta jest skoncentrowana na szerszych aspektach działania tj. najważniejsze wydarzenia, sytuacja operacyjna, itp.

Gdzie prowadzić AAR:

Najlepszą lokalizacją dla odbycia AAR są miejsca zapewniające najlepszą produktywność. Może ona być prowadzona wszędzie gdzie można znaleźć trochę prywatności i gdzie wszyscy słyszą współrozmówców. W zasadzie przyjmuje się, że odpowiednio przygotowane miejsce prowadzenia wymagane jest w przypadku prowadzenia formalnego AAR. Miejsce wyposażone powinno być w odpowiedni osprzęt wspomagający w tym środki prezentacji danych. Ważne jednak jest przede wszystkim to, że AAR jest prowadzony, a nie gdzie jest prowadzony.

Poufność

Należy bronić i demonstrować prywatność i poufność prowadzonego AAR. To, co wydarzyło się podczas AAR i to, co zostało powiedziane powinno pozostać w kręgu uczestników odprawy. Chociaż specyfikacja poruszanych zagadnień może wyjść na zewnątrz jako rezultat AAR szczególnie tego, co kto powiedział są tajemnicą. Ten sposób prowadzenia odprawy powinien zostać utrzymany jako podstawa efektywności AAR, która pozwala uczestnikom mówić to, co myślą bez obawy o dotarcie informacji do osób postronnych.

Powinno się to osiągać i zapewniać przez:

- wybór odpowiedniego miejsca;
- celowe zniszczenie rysunków, zapisków i innych informacji, które są używane podczas odprawy;
- udzielanie pozwolenia na wgląd osób postronnych tylko po wyrażeniu zgody przez wszystkich uczestników odprawy;
- poinformowanie uczestników AAR o poufności odprawy.

Informacje, które są bardzo ważne i muszą być przekazane dalej są opracowywane przez dowódcę grupy i ukierunkowane na to, czego dotyczą, a nie na to, kto to powiedział.

Przestrzeganie form.

Stworzenie i przestrzeganie formalnych procedur AAR jest tak samo ważne jak inne wymagane elementy czynnościowe w tym zakresie. Nieformalne prowadzenie odprawy może prowadzić do wrażenia nieważności AAR w oczach uczestników. Określając zakres proceduralny planowanego AAR należy jednak upewnić się, że mamy dostateczną ilość czasu by przeprowadzić ją efektywnie.

4.3. Przykładowy format AAR

AAR powinien odpowiedzieć na następujące pytania:

1. Co zaplanowano?
2. Co naprawdę się wydarzyło?
3. Dlaczego się wydarzyło?
4. Co możemy zrobić?

Co zaplanowano?

Jakie były cele (obiekty)?

- plan akcji (ogólny i plany częściowe);
- cele incydentalne (pośrednie, częściowe) grupy;
- cele indywidualne;
- czy były cele nieformalne?;

Jakie bariery napotkaliśmy?

- zidentyfikowane zagrożenia;
- problemy i wyniesione doświadczenia.

Co się naprawdę wydarzyło?

Dowódca (prowadzący) powinien odkryć wydarzenia dnia oczami grupy. Kolektywnie grupa wie, co się wydarzyło – indywidualnie prawdopodobnie nie. Aby dowiedzieć się, co się stało od grupy użyć należy nawiązać kontakt z grupą, spowodować otwartość i szczerą wypowiedź. Podsumowując wydarzenia dnia, zadawać należy pytania, które zachęcą grupę do uzupełnienia luk. Gdy dowódca (prowadzący) jest jedynym obserwatorem i decydem powinien pomóc grupie uzupełnić luki korzystając ze swojego doświadczenia.

Wskazówki dla prowadzącego:

Zadawaj pytania. Dowiedz się czy były okresy, w których grupa nie była pewna co do tego co należało zrobić (Świadomość sytuacyjna) Zapytaj o wszystko podczas dnia co może świadczyć o tym, że zaszły takie sytuacje.

Słuchaj uważnie. Słuchaj słów, rozwiąż brak konsekwencji, bądź aktywnym słuchaczem.

Sprawdź wersje swojego zespołu. Rozpoznaj standard efektywności grupy.

Kluczowe komponenty modelu decyzyjnego AAR w zakresie ustalenia faktycznego przebiegu wydarzeń to:

- *Rozpoznanie:*

- Kiedy powstał problem i przez kogo? Czy są jakieś wskazówki? Jeśli tak to gdzie?
- Czy są w planie informacje, które są kluczowe po uwzględnieniu wskazówek?

- *Świadomość sytuacyjna:*

- Kto jest świadomy sytuacji a kto nie?
- Jak powstał problem?
- Czy były różnice w postrzeganiu sytuacji przez poszczególnych członków grupy? Jeśli tak, dlaczego?
- Jakie były realia sytuacji? Jakie źródła zostały użyte by wypełnić luki w informacjach?

- *Rozwój opcji:*

- Jak efektywna była wybrana opcja?
- Jeśli przedyskutowano ją formalnie, jak doszło do końcowej decyzji?
- Czy były aktualne informacje?

- *Ocena ryzyka:*

- Czy ryzyko zostało zidentyfikowane? Jeśli nie to dlaczego?
- Czy ryzyko zostało właściwie ocenione?

- *Działanie:*

- Czy działanie zostało przeprowadzone skutecznie, czasowo i „czysto”?
- Jakie było wykonanie techniczne?
- Jak efektywne było działanie w stosunku do pożądanego celu?

Zasadnicze wskazówki metodyczne dla prowadzącego w tym etapie AAR sprowadzają się do dwu punktów:

- ✓ Zawsze przedyskutuj wszystko (szczególnie nieszablonowe akcje);
- ✓ *Przeprowadzenie niezbyt dobrej akcji powoduje wyciągnięcie dobrych wniosków, czego nie robić i stanowi dobrą okazję do treningu na przyszłość. Bądź gotowy do przyznania się do błędów.*

Dlaczego się wydarzyło?

Znajdź podstawy sukcesów i porażek. W wielu przypadkach zdanie grupy na temat działania będzie dotyczyło dobrych i złych stron. Dowódca (prowadzący) powinien zachować niezbędną równowagę pomiędzy tymi aspektami. Przez wprowadzenie środków nacisku (perswazji) może nauczyć grupę niektórych swoich (obiektywnych) sposobów oceniania czynników (składników) działania.

Najczęściej łatwiej jest określić powód niepowodzenia niż sukcesu. Koncentrowanie na tym, co było złe jest naturalną tendencją. Określenie, dlaczego grupa osiągnęła sukces jest ważne w trakcie dyskusji nad błędami jako dobre przykłady do powtórzenia w przyszłości, np. kiedy:

- sytuacja była oceniona poprawnie;
- potencjalne zagrożenia zostały zauważone i natychmiast przekazane;
- manewr lub działanie zostało przeprowadzone zgodnie z planem lub tak jak zostało wyuczone;
- niektórzy mają dobry pomysł jak poprawić sytuację.

Co możemy zrobić?

Pytania i analizy powinny skoncentrować się na tym, co jest właściwe a nie, co jest błędne. Aby potencjalne błędy czy niedociągnięcia zostały zidentyfikowane konieczne jest uprzednie ustalenie i porównanie: co powinno być się wydarzyć a co się rzeczywiście wydarzyło (lub zdarzyło złego).

Zasadniczym pytaniem na tym etapie AAR jest: *Co zrobiłbyś inaczej następnym razem?*

Intencją tego pytania jest pomoc w zidentyfikowaniu i określeniu (według terminologii amerykańskiej) Specyficznych Rekomendowanych Działań (Specific Actionable Recommendations). Koordynator pyta członków zespołu o rzeczowe i klarowne, osiągalne i przyszłościowe rekomendacje. Oczywiście uprzednio każdy indywidualnie powinien być uprzedzony o takiej ewentualności i poinstruowany odnośnie sposobu precyzowania określeń i sformułowań związanych z określaniem postulatów specyficznych rekomendowanych działań. Zebrane propozycje specyficznych rekomendowanych działań mogą być zawarte w dokumentacji AAR.

Jest to dobra okazja do uaktualnienia i wzmocnienia procedur, wypracowania ostrzeżeń, kierunków działania czy doświadczeń, które wpływają na zachowanie bezpieczeństwa i skuteczność działalności grupy.

4.4. AAR w ćwiczeniach wojskowych

W zastosowaniu do ćwiczeń wojskowych AAR powinien spełniać następujące zadania:

1. Przegląd tego co się miało zdarzyć (plan ćwiczenia);
2. Ustalenie co się zdarzyło (z uwzględnieniem oceny OPFOR);
3. Określenie osiągnięć i niedociągnięć w działalności;
4. Wypracowanie wskazówek do przyszłych ćwiczeń, aby nie popełniać stwierdzonych błędów.

W celu realizacji powyższych zadań, podobnie jak w przypadku każdego zorganizowanego działania, w prowadzeniu AAR wyróżnić można następujące etapy:

Etap 1. Planowanie

- ✓ Wybranie i szkolenie odpowiednich (wybranych) obserwatorów ćwiczeń;
- ✓ Przegląd ćwiczenia i planu jego przebiegu;
- ✓ Określenie kiedy AAR będzie wskazany (potrzebny);
- ✓ Wyznaczenie osób uczestniczących w AAR;
- ✓ Wybór prawdopodobnego miejsca AAR;
- ✓ Ustalenie niezbędnych pomocy szkoleniowych;
- ✓ Przegląd (aktualizacja) planu AAR

Etap 2. Przygotowanie

- ✓ Przegląd celów ćwiczenia, rozkazów oraz doktryn;
- ✓ Określenie kluczowych do obserwacji wydarzeń;
- ✓ Obserwacja ćwiczenia i sporządzenie notatek;
- ✓ Zebranie obserwacji (ocen, danych) z innych stanowisk;
- ✓ Selekcja danych (wybranie kluczowych do dyskusji oraz głównych zakresów tematycznych);
- ✓ Rozpoznanie i przygotowanie wybranych miejsc AAR

Etap 3. Przeprowadzenie

- ✓ Zebranie maksymalnej (ustalonej) liczby uczestników;
- ✓ Skupienie uwagi na celu ćwiczenia (wprowadzenie);
- ✓ Twórcza analiza przebiegu działania;
- ✓ Stały przegląd punktów (etapów) nauczania (grup dyskusyjnych);
- ✓ Zapis kluczowych punktów z dyskusji i analiz.

Etap 4. Wdrażanie wniosków

- ✓ Określenie elementów wymagających doskonalenia;
- ✓ Ustalenie rodzaju problemów – (bezpośrednie przećwiczenie, korekta stałych procedur operacyjnych (SOPs), włączenie do planów szkolenia);
- ✓ Udział w przygotowaniu danych do oceny;
- ✓ Uaktualnienie planów szkoleniowych;
- ✓ Archiwizacja opracowanych danych w postaci podręczników i baz danych, które dostarczą danych wejściowych w kolejnych etapach cyklu szkolenia.

Ciekawym aspektem rozpatrywanego cyklu AAR jest jego korelacja czasowa z cyklem prowadzenia ćwiczeń. Charakterystyczne jest jednak pewnego rodzaju „przesunięcie fazowe”: etap przygotowania AAR obejmuje czasowo etapy planowania, przygotowania i prowadzenia ćwiczenia, etap realizacji odpowiada etapowi omówienia ćwiczenia a etap wdrażania wniosków zachodzi na etap planowania kolejnego ćwiczenia.

W celu właściwej realizacji i wykorzystania wyników prowadzonego w ramach ćwiczeń wojskowych AAR niezbędne wydaje się spełnienie następujących wymogów odnoszących się do procesu jego realizacji:

- ✓ Powinien być zaprojektowany w ćwiczeniach od samego początku jako zdarzenie treningowe a nie jako dodatek (uzupełnienie); Powinien być prowadzony jak najszybciej po lub nawet w trakcie działania;
- ✓ Powinien być skupiony na celach działania;
- ✓ Powinien być skupiony na osiągnięciach indywidualnych, grup i zespołu;
- ✓ AAR powinien być wspomagany;
- ✓ Zdarzenia powinny być obserwowane jeżeli (i tam gdzie) jest to możliwe i właściwe;
- ✓ Każdy powinien być zaangażowany (z uczestników), nie może być tylko obserwatorem, czy reprezentantem;

- ✓ Klimat otwartości, bez szukania winnych, skupienie na określonych problemach. Nie powinien przybierać postaci oceny indywidualnych postaw (osiągnięć). Atmosfera powinna być wolna od strachu;
- ✓ Powinien być powiązany z następstwami działalności (z kolejnym etapem, powtórzeniem);
- ✓ Wiedza (doświadczenia) powinny być zapisane i dostępne dla innych.

Podsumowując zaprezentowaną krótką charakterystykę podkreślić należy, że według opinii specjalistów AAR jest:

- ✓ podstawowym narzędziem dla włączenia zdarzeń, które miały miejsce podczas działania w cykl szkolenia (nauka na przykładach);
- ✓ okazją do przedstawienia przyczyn sukcesów i porażek. W przypadku błędu zapewnia możliwość do wypracowania strategii rozwiązywania takiego problemu w przyszłości;
- ✓ pomocny w ustaleniu wspólnego punktu widzenia na zdarzenia mające miejsce podczas omawianego działania;
- ✓ okazją do zażegnania konfliktów między członkami grupy i wzajemnej komunikacji;
- ✓ okazją do konsolidacji grupy i ustalenia obowiązujących w niej norm i jednocześnie nie jest (i nie powinien być):
 - ✓ Miejscem znalezienia „winnych”;
 - ✓ Metodą ustalenia błędów i najlepszych rozwiązań;
 - ✓ Trybuną wyrażania poglądów;
 - ✓ Miejscem wylewania żalów;
 - ✓ Towarzyskim spotkaniem - nawet wtedy kiedy każdy aspekt będzie prezentowany jako dobre osiągnięcie

4.5. Wykorzystanie symulacji do wspomagania AAR

Symulacja dostarcza automatycznych środków wspomagających proces szkolenia, które między innymi znacznie redukują obciążenie analityków AAR i wspierają proces zbierania danych stając się podstawą analiz. Zdaniem specjalistów współczesnym systemom symulacyjnym brak jest jednak kilku zasadniczych zdolności (właściwości) niezbędnych do właściwego wsparcia AAR.

Symulacyjne wsparcie AAR przez dostarczanie automatycznych narzędzi wspierających proces AAR staje się podstawowym wymogiem analiz. Są dwa główne aspekty działalności analitycznej w AAR, które zinterpretować można jako działalność mająca na celu znalezienie odpowiedzi na pytanie: co się stało? (np. ustalanie faktów bazujące na zobrazowaniu graficznym, metryki statystyczne, powtórzenia sytuacji itp.), i dlaczego?, - bardziej trudny proces porównania „faktycznej” i „postrzeganej” rzeczywistości oraz wyciągnięcia syntetycznych wniosków o przyczynach i skutkach.

Użycie symulacji do automatyzacji AAR umożliwia „głębsze” wejście do prowadzonego ćwiczenia, końcowym (głównym) tego efektem jest bardziej kompletny i łatwiejsze do archiwizacji zbiór danych przy zmniejszeniu obciążenia przygotowujących AAR. Na kolejnych etapach AAR przedstawia się to następująco:

1. Planowanie. Zbieranie danych do planowania jest ułatwiony poprzez środki ujęte w menu ćwiczenia które automatycznie wiążą kluczowe dane z krytycznych zdarzeniami. Brak takich środków powoduje, że dane te są oparte jedynie na doświadczeniu ćwiczebnym i są adekwatne do większości prowadzonych współcześnie ćwiczeń.
2. Przygotowanie. Aplikacje AAR są używane przez analityków AAR do manipulowania tymi danymi dla wytworzenia środków pomocnych w AAR. Automatyczne środki ćwiczebne zapisują ruch radiowy, rozkazy operacyjne, kluczowe zdarzenia podgrywki do prowadzenia dyskusji, rozgrywki ćwiczebnych przeciwników w efektach ćwiczenia.
3. Prowadzenie. Środki treningowe wspomagające prowadzenie AAR zawierają zdjęcia gry, animacje, pokazy graficzne zadań struktur wojskowych i zasięgów

broni oraz dane statystyczne przygotowane przez BOS (battlefield operating system).

4. Kontynuacja. Automatyczne wsparcie umożliwia archiwizację i analizę danych z wielokrotnych zdarzeń do wsparcia wiedzy i zastosowania doktrynalnego. Automatyczne wsparcie także poprawia jakość „podręczników - THP”.

Postrzegana jako ułatwienie analizy symulacja dostarcza rozległego spektrum danych o faktycznym i postrzeganym środowisku działań w dostępnej do analizy formie baz danych. Zastosowanie symulacji umożliwia zbieranie, zobrazowanie i prezentację w czasie prawie rzeczywistym danych, dokonywanie analizy zdarzeń nawet tak skomplikowanych jak starcie wojsk operacyjnych, wspomaganie przez programy statystyczne uwzględniające kryteria poznawcze takie jak wiedza dowódcy i sztabu o polu walki oraz wspomaganie procesu oceniania przez porównanie percepcji ćwiczących z rzeczywistością.

Pomimo bezsprzecznego faktu, że poprzez zastosowanie symulacji dostarcza się cennych, unikatowych i wyraźnych wartości poznawczych i znacznie ułatwia proces szkolenia, zdaniem niektórych zachodnich specjalistów, istniejące systemy symulacyjne w zakresie AAR mają kilka istotnych wad:

1. Brak standaryzacji danych i produktów AAR. Podczas gdy wiele współczesnych systemów symulacyjnych w zakresie AAR wytwarza cenne dane do ich specyficznego użycia, nie ma standardowych protokołów zbierania przetwarzania, odzyskiwania, prezentacji i zapisywania tych danych. Standaryzacja jest warunkiem krytycznym dla prowadzenia AAR w ćwiczeniach połączonych grupujących 2 lub więcej systemów symulacji oraz dla połączenia trzech symulowanych przestrzeni (rzeczywista, wirtualną i kreowana).
2. Funkcje AAR są pracochłonne i nie w pełni automatyczne. Stosowana jest aktualnie metoda wykorzystywania pojedynczych „zatrzymań” i pracochłonny proces zbierania, analizy i prezentacji informacji AAR. Nie ma systemów eksperckich do wspomagania tych funkcji, tak więc prowadzący AAR musi być ekspertem w zakresie systemu, symulowanych w nim działań, wytwarzania materiałów wspomagających oraz uogólniania i analizy produktów AAR. Ponadto wejście do systemu archiwizacji ATDL –Army Training Digital Library

jest ręczne dla każdego systemu AAR⁴³, co wymaga wykorzystania analityków AAR do ręcznego wprowadzania wypracowanych wniosków z ćwiczenia i w znaczny sposób ogranicza dostępność do tego rodzaju cennej wiedzy.

3. Dane AAR nie są natychmiastowo dostępne. Aktualnie (nawet w USA), zbierane w ramach AAR dane nie mogą być dzielone pomiędzy jednostki organizacyjne wojska pomimo świadomości, że takie dane wspierają proces weryfikacji doktryn i taktyk, ćwiczenie niezbędnych metod i strategii oraz podnoszą potencjalne możliwości bojowe. Nie ma zautomatyzowanych baz danych dostarczających dane AAR do całości struktur armii.
4. Aktualnie wypracowywane produkty AAR dostarczają ograniczonych narzędzi do redukcji i analizy danych. Mają ograniczoną elastyczność (np. nie są łatwe do modyfikowania) i nie są automatycznie włączane do dowolnej fazy cyklu ćwiczenia (szczególnie fazy generacji scenariuszy). Pomimo że wprowadzono szereg przydatnych (adekwatnych) narzędzi analitycznych do pierwszego głównego typu analizy AAR (co się wydarzyło?), w dalszym ciągu nie ma narzędzi do wsparcia analizy AAR do drugiego głównego typu (dlaczego?). Aktualnie generowane automatycznie produkty AAR to tylko surowe dane.

⁴³ Dotyczy to oczywiście tylko tych, którzy taki dostęp w ogóle mają, w tym przypadku US Army.

5. Prognozowanie

Większość aspektów działania człowieka (zarówno indywidualnego jak i zespołowego) opiera się na podejmowaniu decyzji. Świadome podejmowanie decyzji ma na celu osiągnięcie określonych skutków, stąd też umiejętność przewidywania możliwych skutków podejmowanych decyzji i wpływu na nie czynników zewnętrznych ma decydujące znaczenie dla efektywności działań decydenta. We współczesnym skomplikowanym świecie, w którym poziom wzajemnych zależności systematycznie wzrasta, wzrasta również znaczenie prognoz przyszłości, określenie możliwych warunków działania i jego skutków. Dlatego też możliwość oceny przyszłości oparta na analitycznych rozważaniach, logicznych przesłankach, doświadczeniach oraz praktyce stała się podstawą szybko rozwijającej się obecnie statystycznej teorii prognoz. Celem budowy prognoz gospodarczych, demograficznych czy socjologicznych jest określenie ogólnego kierunku i dynamiki kształtowania się badanych wielkości w przyszłości. Prognozy stanowią nieodłączny element wspomagający procesy podejmowania racjonalnych decyzji.

Prognozowanie nierozzerwalnie związane jest z przewidywaniem, które definiuje się jako „wnioskowanie o zdarzeniach nieznanych na podstawie zdarzeń znanych” [7].

Zdarzenia można sklasyfikować jako zdarzenia nieznanne - należące do przeszłości, przeszłości i teraźniejszości bądź do przyszłości oraz na zdarzenia znane - należące tylko do przeszłości. W zależności od systemu wartości przyjętego w danym społeczeństwie zdarzenia może być również kwalifikowane jako zdarzenia korzystne lub niekorzystne.

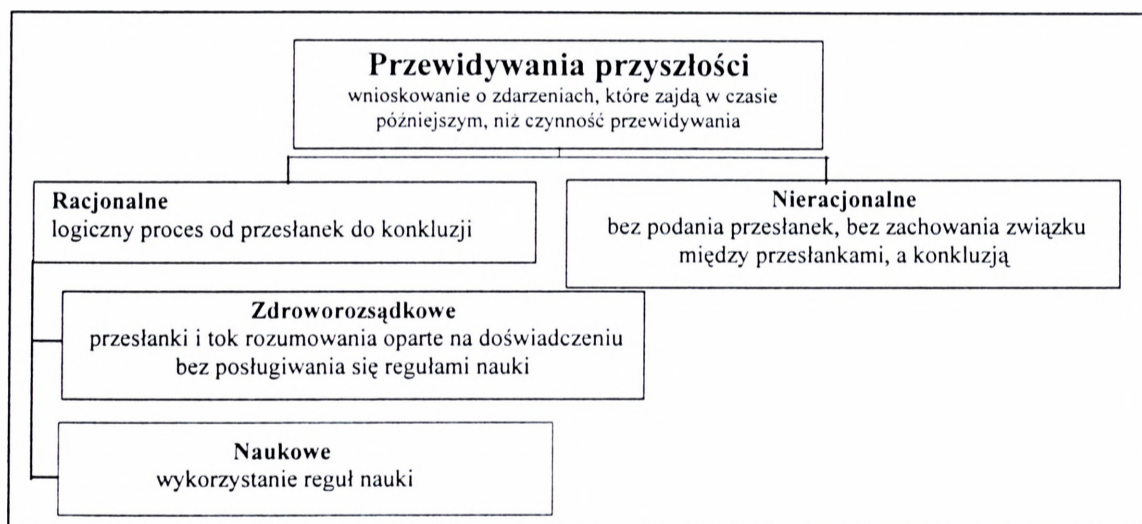
Przewidywanie dotyczy zdarzeń nieznanych zatem dotyczyć może zdarzeń które:

- zaszły w przeszłości i nie były dokładnie zbadane;
- rozpoczęły się w przeszłości i trwają w teraźniejszości, ale z jakichś przyczyn nie mogą być poddane badaniu wyczerpującemu;
- zajdą w czasie późniejszym niż przewidywanie.

Nie umniejszając roli przewidywania (szacowania) tego co było lub tego co jest szczególne znaczenie dla procesu podejmowania decyzji ma przewidywanie tego co będzie – czyli przewidywanie przyszłości.

Wśród przewidywań przyszłości można wyróżnić kilka rodzajów:

- a) racjonalne – charakteryzujące się logicznym procesem przebiegającym od sformułowania założeń zwanych przesłankami do otrzymania wyniku.
 - zdroworozsądkowe – oparte na doświadczeniu oraz intuicji osoby, która je czyni.
 - naukowe – oparte na pewnych regułach, metodach wypracowanych przez naukę.
- b) nieracjonalne – gdy nie formułuje się założeń, lub nie jest zachowany związek między przesłankami a wyciągniętymi wnioskami.



Rys. 7. Klasyfikacja przewidywania przyszłości.

Naukowe (wykorzystujące reguły nauki) przewidywanie nazywa się prognozowaniem⁴⁴, a jego często spotykanym w literaturze synonimem jest predykcja.

⁴⁴ **Prognozowanie**, termin używany często jako synonim predykcji, w zwykłym sensie oznacza przewidywanie przyszłych wartości pewnej wielkości, w odróżnieniu od estymacji, która polega na określaniu wartości pewnej już istniejącej wielkości. **Prognoza** (fr. *prognose* z p.łc. *prognosis* z gr. *prógnosis* 'przewidywanie') przewidywanie przyszłych zdarzeń, zjawisk (np. dalszego przebiegu choroby itp.), oparte na konkretnych obliczeniach, obserwacjach, faktach. Wielka internetowa encyklopedia multimedialna 2004.

W opracowaniach naukowych występuje kilka zbliżonych definicji prognozowania i prognozy a ich zróżnicowanie wynika z różnorodności sytuacji prognostycznych, celów i metod badań.

W najbardziej ogólnym ujęciu prognozowanie oznacza przewidywanie przyszłości, ale przewidywanie oparte na naukowych podstawach. Przez prognozę rozumie się sąd o następujących właściwościach [7]:

1. sformułowany z wykorzystaniem dorobku nauki,
2. odnoszący się do określonej przyszłości,
3. weryfikowalny empirycznie,
4. niepewny, ale akceptowany.

Wykorzystanie dorobku nauki przy prognozowaniu oznacza, że w całym procesie badawczym obejmującym gromadzenie danych, diagnozowanie, formułowanie założeń, i konkluzji wykorzystuje się metody ilościowe matematyczno-statystyczne, rachunek prawdopodobieństwa, modele statystyczno-ekonomiczne. Prognoza dotyczy określonego obiektu, układu bądź systemu. Obiektem może być: kraj, przedsiębiorstwo, społeczeństwo. W obiektach zachodzą zjawiska (gospodarcze, socjologiczne, fizyczne, demograficzne, chemiczne), których charakter może być zróżnicowany i zależny od różnorodnych czynników. Czynniki oddziałujące na obiekt prognozy można podzielić na [24]:

1. Czynniki egzogeniczne – nazywane czynnikami zewnętrznymi, na które decydenci nie mają wpływu, które jednakże należy uwzględnić w predykcji.
2. Czynniki endogeniczne – nazwane czynnikami wewnętrznymi, które mogą być kształtowane przez decydentów.

Zjawiska zachodzące w badanym obiekcie lub mające wpływ na jego stany dają się opisać za pomocą zmiennych. Wśród zmiennych wyróżnia się:

- ilościowe – stan zmiennej wyrażony jest liczbą;
- jakościowe – stan zmiennej wyrażony jest opisem.

Wśród zmiennych spotyka się również rozróżnienie na:

- zmienne sterowalne, na które decydent ma określony wpływ;

- zmienne niesterowalne, na które decydent nie ma wpływu.

Sposób wyrażania stanu zmiennej jest jednocześnie sposobem określania prognozy jako:

- prognoza ilościowa;
 - punktowa gdy zmienna przyjmuje określoną wartość;
 - przedziałowa gdy podawany jest przedział liczbowy, w którym znajduje się przyszła wartość;
- jakościową - gdy stan zmiennej jest wyrażony opisem.

Gdy zjawiska dają się opisać za pomocą jednej zmiennej mówi się o zjawiskach prostych w przypadku gdy zjawiska opisujemy wieloma zmiennymi - o zjawiskach złożonych.

Empiryczna weryfikowalność prognozy przejawia się w precyzyjnym sformułowaniu prognozy i czasu sprawdzenia prognozy *explicite*⁴⁵ lub *implicite*⁴⁶. W przypadku zmiennej ilościowej konieczne jest określenie *explicite* czasu.

Niepewność prognozy oznacza to, że realizacja prognozy może zajść w przyszłości jedynie z określonym prawdopodobieństwem. Traktując prognozę jako zdanie logiczne można obiektywnie *a posteriori* ocenić jego wartość logiczną (stwierdzić czy prognoza była prawdziwa czy fałszywa). Stopień przekonania odnośnie wartości logicznej prognozy jest subiektywnym odczuciem decydenta opartym na ontologicznych i gnoseologicznych podstawach. Podkreślić należy, że z punktu widzenia prognozowania - przewidywania przyszłości (prognozy) nie mogą być pewne (jak w przypadku tautologii czy stwierdzeń banalnych), zatem nie służą one usuwaniu niepewności co do przyszłych stanów obiektu prognozowania ale jedynie do jej redukcji.

Głównym celem prognozowania jest wspomaganie procesów decyzyjnych, stąd prognozowanie spełnia funkcję preparacyjną – prognozowanie jest działaniem przygotowującym inne działania decydenta.

⁴⁵ *explicite* łac., (rzecz sformułowana) jasno, wyraźnie, bez osłonek;

⁴⁶ *implicite* łac., włączając; włącznie; domyślnie, w sposób uwikłany;

5.1. Klasyfikacja prognoz

Funkcja aktywizująca jest kolejną funkcją prognozy polega na pobudzeniu do podejmowania działań sprzyjających realizacji prognozy, gdy zapowiada zdarzenie korzystne i unikaniu jej realizacji gdy zdarzenie jest oceniane jako niekorzystne.

Istotną funkcję pełnioną przez prognozy jest funkcja informacyjna polegająca na oswojaniu ludzi z nadchodzącymi zmianami i zmniejszaniu lęku wobec przyszłości.

Ze względu na cel lub funkcję spełnianą przez prognozę prognozy klasyfikuje się na:

- prognozy badawcze, ostrzegawcze, aktywne, pasywne;
- prognozy samorealizujące się i samounicestwiające.

Zadaniem prognoz badawczych, jest wszechstronne rozpoznanie przyszłości i ukazanie różnych możliwych jej wariantów. Wśród prognoz badawczych wyróżnia się prognozy ostrzegawcze, które mają za zadanie przewidywanie zdarzeń niekorzystnych dla odbiorców prognozy.

Prognozy samorealizujące się i samounicestwiające charakteryzują się wpływem na rzeczywistą realizację analizowanego zjawiska w przyszłości. Prognozy samorealizujące stają się przyczyną zaistnienia zapowiadanego zdarzenia. Dobrym przykładem jest ogłoszenie prognozy o wzroście cen mieszkań na rynku mieszkaniowym co skutkuje zwiększonym zainteresowaniem zakupem i efektem wzrostu cen, który nie nastąpił by bez tej prognozy. Natomiast prognozy samounicestwiające się wywołują skutek nie zaistnienia zapowiadanego zdarzenia. Na przykład wskutek prognozy zapowiadającej duży napływ gości do Zakopanego faktyczna liczba gości będzie dużo mniejsza albowiem prognoza ta będzie oddziaływać zniechęcająco.

W literaturze przedmiotu spotyka się wiele schematów klasyfikacyjnych prognoz. Najważniejszym kryterium podziału prognoz jest horyzont czasowy prognozy. Stosując to kryterium wyróżnia się prognozy:

- krótkookresowe – w którym zachodzą tylko zmiany ilościowe. Dla przedsiębiorstwa odnosi się zwykle do 2-3 najbliższych miesięcy, dla kraju nie przekracza jednego roku, w demografii 5 lat;

- średnioterminowe – wówczas zachodzą zmiany nie tylko ilościowe ale również śladowe zmiany jakościowe sporządzane są na okres od 2 do 5 lat;
- długoterminowe – odnoszą się do takiego przedziału czasowego, w którym mogą wystąpić zarówno zmiany ilościowe jak i jakościowe. Sporządzane są jako:
 - perspektywiczne z horyzontem czasowym 10-20 lat;
 - ponad perspektywiczne przekraczającym dwadzieścia lat.

Klasyfikacja prognoz według kryterium horyzontu czasowego oraz funkcji jakie spełniają pozwala wyróżnić:

- prognozy strategiczne – pełnią rolę narzędzi planowania długookresowego i perspektywicznego;
- prognozy operacyjne – wykorzystywane jako narzędzia planowania operatywnego oraz bieżącej polityki gospodarczej.

Prognozy takie mogą być klasyfikowane ze względu na stopień szczegółowości na.

- prognozy ogólne – dotyczące ogólnego stanu obiektu formułowane przy zastosowaniu zmiennych syntetycznych;
- prognozy szczegółowe – dotyczące przyszłego stanu szczegółowych zmiennych opisujących funkcjonowanie obiektu.

W zależności od zapotrzebowania decydenta oraz charakteru zjawiska możemy budować prognozy:

- jednorazowej odnoszące się do określonego okresu;
- powtarzalne (periodyczne) - co miesiąc, kwartał lub inny oczekiwany przez decydenta przedział czasu.

W prognozowaniu jednym z najtrudniejszych zadań jest identyfikacja zjawiska oraz typu zmian w nim zachodzących. Rozwiązanie tego problemu owocuje podjęciem decyzji o wyborze metody prognozowania co w konsekwencji decyduje o sukcesie bądź porażce całego postępowania prognostycznego. Wpływ na dokładność budowanych prognoz ma ich kompleksowość i sekwencyjność.

Kompleksowość predykcji charakteryzuje się wnioskowaniem o wektorze zmiennych a nie o pojedynczej, interesującej badacza zmiennej. Zmienne poddawane analizie są wzajemnie ze sobą powiązane w sposób merytoryczny. Takie postępowanie gwarantuje większą zgodność i większą precyzję w czasie sprawdzenia prognozy.

Budowa ciągu prognoz odnoszących się do tej samej zmiennej różnych dla następujących po sobie okresów oznacza sekwencyjność predykcji. Określenie powiązań pomiędzy kolejnymi zachodzącymi w czasie realizacjami zmiennej prognozowanej zapewnia większą precyzję prognozy.

Proces wnioskowania o przyszłości obiektu (proces prognozowania) jest skomplikowaną działalnością wymagającą zgromadzenia danych na temat prognozowanego zjawiska (obiektu) i umiejętności przetworzenia tych posiadanych danych na prognozę o odpowiedniej wiarygodności.

5.2. Proces prognozowania

Zwykle przyjmuje się, że proces prognozowania przebiega w następujących etapach:

1. Zdefiniowanie (sformułowanie) problemu prognostycznego obejmujące określenie:
 - obiektu, zjawisk i zmiennych podlegających prognozowaniu;
 - podstawowych celów prognozowania;
 - wymagań odnośnie horyzontu i poziomu akceptacji.
2. Określenie przesłanek prognostycznych obejmujące zbieranie danych i ich analizę. Zbierane dane dotyczą zarówno realizacji zmiennej będącej przedmiotem prognozowania jak i innych zmiennych mających wpływ na jej przebieg.
3. Wybór metody prognozowania przy uwzględnieniu czynników dotyczących:
 - specyfiki rozpatrywanej sytuacji prognostycznej;

- rodzaju prognozowanej zmiennej ;
 - rodzaju i zakresu dostępnych danych;
 - rodzaju i wyprzedzenia czasowego prognoz;
 - właściwości różnych metod prognozowania i kosztu ich zastosowania.
4. Określenie prognozy w wyniku przetworzenia danych za pomocą wybranej metody. Możliwe jest zastosowanie w tym etapie więcej niż jednej metody, w takim przypadku ostateczne prognozy formułuje się w drodze analizy porównawczej wyników uzyskanych za pomocą różnych metod i wyboru jednej z nich lub określenie prognozy będącej ich wypadkową.
5. Weryfikacja prognozy obejmująca ocenę dopuszczalności prognozy, monitoring i ewentualne modyfikacje lub odrzucenie prognozy. Zweryfikowana pozytywnie prognoza może być wykorzystana jako instrument w procesie decyzyjnym (zarządzaniu).

Metoda prognozowania jako określony sposób postępowania, używany do rozwiązywania zadań prognostycznych obejmuje:

- sposób przetworzenia danych o przeszłości;
- sposób przejścia od danych przetworzonych do prognozy.

Rozdział na te dwa sposoby jest oczywiście powiązany z dwufazowością przewidywania tzn. występowaniem fazy diagnozowania przeszłości i fazy określania przyszłości (prognoz). Diagnozowanie przeszłości dotyczy w zasadzie budowy abstrakcyjnego modelu (myślowego lub formalnego) badanego zjawiska, zaś sposoby przejścia od danych do prognozy (wykorzystywane w drugiej fazie) nazywane są zasadami lub regułami prognozowania.

5.3. Zasady prognozowania

Najczęściej stosowanymi zasadami prognozowania są:

1. Reguła podstawowa – stosowana w sytuacji gdy prognosta jest przekonany, że model opisujący przeszłość będzie również aktualny w czasie dla którego wyznacza się prognozę. Reguła jest użyteczna w przypadku zjawisk wolnozmiennych i w perspektywie niewielkich odcinków czasowych. Prognozę otrzymuje się drogą ekstrapolacji modelu poza próbę.
2. Reguła predykcji nieobciążonej – jest specyficzną odmianą reguły podstawowej i dotyczy przypadków kiedy proces prognozowania może być wielokrotnie powtarzany. Oczekuje się w tym przypadku, że w długim ciągu prognoz zniosą się błędy przypadkowe i uzyska się trafną prognozę na poziomie wartości oczekiwanej zmiennej prognozowanej.
3. Reguła podstawowa z poprawką – jest odmianą reguły podstawowej i dotyczy przypadków, gdy występuje uzasadnione przypuszczenie co do tego, że ostatnio zaobserwowane odchylenia danych empirycznych od modelu utrzymają się w przyszłości. Reguła jest szczególnie przydatna do modyfikacji prognoz.
4. Reguła największego prawdopodobieństwa – jest stosowana w zmieniających się warunkach realizacji zmiennych oraz gdy prognozowana zmienna jest zmienną losową o znanym rozkładzie. Prognozą jest stan zmiennej o najwyższym prawdopodobieństwie (w przypadku dyskretnej zmiennej losowej) lub o najwyższej wartości funkcji gęstości rozkładu (w przypadku ciągłej zmiennej losowej).
5. Reguła minimalnej straty (zasada minimalizacji oczekiwanej straty) – jest stosowana gdy prognoza stanowi bezpośrednią podstawę decyzji, z którą związane jest ryzyko strat. Prognozę wyznacza się określając minimum funkcji straty dla realizacji zmiennej prognozowanej.

W ramach przyjętej, ogólnej zasady prognozowania, stosuje się różne konkretne metody prognozowania rozumiane jako „sposób przetwarzania danych opisujących sytuację prognostyczną w prognozę, dostosowany do przyjętej zasady

prognozowania". W ramach przyjętej jednej reguły predykcji mogą być stosowane różne metody.

Ogólnie metody prognozowania dzieli się na [24]:

- ilościowe, nazywane także matematyczno – statystycznymi, w których prognozy wyznaczane są na podstawie formalnych modeli prognostycznych;
- jakościowe, nazywane także niematematycznymi lub heurystycznymi, w których prognozy wyznaczane są na podstawie modeli myślowych.

Inna, bardziej szczegółowa klasyfikacja [7] wyróżnia:

- metody analizowania i prognozowania przebiegów czasowych (np. średniej ruchomej, wygładzania wykładniczego, modele składowej periodycznej i autoregresyjne, łańcuchy Markowa). Powiązane są zwykle z regułą podstawową a prognozę otrzymuje się na podstawie występujących w przeszłości, wykrytych prawidłowości, bez ukazywania przyczyn powstania tych prawidłowości;
- metody prognozowania przyczynowo-skutkowego (np. modele ekonometryczne, behawiorystyczne i symptomatyczne). Powiązane zwykle z regułą predykcji nieobciążonej z poprawką i (lub) regułą największego prawdopodobieństwa. Stosowane są wówczas, gdy do uzyskania prognozy niezbędna jest znajomość mechanizmów zmian prognozowanego zjawiska. Metody te są bardzo często wykorzystywane w symulacji;
- metody analogowe (analogii biologicznych, przestrzennych i przestrzenno-czasowych, historycznych). Wnioskowanie o przyszłości określonego zjawiska w danym obiekcie poprzez wykorzystanie informacji o kształtowaniu się tego (lub innych) zjawiska w tym samym lub podobnych obiektach;
- metody heurystyczne nazywane również metodami intuicyjnymi lub prognozowaniem na podstawie opinii ekspertów (np. burza mózgów, metody: delficka, wpływów krzyżowych, ankietowa). Prognozy buduje się w oparciu o regułę największego prawdopodobieństwa (jej odmiany) na

podstawie opinii ekspertów wypracowanych z wykorzystaniem modeli myślowych prognozowanego wycinka rzeczywistości;

- kombinacje metod – polega na stosowaniu różnych metod w poszczególnych fazach konstruowania prognozy (metoda scenariuszy) lub uśrednianiu prognoz otrzymanych różnymi metodami (np. obliczenie średniej prognozy z prognoz uzyskanych z modeli: tendencji rozwojowej, autoregresyjnego i ekonometrycznego, ewentualnie z użyciem wag, odzwierciedlających zaufanie ekspertów do każdej z metod).

Kilka słów warto też poświęcić problematyce oceny dokładności prognoz. Zjawiska i procesy, dla których wyznacza się prognozy mają zwykle charakter stochastyczny, zatem prognozy są akceptowanym sądem niepewnym. Formułując prognozę uznaje się możliwość wystąpienia odchyłeń rzeczywistej wartości zmiennej od wartości prognozowanej czyli powstania błędu prognozy.

W celu określenia stopnia dokładności prognozy niezbędne jest zastosowanie odpowiednich mierników nazywanych miernikami dokładności (trafności) prognoz. Błąd prognozy może być określony zarówno po upływie czasu, na który prognoza była ustalona, czyli gdy znana jest realizacja zmiennej prognozowanej na ten czas, jak i przed upływem tego czasu. W pierwszym przypadku mówi się o ustalaniu jakości prognozy *ex post*, czyli o określeniu trafności prognozy, w drugim o określaniu jakości *ex ante*, czyli o dokładności prognozy. Błąd prognozy *ex ante* jest szacowany w tym samym czasie, w którym wyznacza się prognozę i służy określaniu dopuszczalności prognozy. Weryfikacja prognoz *ex post* (porównanie stanu rzeczywistego i prognozowanego) służy przede wszystkim doskonaleniu metodologii prognoz.

6. Metody taksonomiczne w klasyfikowaniu obiektów

6.1. Podstawowe pojęcia

Taksonomia numeryczna inaczej numeryczna systematyka lub numeryczna klasyfikacja jest, jak sama nazwa wskazuje, metodą matematycznej klasyfikacji obiektów, uwzględniającą możliwie dużą liczbę cech. Celem badań tego typu nie jest znalezienie formalnego podziału ułatwiającego opis badanych obiektów, ale wyróżnienie rzeczywistej i charakterystycznej dla badanej grupy struktury.

Podstawowymi pojęciami w taksonomii są pojęcia **obiektu** oraz **cechy**. Przez obiekt rozumieć można dowolny przedmiot badań. Stanowią je mogą obiekty społeczno-gospodarcze takie jak:

- jednostki administracyjne – kraje, województwa, gminy, wsie, miasta;
- jednostki produkcyjne – gałęzie gospodarki, przedsiębiorstwa, firmy, wyroby, osoby np. zatrudnieni, bezrobotni, studenci itp.;
- jednostka czasu - specyficzny obiekt badania.

Przedmiotem klasyfikacji nie jest pojedynczy obiekt, lecz zbiór obiektów zapisywany jako:

$$\Omega = \{O_1, O_2, \dots, O_N\}$$

Cechami są właściwości jednostek badanego zbioru rozpatrywane z punktu widzenia zjawiska będącego kryterium klasyfikacji obiektów. Jeżeli np. należy przeprowadzić klasyfikację powiatów ze względu na wyniki produkcji rolniczej, to cechami mogą być takie właściwości, jak produkcja mięsa i mleka na 1 ha użytków rolnych oraz plony różnych ziemiopłodów w q z 1 ha.

Z uwagi na badane zjawisko zbiór cech przyjętych do opisu klasyfikowanych obiektów ogólnie można zapisać:

$$X = \{X_1, X_2, \dots, X_k\}.$$

Przy opisie klasyfikowanych obiektów z punktu widzenia wyróżnionego zjawiska należy rozpatrywać wiele różnorodnych ich właściwości. Zbiór X zawiera jedynie najważniejsze charakterystyki tego zjawiska.

Równie podstawowymi pojęciami jak obiekt i cecha w taksonomii numerycznej są:

- **podobieństwo** - oznacza wspólność (zbieżność) pewnych właściwości dwu lub więcej obiektów;
- **jednorodność** - oznacza właściwość zbioru obiektów składającego się z jednostek podobnych;
- **klasa** - oznacza podzbiór zawierający obiekty podobne, tj. wyróżnione na podstawie wspólnych właściwości. Synonimem pojęcia klasa jest pojęcie grupa.

6.2. Klasyfikacja obiektów

Termin klasyfikacja ma trzy znaczenia:

1. Czynność podziału zbioru obiektów na podzbiory według ustalonego kryterium.
2. Efekt czynności podziału zbioru, którym są grupy obiektów podobnych.
3. W statystyce oznacza klasyfikację obserwacji, tzn. decyzję, do której klasy ze zbioru zadanych zaliczyć obserwację.

Formalny sposób przedstawiania zagadnienie klasyfikacji.

Mając dany N-elementowy zbiór Ω , zawierający obiekty badania O_1, O_2, \dots, O_N opisywane przez K cech diagnostycznych X_1, X_2, \dots, X_K , należy go podzielić na P podzbiorów (grup, klas):

$$A_1, A_2, \dots, A_P,$$

gdzie $1 \leq P \leq N$, tak, aby były spełnione następujące warunki:

1. $A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_P = \Omega$,
2. $A_p \cap A_q = \emptyset$ ($p, q = 1, 2, \dots, P, p \neq q$),
3. $A_p \neq \emptyset$ ($p = 1, 2, \dots, P$).

Liczba grup typologicznych P jest zazwyczaj nieznaną, może być niekiedy zadawana z góry przez badacza lub wyznaczana według kryteriów statystycznych.

Warunek 1 nosi nazwę warunku adekwatności i oznacza, że suma wyodrębnionych podzbiorów jest identyczna ze zbiorem podlegającym podziałowi.

Warunek 2 nosi nazwę warunku rozłączności grup typologicznych i oznacza, że poszczególne grupy nie zawierają żadnych elementów wspólnych.

Z kolei warunek 3 oznacza, że w każdej klasie znajduje się przynajmniej jeden obiekt.

Omówione warunki wystarczają do formalnego zadania klasyfikacji. Jednak dla potrzeb praktycznych klasyfikacja powinna odznaczać się dodatkowo następującymi właściwościami:

- Obiekty znajdujące się w tej samej grupie powinny być do siebie jak najbardziej podobne,
- Obiekty znajdujące się w różnych grupach powinny być do siebie jak najmniej podobne.

W wyniku klasyfikacji badanych jednostek uzyskuje się takie grupy typologiczne, które są bardziej jednorodne ze względu na wartości opisujących je cech diagnostycznych niż zbiór wyjściowy nie podzielony.

Wyodrębnienie grup typologicznych obiektów wielocechowych o postulowanych wyżej właściwościach nie jest możliwe bez zastosowania takich metod numerycznych, jakimi są metody taksonomiczne. Metody taksonomiczne są bowiem tymi metodami z zakresu statystycznej analizy wielowymiarowej, które służą do podziału zbioru obiektów na pewne ich podzbiory nazywane grupami.

Wśród taksonomicznych metod, którymi posługujemy się w badaniach możemy wymienić:

- Diagramy Czekanowskiego,
- Taksonomię wrocławską ,
- Metoda Berry'ego,
- Taksonomiczne mierniki rozwoju konstruowane metodą wzorca,
- Metoda standaryzowanych sum,
- Metoda rang,
- Metoda Warda,
- Metoda dendrytów,
- Metoda grupowania cech.

6.3. Procedura badania taksonomicznego

W ogólnej procedurze badania taksonomicznego wyróżniamy następujące etapy:

- 1) wstępna analiza badanego systemu;
- 2) dobór cech diagnostycznych i skal ich pomiaru;
- 3) zebranie danych statystycznych;
- 4) ocena podobieństwa klasyfikowanych jednostek;
- 5) wybór metody klasyfikacji;
- 6) klasyfikacja obiektów za pomocą wybranej metody;
- 7) weryfikacja wyników klasyfikacji;
- 8) merytoryczna interpretacja wyników klasyfikacji.

Pierwotnym etapem klasyfikacji obiektów społeczno-gospodarczych przy użyciu metod taksonomicznych jest wstępna analiza badanego systemu. W wyniku tej analizy otrzymuje się:

- podstawowe cele badania;
- obiekty podlegające klasyfikacji;
- jednostkę czasu, dla której będzie prowadzone badanie,

a w przypadku analizy dynamicznej:

- rozpiętość przedziału czasu objętego badaniami taksonomicznymi.

Kolejny etap to dobór tzw. cech diagnostycznych, czyli wskaźników mających opisywać klasyfikowane obiekty, które z założenia dobrze opisują zmienność badanych obiektów i istnieje możliwość w miarę precyzyjnego pomiaru lub określenia ich wartości. Etap ten ma niezmiernie istotne znaczenie, bowiem odpowiedni dobór cech determinuje ostateczne rezultaty badania z użyciem metod taksonomicznych. Poprawny wybór cech diagnostycznych obiektów jest podstawą ich prawidłowej klasyfikacji, błędy popełnione na tym etapie analizy mogą być przyczyną uzyskania zupełnie fałszywych wyników. Dobór cech sprowadza się do takiej redukcji wstępnie zadanego zbioru cech, aby pozostały cechy odznaczające się największą diagnostycznością, tj. adekwatnością względem badanego zjawiska. Nadaniu diagnostyczności cech służą metody statystyczne. Statystyczny dobór cech diagnostycznych umożliwia wykrycie istotnych charakterystyk badanego zjawiska jednocześnie powodując eliminację wielkości będących nośnikami informacji zbyt przypadkowych i szczegółowych. Korzyścią bardzo istotną wynikającą z

rozpatrywania zredukowanego, (a nie całego) zbioru cech pierwotnych, jest uproszczenie numerycznego opisu badanych obiektów.

Z trzech rodzajów cech, którymi można opisywać obiekty: ilościowych (rzeczywistych), porządkowych i logicznych (prawda/fałsz), obecnie najczęściej wykorzystywane są te pierwsze (stąd określenie taksonomia numeryczna). Dobór cech zależy jednak od konkretnego przypadku, w zasadzie nie ma przeszkód w stosowaniu wszystkich rodzajów cech jednocześnie, należy jednak zastosować odpowiednie procedury normalizujące.

Numeryczny opis stanu klasyfikowanych jednostek uzyskuje się w trzecim etapie: zbierania danych statystycznych, które są liczbowymi realizacjami cech diagnostycznych w poszczególnych obiektach. W badaniu statycznym zebrane dane dotyczą ostatniego momentu lub okresu, dla którego jest możliwe ich zgromadzenie. Jeśli poziom realizacji cech wykazuje duże wahania w czasie przyjmuje się ich średnie wartości z kilku ostatnich jednostek czasu. Zebrane dane liczbowe utworzą macierz informacji $[N \times K]$ o badanych obiektach, którą w ogólnej postaci można zapisać:

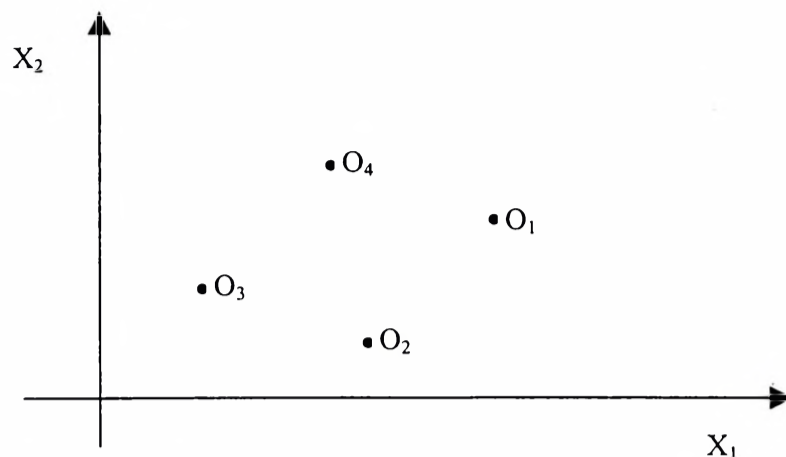
$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1K} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2K} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{N1} & x_{N2} & \cdots & x_{NK} \end{bmatrix}$$

W macierzy tej x_{ik} ($i = 1, 2, \dots, N$, $k = 1, 2, \dots, K$) oznacza realizację cechy X_k w obiekcie, O_i . W ten sposób każdy obiekt O_i jest numerycznie opisany przez wektor $[1 \times K]$ o postaci:

$$X_i = [x_{i1} \ x_{i2}, \dots, x_{iK}]$$

Oznacza to, że każdy obiekt może być geometrycznie interpretowany jako punkt w przestrzeni K -wymiarowej.

Przypuśćmy, że chcemy porównać ze sobą obiekty O_1 , O_2 , O_3 i O_4 ze względu na dwie cechy X_1 i X_2 . Ponieważ w tym przypadku $K = 2$, dlatego klasyfikację przeprowadza się w przestrzeni R^2 ; co umożliwia przedstawienie badanych obiektów w postaci punktów na płaszczyźnie (Rys. 8.).



Rys. 8. Geometryczna ilustracja obiektów w przestrzeni dwóch cech X_1 i X_2 .

Statystyczna ocena podobieństwa klasyfikowanych jednostek jest czwartym etapem prac. Klasyfikację przeprowadza się zazwyczaj na podstawie wielu różnych cech i często zdarza się, że różne wskaźniki szczegółowe dają niejednakowe wskazania. Ilustruje to rys. 1, gdzie np. obiekt O_1 ma większą wartość cechy X_1 , niż obiekt O_4 , lecz za to mniejszą wartość cechy X_2 . Występuje, więc tzw. konflikt wskazań poszczególnych cech. Do syntetycznej oceny podobieństwa obiektów opisywanych przez wiele cech służą różnie definiowane miary podobieństwa. Podstawowymi problemami są tutaj:

- normalizacja cech;
- wybór systemu cech diagnostycznych;
- wybór miary podobieństwa.

Piątym etapem badania jest wybór odpowiedniej metody klasyfikacji. Wyniki klasyfikacji są także uzależnione od warunków określonych przez zastosowaną metodę.

Kolejnym krokiem w badaniu taksonomicznym jest klasyfikacja badanych obiektów za pomocą wybranej uprzednio metody. Postępowanie sprowadza się do wydzielenia grup typologicznych, które obejmują obiekty podobne do siebie z punktu widzenia właściwości reprezentowanych przez cechy diagnostyczne przyjęte do ich opisu. Podstawą do przeprowadzenia klasyfikacji jest najczęściej macierz wartości miar podobieństwa porównywanych obiektów.

W następnym etapie badania taksonomicznego weryfikuje się otrzymane wyniki klasyfikacji. Polega to na przeprowadzeniu szczegółowej analizy liczbowych charakterystyk grup typologicznych otrzymanych w wyniku klasyfikacji. Prace te są

wykonywane przy użyciu odpowiednich narzędzi statystycznych. Podstawowe znaczenie ma tutaj wiedza badacza o badanych obiektach, jego doświadczenie i rozsądek.

Ostatnim etapem postępowania klasyfikacyjnego jest merytoryczna interpretacja wyników podziału oraz ich praktyczne wykorzystanie, określone przez cel badania.

6.4. Dziedziny zastosowań metod taksonomicznych

Dorobek naukowy w dziedzinie taksonomii jest bogaty. Autorzy prac poprzez prezentację różnych metod taksonomicznych poruszają problemy zastosowań tych badań.

Metody taksonomiczne znalazły zastosowanie w porównawczych, przestrzennych badaniach społeczno-ekonomicznych.

Wśród dziedzin zastosowań można wyróżnić:

- międzynarodowe porównania rozwoju społeczno-gospodarczego krajów świata;
- badania poziomu rozwoju społeczno-gospodarczego jednostek administracyjnych kraju (gmin, powiatów, województw);
- analiza porównawcza przestrzennego zróżnicowania warunków życia ludności w jednostkach administracyjnych kraju;
- w badaniach ekonomiczno-rolniczych;
- badania porównawcze przedsiębiorstw;
- badania marketingowe;
- badania ocenowe systemów wspomagania decyzji;
- analiza polityki i strategii rozwoju;
- badanie rozwoju gospodarczego;
- badania jakości;
- tworzenie baz danych dla potrzeb prognozowania i AAR w ćwiczeniach wojskowych.

Badania taksonomiczne są obecnie stosowane w wielu dziedzinach jako skuteczne narzędzie klasyfikacji i badań porównawczych różnego rodzaju obiektów. Zastosowanie konkretnej metody taksonomicznej wynika z różnych celów badania.

ZAKOŃCZENIE

Szkolenie i doskonalenie umiejętności kierowania działaniami bojowymi w czasie pokoju jest kłopotliwe ze względu na trudności w stworzeniu rzeczywistych warunków - jakie występują w czasie wojny. Elementy działań można ćwiczyć praktycznie przy wykorzystaniu tradycyjnych metod podczas zajęć poligonowych. Jednak z ekonomicznego punktu widzenia, a zwłaszcza w obecnej sytuacji gospodarczej, wyprowadzenie wojsk na place ćwiczeń w celu sprawdzenia skutków podejmowanych decyzji nie zawsze jest celowe. Istnieje więc potrzeba stworzenia takich narzędzi, które przybliżą warunki realnego pola walki i jednocześnie wymuszą na uczestnikach procesu szkolenia zachowania zbliżone do tych, jakie będą pożądane i oczekiwane w warunkach rzeczywistych.

Modele działań bojowych i gry wojenne od dawna wykorzystuje się jako elementy efektywnego procesu szkolenia dowództw i sztabów. Faktem jest, że ich użyteczność wiąże się z postępem w dziedzinie badań systemów walki oraz dynamicznym rozwojem informatyki. W praktyce szkoleniowej ćwiczenia wspomagane komputerowo miały najczęściej charakter eksperymentalny. W instrukcjach i materiałach metodycznych znajdują się jedynie wzmianki o informatycznym wspomaganie ćwiczeń⁴⁷. W związku z powstaniem i planami wykorzystania Centrum Symulacji i Komputerowych Gier Wojennych w Akademii Obrony Narodowej problematyka wykorzystania wspomaganie komputerowego ćwiczeń wojskowych staje się elementem „codziennosci szkoleniowej”.

Efektywne wykorzystanie narzędzi symulacji wymaga od użytkownika pewnej wiedzy na temat istoty analizy systemowej, modelowania, symulacji, czy metod analizy otrzymanych wyników. Ponieważ szczególne znaczenie może mieć symulacyjne wspomaganie ćwiczeń w zakresie AAR. Ważnym jest także by przyszli użytkownicy modelu byli dobrze zorientowani odnośnie: wiarygodności, metod analizy oraz właściwego wykorzystania wyników.

Opracowanie jest próbą przybliżenia przedstawionej problematyki potencjalnym przyszłym użytkownikom symulacyjnych systemów wspomagających ćwiczenia wojskowe.

⁴⁷ Zespół badawczy pod kierownictwem prof. dr hab. A. Barczaka „Wykorzystanie modeli symulacyjnych i komputerowych gier wojennych jako narzędzia doskonalenia dowództw i sztabów”.

LITERATURA

1. Alberts D. Garstka J. Stein P.: Network Centric Warfare CCRP, Sun microsystem [www.dodccrp.org].
2. Analiza i projektowanie strukturalne przy użyciu systemu DECdesign v.2.0" - materiały do kursu ZBW SSI Wydział Cybernetyki, WAT, Warszawa.
3. Barczak A.: Komputerowe gry wojenne, BELLONA, Warszawa 1996.
4. Barton R. F.: Wprowadzenie do symulacji i gier, Warszawa 1974.
5. Bohater Z.: Modele symulacyjne – praca studyjna, Centrum Informatyki AON, Warszawa 1999.
6. Bojarski W.: Podstawy analizy i inżynierii systemów, Warszawa 1984.
7. Cieślak M.: Prognozowanie gospodarcze, Metody i zastosowanie, PWN 2002
8. Chojnacki A.: Modelowanie matematyczne, WAT, Warszawa 1986.
9. Coad P., Yourdon E.: Analiza obiektowa, Oficyna Wydawnicza READ ME, Warszawa 1994.
10. Coad P., Yourdon E.: Projektowanie obiektowe, Oficyna Wydawnicza READ ME, Warszawa 1994.
11. Czerniak J.: Informacja i zarządzanie, Warszawa 1978.
12. Darling Marilyn, Parry Charles: "From Post-Mortem to Living Practice: An in-depth study of the evolution of the After Action Review".
13. Evans G. W.: Symulacja na maszynach cyfrowych, WNT, Warszawa 1973.
14. Filar W.: Metody symulacyjne w modelowaniu procesów operacji i walki, Wyd. Szefostwo Badań i Rozwoju Techniki Wojskowej, Komitet Budowy Maszyn PAN, 1979.
15. Fishman G. S.: Symulacja komputerowa – pojęcia i metody, PWE, Warszawa 1981.
16. Fuglewicz P. i inni: CASE dla ludzi, LUPUS, Warszawa 1995.
17. Gutenbaum J.: Modelowanie matematyczne systemów, PWN, Warszawa-Łódź 1987.
18. Jaskiewicz A.: Inżynieria oprogramowania, Helion, Gliwice 1997
19. Kinasiewicz M.: Model symulacyjny forsowania przeszkód wodnych - rozprawa

- doktorska, AON 1992.
20. Kołodziński E.: Symulacyjna metoda badania systemów, Zeszyt nr 3, Ocena adekwatności modeli symulacyjnych działania systemów, WAT, Warszawa 1983.
 21. Konieczny J.: Podejście systemowe, WAT, Warszawa 1982.
 22. Kotarbiński T.: Traktat o dobrej robocie, Ossolineum, Warszawa 1969.
 23. Korzan B.: Elementy teorii grafów i sieci metody i zastosowania, WNT, Warszawa 1978.
 24. Nowak E. (red.): Prognozowanie gospodarcze, Agencja Wydawnicza PLACET, Warszawa 1998
 25. Rajski J., Tyszer J.: Modelowanie i symulacja cyfrowa, Poznań 1986.
 26. Ratajczak M., Wieleba R., Mrowiec T.: Model symulacyjny działań bojowych szczebla taktycznego MODEL-5T, AON 1991.
 27. Sienkiewicz P.: Inżynieria systemów kierowania, Warszawa 1988.
 28. Sienkiewicz P.: Podstawy teorii systemów, AON, Warszawa 1993.
 29. Sienkiewicz P.: Teoria efektywności systemów kierowania – tom i – wstęp do systemologii – rozprawa habilitacyjna, ASG WP, Warszawa 1979.
 30. Sienkiewicz P.: Systemy kierowania, Warszawa 1989.
 31. Tomaszewski A., Kaczmarek W., Wiatr M., Knetki J., Mazurek Z., Kręcikij J.: Funkcje, zadania i podstawowe założenia organizacyjne ośrodka symulacji działań wojsk, WWL AON, Warszawa 2000.
 32. Tomaszewski A.: Koncepcja komputerowego odwzorowania manewru w operacji i walce, AON, Warszawa 1995.
 33. Tomaszewski A.: Model procesu rozpoznania przeciwnika w operacji i walce, AON, Warszawa 1998.
 34. Tomaszewski A.: Symulacja komputerowa porażenia ogniowego w walce zbrojnej i operacji, AON, Warszawa 1991.
 35. Urbanek M.: Model symulacyjny systemu zabezpieczenia leczniczo-ewakuacyjnego szczebla taktycznego, rozprawa doktorska, AON, Warszawa 1992.
 36. Sienkiewicz P.: Analiza systemowa. Metodologia modelowania systemowego, Warszawa 1994
 37. Szejko S. red.: Metody wytwarzania oprogramowania, MIKOM, Warszawa 2002.

38. Weinberg G.: Myślenie systemowe, Warszawa 1979.
39. Wrycza S.: Współczesne metodyki tworzenia systemów informatycznych zarządzania, ORG-SERVICE, Gdańsk 1998.

