

*Wojak*


**AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP**

INSTYTUT BADAŃ STRATEGICZNO-OBRONNYCH

Do użytku służbowego

**OGÓLNA METODYKA ANALIZY i OCENY  
EFEKTYWNOŚCI SYSTEMÓW KIEROWANIA**

Biblioteka Główna  
Akademii Obrony Narodowej  
S/951



05-001231-002-0

*12838*

WARSZAWA

1986



Wojak

2105/86

**AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP**

**INSTYTUT BADAN STRATEGICZNO-OBRONNYCH**

Do użytku służbowego

**OGÓLNA METODYKA ANALIZY i OCENY  
EFEKTYWNOŚCI SYSTEMÓW KIEROWANIA**

Biblioteka Główna  
Akademii Obrony Narodowej

S/951



05-001231-002-0



WARSZAWA

1986

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP  
im.gen.broni K.Świerczewskiego

---

INSTYTUT BADAŃ STRATEGICZNO-OBRONNYCH

Do użytku służbowego



ppłk prof.dr hab.inż.Piotr SIENKIEWICZ  
ppłk dr Andrzej WŁODARSKI

OGÓLNA METODYKA ANALIZY I OCENY EFEKTYWNOŚCI  
SYSTEMÓW KIEROWANIA

2  
S/951



---

Warszawa 1986 r.

## 2. Wprowadzenie

W analizach rozwojowych związanych z określeniem kierunku rozwoju systemów wojskowych, planowaniem obrony, wyborem wariantów rozwoju systemów organizacyjnych i technicznych itp. w centrum uwagi znajdują się zagadnienia o charakterze metodologicznym typu:

- w jaki sposób porównywać warianty systemów, za pomocą jakich kryteriów i wskaźników oceny,
- jak, w poszczególnych przypadkach interpretować pojęcie efektywności i jaką metodę kwantyfikacji przyjmując, aby uzyskać wartości ilościowe interesujących cech kryterialnych analizowanego systemu,
- za pomocą jakich cech opisywać, na etapie konceptualizacji, określony system wojskowy, aby tworzone na ich podstawie kryteria i wskaźniki oceny efektywności posiadały sens operacyjno-taktyczny, techniczny, organizacyjny itp.

Wymienione zagadnienia znalazły, względnie zadowalające rozwiązania w przypadku systemów techniki bojowej, natomiast w przypadku tzw. systemów socjotechnicznych istnieje wiele kwestii jeszcze nie rozwiązanych. Do takich systemów należą systemy kierowania.

Aby uniknąć w przyszłości sytuacji, które uniemożliwiałyby formułowanie ocen poszczególnych wariantów systemów kierowania, porównywanie wariantów, wreszcie formułowanie sądów prognostycznych konieczne jest przyjęcie jednolitych założeń metodologicznych, spójnego modelu ocenowego oraz zasad oceny efektywności systemów kierowania,

Przedstawione propozycje metodologiczne służą przede wszystkim potrzebom modułu "KIEROWANIE" w MODELU-1.

### 2. Założenia i postulaty

- 2.1. Sposób wykorzystania potencjału bojowego wojsk danej strony walczącej zależy od efektywności systemu kierowania.

- 2.2. Stosunek efektywności systemów kierowania stron walczących conajmniej w równym stopniu co stosunek sił i środków decyduje o wyniku walki (starcia zbrojnego).
- 2.3. Dowolna organizacja (system działania) jest efektywna, gdy jej system kierowania tworzy takie projekty (plany) działania i zapewnia ich realizację, oddziałując na wszystkie podsystemy (elementy) systemu, że
  - a) organizacja jest skuteczna, czyli osiąga zamierzone cele w pożądanym (wymaganym) stopniu i pożądanym czasie;
  - b) organizacja jest ekonomiczna, czyli poniesione nakłady (straty) nie przewyższają nakładów (strat) planowanych (przewidywanych) oraz ich wartość jest niższa od wartości rezultatów ( w szczególności strat przeciwnika).
- 2.4. Każdy system kierowania powinien być oceniany za pomocą kryteriów wyrażających cele działania organizacji, w skład której wchodzi.
- 2.5. Dla każdego systemu kierowania przyjmowane są cząstkowe kryteria oceny wyrażające efektywność decydowania i efektywność informowania.
- 2.6. Dla każdego cząstkowego kryterium oceny przyjmuje się wskaźniki oceny-wyrażające szczegółowe aspekty efektywności, np. strukturalne (organizacyjne), technologiczne, techniczne (techniczno-eksploatacyjne), informacyjne itp.
- 2.7. Cząstkowe kryteria oceny efektywności systemu kierowania powinny umożliwiać ocenę
  - a) jakości decyzji podejmowanych w celu osiągnięcia zamierzonych celów (wykonania zadań bojowych);
  - b) jakości informacji zbieranych i przesyłanych w systemie oraz przetwarzanych i udostępnianych organom decyzyjnym zgodnie z ich potrzebami i wymaganiami.
- 2.8. Model ocenowy jako narzędzie oceny efektywności systemu kierowania powinien umożliwiać porównywanie wariantów systemu, wybór wariantu najkorzystniejszego oraz formułowanie prognozy rozwojowej (sądów prognostycznych).

- 2.9. Model oceny powinien stanowić element modelu symulacyjnego systemu kierowania.
- 2.10. Model oceny powinien umożliwiać określenie wpływu efektywności rażenia, wspomaganie i zasilania.

### 3. Model oceny systemu kierowania jako narzędzie oceny w procesie symulacji

- 3.1. Warunki zdań formułowanych w przyjętym języku oceny określają:
- a) przedmiot oceny, czyli określone stany (wartości cech) systemu opisane w zdaniu orzekającym;
  - b) podstawę oceny, czyli określone kryterium (kryteria) opisane w zdaniu normatywnym, postulującym pożądane stany (wartości cech) systemu.
- 3.2. Ocenianie jest pewną relacją między: podmiotem oceny, przedmiotem oceny, kryteriami oceny i ocenami:
- $$E, \subset PO \times \Sigma \times K \times Q$$
- gdzie: PO - zbiór podmiotów oceny,  
 $\Sigma$  - zbiór systemów - przedmiotów oceny;  
 $K$  - zbiór kryteriów oceny;  
 $Q$  - zbiór przyjętych ocen.
- 3.3. Podstawowymi czynnościami w procesie oceny są:
- a) pomiar wartości cech systemowych wpływających na kryterium oceny (np. uzyskanych w procesie symulacji komputerowej);
  - b) sformułowanie zdania oceniającego, czyli oceny;
  - c) prezentacja oceny (np. dla celów porównawczych lub dla prognozy rozwojowej).
- 3.4. Oceną systemu nazywamy wypowiedź wartościującą podmiotu oceniającego; wyrażającą, najogólniej, aprobatę lub dezaprobatę dla stanu systemu oceniającego w sensie przyjętego kryterium.

3.5. Przestrzenią kryterialną systemu nazywamy pewną strukturę relacyjną

$$K = \langle \mathbb{K}, \{R_i: i \in J\} \rangle$$

gdzie  $\mathbb{K}$  jest zbiorem kryteriów oceny systemu, a  $R_i$  zbiorem relacji (np. równoważności, porządku).

3.6. Jeżeli istotna (główna) cecha systemu jest zmienną losową  $X$  o znanym rozkładzie prawdopodobieństwa, to jako wskaźniki oceny mogą występować:

a) wartość oczekiwana  $E(X) = m_x$  ;

b) wariancja  $V(X) = v_x$  ;

c) średnie odchylenie od wielkości zadanej (np. planowanej, najbardziej pożądanej)  $E(X - x_0) = m_{(x-x_0)}$  ;

d) średnie odchylenie kwadratowe  $E(X - x_0)^2$  od wielkości zadanej ;

e) kwantyl określonego rzędu  $K_\alpha(X)$  ;

f) prawdopodobieństwo uzyskania przez cechy systemowe wartości nie mniejszej (większej) od zadanej :

$$\Pr \{X \geq x_0\} \text{ lub } \Pr \{X \leq x_0\} .$$

3.7. Dla systemu walki najogólniejsza zasada oceny efektywności ma postać :

$$F : X \rightarrow R^2$$

$$F(x) = (F_1(x), F_2(x)) \quad , \quad x \in X \quad ,$$

gdzie:  $X$  - zbiór decyzji dopuszczalnych o sposobie działania (lub zbiór dopuszczalnych parametrów systemu),

$F_1(x)$  - wartość oczekiwana strat własnych dla  $x \in X$ ,

$F_2(x)$  - wartość oczekiwana strat przeciwnika dla  $x \in X$ .

$$a) f(x) = F_2(x) - F_1(x)$$

$$b) \varphi(x) = \frac{F_2(x)}{F_1(x)}$$

$$c) \psi(x) = \frac{F_1^0 - F_1(x)}{F_2^0 - F_2(x)}$$

$F_1^0$  - początkowa wartość potencjału wojsk własnych,

$F_2^0$  - początkowa wartość potencjału wojsk przeciwnika.

#### 4. Model systemu kierowania jako przedmiotu oceny efektywności

4.1. Proponowany model SK powinien umożliwiać:

- identyfikację istotnych cech (charakterystyk) realnego SK;
- diagnozę, czyli określenie aktualnego stanu rzeczywistego SK;
- prognozę, czyli określenie prawdopodobnego stanu przyszłego (przewidywanego) SK;
- ocenę (ex post i ex ante) efektywności SK.

4.2. Ogólny model SK:

$$I: SK = \langle SDC, SI, RK \rangle$$

gdzie: SDC - system decyzyjny (realizujący procesy przygotowania i podejmowania decyzji);

$$SDC = \langle E^D, R^D \rangle, \quad E^D - \text{elementy systemu,} \\ R^D \subset E^D \times E^D - \text{relacje,}$$

SI - system informacyjny (realizujący procesy zbierania, przesyłania, przechowywania, przetwarzania, udostępniania informacji);

$$SI = \langle E^I, R^I \rangle, \quad E^I - \text{zbiór elementów systemu,} \\ R^I \subset E^I \times E^I - \text{zbiór relacji;}$$

$RK = \langle R^{DI}, R^{DR}, R^{DO}, R^{IR}, R^{IO} \rangle$  - relacje kierowania informacyjno-decyzyjne ( $R^{DI} \subseteq E^D \times E^I$ ,  $R^{DR} \subseteq E^D \times E^R$ ,  $R^{DO} \subseteq E^D \times E^O$ ,  $R^{IR} \subseteq E^I \times E^R$ ,  $R^{IO} \subseteq E^I \times E^O$ ,  $E^R$  - zbiór elementów wykonawczych,  $E^{OD}$  - zbiór elementów decyzyjnych otoczenia SK,  $E^{OI}$  - zbiór elementów informacyjnych otoczenia).

4.3. System decyzyjny w modelu SK tworzą: zbiór stanowisk dowodzenia (SD) i innych elementów decyzyjnych oraz zbiór relacji między nimi.

4.4. System informacyjny w modelu SK tworzą: podsystem łączności (Sł), podsystem rozpoznania (SRp), podsystem informatyczny (Sln) oraz zbiór relacji pomiędzy elementami informacyjnymi (łączności, rozpoznania, informatyki).

4.5. Aspekty funkcjonalne SK wyraża model:

$$II: SK \equiv \langle E, F, M, \Sigma, T \rangle$$

gdzie: E - zbiór elementów systemu,

F - zbiór funkcji systemu (czynności) potencjalnych charakteryzujących funkcjonowanie systemu, aktualizujących się w zadaniach systemu),

M - zbiór technologii systemu (stosowanych potencjalnie przez system sposobów postępowania, tzn. metod i technik niezbędnych do realizowania funkcji systemu)

$\Sigma$  - zbiór potencjalnych struktur systemu, czyli relacji R między elementami systemu,

T - zbiór potencjalnych środków technicznych (urządzeń łączności, rozpoznania, informatyki) niezbędnych do realizacji funkcji systemu przy zastosowaniu określonych technologii.

4.6. Zbiór R obejmuje relacje pomiędzy składowymi czwórkami

$\langle \varphi, m, s, t \rangle$ , tworząc w szczególności podziory następujące:

a) relacje strukturalne, tzn. relacje między elementami systemu:  $e_i R e_j$ ;  $e_i, e_j \in E$  (np. relacje: podrzędności, nadrzędności, współdziałania itp);

- b) relacje funkcjonalne, tzn. relacje między funkcjami systemu :  $f_k R F_1$  ;  $f_k, f_1 \in F$  (np. relacje zabezpieczenia , komplementarności itp);
- c) relacje kompetencji, tzn. relacje między elementami systemu i funkcjami:  $e R f$ ,  $e \in E$ ,  $f \in F$  (np. zakres odpowiedzialności i uprawnień, podział funkcji, obszar kompetencji itp.);
- d) relacje technologiczne, tzn. relacje między technologiami:  $m_p R m_g$ ;  $m_p, m_g \in M$  (np. relacje: substytuwności , kompleksowości, komplementarności itp);
- e) relacje organizacyjne, tzn. relacje między elementami systemu i technologiami stosowanymi przy wykonywaniu danej funkcji:  $e R m$  ;  $e \in E$ ,  $m \in M$ ,  $f \in F$  (np, dobór odpowiednich technologii do danej funkcji przez dany element systemu);
- f) relacje technologiczne względem funkcji, tzn, relacje między technologiami i funkcjami:  $m R f$ ,  $m \in M$ ,  $f \in F$  (np. przetwarzanie informacji);
- g) relacje techniczne, tzn. między środkami technicznymi:  $t_i R t_j$  ;  $t_i, t_j \in T$  oraz między środkami technicznymi i elementami systemu oraz technologiami stosowanymi:  $t_i R e_j / m_k$  ;  $t_i \in T$ ,  $e_j \in E$ ,  $m_k \in M$  (dobór urządzeń technicznych do danej technologii stosowanej przez dany element systemu).

4.7. Ze względu na własności wyróżnia się funkcje:

- a) statyczne (hierarchii), np. rozmieszczenie elementów systemu względem siebie w przestrzeni działania SK (powiązania nadrzędne i podrzędne, jednostkowe i zespołowe wg. szczebli i pionów struktury organizacyjnej);
- b) kinetyczne (komunikowania), np. przepływ informacji oraz rola elementów systemu w generowaniu i wykorzystywaniu strumieni informacji;
- c) dynamiczne (współdziałania), np. powiązania równorzędne elementów w zespołowych procesach działania SK.

4.8. Opisywany w modelu SK jest systemem hierarchicznym, czyli trójką uporządkowaną:

$$\text{III : } SK = \langle E, e_0, R \rangle$$

gdzie:  $e_0$  - wyróżniony element nadrzędny /  $e_0 \in E$ ),  
 $R$  - zbiór relacji binarnych między elementami zbioru  $E$ ,  
zwanych relacją zwierzchnictwa (relacje odwrotne,  $\bar{R}$ ,  
będą relacją podporządkowania),,

przy czym

- a) w zbiorze  $E$  istnieje jeden i tylko jeden element nadrzędny  $e_0$  ;
- b)  $e_0$  jest w relacji  $R$  z każdym innym elementem zbioru  $E$ , tj. dla każdego  $e_j \in E$ ,  $e_j \neq e_0$ , zachodzi  $e_0 R e_j$ ;
- c) dla każdego  $e_j \in E$ ,  $e_j \neq e_0$ , istnieje dokładnie jeden element taki, że  $e_i R e_j$ , tj. że każdy element ma dokładnie jeden bezpośredni element nadrzędny;
- d) poziom hierarchii jest zbiór tych elementów, które w danej strukturze są jednakowo oddalone (w sensie liczby kolejnych zwierzchników) od  $e_0$ ;
- e) wysokość struktury hierarchicznej  $h$  jest określona maksymalną ilością poziomów  $p$  w danej strukturze:  $h = \max p$  ( $p=1,2,\dots$ );
- f) liczba podporządkowania  $k_p$  określona jest ilością elementów znajdujących się na poziomie  $p$ , będących w relacji  $R$  z elementem  $p-1$ ;
- g) szerokość struktury hierarchicznej  $b$  określona jest maksymalną wartością  $k_p$  w danej strukturze:  $b = \max_p k_p$ .

4.9, Aspekt efektywnościowy SK wyraża model:

$$\text{IV: } SK = \langle X^D, X^L, X^R, X'; F^D, F^L, F^R, F' \rangle$$

gdzie:  $X^D$  - zbiór charakterystyk systemu decyzyjnego;  
 $X^L$  - zbiór charakterystyk systemu łączności;  
 $X^R$  - zbiór charakterystyk systemu rozpoznania;  
 $X'$  - zbiór charakterystyk systemu informatycznego;

$F^D = \{f^D: X^D \rightarrow R\}$  - zbiór funkcji efektywności systemu decyzyjnego;

$F^t = \{f^t: X^t \rightarrow R\}$  - zbiór funkcji efektywności systemu łączności;

$F^R = \{f^R: X^R \rightarrow R\}$  - zbiór funkcji efektywności systemu rozpoznania;

$F' = \{f': X' \rightarrow R\}$  - zbiór funkcji efektywności systemu informatycznego.

4.10. Wartości charakterystyk poszczególnych podsystemów SK są zdeterminowane ilością i jakością elementów, rodzajem stosowanej technologii, typem struktury, rodzajem i typem stosowanych środków technicznych.

#### 5. Warunki efektywności SK (przykład)

5.1. Dla określonej struktury przestrzennej, funkcjonalnej i informacyjnej stanowisk dowodzenia muszą być spełnione techniczno-organizacyjne warunki efektywnego działania.

5.2. Dla każdego SD są znane:

- a) grupy dowodzenia, które należy rozmieścić na specjalnych środkach transportowych;
- b) zestawy technicznych środków dowodzenia, odpowiadające określonym wymaganiom, dla każdej grupy dowodzenia;
- c) zbiór dopuszczalnych typów urządzeń transmisji danych;
- d) zbiór dopuszczalnych typów radiostacji;
- e) zbiór dopuszczalnych typów środków transportowych;
- f) warunki rozmieszczenia poszczególnych grup dowodzenia (w jednym lub kilku środkach transportowych);
- g) warunki organizacji łączności radiowej (ilość sieci i kierunków radiowych, ilość relacji radiowych w sieciach radiowych i na kierunkach, niezawodność łączności, wymagana zdolność przepustowa itp).

5.3. System powinien spełniać warunki:

- a) warunek rozmieszczenia - każda grupa dowodzenia, na każdym SD, powinna być rozmieszczona na środku transportowym;
- b) warunek znajdowania się w każdej grupie, na każdym SD, odpowiedniego zestawu technicznych środków dowodzenia;
- c) warunek znajdowania się na każdym SD technicznych środków dowodzenia wspólnych dla wszystkich lub kilku grup;
- d) warunek rozmieszczenia zestawu technicznych środków dowodzenia dla danej grupy na tych samych środkach transportowych;
- e) warunek wykorzystania przez dwie (lub więcej) grupy danego SD, znajdujące się na jednym środku transportowym, jednego zestawu środków technicznych, spełniających wymagania obu grup;
- f) warunek niezbędnej pojemności każdego środka transportowego przeznaczonego do rozmieszczenia: grup dowodzenia, zestawu środków technicznych, UTD i radiostacji;
- g) warunek niezbędnej ładowności każdego środka transportowego przeznaczonego do rozmieszczenia grup dowodzenia, środków technicznych, UTD i radiostacji;
- h) warunek zdolności retransmisyjnych wykorzystywanej sieci radiowej (kierunku radiowego) w jednostce czasu, która powinna być nie mniejsza od ilości informacji nadawanej (odbieranej) w tej samej jednostce czasu na danym kierunku przez określone SD;
- i) warunek znajdowania się na SD UTD, obsługujących wymaganą ilość kanałów teletransmisyjnych.

5.4. Spełnienie powyższych warunków konieczne jest do zapewnienia efektywnego funkcjonowania stanowisk dowodzenia. W zależności od wykonywanych zadań bojowych oraz warunków działania (np. charakteru i stopnia działania przeciwnika, warunków geograficznych i meteorologicznych itp) wartość przyjętego wskaźnika efektywności może być różna. Jest ona określana na podstawie rezultatów symulacyjnego badania efektywności systemu.

5.5. Uzyskana ocena efektywności stanowi podstawę dla określenia wpływu efektywności SK na efektywność rażenia, wspomagania i zasilania oraz określenia kierunków racjonalnego, pożądanego rozwoju SK.

## 6. Wskaźniki oceny efektywności SK (przykłady)

6.1. Zgodnie z przyjętą ogólną koncepcją metodologiczną efektywność systemu jest właściwością :

- a) zbiorczą, kumulującą oddziaływanie różnych innych właściwości , tj. cech lub wielkości, które określają oddziaływanie;
- b) niemianowaną;
- c) niemierzalną, gdyż nie znane są dotychczas metody i urządzenia umożliwiające bezpośredni pomiar efektywności;
- d) wyznaczalną, gdyż można wyrazić efektywność za pomocą wskaźników liczbowych uwzględniających stan kryteriów przyjętych do określenia efektywności.

6,2. Najogólniej biorąc, efektywność systemu jest stopniem spełnienia zbioru wymagań stawianych systemowi, których całkowite zaspokojenie oznacza osiągnięcie stanu doskonałości względnej.

6.3. Przyjęto założenia następujące:

- a) efektywność walki (działań wojennych) jest funkcją efektywności systemów: kierowania, rażenia, wspomagania, zasilania oraz charakterystyk odpowiednich systemów przeciwnika i warunków działania;
- b) efektywność rażenia, wspomagania i zasilania jest funkcją efektywności systemu kierowania (lokalnego i nadrzędnego);
- c) efektywność kierowania jest funkcją efektywności systemów: decyzyjnego, łączności, rozpoznania i informatycznego ;
- d) efektywność systemowa dowodzenia, łączności, rozpoznania i informatycznego zależy od ilości i jakości elementów składowych ilości i jakości struktur (relacji między elementami), technologii i ilości i jakości urządzeń technicznych oraz charakteru i intensywności działań wojsk npla; warunków otoczenia itp.

6.4. Do podstawowych wymagań stawianych systemom kierowania zalicza się wymaganie wysokiej :

- a) operatywności;
- b) jakości decydowania i informowania;
- c) niezawodności;
- d) żywotności;
- e) gotowości ;
- f) ekonomiczności wykorzystania sił i środków;
- g) skrytości działania.

6.5. Podstawowym ilościowym wskaźnikiem efektywności SK jest operatywność kierowania, wyrażana czasem zużywanym na zebranie, opracowanie informacji, podjęcie decyzji i doprowadzenie zadań do wykonawców (zrelatywizowanym do czasu normatywnego, pożądanego, wymaganego). Uważa się, że obecnie stosunek pomiędzy czasem dysponowanym a czasem niezbędnym należy określać nie mniej dokładnie niż stosunek sił i środków.

6.6. Klasyczne ujęcie efektywności dowodzenia brzmi następująco:

- a) efektywność dowodzenia wojskami to ogół zdolności systemu dowodzenia do zapewnienia wykonania zadań bojowych w nakazanych terminach oraz przy najmniejszym nakładzie sił i środków ;
- b) efektywność funkcjonowania systemu dowodzenia jest wysoka wówczas, gdy wojska wykonały postawione im zadania w nakazanym czasie, zachowały zdolność bojową i mogą z powodzeniem kontynuować działania bojowe.

6.7. Stosowane cząstkowe wskaźniki oceny efektywności SK:

- a) wskaźniki operatywności i żywotności:
  - czas planowania działań (walki, operacji);
  - szybkość reagowania organów kierowania na zmiany sytuacji w toku prowadzenia działań,
  - ciągłość funkcjonowania systemu, zwłaszcza po wykonaniu przez npla uderzeń jądrowych oraz w warunkach oddziaływania środków WRE,
  - czas odtwarzania kierowania po obezwładnieniu SD oraz czas odtwarzania zdolności bojowej jednostek obezwładnionych uderzeniami jądrowymi itp.

b) wskaźniki skuteczności:

- efektywność użycia środków rażenia; zwłaszcza broni jądrowej,
- stopień wykonania przez wojska zadań bojowych,
- jakość (kompletność, terminowość, wiarygodność) informacji sytuacyjnej wykorzystywanej w procesie kierowania,
- stan potencjału bojowego wojsk po wykonaniu zadania bojowego,
- wielkość strat zadanych przeciwnikowi oraz poniesionych przez wojska własne podczas osiągnięcia zamierzonego celu działań itp.

6.8. Przykład 1 :

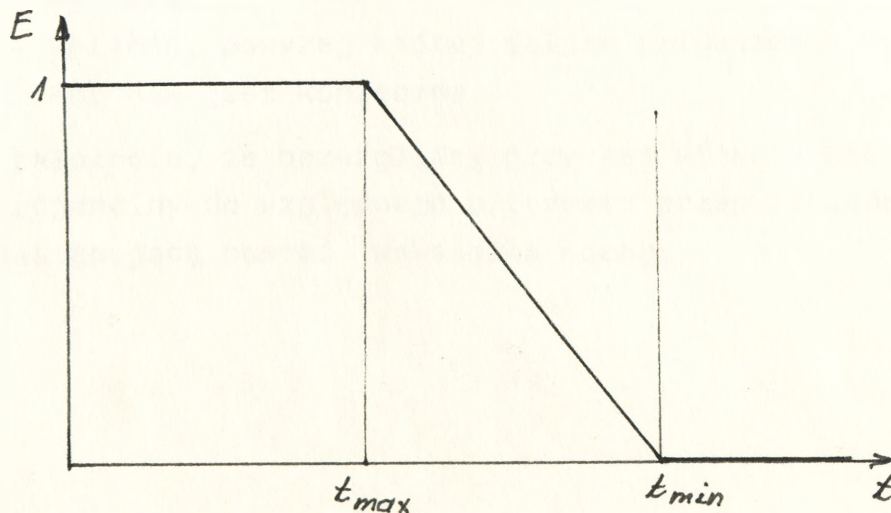
podczas oceny operatywności rozpatrywany jest czas od chwili postawienia zadania do jego wykonania, przy czym dane są:

$t_{\max}$  - maksymalny czas cyklu kierowania, który nie wpływa na zmniejszenie efektywności systemu,

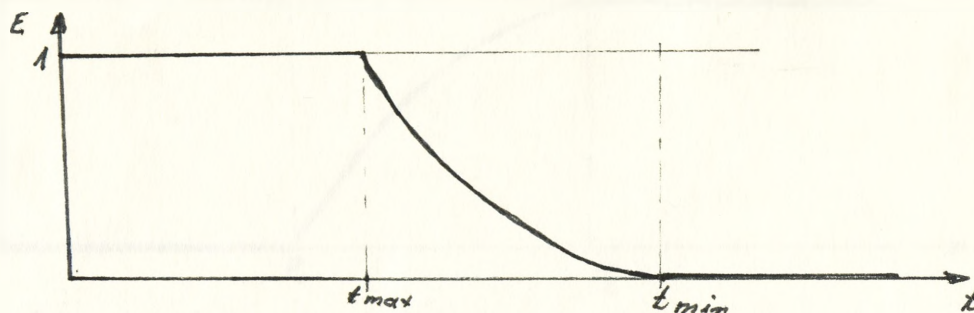
$t_{\min}$  - minimalny czas cyklu, przy którym system nie może wykonać zadań ;

a) prosty wskaźnik oceny

$$E = \begin{cases} 1, & \text{gdy } t \leq t_{\max} \\ 0, & \text{gdy } t > t_{\min} \\ 1 - \frac{t - t_{\max}}{t_{\min} - t_{\max}}, & \text{gdy } t_{\max} < t \leq t_{\min}. \end{cases}$$



b) założenie, że bezwzględny przyrost  $E$  jest proporcjonalny do przyrostu czasu



$$E = \begin{cases} 1, & \text{dla } t \leq t_{\max} \\ \frac{\ln t}{\ln \frac{1}{z}} + \frac{\ln t_{\min}}{\ln z}, & \text{dla } t_{\max} \leq t \leq t_{\min} \\ 0, & \text{dla } t \geq t_{\min} \end{cases}$$

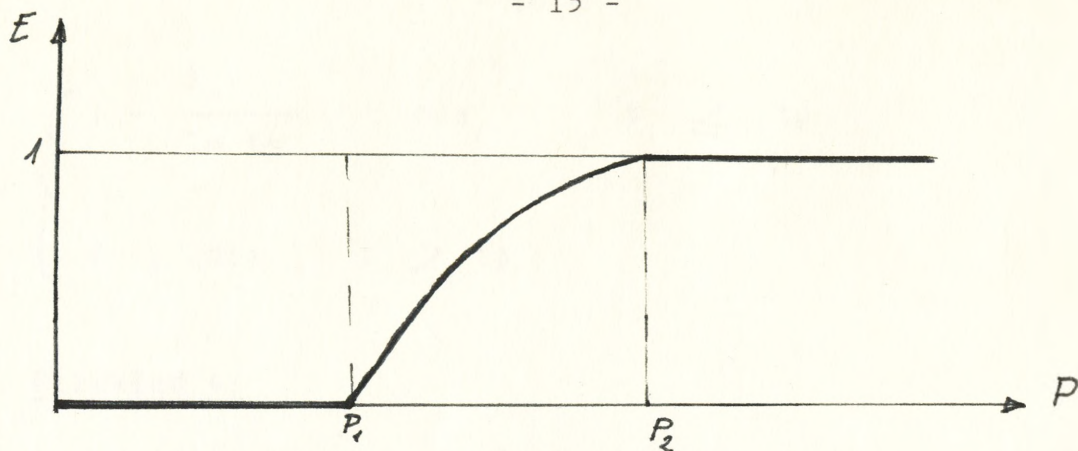
gdzie  $z = \frac{t_{\min}}{t_{\max}}$

### 6.9. Przykład 2

przedmiotem oceny jest przepustowość systemu, wyrażona za pomocą ilości operacji (czynności, zadań) w jednostce czasu, przy czym dane są:

- $P_1$  - wartość przepustowości, począwszy od której każde jej zmniejszenie sprowadza praktycznie efektywność systemu do zera,
- $P_2$  - wartość, powyżej której dalsze zwiększenie przepustowości nie jest konieczne.

Przy założeniu, że bezwzględny przyrost efektywności jest proporcjonalny do względnego przyrostu przepustowości otrzymuje się następującą postać wskaźnika oceny:

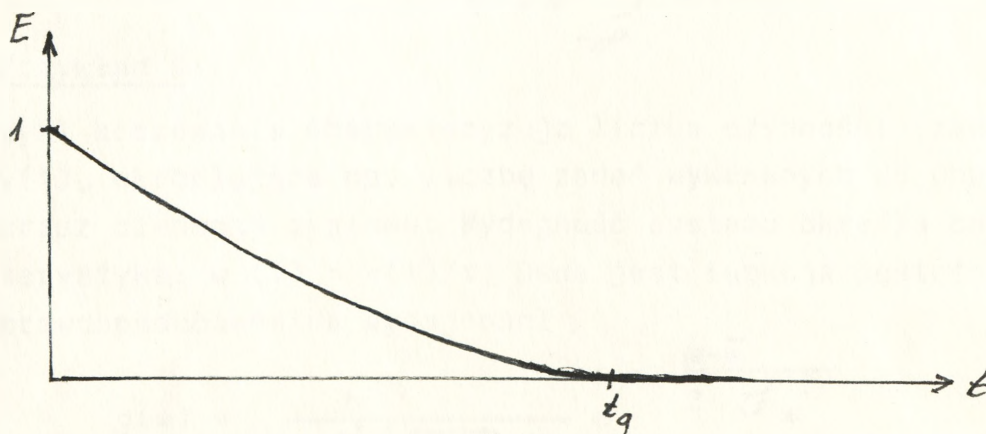


$$E = \begin{cases} 0, & \text{dla } P \leq P_1 \\ \frac{\ln P}{\ln \pi} + \frac{P_1}{\ln \frac{1}{\pi}}, & \text{dla } P_1 \leq P \leq P_2 \\ 1, & \text{dla } P > P_2 \end{cases}$$

gdzie  $\pi = \frac{P_2}{P_1}$

6.10. Przykład 3 :

przedmiotem oceny jest zdolność systemu do normalnej <sup>(pracy)</sup> po dokonaniu zmian organizacyjnych lub usunięciu skutków działania npla, przy czym zakłada się, że znany jest czas graniczny powrotu "do normy", po przekroczeniu którego efektywność maleje do zera.



$$E = \begin{cases} 1 - \frac{\ln t}{\ln \text{tg}} ; & \text{dla } t \leq \text{tg} \\ 0 , & \text{dla } t > \text{tg} \end{cases}$$

6.11. Przykład 4:

przedmiotem oceny jest efektywność decydowania, przy czym znane są charakterystyki:

- $\lambda_k$  - częstość podejmowania decyzji w k-tym ogniwie SK,
- $S_k$  - wielkość strat spowodowanych opóźnieniem w procesie decyzyjnym,
- $\tau_k$  - zmienna losowa określająca czas podejmowania decyzji w k-tym ogniwie SK o wartości oczekiwanej  $E(\tau_k)$  i wariancji  $D(\tau_k)$ ,
- $T_k$  - cykl dopuszczalny podejmowania decyzji,
- $P_k$  - prawdopodobieństwo nieterminowego podjęcia decyzji w k-tym ogniwie, wyznaczone na podstawie wyrażenia:

$$P_k = 1 - F_0 \left( \frac{T_k - E(\tau_k)}{\sqrt{D(\tau_k)}} \right)$$

$$F_0(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{u^2}{2}} du$$

6.12. Przykład 5:

cykl kierowania charakteryzuje liczba czynności (zadań)  $v(t)$ , określająca np. liczbę zadań wykonanych do chwili  $t$  przez elementy systemu. Wydajność systemu określa charakterystyka:  $w(t) = v(t)/t$ , Dana jest funkcja gęstości prawdopodobieństwa wydajności

$$g(w) = \frac{b}{\sigma_w \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{w-\bar{w}}{2\sigma_w^2}}$$

gdzie:  $w_{\min} \leq w \leq w_{\max}$

Współczynnik  $b$  określony jest z warunku

$$\int_{w_{\min}}^{w_{\max}} g(w) dw = 1$$

skąd

$$b = F_0 \left( \frac{w_{\max} - \bar{w}}{\sigma_w} \right) + F_0 \left( \frac{\bar{w} - w_{\min}}{\sigma_w} \right)$$

$$F_0(w) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^w e^{-\left(\frac{x^2}{2}\right)} dx$$

Funkcja gęstości zmiennej  $N(t)$  określona jest następująco

$$f(x) = \frac{1}{t} g\left(\frac{x}{t}\right) = \frac{b}{t \sigma_w \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \frac{(x - w t)^2}{t^2 \sigma_w^2}}$$

Jako wskaźnik oceny efektywności SK przyjmiemy prawdopodobieństwo  $P_0$  tego, że w czasie  $T_0 \leq T_e$  zostaną wykonane zadania w liczbie nie mniejszej niż  $v_0$ :

$$P_0 \equiv 1 - \Pr \{ v < v_0 / t = T_0 \} = 1 - \int_{w_{\min} T_0}^{v_0} f(x) dx =$$

$$= 1 - \int_{w_{\min} T_0}^{v_0} \frac{b}{T_0 \sigma_w \sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{x - \bar{w} T_0}{T_0 \sigma_w} \right)^2 \right] dx$$

lub

$$P_0 = \frac{F_0 \left( \frac{w_{\max} - \bar{w}}{\sigma_w} \right) + F_0 \left( \frac{\bar{w} - w_0}{\sigma_w} \right)}{F_0 \left( \frac{w_{\max} - \bar{w}}{\sigma_w} \right) + F_0 \left( \frac{\bar{w} - w_{\min}}{\sigma_w} \right)}$$

gdzie  $w_0 = v_0 / T_0$  .

Stosując wskaźnik  $P_0$  można ocenić, czy SK wykona w wymaganym czasie (nie dłuższym niż cykl kierowania lub czas wymagany) określony zestaw zadań infomacyjno-decyzyjnych składających się na proces kierowania.

Przytoczony wskaźnik może służyć do porównywania oczekiwanej wydajności różnych wariantów SK, charakteryzujących się różnymi typami struktur, rodzajami technologii i wyposażenia technicznego itp. Parametry rozkładu prawdopodobieństwa określone są na podstawie badań empirycznych i ocen ekspertów.

#### 6.13. Przykład 6:

dla oceny wariantów systemów łączności, poza wskaźnikami analitycznymi, stosowane są następujące cechy:

- niezawodność (gotowość),
- jakość usług (stopień i szybkość obsługi),
- elastyczność,
- operatywność,
- łatwość obsługi technicznej (podatność remontowa),
- <sup>6</sup>zabezpieczenie techniczne,
- ruchliwość (mobilność),
- utajnianie (bezpieczeństwo informacji),
- kompatybilność elektromagnetyczna,
- wrażliwość (podatność na uszkodzenia),
- łatwość transportu,
- trwałość (żywość),
- wymagany zakres częstotliwości,
- atypowość standaryzacji.

Do oceny wybrano metodą ekspercką 53 wymagania efektywności zestawione w 14 podstawowych (wyżej wymienionych) grup. Ustalone wymagania "wycenia się na 98000 punktów, którą to liczbę przyjęto jako optymalną (charakteryzującą "idealny" Sł). Zespoły ekspertów przypisują poszczególnym wymaganiom efektywności wartości wagowe. Uzyskana dla każdego wariantu Sł łączna suma punktów porównywana jest z liczbą punktów systemu wzorcowego ("idealnego").

Na rysunku przedstawiono schemat analizy efektywności wariantów Sł.

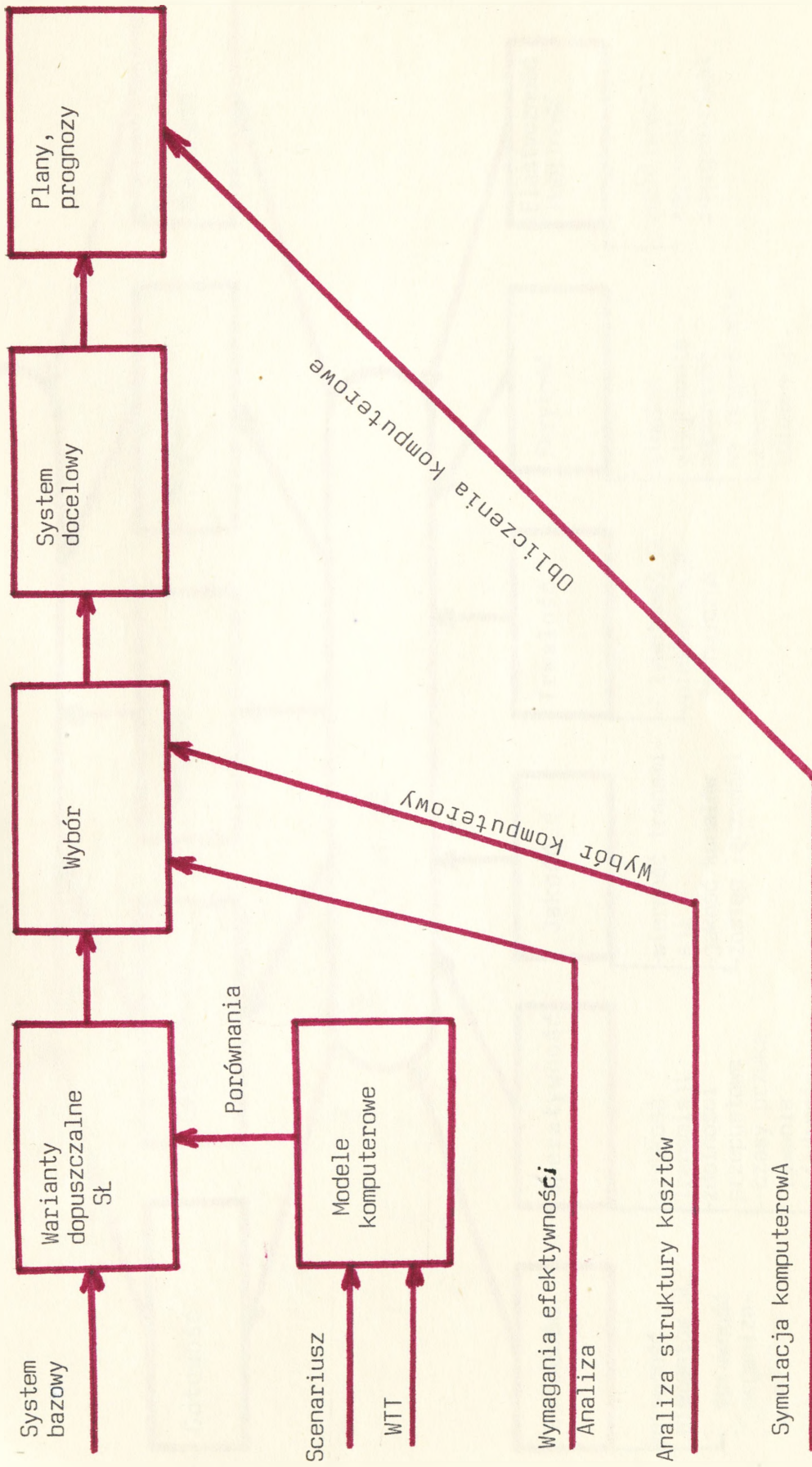
## 7. Uwagi końcowe

- 7.1. Opracowanie stanowi podstawę metodologiczną analiz i ocen efektywności SK, które będą prowadzone w MODELU.
- 7.2. Opracowanie stanowi ponadto materiał który może być traktowany jako przyczynek do teorii systemów kierowania (dowodzenia).
- 7.3. Przedstawiony materiał nawiązuje do prac (1) P.Sienkiewicz, Teoria efektywności systemów kierowania ASG, 1979; (2) P. Sienkiewicz, Teoria efektywności systemów, Ossolineum 1987; (3) P.Sienkiewicz, Wpływ efektywności systemów informatycznych na efektywność dowodzenia na szczeblu operacyjnym, ASG WP 1986.
- 7.4. W dalszych etapach prac nad modułem KIEROWANIE nastąpi konkretyzacja przyjętych założeń i propozycji.
- 7.5. Weryfikację opracowanej metodyki stanowią będą eksperymenty symulacyjne.
- 7.6. Wnioski:
  - a) Podstawą analizy jest model strukturalny i funkcjonalny SK.
  - b) W ramach modelu SK ustalane są wzajemne relacje efektywnościowe pomiędzy podsystemami (modelami cząstkowymi).

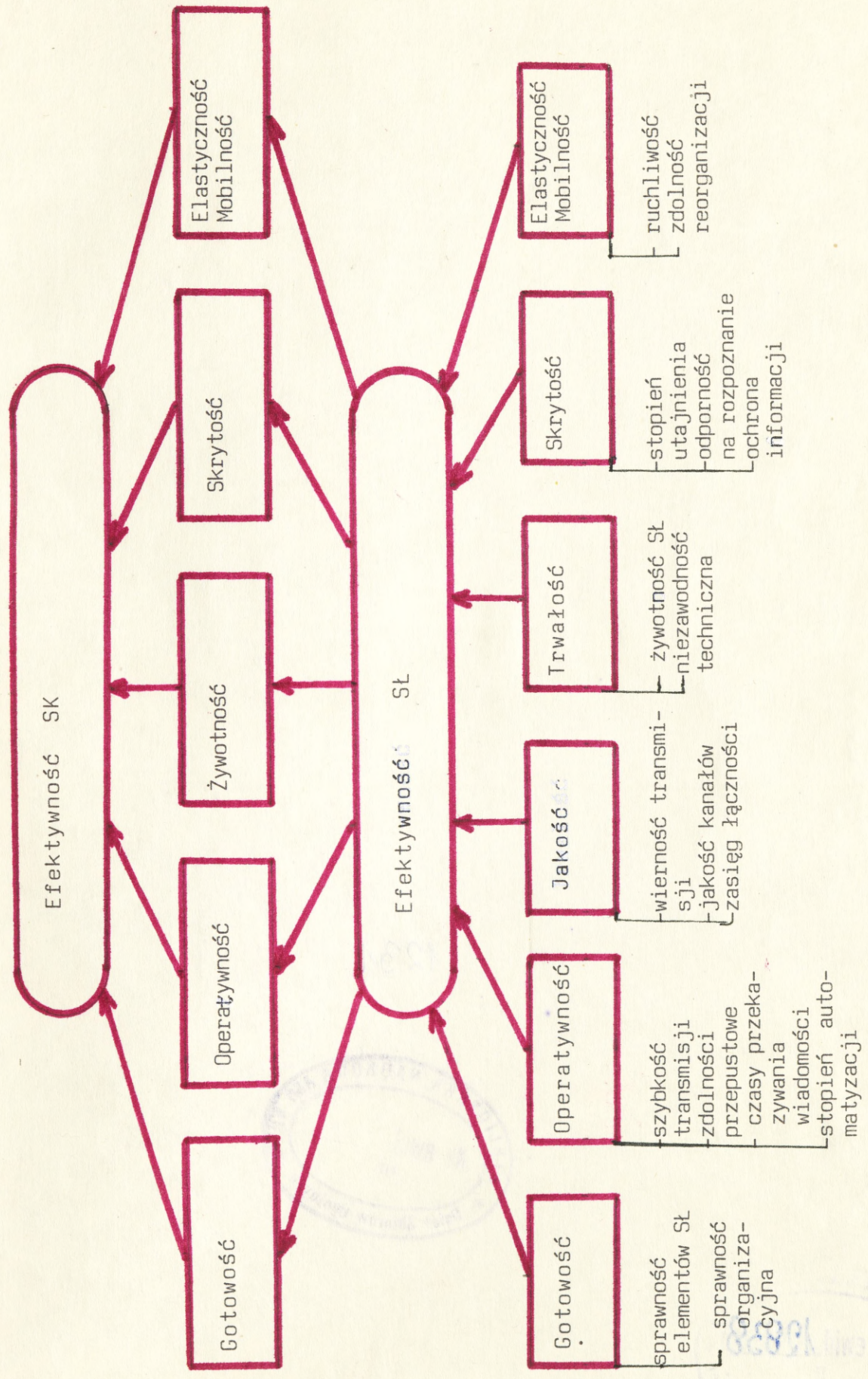
c) Dokonuje się wyboru kryteriów oceny efektywności i wskaźników oceny, pozwalających na:

- analizę wzajemnych wpływów działania poszczególnych podsystemów (w aspekcie efektywnościowym),
- porównywanie różnych wariantów systemu,
- formułowanie prognozy rozwojowej SK.

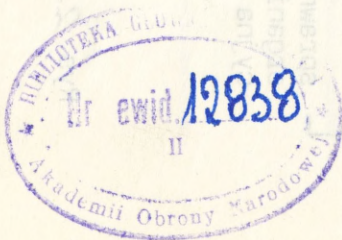




Rys. 1 Schemat analizy efektywności systemu łączności.



Rys. 2. Efektywność systemu łączności



Elektronowe zbiory danych

zbiory danych  
zbiory danych  
zbiory danych  
zbiory danych  
zbiory danych

zbiory danych  
zbiory danych  
zbiory danych  
zbiory danych  
zbiory danych

zbiory danych

zbiory danych

zbiory danych

zbiory danych

zbiory danych

zbiory danych



1231

Elektronowe zb

zbiory danych

zbiory danych

zbiory danych

zbiory danych

zbiory danych

Elektronowe zb