



AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

CENTRUM INFORMATYKI

METODOLOGIA PROJEKTOWANIA SYSTEMÓW
INFORMATYCZNYCH

63920

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
ewid.
Akademii Obrony Narodowej

Biblioteka Główna
Akademii Obrony Narodowej

S/2911



05-002911-001-0

WARSZAWA

1995



AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

CENTRUM INFORMATYKI

METODOLOGIA PROJEKTOWANIA SYSTEMÓW
INFORMATYCZNYCH



63920

Biblioteka Główna
Akademii Obrony Narodowej

S/2911



05-002911-001-0

WARSZAWA

1995

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

CENTRUM INFORMATYKI



METODOLOGIA PROJEKTOWANIA SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH



SYSTEM

18

7.9

Opracowali:

płk dr hab.inż. Czesław FLANEK

płk dr inż. Zbigniew KLIMKIEWICZ

WARSZAWA

1995r.

WPROWADZENIE	4
1. PODSTAWY KONSTRUKCJI SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH ...	11
1.1. Charakterystyka relacji system zarządzania – system informacyjny – system informatyczny	11
1.2. System jako paradygmat	17
1.3. Wybrane koncepcje i teorie systemowe	20
1.3.1. Ontologia "świata systemów" M. Bunge	20
1.3.2. Koncepcja P. K. M'Phersona	22
1.3.3. Teoria M. Mesarovića	23
1.3.4. Teoria systemów dynamicznych	25
1.4. Klasyfikacja systemów	27
1.5. System informacyjny	30
2. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH	36
2.1. Wprowadzenie	36
2.2. Model systemu informatycznego	38
2.3. Struktura systemu informatycznego	44
2.4. Podział systemów informatycznych	50
3. PROCES TWORZENIA SYSTEMU INFORMATYCZNEGO	55
3.2. Modelowanie systemu	63
3.3. Projektowanie systemu	70
3.4. Realizacja systemu	82
5. METODYKA PROJEKTOWANIA SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH	95
5.1. Tradycyjne a systemowe podejście do projektowania	95
5.2. Diagnostyczna metodyka proejktowania systemów informatycznych ...	97
5.3. Progностyczna metodyka projektowania systemów informatycznych ...	112
5.4. Dokumentacja projektowa systemów informatycznych	126
BIBLIOGRAFIA	135

WPROWADZENIE

Głównym względem przemawiającym za komputeryzacją "instytucji" jest fakt, że zarówno najprostsze, jak i najbardziej złożone czynności przetwarzania danych można zastąpić ciągiem różnych działań arytmetycznych, logicznych, kodowania, przesyłania i przechowywania wyników tych działań.

"Instytucja", którą zamierza się komputeryzować, musi spełniać następujące warunki:

- stanowić system współdziałających elementów (z których każdy wykonuje część zadania ogólnego), wymagających kierowania;
- powinna mieć własny podsystem przetwarzania informacji lub takiego systemu potrzebować;
- uzasadnić konieczność komputeryzacji liczbą przetwarzanych danych oraz złożonością tego procesu lub potrzebą poprawienia efektywności funkcjonowania instytucji.

Komputeryzacja będzie możliwa, jeśli organizacja "instytucji" jest przystosowana pod względem:

- sposobów zbierania danych źródłowych oraz przygotowania ich do przetwarzania;
- symboliki zjawisk, których dotyczą przetwarzane dane;
- nakładów i środków na realizację zadań;
- metody przetwarzania danych, to jest sposobu przechodzenia od postaci źródłowej do wymaganej postaci wynikowej;
- formy i sposoby przekazywania wyników.

Można zatem powiedzieć, że warunkiem komputeryzacji "instytucji" jest jej należyte przygotowanie pod względem kadrowym, organizacyjnym i technicznym.

Jednym z ważniejszych problemów komputeryzacji "instytucji" i wykorzystanie komputerów w kierowaniu nią jest sprzeczność między dążeniem do obniżenia kosztów przetwarzania danych oraz podniesienia skuteczności kierowania przez jego uelastycznienie a wysokimi nakładami i usztywnieniem systemu.

Tego rodzaju sprzeczności rozwiązuje się przez projektowanie systemów informatycznych na rzecz określonego systemu działania. Muszą one sprostać wymaganiom,

jakie "kadra kierownicza "instytucji" stawia systemowi w ogóle.

- **S y s t e m e m d z i a ł a n i a** nazywa się każdy zbiór elementów, których współdziałanie jest skierowane na uzyskanie określonego efektu mierzalnego mimo zakłócającego wpływu otoczenia.

Składowymi systemu działania są:

- **e l e m e n t s y s t e m u** – najprostsza część systemu, której wnętrza się nie rozpatruje;
- **s t r u k t u r a s y s t e m u** – ogół relacji (określających zależności między elementami) wpływających w określony sposób na efekty działania systemu;
- **o t o c z e n i e** – elementy nie należą do systemu, lecz mają na niego wpływ i będące przedmiotem jego oddziaływania.

Charakterystyka każdego systemu działania, w tym również systemu informatycznego, powinna obejmować:

- **c e l g ł ó w n y** – główne zadanie lub powód, dla którego system ma funkcjonować;
- **g ł ó w n ą f u n k c j ę s y s t e m u** – określającą istotę jego działania;
- **i n f o r m a c j e w e j ś c i o w e s y s t e m u**;
- **m e t o d y, p r o c e s y**, według których wykonywana jest główna funkcja systemu;
- **i n f o r m a c j e w y j ś c i o w e s y s t e m u**;
- **ś r o d k i s y s t e m u**;
- **l u d z i z w i ą z a n y c h z s y s t e m e m**, posługujących się jego środkami i uczestniczących w procesie przekształcenia informacji wejściowych w wyjściowe służące realizacji głównego zadania;
- **i n n e e l e m e n t y (o t o c z e n i e)** mające wpływ na realizację głównego zadania.

Cechą każdego z elementów charakterystyki systemu jest jego postać (forma, struktura), natężenie (częstotliwość) oraz tendencja do zmian w czasie.

Każdą "instytucję" można traktować jako **s y s t e m d z i a ł a n i a**, z wymienionymi składowymi i charakterystykę.

W strukturze tego systemu wyodrębnia się ściśle ze sobą powiązane podsystemy (rys. 1):

- d e c y z y j n y;
- z a r z ą d z a n i a;
- w y k o n a w c z y;
- i n f o r m a c y j n y.

W **p o d s y s t e m i e d e c y z y j n y m** zachodzą procesy decyzyjne, związane z kierowaniem "instytucją", czyli przekształceniem informacji o **podsystemie wykonawczym i otoczeniu**, a także procesy przekształcania decyzji otrzymanych z nadrzędnego systemu kierowania w decyzje niezbędne do osiągnięcia zamierzonych celów własnej "instytucji".

W **p o d s y s t e m i e z a r z ą d z a n i a** zachodzą procesy organizujące działanie. Mają one charakter informacyjny i wywierają wpływ na efektywność procesów wykonawczych.

P o d s y s t e m w y k o n a w c z y uczestniczy bezpośrednio w wykonywaniu zadań instytucji.

P o d s y s t e m i n f o r m a c y j n y ma za zadanie zbieranie, przesyłanie, przechowywanie i przetwarzanie informacji zgodnie z potrzebami **podsystemu decyzyjnego i nadrzędnego systemu informacyjnego**.

Wszystkie procesy występujące w "instytucji" mają charakter informacyjno-decyzyjny.

Zachodzą między nimi liczne powiązania i sprzężenia zwrotne. Przedstawiono je na rys. 2.

Organizatorem działania (dokonującym wyboru racjonalnego działania oraz jego wykonawców) w tak rozumianym systemie jest system kierowania, przy czym samo kierowanie jest:

- działaniem zmierzającym do celu, polegającym zarówno na wywoływaniu zmian, jak i na przeciwdziałaniu zmianom niepożądanym;
- oddziaływaniem na ludzi i inne czynniki;
- procesem informacyjnym;
- sensowne tylko wtedy, gdy istnieje obiekt kierowany;
- proces wielowymiarowym i wieloaspektowym, najczęściej o znacznym stopniu niepewności i ryzyka;

- procesem, który może być doskonalony;
- racjonalne, gdy system działania osiąga zamierzone cele.

W o j s k o w e s y s t e m y i n f o r m a t y c z n e są osadzone w powyższych realiach i spełniają podane wymagania.

System kierowania "instytucji", dla której jest tworzony (projektowany) system informatyczny, musi funkcjonować w określonej strukturze informacyjnej, przestrzennej i technicznej.

P r o j e k t o w a n i e w ogólnym znaczeniu, jest rozwiązywaniem problemów, koncepcyjnym przygotowaniem przyszłych działań, polegającym na tworzeniu i wyborze propozycji zmiany istniejącego stanu na stan pożądany tzn:

Projektowanie

istniejący stan

stan pożądany

Uczestniczą w nim:

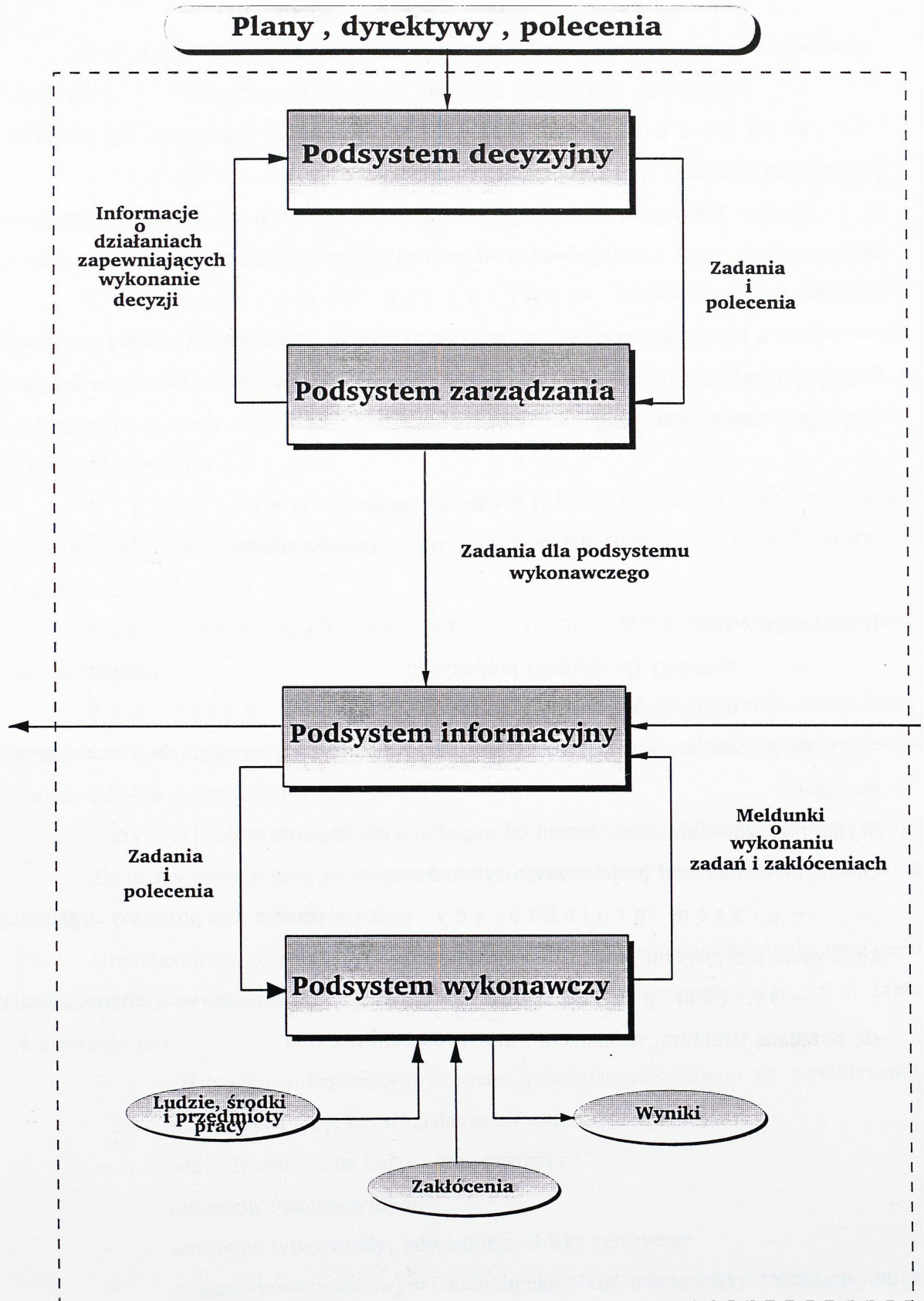
- tworzący (projektant) propozycje;
- użytkownik podejmujący decyzje.

W procesie projektowania następuje dobór wzorców odpowiednio do potrzeb i systemu wartości.

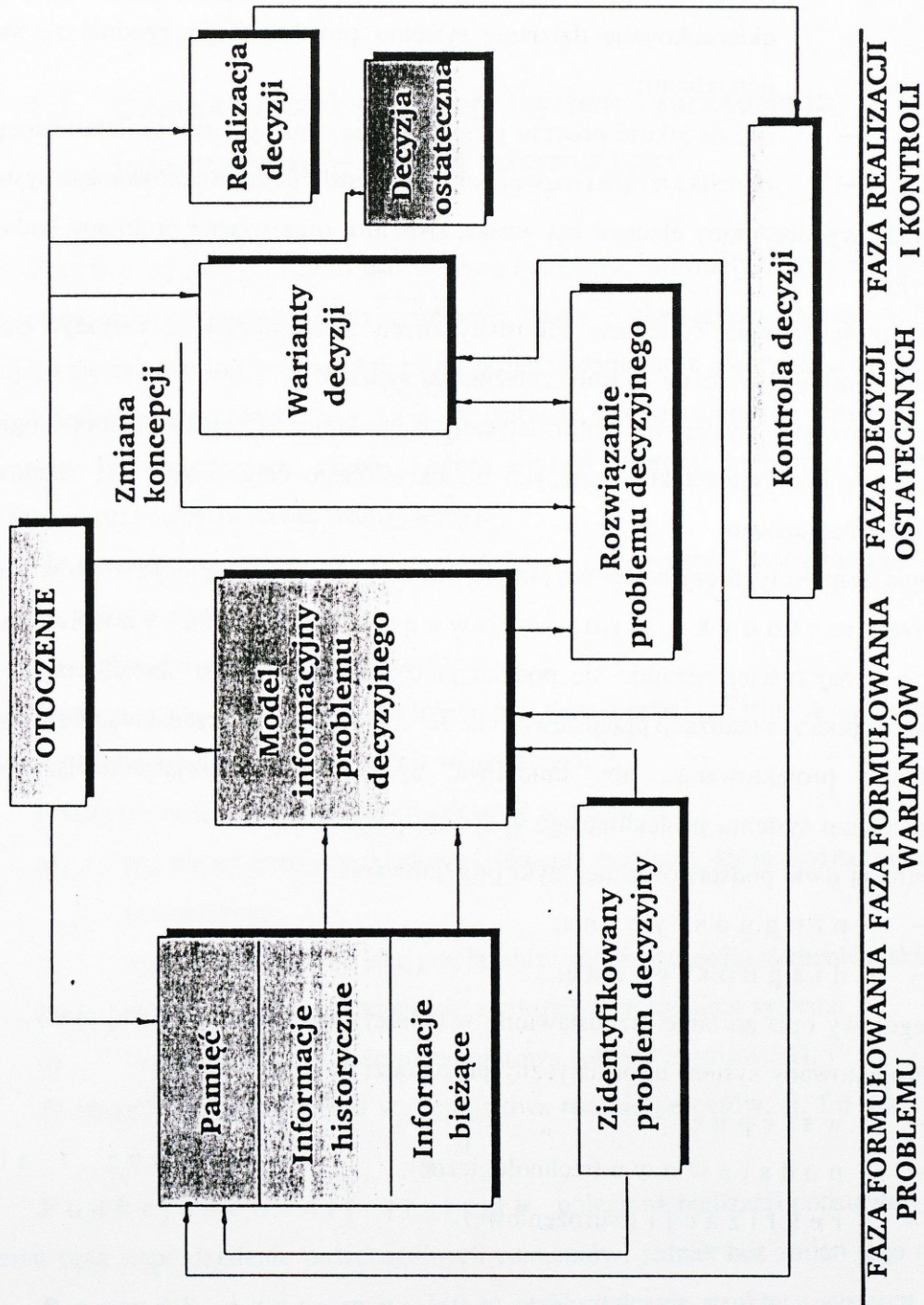
Wynik projektowania zależy zatem od uzgodnień między stronami.

Głównymi elementami projektowania systemów są:

- **s y s t e m p r o j e k t u j ą c y** oraz związane z nim problemy organizacji i kierowania przebiegiem procesów projektowania;
- **s y s t e m p r o j e k t o w a n y** jako wytwór projektowania, charakteryzujący się pożądaną strukturą, działaniem i możliwościami rozwoju.



Rys. 1. Ogólny schemat "systemu działania"



Rys. 2. Fazy wypracowania decyzji

Elementy te muszą współpracować z użytkownikiem systemu, który:

- precyzuje zadanie projektowe;
- ukierunkowuje działanie systemu projektującego zgodnie ze swymi potrzebami;
- ocenia jakość procesu projektowania oraz systemu projektowanego;
- określa kierunki rozwoju oraz doskonalenia zaprojektowanego systemu.

Każdy wyodrębniony element ma własną strukturę oraz własne problemy badawcze i realizacyjne.

Do projektowania systemów informatycznych służą określone metody. Są one stosowane w praktyce w różny sposób, zależnie od sytuacji.

Projektowanie systemów informatycznych traktuje się jako zespół logicznie uporządkowanych czynności zmierzających do określonego celu, jakim jest zbudowanie systemu informatycznego.

Opis zespołu tych czynności nazywa się *metodyką projektowania*.

Przez *metodykę projektowania systemu informatycznego* najczęściej rozumie się podział prac projektowych na stadia, etapy, kroki postępowania podczas realizacji przedsięwzięcia. Jej celem jest takie przedstawienie sposobów podejścia do projektowania, aby umożliwić uporządkowanie relacji związanych z przekształceniem systemu projektującego w system projektowany.

Istnieją dwie podstawowe metodyki projektowania:

- *prognostyczna*;
- *diagnostyczna*,

ich szczegółowy opis zostanie przedstawiony w dalszej części prezentowanej pracy.

Projektowany system informatyczny przechodzi przez trzy stadia:

- *wstępne*;
- *podstawowe* (technologiczne);
- *realizacji* (wdrożeńowe).

1. PODSTAWY KONSTRUKCJI SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH

1.1. Charakterystyka relacji system zarządzania – system informacyjny – system informatyczny.

Punktem wyjścia rozważań nad budową systemów informatycznych jest powstała w latach pięćdziesiątych ogólna teoria systemów, nauka o charakterze interdyscyplinarnym, zajmująca się między innymi zagadnieniami projektowania oraz identyfikacji systemów.

Zdefiniowanie pojęcia "s y s t e m" sprawia pewne trudności, zarówno w ujęciu naukowym, jak i potocznym, mimo (a może właśnie dlatego), że termin ten jest niemal powszechnie używany (a nawet nadużywany).

Na potrzeby rozważań przytoczymy definicję tego pojęcia, która zostanie następnie dość szczegółowo zinterpretowana.

Formalna definicja brzmi następująco:

"system jest to zbiór elementów (obiektów) wraz z relacjami istniejącymi między tymi elementami (obiektami) oraz między ich własnościami ¹⁾

Podstawowymi cechami (właściwościami) systemu są:

- a) podział na elementy składowe (elementy systemu), które można traktować jako podsystemy;
- b) organizacja systemu jako powiązania (współzależność) elementów składowych;
- c) określone relacje (sprzężenie zwrotne) z otoczeniem systemu;
- d) swoista uniwersalność przedmiotowa (obszar zastosowań).

W ramach każdego systemu występują dwa rodzaje procesów, tj. **f u n k c j o n o w a n i e i r o z w ó j**.

F u n k c j o n o w a n i e s y s t e m u polega na realizacji podstawowych zadań systemu oraz współdziałaniu poszczególnych elementów, jednak bez zmian jego struktury.

R o z w ó j s y s t e m u jest to przekształcanie struktury systemu (w sensie wzrostu części) lub usprawnienie (modernizacja) działania systemu jako części lub całości.

¹⁾ A.D. Hall: *Podstawy techniki systemów. Ogólne zasady projektowania.* Warszawa 1968 r.

Główny cel sterowania systemem może być sformułowany jako jego funkcjonowanie lub rozwój ²⁾

Z ogółu systemów możemy wyróżnić dwa podstawowe rodzaje systemów:

- n a t u r a l n e, tzn. stworzone przez samą naturę (której prawa rządzą przepływem informacji w systemie), powstające zatem w wyniku samoczynnego działania procesów przyrodniczych i para przyrodniczych (fizycznych, biologicznych itp.),
- s z t u c z n e, tzn. kreowane przez człowieka (który programuje oraz kontroluje przepływ informacji w systemie; stąd inna nazwa tego rodzaju systemów, tj. p r o g r a m o w a n e), będące rezultatem praktycznych poczynań ludzkich w wielu dziedzinach życia (nauki, gospodarki, techniki itp.) ³⁾

W grupie systemów sztucznych można zaś wydzielić trzy główne ich typy:

- e k o n o m i c z n e, a więc spełniające się w układach (strukturach i relacjach) gospodarczych;
- t e c h n i c z n e, do których należą systemy realizujące się w układach techniczno-technologicznych,
- s p o ł e c z n e, funkcjonujące za pośrednictwem układów (struktur i więzi) społecznych, administracyjnych, rodzinnych, osobniczych jednostki itp.

Przedmiotem dalszych rozważań będą wyłącznie "s y s t e m y e k o n o m i - c z n e", spośród których wyodrębnimy dwie klasy systemów:

- m a k r o e k o n o m i c z n e odwzorowujące relacje w strukturach makroskopowych ("ponadobiektowych"), w konwencji: gospodarka narodowa jako całość, resort, itp.,
- m i k r o e k o n o m i c z n e, a więc odnoszące się do sfery mikroekonomiki czyli elementarnego obiektu gospodarującego (np. przedsiębiorstwa, oddziału gospodarczego, jednostki wojskowej).

²⁾ J. Regulski: *Cybernetyka systemów planowania*. Warszawa 1974 r.

³⁾ T. Bednarek: *Informatyka a automatyzacja zarządzania "Informatyka" nr 6 z 1972 r.*

W ekonomicznym systemie obiektowym ⁴⁾, na użytek badań analitycznych można wydzielić trzy podstawowe podsystemy (podukłady) strukturalne:

- p r o d u k c j i (i obsługi), który realizuje się za pośrednictwem szeroko rozumianych procesów wytwórczych (technologicznych, technicznych, inwestycyjnych, remontowych itp.);
- z a r z ą d z a n i a, który spełnia się za pośrednictwem procesów planowania (czyli wytyczenia celów, prognozowania, prognozowania), procesów realizacji (tj. organizacji, motywacji i pobudzania oraz wykonawstwa) a także procesów kontroli (nadzoru, pomiarów i regulacji) ⁵⁾;
- i n f o r m a c y j n y, który realizuje się za pośrednictwem procesów transformowania informacji i ma za zadanie integrację obu podsystemów "instytucjonalnych". Systemu mikroekonomicznego, tj. produkcji (w odniesieniu do przedsiębiorstwa jako całości, itp.) oraz zarządzania ⁶⁾.

Strukturę systemu informacyjnego tworzy wyróżniony przestrzenie i uporządkowany czasowo kompleks zbiorów informacji, punktów ich generowania (nadawania), kanałów ich przesyłania oraz punktów ich odbioru.

Realizacja systemów informacyjnych przyjmuje praktycznie dwie formy realizacji, tj:

- funkcjonowania;
- rozwoju.

Funkcjonowanie systemu informacyjnego polega na takim trybie realizacji procesu przetwarzania informacji, który nie narusza wzajemnych stosunków między wyróżnionymi elementami systemu (typu nadawca, odbiorca, kanał) i w konsekwencji na pociąga za sobą ewidentnych zmian strukturalnych.

Z kolei **rozwój systemu informacyjnego** odbywa się przez proces modyfikacji ogniw strukturalnych i relacji funkcjonalnych.

⁴⁾ *Synonimem określenia "systemy mikroekonomiczne" jest – w konwencji opracowania – termin "systemy obiektowe".*

⁵⁾ *W. Grudzewski: Systemy zarządzania w przemyśle cz. I. Organizacja i zarządzanie w przedsiębiorstwie. Wrocław 1973 r.*

⁶⁾ *W dalszych rozważaniach będziemy używać terminu "system informacyjny" pamiętając, że jest on jednym z trzech ogniw łańcucha mikroekonomicznej działalności układu.*

Realizujący się w mikroukładzie system informacyjny spełnia dwie zasadnicze funkcje:

- odwzorowania procesów planistyczno-realizacyjno-kontrolnych (w podsystemie "zarządzania");
- odwzorowania procesów wytwórczych (w podsystemie "p r o d u k c j i").

Ze względu na to, że przedmiotem dalszych szczegółowych dociekań będzie ta pierwsza funkcja systemu, odtąd będziemy używać terminu *in f o r m a c y j n y s y s t e m z a r z ą d z a n i a*⁷⁾ przyjmując, że jest to taki system, który realizuje się za pośrednictwem procesów przetwarzania informacji pochodzących ze sfery zarządzania układem (obiektem) ekonomicznym.

Z kolei sam proces przetwarzania informacji "zarządczych" może się odbywać przy użyciu środków (technik) dających się umownie podzielić na konwencjonalne i niekonwencjonalne⁸⁾.

Taki informacyjny system zarządzania, który realizuje się podczas przebiegu procesów przetwarzania informacji przy użyciu niekonwencjonalnych środków transformacji określimy mianem *in f o r m a t y c z n e g o s y s t e m u z a r z ą d z a n i a*. Z kolei zgodnie ze specyfikacją wewnętrzną technik niekonwencjonalnych, wśród informatycznych systemów zarządzania można wyróżnić systemy:

- małej informatyki;
- komputerowe.

Trzeba wyraźnie podkreślić, że duże i stale powiększające się tempo wzrostu produkcji i instalacji technicznych środków informatyki pociąga za sobą szybki rozwój tej ostatniej grupy systemów, o charakterze przyszłościowym.

Dlatego dalsze rozważania na temat budowy, funkcjonowania i rozwoju systemów

⁷⁾ *Synonimami tego terminu są określenia: system informacji, system informacji dla (celów) zarządzania, system informacji ekonomicznej, system informacyjno-decyzyjny, system informacji (informowania) kierownictwa. J. Gościński: Projektowanie systemów zarządzania. Warszawa 1971 r.*

⁸⁾ *Przez pojęcie konwencjonalnych technik przetwarzania informacji należy rozumieć ogólne techniki nieinformatyczne w tym także manualne; do niekonwencjonalnych technik przetwarzania informacji zalicza się urządzenie małej informatyki oraz komputery.*

informatycznych będą odnosiły się ściśle do systemów komputerowych ⁹⁾.

Ze względu na to, że informatyczny system zarządzania interpretujemy w istocie jako system przeznaczony do obsługi sfery mikroekonomiki, będziemy go również nazywać **o b i e k t o w y m s y s t e m e m i n f o r m a t y c z n y m**.

Skróconą klasyfikację systemów przedstawia rys. 3, w układzie dwu wieloszczeblowych kryteriów podziału, tj:

- kryterium przedmiotowego (cztery pierwsze poziomy);
- kryterium realizacyjnego (dwa kolejne poziomy).

Prawidłowo oceniając funkcje systemu informatycznego uznajemy, że spełnia on rolę służebną w stosunku do systemu informacyjnego, którego zadania są wyznaczone przez organizację systemu zarządzania.

Stąd wynika więc, że prawidłowe jest uporządkowanie hierarchiczne obejmujące:

- system zarządzania;
- system informacyjny;
- system informatyczny.

Zgodnie z ogólną teorią konstrukcji systemów makroekonomicznych należy zatem stosować sekwencję działań, według której do wybranego modelu systemu zarządzania – jako czynnika nadrzędnego – dobiera się dopasowany doń model systemu informacyjnego, a do niego z kolei dopasowuje model systemu informatycznego. Koncepcja systemu informatycznego jest w takim ujęciu pochodną innej koncepcji, o znacznie szerszym zasięgu, obejmującej zarówno system zarządzania, jak i system informacyjny, w ramach których i na rzecz, których ma działać ten system informatyczny.

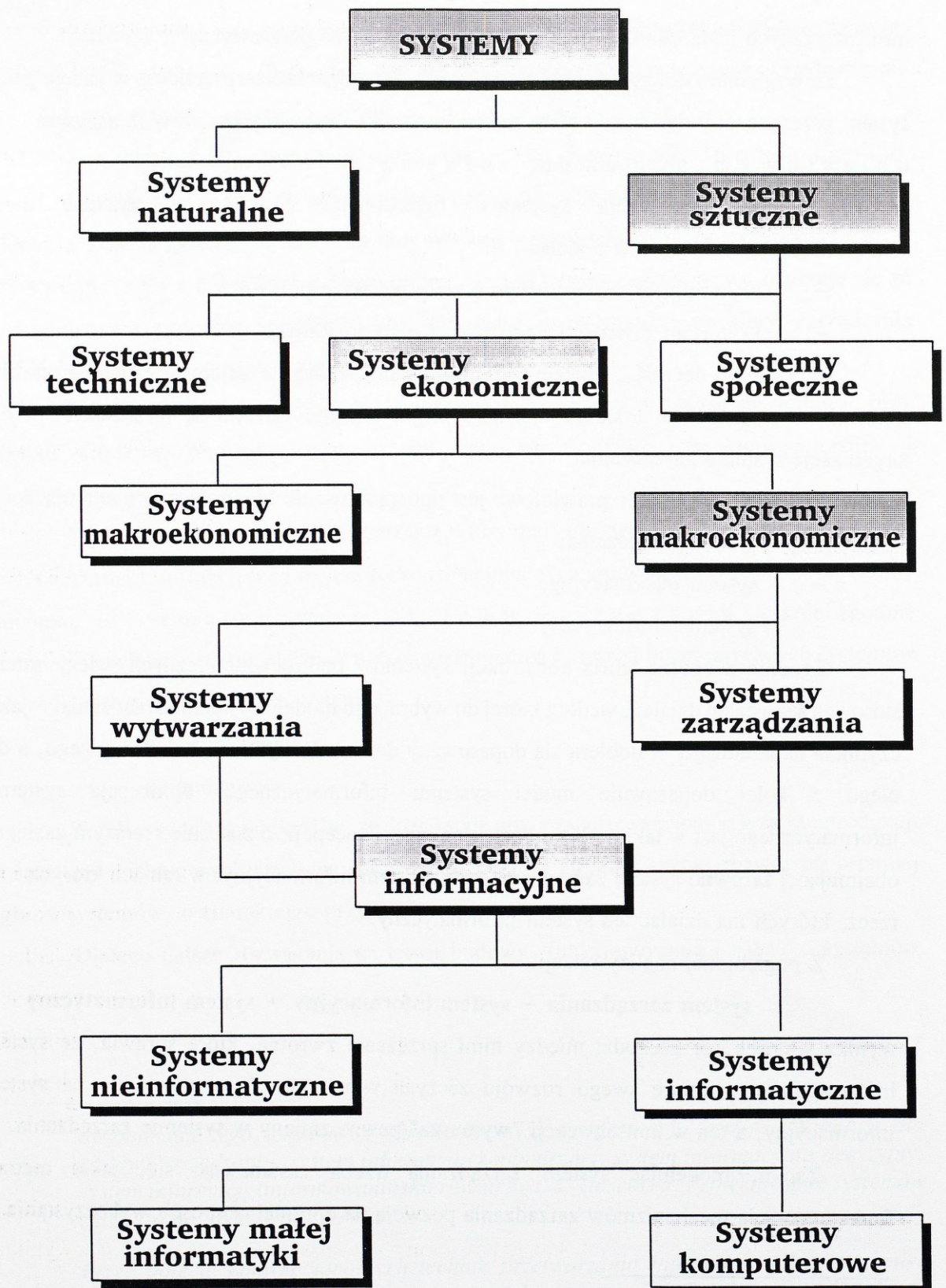
Z pogłębionej analizy relacji:

system zarządzania – system informacyjny – system informatyczny

wynika wnioszek, że zachodzi między nimi sprzężenie zwrotne, które sprawia, że system informatyczny w miarę swego rozwoju zaczyna wywierać "p r e s j ę" na system informacyjny, a ten w konsekwencji "wymusza" pewne zmiany w systemie zarządzania.

Zatem, modelując system zarządzania trzeba zastanawiać się, jakie metody funkcjonowania mechanizmów zarządzania pozwolą na optymalny sposób wykorzystania

⁹⁾ *Synonimem informatyczny system zarządzania są także określenia: informacyjny system zarządzania wspomagany komputerowo oraz skomputeryzowany informacyjny system zarządzania.*



Rys. 3. Klasyfikacja systemów mikroekonomicznych

komputerowej techniki przetwarzania, jednocześnie zaś modelując system informatyczny – należy wybierać metodykę gromadzenia, przetwarzania i prezentacji informacji pod kątem najlepszego przystosowania do funkcji zarządzania.

Zgodnie z myślą przewodnią niniejszego opracowania, przedmiotem dalszych szczegółowych zainteresowań jest **t e o r i a k o n s t r u k c j i s y s t e m ó w i n f o r m a t y c z n y c h**, której podstawowe zadania można ująć w formę następujących pytań:

- jak zbudować system: chodzi tu o przedstawienie ogółu metod i technik (inżynierskich) przydatnych w procesie konstrukcji;
- co może i powinno być przedmiotem tej budowy; chodzi o ścisłe określenie zakresu tematycznego systemu;
- kim i czym budować system, tzn. za pomocą jakich zespołów ludzkich i środków technicznych.

Teoria konstrukcji systemów informatycznych odnosi te trzy w/w aspekty do całokształtu przedsięwzięć związanych z budową systemów, tj. trzech podstawowych etapów ich projektowania, wdrażania i eksploatacji.

Teoria konstrukcji systemów informatycznych (w ścisłym znaczeniu) dotyczy natomiast wyłącznie etapu pierwszego, a więc projektowania systemów informatycznych.

1.2. System jako paradygmat

T. S. Kuhn przez **p a r a d y g m a t** rozumie wszystkie powszechnie w danym okresie uznawane przekonania teoretyczne (przyrodnicze i filozoficzne) oraz metody eksperymentowania, jakie są stosowane przez specjalistów w ich pracy badawczej. Według Kuhna zmiany paradygmatów dokonujemy rzadko i niechętnie, do końca usiłując uratować stare poglądy. Zmiany te przy tym nie mają charakteru przemyślanej decyzji, uczeni zaś uświadamiają sobie istnienie paradygmatu jedynie w momentach rewolucji naukowej. Charakterystyczne są w tej kwestii stwierdzenia: "Zmiana paradygmatu powoduje, że uczeni inaczej widzą świat, który jest przedmiotem ich badania" oraz "Przejście od jednego paradygmatu do drugiego, z którego wyłaniać się może nowa tradycja nauki instytucjonalne, nie jest bynajmniej procesem kumulatywnym; nie następuje też ono w wyniku uszczegółowienia czy też rozszerzenia starego paradygmatu. Jest to raczej przebudowa całego obszaru na nowych fundamentach, w wyniku czego zmianie ulegają niektóre najbardziej

podstawowe uogólnienia teoretyczne oraz wiele metod i zastosowań paradygmatycznych" ¹⁰⁾.

Tezy Kuhana można z pewnością zaliczyć do dyskusyjnych, z nimi też polemizuje K. Popper, który z kolei za paradygmat uważa teorię świadomie przyjętą. Popper twierdzi, że zmienia się ją często i że należy to czynić, gdy tylko wykryje się jakąś anomalie. Sądzi on ponadto, że wiedza powstająca według kolejnych paradygmatów daje się z sobą porównywać.

Mówiąc więc o systemie jako paradygmacie, nadajemy mu znaczenie bliższe drugiemu z wymienionych jego rozumień twierdząc, że mamy do czynienia z określoną i świadomie przyjętą teorią. Nie chodzi jednak o to, aby pojęcie "S y s t e m" kryło w sobie całość pewnej teorii, lecz raczej o pewną zasadę systemowości, pozwalającą na wyrażenie nowych koncepcji bez używania starych terminów.

Sens powyższych rozważań celnie oddają słowa A. Whiteheada:

"S y s t e m y n a u k o w e pojawiają się i przemijają. Każda metoda poznania ograniczonego została już całkowicie wyczerpana. W swym początkowym rozwoju każdy system jest oszałamiającym powodzeniem; u swego schyłku staje się nieznośną zawadą.

L. von Bertalanffy uznaje pojęcie systemu za równie stare jak filozofia europejska, wskazując na pojęcie kosmosu występujące już u Starożytnych Greków. H. Greniewski uważa, iż co najmniej od czasów powstania "Korpusu Hipokratejskiego" pojęcie systemu względnie odosobnionego jest stosowane w nauce. Bertalanffy przywołuje także pojęcie coincidentia oppositorum Mikołaja z Kuzy oraz kartezyjskie bete machine i homme machine de la Mettrie – jako wyraz próby rozwiązania problemów porządku lub organizacji, znajdujących kontynuację w darwinowskiej koncepcji doboru naturalnego. Uznając pojęcie organizacji za swoistą syntezę integralności i systemowości, za odzwierciedlenie ujęcia analityczno-syntetycznego jedności i więzi zjawisk rzeczywistych, wskazuje na pojęcie całości ograniczonej u Schellinga i Hegla. Uznaje on, iż podczas gdy kategoria całości ma postać abstrakcyjno-syntetyczną, to pojęcie systemu "będące jakby jej zaprzeczeniem dialektycznym, przybiera w zasadzie postać konkretno-analityczną".

Zasady systemowości powstały jako ujęcie całościowe (integralne) obiektów badania, co znalazło swój wyraz początkowo w pojęciu całości, a później zostało rozwinięte i skonkretyzowane w pojęciu systemu i organizacji.

¹⁰⁾ T. S. Kuhn – *Struktura rewolucji naukowych*. Warszawa 1968 r.

Zakładamy, że zasada systemowości reprezentuje stronę racjonalizmu holistycznego, zaś ujęcia systemowe w różnych dziedzinach badań stanowią formy konkretnej naukowej wiedzy metodologicznej.

Przyjmowania w badaniach postawa systemowa realizuje związek filozoficznej refleksji z naukową, techniczną i praktyczną działalnością ludzi przez:

- refleksje nad badaniami pewnych całości jako systemów;
- określenie miejsca idei systemowych we współczesnej nauce;
- badanie perspektyw rozwoju badań systemowych.

Dotychczas przyjmowaliśmy pojęcie systemu jako intuicyjnie powszechnie znane, nie podejmując próby podania jego precyzyjnej definicji.

Uważamy, że nie jest to konieczne, w szczególnym przypadku może zostać przyjęte jako kategoria – podstawowe pojęcie badań systemowych.

Jednakże istnieje bardzo wiele różnorodnych określeń i definicji systemu.

F o r m a l n a d e f i n i c j a s y s t e m u :

System przedstawiamy jako parę

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

w której

$$M = \{ m_i : i \in I = \{ 1, 2, \dots, K \}, K = 2, 3, \dots \}$$

oznacza skończony zbiór elementów,

$$R = R_j : j \in J = \{ 1, 2, \dots, L, L = 2, 3, \dots, 2^k \}$$

oznacza skończoną (L – elementową klasę relacji

R_j określony na zbiorze M .

Na przykład W. N. Sadowski przytacza ponad trzydzieści, z których większość nie budzi żadnych wątpliwości, różnią się one między sobą szczegółowością i ścisłością ¹¹⁾.

Analiza tych określeń może dostarczyć interesującego materiału w postaci zestawu cech systemowych, za pomocą którego definiowane jest pojęcie systemu. W zdecydowanej większości są to tzw. **d e f i n i c j e i n t e n s j o n a l n e**.

¹¹⁾ W. N. Sadowski – *Podstawy ogólnej teorii systemów*. Warszawa 1978 r.

W niniejszej pracy przyjmujemy określenie, które z pewnością najlepiej oddaje sens intuicyjną systemu i stanowić będzie punkt wyjścia kolejnych jego konkretyzacji.

S y s t e m j e s t p o j ę c i e m d e s y g n u j ą c y m p e w n ą c a ł o ś ć t w o r z o n ą p r z e z o k r e ś l o n y z b i ó r o b i e k t ó w (e l e m e n t ó w) i p o w i ą z a ń (r e l a c j i) m i ę d z y n i m i , r o z p a t r y w a n ą z o k r e ś l o n e g o p u n k t u w i d z e n i a (a s p e k t u b a d a ń).

1.3. Wybrane koncepcje i teorie systemowe

1.3.1. Ontologia "świata systemów" M. Bunge

Przedstawicielem filozofii systemów jest Mario Bunge, zaś przedmiotem jego ontologii "świata systemów" jest ta część teorii systemów, którą określa mianem systemizmu.

Systemizm Bungego powstał w rezultacie holizmu i atomizmu. Podstawą tej filozofii jest uznanie istnienia rzeczy materialnych, zaś system konceptualny ontologii Bungego został skonstruowany zgodnie z regułami filozofii naukowej.

Do reguł tych należą:

- stosowanie języka matematyki;
- precyzyjne definiowanie pojęć;
- eliminowanie subiektywizmu;
- unikanie reifikacji tworów konceptualnych;
- weryfikacja poprawności konstrukcji pojęciowych i badanie, czy nie są sprzeczne w obrębie proponowanego systemu;
- zgodność z wynikami uzyskanymi w naukach ścisłych.

Bungego interesuje perspektywa ogólnej teorii systemów jako swoistej metoteorii w odniesieniu do szczegółowych teorii systemów oraz perspektywa ontologii "świata systemów", która jest obrazem świata jako systemu otrzymanego przez zastosowanie jego aparatu pojęciowego do badania systemów n a kolejnych, genetycznie z sobą powiązanych poziomach w strukturze wszechświata.

Przyjęto założenia, że:

- 1• każdy system z wyjątkiem wszechświata jest podsystemem jakiegoś innego systemu;

- 2° wszechświat jest systemem takim, że każda rzecz jest komponentem tego systemu.

Podstawowe aspekty każdego systemu to:

- S K Ł A D (C);
- O T O C Z E N I E (E);
- S T R U K T U R A (S),

czyli sieć relacji występujących pomiędzy poszczególnymi elementami składu systemu oraz pomiędzy elementami systemu i jego otoczeniem.

- 1° S y s t e m m o ż n a określić tylko wtedy, gdy znana jest jego kompozycja tj. zbiór jego części, otoczenie i strukturę

$$S Y S T E M = < C ; E ; S > .$$

- 2° Agregat nie jest systemem, ponieważ między jego komponentami nie zachodzą interakcje (agregat nie ma struktury systemowej, choć może mieć strukturę przestrzenną).
- 3° Elementem kompozycji systemu może być system tak, jak elementem systemu nadrzędnego też może być system (systemy mogą tworzyć struktury "zagnieżdżone").
- 4° Wzajemne oddziaływania między rzeczami konkretnymi znajdują odbicie w ich własnościach i zachodzących w nich procesach (o systemie konkretnym można mówić tylko wtedy, gdy zbiór własności rzeczy danego systemu jest systemem własności oraz zbiór procesów zachodzących w tym systemie jest systemem funkcjonalnym).
- 5° Systemy mogą powstawać wtedy, gdy tworzą się trwałe połączenia między różnymi obiektami (gdy przebiegają one spontanicznie, wtedy mamy do czynienia z systemami naturalnymi, gdy tworzone są przez inne czynniki, określa się je jako systemy sztuczne lub techniczne).

Bunge zajmuje się systemami konkretnymi, bowiem stanowią one byty, na których świat systemów buduje swą ontologię.



1.3.2. Koncepcja P. K. M'Phersona

Koncepcja P.K. M'Phersona ¹²⁾ zawiera wiele interesujących rozważań i propozycji. Rozważania dotyczą głównie początków myśli holistycznej oraz jej krytyki, a także historycznych źródeł filozofii systemów.

Interesująco prezentuje się propozycja typów i klas systemów. Autor twierdzi, że głównym przedmiotem zainteresowania teoretyka systemów są tworzone przez człowieka systemy behawioralne i celowe.

Ogólne ich potraktowanie umożliwiają trzy konstrukcje pojęciowe:

1. **Cały system** – takie połączenie systemów specjalnych wpływa na zdolność całego systemu do skutecznego działania, rozwoju i przetrwania.
2. **Systemy specjalne** obejmują:
 - **system procesowy**, który zapewnia zdolność całego systemu do funkcjonowania, czyli do realizacji procesów umożliwiających osiągnięcie swoich celów;
 - **system sterowania**, który służy do kierowania i koordynacji działalności pozostałych systemów celem realizacji zadań całego systemu;
 - **system informacyjny**, służący do organizacji przetwarzania i dystrybucji informacji zgodnie z potrzebami sprawnego działania pozostałych systemów specjalnych;
 - **system logistyczny**, służący do utrzymania i zaopatrywania pozostałych systemów specjalnych (i siebie samego), aby działanie całego systemu przebiegało w sposób sprawny.

3. **System ogólny behawioralny** określany jako rodzina zbiorów:

$$S = (N, M, O, X, Y, Z, F(N, O, M), F(M, Z, X), F(X, Y), F(N, O, Z), T)$$



¹²⁾ P. K. M'Pherson. *Nauka o systemach i filozofia systemowa*. "Zagadnienia Naukoznawstwa", 1974 r.

gdzie:

- N – zbiór stanów otoczenia;
- M – zbiór bodźców (sterowanie, zakłócenia);
- O – wymagania operacyjne (cele, kryteria);
- X – zbiór stanów wejściowych (funkcjonalnych);
- Y – zbiór stanów wyjściowych;
- Z – zbiór stanów wewnętrznych (operacyjnych);
- F – funkcje opisujące zachowanie systemu;
- T – zbiór chwil czasu.

Poglądy M'Phersona wydają się mieć różnorakie źródła, a mianowicie:

- w sferze podziału dziedziny systemowej nawiązują do poglądów Bertalanffy'ego;
- w dziedzinie opisu języka korzystają z osiągnięć cybernetyki (cybernetyki technicznej);
- w kwestii podstawy filozoficznej sięgają do poglądów E. Laszlo.

W związku z zastrzeżeniami niektórych filozofów należy dodać, że Laszlo przedstawił opinię, według której wspólną podstawą filozoficzną ruchu systemowego są:

- holizm jako metodologia i ontologia;
- integracja poznania naukowego jako ideał dający się praktycznie zrealizować;
- jedność przyrody jako credo filozoficzne;
- humanizm jako zadanie i odpowiedzialność nauki.

Ponadto M'Pherson twierdzi, że znający się na rzeczy teoretyk systemów i filozof są zarówno redukcjonistami jak i holistami. Wydaje się, że jest to teza, która może być zaakceptowana tylko w ograniczonym stopniu, a więc nie może być przyjmowana jako generalna zasada.

1.3.3. Teoria M. Mesarovića

Teoria wielopoziomowych hierarchicznych systemów M. Mesarovića należy z pewnością, z powodu swojej pełności i spójności, do największych osiągnięć w matematycznym nurcie ogólnej teorii systemów. Należy także niewątpliwie do

najpopularniejszych i cieszących się powszechnym uznaniem teorii matematycznych, gdzie podstawowe pojęcia są wprowadzane w sposób aksjomatyczny, a właściwości systemu i jego zachowanie bada się ścisłymi metodami.

Teoria Mesarovića dotyczy zarówno podejmowania decyzji czy sterowania, jak i identyfikacji (opisu zależności wejść i wyjść).

Przyjęto pojęcie ogólnego systemu jako relacji między abstrakcyjnymi zbiorami:

$$S \subset X \{ v_i : i \in I \}$$

a gdy jest zbiorem skończonym:

$$S \subset V_0 x \dots x_n$$

Jeżeli zostaną wyróżnione zbiory wejść (bodźców) systemu $X = X \{ v_i : i \in J_x \}$ i wyjść (reakcji) $Y = X \{ v_i : i \in J_y \}$, gdzie $J = J_x \cup J_y$, to system przyjmuje się jako relację między wejściami i wyjściami:

$$S \subset X \times Y.$$

Jeżeli np. założymy, że oprócz X i Y dane są:

- zbiór decyzji M ;
- zbiór wartości efektów V ;

to zachowanie systemu opisują dwie funkcje:

* funkcja wyniku (procesu)

$$P : X \times M \rightarrow Y$$

* funkcja realizacji

$$G : M \times Y \rightarrow V$$

Jeżeli V będzie takie, że każdy podzbiór posiada minimum, to dla każdego $x \in X$ i $y \in Y$, $(x, y) \in S$ wtedy i tylko wtedy, gdy istnieje $m^* \in M$ takie, że dla każdego $m \in M$

$$G(m^*, P(x, m^*)) \leq G(m, P(x, m))$$

oraz

$$y = P(x, m^*).$$

Powyższy model stanowi przykład charakterystycznego ujęcia zagadnienia prezentowanego przez Mesarovića. Sam Mesarović uważa, że w zasadzie każdy system może zostać opisany jako przyczynowy (układ wejście – wyjście) lub też jako system celowy, co w konsekwencji może stanowić punkt wyjścia do prób pogodzenia wielu sprzecznych koncepcji (takich jak np. behawioryzm Skinnera i strukturalizm Chomsky'ego).

Najpoważniejsze osiągnięcia Mesarovića wiążą się z systemami o hierarchicznej strukturze sterowania.

Prace teoretyczne Mesarovića stanowią w chwili obecnej najpoważniejsze osiągnięcie poznawcze ogólnej teorii systemów.

1.3.4. Teoria systemów dynamicznych

Do najpopularniejszych teorii matematycznych systemów ogólnych należy niewątpliwie teoria systemów w dynamicznych prezentowana przez M. Arbibą, F. Falbą i R. Kalmana. Wykazuje ona w pewnych punktach zbieżność z teorią M. Mesarovića (Mesarović udowodnił, że każdy ogólny system czasowy

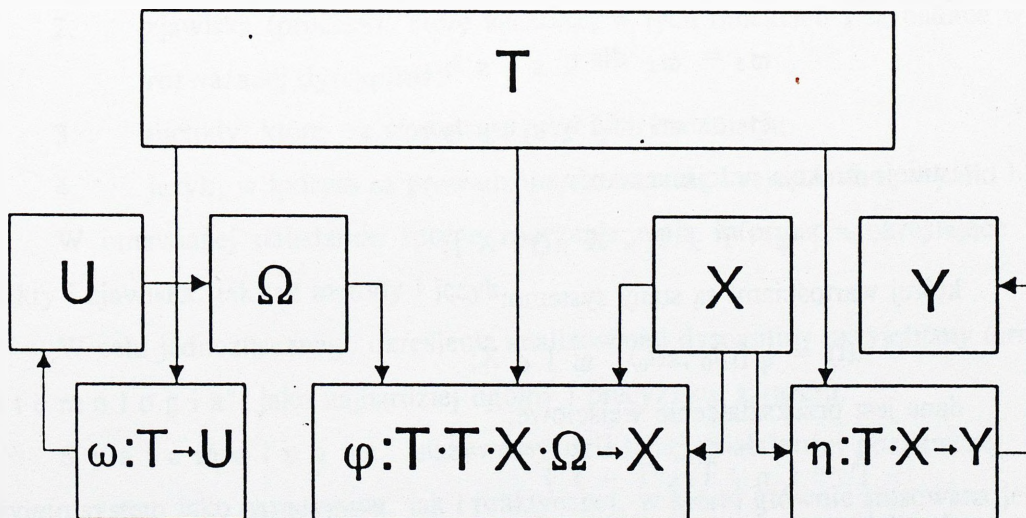
$$S \subset A^T \times B^T$$

gdzie:

A i B są zbiorami abstrakcyjnymi traktowanymi jako alfabet;

T – jest leniwe uporządkowanym zbiorem czasowym;

może być przedstawiony jako system dynamiczny), w innych zaś z teorią automatów skończonych.



Rys. 4. Ogólny schemat systemu dynamicznego

S y s t e m d y n a m i c z n y stanowi zbiór wzajemnie powiązanych elementów spełniających następujące warunki:

a) dane są:

- zbiór chwil czasu T ;
- zbiór stanów systemu X ;
- zbiór chwilowych wartości sygnałów wejściowych U ;
- zbiór dopuszczalnych wartości sygnałów:

$$\Omega = w : T \rightarrow U$$

- zbiór chwilowych wartości wielkości wyjściowych Y ;
- zbiór dopuszczalnych wartości wielkości wyjściowych:

$$\Gamma = \{ \eta : T \times T \rightarrow Y \}$$

b) zbiór T jest pewnym uporządkowanym podzbiorem zbioru liczb rzeczywistych

$$T \subset \mathbb{R};$$

c) zbiór sygnałów wejściowych spełnia warunki:

- zbiór Ω
- sygnały wejściowe ϖ na odcinku (t_1, t_3) mają własności:

$$\text{jeśli } \varpi_1, \varpi_2, \varpi_3 \in \Omega \text{ i } t_1 < t_2 < t_3 \in T$$

to

$$\varpi_3 = \varpi_1 \text{ dla } t_1 \leq t \leq t_2,$$

$$\varpi_3 = \varpi_2 \text{ dla } t_2 \leq t \leq t_3;$$

d) istnieje funkcja przejścia stanów:

$$\varphi = \{ \varphi : T \times T \times X \times \Omega \rightarrow X \},$$

której wartościami są stany systemu:

$$x(t) = \varphi [t; t_0, x(t_0), \varpi] \in X;$$

e) dane jest przekształcenie wyjściowe:

$$\Gamma = \{ \eta : T \times T \rightarrow Y \}$$

określające wartości wyjściowych wielkości systemu:

$$y(t) = \eta [t; x(t)] \in Y.$$

Teoria systemów dynamicznych umożliwia formułowanie i rozwiązywanie problemów optymalnego sterowania (szczególnie dla tzw. systemów liniowych) oraz tzw. zadań ciągłej liniowej filtracji, co pozwala widzieć jej podstawowe znaczenie dla zastosowań związanych z systemami technicznymi.

1.4. Klasyfikacja systemów

Poprzednio przedstawiliśmy pewien zbiór sądów syntetycznych o faktach i sądów egzystencjonalnych. Stwierdziliśmy bezspornie istnienie rozległego obszaru wiedzy systemowej, z której rozwojem związana jest dość bogata tradycja naukowa. Jednocześnie wskazany został znaczny stopień jej nieuporządkowania – występowanie wielu niejednokrotnie sprzecznych poglądów, koncepcji i teorii. Pozwoliło to na następującą konstatację: w chwili obecnej nie istnieje jednolity i spójny język systemowy. Przyczyny tego stanu wiąże się ze szczególną rozległością problematyki systemowej i wynikającymi stąd trudnościami metodologicznymi, których tradycyjna metodologia często nie jest w stanie przewyciężyć.

W opisie każdej dyscypliny naukowej podstawową rolę odgrywają **cztery grupy informacji**, określające:

1. obiekty, których dotyczy omówiona dziedzina;
2. zjawiska (procesy), które zachodzą w tych obiektach i są badane w ramach rozważanej dyscypliny;
3. metody, które są stosowane przy tych badaniach;
4. język, w którym są prowadzone rozważania i rejestrowane wyniki badań.

W omawianej dziedzinie istotne znaczenie mają informacje określające zarówno obiekty i zjawiska, jak też metody i język.

W celu jednoznacznego określenia analizowanej dyscypliny przyjęliśmy termin "systemologia", jako najbardziej ogólny i precyzyjny zarazem.

Systemologią nazywamy dziedzinę działalności poznawczej, w której przyjęto system jako paradygmat, jak i praktycznej, w której głównie stosowana jest zasada systemowa.

Systemem nazywamy obiekt złożony, wyróżniony z badanej rzeczywistości, przedstawiony jako pewna całość, utworzona ze zbioru obiektów elementarnych i powiązań,

relacji między nimi.

Powiemy, że "coś" jest całością wtedy, gdy stanowi zbiór pełny (zamknięty), jest w określony sposób wyróżnione z otoczenia oraz składa się z "części", które dadzą się oddzielić, a jednocześnie są ze sobą związane w pewien szczególny sposób. "Całość" stanowi zawsze obiekt inny niż jej "części", co może polegać na tym, że jest swoistą jakościowo postacią dającą się badać; może cechować ją szczególny sposób działania, odmienny od działania poszczególnych części; nadaje sens istnieniu (funkcjonowaniu) swoich części. Wynika stąd, że system jako całość przeciwstawiony jest analityczno-sumacyjnemu widzeniu rzeczywistości.

Istotną kategorią jest relacja systemotwórcza określona na zbiorze elementów systemu, dzięki której obiekt charakteryzują tzw. **cechy systemowe**. Są to właściwości, które przysługują systemowi jako całości, lecz których nie mają elementy systemu.

Obiektami elementarnymi (elementami) nazywamy takie, obiekty, które występując w określonym układzie relacji bezpośrednio tworzą daną całość (system).

Zbiór obiektów elementarnych (elementów) tworzących daną całość nazywamy **składem systemu**.

Mówimy, że określony został skład systemu wtedy i tylko wtedy, gdy dany jest co najmniej dwuelementowy zbiór obiektów elementarnych M ($\text{card } M \geq 2$) oraz na zbiorze M ustalono dwuczłonową relację R_c – "być składnikiem".

Oznacza to, że zbiór M jest składem systemu, jeżeli:

- 1• zbiór M jest zbiorem skończonym ($\text{card } M < \infty$);
- 2• na zbiorze M określona jest co najmniej relacja R_c .

Istnienie obiektów elementarnych i relacji między nimi jest warunkiem koniecznym, lecz niedostatecznym do powstania systemu.

Warunkiem koniecznym i dostatecznym powstania systemu jest bowiem istnienie zbioru elementów i relacji między nimi oraz zbioru cech systemowych, charakteryzujących utworzoną z tych elementów całość.

Zbiór elementów tworzących system nazywać będziemy też **składem systemu**, natomiast zbiór relacji pomiędzy nimi – **strukturą**.

Warunkiem koniecznym i dostatecznym powstania systemu jest ustalenie relacji systemotwórczej na zbiorze elementów systemu.

Na podstawie powyższych uwag można stwierdzić, że zdefiniowanie danego obiektu jako systemu wiąże się z określoną konceptualizacją, czyli wyborem cech, za pomocą których

chcemy badany obiekt opisywać. Nie istnieje taki opis obiektu empirycznego jako systemu, który uwzględniałby wszystkie możliwe aspekty badań systemowych, wyrażane celem poznawczym (lub praktycznym) teorii systemów.

Powyższą tezę można sformułować w postaci **zasady relatywności systemów**, przez którą rozumiemy konieczność przyjmowania w opisie obiektu jako systemu określonego aspektu badań systemowych.

Opis systemu zgodny z celami badań systemowych nazywamy **efektywnym**, a obserwację prowadzącą do efektywnego opisu systemu – **obserwacją efektywną**.

W świetle zagadnienia obserwacji systemów szczególne znaczenie ma rozróżnienie "wielkości" i "złożoności" systemu. Cechy te można wiązać z określonym poziomem obserwacji.

Ze względu na "wielkość" możemy systemy podzielić na trzy klasy:

- **s y s t e m y m a ł e** składające się z obiektów elementarnych, wśród których nie istnieje żaden obiekt, który może być traktowany jako system;
- **s y s t e m y ś r e d n i e** składające się z obiektów, wśród których istnieje co najmniej jeden taki obiekt, który może być traktowany jako system mały;
- **s y s t e m y w i e l k i e**, których wszystkie obiekty składowe są co najmniej systemami małymi.

W tym przypadku, jako kryterium wielkości **s y s t e m ó w** przyjęliśmy nie ilość elementów, lecz ich morfologię.

Ze względu na złożoność będziemy wyróżniać:

- **systemy proste;**
- **systemy złożone**

przy czym za podstawę wyróżnienia przyjęto typ i charakter struktury, a więc ilość i rodzaj relacji pomiędzy elementami, ilość jednostek hierarchicznych itp.

S y s t e m e m p r o s t y m nazywamy system składający się z obiektów elementarnych, wśród których żaden nie może być traktowany jako system.

S y s t e m e m z ł o ż o n y m nazywamy system składający się z obiektów, wśród których co najmniej kilka można traktować jako systemy proste.

Zauważmy, że mówienie o systemie, że jest mały, średni czy duży, związane jest z przyjętym poziomem rozdzielności w badaniu, a więc obciążone jest pewną względnością. Jest

zrelatywizowane do poziomu rozdzielności, czyli zakresu obserwacji danego obiektu.

P o s ł u g i w a n i e się pojęciem systemu musi być podporządkowane pewnym regułom, do których można zaliczyć:

- **ś c i ś l o ś ć**, czyli system powinien być ściśle określony, aby dokładnie było wiadomo jakie elementy do niego należą (tzw. tworzą system) a jakie do jego otoczenia;
- **n i e z m i e n n o ś ć**, czyli określenie systemu powinno być niezmiennie w toku rozważań (badań systemowych), bowiem niedopuszczalne jest aby pewne elementy były traktowane jako część systemu, natomiast niekiedy – jako elementy otoczenia systemu;
- **z u p e ł n o ś ć**, czyli podział systemu na podsystemy powinien być zupełny, bowiem system nie może zawierać elementów nie należących do żadnego z jego podsystemów;
- **r o z ł ą c z n o ś ć**, czyli podział systemu na podsystemy powinien być rozłączony, bowiem system nie może zawierać elementów należących do kilku systemów jednocześnie.

1.5. System informacyjny

P r o c e s e m i n f o r m a c y j n y m nazywamy proces działania, którego celem jest zbieranie, przesyłanie, przechowywanie, przetwarzanie i udostępnianie informacji, zgodnie z potrzebami systemu decyzyjnego i nadrzędnego systemu kierowania.

Procesem informacyjnym nazywamy przekształcenia:

$$H_w : I \times L \times T \rightarrow K$$

$$H_z : K \times L \times T \rightarrow J$$

gdzie:

H_w – funkcja informowania wewnętrznego

H_z – funkcja informowania zewnętrznego.

Zakładamy, że istnieje funkcja

$$H_w(i, l, t) = k \in K$$

taka, że

$$V_j(k, t) \geq V_0 \quad \text{lub} \quad V_j(k, t) \in v_j$$

gdzie:

- $V_j(k, t)$ – funkcja wartości informacji,
 V_0 – pożądana wartość informacji określona przez decydentów.

oraz istnieje funkcja

$$H_z(k, l, t) = j \in J$$

taka, że

$$V^z(j, t) \geq V^z$$

gdzie:

- $V^z(k, t)$ – funkcja wartości informacji określona przez NSK.

Sytuacją informacyjną nazywamy każdy element produktu

$I \times L \times K \times J \times v$, gdzie v oznacza zbiór stosowanych funkcji wartości informacji.

Ze względu na jakość informacji możemy podzielić na:

- informacje niezawodne lub błędne;
- informacje pełne (kompletne) lub niepełne (niekompletne);
- informacje aktualne (terminowe) lub nieaktualne (nieterminowe).

O systemie informacyjnym (SI) powiemy, że jest efektywny, jeżeli zachodzi w nim transinformowanie, czyli udostępnianie informacji niezawodnych, pełnych i aktualnych.

Przyjmujemy następującą definicję systemu informacyjnego:

S y s t e m e m i n f o r m a c y j n y m nazywamy system, którego celem jest zbieranie, przesyłanie, przechowywanie, przetwarzanie i udostępnianie informacji zgodnie z potrzebami i wymaganiami użytkowników.

Powyższą definicję możemy przedstawić też w sposób następujący:

S y s t e m e m i n f o r m a c y j n y m nazywamy podsystem, systemu kierowania (SK), określony następująco:

$$SI = \langle M', R' \rangle$$

gdzie:

- M' – zbiór elementów informacyjnych
 R' – zbiór powiązań pomiędzy elementami informacyjnymi:

$$R' \subset M' \times M'$$

i realizujący działania

$$A' = \langle G', I, L, K, H_w, H_z, u \rangle$$

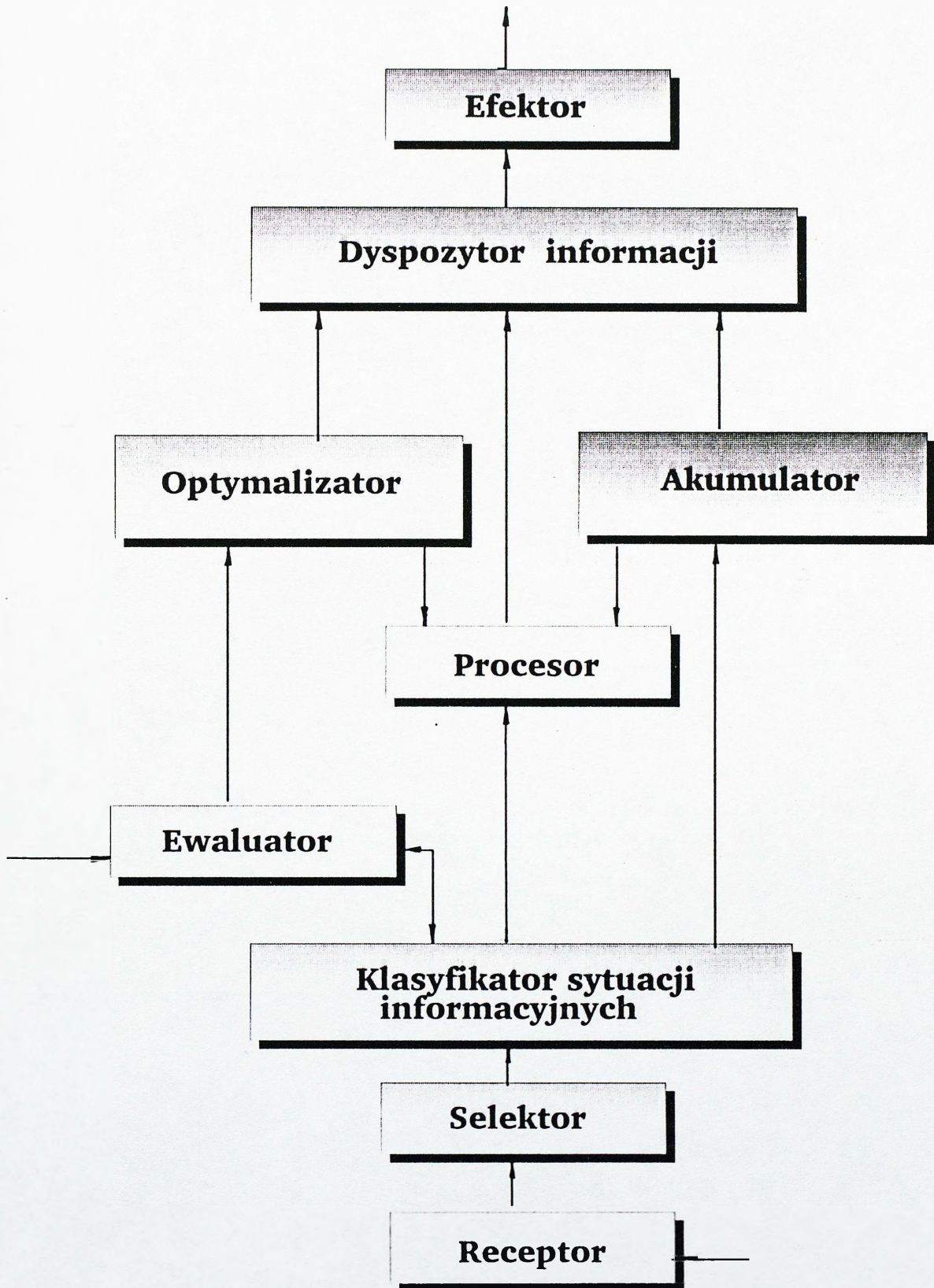
Na rys.5 przedstawiono funkcjonalny model systemu informacyjnego, w którym wyróżniono następujące układy:

- r e c e p t o r, czyli układ zbierający informacje;
- s e l e k t o r, czyli układ dokonujący selekcji zebranych informacji;
- k l a s y f i k a t o r s y t u a c j i i n f o r m a c y j n y c h;
- a k u m u l a t o r, czyli układ przechowujący informacje;
- p r o c e s o r, czyli układ przetwarzający informacje;
- e w a l u a t o r, czyli układ oceniający informacje;
- o p t y m a l i z a t o r, czyli układ sterujący procesem informowania;
- d y s p o z y t o r i n f o r m a c j i;
- e f e k t o r, czyli układ udostępniający informacje.

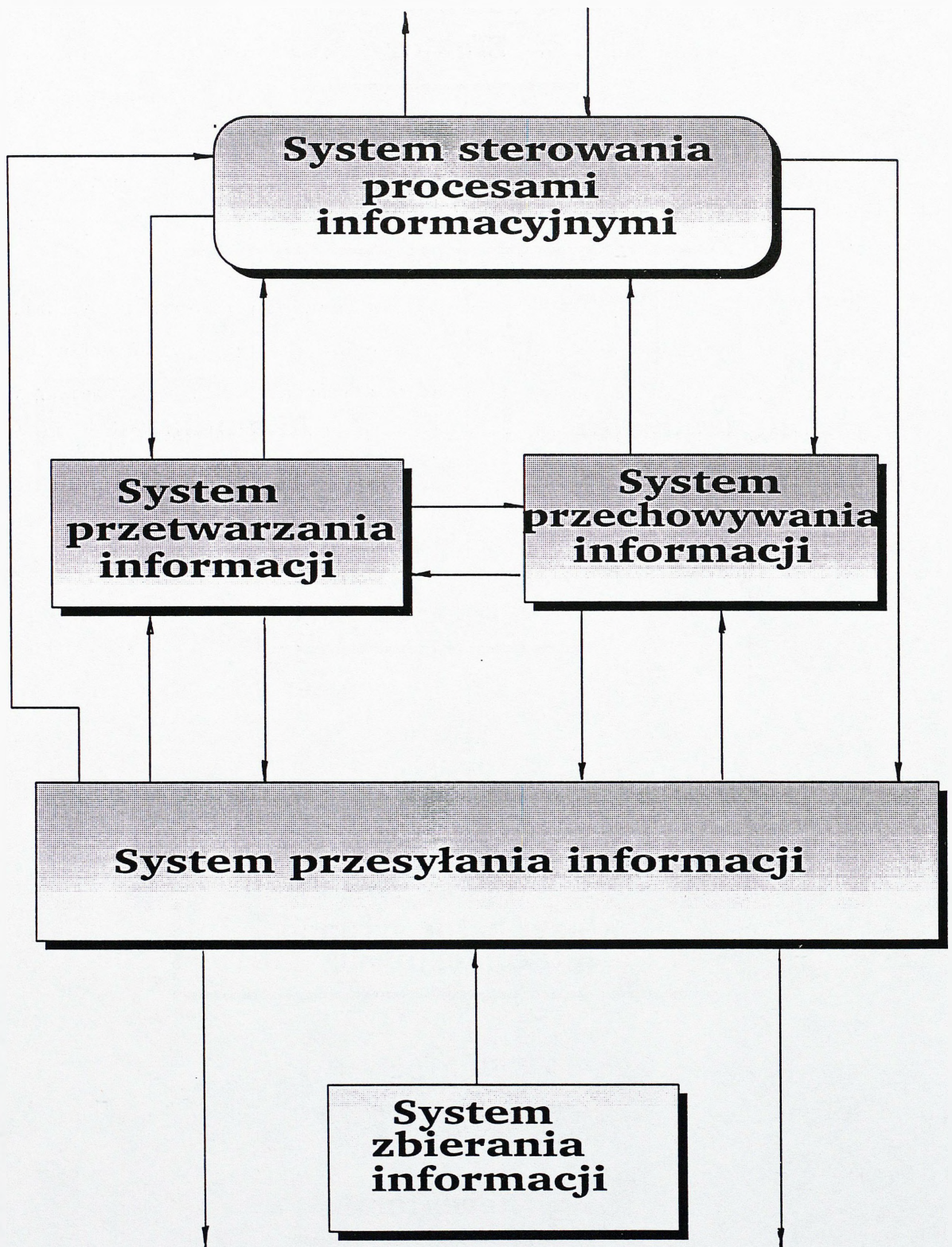
W każdym SI możemy wyróżnić następujące podsystemy:

- system zbierania informacji;
- system przechowywania informacji;
- system przesyłania (udostępniania) informacji;
- system przetwarzania informacji;
- system sterowania procesami informacyjnymi.

Efektywny SI powinien zapewniać podejmowanie decyzji na podstawie zarówno informacji "historycznych" jak i informacji "diagnostycznych" i "prognostycznych" w trybie pewnego dialogu pomiędzy decydem a informatorem.



Rys. 5. Model funkcjonalny systemu informacyjnego



Rys. 6. Model funkcjonalny systemu informacyjnego

Systemy informacyjne, których celem jest zaspokojenie określonych potrzeb informacyjnych podzielić można na trzy podstawowe kategorie:

- 1 – **s y s t e m y m a s o w e g o i n f o r m o w a n i a**, służące do zaspokojenia najszerzej rozumianych potrzeb informacyjnych społeczeństwa;
- 2 – **s y s t e m y i n f o r m o w a n i a d e c y d e n t ó w (k i e r o w n i c t w a)**, służące do zaspokajania potrzeb i wymagań decydentów niezbędnych do efektywnego kierowania;
- 3 – **s p e c j a l i s t y c z n e s y s t e m y i n f o r m a c y j n e**, służące do obsługi informacyjnej określonych grup użytkowników.

Naszą uwagę skupiamy na systemach informowania kierownictwa, ponieważ w systemach tych kategorii najpełniej wyraża się systemowy charakter informacji.

2. C H A R A K T E R Y S T Y K A S Y S T E M Ó W INFORMATYCZNYCH

2.1. Wprowadzenie

Druga połowa dwudziestego wieku cechuje się bardzo wysokim i wciąż wzrastającym tempem rozwoju nauki i techniki, której zdobycze wkraczają do wszystkich dziedzin gospodarki, sfer życia społecznego oraz struktur organizacyjnych wojska.

Szybkość tego postępu w poszczególnych krajach ma przy tym decydujący wpływ na potencjał ekonomiczny, a także na ogólny poziom egzystencji społeczeństwa.

Szeroki zakres, wysokie tempo oraz duża intensywność pozytywnych przemian rozwojowych obu głównych domen postępu cywilizacyjnego (gospodarki i społeczeństwa) ukształtowały powszechnie aprobowany pogląd, druga połowa XX wieku jest okresem rewolucji naukowo-technicznej, opartej na wykorzystaniu najświeższych osiągnięć informatyki oraz dyscyplin ją wspierających: elektroniki, automatyki, robotyki i telekomunikacji.

I n f o r m a t y k a stała się dzisiaj, po energetyce i motoryzacji, trzecią branżą świata. W związku z tym i skala problemów, którymi zajmuje się informatyka jest znaczna. Do nich można zaliczyć następujące problemy:

- określenie roli i rangi przemysłu informatycznego;
- określenie właściwej skali zastosowań informatyki;
- zapewnienie właściwego rozwoju dyscyplin naukowych związanych z informatyką;
- doskonalenie metod analizy, oceny i syntezy systemów informatycznych itp.

Jedną z najczęściej spotykanych określeń informatyki brzmi:

"I n f o r m a t y k a jest dziedziną wiedzy obejmującą dyscypliny nauki i techniki związane ze zbieraniem i przechowywaniem informacji, ich przetwarzaniem oraz sposobami ich reprezentowania, jak również z budową urządzeń i systemów służących do tych celów".

Określenie to wydaje się zbyt szerokie, bowiem obejmuje problematykę, którą – do

chwili pojawienia się pojęcia "i n f o r m a t y k a" – zajmowały się z powodzeniem: cybernetyka, elektronika, łączność i telekomunikacja.

Określenie przedmiotu informatyki można z powodzeniem zawęzić, skupiając główną uwagę na zastosowaniach, co wynika z instrumentalnego potraktowania tej dyscypliny.

Można wyróżnić dwa podstawowe działy informatyki:

1● **p o d s t a w y i n f o r m a t y k i**, które obejmują:

- teorię systemów liczących zajmującą się podstawami tworzenia systemów liczących;
- teorię programowania zajmującą się podstawami tworzenia optymalnych języków komunikowania się człowieka z systemami liczącymi;
- teorię struktur danych zajmującą się podstawami tworzenia optymalnych zbiorów danych oraz opisem formalnym informacji;
- teorię systemów informatycznych, której przedmiotem są zautomatyzowane systemy informacyjne, a w szczególności zagadnienia organizacji procesów informacyjnych, struktur informacyjnych sterowania procesami i zasobami (np. teoria systemów operacyjnych, teoria wyszukiwania informacji, teoria sieci komputerowych itp.).

2● **i n ż y n i e r i a s y s t e m ó w i n f o r m a t y c z n y c h** czyli całokształt metod i technik tworzenia systemów informatycznych, która obejmuje:

- analize systemowa obiektów informatyzacji, czyli całokształt metod badania obiektów informatyzowanych w celu racjonalnej identyfikacji potrzeb i zadań projektowych;
- metody informatyzacji, czyli całokształt metod i technik projektowanie systemów informatycznych dla określonych systemów działania, w tym metod wyboru niezbędnych środków technicznych i programowych;
- inżynierię programowania;
- analize efektywności systemów informatycznych, czyli całokształt metod analizy i oceny efektywności środków technicznych i programowych oraz systemów informatycznych jako całości z punktu widzenia celów nadrzędnych.

Wyróżniając inżynierię systemów informatycznych podkreślono, w ten sposób,

pragmatyczny, instrumentalny charakter informatyki całkowicie uzależniony od celów stawianych przez obiekty informatyzacji – użytkowników SI.

W związku z powyższym istotne znaczenie ma wyróżnienie SI ze względu na specyfikę obiektów informatyzacji. Proponuje się wyróżnić:

- specjalistyczne systemy informatyczne (np. systemy sterowania procesami technologicznymi);
- systemy masowego informowania (np. systemy informacji naukowo-technicznej i ekonomicznej);
- systemy informowania decydentów, czyli informatyczne systemy kierowania (zarządzania, dowodzenia).

Przyjmując za punkt wyjścia aktualnie realizowany w RP program informatyzacji (rozwoju informatyki) wyróżniamy następujące grupy SI:

- państwowe (rządowe) systemy informatyczne usprawniające działalność centralnych organów administracji państwowej;
- resortowe i międzyresortowe;
- systemy automatyzacji zarządzania obiektami w celu usprawnienia działalności organizacji gospodarczych;
- systemy automatyzacji procesów technologicznych – dla sterowania procesami produkcyjnymi;
- systemy automatyzacji prac zawodowych;
- systemy abonenckie służące do "wzmocnienia" usług obliczeniowych dla zaplecza naukowo-badawczego i dydaktyki wyższych uczelni.

Różnorodność obiektów informatyzacji powoduje konieczność dostosowywania metod i technik inżynierii SI do specyfiki tych obiektów.

2.2. Model systemu informatycznego

Najogólniej **s y s t e m e m i n f o r m a t y c z n y m** nazywa się zautomatyzowany system informacyjny, czyli taki system informacyjny, w którym większość operacji na danych wykonywana jest za pomocą technicznych i programowych środków informatyki.

Ogólnie model SI możemy przedstawić w sposób następujący:

$$SI = \langle P, \sigma, \delta, E \rangle$$

gdzie:

P – zbiór procesów informacyjnych;

Procesem informacyjnym nazywamy proces działania, którego celem jest zbieranie, przesyłanie, przetwarzanie i udostępnianie informacji zgodnie z potrzebami systemu decyzyjnego i nadrzędnego systemu kierowania.

Proces informacyjny możemy zapisać jako przekształcenie:

$$H_w : I \times K \times T \rightarrow K$$

$$H_z : K \times L \times T \rightarrow J$$

gdzie:

H_w – funkcja informowania wewnętrznego;

H_z – funkcja informowania zewnętrznego;

I – zbiór informacji pierwotnych;

J – zbiór informacji przesyłanych do nadrzędnego systemu kierowania (NSK);

L – zbiór informacji pochodzących z otoczenia systemu działania;

V – zbiór możliwych decyzji;

D – zbiór dopuszczalnych decyzji podejmowanych w SK;

K – zbiór informacji otrzymywanych przez system decyzyjny z SI.

Systemem decyzyjnym nazywać będziemy podsystem systemu kierowania określony w sposób następujący:

$$SD = \langle M^D, R^D \rangle$$

gdzie:

M^D – zbiór elementów decyzyjnych (decydentów);

R^D – zbiór powiązań między elementami decyzyjnymi (struktura decyzyjna)

$$R^D \subset M^D \times M^D$$

przy czym system decyzyjny realizuje działania:

$$D^D = \langle G^D, K, V, \delta, \Pi \rangle; G^D \subset G^A$$

Procesem decyzyjnym nazywamy proces przekształcania na podstawie przyjętych reguł decyzyjnych informacji o procesie działania i otoczeniu

systemu działania oraz decyzji otrzymanych z NSK – w decyzje niezbędne dla organizacji działania.

Procesem decyzyjnym nazywamy następujące przekształcenie:

$$\delta : K \times V \times T \rightarrow D.$$

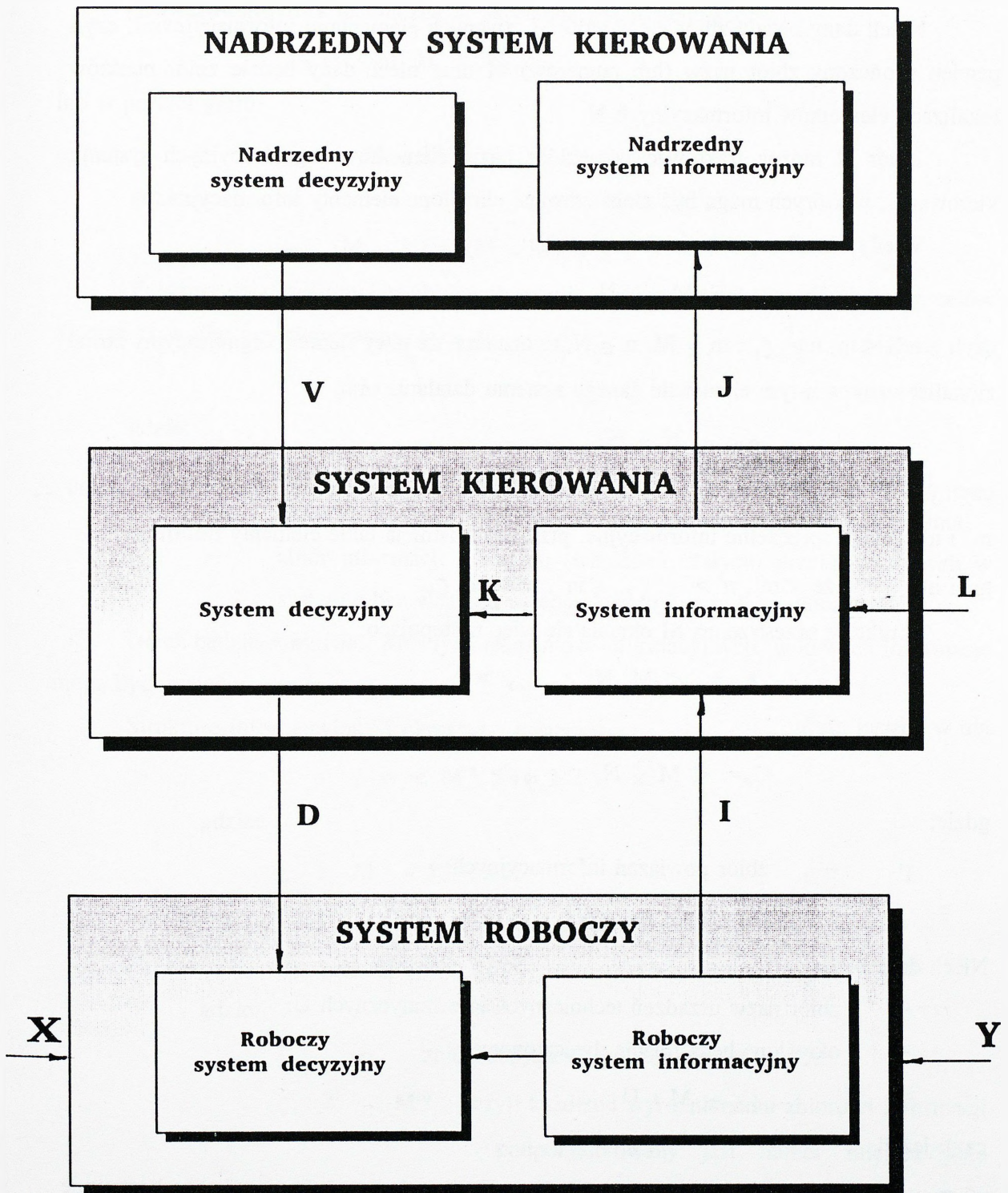
- σ – struktura systemu;
- δ – sterowanie (proces decyzyjny);
- E – wskaźnik oceny efektywności.

Przyjmujemy następujący opis struktury systemu

$$\sigma = \langle \sigma_P, \sigma_T, \sigma_I, \sigma_0 \rangle$$

gdzie:

- σ_P – struktura przestrzenna;
- σ_T – struktura techniczna;
- σ_I – struktura informacyjna;
- σ_0 – struktura programowa.



Rys. 7. Schemat podstawowych powiązań informacyjno - decyzyjnych w systemie hierarchicznym.

Niech dany będzie zbiór elementów SI, zwanych elementami informacyjnymi, czyli pewien skończony zbiór nazw (lub numerów) M oraz niech dany będzie zbiór punktów lokalizacji elementów informacyjnych N .

Zbiór N można traktować jako zbiór nazw elementów organizacyjnych systemu kierowania, w których mogą być zlokalizowane określone elementy informacyjne.

Wtedy określamy relacje dwuczłonowe:

$$\zeta_P \subset M \times N$$

czyli jeżeli $\langle m, n \rangle \in \zeta_P$; $m \in M$, $n \in N$, to oznacza, że m -ty element organizacyjny został zlokalizowany w n -tym elemencie danego systemu działania oraz

$$\rho_P \subset N \times N$$

czyli jeżeli $\langle n', n'' \rangle \in \rho_P$, $n', n'' \in N$, to mówimy, że pomiędzy elementami systemu m' i m'' istnieje sprzężenie informacyjne, przy czym istnieją takie elementy informacyjne m' i $m'' \in M$, że $\langle m', n' \rangle \in \zeta_P$, $\langle m'', n'' \rangle \in \zeta_P$.

Strukturę przestrzenną SI określa się więc następująco:

$$\delta_P = \langle M, N; \zeta_P, \rho_P \rangle$$

lub w postaci grafu

$$G_P = \langle M \times N, \Gamma; \varphi_P \rangle$$

gdzie:

Γ — zbiór powiązań informacyjnych;

$\varphi_P : (M \times N) \times (M \times N)$

Niech dane będą:

- zbiór nazw urządzeń technicznych informatycznych U ;
- określone będą relacje dwuczłonowe:

$$\zeta_t \subset M \times U$$

czyli jeżeli

$\langle m, u \rangle \in \zeta_t$, $m \in M$, $u \in U$, to mówimy, że m -ty element informacyjny wykorzystuje n -te urządzenie techniczne oraz relacja $\zeta_t \subset U \times U$ taka że jeżeli $\langle u', u'' \rangle \in \zeta_t$, $u', u'' \in U$ to mówimy, że pomiędzy urządzeniami u' i u'' istnieje przesyłanie (wymiana) informacji.

Wówczas struktura techniczna SI określona jest następująco:

$$\sigma_T = \langle M, U, \zeta_i, \varphi_i \rangle$$

lub w postaci grafu:

$$G_T = \langle M \times U \times, \Gamma; \varphi_i \rangle$$

gdzie:

$$\varphi_i : (M \times U) \times (M \times U) \rightarrow \Gamma$$

Załóżmy, że określony jest zbiór informacji , które są niezbędne do realizacji celów SI oraz są w nim przechowywane, taki, że:

$$J = I \cup L \cup I_0$$

gdzie:

- I – zbiór pożądaných informacji o stanach systemu wykonawczego;
- L – zbiór pożądaných informacji o otoczeniu danego systemu działania;
- I₀ – zbiór informacji o stałych (względnie stałych) przechowywanych w systemie bez względu na charakter zmian w jego otoczeniu.

Niech będzie dany zbiór M⁽ⁱ⁾ tych elementów informacyjnych, w których informacje mogą być przechowywane.

Strukturę informacyjną SI określamy następująco:

$$\sigma_i = \langle M^{(i)}, J, \zeta_i \rangle$$

gdzie:

$$\zeta_i \subset M^{(i)} \times J$$

lub ogólny

$$\sigma_i = \langle M^{(i)}, 2^J; \zeta_i \rangle$$

gdzie:

2^J – zbiór wszystkich podzbiorów zbioru J.

$\zeta_i : 2^J \rightarrow M^{(i)}$ czyli każdemu wyróżnionemu zbiorowi informacji podporządkowany jest numer miejsca jego przechowywania.

Jeżeli dany jest zbiór P wykorzystywanych w SI programów użytkowych realizujących przetwarzanie informacji zgodnie z algorytmami określonymi zbiorem A, czyli istnieje przekształcenie

$$\varphi_A : 2^P \rightarrow A$$

oraz dany jest zbiór elementów przetwarzających informacje

$$M^{(0)} \subset M$$

przy czym

$$M^{(0)} \cap M^{(1)} = \emptyset$$

to wtedy możemy określić taką relację dwuczłonową

$$\zeta_0 \subset M^{(0)} \times P$$

że jeżeli $\langle m, p \rangle \in \zeta_0$, to mówimy, że w m -tym elemencie wykorzystywany jest p -ty program użytkowy.

Mówimy więc, że została określona struktura programowa SI, gdy

$$\sigma_0 = \langle M^{(0)}, P, \zeta_0 \rangle$$

lub ogólniej

$$\sigma_0 = \langle M^{(0)}, 2^P, \zeta_0 \rangle$$

gdzie:

$$\zeta_0 : M^{(0)} \rightarrow 2^P$$

2.3. Struktura systemu informatycznego

System informatyczny jest centralnym pojęciem informatyki, skupia on bowiem wszystkie treści związane z tworzeniem jego konstrukcji i technologii, z jego eksploatacją oraz czynnikami wynikającymi z jego powiązań z szeroko rozumianym otoczeniem.

Określając pojęcie *s y s t e m u i n f o r m a t y c z n e g o*, można stwierdzić że jest to system informacyjny, w którym proces przetwarzania danych jest realizowany przez *s y s t e m k o m p u t e r o w y*¹³⁾.

Powyzsza definicja wymaga przypomnienia definicji systemu informacyjnego,

¹³⁾ Przez *s y s t e m k o m p u t e r o w y* należy rozumieć zorganizowany układ dwóch wzajemnie ze sobą powiązanych elementów, którymi są:

- sprzęt (tj. środki techniczne);
- oprogramowanie (środki programowe).

stanowiącego kategorię pierwotną w stosunku do systemu informatycznego.

Przez s y s t e m i n f o r m a c y j n y należy rozumieć wyodrębniony czasowo i przestrzennie układ przetwarzania informacji, będący zbiorem celowo ze sobą powiązanych elementów, którymi są:

- źródła danych;
- metody ich gromadzenia i przetwarzania;
- kanały przepływu informacji;
- środki materialne;
- miejsca przeznaczenia informacji.

Każdy z wymienionych elementów systemu realizuje funkcje podporządkowane celowi postawionemu przed systemem.

Inaczej rzecz ujmując, strukturę systemu informacyjnego tworzy wyróżniony przestrzennie i uporządkowany czasowo kompleks zbiorów informacji, punktów ich generowania, kanałów ich przesyłania oraz punktów ich odbioru.

Istotę systemu informatycznego można określić jako „rodzaj zastosowania komputerów w procesach informacyjnych – przy takim doborze urządzeń i kompozycji oprogramowania, aby uwzględniając wymogi otoczenia i możliwości zespołów ludzkich, z określonych wejść za pomocą odpowiednich technologii uzyskać wyjścia realizujące cel procesu informacyjnego”.

P o d c h o d z ą c analitycznie do pojęcia systemu informatycznego można posłużyć się charakterystyką systemu działania, sformułowaną przez G. Nadlera.

Charakterystykę każdego systemu informatycznego można przeprowadzić, opisując jego podstawowe elementy składowe, którymi są:

1. G ł ó w n e z a d a n i e, tj. cel, jaki ma spełniać system informatyczny oraz jego podstawowe funkcje. Celem tym jest automatyczne uzyskanie informacji niezbędnych dla użytkownika w procesach jego działania. Za podstawowe funkcje systemu można uznać:

- pozyskiwanie informacji;
- gromadzenie informacji (przechowywanie);
- odpowiednią ich transformację, tj. przetwarzanie;
- emitowanie wyników przetwarzania.

2. W y j ś c i e, stanowiące informacje wynikowe, adekwatne do potrzeb i zadań użytkownika systemu informatycznego.

Informacje wynikowe powinny zatem spełniać wymagania użytkownika odnośnie do zakresu i wiarygodności, a także częstotliwości i formy ich uzyskiwania.

3. **M e t o d a**, będąca elementem systemu, który obejmuje sekwencję czynności składających się na proces przetwarzania danych (od pojawienia się informacji źródłowych na wejściu systemu do uzyskania informacji wynikowych na wyjściu).

M e t o t a – w tym kontekście – jest synonimem technologii przetwarzania danych stosowanej w systemie informatycznym.

4. **M e j ś c i e**, tj. dane wejściowe pozyskiwane w procesie przetwarzania danych i będące przedmiotem tego procesu.

5. **W y p o s a ż e n i e** obejmujące środki biorące udział w procesie przetwarzania, lecz nie będące przedmiotem przetwarzania.

Na wyposażenie systemu informatycznego składają się:

- sprzęt informatyczny wraz z oprogramowaniem;
- urządzenia pomocnicze (np. klimatyzacyjne, kontrolno-pomiarowe – używane do konserwacji i napraw sprzętu);
- materiały eksploatacyjne (np. papier, taśmy barwiące do drukarek).

6. **L u d z i e** – ten istotny element systemu stanowią kadry biorące udział w procesie przetwarzania danych i realizujące ten proces (użytkownicy systemu oraz kadra informatyczna).

7. **O t o c z e n i e** związane jest z warunkami wpływającymi na przebieg procesu przetwarzania danych.

Za otoczenie systemu informatycznego należy uznać zarówno warunki, w jakich działa system komputerowy, jak i przede wszystkim systemy nadrzędne w stosunku do systemu informatycznego tj. system informacyjny i system zarządzania oraz zależności między obiektem, w którym eksploatowany jest system informatyczny, a innymi obiektami, z którymi obiekt podmiotowy jest powiązany informacyjnie.

Jak widać, zaprezentowane elementy systemu informatycznego charakteryzują się dużą różnorodnością.

W celu ujednoczenia obrazu struktury systemu informatycznego należy zastosować podejście systemowe, przedstawiając tę strukturę jako układ czterech wzajemnie ze sobą powiązanych substruktur (11), którymi są:

- struktura funkcjonalna,

- struktura informacyjna,
- struktura techniczna,
- struktura przestrzenna.

Każda z wymienionych struktur systemu składa się z elementów o cechach jednorodnych. Rozpatrując system informatyczny w układzie jego struktur, uzyskujemy możliwości precyzyjnego odwzorowania systemu, co ma istotne znaczenie, zwłaszcza w toku prac nad jego tworzeniem lub modernizacją.

Struktura funkcjonalna jest zbiorem celów, funkcji i zadań systemu oraz wzajemnych ich współzależności. Wiąże ona system informatyczny z systemem zarządzania w relacji; cele systemu zarządzania – cele systemu informatycznego – funkcje systemu informatycznego) zadania systemu informatycznego.

Analizując strukturę funkcjonalną systemu, możliwe jest ustalenie powiązań między celami obiektu, komórkami organizacyjnymi i podmiotami systemu produkcyjnego, a także wykazanie powiązań między funkcjami i zadaniami systemu informatycznego a elementami struktury konstrukcyjnej systemu (podsystemami, jednostkami przetwarzania i modułami). Strukturę funkcjonalną systemu informatycznego można rozpatrywać we wzajemnie sprzężonych przekrojach, którymi są:

- przekrój struktury procesów (przygotowanie działalności, planowanie, ewidencja, sprawozdawczość, kontrola i analiza),
- przekrój struktury zasobów (środki trwałe, materiały, pracownicy, produkcja, wyroby, koszty finanse),
- przekrój struktury komórek organizacyjnych.

Wieloprzekrojowe ujęcie struktury funkcjonalnej systemu informatycznego umożliwia kompleksowe i obiektywne odwzorowanie modelu systemu informatycznego w świetle celów systemu zarządzania.

Strukturę informacyjną tworzą zbiory informacji funkcjonujących w systemie oraz powiązania między tymi zbiorami, a także procedury ich transformacji. W strukturze informacyjnej można zatem wyróżnić zbiory informacji wejściowych, zbiory podstawowe systemu i zbiory informacji wyjściowych oraz algorytmy uzyskiwania informacji wynikowych. Naturalnie, w systemach informatycznych z bazą danych baza stanowi integralną część struktury informacyjnej systemu.

Struktura informacyjna systemu jest ściśle powiązana z jego strukturą funkcjonalną.

Realizacja każdej funkcji i zadania systemu angażuje w procesie przetwarzania określone elementy struktury informacyjnej. Precyzyjne ustalenie struktury funkcjonalnej systemu informatycznego umożliwia zatem wierne odwzorowanie jego struktury informacyjnej.

Strukturę techniczną tworzą zastosowane w przetwarzaniu środki techniki komputerowej wraz z oprogramowaniem oraz wzajemne powiązania między wymienionymi elementami. Struktura techniczna, umożliwiając realizację procedur transformacji danych, zależy ściśle od struktury funkcjonalnej i informacyjnej systemu. Zestaw środków technicznych i programowych technik komputerowej, zastosowany w systemie informatycznym, powinien być adekwatny do specyfiki funkcji i zadań systemu oraz do obciążenia wyznaczanego przez strukturę informacyjną (liczba i wielkość zbiorów, algorytmy transformacji, częstotliwość przetwarzania).

Strukturę przestrzenną należy rozumieć jako zbiór miejsc środowiska, w którym rozmieszczone są obiekty systemu zdefiniowane w poprzednich strukturach. Są to zatem punkty nadawania, gromadzenia, przetwarzania, przechowywania i komutacji informacji oraz drogi komunikacyjne między tymi punktami. Struktura przestrzenna określa rozmieszczenie zasobów i elementów systemu w środowisku oraz zasady i sposoby ich wzajemnego powiązania.

Przedstawiona charakterystyka strukturalna systemu dokumentuje tezę, że system informatyczny stanowi zbiór czterech struktur (funkcjonalnej, informacyjnej, technicznej i przestrzennej) oraz powiązań wewnątrz – i międzystrukturalnych.

Biorąc pod uwagę fakt, że przeważającą liczbę systemów informatycznych stanowią systemy eksploatowane dla potrzeb zarządzania obiektami gospodarczymi, warto omówić istniejące uwarunkowania systemu informatycznego w obiekcie. Przedstawiona wyżej struktura funkcjonalna systemu wskazuje jednoznacznie na zależność (podległość) systemu informacyjnego w stosunku do systemu zarządzania. Funkcje i zadania systemu informacyjnego są wyznaczone przez układ celów i funkcji systemu zarządzania. Z kolei system informacyjny obiektu, pełniąc służebną rolę w stosunku do systemu zarządzania, wyznacza jednocześnie zakres funkcjonalny systemu informatycznego stanowiącego skomputeryzowaną część systemu informacyjnego.

Hierarchiczne uporządkowanie – system zarządzania, system informacyjny, system informatyczny – wynikające z istniejących uwarunkowań, nakazuje traktować system informatyczny jako pochodną systemów wyższych szczebli, w pełni uwzględniającą strukturę

funkcjonalną tych systemów.

Na zakończenie rozważań nad strukturą systemu informatycznego, warto wspomnieć, że w literaturze przedmiotu często pojawia się pojęcie **struktury konstrukcyjnej i struktury technologicznej systemu**.

Struktura konstrukcyjna odnosi się do hierarchicznego podziału systemu informatycznego na elementy składowe, wyodrębnione ze względu na swój zakres funkcjonalny. W tym ujęciu struktura konstrukcyjna systemu informatycznego obejmuje podział systemu na podsystemy i jednostki przetwarzania. Podsystem odpowiada z reguły określonej dziedzinie działalności obiektu (np. podsystem TPP, podsystem planowania, podsystem gospodarki środkami trwałymi). W obrębie każdego z podsystemów można wyodrębnić jednostki przetwarzania, realizujące zamknięte funkcje podsystemu (np. w obrębie podsystemu gospodarka materiałowa można wyróżnić jednostki przetwarzania, ewidencja materiałów, normowanie zapasów).

Struktura technologiczna systemu dotyczy elementów składowych jednostek przetwarzania, tj. ich dalszego podziału na moduły, przebiegi i operacje. Wymienione elementy wyodrębnione są ze względu na uwarunkowania technologii procesu automatycznego przetwarzania danych.

Moduł obejmuje zespół konwersji i przebiegów, tworzący całość technologiczną i organizacyjną, która spełnia wymagania jednostki przetwarzania i jest realizowana za pomocą grupy logicznie powiązanych programów. Z kolei przebieg stanowi zespół operacji na zbiorze (zbiorach wejściowych) realizowany za pomocą jednego programu w celu uzyskania zbioru (zbiorów) informacji wynikowych.

Ciągły rozwój technologii automatycznego przetwarzania danych (bazy danych, przetwarzanie konwersacyjne) oraz różnorodność praktycznych implementacji informatyki w sferze zarządzania powodują, że tak rozumiana struktura konstrukcyjna i technologiczna systemu jest niejednoznaczna i może się znacznie różnić w konkretnych systemach. Precyzyjne znaczenie można nadać elementom tych struktur dopiero w procesie tworzenia określonego systemu informatycznego.

Wynika stąd wniosek, że najbardziej uniwersalną i kompleksową prezentacją komponentów systemu informatycznego jest ich określenie w ujęciu czterech struktur systemu, tj. struktury funkcjonalnej, informacyjnej, technicznej i przestrzennej.

2.4. Podział systemów informatycznych

Dotychczas system informatyczny rozważaliśmy jako pojęcie i podstawową kategorię informatyki, bez umiejscowienia go w konkretnej rzeczywistości. Zróżnicowane cele oraz funkcje, jakie mogą być spełniane przez systemy informatyczne, oraz związane z nimi skala i zakres zastosowań informatyki powodują konieczność przeprowadzenia podziału rodzajowego systemów informatycznych.

Systemy informatyczne można klasyfikować według różnych kryteriów. Przyjęte kryteria podziału systemów powinny stanowić istotne cechy, pozwalające wyróżnić podstawowe klasy systemów informatycznych. Wyróżnione cechy powinny mieć atrybut praktyczności oraz walor uniwersalności.

Za generalne i jednocześnie najogólniejsze kryterium podziału systemów informatycznych przyjmuje się zwykle typ zastosowań komputerów. Kryterium to pozwala na podział ogółu systemów informatycznych na trzy podstawowe grupy:

- **informatyczne systemy zarządzania** (stanowiące w kraju i na świecie najlichnieszą grupę systemów), których przeznaczeniem jest wspomaganie procesu kierowania i zarządzania gospodarką jednostek organizacyjnych różnych szczebli,
- **informatyczne systemy sterowania**, umożliwiające automatyzację sterowania procesami, obiektami technologicznymi (sterowanie układami pomiarów, sygnalizacji i automatycznej rejestracji, a także sterowanie zautomatyzowanymi obiektami lub kompleksami obiektów).
- **informatyczne systemy profesjonalne** (zwane inaczej systemami automatyzacji prac zawodowych), obejmujące zróżnicowany, szeroki zakres zastosowań informatyki, związany z wykonywaniem i specyfiką określonych zawodów (np. automatyzacja inżynierskich prac projektowych, diagnostyka medyczna, nauczanie wspomagane komputerem, wyszukiwanie informacji, obliczenia numeryczne).

Każda z trzech wyodrębnionych grup systemów informatycznych charakteryzuje się określoną specyfiką dotyczącą organizacji procesu przetwarzania danych, stosowanych typów algorytmów oraz środków technicznych informatyki wraz z oprogramowaniem. Należy jednocześnie zwrócić uwagę, że coraz częściej pojawiają się systemy łączące w sobie funkcje spełniane przez wyodrębnione wyżej grupy. Dotyczy to przede wszystkim informatycznych

systemów zarządzania, rozbudowanych o funkcje wyszukiwania informacji czy obliczeń numerycznych dla potrzeb zarządzania, jak również systemów, w których system sterowania procesem produkcyjnym i automatyczna rejestracja wyników tego procesu jest powiązana automatycznie z systemem informatycznym przetwarzającym wyniki pomiarów procesu produkcyjnego dla potrzeb zarządzania. Przedstawiony podział systemów informatycznych pozwala jednak wyodrębnić spośród ogółu systemów informatyczne systemy zarządzania, stanowiące przeważającą większość praktycznych zastosowań informatyki, co wynika z faktu, że systemy te obsługują ściśle określony model powszechnie występującego działania. Biorąc powyższe pod uwagę, przedmiotem dalszych rozważań pozostanie jedynie ta klasa systemów.

Jednym z ważniejszych kryteriów podziału informatycznych systemów zarządzania jest skala funkcjonowania systemu. Kryterium to pozwala na wydzielenie dwóch grup informatycznych systemów ekonomicznych. Są nimi:

- systemy makroekonomiczne dotyczące całego kraju (ewentualnie jego regionów) lub poszczególnych działów, gałęzi gospodarki narodowej (systemy rządowe, resortowe),
- systemy mikroekonomiczne związane z funkcjonowaniem jednostek gospodarczych i organizacyjnych szczebla "taktyczno-wykonawczego", zwane systemami obiektowymi.

Dotychczasowa praktyka zastosowań informatyki w zarządzaniu wskazuje na ogromną rolę systemów makroekonomicznych. Duże znaczenie obiektowych systemów informatycznych nie wynika jedynie z ich procentowego udziału w ogólnej liczbie zastosowań, lecz również z faktu, że systemy te stanowią podstawową formę komputerowego wspomaganie procesów zarządzania w gospodarce. Dalszy podział informatycznych systemów zarządzania będzie dotyczyć jedynie systemów obiektowych (*por. rys. 8*). Kryteriami tego podziału są:

- poziom komputeryzacji zarządzania,
- zakres przedmiotowy,
- stopień uniwersalności (charakter prac projektowo-programowych).

Biorąc pod uwagę poziom komputeryzacji zarządzania, informatyczne systemy obiektowe można podzielić na dwie podstawowe kategorie¹⁴⁾;

¹⁴⁾ *Z metodologicznego punktu widzenia można dodatkowo wyodrębnić trzecią, najwyższą kategorię systemów, tzw. systemy informacyjno-dyspozycyjne. Systemy te, mając zdolność autoregulacji układu ekonomicznego, spełniają funkcje planistyczne i*

– **systemy ewidencyjno-informacyjne** (będące podstawą każdego skomputeryzowanego systemu zarządzania), przeznaczone do rejestracji zjawisk będących przedmiotem przetwarzania danych oraz okresowego lub bieżącego ich aktualizowania i emitowania określonych wyników,

– **systemy informacyjno-decyzyjne** (stanowiące wyższą kategorię informatycznych systemów zarządzania), charakteryzujące się możliwością automatycznego dostarczania informacji niezbędnych do bieżącego podejmowania decyzji.

Systemy ewidencyjno-informacyjne nie interpretują przetwarzanych informacji, usprawniając jedynie proces ewidencji, kontroli i sprawozdawczości przez transformację danych wejściowych w informacje wynikowe.

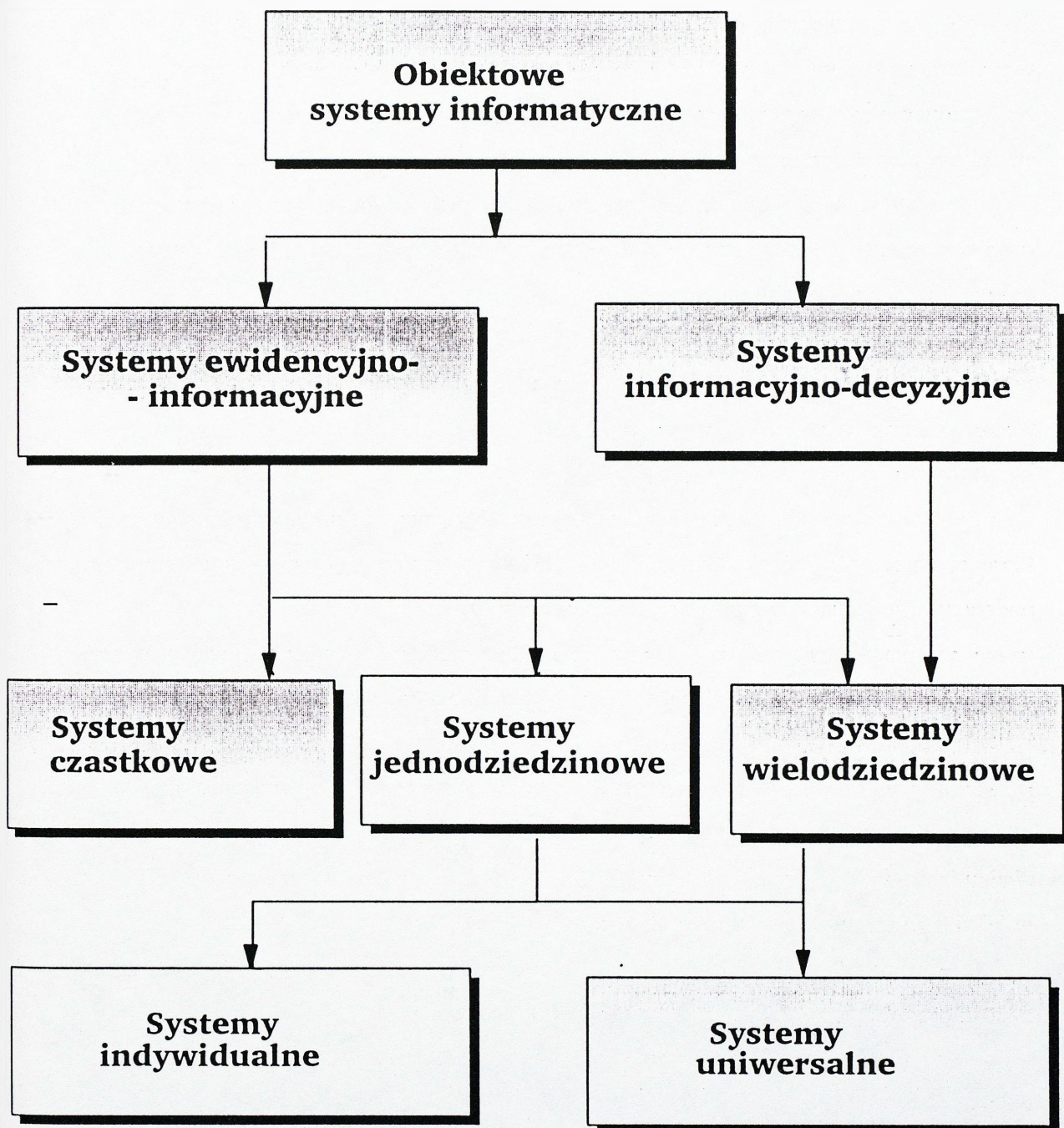
Systemy informacyjno-decyzyjne natomiast, przez stosowanie technik badań operacyjnych w zakresie optymalizacji, technik symulacyjnych i prognozowania, dostarczają kierownictwu poszczególnych szczebli zarządzania syntetycznych informacji umożliwiających podejmowanie decyzji w formie stałego serwisu informacyjnego lub też na żądanie – w trybie pytanie – odpowiedź. Systemy te, poza funkcjami analitycznymi i prognostycznymi, umożliwiając tym samym przekształcenie informacji wynikowych w decyzje.

Kolejnym kryterium podziału obiektowych systemów informatycznych jest ich zakres przedmiotowy. Kryterium to pozwala na wyodrębnienie trzech rodzajów systemów:

– **systemy cząstkowe**, funkcjonujące w obszarze jednej dziedziny zastosowań i obejmujące swoim zakresem wybraną funkcję dziedziny lub pojedyncze zadania wchodzące w jej skład (np. system fakturowania i statystyki sprzedaży),

– **systemy jednodziedzinowe**, obejmujące swoim zakresem określoną dziedzinę działalności obiektu (np. system gospodarki materiałowej),

– **systemy wielodziedzinowe**, obejmujące więcej niż jedną dziedzinę działalności obiektu.



Rys. 8. Podział obiektowych systemów informatycznych zarządzania

Podział ten dotyczy jedynie systemów ewidencyjno-informacyjnych, z reguły bowiem systemy informacyjno-decyzyjne są systemami wielodziedzinowymi.

Ostatnim z wyróżnionych kryteriów podziału obiektowych systemów informatycznych

jest stopień ich uniwersalności. Z powyższego punktu widzenia można wyróżnić dwie grupy systemów:

– **systemy indywidualne**, tworzone dla konkretnego użytkownika i uwzględniające określony zakres merytoryczny wraz z jego specyficznymi cechami wynikającymi z konkretnych wymagań i ograniczeń (ze względu na swój oryginalny charakter systemy te mogą być efektywnie eksploatowane jedynie przez użytkownika, dla którego system został zaprojektowany i oprogramowany),

– **systemy uniwersalne** (zwane często typowymi lub powtarzalnymi), mające charakter rozwiązań uniwersalnych dla danej klasy zastosowań (np. systemy i programy włączone do katalogu typowych rozwiązań, oprogramowanie użytkowe opracowane dla potrzeb danej branży).

Zespół kryteriów podziału obiektowych systemów informatycznych umożliwia wyodrębnienie wielu ich wariantów, z których każdy cechuje się odpowiednią kombinacją atrybutów, wynikających z przyjętych kryteriów podziału.

Przedstawiony podział, obok próby systematyki obiektowych systemów informatycznych, ma pewne walory poznawcze. Każdy z eksploatowanych w praktyce systemów może zostać poddany ocenie z punktu widzenia wyszczególnionych kryteriów. W jej wyniku dany system można przyporządkować do określonych grup rodzajowych, co jest równoznaczne z przyporządkowaniem zespołu cech charakteryzujących typ, charakter i klasę systemu.

3. PROCES TWORZENIA SYSTEMU INFORMATYCZNEGO

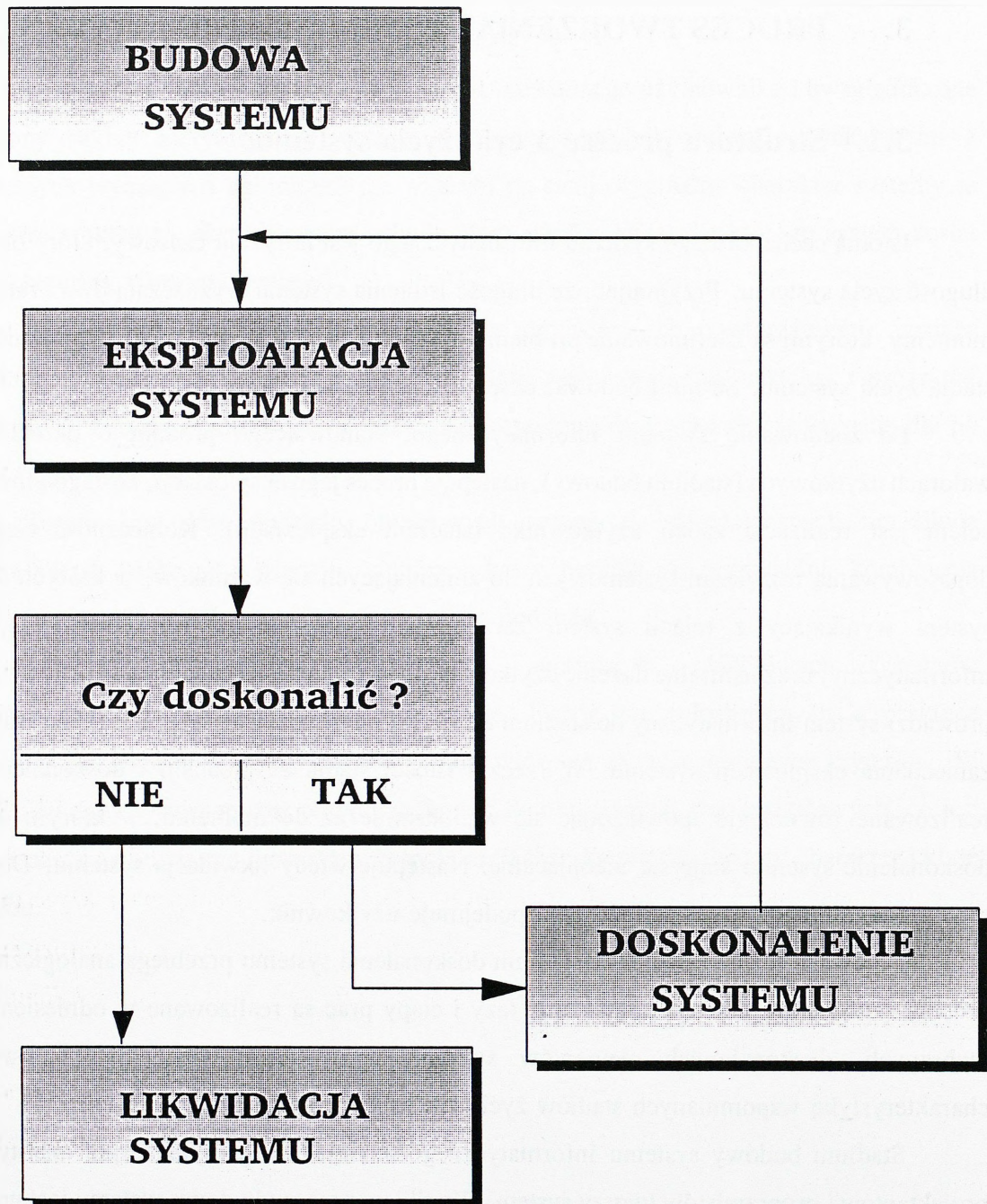
3.1. Struktura procesu a cykl życia systemu

Istotną cechą każdego systemu informatycznego jest horyzont czasowy, który określa długość życia systemu. Przyjmując, że długość istnienia systemu wyznaczają dwa krańcowe momenty, którymi są zdefiniowanie problemu oraz likwidacja systemu, można wyróżnić trzy stadia życia systemu. Są nimi budowa, eksploatacja i doskonalenie.

Po zbudowaniu systemu informatycznego, stanowiącego produkt o określonych walorach użytkowych (stadium budowy), następuje proces jego eksploatacji, którego głównym celem jest realizacja zadań użytkownika (stadium eksploatacji). Konieczność ciągłego dopasowywania rozwiązań systemowych do zmieniających się warunków, w których działa system wynikający z relacji system zarządzania – system informacyjny – system informatyczny, oraz naturalne dążenie użytkowników do ulepszania eksploatowanego systemu prowadzi system informatyczny do stadium doskonalenia. Nie oznacza to jednak okresowego zaniechania eksploatacji systemu. W rzeczywistości stadia eksploatacji i doskonalenia są realizowane równolegle, powtarzając się wielokrotnie aż do momentu, w którym dalsze doskonalenie systemu staje się nieopłacalne. Następuje wtedy likwidacja systemu. Decyzję o doskonaleniu bądź likwidacji systemu podejmuje użytkownik.

Na uwagę zasługuje fakt, że stadium doskonalenia systemu przebiega analogicznie do procesu jego budowy, tzn. odpowiednie fazy i etapy prac są realizowane w odniesieniu do wybranych, doskonalonych elementów systemu pierwotnego. Obecnie przedstawimy charakterystykę wspomnianych stadiów życia systemu i ich wzajemnych relacji.

Stadium budowy systemu informatycznego to okres, w którym zespół analityków, projektantów i programistów tworzy system. Wynikiem procesu budowy systemu jest gotowy produkt, przystosowany do realizacji przewidywanych celów użytkowych.



Proces budowy systemu informatycznego obejmuje następujące fazy prac:

- definiowanie problemu,
- modelowanie systemu,
- projektowanie systemu,
- realizacja systemu.

Definiowanie problemu stanowi wstępną, najkrótszą fazę budowy systemu. W trakcie jej wykonywania następuje określenie zadania projektowego, będącego wynikiem inwentaryzacji potrzeb przyszłych użytkowników w zakresie automatyzacji przetwarzania danych w konfrontacji z możliwościami ich spełnienia. Możliwości te są ograniczone przede wszystkim czynnikami natury finansowej, kadrowej i organizacyjnej.

Zdefiniowanie zadania projektowego i podjęcie decyzji co do kontynuacji procesu tworzenia systemu inicjuje drugą fazę prac, którą jest modelowanie systemu informatycznego. Celem tej fazy jest identyfikacja i analiza systemu informacyjnego użytkownika oraz modelowanie przyszłego systemu informatycznego. Jakość prac identyfikacyjno-analitycznych determinuje poziom racjonalności modelu systemu. Pełna, wyczerpująca identyfikacja i analiza powinny być przeprowadzone w przekroju czterech podstawowych struktur systemu informacyjnego.

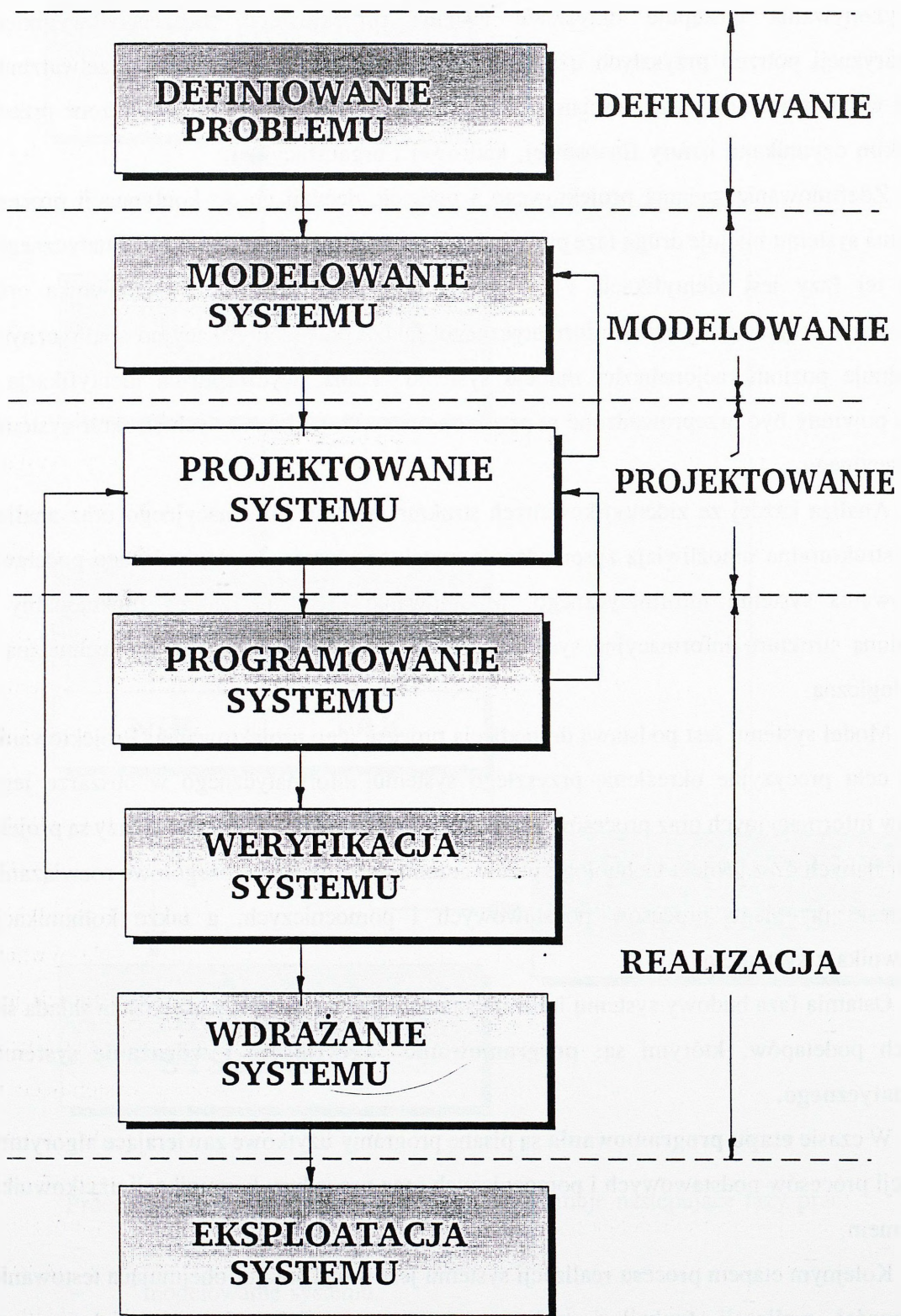
Analiza każdej ze zidentyfikowanych struktur systemu informacyjnego oraz analiza międzystrukturalna umożliwiają zgromadzenie rzetelnego materiału stanowiącego podstawę modelowania systemu informatycznego. Modelowanie precyzuje zakres funkcjonalny i uogólnioną strukturę informacyjną systemu oraz jej powiązania ze strukturą techniczną i technologiczną.

Model systemu jest podstawą do podjęcia procesu jego projektowania. Projektowanie ma na celu precyzyjne określenie przyszłego systemu informatycznego w obszarze jego zasobów informacyjnych oraz procesów przetwarzania. Efektem końcowym tej fazy są projekt struktur danych oraz projekt technologii przetwarzania, obejmujące szczegółowe rozwiązania w zakresie przebiegu procesów podstawowych i pomocniczych, a także komunikacji użytkownika z systemem.

Ostatnią fazą budowy systemu informatycznego jest jego realizacja. Faza ta składa się z trzech podetapów, którymi są: **programowanie, weryfikacja i wdrażanie systemu informatycznego.**

W czasie **etapu programowania** są pisane programy użytkowe zawierające algorytmy realizacji procesów podstawowych i pomocniczych oraz procedury komunikacji użytkownika z systemem.

Kolejnym etapem procesu realizacji systemu jest **weryfikacja**, obejmująca testowanie poprawności realizacji funkcji i zadań systemu przewidzianych w projekcie oraz prawidłowości procedur zawartych w oprogramowaniu użytkowym.



Rys. 10. Proces tworzenia systemu informatycznego

Dodatkowym celem weryfikacji powinno być sprawdzenie poprawności warsztatowej systemu, determinującej jego sprawność i ergonomiczność.

Ostatnim etapem realizacji systemu informatycznego jest jego **wdrażanie** w obiekcie przyszłego użytkownika. Wdrażanie systemu ma na celu przeprowadzenie odpowiednich prac przygotowawczych w obiekcie, w którym będzie eksploatowany system, oraz wprowadzenie systemu informatycznego do bieżącego użytkowania. Wynikiem prac przygotowawczych powinno być stworzenie w obiekcie warunków eksploatacji wymaganych przez rozwiązania zawarte w systemie. Okres przechodzenia od tradycyjnych do skomputeryzowanych metod i technik przetwarzania danych stanowi dodatkową okazję do weryfikacji jego przyszłej eksploatacji w naturalnych warunkach.

Z powyższej charakterystyki wynika, że proces tworzenia systemu informatycznego ma charakter iteracyjny. Oznacza to, że ostateczne rozwiązanie (gotowy system informatyczny) jest uzyskiwane w drodze kolejnych uzupełnień, korekt i modyfikacji końcowych rezultatów prac w poszczególnych fazach. Najistotniejsze relacje między poszczególnymi fazami i etapami w postaci sprzężeń zwrotnych zaznaczono na rys. 9.2.

Po zakończeniu procesu budowy systemu informatycznego rozpoczyna się drugi, z reguły dłuższy okres jego życia, tj. eksploatacja. Stadium eksploatacji systemu informatycznego to współbieżna realizacja procesu użytkowania systemu oraz procesu jego obsługi.

Użytkowanie systemu, stanowiące główny cel stadium eksploatacji, to korzystanie z systemu zgodnie z jego przeznaczeniem. Aby zapewnić niezakłócony przebieg użytkowania systemu, konieczne jest racjonalne zorganizowanie procesów jego obsługi. Jednym z podstawowych zadań tych procesów jest stała obserwacja systemu podczas wykonywania zadań użytkowych. System informatyczny w obiekcie gospodarczym czy w instytucji jest podporządkowany systemowi informacyjnemu, ten zaś, z kolei, systemowi zarządzania. Znana jest "wrażliwość" każdego systemu informatycznego na wszelkie zmiany następujące w systemie zarządzania. Wymuszają one odpowiednie korekty systemu informacyjnego, co z kolei implikuje konieczność wprowadzania odpowiednich zmian w systemie informatycznym.

W czasie procesu eksploatacji system informatyczny powinien być poddawany stałej obserwacji i ocenie z punktu widzenia funkcjonalności i sprawności działania oraz szeroko rozumianej efektywności. Przeprowadzane oceny powinny dać odpowiedź na trzy pytania:

- czy system jest skuteczny, sprawny i ekonomiczny,

- co i jak można zmienić, usprawnić w systemie.
- czy wprowadzenie odpowiednich zmian w systemie będzie opłacalne.

Szczególnej wagi nabiera odpowiedź na ostatnie pytanie. Koszty wszelkich korekt i modyfikacji systemu nie powinny przekraczać efektów uzyskanych z tytułu wprowadzonych zmian. Istotnym aspektem poruszonego problemu jest granica opłacalności wszelkich zmian w kontekście nieuchronnego procesu moralnego starzenia się systemu.

Z moralnym zużyciem systemu mamy do czynienia w sytuacji, w której stosowany w systemie sprzęt komputerowy i oprogramowanie podstawowe oraz wynikająca stąd technologia przetwarzania danych są przestarzałe, a jednocześnie istnieje realna możliwość zastąpienia ich nowocześniejszymi środkami. Mówiąc dokładniej, moralne zużycie systemu następuje w chwili, gdy stosowane środki wprawdzie nadają się w dalszym ciągu do eksploatacji, lecz ich dalsze użytkowanie staje się nieefektywne. Dla każdego systemu informatycznego istnieje zatem moment, w którym przeprowadzanie jakichkolwiek zabiegów pielęgnacyjnych i rozwojowych staje się po prostu nieopłacalne. Powinna wtedy być podjęta decyzja o likwidacji systemu i zastąpieniu go nowym systemem.

W przypadku stwierdzenia opłacalności wprowadzenia odpowiednich zmian rozpoczyna się stadium doskonalenia systemu. W zależności od rodzaju i charakteru zmian w stadium doskonalenia mogą być podjęte trzy rodzaje działań:

- konserwacyjne, przywracające walory użytkowe systemu lub podtrzymujące je na nie zmienionym poziomie,
- modernizacyjne, zwiększające sprawność, wydajność i niezawodność systemu,
- rozwojowe, polegające na sukcesywnym powiększaniu obszaru

funkcjonalnego, stopnia integracji oraz usprawnienia organizacji systemu (na ogół działania rozwojowe zmierzają do modyfikacji struktury funkcjonalnej, informacyjnej, technicznej i przestrzennej systemu).

Działania modernizacyjne prowadzą do powstania nowych, doskonalszych wersji systemu informatycznego. Skutkiem działań rozwojowych są docelowo nowe generacje systemu, stanowiące w swojej istocie produkty różniące się w sposób istotny od swoich pierwowzorów.

Podjęcie każdego z wymienionych działań powoduje przejście do studium doskonalenia systemu, realizowanego analogicznie, jak proces jego budowy. Rodzaj i zakres zmian determinują realizację określonych faz i etapów doskonalenia systemu. W przypadku działań

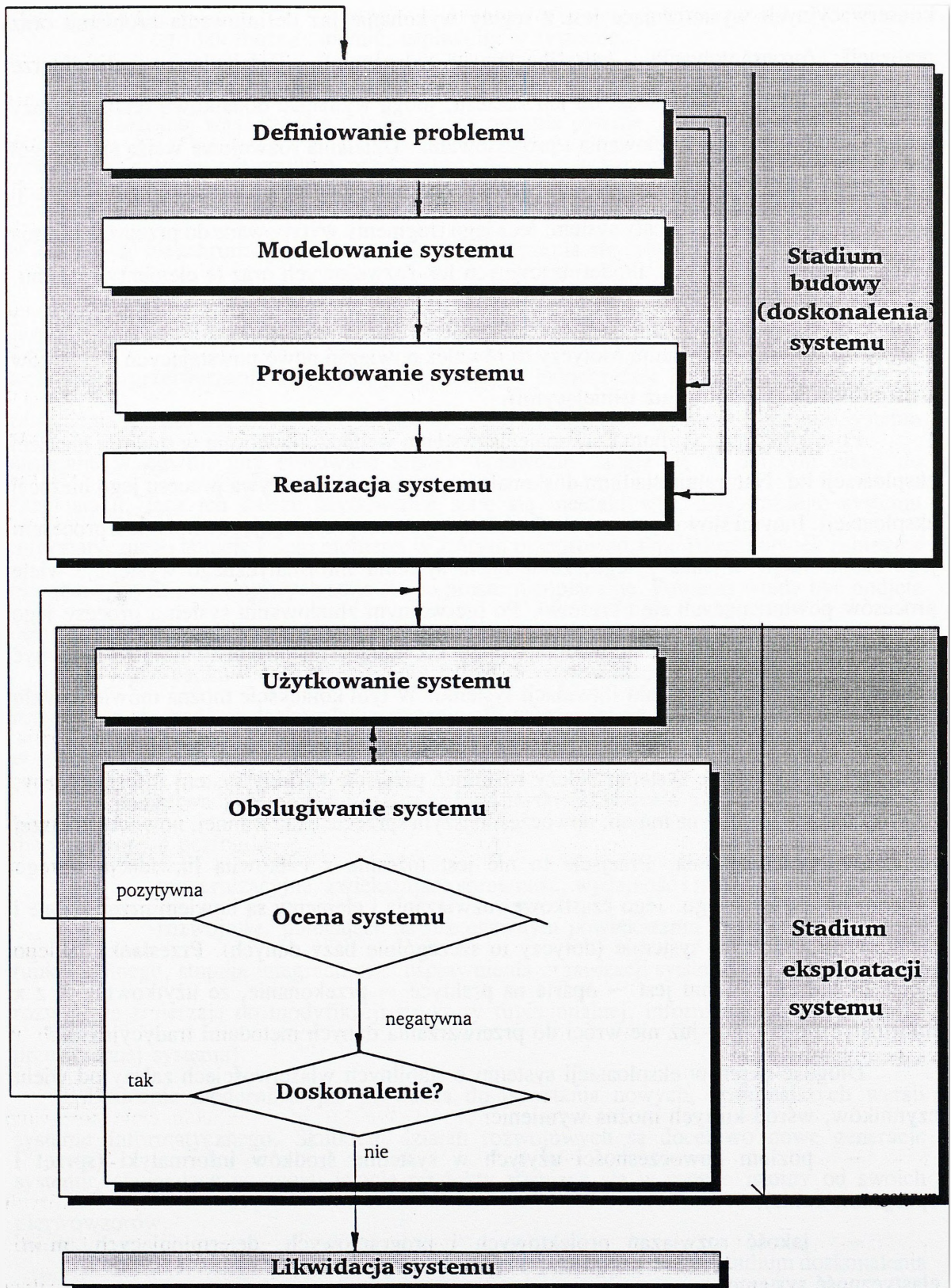
konserwacyjnych wystarczające jest z reguły wykonanie faz definiowania problemu oraz realizacji (programowanie, weryfikacja i wdrożenie). Działania o charakterze modernizacyjnym, w zależności od ich zakresu, mogą wymagać dodatkowo realizacji fazy projektowania lub faz modelowania i projektowania. Działania rozwojowe wiążą się na ogół z realizacją wszystkich, kolejnych faz budowy systemu. Naturalnie, przedmiotem realizacji poszczególnych faz nie jest cały system, lecz jego fragmenty wytypowane do przeprowadzenia zabiegów konserwacyjnych, modernizacyjnych lub rozwojowych oraz te elementy systemu, w których muszą nastąpić modyfikacje ze względu na wzajemne powiązania z modernizowanymi elementami (dotyczy to również powiązań nowo powstających elementów strukturalnych systemu z już istniejącymi).

Po zakończeniu stadium doskonalenia systemu wchodzi powtórnie w stadium bieżącej eksploatacji itd. Naturalnie stadium doskonalenia systemu nie przerywa procesu jego bieżącej eksploatacji. Innymi słowy, procesy doskonalenia systemu przebiegają równolegle z procesem jego eksploatacji. Wynika z tego, że w życiu systemu informatycznego występuje wiele procesów powtarzających się okresowo. Po pierwotnym zbudowaniu systemu procesy jego eksploatacji oraz doskonalenia przeplatają się tak długo, że doskonalenie przestaje być opłacalne. Wtedy następuje akt likwidacji systemu. W tym kontekście można mówić o cyklu życia systemu informatycznego.

Przez likwidację systemu należy rozumieć przejście na inny system informatyczny, najczęściej realizowany na innym, nowocześniejszym sprzęcie bądź w innej, nowocześniejszej technologii przetwarzania. Przejście to nie jest tożsame z całkowitą likwidacją starego systemu informatycznego. Jego cząstkowe rozwiązania i elementy są bowiem przenoszone i adaptowane w nowym systemie (dotyczy to szczególnie bazy danych). Przesłanką takiego ujęcia likwidacji systemu jest – oparte na praktyce – przekonanie, że użytkownik X z x informatycznego nigdy już nie wróci do przetwarzania danych metodami tradycyjnymi.

Długość okresów eksploatacji systemu o stabilnych właściwościach zależy od wielu czynników, wśród których można wymienić:

- poziom nowoczesności użytych w systemie środków informatyki (sprzęt i oprogramowanie),
- jakość rozwiązań projektowych i programowych, determinujących, m.in. elastyczność systemu,
- częstotliwość zmian w systemie informacyjnym użytkownika.



Rys. 11. Cykl życia systemu informatycznego

Poziom nowoczesności środków informatyki oraz jakość rozwiązań przyjętych w stadium budowy systemu wpływają na wydłużenie stadium jego eksploatacji, a tym samym na wydłużenie życia systemu. Trzecia grupa czynników (niezależna od twórców systemu) powoduje, że procesy doskonalenia są wymuszane niejako "z zewnątrz" systemu, ich częstotliwości zaś nie da się przewidzieć (korekty wymagań użytkowników w związku ze zmianami obowiązujących przepisów, modyfikacja zakresu i skali działania użytkownika itp.).

Jak już wskazano, realizacja cyklu: eksploatacja – doskonalenie – eksploatacja prowadzi do powstawania nowych wersji i generacji systemu informatycznego (w przypadku gdy proces doskonalenia obejmuje działania modernizacyjne lub rozwojowe), osłabiających szybkość procesu "moralnego starzenia się" systemu. Nasze rozważania prowadzą ostatecznie do wniosku, że proces budowy (doskonalenia) systemu informatycznego jest procesem ciągłym, realizowanym cyklicznie w okresie całego życia systemu. Twórcy systemu (analitycy, projektanci i programiści) powinni więc mieć stale tę świadomość, że ich praca nie kończy się w momencie oddania systemu do bieżącej eksploatacji.

3.2. Modelowanie systemu

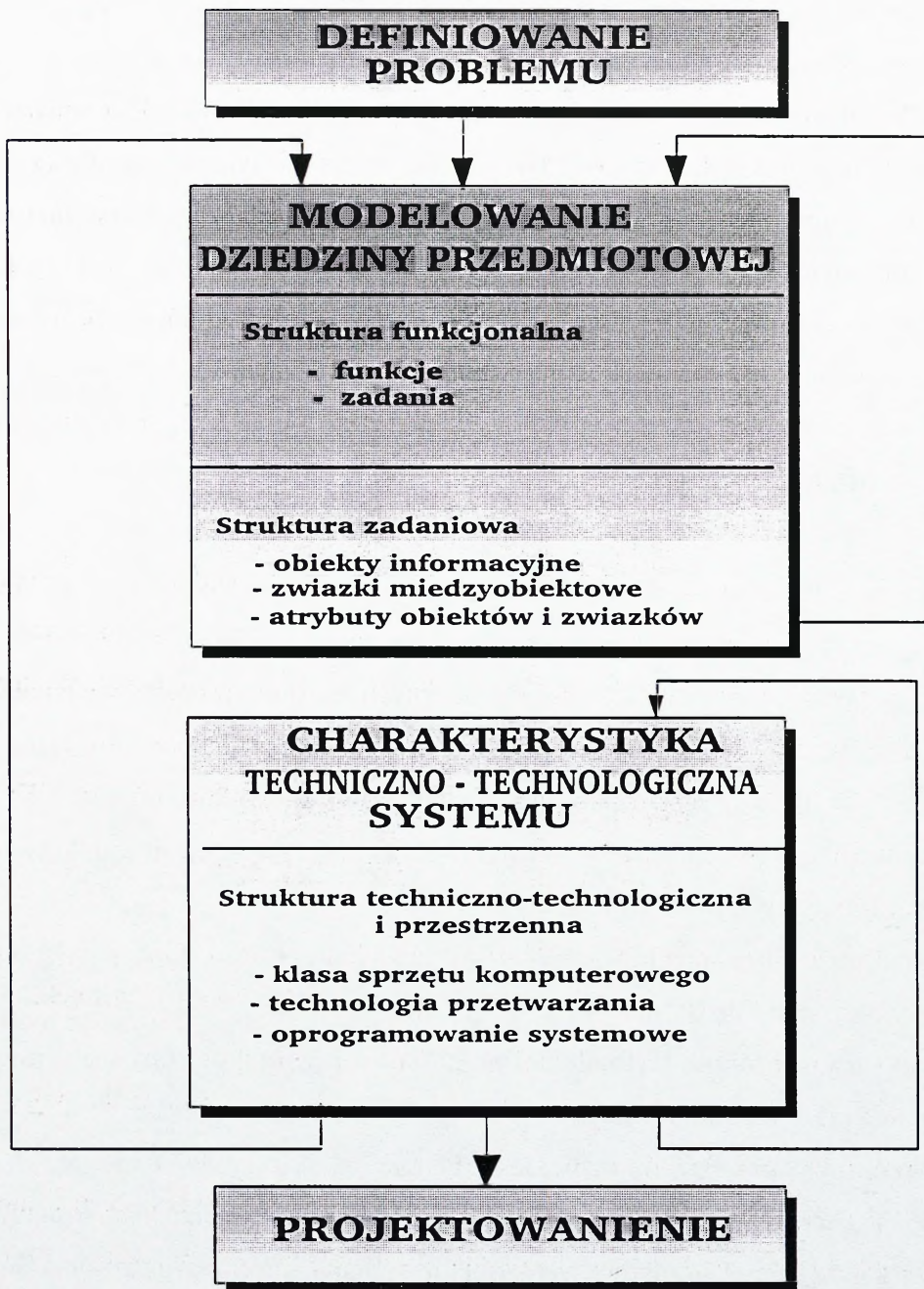
Celem modelowania systemu informatycznego jest identyfikacja i analiza dotychczasowego systemu przetwarzania oraz opracowanie modelu przyszłego systemu informatycznego. Jakość prac identyfikacyjno-analitycznych determinuje poziom racjonalności modelu. Pełna, wyczerpująca identyfikacja i analiza powinna być przeprowadzona w przekroju czterech podstawowych struktur systemu informacyjnego, którymi są:

- **struktura funkcjonalna**, stanowiąca zbiór celów, funkcji i zadań systemu informacyjnego oraz ich wzajemnych relacji,
- **struktura informacyjna**, obejmująca zbiory informacji funkcjonujących w systemie oraz powiązania między nimi,
- **struktura techniczno-technologiczna**, którą tworzą środki techniczne stosowane w przetwarzaniu i przekazywaniu danych,
- **struktura przestrzenna**, będąca zbiorem miejsc środowiska, w których rozmieszczone są elementy systemu informacyjnego, zdefiniowane w poprzednich strukturach.

Analiza każdej ze zidentyfikowanych struktur systemu informacyjnego oraz analiza międzystrukturalna umożliwiają zgromadzenie rzetelnego materiału stanowiącego podstawę

modelowania systemu informatycznego. Modelowanie precyzuje zakres funkcjonalny i uogólnioną strukturę informacyjną systemu oraz jej powiązania ze strukturą techniczno-technologiczną.

Wynikiem modelowania jest model dziedziny przedmiotowej oraz opis techniczno-technologicznego wariantu systemu informatycznego.



Rys. 12. Iteracyjny charakter procesu modelowania systemu informatycznego

Model dziedziny przedmiotowej dotyczy struktury funkcjonalnej i informacyjnej systemu informatycznego. Podstawą opracowania modelu jest identyfikacja i analiza struktury funkcjonalnej i struktury informacyjnej dotychczasowego systemu przetwarzania danych. Strukturę funkcjonalną ujmuje się za pomocą dwóch podstawowych jednostek opisu dynamiki działania systemu:

- funkcji,
- zadań,

oraz ich wzajemnych relacji.

Funkcja jest jednolitym, ze względu na cel, zbiorem działań realizowanych w ramach systemu zarządzania obiektem gospodarczym. Funkcja jest kategorią merytoryczną – determinantą jej wystąpienia jest fakt istnienia celu, do osiągnięcia którego prowadzi. W modelu funkcje są najczęściej wyróżniane według kryteriów przedmiotowych (środki trwałe, wyposażenie, finanse, płace itp.), czynnościowych (ewidencja, planowanie, kontrola, obsługa, inwentaryzacja itp.) lub mieszanych. Podział systemu na funkcje nie zawsze jest oczywisty i jednoznaczny, nieprecyzyjne bowiem zdefiniowanie celów działania systemu powoduje istotne trudności w tym zakresie.

Na tym tle zadanie jest jednostką zdefiniowaną znacznie precyzyjniej. **Zadanie** odzwierciedla działanie (działania) jednorodne ze względu na przedmiot i podmiot, wykonywane w celu osiągnięcia precyzyjnie zdefiniowanego efektu, w ograniczonym przedziale czasu w jednoznacznie określony sposób. Oznacza to, że wyróżniony, skończony zestaw wzajemnie powiązanych operacji jest zadaniem jedynie wtedy, gdy:

- podmiotem realizującym jest ten sam pracownik lub grupa pracowników zatrudnionych w pojedynczej komórce organizacyjnej,
- czas wykonania jest określony i ograniczony,
- operacje są dokonywane w tym samym miejscu,
- przedmiotem działania jest określony zestaw dokumentów i kartotek, a ich wynikiem zazwyczaj pojedyncze zestawienie lub raport,
- podział zestawu operacji na mniejsze zestawy i wykonywanie ich w różnym czasie i miejscu nie jest możliwe lub racjonalne.

Spójność i kompletność zadań przesądza o wierności odwzorowania funkcji w modelu dziedziny przedmiotowej. W tej sytuacji za celowe należy uznać włączenie do opisu poszczególnych funkcji takich zadań, które są realizowane poza systemem (najczęściej w

sposób manualny, niekiedy przez inny system informatyczny, merytorycznie powiązany z nowo tworzonym), a ze względu na wzajemne uwarunkowania stanowią integralny element funkcji.

Funkcjonalny podział systemu według celów działania obiektu i rozłącznych funkcji realizujących te cele oraz zadań wchodzących w skład poszczególnych funkcji stanowi o konstrukcyjnej strukturze przyszłego systemu.

Z kolei **modelowanie struktury informacyjnej** przyszłego systemu polega na opracowaniu modelu danych, który z jednej strony prezentuje obiektywnie układ danych dziedzinowych, z drugiej zaś zawiera dane wymagane do realizacji funkcji zdefiniowanych w systemie. Model danych jest przygotowywany niezależnie od technologii przetwarzania przewidywanej dla systemu, co powoduje jego ogólność, przy równoczesnej możliwości wariantowania rozwiązań technologicznych. Opracowanie modelu danych wymaga przestrzegania następujących zasad:

- a) **kompletności modelu**, czyli uwzględnienia w nim tych wszystkich elementów, które wynikają z celu systemu i są niezbędne do jego osiągnięcia,
- b) **uniwersalności modelu** oznaczającej, że przygotowywany model powinien stanowić podstawę dalszych prac projektowych niezależnie od decyzji dotyczących infrastruktury technicznej systemu (wyboru oprogramowania narzędziowego i konfiguracji sprzętowej),
- c) **adekwatności modelu**, czyli zachowania odpowiedniości pojęć występujących w ramach dziedziny przedmiotowej obrazu tych pojęć, które zostały przyjęte w modelu,
- d) **zrozumiałości modelu**, polegającej na posługiwaniu się przy jego opracowywaniu pojęciami ogólnie znanymi (powinny one być wyrażone w jak najprostszej formie),
- e) **spójności modelu**, wynikającej z konieczności integrowania elementów systemu już na poziomie wstępnych prac nad systemem (dotyczy to wzajemnych dostosowań elementów do jednakowej konwencji opisu, jednakowej szczegółowości itp.).

Modelowane struktury informacyjne są wyrażone za pośrednictwem konwencji określanej jako rozszerzony model: obiekt – związek – atrybut (ang. entity – relationship – attribut – E – R – A). Ta właśnie konwencja jest bodajże najpopularniejszą metodą prezentacji wyników modelowania struktury informacyjnej; jest ona stosunkowo uniwersalna, zrozumiała, spójna i kompletna. Bazuje na obserwacji, że człowiek w naturalny sposób klasyfikuje otaczające go "byty" na obiekty i związki (relacje) między obiektami.

Obiekt to "rzecz", którą można wyodrębnić w dziedzinie przedmiotowej i opatrzyć nazwą. Przykładami obiektów mogą być konkretne osoby, partie materiału (np. w magazynie) czy transakcje handlowe. Jak widać, obiekt może być zarówno przedmiotem fizycznym, jak i pojęciem abstrakcyjnym. Obiekty podobne są grupowane w zbiory (nazywane także typami) obiektów: obiekty mają jednakowy zestaw atrybutów (np. z obiektem WYRÓB są związane atrybuty: nazwa, jednostka miary, cena, ilość, wartość itd.). Należy pamiętać o rozróżnianiu pojęcia obiektu od jego wystąpienia, które dotyczy odniesienia do konkretnego obiektu.

Atrybut jest (jak sygnalizowano wcześniej) nazwą cechy przysługującej obiektowi czy związkowi. Dla konkretnego wystąpienia obiektu (związku) atrybut przyjmuje konkretną wartość, np. 2 mln zł. jest wartością atrybutu CENA wystąpienia konkretnego obiektu WYRÓB. Wartość może być prosta, jak w przykładzie, lub złożona – może być zbiorem (pod)wartości. Pośród atrybutów związanych z określonym obiektem jest taki, który jednoznacznie identyfikuje dany obiekt w zbiorze obiektów; czasem dla jednoznacznej identyfikacji wymagana jest grupa złożona z kilku atrybutów. Atrybut (grupę atrybutów) o tej właściwości nazywa się kluczem (identyfikatorem). Związki są identyfikowane przez grupę utworzoną z kluczy obiektów nim związanych.

Związek to określona relacja między dwoma obiektami (czy ich wystąpieniami), np. związek ZAMÓWIENIE może łączyć obiekty typu WYRÓB oraz ODBIORCA. Z drugiej strony zamówienie może także traktować jako typ obiektu (obiekt ZAMÓWIENIE), co oznacza, że istnieje pewna umowność operowania omawianymi kategoriami; obiekt i związek. Zależności liczbowe między obiektami połączonymi związkiem wyraża tzw. typ odwzorowania: 1:1, 1:N lub M:N. Typ odwzorowania 1:1 oznacza, że dla ustalonego obiektu istnieje dokładnie jeden związany z nim obiekt (np. obiekt MAGAZYN jest zarządzany przez jednego kierownika magazynu, który jest wystąpieniem w obiekcie KIEROWNIK MAGAZYN). Typ odwzorowania 1:N występuje wtedy, gdy z danym obiektem jest związanych wiele innych obiektów (sytuacja taka dotyczy relacji między obiektem MAGAZYN oraz obiektem PRACOWNIK; obiekt ten obejmuje wiele wystąpień – konkretnych pracowników, z których wielu może być zatrudnionych w magazynie). Wreszcie typ odwzorowania M:N dopuszcza, by wiele obiektów było związanych z danym i odwrotnie. Ma to miejsce w wielobranżowych magazynach, w których w jednym magazynie (obiekt MAGAZYN) znajduje się wiele wyrobów (obiekt WYRÓB), a równocześnie ten sam rodzaj wyrobu znajduje się w wielu magazynach.

W modelu struktury informacyjnej związku definiowane są między obiektami, a nie między ich wystąpieniami. Fakt, że dla jakiegoś obiektu określono pewien związek, nie oznacza, że wszystkie wystąpienia tego obiektu muszą brać udział w tym związku. Przykładowo nie każdy odbiorca (ujęty w obiekcie ODBIORCA) odbiera od nas w danym okresie wyroby (opisane w obiekcie WYRÓB).

W rozszerzonym modelu obiekt – związek – atrybut są wyróżniane pewne rodzaje i klasy obiektów oraz związków. I tak szczególnym rodzajem obiektu jest obiekt słabszy; wartości jego atrybutów nie wystarczają do jego jednoznacznej identyfikacji bądź też lista atrybutów nie jest dla danego obiektu kompletna. Do tego celu używa się więc relacji, w której taki obiekt pozostaje z innym jednoznacznie identyfikowanym obiektem (nazywanym, jeśli zachodzi potrzeba odróżnienia go od obiektu słabego – mocnym). Kryterium odniesienia do rzeczywistości umożliwia wyodrębnienie następujących klas obiektów: rzeczywistych oraz abstrakcyjnych.

Poszczególne rodzaje i klasy obiektów są wyodrębniane w sposób naturalny lub też powstają w wyniku tzw. procedur abstrakcji poszczególnych obiektów i związków między nimi. Do bardziej znanych abstrakcji należą: generalizacja/specjalizacja i łączenie/dekompozycja.

Generalizacja jest związkiem między dwoma obiektami, z których jeden jest uogólnieniem drugiego (specjalizacja jest odwrotności generalizacji). Przykładem generalizacji jest wyodrębnienie obiektu KONTRAHENT na podstawie wcześniej rozpoznanych obiektów DOSTAWCA i ODBIORCA. Obiekty powstające w wyniku generalizacji określamy mianem supertypu. Specjalizacja odnosząca się do obiektu ZAMÓWIENIE powoduje wyodrębnienie dwu typów obiektów: ZAMÓWIENIE POTWIERDZONE oraz ZAMÓWIENIE ODRZUCONE, które nazywamy podtypami.

Łączenie jest związkiem między częścią, składnikiem lub komponentem (niekoniecznie fizycznym) a całością, w której skład ta część, składnik lub komponent wchodzi. Jako ilustrację operacji łączenia można podać obiekt TRANSAKCJA SPRZEDAŻY, który wyraża zdarzenie wyekspediowania wyrobu lub grupy wyrobów (obiekt WYRÓB) określonym środkiem transportu (obiekt ŚRODEK TRANSPORTU) wraz z emisją faktury (obiekt FAKTURA). Obiekt powstający w tym przypadku traktujemy jako łączny. Relacja odwrotna – dekompozycja – dotyczy obiektu WYRÓB, który zostaje podzielony na następujące obiekty dzielone: WYRÓB, WYRÓB W MAGAZYNIE oraz SPECYFIKACJA.

Model struktury informacyjnej dziedziny przedmiotowej zostaje wyrażony w postaci graficznej jako diagram. Na diagramie obiekty reprezentowane są przez prostokąty, a związki przez romby położone na liniach łączących prostokąty. Wewnątrz tych figur wpisane są nazwy (typów) obiektów i związków. Linie wychodzące z narożników rombu są opisywane typami odwzorowań.

Formułując model struktury informacyjnej musimy uwzględnić jego dwie wersje:

- model zewnętrzny, który wyraża, za pośrednictwem wyżej przedstawionych kategorii, struktury danych istotne dla konkretnej funkcji lub zadania,
- model zintegrowany, przygotowywany dla całej dziedziny i powstający w wyniku scalania poszczególnych modeli zewnętrznych.

Drugim efektem procesu modelowania (poza modelem dziedziny przedmiotowej) jest charakterystyka techniczno-technologicznego wariantu systemu informatycznego. Podstawą jej opracowania jest:

- identyfikacja i analiza struktury technicznej dotychczasowego systemu, umożliwiająca ustalenie zbioru środków technicznych przetwarzania danych wraz z określeniem ich rozmieszczenia, dotychczasowego obciążenia, warunków eksploatacji i możliwości rozbudowy,
- identyfikacja i analiza struktury przestrzennej dotychczasowego systemu, ustalająca odległości między podmiotami realizującymi cele, funkcje i zadania systemu z uwzględnieniem charakteru ich powiązań i zależności (organizacyjne, informacyjne, funkcjonalne lub technologiczne),
- model dziedziny przedmiotowej (funkcjonalno-informacyjny).

Wyniki analizy struktury technicznej i przestrzennej w powiązaniu z modelem dziedziny przedmiotowej umożliwiają:

- określenie odpowiedniej do potrzeb przyszłego systemu klasy sprzętu i oprogramowania podstawowego,
- wybór technologii przetwarzania (technologia konwencjonalna, scentralizowane lub rozproszone bazy danych, praca w sieci) oraz odpowiedniego oprogramowania.

Proces modelowania systemu informatycznego ma charakter iteracyjny. Zarówno opracowanie modelu dziedziny przedmiotowej, jak i późniejsza charakterystyka techniczno-technologiczna systemu są realizowane metodą kolejnych przybliżeń. Należy zwrócić uwagę, że ustalenia techniczno-technologiczne mogą stać się czynnikiem weryfikującym model

dziedziny przedmiotowej.

3.3. Projektowanie systemu

Opracowanie modelu umożliwia rozpoczęcie procesu projektowania systemu informatycznego.

Projektowanie systemu informatycznego traktuje się jako zespół logicznie uporządkowanych czynności zmierzających do określonego celu, jakim jest zbudowanie systemu informatycznego.

Projektowanie systemu to faza, której celem jest precyzyjne określenie obrazu przyszłego systemu informatycznego.

Projektowany system informatyczny przechodzi przez trzy stadia:

- wstępne (koncepcja);
- podstawowe (technologiczne):
 - projekt wstępny ¹⁵⁾
 - projekt technologiczny
- realizacji (wdrożeńowe).

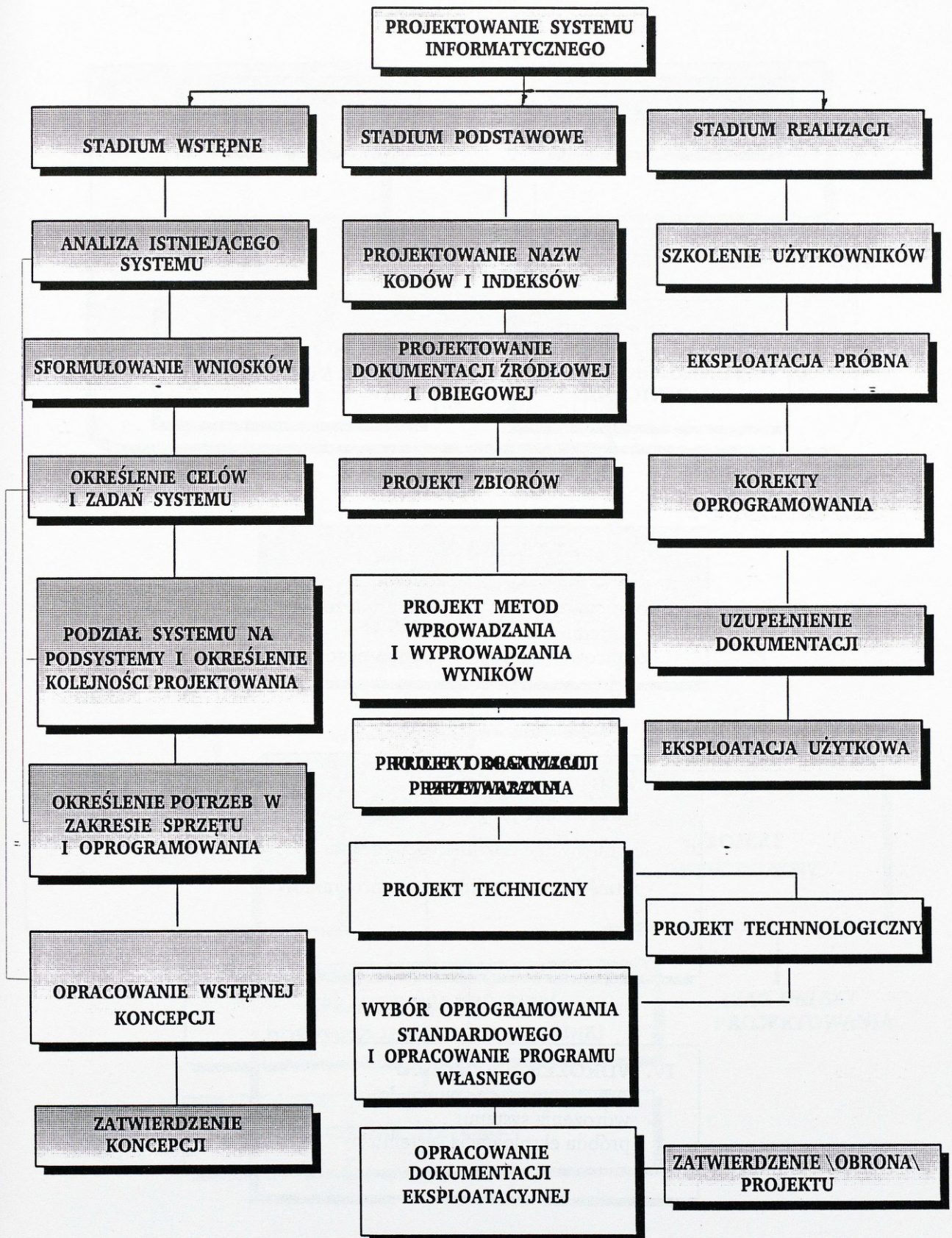
Na *rys. 13* przedstawiono ważniejsze etapy prac projektowych w przypadku stosowania tzw. metody diagnostycznej.

Należy zwrócić uwagę, że inne jest podejście do projektowania systemu informatycznego w wypadku, gdy mamy do czynienia z systemem indywidualnym, inne – gdy w systemie występują elementy powielarne.

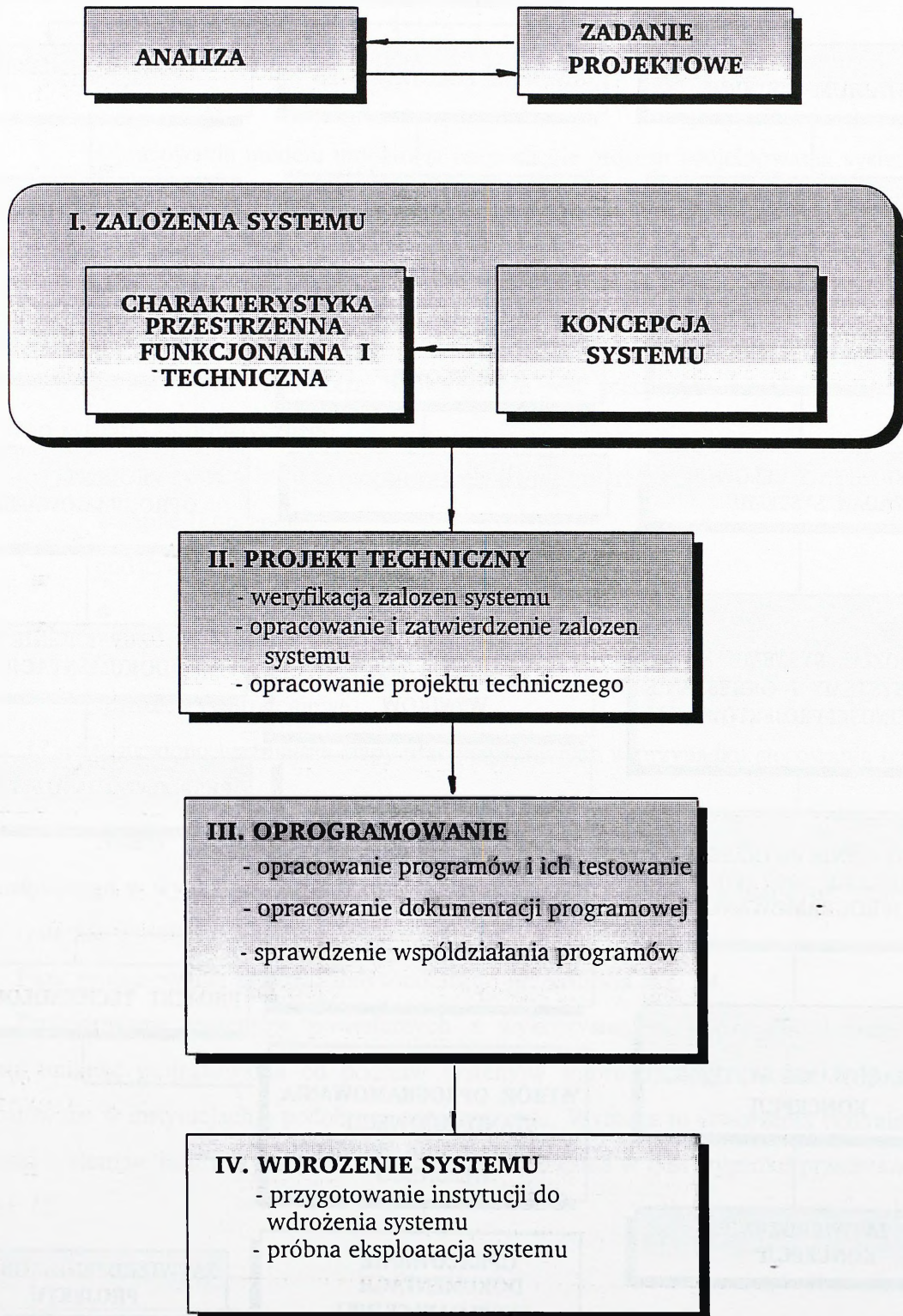
Fazy projektowania systemu indywidualnego przedstawia *rys. 14*.

Projektowanie systemów powielarnych z wykorzystaniem gotowych elementów pozwala uniknąć projektowania od podstaw systemów informatycznych, które były już eksploatowane w instytucjach o podobnym przeznaczeniu. Wymaga to utworzenia centralnej biblioteki systemów informatycznych. Procedurę postępowania w tym wypadku przedstawia *rysunek 15*.

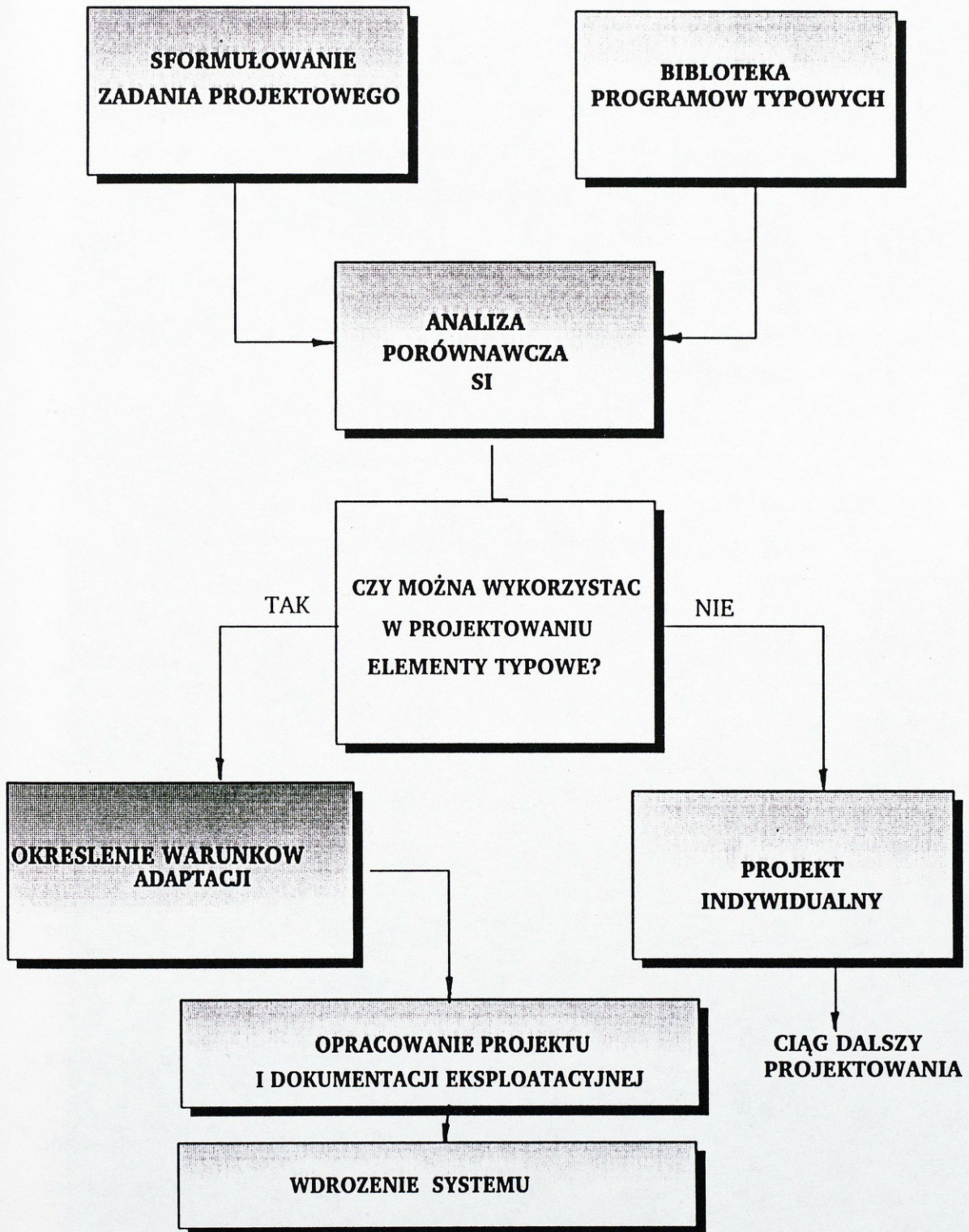
¹⁵⁾ Obecnie w procesie projektowania wojskowych systemów informatycznych łączy się fazę projektowania wstępnego i technologicznego w jedną fazę projektowania technologicznego.



Rys. 13. Etapy projektowania systemu informatycznego



Rys.14. Fazy projektowania systemu indywidualnego



Rys. 15. Projektowanie systemów powielanych z wykorzystaniem gotowych elementów

Model systemu, będący efektem procesu modelowania, stanowi podstawową, merytoryczną część koncepcji systemu.

Koncepcja poza modelem może zawierać dodatkowo:

- warunki organizacyjno-techniczne systemu;
- harmonogram dalszych prac nad budową systemu.

W razie projektowania dużych złożonych systemów, kolejnym etapem projektowania jest projektowanie wstępne.

Projekt wstępny stanowi uszczegółowienie koncepcji systemu w zakresie jego struktur, technologii przetwarzania, zbiorów, bazy danych wejścia i wyjścia systemu oraz konfiguracji sprzętowej, niezbędnej do eksploatacji przyszłego systemu.

Projekt wstępny zawiera dodatkowo dane dotyczące oszacowania pracochłonności i kosztów przetwarzania oraz szczegółowy harmonogram prac projektowych i realizacyjnych (programowanie, weryfikacja i wdrożenie systemu).

Projekt wstępny stanowi podstawą opracowania projektu technologicznego (technicznego).

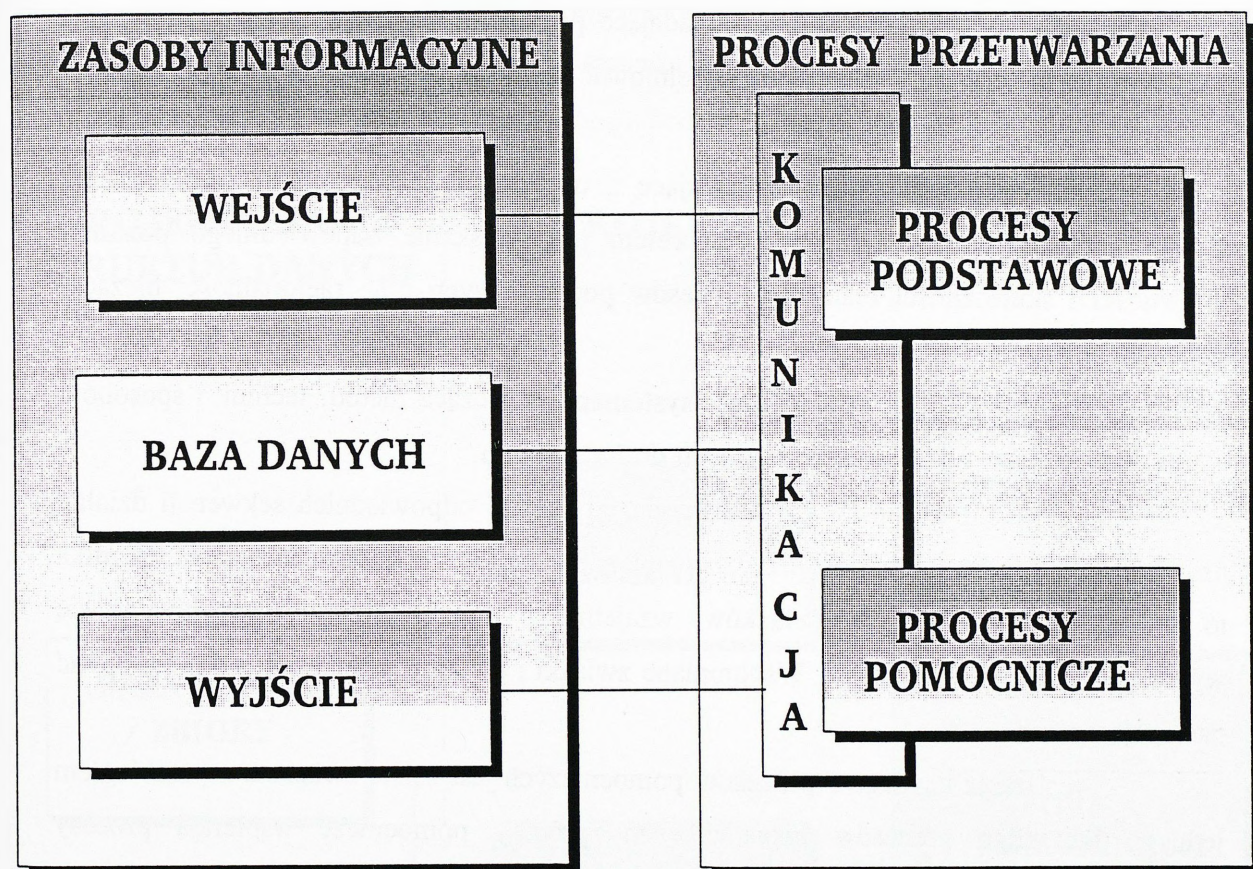
W przypadku projektowania małych, nieskomplikowanych systemów (systemy ewidencyjne) etap projektowania wstępnego jest pomijany – projekt technologiczny jest opracowywany na podstawie koncepcji systemu.

Projektowanie techniczne ma na celu precyzyjne określenie obrazu przyszłego systemu. Aby przedstawić strukturę procesu projektowania technicznego, należy zdekomponować system informatyczny, specyfikujący elementy będące przedmiotem projektowania. Z tego punktu widzenia można wyróżnić dwa obszary przedmiotowe:

- zasoby informacyjne, obejmujące informacje wejściowe, informacje zgromadzone w zbiorach autonomicznych lub w bazie danych systemu oraz informacje wyjściowe, stanowiące wyniki przetwarzania,
- procesy przetwarzania, odzwierciedlające technologię przetwarzania umożliwiającą transformację danych wejściowych na informacje wynikowe.

W każdym z tych obszarów można wyróżnić elementy, które stają się przedmiotem projektowania i inicjują ściśle określone sekwencje działań projektowych. I tak, w obszarze zasobów informacyjnych należy zaprojektować:

- **wejście systemu**, tzn. określić zakres i postać informacji wprowadzanych do systemu oraz sposób ich wprowadzania,



Rys. 16. Przedmiotowa dekompozycja systemu informatycznego

- zbiory/bazę danych, tj. logiczną i fizyczną strukturę danych,
- wyjście systemu, tj. zakres i postać informacji (wyników przetwarzania) wyprowadzanych z systemu oraz sposób ich wyprowadzania.

Oczywiście, zakres danych wyjściowych jest uwarunkowany zakresem informacji wprowadzanych do systemu oraz przechowywanych w zbiorach bazy danych. Z tego wynika, że projektowanie zasobów informacyjnych powinno się rozpocząć od ustalenia zakresu

informacji wynikowych, aby w dalszym procesie projektowania zapewnić możliwość ich uzyskania przez ustalenie odpowiednich zakresów danych na wejściu i w zbiorach/bazie danych.

W obszarze procesów przetwarzania przedmiotem projektowania są:

– **procesy podstawowe**, odpowiadające procesom realizacji użytkowych funkcji merytorycznych systemu (proces może obejmować jedno lub kilka zadań wyróżnionych w modelu dziedziny przedmiotowej),

– **procesy pomocnicze** (wynikające z uwarunkowań technologii przetwarzania danych przyjętej w systemie), których celem jest uzyskanie odpowiedniego poziomu sprawności i skuteczności realizacji procesów podstawowych oraz racjonalności bieżącej eksploatacji systemu,

– **komunikacja użytkownika z systemem**, dotycząca metod, technik i sposobów wprowadzania oraz wyprowadzania danych do i z systemu.

Określenie przedmiotów projektowania, a zatem i odpowiednich sekwencji działań projektowych, nie jest tożsame z przedstawieniem struktury procesu projektowania. Wynika to z faktu istnienia ścisłych związków, wzajemnego uwarunkowania i przenikania się wyspecyfikowanych elementów. Wspomniane związki i uwarunkowania można przedstawić następująco:

– realizacja każdego z procesów pomocniczych jest ściśle związana z przebiegiem jednego lub kilku procesów podstawowych (procesy pomocnicze wspierają procesy podstawowe zwiększając ich skuteczność, sprawność i ekonomiczność),

– realizacja każdego z procesów (podstawowych i pomocniczych) jest ściśle związana z określonymi strukturami danych, zawartymi w zbiorach/bazie danych systemu (proces korzysta z określonej struktury danych operując jej elementami),

– realizacja każdego z procesów (podstawowych i pomocniczych) jest ściśle związana z komunikacją jako sposobem inicjowania i parametryzacji tego procesu przez użytkownika (komunikacja stanowi integralną część procesów podstawowych i pomocniczych),

– komunikacja, zintegrowana z realizacją procesów, jest jednocześnie ściśle związana z wejściem i wyjściem systemu (projektując komunikację między użytkownikiem a systemem nie można oddzielić formy komunikacji od jej treści, tj. informacji wejściowych i wyjściowych przekazywanych między użytkownikiem a systemem).

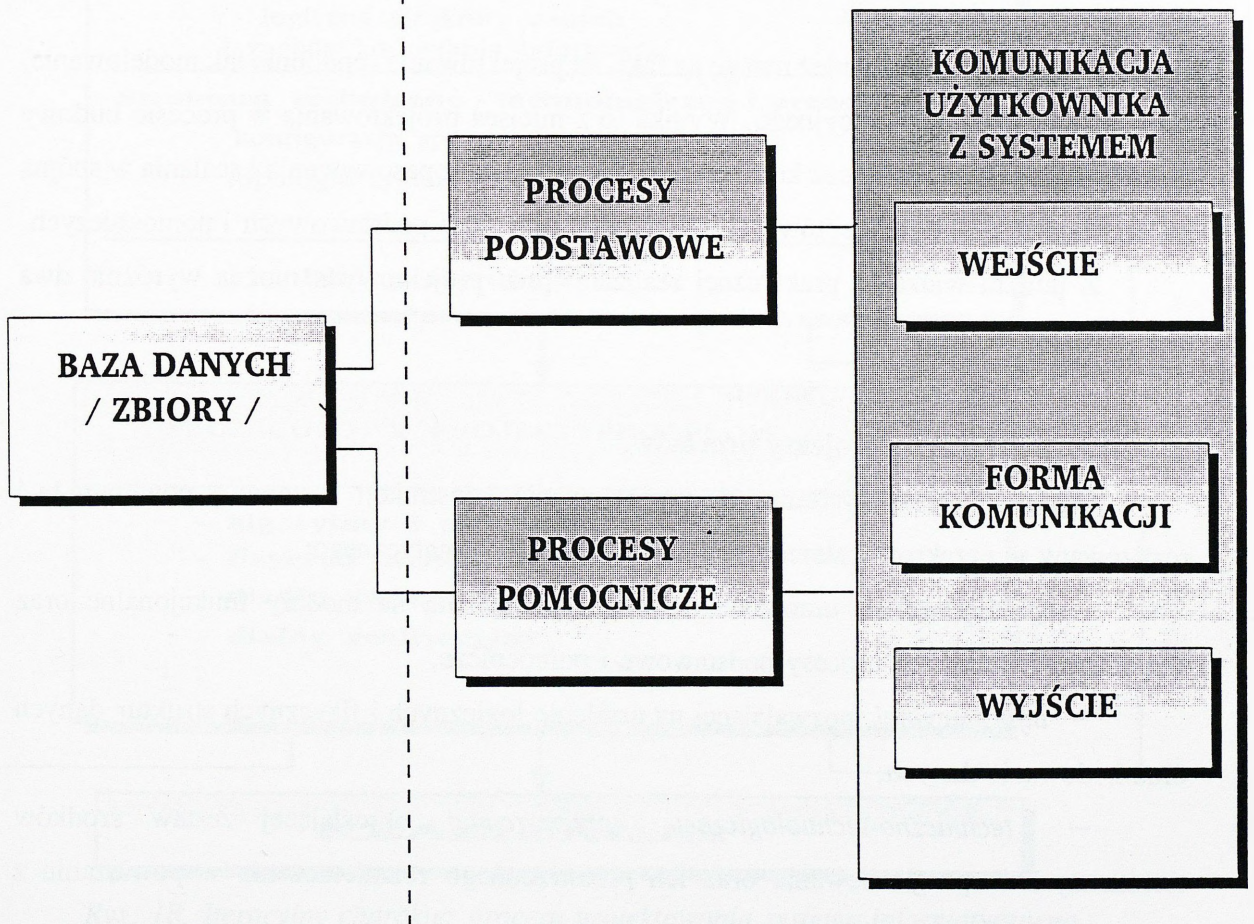
Bezpośrednią implikacją wyspecjalizowanych związków i zależności jest konieczność

równoległego projektowania wyróżnionych elementów.

Kategorią integrującą przebieg projektowania jest proces stanowiący niepodzielną jednostkę realizacyjną. To właśnie opisy procesów są bezpośrednią podstawą tworzenia programów użytkowych w fazie realizacji systemu. W trakcie projektowania procesy grupowane są w moduły funkcjonalne systemu, kryteria ich grupowania mogą mieć natomiast charakter merytoryczny (wtórny w stosunku do funkcji wyodrębnionych w modelu), przedmiotowy lub technologiczny.

PROJEKTOWANIE STRUKTUR DANYCH

PROJEKTOWANIE TECHNOLOGII PRZETWARZANIA



Rys. 17. Dekompozycja procesu projektowania systemu informatycznego

Udokumentowanie procesu polega na opisie:

- przebiegu procesu (w tym stosowanych algorytmów i procedur),
- struktur danych, z których proces korzysta,
- komunikacji użytkownika z systemem w trakcie realizacji procesu.

Z powyższego wynika, że proces projektowania musi obejmować równoległe logiczne i fizyczne struktury danych oraz technologię, rozumianą jako sposób uzyskania założonych w projekcie informacji wynikowych (realizacja procesów podstawowych i pomocniczych, zintegrowanych z komunikacją). Struktury danych stanowią w tym kontekście statykę systemu, a technologia przetwarzania odzwierciedla jego dynamikę. Równoległość procesu projektowania wynika zatem ze wzajemnych związków i uwarunkowań elementów będących przedmiotem projektowania.

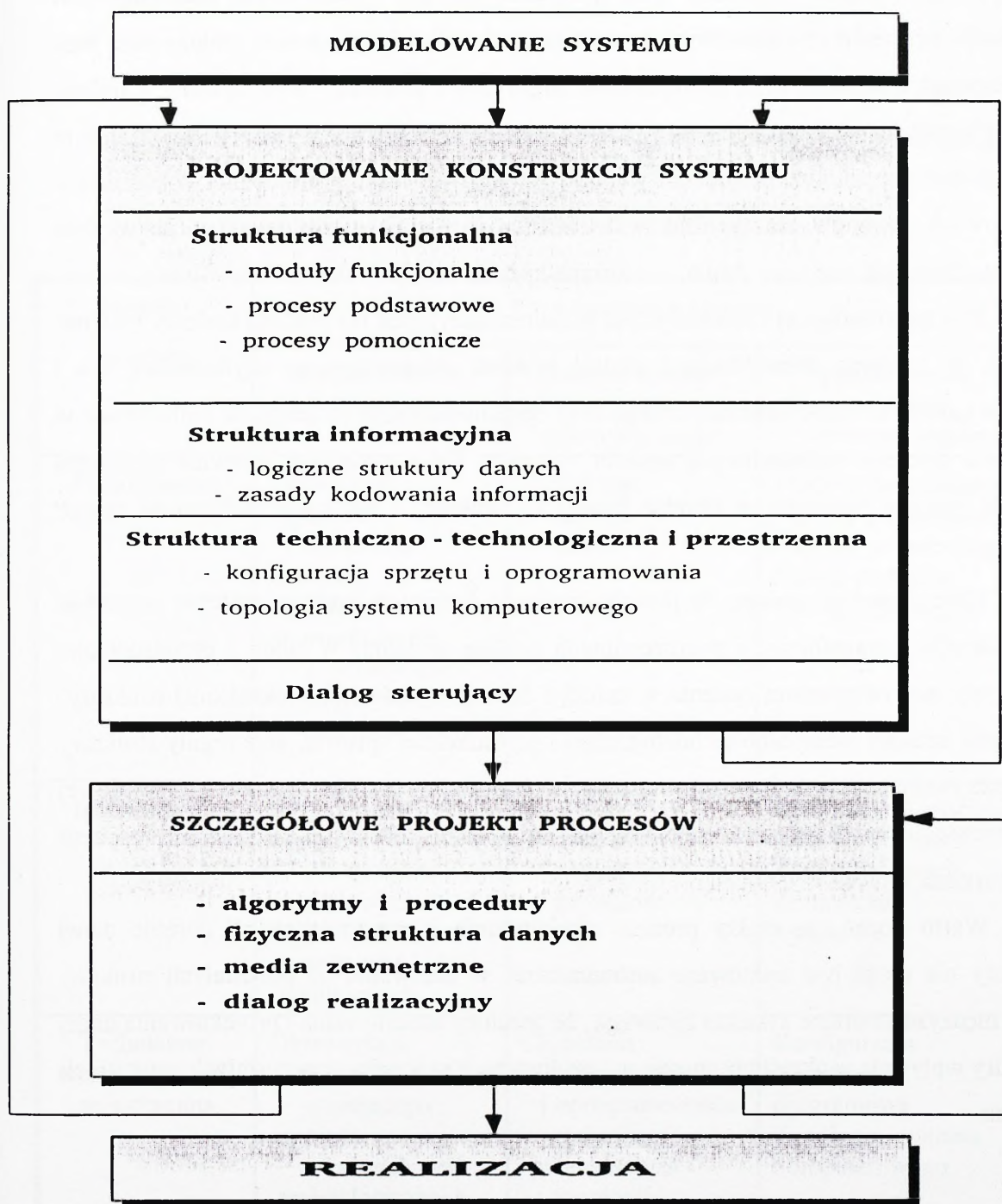
Należy zwrócić również uwagę na fakt, że projektowanie (podobnie jak modelowanie) ma charakter procesu iteracyjnego. Wynika to z miejsca projektowania w procesie budowy systemu informatycznego oraz konieczności stopniowego dopasowywania i scalania w spójną całość wszystkich komponentów poszczególnych procesów podstawowych i pomocniczych.

Z punktu widzenia praktycznej realizacji prac projektowych można wyróżnić dwa podstawowe ich etapy:

- **ogólny projekt systemu,**
- **szczegółowe projekty procesów.**

Ogólny projekt systemu (tj. projektowanie konstrukcji systemu) powinien być realizowany w przekroju czterech struktur systemu informatycznego:

- *funkcjonalnej*, umożliwiającej podział systemu na moduły funkcjonalne oraz wchodzące w ich skład procesy podstawowe i pomocnicze,
- *informacyjnej*, pozwalającej na ustalenie logicznych i fizycznych struktur danych oraz kodowanie danych,
- *techniczno-technologicznej i przestrzennej*, określającej zestaw środków technicznych i oprogramowania oraz ich przestrzennego rozmieszczenia w powiązaniu z realizowanymi modułami i procesami.



Rys. 18. Iteracyjny charakter procesu projektowania systemu informatycznego

Dodatkowym elementem konstrukcji systemu powinien stać się dialog sterujący, wskazujący na kolejność realizacji procesów, wzajemne ich powiązania i możliwości grupowania, z jednoczesnym uwzględnieniem struktur danych systemu oraz uwarunkowaniami wynikającymi z techniczno-przestrzennej struktury systemu.

Drugim etapem realizacji prac projektowych jest opracowanie **szczegółowych projektów procesów** (podstawowych i pomocniczych). Projektując proces, należy poza jego merytoryczną charakterystyką zaprojektować algorytmy i procedury wykonywane w trakcie realizacji procesu oraz struktury danych wykorzystywanych przez proces. Rozwiązania te powinny być uzupełnione projektami wejścia i wyjścia procesu, tj. projektami dokumentów wejściowych, ekranów oraz wydruków i ewentualnie rysunków emitowanych na wyjściu procesu. Stanowią one tzw. media zewnętrzne systemu.

Z przeprowadzonej charakterystyki przedrealizacyjnych faz procesu budowy systemu wynika, że zarówno identyfikacja i analiza systemu informacyjnego użytkownika, jak i budowa modelu systemu informatycznego oraz opracowanie jego projektu, są realizowane w przekroju czterech podstawowych struktur systemu. Takie podejście zapewnia niezbędną ciągłość procesu tworzenia w obrębie każdej ze struktur, a także kompleksowość całego procesu.

Należy zwrócić uwagę, że przechodzenie do kolejnych budowy systemu powoduje ściśle określoną transformację poszczególnych struktur systemu. W tabeli 1 przedstawiono efekty prac nad tworzeniem systemu w każdej z faz z uwzględnieniem określonej struktury. Charakter struktur techniczno-technologicznej i przestrzennej sprawia, że z reguły struktury te rozpatrywane są łącznie i obrazują lokalizację określonych środków techniki komputerowej w poszczególnych komórkach organizacyjnych obiektu, będących podmiotami procesu przetwarzania danych.

Warto dodać, że efekty procesu modelowania i projektowania w obrębie danej struktury nie mogą być traktowane autonomicznie w oderwaniu od pozostałych struktur. Więzy międzystrukturalne systemu sprawiają, że rezultaty modelowania i projektowania danej struktury wpływają w określony sposób na rezultaty tych procesów w pozostałych strukturach systemu.

Tabela 1

Transformacja struktur systemu informatycznego w procesie jego tworzenia

Struktury systemu	Fazy tworzenia systemu		
	analiza systemu informacyjnego	budowa modelu systemu informatycznego	projektowanie systemu informatycznego
Funkcjonalna	Zestawienie czynności: – rejestracja zdarzeń – obliczenia – przeglądanie – wyszukiwanie – magazynowanie – emisja wyników	Określenie: – funkcji – zadań	Moduły funkcjonalne Procesy podstawowe Procesy pomocnicze Dialog sterujący Dialog realizacyjny
Informacyjna	Określenie i analiza: – dokumentów wejściowych – kartotek – zestawień wynikowych	Określenie: – obiektów – związków – atrybutów	Dokumenty wejściowe Makiety ekranów Struktury danych Zestawienia wynikowe
Techniczno-technologiczna i przestrzenna	Określenie i analiza: – istniejącego sprzętu – uwarunkowań technologicznych – topologii organizacji obiektu	Określenie: – klasy sprzętu i oprogramowania – technologii przetwarzania – topologii systemu informatycznego	Konfiguracja sprzętowo-programowa Topologia systemu komputerowego

3.4. Realizacja systemu

Realizacja systemu jest tą fazą procesu jego tworzenia, która ma:

- doprowadzić do powstania systemu w postaci wykonalnej (etap programowania systemu),
- zapewnić właściwą jego eksploatację w obiekcie, dla którego został opracowany (etap wdrażania systemu).

W przypadku systemów powielarnych w ramach realizacji następuje również wszechstronna weryfikacja systemu, stanowiąca jego test akceptacyjny.

Realizacja systemu jest procesem złożonym, obejmuje zróżnicowane działania wykonywane przez odmienne podmioty. Prace programowe i wdrożeniowe są zazwyczaj realizowane równolegle, aby przyspieszyć termin podjęcia eksploatacji systemu.

Proces tworzenia oprogramowania systemu obejmuje następujące kroki (liczby w nawiasach oznaczają orientacyjny procentowy udział czasu realizacji danego kroku w procesie programowania złożonych systemów):

- analiza wymagań jakościowych, które powinno spełniać oprogramowanie realizujące dany system (10%),
- określenie specyfikacji (10%),
- projektowanie struktury oprogramowania systemu (15%),
- kodowanie modułów programowych z wykorzystaniem wybranych języków programowania (20%),
- testowanie oprogramowania systemu (45%).

A n a l i z a w y m a g a ń j a k o ś c i o w y c h dotyczy postulowanej jakości tworzonego oprogramowania. Wyraża się ją za pomocą pewnego zestawu charakterystyk, zwanych inaczej c e c h a m i d o b r e g o o p r o g r a m o w a n i a. Należy do nich zaliczyć przede wszystkim kompletność, zgodność, niezawodność, efektywność produktu, strukturyzację (jednolity sposób organizacji elementów oprogramowania, zastosowanie metod strukturalnych), modyfikowalność, dokładność działania, przyjazność produktu i ergonomiczność.

O k r e ś l e n i e s p e c y f i k a c j i ma ścisły związek z projektowaniem technicznym systemu informatycznego. W zdecydowanej większości przypadków rolę specyfikacji mogą spełniać wykonane wcześniej projekty procesów podstawowych i pomocniczych. Wskazane jest dołączenie do specyfikacji wszechstronnie opracowanych zestawów danych, które posłużą do testowania poszczególnych programów.

P r o j e k t o w a n i e s t r u k t u r y o p r o g r a m o w a n i a s y s t e m u obejmuje odwzorowanie elementów funkcjonalnych projektu technicznego na elementy programowe, dostosowane do możliwości realizacyjnych zespołu programistów i wymogów poprawnej strukturalizacji. System jest podzielony na niewielkie części w taki sposób, aby mogły one być zrealizowane przez poszczególnych programistów. Przy tym dla każdego określonego w ten sposób modułu powinny być podane wymagania, np. jakie funkcje ma on realizować, ile zajmować pamięci, jaki mieć maksymalny lub średni czas wykonania.

K o d o w a n i e m o d u ł ó w p r o g r a m o w y c h to pisanie programów (procedur) realizujących poszczególne moduły w ogólnej strukturze oprogramowania systemu. Badania autorów zachodnich pokazują, że w trakcie kodowania modułów programowych popełnia się tylko 36% błędów, podczas gdy w czasie projektowania struktury oprogramowania – 64% . Zalecanym rodzajem kodowania jest kodowanie strukturalne, oparte na pewnym zestawie podstawowych konstrukcji programowych (są to: sekwencja, selekcja, iteracja, pętla, wybór) do tworzenia programów o dowolnym stopniu złożoności.

T e s t o w a n i e o p r o g r a m o w a n i a s y s t e m u - piąty etap programowania systemu – jest najbardziej czasochłonną działalnością w procesie tworzenia oprogramowania systemu informatycznego, a zarazem działalnością najmniej docenianą.

W procesie testowania stosuje się różne kryteria, m.in.:

- każda instrukcja powinna być wykonana co najmniej jeden raz dla danego zestawu danych testowych, moduł zaś powinien generować wyniki poprawne,
- każda gałąź programu powinna być przetestowana i program powinien wygenerować wyniki poprawne,
- każda z dróg w programie powinna być przynajmniej jeden raz przetestowana i program powinien wygenerować wyniki poprawne.

Istotne znaczenie dla poprawnego wykonania wskazanych kroków procesu ma właściwa organizacja programowania. Dotyczy to przede wszystkim następujących organizacyjnych: obecności użytkownika w fazie testowania oprogramowania systemu,

utworzenia odpowiedniego zespołu programistów, wstępnego zgromadzenia odpowiedniej liczby materiałów eksploatacyjnych, a także zebrania niezbędnych narzędzi wspomagających proces programowania (biblioteki procedur, otoczenia języków programowania wyższego rzędu).

Wdrażanie systemu jest zazwyczaj końcowym etapem jego realizacji. Proces wdrażania systemu w obiekcie gospodarczym lub jakiegokolwiek instytucji ma na celu stworzenie odpowiednich warunków wymaganych przez przyjęte rozwiązania systemu informatycznego. Stopień skomplikowania procesu wdrażania zależy od charakteru i zakresu niezbędnych zmian. Może bowiem wystąpić konieczność wprowadzenia zmian:

- bezpośrednio w systemie zarządzania,
- w systemie informacyjnym organizacji,
- w metodach i technikach przetwarzania danych.

W praktyce mamy najczęściej do czynienia z koniecznością wprowadzania zmian w drugim i trzecim z wymienionych obszarów, znacznie rzadziej w pierwszym. W odniesieniu do systemów najprostszych, cząstkowych, o charakterze ewidencyjnym zmiany dotyczą z reguły jedynie metod i technik przetwarzania danych.

Osiągnięcie wymaganych przez system informatyczny warunków w obiekcie wiąże się z koniecznością realizacji czterech grup działań którymi są:

- 1) dostosowanie systemu informacyjnego i organizacji obiektu do potrzeb systemu informatycznego,
- 2) przygotowanie kadr dla systemu,
- 3) przygotowanie bazy technicznej systemu,
- 4) przygotowanie systemu do eksploatacji.

Pierwsza z wyróżnionych grup działań obejmuje następujące grupy czynności:

- opracowanie i wprowadzenie do bieżącego użytkowania w obiekcie bazy indeksowej i normatywnej oraz dokumentów źródłowych,
- przeprowadzenie niezbędnych zmian organizacyjnych w obiekcie.

Dokonanie niezbędnych zmian organizacyjnych może dotyczyć:

- struktury organizacyjnej (powstanie nowych komórek organizacyjnych, reorganizacja, podział scalenie lub likwidacja starych),
- struktury zarządzania (redukcja szczebli zarządzania, zmiany metod podporządkowania oraz form i metod współdziałania z jednostkami nadrzędnymi,

podrzednym i szeroko rozumianym otoczeniem),

- charakteru oraz metod pracy poszczególnych komórek organizacyjnych i pracowników obiektu (zmiany zakresów ich czynności, obowiązków, metod działania, zakresu i terminów podejmowania decyzji).

W trakcie opisywanych prac przygotowawczych mogą wystąpić trudności zwane najczęściej barierami wdrożeniowymi. Należy do nich zaliczyć przede wszystkim:

- barierę organizacyjną, polegającą na znacznym zmniejszeniu skuteczności i sprawności funkcjonowania obiektu w okresie wdrażania, w przypadku konieczności realizacji zbyt dużej liczby zmian organizacyjnych w zbyt krótkim czasie,
- barierę społeczną, wynikającą z poczucia zagrożenia, a uwidaczniającą się niechęcią pracowników do systemu, sprzeciwem wobec nie zawsze aprobowanych zmian organizacyjnych itp.

Pokonanie bariery społecznej wiąże się z kolejną grupą działań przygotowawczych w obiekcie, określoną jako przygotowanie bazy kadrowej. W jej obrębie można wyróżnić następujące przedsięwzięcia:

- szkolenie pośrednich i bezpośrednich użytkowników systemu (w tym również kadry obiektu),
- pozyskanie oraz przeszkolenie specjalistycznej kadry informatycznej operatorów, konserwatorów, administratora systemu).

Trzecia grupa działań mających na celu stworzenie w obiekcie odpowiednich warunków do wdrożenia systemu to przygotowanie jego bazy technicznej. Prace w tym zakresie są następujące:

- dobór systemu komputerowego (środków technicznych i oprogramowania) oraz jego zakup,
- prace realizacyjne, obejmujące złożenie i realizację zamówień na dostawy specjalistycznego i materiałów eksploatacyjnych (nośników magnetycznych, papieru do taśm barwiących), przygotowanie pomieszczeń dla sprzętu komputerowego (w przypadku komputerów wiąże się to z adaptacyjnymi procesami bądź też z budową ośrodka obliczeniowego) oraz organizację komputerowych stanowisk pracy,
- instalacja i rozruch, tj. założenie odpowiedniej sieci łączności i transmisji danych (w odniesieniu do systemów zdalnych) oraz instalację, montaż i uruchomienie systemu komputerowego.

Ostatnia grupa działań przygotowawczych to przygotowanie systemu informatycznego do eksploatacji. Proces racjonalnego wdrażania wymaga przeprowadzenia następujących prac:

- założenie i weryfikacja bazy danych (wiąże się to z uprzednim przygotowaniem danych źródłowych do założenia bazy danych – w wielu przypadkach należy w tym celu wypełnić komplet specjalnie do tego celu zaprojektowanych dokumentów),
- przeprowadzenie próbnych uruchomień systemu,
- przyjęcie ustaleń normalizujących bieżącą eksploatację systemu (serwis sprzętu i oprogramowania, terminy archiwowania bazy danych, warunki przechowywania i udostępniania nośników danych itp.).

Po wykonaniu wskazanych prac (oprogramowanie i wdrożenie) system jest przygotowany do użytkowej eksploatacji. Zwykle pierwszy jej okres jest wykorzystywany do praktycznej weryfikacji systemu i jest podstawą do zaprzestania prac w ramach systemu dotychczasowego. Należy zwrócić uwagę, że proces tworzenia systemu nie kończy się w momencie przekazania do eksploatacji pierwszej jego wersji.

Prace konserwacyjne i rozwojowe powinny prowadzić do powstania kolejnych wersji systemu, bardziej efektywnych i dopasowanych do bieżących warunków eksploatacji.

4. WARUNKI POPRAWNEGO PROJEKTOWANIA I WDRAŻANIA SYSTEMU INFORMATYCZNEGO

Podstawowym warunkiem poprawnego projektowania i wdrażania systemu informatycznego (SI) jest nieprzerwana współpraca użytkownik i organu projektującego; polega ona między innymi na ścisłym wypełnianiu obowiązków oraz egzekwowaniu uprawnień przez obie strony. Ma to istotne znaczenie, zarówno bowiem użytkownik jak i projektant są jedynymi, którzy uczestniczą od początku do końca w całym procesie projektowania i wdrażania SI.

W procesie projektowania i wdrażania SI uczestniczą:

- o r g a n k o o r d y n u j ą c y - instytucja centralna koordynująca i nadzorująca realizację przedsięwzięć projektowo-wdrożeniowych w dziedzinie informatyki w SZ RP oraz podległe jej funkcjonalnie organy informatyki niższego szczebla;
- i n s t y t u c j a k i e r u j ą c a - instytucje centralne, dowództwa i sztaby OW (RSZ), a także placówki badawcze, kierujące projektowaniem i wdrażaniem SI;
- u ż y t k o w n i k - instytucja, dla której jest projektowany i wdrażany SI;
- o r g a n p r o j e k t o w y - zespół roboczy, któremu zlecono wykonanie prac projektowo-wdrożeniowych;
- o r g a n e k s p l o a t a c y j n y - ośrodek przetwarzania informacji (OPI) wyznaczony do eksploatacji SI lub jego części.

Na produkt końcowy – system informatyczny mają wpływ wszyscy uczestnicy tego procesu, jednak od współpracy między użytkownikiem a organem projektowym zależy jakość i terminowość przedsięwzięcia.

Rolę użytkownika w projektowaniu i wdrażaniu SI najlepiej oddają funkcje, jakie spełnia on w w procesie opracowywania SI – inicjująca, oceniająca i eksploatacyjna.

Podstawowe znaczenie ma funkcja inicjująca, w której nikt nie może zastąpić użytkownika. Tylko on bowiem zna system kierowania instytucji, zwłaszcza wszystkie jest dobre i złe strony, może też jednoznacznie sprecyzować swoje potrzeby oraz określić wymagania i warunki komputeryzacji instytucji. Te ostatnie zagadnienia stanowią podstawę

do dalszego projektowania SI.

Kolejną funkcją użytkownika w tym procesie jest funkcja *o c e n i a j ą c a*. Można ją realizować przez:

- określenie parametrów SI;
- opisanie metod tworzenia danych modelowych i testowych;
- ustalenie metod oceny etapów projektowania i wdrażania SI;
- wyciągnięcie wniosków i doprowadzenie do ewentualnych zmian wynikłych w

trakcie projektowania SI.

Z kolei funkcja *e k s p l o a t a c y j n a* użytkownika polega na:

- prowadzeniu prac przygotowawczych do wdrożenia SI;
- szkoleniu;
- opracowaniu instrukcji organizacji użytkowania SI;
- badaniu SI;
- doskonaleniu SI.

Przed przystąpieniem do projektowania SI użytkownik musi wykonać prace analityczno-badawcze, aby ustalić stan formalno-prawny, organizacyjny, funkcjonalny, przestrzenny oraz techniczny instytucji. Stosownie do celu komputeryzacji powinien przygotować koncepcję SI jego systemu kierowania. Jest to podstawowe zadanie, które użytkownik musi wykonać przed przystąpieniem do projektowania SI. Niezbyt precyzyjnie określone cele i koncepcja proponowanego systemu powodują przypadkowy dobór zadań nie stanowiących spójnego systemu kierowania. Prowadzi to w dalszym etapie do projektowania pojedynczych zagadnień, wyrwanych z całości systemu kierowania, co nie daje spodziewanych efektów. Takie podejście do projektowania ma ujemny wpływ na tempo prac projektowych, jakość rozwiązań i przynosi skutki niezadowolające użytkownika.

Reasumując, przed przystąpieniem do opracowania zadania projektowego użytkownik przeprowadza wnikliwą analizę i ocenę funkcjonowania systemu kierowania, a następnie określa w sposób jednoznaczny wymagania operacyjno-taktyczne oraz techniczne i technologiczne, jakie ma spełniać przyszły SI. Dopiero p uzyskaniu pozytywnej oceny zarówno systemu kierowania, jak i informacyjnego, a także prawidłowym określeniu celu i zakresu komputeryzacji można przystąpić do opracowania **zadania projektowego (ZP)**. Powinno ono być realizowane przez użytkownika i konsultowane przez organ projektujący. Dzięki temu organ projektując zostanie bliżej wprowadzony w problematykę tego SI oraz

może zadbać o poprawność formalną i merytoryczną ZP, a także o takie jego opracowanie, aby mogło ono być podstawą do dalszego projektowania SI. Chodzi również o to, aby po formalnym zakończeniu każdego etapu projektowania SI, nie dokonywać zmian, uzupełnień lub modyfikacji.

Zadanie projektowe ma na celu precyzyjne sformułowanie, co ma realizować powstający SI, niezależnie od tego jak ma to robić.

Podczas opracowywania ZP użytkownik powinien zadbać o to, aby:

- cele systemu były funkcją strategicznych, operacyjnych, taktycznych celów instytucji oraz ich podziału między szczeble kierowania. Ponadto należy wskazać wszystkie problemy, funkcje i dziedziny działalności instytucji, które wymagają komputeryzacji, a także określić zasady współpracy i powiązań między nimi;

- dokładnie i jednoznacznie sformułować wymagania i ograniczenia systemu (techniczne, eksploatacyjne, organizacyjne i funkcjonalne);

- precyzyjnie określić strumienie informacyjne, ich postać, strukturę oraz częstotliwość wytwarzania;

- opisać dokumenty wejściowe i wyjściowe (postać, formaty, uporządkowanie, zasady wypełniania);

- przedstawić istniejącą bazę normatywno-kodową;

- zaprezentować problemy wymagające zbadania i rozwiązania;

- przedstawić algorytmy przekształcania danych wejściowych w wynikowe;

- zaprezentować zasady obiegu informacji w systemie;

- ściśle i jednoznacznie opisać strukturę systemu – funkcjonalną, informacyjną, techniczną, przestrzenną, decyzyjną oraz powiązania między nimi;

- sformułować wnioski dotyczące zmian i modyfikacji istniejącego systemu.

Uszczegółowienie wszystkich założeń i ustaleń zawartych w ZP jest **projekt techniczny systemu informatycznego**. Najczęściej jest on opracowany i dokumentowany w postaci i układzie składowym systemu (podsystemy, jednostki przetwarzania, moduły). Określa on organizację systemu oraz kontrolę procesu przetwarzania. Projekt opracowuje projektant we współpracy z użytkownikiem. Na tym etapie tworzenia systemu informatycznego użytkownik powinien dbać o poprawne i zgodne z jego wymaganiami rozwiązanie problemów w zakresie:

- p r o j e k t u w e j ś ć s y s t e m u – określenie liczby wejść, liczby i

postaci nośników, na których będą przechowywane dane, symboliki i układu graficznego dokumentów, opisu pól, ich zakresów, a także powiązań między polami dokumentu i dokumentami;

- projektu słownika nazw – powinny one być jednoznaczne i zrozumiałe dla użytkownika;

- projektu zbiorów podstawowych – powinny być w nim zawarte: organizacja, format, wielkość i rodzaj zbioru, typu rekordów raz ze specyfikacją pól, ich zakresów oraz powiązań między polami i rekordami, a także między zbiorami;

- projektu jednostek przetwarzania – użytkownik powinien zwrócić uwagę na prawidłowość tych konstrukcji z organizacyjnego punktu widzenia oraz ich powiązania z innymi jednostkami, istotna jest również weryfikacja przez użytkownika projektu zestawień kontrolnych, wykazu błędów, zwłaszcza ich opisu, treści, zawartości i projektu graficznego oraz zasad czasowo-przestrzennych, ich korekty (WB) lub dalszego wykorzystania (WK);

- warunków organizacyjnych – ustalenie zasad i trybu współpracy danej instytucji z otoczeniem zewnętrznym i wewnętrznym oraz przygotowanie do racjonalnego wykorzystania danych wynikowych dostarczonych przez system.

Kolejnym etapem tworzenia systemu jest **projekt technologiczny**, w którym ustala się ostateczną technologię przetwarzania danych, wykonuje i weryfikuje oprogramowanie oraz dokumentację technologiczną i eksploatacyjną.

Przed opracowaniem projektu technologicznego organ projektujący musi poznać wymagania użytkownika, które dotyczą:

- wielkości zbiorów – ważna jest zarówno średnia, jak i graniczna wielkość zbiorów; ma to wpływ na wybór konfiguracji komputera, systemu operacyjnego oraz metod organizacji zbiorów i ich przetwarzania;

- dokładności wyników, co pozwala uniknąć późniejszych zmian (zwykle w momencie otrzymywania przez użytkownika pierwszych zestawień wynikowych).

- ograniczeń czasowych, to jest czasu odpowiedzi i czasu przetwarzania, od czego zależy na przykład wielkość i budowa zbiorów;

- kontroli zgodności wyników pośrednich i końcowych, co pozwoli na szybkie wykrywanie błędów;

- niezawodności oraz czasu usuwania uszkodzenia (awarii);

– p r z e b i e g ó w a w a r y j n y c h, które muszą być opisane po to, aby podczas projektowania można było uwzględnić i zaplanować płynne przejście od normalnej eksploatacji do awaryjnej i powrót do prawidłowej realizacji funkcji systemu;

– o k r e ś l e n i e k i e r u n k u m o ż l i w y c h z m i a n, co umożliwi konstruowanie projektu w taki sposób, aby koniecznych zmian można było dokonać przez niewielkie modyfikacje systemu.

Sprawdzić na tym etapie tworzenia SI współpraca między organem projektującym a użytkownikiem może być minimalna, ale moim zdaniem powinna być kontynuowana, gdyż pomoc użytkownika może okazać się konieczna podczas weryfikacji zasadniczych rozwiązań, wyjaśnienia wątpliwości organu projektującego i programistów, rozwiązywania wyłaniających się problemów itp. Ponadto użytkownik zna system i swoim doświadczeniem może dopomóc w jego racjonalizacji. Niekiedy programiści podczas kodowania programów stwierdzają nielogiczność, niepoprawność lub brak fragmentu algorytmu, musi wówczas interweniować użytkownik i podpowiadać rozwiązanie.

Następny etap – **wdrażanie SI** obejmuje:

- prace przygotowawcze do wdrażania;
- eksploatację próbną;
- wdrożenie SI do eksploatacji użytkowej.

P r a c e p r z y g o t o w a w c z e są to czynności o charakterze organizacyjnym i technicznym, mające na celu między innymi ostateczne określenie terminów i sposobów gromadzenia, przechowywania, przesyłania i przetwarzania danych, wyznaczenie osób funkcyjnych ich szkolenie, zapewnienie właściwego wyposażenia technicznego oraz opracowanie instrukcji organizacji i użytkowania SI.

Na tym etapie tworzenia SI użytkownik jest jednocześnie organem kierowniczym, wykonawczym i nadzorczym. Wykonuje swoje zadania w ścisłej współpracy z organem projektującym i przyszłym eksploatatorem SI. Prace te powinny być podjęte w momencie zatwierdzenia projektu technicznego i być prowadzone równolegle z projektem technologicznym i później.

Przed przystąpieniem do e k s p l o a t a c j i p r ó b n e j SI organ projektowo-programowy powinien już mieć wykonane i przetestowane na własnych danych oprogramowanie całego systemu, dokumentację programową i eksploatacyjną oraz projektową. Użytkownik zaś powinien mieć gotowy harmonogram eksploatacji próbnej,

przygotowane dane testujące i zasady weryfikacji systemu. W tym celu należy opracować projekt eksploatacji systemu zawierający zasady, instrukcje wykonawcze, harmonogramy, schematy oraz opis istoty SI (cel, funkcja, zakres), organizacji działania SI, jego technologii, a także wymagań eksploatacyjnych systemu.

Opracowanie projektu eksploatacji systemu rozpoczyna się na etapie tworzenia projektu technicznego i jest kontynuowane podczas wykonywania projektu technologicznego.

Projekt eksploatacji systemu powinien mieć trzy części: organu projektującego i programującego, użytkownika oraz organu eksploatacji SI.

W części adresowej dla użytkownika omówione są zasady przygotowania, kontroli i obiegu dokumentów źródłowych, obiegu i modyfikacji zestawień wynikowych oraz łączności z OPI. W części tej należy przedstawić instrukcję przygotowania danych wejściowych, weryfikacji zestawień wynikowych oraz archiwizowania i likwidacji dokumentów źródłowych, maszynowych nośników danych i zestawień wynikowych.

W ramach instrukcji przygotowania dokumentów źródłowych użytkownik powinien opracować instrukcje:

- tworzenia, kontroli i spływu dokumentów źródłowych, przy czym na szczególną uwagę zasługuje poprawne określenie zasad tworzenia symboli w dokumentach źródłowych, uzupełnianie pól dokumentu, a także komórek organizacyjnych odpowiedzialnych za wypełnianie określonych dokumentów lub pól. W instrukcji kontroli należy ściśle określić zakres kontroli formalnej, merytorycznej i logicznej. W instrukcji kompletacji i przekazywania dokumentów trzeba zwrócić uwagę na określenie zasad kompletowania dokumentów źródłowych oraz prezentację procesu wytwarzania tych dokumentów;

- tworzenia i kontroli maszynowych nośników danych, w której istotną rolę odgrywa precyzyjny opis sposobu przenoszenia danych z dokumentów źródłowych na maszynowe nośniki;

- perforacji i sprawdzenia maszynowych nośników danych (MND), w której należy podać zasady tworzenia poszczególnych pól na nośniku, kryteria i zasady kompletowania MND oraz tworzyć z nich pakiety przeznaczone do określonego przebiegu przetwarzania.

W ramach weryfikacji zestawień wynikowych użytkownik powinien zwrócić szczególną uwagę na:

- pełną prezentację zestawień wynikowych, kontrolnych i wykazów błędów wraz z podaniem postaci główki zestawienia, powiązań informacyjnych między polami, kolejności

pojawiania się informacji;

- opis zasad kontroli zewnętrznej zgodności zestawień i analizę wykazu błędów, ich wyszukiwania oraz poprawiania;

- określenie zasad przygotowania danych korygujących oraz wprowadzania ich do zbiorów.

W ramach instrukcji archiwizowania i likwidacji dokumentów źródłowych, MND i zestawień wynikowych użytkownik powinien pamiętać o podaniu takich danych, jak:

- okres przechowywania;
- sposób i miejsce magazynowania;
- warunki i metody likwidacji.

Podczas eksploatacji próbnej SI mogą wystąpić różne nieprzewidziane sytuacje, dlatego użytkownik powinien określić:

- jakie zdarzenie będzie uznawane za sytuację awaryjną;
- sposób postępowania w razie stwierdzenia takiej sytuacji;
- zasady i tryb wprowadzania poprawek do oprogramowania, kto i w jakim zakresie może ich dokonywać, a także zasady i miejsce odnotowywania tych faktów w dokumentacji i programach.

Po zakończeniu eksploatacji próbnej zweryfikowany i poprawiony SI wraz z dokumentacją podlega komisijnemu odbiorowi.

Ostatnim etapem jest **w d r a ż a n i e S I d o e k s p l o a t a c j i u ż y t k o w e j**, co stanowi cel i efekt całego cyklu projektowo-programowego. W czasie eksploatacji użytkownik może uznać, że konieczne jest zmodyfikowanie i doskonalenie SI lub też wycofanie go z eksploatacji. Wspólnie z organem eksploatującym może określić efektywność SI włączonego do funkcjonującego systemu kierowania instytucji.

5. METODYKA PROJEKTOWANIA SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH

5.1. Tradycyjne a systemowe podejście do projektowania

Przez pojęcie metodyki projektowania systemów rozumiemy logiczny i chronologicznie ułożony zbiór wskazówek i wytycznych dotyczących metod oraz technik, które należy stosować przy projektowaniu systemów. Celem metod jest wskazanie teoretycznych sposobów podejścia do projektującego na system projektowany, techniki zaś są formą realizacji tych metod albo, mówiąc inaczej – formą ich dokumentacji. W tym rozdziale zagadnienie metodyki projektowania systemów informatycznych przedstawiamy głównie z punktu widzenia metod stosowanych przy projektowaniu.

Metodyka projektowania jakiegokolwiek systemu działania jest funkcją wielu zmiennych. Tak też jest w wypadku projektowania systemów informatycznych; metodyka zależy m.in. od:

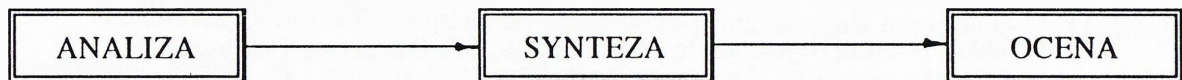
- poziomu technicznego sprzętu komputerowego,
- rodzaju standardowego oprogramowania,
- kwalifikacji kadr informatyki itp.

Wszystkie te czynniki zależą zaś od wielu innych elementów. W sumie więc każda metodyka projektowania systemów informatycznych jest funkcją wielu czynników ułożonych w wielopoziomową, dynamicznie się rozwijającą strukturę. Wynika z tego konieczność okresowej aktualizacji i ulepszania metodyk projektowania systemów, szczególnie zaś tych sfer, które dotyczą technik (zasad) projektowania.

Rozpatrując problematykę metodyk projektowania systemów działania z punktu widzenia stosowanych metod można wyróżnić zasadniczo dwa, wykształcone w ciągu wieków, sposoby podejścia do projektowania. Podejście pierwsze zwane tradycyjnym bądź konwencjonalnym, podejście drugie – systemowe. Za prekursora podejścia tradycyjnego uważa się Arystotelesa, za historycznego twórcę podejścia systemowego można natomiast uważać Galileusza.

Tradycyjne podejście do projektowania charakteryzuje się tym, że jego podstawą są:

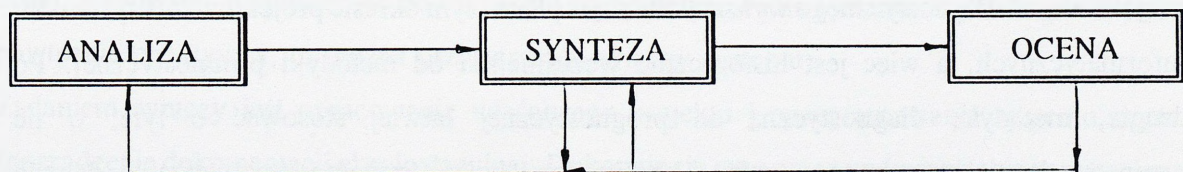
szczegółowa obserwacja, opis i analiza istniejącego systemu. Wnioski wyciągnięte z tej analizy są podstawą do zaprojektowania nowego systemu, który poddawany jest ocenie. Innymi słowy, tradycyjne ujęcie projektowania odznacza się triadą: analiza – synteza – ocena (patrz rys. 19).



Rys. 19. Istota tradycyjnego podejścia do projektowania

Zupełnie inną metodę stosuje się w systemowym podejściu do projektowania. Otóż syntezę przeprowadza się w całości w pierwszej fazie projektowania nie uwzględniając rzeczywistego systemu. Stąd szerokie wykorzystanie w projektowaniu metod heurystycznych, począwszy od "burzy mózgów", a kończąc na metodzie synektycznej, morfologicznej czy delfickiej. Zarówno analizę warunków – w jakich system ma działać, jak i ocenę przeprowadza się później po uchwyceniu syntetycznej całości systemu. Wykorzystuje się przy tym sprzężenia zwrotne między poszczególnymi elementami triady (patrz rys. 20), co w konsekwencji przyczynia się do projektowania rozwiązań śmiałych, odkrywczych i efektywnych.

Sprowadzając omawiane sposoby podejścia do projektowania na grunt informatyczny należy stwierdzić, że systemowe ujęcie projektowania ma w porównaniu z ujęciem tradycyjnym wiele zalet, jak np.:



Rys. 20. Istota systemowego podejścia do projektowania

- 1) jest podejściem charakterystycznym dla prac projektowych sensu stricte (ujęcie tradycyjne bardziej odpowiada pracom badawczym),
- 2) jest podejściem dynamicznym (umożliwia projektowanie systemu z perspektywą jego dalszej, modułowej rozbudowy),
- 3) zmniejsza pracochłonność i koszt całości prac projektowych,
- 4) eliminuje bardzo pracochłonną i mało efektywną analizę wstępną systemu istniejącego,
- 6) koncentruje uwagę projektantów na celu i istocie projektowanego systemu,
- 7) pobudza twórczą wyobraźnię projektantów, ich inicjatywę i aktywność,
- 8) pozwala na twórczy współdział pracowników przedsiębiorstwa, którzy nie obawiają się krytykowania dotychczas istniejących rozwiązań.

W praktyce projektowania systemów informatycznych wykształciło się wiele metodyk projektowania, z których jeden charakteryzują się podejściem tradycyjnym, drugie – systemowym, inne wreszcie są kompromisem między tymi ujęciami. Jednakże za najbardziej charakterystyczną i najczęściej wykorzystywaną w praktyce odmianę podejścia tradycyjnego uznaje się diagnostyczną metodykę projektowania, a za odmianę podejścia systemowego – prognostyczną metodykę projektowania G. Nadlera.

5.2. Diagnostyczna metodyka projektowania systemów informatycznych

W wieloletniej tradycji projektowania systemów informatycznych niewątpliwie największą popularność zdobyła sobie diagnostyczna metodyka projektowania. Wynika to z wielu przyczyn, z których dwie wydają się najważniejsze. Po pierwsze, metodyka projektowania diagnostycznego wykształciła się w pierwszym okresie projektowania systemów informatycznych, a więc jest historycznie wcześniejsza od metodyki prognostycznej. Po drugie, metodykę diagnostyczną od prognostycznej łatwiej stosować o tyle, o ile przeprowadzenie gruntownego opisu i analizy istniejącego systemu przetwarzania danych może być łatwiejsze od wypracowania "od razu" twórczych koncepcji systemu informatycznego. Jest to szczególnie ważne, gdy zespół projektantów składa się z ludzi młodych, niedoświadczonych. Etap analizy istniejącego systemu przetwarzania danych jest

wtedy dla projektantów naturalnym okresem "doksztalcenia się" z takich dziedzin, jak ekonomika przedsiębiorstwa, organizacja produkcji, zarządzanie przedsiębiorstwem czy wreszcie przetwarzanie danych gospodarczych.

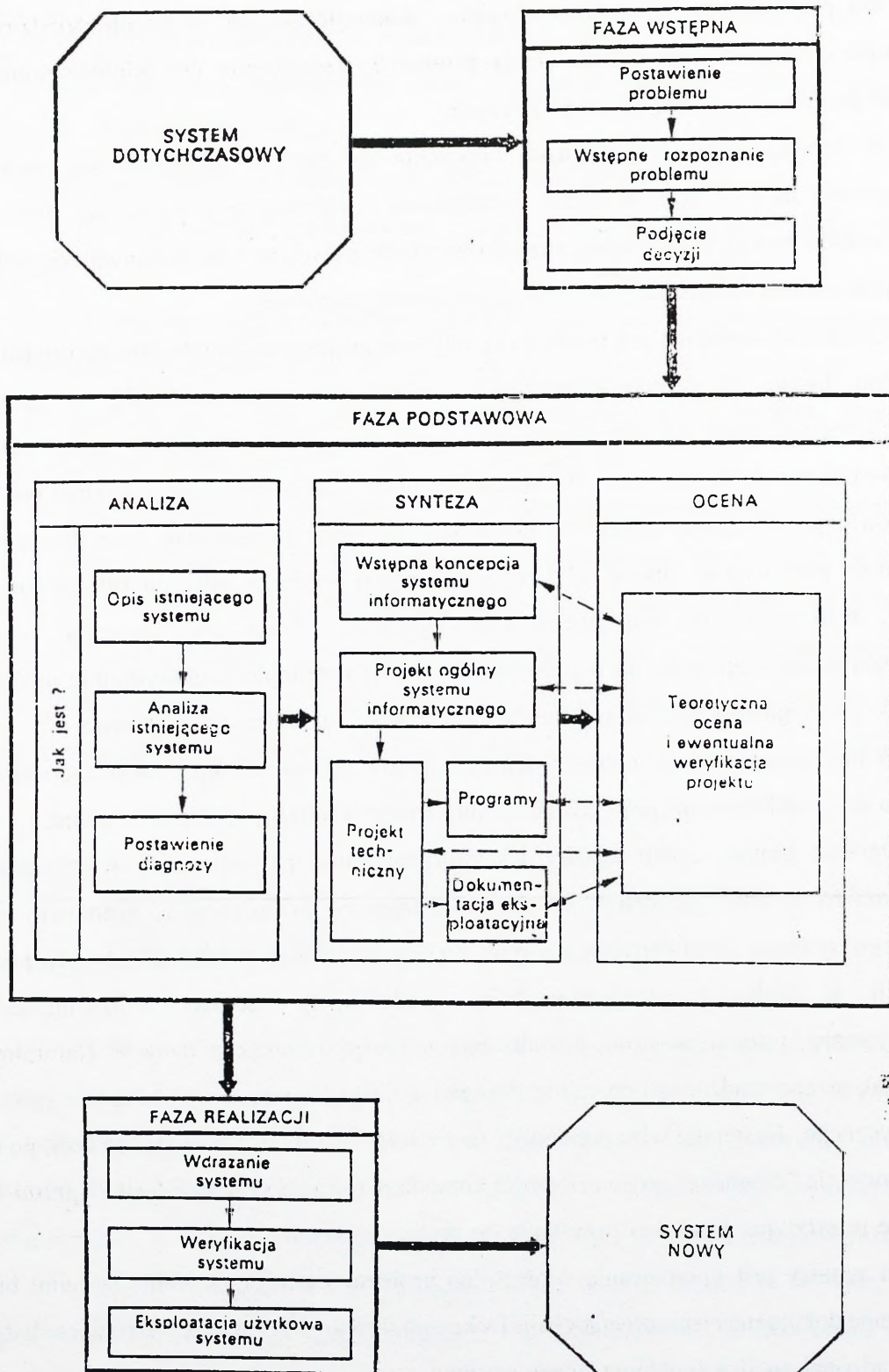
W teoretycznych rozważaniach przyjmuje się podział diagnostycznej metodyki projektowania na trzy fazy: wstępną, podstawową i realizacji (*patrz rys. 21*). Właściwe różnice między metodyką diagnostyczną a prognostyczną tkwią w fazie podstawowej, podczas gdy w pozostałych fazach nie ma różnic przynajmniej pozornie).

Celem fazy wstępnej jest ustalenie przedmiotu projektowania lub mówiąc dokładniej, przedmiotu badań. W wyniku przeprowadzonych badań najpierw określa się potrzeby przedsiębiorstwa, które po ich formalnym ujęciu w sposób narzucony przez techniki projektowania przekształcają się w zadanie projektowe. Tak sformułowane zadanie pozwala umiejscowić projektowany system w przestrzeni swobody projektowej oraz determinuje konieczność postawienia "diagnozy" i podjęcia decyzji w sferze dalszego funkcjonowania systemu. Jeśli przyczyną istniejącego stanu rzeczy jest "luka technologiczna" między technologią istniejącego systemu przetwarzania danych a technologią potencjalnie możliwą, to zwykle powstaje konieczność podjęcia decyzji o komputeryzacji tego systemu.

W fazie podstawowej zgodnie z metodyką diagnostyczną należy (w myśl tradycyjnego podejścia do projektowania) postępować według triady: analiza – synteza – ocena.

Ogólnie biorąc, celem analizy jest sformułowanie prawidłowej i wyczerpującej odpowiedzi na pytanie "jak jest?". Należy więc najpierw przeprowadzić gruntowny opis istniejącego systemu przetwarzania danych. Zwłaszcza, należy zbadać kanały przepływu informacji w badanym przedsiębiorstwie, produkcyjne, kadrowe i organizacyjne uwarunkowanie systemu, sposoby i środki techniczne przetwarzania danych. Naturalnym efektem tak przeprowadzonego opisu jest analiza i wnioski dotyczące projektowania systemu informatycznego. Następuje więc odpowiedź na pytanie "dlaczego?", a w ślad za tym, po raz drugi, stawia się "diagnozę" co do celowości komputeryzowania systemu. Jeśli diagnoza jest powtórnie pozytywna, to można przystąpić do syntezy systemu.

Zadaniem syntezy jest opracowanie właściwego projektu i oprogramowania systemu oraz sporządzenie dokumentacji eksploatacyjnej. Dokonuje się tego przez wykorzystanie rezultatów przeprowadzonej analizy funkcjonującego systemu.



Rys. 21. Idea metodyki diagnostycznej

Wreszcie można przystąpić do oceny zaprojektowanego systemu informatycznego. Etap ten ma dość specyficzny charakter, korzysta się tu bowiem z pewnych osiągnięć teorii systemów. Mianowicie w toku opracowywania syntezy systemu przeprowadza się oceny wycinkowe, aby po zakończeniu prac nad syntezą dokonać gruntownej oceny całego systemu (*patrz rys. 22.*).

Zadaniem fazy realizacji jest wdrożenie systemu, a później użytkowa eksploatacja systemu informatycznego.

Należy jednak zwrócić uwagę, że przyjęty dla teoretycznych rozważań podział procesu projektowania na fazy nie jest należycie dostosowany do potrzeb praktyki projektowania. W praktyce wymagane jest bowiem opracowywanie dokumentacji projektowej, określenie miejsca tej dokumentacji w strukturze systemu informatycznego, a także wskazanie osób odpowiedzialnych za realizację poszczególnych etapów prac projektowych. W praktyce przyjmuje się podział procesu projektowania diagnostycznego na stadia, etapy, podetapy i kroki proceduralne (*por. rys. 7.*).

Całość prac projektowych dzieli się na trzy podstawowe stadia:

- I. Prace projektowe wstępne.
- II. Prace projektowe szczegółowe.
- III. Wdrażanie i eksploatacja systemu informatycznego.

W ramach prac projektowych wstępnych wyróżnia się następujące etapy:

1. Prace przygotowawcze (przeddecyzyjne).
2. Analiza istniejącego systemu przetwarzania danych oraz ogólna koncepcja systemu komputerowego.
3. Projektowanie ogólne (rozszerzone założenia techniczno-ekonomiczne systemu informatycznego).

W wyniku realizacji etapu prac przygotowawczych następuje rozstrzygnięcie w sprawie prowadzenia lub zaniechania dalszych prac projektowych. Podjęcie tej decyzji jest możliwe dzięki uzyskaniu odpowiedzi na dwa pytania:

- jaki był powód rozpoczęcia prac przygotowawczych? (z zasady jest to symptom niefunkcjonalności dotychczasowego systemu),
- jakie są cele projektowanego systemu?

Rys. 22. Projektowanie systemu informatycznego metodą diagnostyczną

Stadia	Etapy	Podetapy	Kroki
1	2	3	4
	Prace przygotowawcze (przeddecyzyjne)	Opis istniejącego systemu	Ogólna charakterystyka jednostki gospodarczej i badanego systemu
	Analiza istniejącego systemu oraz wstępna koncepcja systemu informatycznego		Rodzaje i wzory stosowanej dokumentacji
			Schemat obiegu dokumentów
			Opis bazy in덱sowej i normatywnej
		Analiza istniejącego systemu	Analiza wejść systemu
			Analiza wyjść systemu
			Analiza technologii przetwarzania danych
			Analiza rozwiązań organizacyjnych bazy in덱sowych i normatywnej

1	2	3	4
		Ogólna koncepcja systemu informatycznego	<p>Wychwycenie "wąskich gardeł" badanego systemu</p> <p>Schemat ideowy systemu informatycznego</p> <p>Potrzeby w zakresie oprogramowania</p> <p>Potrzeby w zakresie sprzętu</p> <p>Harmonogram dalszych prac przygotowawczo-organizacyjno-projektowych</p>
	Projekt ogólny systemu informatycznego (rozszerzone założenia techniczno-ekonomiczne)	<p>Określenie wyjść systemu informatycznego</p> <p>Określenie zbiorów podstawowych systemu</p> <p>Określenie wejść systemu informatycznego</p> <p>Schemat ogólny systemu informatycznego</p>	

1	2	3	4
		<p>Opracowanie dodatkowe i końcowe</p>	
	<p>Projekt techniczny systemu informatycznego</p>	<p>Projekt wejść systemu informatycznego</p>	
		<p>Projekt struktury zbiorów systemu</p>	
		<p>Projekt technologii przetwarzania zbiorów</p>	
		<p>Projekt wejść systemu informatycznego</p>	
		<p>Projekt kodów systemu</p>	
		<p>Schemat jednostek przetwarzania</p>	

1	2	3	4	
<p style="text-align: center;">PRACE PROJEKTOWE SZCZEGÓŁOWE</p>	<p style="text-align: center;">Aogramowanie systemu informatycznego</p>	Wybór metody (sposobu) programowania		
		Wybór techniki prezentacji algorytmów		
		Kodowanie programów		
		Testowanie poszczególnych programów		
	Testowanie systemu	<p style="text-align: center;">Opracowanie dokumentacji eksploatacyjnej</p>		Harmonogram komputerowego przetwarzania danych
	Instrukcje przygotowawczo – kontrolne			
	Instrukcje organizacyjno-operatorskie			
	Przygotowanie użytkownika pod względem kadrowo-organizacyjnym			
<p style="text-align: center;">WDRAŻANIE I EKSPLOATACJA</p>	<p style="text-align: center;">Wstępna eksploatacja i weryfikacja systemu</p>	Przygotowanie warunków technicznych		

1	2	3	4
	Eksploatacja użytkowa systemu informatycznego	Instruktaż Próbna eksploatacja Weryfikacja systemu Eksploatacja systemu Utrzymanie systemu	

Etap analizy istniejącego systemu przetwarzania danych oraz ogólnej koncepcji systemu komputerowego dzieli się na trzy podetapy:

1. Opis istniejącego systemu przetwarzania danych.
2. Analizę istniejącego systemu przetwarzania danych.
3. Ogólną koncepcję systemu informatycznego.

Podetap **opisu istniejącego systemu przetwarzania danych** realizowany jest w następujących krokach:

- a) ogólna charakterystyka jednostki gospodarczej i badanego systemu sporządza się tutaj m.in. schemat organizacyjny przedsiębiorstwa,
- b) rodzaje i wzory stosowanej dokumentacji opisu tego należy dokonać na podstawie wypełnionych formularzy dokumentów,
- c) schematy obiegu dokumentów,
- d) opis bazy indeksowej i normatywnej.

Podetap opisu istniejącego systemu charakteryzuje się wykorzystaniem technik (sposobów) zbierania informacji, takich, jak: wywiady, obserwacje, badanie dokumentacji, ankiety, kwestionariusze (w tym ankietyzacja z pomocą komputera), specjalne techniki rejestracji faktów (np. tablice krzyżowe, tablice decyzyjne, schematy blokowe).

W podetapie analizy istniejącego systemu przetwarzania danych wyróżnia się następujące kroki proceduralne:

- a) analiza wyjść systemu; chodzi o wskazanie informacji (wydawnictw) brakujących i jednocześnie informacji zbędnych, nadmiernych i niedokładnych,
- b) analiza wejść system; należy określić celowość i potrzebę poszczególnych danych wejściowych, jak i całej dokumentacji źródłowej,
- c) analiza technologii przetwarzania danych lub inaczej, procesu transformacji danych wejściowych w informacje wynikowe,
- d) analiza rozwiązań organizacyjnych, bazy indeksowej i normatywnej pod kątem jej prawidłowości, aktualności, kompletności, jednoznaczności i zwięzłości.
- e) wychwycenie "wąskich gardeł" systemu limitujących jego przepustowość i efektywność.

Podetap **ogólnej koncepcji systemu informatycznego** przeprowadza się według następujących kroków proceduralnych:

- a) schemat ideowy systemu informatycznego, który (podobnie jak inne bardziej szczegółowe schematy) opracowuje się wykorzystując ustalone symbole graficzne,
- b) potrzeby w zakresie sprzętu, celem tego kroku jest wybór jednostki centralnej, urządzeń zewnętrznych i peryferyjnych, minimalnej konfiguracji i innych środków technicznych informatyki,
- c) potrzeby w zakresie oprogramowania; chodzi tutaj o określenie wymaganych języków programowania i ich kompilatorów, pakietów (systemów) operowania danymi, pakietów programów użytkowych, jak i całej biblioteki podprogramów,
- d) harmonogram dalszych prac przygotowawczo-organizacyjno-projektowych.

Etap **projektowania ogólnego** wyróżnia się w nim podetapy:

1. *Określenie wyjść systemu informatycznego.* Należy sprecyzować rodzaje technicznych nośników wyjściowych (zwłaszcza tabulogramy) oraz określić ich zawartość informacyjną. Ponadto należy sporządzić tablicę krzyżową w postaci tzw. arkusza analizy wyjść.

2. *Określenie zbiorów podstawowych systemu.* Na tym etapie określa się rodzaje nośników magnetycznych, na których będą zapisane poszczególne zbiory podstawowe oraz sporządza się arkusz analizy zbiorów podstawowych.

3. *Określenie wejść systemu informatycznego.* Precyzuje się rodzaje potrzebnej dokumentacji oraz techniczne nośniki danych wejściowych.

4. *Schemat ogólny systemu informatycznego.*

5. *Opracowania dodatkowe i końcowe.* W ramach tego etapu najważniejsza jest szacunkowa ocena efektywności projektowanego systemu.

W ramach stadium prac projektowych szczegółowych wyróżnia się etapy:

1. Projektowanie techniczne systemu informatycznego.

2. Programowanie systemu informatycznego.

3. Opracowywanie dokumentacji eksploatacyjnej.

Projekt techniczny systemu informatycznego wymaga realizacji następujących podetapów:

1. *Projekt wejść systemu informatycznego.* Szczegółowo rozplanowuje się dane na dokumentach stanowiących wejście do systemu, jak i na technicznych nośnikach wejściowych.

2. *Projekt zbiorów w pamięci zewnętrznej.* Rozplanowuje się zapisy w zbiorach uwzględniając dostępne nośniki magnetyczne (zazwyczaj będą to dyski: twardy lub elastyczne

i możliwości organizacji zbiorów na tych nośnikach.

3. *Projekt technologii przetwarzania zbiorów.*

4. *Projekt wyjść systemu informatycznego.* Rozplanowuje się informacje na tabulogramach i innych technicznych nośnikach wyjściowych.

5. *Projekt kodów systemu.*

6. *Schematy jednostek przetwarzania.*

7. *Schematy przebiegów.* Z punktu widzenia następnego etapu prac projektowych schematy te mogą być rozumiane jako założenia programowe.

8. *Inne opracowania.*

Zwykle są to następujące opracowania:

- ocena efektywności projektowanego systemu,
- założenia programowe,
- potrzeby w zakresie bazy normatywnej,
- niezbędne zmiany organizacyjno-techniczne w przedsiębiorstwie,
- potrzeby w zakresie środków technicznych i oprogramowania,
- harmonogram komputerowego przetwarzania danych itp.

Programowanie systemu informatycznego realizuje się w podetapach:

1. *Wybór metody (sposobu) programowania.* Programista ma możliwość wykorzystania specjalistycznego oprogramowania, standardowych procedur itp.

2. *Wybór techniki prezentacji algorytmów.* Zazwyczaj technikami tymi będą schematy blokowe, logiczne tablice decyzji i tablice krzyżowe.

3. *Opracowanie (kodowanie) programu źródłowego.* Należy przy tym uwzględnić procedury operatorskie, jak: wyprowadzanie informacji dla operatora, ustawianie rejestrów itp.

4. *Testowanie poszczególnych programów.* W ramach prac testujących wykonuje się dopóty translację, kompilację i uruchamianie programów źródłowych na danych próbnych, dopóki nie otrzyma się poprawnego, wylistowanego programu maszynowego z pozytywną diagnostyką, tj. bez błędów formalnych i przynajmniej częściowo logicznych.

5. *Testowanie systemu.* Chodzi o kontrolę współdziałania poszczególnych programów w obrębie całego systemu. Testowania systemu dokonuje się na danych próbnych i częściowo na danych rzeczywistych.

Celem etapu **opracowania dokumentacji eksploatacyjnej** jest skompletowanie tej

dokumentacji, gdyż w większości już ją opracowano podczas projektowania technicznego i programowania.

W etapie tym wyróżnia się następujące podetapy:

1. *Harmonogramy komputerowego przetwarzania danych.* Są one elementem wiążącym całość dokumentacji eksploatacyjnej, a ich celem jest określenie współpracy komórek organizacyjnych przedsiębiorstwa z ośrodkiem obliczeniowym.

2. *Instrukcje przygotowawczo-kontrolne dokumentów źródłowych.*

3. *Instrukcje organizacyjno-operatorskie.*

Wraz z opracowaniem dokumentacji eksploatacyjnej kończy się szczegółowe projektowanie systemu informatycznego. Następuje *etap wdrażania i eksploatacji systemu.*

Przeprowadza się go w dwóch etapach:

1. Wstępna eksploatacja i weryfikacja systemu.

2. Eksploatacja użytkowa systemu informatycznego.

W ramach *wstępnej eksploatacji i weryfikacji systemu* rozróżnia się podetapy:

1. Przygotowanie użytkownika pod względem kadrowo-organizacyjnym.

2. Przygotowanie warunków technicznych.

3. Instruktaż teoretyczna i praktyczna działalność szkoleniowa użytkownika.

4. Próbna eksploatacja uruchamianie programów na danych rzeczywistych w realnych warunkach funkcjonowania systemu.

5. Weryfikacja systemu dokonana w wyniku tego podetapu weryfikacja dokumentacji projektowej jest podstawą przekazania systemu do użytkowej eksploatacji.

Etap eksploatacji użytkowej systemu informatycznego dzieli się na dwa podetapy:

1. Bieżąca eksploatacja systemu.

2. Utrzymanie (konserwacja) systemu.

Chodzi tutaj o stały nadzór nad eksploatacją systemu oraz o jego modernizację i doskonalenie.

Powstająca w procesie projektowania systemu informatycznego dokumentacja projektowa jest na ogół opracowywana w następujących etapach projektowania:

1) analizy istniejącego systemu przetwarzania danych oraz ogólnej koncepcji systemu komputerowego,

2) projektowania ogólnego systemu informatycznego (jeżeli ten etap jest w ogóle realizowany),

- 3) projektowania technicznego systemu informatycznego,
- 4) programowania systemu,
- 5) opracowania dokumentacji eksploatacyjnej.

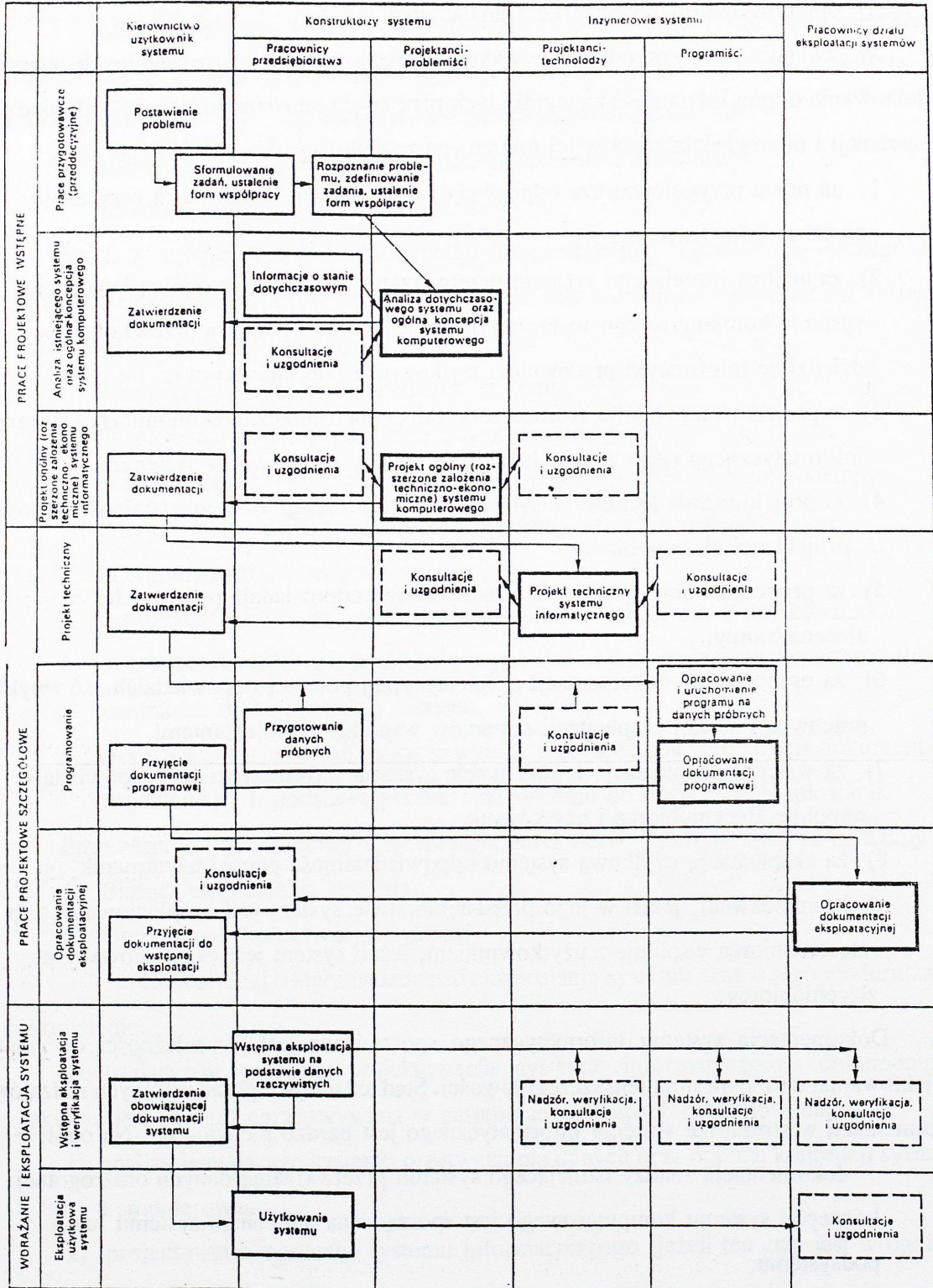
W związku z różnorodnością wykonywanych prac w poszczególnych etapach projektowania odpowiedzialność za wyniki tych prac spada na różne osoby. Zwykle podział kompetencji i odpowiedzialności w tej mierze jest następujący:

1. za prace przygotowawcze odpowiada kierownictwo użytkownika przyszłego systemu informatycznego,
- 2) za analizę istniejącego systemu przetwarzania danych oraz ogólną koncepcję systemu komputerowego wyłączną odpowiedzialność ponoszą przeszkoleni w dziedzinie informatyki pracownicy użytkownika (zleceniodawcy),
- 3) za projektowanie ogólne (rozszerzone założenia techniczno-ekonomiczne) systemu informatycznego odpowiadają także informatycy użytkownika systemu,
- 4) za projektowanie techniczne systemu informatycznego odpowiedzialność ponoszą projektanci zleceniobiorcy,
- 5) za programowanie systemu informatycznego odpowiadają programiści zleceniobiorcy,
- 6) za opracowanie dokumentacji eksploatacyjnej ponoszą odpowiedzialność zwykle pracownicy działu eksploatacji systemów wspólnie z projektantami,
- 7) za wstępną eksploatację i weryfikację systemu informatycznego odpowiadają wspólnie zleceniobiorca i użytkownik,
- 8) za eksploatację użytkową systemu odpowiedzialność ponosi użytkownik (zleceniodawca), jeżeli w jego przedsiębiorstwie system jest eksploatowany, lub zleceniobiorca wspólnie z użytkownikiem, jeżeli system jest eksploatowany u zleceniobiorcy.

Dokumentacja systemu informatycznego sporządzana jest, w zależności od etapu projektowania, z różnym stopniem szczegółowości. Stąd też miejsce poszczególnych rodzajów dokumentacji w strukturze systemu informatycznego jest bardzo niejednolite. Na ogół:

- dokumentacja analizy istniejącego systemu przetwarzania danych oraz ogólnej koncepcji systemu komputerowego jest sporządzana dla całego systemu lub podsystemu,

Rys. 23. Uczestnicy projektowania systemu informatycznego metodą diagnostyczną



- dokumentacja projektu ogólnego systemu informatycznego jest, w zależności od potrzeb, opracowywana dla systemu, poszczególnych podsystemów lub nawet dla jednostek,
- dokumentacja projektu technicznego systemu informatycznego jest sporządzana dla poszczególnych jednostek lub modułów przetwarzania,
- dokumentacja programowa jest opracowywana dla kolejnych przebiegów, a
- dokumentacja eksploatacyjna dla systemów, podsystemów lub jednostek.

Jak z tego wynika, w diagnostycznej metodyce projektowania systemów informatycznych uwzględnia się realia projektowania. Trzeba się jednak liczyć z tym, że wraz z rozwojem kadr informatyki oraz możliwości zastosowań sprzętu coraz więcej projektantów będzie stosowało w swojej pracy metodykę prognostyczną. Akceptacja tej metodyki przez projektantów powinna być wyraźna, zwłaszcza przy projektowaniu systemów nowych, dotychczas nie istniejących.

5.3. Prognostyczna metodyka projektowania systemów informatycznych

Za najbardziej reprezentatywną odmianę systemowego podejścia do projektowania uważa się prognostyczną metodykę projektowania G. Nadlera. Twórca tej metodyki jest znanym amerykańskim teoretykiem i praktykiem w zakresie zarządzania i organizacji pracy. Jakkolwiek zgodnie z zainteresowaniami autora jest to metodyka projektowania organizacji przedsiębiorstw, to jednak zawiera ona (mimo swej konkretności) sformułowania tak uniwersalne, że mogą one znaleźć zastosowanie przy projektowaniu wszelkiego typu systemów działania. W Polsce, metodykę prognostyczną do potrzeb projektowania systemów informatycznych przystosował Z. Gackowski ¹⁶⁾ W literaturze prognostyczna metodyka G. Nadlera jest często zamiennie nazywana metodą wzorca idealnego, twórczą metodyką

¹⁶⁾

G. Stricte opublikował swoją prognostyczną metodykę wzorca idealnego w pracy: J, System . The , New 1967; por. także Z. Gackowski, Metoda G. Nadlera, "Przegląd Organizacji" 1970, nr 7. Por. Z. Gackowski, Podstawy systemowego projektowania. Materiały szkoleniowe , Warszawa 1974.

projektowania lub też krótko metodyką dialektyczną albo systemową.

W celach porównawczych przyjmuje się, analogicznie jak przy omawianiu metodyki diagnostycznej, podział prognostycznej metodyki projektowania na trzy fazy: wstępną, podstawową i realizacji.

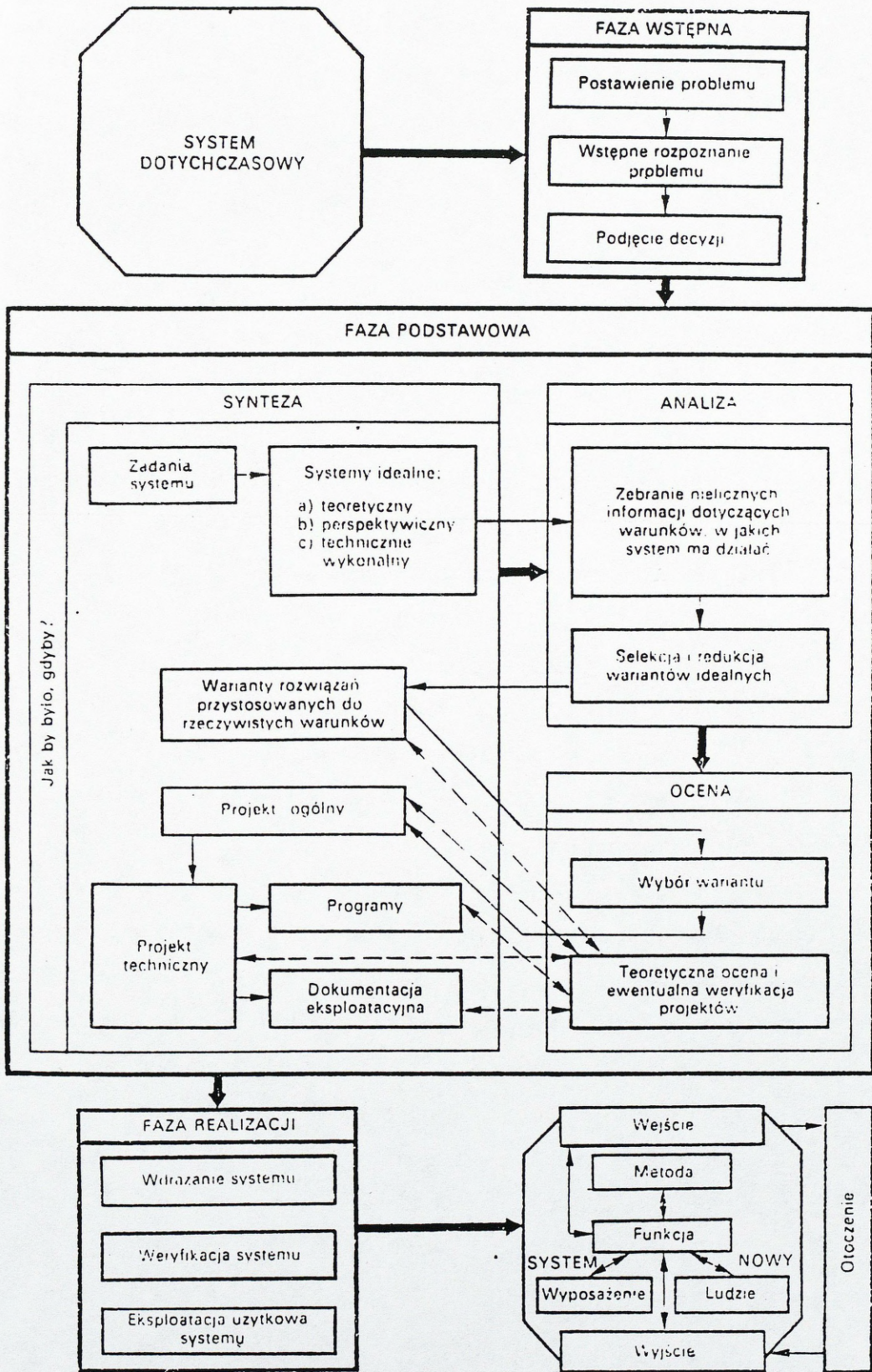
Celem fazy wstępnej jest uświadomienie sobie potrzeby rozpoczęcia prac projektowych. Stąd wynika, że jest to zadanie prawie identyczne jak przy projektowaniu diagnostycznym, choć realizowane nieco odmiennie. Mianowicie, o ile przy projektowaniu diagnostycznym powzięcie decyzji o konieczności rozpoczęcia prac projektowych następowało zwykle wskutek stwierdzenia niezadowolającego działania istniejącego systemu o tyle przy projektowaniu prognostycznym powzięcie takiej decyzji może nastąpić w "3 stanach systemu" (3 States of Systems):

- 1) gdy system jeszcze nie istnieje, nie funkcjonuje (non existent),
- 2) gdy system funkcjonuje zadowolająco, prawidłowo (satisfactory existence),
- 3) gdy system funkcjonuje niezadowolająco, a więc tak jak przy metodyce diagnostycznej (non satisfactory existence).

Zasadnicze różnice między diagnostyczną a prognostyczną metodyką projektowania występują w fazie podstawowej. Wynika to z przyjęcia przez metodykę prognostyczną galileuszowskiej triady: synteza – analiza – ocena i z postawienia sobie zaraz na wstępie pytania "jak by było, gdyby?". Odpowiedź na pytanie jest zasadniczym celem fazy podstawowej. W fazie podstawowej zawarta jest istota metodyki prognostycznej, którą Stricte nazywa The TRICTE rakt (gdzie AK jest skrótem od Ideal dea of Effective an Logical Systems – projektowanie według wzorca idealnego systemów efektywnych i logicznych).

Swoją koncepcję G. Stricte ujął w kilku zasadniczych punktach, a mianowicie:

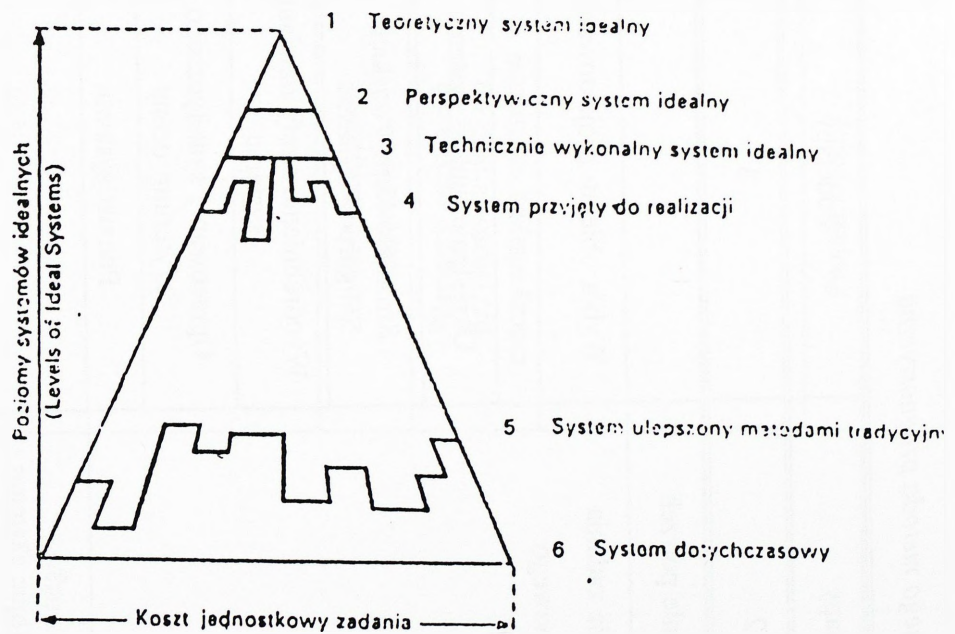
1. Dla funkcjonowania jakiegokolwiek jednostki organizacyjnej niezbędne jest spełnienie trzech podstawowych warunków (elementów 3 Requirements). Są nimi:
 - a) cele (purpose),
 - b) środki (resources),
 - c) systemy (systems).
2. Elementy te są sprzężone ze sobą w sposób cybernetyczny, tzn. wzajemnie na siebie oddziałują.



Rys. 24. Idea metodyki prognostycznej

3. Przez system działania (a więc także system informatyczny) rozumie się taką kombinację środków, która pozwala zrealizować zadany cel.
4. W każdym systemie można wyróżnić 7 podstawowych składników:
 - a) funkcja systemu działania (function) – główny powód dla którego system istnieje; zadaniem funkcji jest doprowadzić do osiągnięcia zamierzonego celu,
 - b) wyjścia systemu (output) – w wypadku systemów informatycznych – informacje wynikowe,
 - c) metoda (kolejność) przetwarzania (sequence) – sekwencja czynności mająca na celu przekształcenie danych wejściowych w informacje wynikowe,
 - d) wejścia systemu (input) – dane wejściowe,
 - e) czynnik ludzki (human agents) – kadry informatyków,
 - f) wyposażenie systemu (equipment) – środki techniczne informatyki,
 - g) otoczenie systemu (environment) – czynniki zewnętrzne mające wpływ na funkcjonowanie systemu (np. mikroklimat, etyka pracowników).
- 5) Strategia projektowania nakazuje każdy z tych składników opisać w aspekcie trzech wymiarów:
 - a) stan obecnego (physical dimension) – chodzi o taki wymiar fizyczny, który opisywałby cechy, ilości, formy, rozmiary działania,
 - b) stan możliwego do osiągnięcia po zaprojektowaniu systemu (rate dimension),
 - c) stan przewidywanego do osiągnięcia w przyszłości (state dimension).
6. W zależności od tego, jaki stan systemu (states of system) został stwierdzony (w fazie wstępnej), podejście do projektowania może przybrać jedną z trzech form:
 - a) twórcze projektowanie nowego, oryginalnego systemu (oryginal taje),
 - b) stopniowe ulepszanie systemu (planned betterment desgn),
 - c) stopniowe usuwanie niedociągnięć (correction ag).
7. W strategii projektowania rozpatruje się system z trzech punktów widzenia (3 odpowiadających zasadniczym czynnościom projektowym):
 - a) badanie (poszukiwanie) rozwiązań projektowych (research),
 - b) opracowywanie i kontrolowanie (ocenie) tych rozwiązań (operating and controlling),
 - c) właściwe projektowanie (design),

8. Założeniem koncepcji IDEALS jest osiągnięcie dwóch zasadniczych celów (2 objectives):



Rys. 25. G. Nadlera. Model systemu idealnego i stopnia jego aproksymacji (powyższy rysunek pochodzi z pracy G. Nadlera)

Rys. 26. Projektowanie systemu informatycznego metodą prognostyczną

Stadia	Etapy	Podetapy	Kroki
1	2	3	4
	Rozpoznanie potrzeb		
	Określenie zadania systemowego	Wybór obiektu projektowania	
		Określenie funkcji systemu	
		Sformułowanie "wąskich gardeł" systemu	
		Wyodrębnienie strefy działania systemu	
		Opracowanie syntetycznego kryterium oceny	
		Podział systemu	
			Poszukiwanie możliwości przeniesienia funkcji do systemu wyższego rzędu
			Znalezienie idealnych warunków działania
		Poszukiwanie systemu idealnego	

1	2	3	4
	Projektowanie ogólne systemu informatycznego	<p data-bbox="669 668 758 1113">Zebranie informacji analitycznych</p> <p data-bbox="758 668 887 1113">Warianty rozwiązań przystosowanych do rzeczywistych warunków</p>	<p data-bbox="238 222 335 668">Opracowanie rozwiązań idealnych</p> <p data-bbox="335 222 424 668">Szczegółowe opisanie rozwiązań idealnych</p> <p data-bbox="424 222 483 668">Podział systemów idealnych</p> <p data-bbox="483 222 572 668">Wybór systemu technicznie wykonalnego</p> <p data-bbox="572 222 661 668">Udoskonalanie wybranego systemu</p>
			<p data-bbox="891 222 980 668">Opis funkcjonowania wariantów</p> <p data-bbox="980 222 1040 668">Kryteria oceny wariantów</p> <p data-bbox="1040 222 1099 668">Ocena wariantów</p> <p data-bbox="1099 222 1159 668">Wybór wariantu</p>
		Projekt ogólny	

1	2	3	4
<p>PRACE PROJEKTOWE SZCZEGÓŁOWE</p>	<p>Projekt techniczny systemu informatycznego</p>	<p>Projekt wyjść systemu Projekt zbiorów w pamięci zewnętrznej Projekt technologii przetwarzania zbiorów Projekt wyjść systemu Projekt kodów systemu Schematy jednostek przetwarzania Schematy przebiegów inne opracowania O c e n a Wybór metody programowania</p>	
	<p>Programowanie systemu informatycznego</p>	<p>Wybór techniki prezentacji algorytmów Kodowanie programów Testowanie programów Testowanie systemu</p>	

1	2	3	4
WDRAŻANIE I EKSPLOATACJA	Opracowanie dokumentacji eksploatacyjnej	Harmonogramy komputerowego przetwarzania danych Instrukcje organizacyjno-operatorские Instrukcje przygotowawczo-kontrolne	
	Wstępna eksploatacja i weryfikacja	Przygotowanie użytkownika pod względem kadrowo-organizacyjnym Przygotowanie warunków technicznych Instruktaż Próbna eksploatacja Wniesienie poprawek do systemu Eksploatacja systemu Utrzymanie systemu	
	Eksploatacja użytkowa systemu informatycznego		

a) wzrost efektywności (produktywności) systemów informatycznych (increase productivity),

b) twórczy rozwój projektantów (develop manpower effectiveness).

9. Punktem wyjścia do projektowania systemu informatycznego jest teoretyczne wyobrażenie systemu idealnego, tj. takiego systemu, którego realizacja nie pociąga żadnych kosztów, natomiast przyczynia się do osiągnięcia celu w stopniu najlepszym. Ponieważ praktyczne zbudowanie takiego systemu jest oczywiście niemożliwe, więc w następnym kroku powstaje perspektywiczny system idealny. Jest to system wykonalny w przyszłości, jednakże dopiero po przeprowadzeniu odpowiednich badań naukowo-technicznych lub innych prac rozwojowych. Zachodzi zatem konieczność zejścia na niższy poziom aproksymacji – do technicznie wykonalnego systemu idealnego. Jest to już system realny w danym czasie, jednakże w najdogodniejszych, osiągalnych warunkach naukowo-technicznych i organizacyjnych. Ponieważ zwykle istnieją pewne ograniczenia, więc kolejnym przybliżeniem systemów idealnych jest system przyjęty do realizacji. W praktyce taki system opracowuje się postępując według przedstawionej dalej procedury projektowania, podzielonej odpowiednio na stadia, etapy, podetapy i kroki proceduralne.

10. Ponieważ w metodyce prognostycznej przygotowuje się wiele wariantów rozwiązań przy użyciu metod optymalizacyjnych wybiera się później rozwiązanie najlepsze. Konieczność ta zarysowuje się jeszcze ostrzej wówczas, gdy projektujemy tzw. aktywny system informatyczny, tj. system umożliwiający komputerowe podejmowanie decyzji.

Z całokształtu technik rachunku optymalizacji, przy projektowaniu prognostycznym najszersze zastosowanie znajdują badania operacyjne, modelowanie i symulacja cyfrowa.

Przyjęty w fazie podstawowej metodyki prognostycznej sposób postępowania "od syntezy przez analizę do oceny" charakteryzuje się zamkniętą, iteracyjną triadą projektowania. Oznacza to, że synteza spełnia zasadniczą rolę, a analiza i ocena są jedynie etapami pomocniczymi realizacji projektu. Ostateczna decyzja zależy jednak od etapu oceny, którą przeprowadza się w aspektach.

- stopnia zaspokojenia potrzeby,
- stopnia spełnienia kryteriów optymalizacji (porównanie z rozwiązaniami idealnymi),
- wielkości różnic w stosunku do innych wariantów rozwiązań.

Znaczenie krytycznej oceny koncepcji projektowych jest tym większe, im silniejsze

jest zaangażowanie się projektantów i wynikający stąd poziom motywacji (siła motywu). Uzasadnia się to przesłankami natury psychologicznej. Zbyt wysoki poziom motywacji obniża bowiem sprawność działania (prawo Yerkesa – Dodsona) oraz prowadzi do subiektywnych ocen rozwiązań projektowych.

Między fazą realizacji prognostycznej metodyki projektowania a fazą realizacji metodyki diagnostycznej nie ma żadnych różnic; w fazie tej następuje użytkowa eksploatacja systemu informatycznego.

Przedstawiony fazowy podział procesu projektowania miał wskazać na istotę prognostycznej metodyki projektowania G. Nadlera, a tym samym uwypuklić różnice między dwiema omawianymi metodykami projektowania. Jednakże, podobnie jak przy omawianiu diagnostycznej metodyki, dla praktycznych rozważań należy przyjąć podział procesu projektowania na stadia, etapy, podetapy i kroki proceduralne.

Całokształt prac projektowych dzieli się na trzy stadia:

1. Prace projektowe rozpoznawcze.
2. Prace projektowe szczegółowe.
3. Wdrażanie i eksploatacja.

Prace projektowe rozpoznawcze wymagają realizacji następujących etapów:

1. Rozpoznanie potrzeb i podjęcie decyzji w sferze ewentualnych dalszych prac projektowych.
2. Określenie zadania systemowego.
3. Projektowanie ogólne (wstępne).

W metodyce projektowania prognostycznego zwraca się szczególną uwagę na etapy: drugi i trzeci, w których jest zawarta zasadnicza idea metody wzorca idealnego.

Etap, w którym formułuje się zadanie systemowe ¹⁷⁾, dzieli się na następujące podetapy:

1. Wybór systemu (podsystemu, jednostki) będącego obiektem projektowania. Wyboru tego dokonuje się zwięźle określając, jakie informacje wynikowe i dane wyjściowe będą przedmiotem projektowania.

¹⁷⁾ Por. Z. Gackowski, *Informatyka w zarządzaniu przedsiębiorstwem przemysłowym*, Warszawa 1973, s. 241–284.

2. Precyzyjne określenie funkcji systemu informatycznego (Determining the Function¹⁸⁾. Przez funkcję rozumie się zespół czynności wyodrębnionych ze względu na cel („[...] przyszłe zdarzenia lub stan będący skutkiem działania”) lub zadanie systemu („[...] cel zadany z zewnątrz”).

3. Sformułowanie czynników ograniczających funkcje systemu („wąskich gardeł”). Chodzi nie tylko o określenie czynników bezpośrednio ograniczających funkcjonowanie systemu, ale także o określenie czynników, które są „wąskimi gardłami” w sposób pośredni – poprzez siedem podstawowych składników systemu.

4. Przedmiotowe, czasowe i przestrzenne wyodrębnienie sfery działania systemu z otoczenia. W ten sposób projektowany system będzie spełniał warunki układu względnie odosobnionego, co z kolei warunkuje praktyczną możliwość zmierzenia zadania systemowego i oceny jego efektywności.

5. Opracowanie syntetycznego kryterium oceny „dobroci” projektowanego systemu „poprawnie sformułowane kryterium oceny rozwiązania powinno być funkcją ilości zadania oraz wszystkich dodatkowych wymogów i warunków ograniczających, najlepiej w formie matematycznej funkcji celu”¹⁹⁾.

6. Podział systemu na podsystemy, jednostki i ewentualnie moduły przetwarzania. Dokonuje się tego określając kolejno funkcje cząstkowe.

Wszystkie przedstawione podetapy miały na celu precyzyjne sformułowanie zadania systemowego. Uzyskuje się w ten sposób odpowiedź na pytanie: co projektować? Aby była to odpowiedź prawidłowa, należy określić zadanie w sposób możliwie syntetyczny, jasny i precyzyjny, sprowadzając mniej istotne elementy do listy czynników ograniczających. Wynika to z faktu, że zadanie systemu determinuje jego funkcję, a zatem merytoryczna komplikacja zadania automatycznie wprowadza do systemu tendencje dezintegracyjne.

Jednocześnie zaś nie należy utożsamiać zadania systemu z jego wyjściem. Wyjście

¹⁸⁾ G. Stricte, *omawiając sposób projektowania prognostycznego przyjął inny podział niż przedstawiony w tym rozdziale. Wyróżnił on mianowicie dziesięć etapów projektowania, nazwy tych etapów podajemy w tym rozdziale w języku angielskim (10 Steps of tricte Strategy). Por. G. Stricte, Arbeitsgestaltung – zukunftbewusst. Schopferisches Entwerfen und systematisches Entwickeln von Wiksystemen, Munchen 1969, s. 195.*

¹⁹⁾ Z. Gackowski, *O niektórych metodologicznych problemach projektowania organizacji*, wyd. cyt. s. 361.

systemu wyraża bowiem tylko formę realizacji zadania. Przykładowo, zadaniem jednostki przetwarzania – planowania dostaw materiałowych – nie jest sporządzanie planu zaopatrzenia materiałowego (wyjście), lecz zapewnienie produkcji takiej ilości materiałów, aby zachować jej ciągłość, rytmiczność i możliwie niskie koszty produkcyjne. Z tego rozróżnienia zadania i wyjścia systemu wynika ponadto, że prawidłowo sformułowane zadanie nie może określać sposobu jego realizacji.

W ramach etapu projektowania ogólnego ²⁰⁾ wyróżnia się następujące podetapy:

1. Poszukiwanie systemów idealnych (Developing the Ideal System);
2. Zebranie informacji dotyczących warunków funkcjonowania projektowanego systemu (Gathering Information);
3. Zaproponowanie wariantów rozwiązań przystosowanych do rzeczywistych warunków (Suggesting Alternatives);
4. Selekcje i wybór wariantu (Selecting a Solution);
5. Opracowanie projektu ogólnego (założeń techniczno-ekonomicznych) systemu (Formulating the Systems).

Podetap *poszukiwania systemów idealnych* realizowany jest w następujących krokach proceduralnych:

- a) poszukiwanie możliwości przeniesienia badanej funkcji do systemu wyższego rzędu. Mówiąc inaczej, jest to po prostu poszukiwanie teoretycznego systemu idealnego,
- b) znalezienie idealnych warunków działania w rozbiciu na siedem podstawowych składników systemu,
- c) wariantowe, ogólne opracowanie rozwiązań idealnych.

Dokonyje się tego opierając się na kroku poprzednim i na tzw. liście pytań naprowadzających (kontrolnych). Lista taka może być wypracowana dla każdego systemu działania i powinna zawierać oprócz kilkunastu pytań ogólnych, siedem grup pytań szczegółowych (dla poszczególnych składników systemu),

- d) szczegółowe opisanie rozwiązań idealnych. Dokonyje się tego za pomocą technik i zasad, które przedstawiamy w rozdziale następnym,

²⁰⁾ Por. Z. Gackowski, *Informatyka w zarządzaniu przedsiębiorstwem przemysłowym*, wyd. cyt., s. 284–319.

- e) podział systemów idealnych na perspektywiczne i technicznie wykonalne,
- f) wybór wzorcowego systemu technicznie wykonalnego, który będzie służył za wytyczną do dalszych prac projektowych,
- g) udoskonalenie wybranego systemu technicznie wykonalnego.

Krok ten realizuje się przez porównanie elementów wybranego systemu z odrzuconymi rozwiązaniami w celu ewentualnego przejęcia i wykorzystania najoptymalniejszych fragmentów tych rozwiązań.

Po dokonaniu wyboru systemu technicznie wykonalnego może przejść do podetapu drugiego, będącego przejawem *analizy systemowej*. W podetaapie tym zbiera się nieliczne dane dotyczące warunków, w których projektowany system ma działać. Opis taki przeprowadza się oddzielnie dla każdego składnika systemu w aspekcie trzech wymiarów.

W *podetaapie trzecim* następuje konfrontacja wybranego systemu wzorcowego z rzeczywistymi warunkami działania. W wyniku tej konfrontacji dokonuje się opracowania wielu wariantowych rozwiązań systemów przystosowanych do tych warunków.

Podetap selekcji i wyboru wariantu realizuje się w kilku krokach proceduralnych:

- a) opisie funkcjonowania poszczególnych wariantów,
- b) znalezieniu właściwych kryteriów oceny ("dobroci") wariantów. Należy dążyć do znalezienia kryteriów mierzalnych.

Najlepiej jeśli będą to te same kryteria, które zastosowano w drugim stadium, tj. przy określaniu zadania projektowego,

- c) ocena wariantów w dwóch przekrojach między sobą i w stosunku do wybranego systemu idealnego,
- d) ostateczny wybór wariantu.

Wybrany w ten sposób wariant staje się przedmiotem podetapu projektowania ogólnego, w którym wykorzystuje się zasady i techniki projektowania opisane w rozdziale następnym. Wraz z opracowaniem dokumentacji projektu ogólnego kończy się etap projektowania ogólnego, a zarazem kończy się stadium prac projektowych rozpoznawczych.

Prace projektowe szczegółowe dzielą się na etapy:

1. Projekt techniczny systemu informatycznego.

W końcowym etapie projekt ten poddaje się wnikliwej ocenie (Reviewing the System).

2. Programowanie systemu informatycznego, które kończy się etapem obliczeń na danych próbnych i tzw. rewizją I (Testing the System).

3. Opracowanie dokumentacji eksploatacyjnej.

Wdrażanie i eksploatację systemu można natomiast rozbić na dwa etapy. Są to:

1. Wstępna eksploatacja i weryfikacja systemu (Installing the System).
2. Eksploatacja użytkowa systemu informatycznego (Measuring and Controlling Performance).

Jak z tego wynika, poszczególne etapy w ramach prac projektowych szczegółowych oraz wdrażania i eksploatacji w metodyce prognostycznej w zasadzie nie różnią się od odpowiadających im etapów w metodyce diagnostycznej. Z tego powodu etapy te, jak i odpowiadające im podetapy, nie będą tutaj szczegółowo omawiane, zostały bowiem scharakteryzowane przy okazji prezentacji metodyki diagnostycznej.

Powstająca w procesie prognostycznego projektowania systemu informatycznego dokumentacja projektowa opracowywana jest zwykle w następujących etapach projektowania:

- 1) określenie zadania systemowego,
- 2) projektowanie ogólne,
- 3) projektowanie techniczne,
- 4) prace programowe,
- 5) opracowanie dokumentacji eksploatacyjnej.

Szczególną rolę wśród dokumentów, będących rezultatem projektowania według metody G. Nadlera, spełnia dokumentacja zadania systemowego. Od jakości tej dokumentacji zależy bowiem w głównej mierze wynik całego procesu projektowania. Niepoślednią rolę spełnia też dokumentacja projektu ogólnego, która przecież w procesie projektowania diagnostycznego nie zawsze była tworzona. Tutaj natomiast przebieg prac projektowych wymaga powstania takiej dokumentacji.

Reasumując trzeba podkreślić, że metodyka ta jest kilkakrotnie efektywniejsza w porównaniu z podejściem tradycyjnym, co pozwala już dziś przewidywać, że metodyka prognostyczna zdobędzie w niedługim czasie duże uznanie i popularność.

5.4. Dokumentacja projektowa systemów informatycznych

W podanym na wstępie tego rozdziału określeniu metodyki projektowania systemów informatycznych stwierdza się, że dotyczy ona metod i technik, które należy

stosować w pracach projektowych. Nieco dalej przyjęto podział całego zagadnienia metodyki projektowania na dwie części:

- pierwszą, traktującą o metodach projektowania,
- drugą, omawiającą zasady (techniki) projektowania.

Elementem tematycznym metodyki projektowania systemów, scalającym te dwie części, są – prezentowane tu – formy dokumentacji różnych etapów prac projektowych. Przy tym należy podkreślić, że z punktu widzenia użytkownika dokumentacja projektowa ma dominujące znaczenie i odsuwa na dalszy plan problematykę metod i zasad projektowania. Jest to zrozumiałe, gdyż wiedzę pracowników z zakresu metod i zasad projektowania wyrażają często umiejętności nie przybierające formy pisemnej, podczas gdy użytkownik może określić swoje "miejsce" w systemie informatycznym tylko na podstawie konkretnego zbioru dokumentów projektowych.

W związku z tym nasuwają się dwa wnioski. Po pierwsze, dokumentacja systemów informatycznych powinna przybierać taką formę, aby użytkownik analizując ją nie musiał mieć wiedzy z zakresu przyjętych w pracach projektowych metod (a częściowo także i technik) postępowania. Po drugie, proponowana forma dokumentacji powinna mieć charakter powszechnie obowiązujących i stosowanych standardów, ściśle określających skład dokumentacji dla poszczególnych etapów projektowania ²¹⁾.

Pierwszy z wymienionych problemów może być rozwiązany tylko przez sprowadzenie elementów projektowania diagnostycznego i prognostycznego, które decydują o ich metodycznym zróżnicowaniu, do roli załączników w składzie tworzonej dokumentacji. Ponieważ tym elementem "różnicującym" jest etap analizy istniejącego systemu przetwarzania danych oraz ogólnej koncepcji systemu informatycznego (występujący w metodyce diagnostycznej) i etap określania zadania systemowego (charakterystyczny dla projektowania prognostycznego), to dokumentacja tych etapów zostanie odpowiednio sprowadzona do roli załączników w dokumentacji projektu ogólnego. W ten sposób przy projektowaniu systemów informatycznych będzie tworzona jedynie dokumentacja:

- projektu ogólnego (założeń techniczno-ekonomicznych),
- projektu technicznego,
- programowa,

²¹⁾ *Por. Problemy metodyki projektowania systemów informatycznych.*

- eksploatacyjna.

Problem standardów dokumentacji projektowej jest znacznie trudniejszy do rozwiązania, przede wszystkim ze względów organizacyjno-prawnych. Przyjęcie jednolitych standardów dokumentacji systemów informatycznych wymaga bowiem ukazania się w tej sprawie odpowiednich aktów normalizacyjnych, narzucających na projektantów obowiązek korzystania z konkretnych form kompletowania dokumentacji. Ponieważ żadnych tego typu norm nie opracowano jeszcze, więc poddajemy bliższej analizie cztery wymienione formy dokumentacji.

Omawiane rodzaje dokumentacji stanowią zwykle oddzielne opracowania (tomy) i mają kilka pierwszych stron wspólnych:

1. Strona tytułowa zawierająca takie informacje, jak:
 - nazwę instytucji opracowującej projekt,
 - nazwę rodzaju dokumentacji projektowej,
 - rodzaj elementu składowego (części) systemu informatycznego, dla którego dokumentacja jest opracowana,
 - nazwisko kierownika naukowego (lub projektanta wiodącego) zespołu opracowującego dokumentację,
 - miejsce i datę powstania dokumentacji.
2. Karta wykonawców, w której wymienia się wszystkie osoby, które opracowały dokumentację i podpisały ją.
3. Karta zmian, w której specyfikuje się według określonego układu wszystkie zmiany dokonane w dokumentacji:
 - numer zmienionej strony lub formularza,
 - datę zmiany,
 - nazwisko zmieniającego i jego podpis,
 - stan przed zmianą,
 - stan po zmianie.
4. Podstawa opracowania, w której należy podać:
 - symbol ewidencyjny i datę zawarcia umowy – zlecenia,
 - pełne nazwy stron zawierających umowę,
 - wykaz opracowań (projektów, norm, wytycznych) wykorzystywanych przy opracowaniu dokumentacji.

Dokumentacja projektu ogólnego ²²⁾ zawiera ponadto:

1. Informacje o przedmiocie, zakresie i funkcji systemu.
2. Krótką charakterystykę warunków i mechanizmów funkcjonowania systemu:
 - ograniczenia i wymagania systemu nadrzędnego,
 - organizacyjną, planistyczną, ewidencyjną i kontrolną tematykę systemu,
 - założenia dotyczące organizacji i zarządzania w projektowanym systemie.
3. Schemat ogólny systemu, opisujący powiązania jednostek funkcjonalnych w systemie (z zachowaniem zależności czasowych).
4. Ograniczenia organizacyjno-ekonomiczne systemu. Należy tutaj podać wymagania:
 - dotyczące wszystkich elementów systemu, tj. funkcji, wyjść, metody przetwarzania, wejść, wyposażenia, czynnika ludzkiego i otoczenia,
 - wynikające z obowiązujących przepisów prawnych, finansowych, księgowych i statystyczno-analitycznych.
5. Charakterystykę dokumentów wejściowych i stosowanej symboliki.
 - 5.1. Wykaz dokumentów wejściowych, zawierający takie informacje jak:
 - nazwy kolejnych dokumentów,
 - ich dotychczasowe symbole,
 - symbole w projektowanym systemie informatycznym.
 - 5.2. Charakterystykę zawartości informacyjnej dokumentów wejściowych, wymagającą podania w kolejności:
 - nazwy pól informacyjnych,
 - rozmiarów (obrazów) pól,
 - symboli dokumentów, w których te pola występują.
 - 5.3. Zasady budowy symboliki.
6. Charakterystykę technicznych nośników informacji, obejmującą opis rodzajów i sposobów przygotowania:
 - dokumentów dualnych.

²²⁾ Por. M. Pakulska, *Metodyka projektowania systemów elektronicznego przetwarzania danych*, "Organizacja, Metody, Technika" 1971, nr 3, s. 17; *Problemy metodyki projektowania systemów informatycznych*, wyd. cyt., s. 24–25.

7. Charakterystykę innych technik wprowadzania danych, zawierającą opis sposobów wykorzystania techniki:
 - dysków magnetycznych,
 - automatycznego odczytu danych z dokumentów,
 - przemysłowego zbierania danych,
 - konwersacyjnej (zwrotnej).
8. Charakterystykę zbiorów zapisów stałych (podstawowych) i zmiennych (transakcyjnych).
 - 8.1. Opisy zbiorów zabierające – oprócz nazwy, symbolu, funkcji (zbiór stały lub zmienny) i struktury (zbiór prosty lub złożony) zbioru – charakterystykę zapisów występujących w zbiorze w układzie:
 - symbol typu zapisu,
 - rodzaj zapisu,
 - funkcja zapisu.
 - 8.2. Arkusz analizy zbiorów podstawowych.
9. Charakterystykę zestawień końcowych.
 - 9.1. Opis wydawnictw w układzie:
 - nazwa i symbol wydawnictwa,
 - przeznaczenie wydawnictwa (do celów planistycznych, sprawozdawczych, analitycznych itp.),
 - użytkownicy wydawnictwa,
 - sposób wydruku (na list. lub tab.),
 - termin sporządzania,
 - ilość egzemplarzy.
 - 9.2. Arkusz analizy wyjść.
10. Charakterystykę innych technik wyprowadzania informacji, obejmującą opis sposobów wykorzystania technik:
 - kart dziurkowanych,
 - taśm dziurkowanych,
 - wykresów graficznych,
 - konwersacyjnej (zwrotnej).
11. Charakterystykę sieci transmisji danych.

12. Wymagania organizacyjne warunkujące wdrożenie i eksploatację systemu.
13. Określenie niezbędnych środków techniczno-programowych.
14. Szacunkowe określenie efektywności projektowanego systemu.
15. Szczegółowy harmonogram dalszych prac projektowych.
16. Szczegółowy harmonogram prac przygotowawczo-organizacyjnych.

Zgodnie z tym co powiedzieliśmy, załącznikiem dokumentacji projektu ogólnego są:

- 1) dokumentacja analizy istniejącego systemu przetwarzania danych oraz ogólnej koncepcji systemu informatycznego (przy projektowaniu diagnostycznym),
- 2) dokumentacja określania zadania systemowego (przy projektowaniu prognostycznym).

Dokumentacja projektu technicznego składa się z następujących elementów:

1. Przedmiot, zakres i funkcja systemu.
2. Charakterystyka warunków i mechanizmów funkcjonowania systemu (por. pkt 2 dokumentacji projektu ogólnego).
3. Definicje używanych pojęć, symboli i skrótów.
4. Schematy szczegółowe systemu, opisujące powiązania i kolejność poszczególnych przebiegów w systemie (z zachowaniem zależności czasowych).
5. Ograniczenia organizacyjno-ekonomiczne.
6. Projekty graficzne dokumentów wejściowych.
7. Projekty graficzne technicznych nośników informacji.
8. Projekty innych technik wprowadzania danych.
9. Projekty rozplanowania zapisów zbiorów pamięci zewnętrznej, zawierające
 - oprócz nazwy i symbolu zbioru oraz rodzaju i symbolu typu zapisu
 - rozplanowania pól w zapisach w układzie:
 - nazwa pola,
 - rozmiar (obraz) pola,
 - wartości graniczne.
10. Projekty graficzne wydawnictw.
11. Projekty innych technik wprowadzania informacji.
12. Schematy przebiegów pracy komputera.
13. Projekt kontroli prawidłowości działania systemu.

- 13.1. Projekt kontroli prawidłowości danych na dokumentacji wejściowej.
- 13.2. Projekt kontroli technicznych nośników informacji.
- 13.3. Projekt kontroli technologii przetwarzania danych, obejmujący kilka sposobów kontroli wykonywanej programowo, w tym:
 - kontrolę logiczną,
 - sumy kontrolne,
 - cyfry kontrolne.
- 13.4. Projekt kontroli prawidłowości zestawień wynikowych.
14. Projekt sieci teledacyjnej.
15. Wymagania organizacyjne warunkujące wdrożenie i eksploatację systemu.
16. Określenie sposobów przekazywania i zwrotu dokumentów wejściowych między zleceniodawcą a ośrodkiem obliczeniowym (własnym lub obcym).
17. Określenie sposobów przekazywania wyników do zleceniodawcy.
18. Projekt algorytmów przetwarzania.
 - 18.1. Wykaz algorytmów w układzie:
 - nazwa algorytmu,
 - numer przebiegu.
 - 18.2. Wykaz powiązań wyrazów algorytmu z nazwami pól w zbiorach, zawierający informacje w układzie:
 - numer przebiegu,
 - wyraz w algorytmie,
 - symbol zbioru,
 - symbol zapisu,
 - nazwa pola.
19. Wykaz rodzajów operacji w układzie:
 - nazwa operacji,
 - numer przebiegu.
20. Ocena efektywności projektowanego systemu.
21. Szczegółowy harmonogram prac programowych i wdrożeniowych.
22. Szczegółowy harmonogram przetwarzania i opis eksploatacji systemu.

W skład dokumentacji programowej wchodzi:

1. Określenie funkcji programu.

2. Schemat przebiegu ("wyjęty" z dokumentacji projektu technicznego)..
3. Określenie wymaganego zestawu komputerowego i sposobu wykorzystania pamięci operacyjnej.
4. Wybór metody programowania (zakres wykorzystania oprogramowania standardowego).
5. Wybór techniki prezentacji algorytmów, którymi są:
 - schematy blokowe,
 - logiczne tablice decyzji.
6. Określenie języka programowania i translatora.
7. Wykaz danych wejściowych i informacji wynikowych (symbole i nazwy dokumentów, zbiorów i kart parametrycznych).
8. Program (lista instrukcji wraz z danymi sterującymi).
9. Dane do obliczeń próbnych.
10. Wyniki obliczeń próbnych wraz z wydrukiem z kontroli ilustrującym przebieg testowania.
11. Instrukcje operowania programem.

Dokumentacja eksploatacyjna, której nie tworzy się oddzielnie, lecz jedynie kompletuje z dokumentacji projektu technicznego i programowej, składa się z następujących dokumentów:

1. Harmonogramy komputerowego przetwarzania danych.
2. Schematy eksploatacji systemu.
3. Wykaz programów.
4. Instrukcje operowania programami.
5. Instrukcje przygotowawczo-kontrolne dokumentów źródłowych (wypełniania, kontroli, poprawiania, kompletowanie, obiegu itp.).
6. Instrukcje zarządzania zbiorami danych pamięci zewnętrznej.
7. Instrukcje operowania zestawieniami wynikowymi (kontroli poprawności przekazywania, obiegu itp.).
9. Opis na linii zleceniodawca – użytkownik.

Reasumując, należy jeszcze raz zwrócić szczególną uwagę na wszechstronną rolę i znaczenie dokumentacji projektowej. Trzeba bowiem zdawać sobie sprawę, że staranne i prawidłowe opracowanie dokumentacji:

- ułatwia współpracę i wymianę informacji między osobami projektującymi system informatyczny,
- ułatwia współpracę między ośrodkiem obliczeniowym a użytkownikiem systemu,
- ułatwia adaptację systemów eksploatowanych przez innych użytkowników,
- przyspiesza prace projektowe, zmniejsza pracochłonność i koszty projektowania.

Z tych i innych względów niezmiernie ważne jest powszechne ujednoczenie i wprowadzenie standardów dokumentacji systemów informatycznych w praktyce projektowania.



BIBLIOGRAFIA

1. Haschka J. - Tworzenie systemu informatycznego.
Myśl Wojskowa nr 4-5/94.
Wyd. MON Warszawa 1994r.
2. Gackowski Z. - Projektowanie systemów
informatycznych
zarządzania. Wyd. WNT Warszawa 1974r.
3. Sienkiewicz P. - Podstawy teorii systemów.
Wyd. AON Warszawa 1994r.
4. Sienkiewicz P. - Inżynieria systemów kierowania.
Wyd. PWE Warszawa 1988r.
5. Sienkiewicz P. - Systemy kierowania.
Wyd. Wiedza Powszechna Warszawa
1989r.
6. Sienkiewicz P. - Inżynieria systemów.
Wyd. MON Warszawa 1983r.
7. Praca zbiorowa pod
red. Niedzielskiej - Projektowanie systemów informa-
tycznych. Wyd. PWE Warszawa 1982r.
8. Praca zbiorowa pod
red. E. Niedzielskiej - Wstęp do informatyki.
Wyd. PWE Warszawa 1993r.

