

Grey Scale #13



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



**AKADEMIA
SZTABU GENERALNEGO**
IM. GENERAŁA BRONI
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

~~Do użytku
służbowego~~

~~POUFNE~~

Egz. Nr 2



Płk mgr inż. Jerzy GÓRSKI

METODA OCENY SKUTECZNOŚCI DZIAŁANIA
STANOWISKA DOWODZENIA SZCZEBŁA
TAKTYCZNEGO WOJSK RADIOTECHNICZNYCH
OPK WYPOSAŻONEGO W ZAUTOMATYZOWANE
SYSTEMY DOWODZENIA

Rozprawa doktorska

12106

WARSZAWA 1989





**AKADEMIA
SZTABU GENERALNEGO**

IM. GENERAŁA BRONI
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

~~Do użytku
służbowego~~

~~POUFNE~~

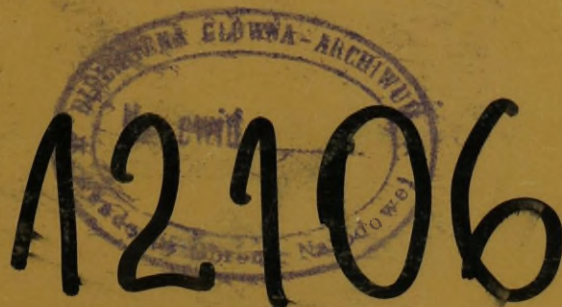
Egz. Nr 2



Ppłk mgr inż. Jerzy GÓRSKI

METODA OCENY SKUTECZNOŚCI DZIAŁANIA
STANOWISKA DOWODZENIA SZCZEBLA
TAKTYCZNEGO WOJSK RADIOTECHNICZNYCH
OPK WYPOSAŻONEGO W ZAUTOMATYZOWANE
SYSTEMY DOWODZENIA

Rozprawa doktorska



WARSZAWA 1989

AKADENIA SZTABU GENERALNEGO

im. GENERAŁA BRONI KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

~~Do użytku
służbowego~~

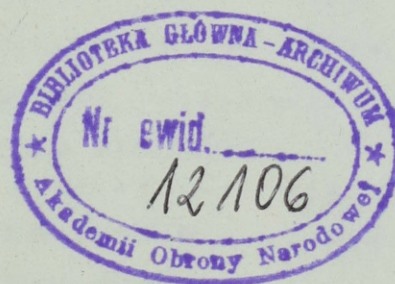
Egz. Nr. 2.

Przekł. Prof. 779/21.08.95 Jm

ppłk mgr inż. Jerzy Górski



METODA OCENY SKUTECZNOŚCI DZIAŁANIA
STANOWISKA DOWODZENIA SZCZEBŁA
TAKTYCZNEGO WOJSK RADIOTECHNICZNYCH
OPK WYPOSĄŻONEGO W ZAUTOMATYZOWANE
SYSTEMY DOWODZENIA



ROZPRAWA DOKTORSKA

Opracowana pod naukowym kierownictwem :

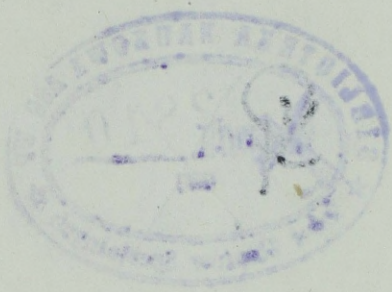
plk prof.dr hab.inż. Romana Kulczyckiego

RECEIVED

OFFICE OF THE DIRECTOR

RECEIVED
OFFICE OF THE DIRECTOR
MAY 10 1950

Handwritten notes in the upper right quadrant, including the word "RECEIVED" and other illegible markings.



Faint, illegible text in the middle section of the page, possibly bleed-through from the reverse side.



Faint, illegible text at the bottom of the page, likely bleed-through from the reverse side.

S P I S T R E Ś C I

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH SKRÓTÓW SYMBOLI I OZNACZEŃ. ....	..5..
WSTĘP. ....	..7..
1. SFORMUŁOWANIE PROBLEMU I METODA JEGO ROZWIĄZANIA. ....	..11..
1.1. Geneza problemu. ....	..11..
1.2. Hipoteza robocza i problemy badawcze. ....	..13..
1.3. Ogólne zasady oceny skuteczności systemów. ....	..15..
1.4. Adaptacja analizy systemowej do oceny skuteczności działania systemu SD WRT. ....	..17..
1.5. Ogólny opis zastosowania symulacji komputerowej do oceny skuteczności działania systemu SD WRT. ....	..21..
1.6. Wnioski. ....	..22..
2. ZESPÓŁ SD WRT SZCZEBŁA TAKTYCZNEGO Z PODLEGLYMI ELEMENTAMI JAKO SYSTEM I JEGO OTOCZENIE SYSTEMOWE. ....	..23..
2.1. Miejsce SD WRT z podległymi elementami w otoczeniu systemowym. ....	..23..
2.2. Zespół SD WRT z podległymi elementami jako system. ....	..24..
2.2.1. Opis i formalizacja podsystemu rozpoznania radio- lokacyjnego. ....	..28..
2.2.2. Opis i formalizacja podsystemu SD WRT na szczeblu taktycznym. ....	..33..
2.2.3. Opis i formalizacja podsystemu łączności. ....	..42..
2.3. Otoczenie systemowe. ....	..43..
2.3.1. Opis i formalizacja osłanianych obiektów. ....	..44..
2.3.2. Opis działania i formalizacja aktywnych środków obrony. ....	..44..
2.3.3. Opis działania i formalizacja SNP przeciwnika. ....	..47..
2.4. Wskaźniki skuteczności działania badanego systemu. ....	..51..
2.5. Podstawowe założenia do budowy modelu badanego systemu. ....	..55..
2.6. Procedura wykorzystania modelu badanego systemu. ....	..58..
2.7. Wnioski. ....	..60..
3. SYMULACYJNY MODEL BADANEGO SYSTEMU. ....	..63..
3.1. Budowa i opis funkcjonowania modelu. ....	..63..
3.2. Symulacja działania SNP przeciwnika. ....	..68..
3.2.1. Model toru lotu obiektu powietrznego. ....	..68..
3.2.2. Logiczna sieć działania w symulacji torów lotu SNP. ....	..69..
3.3. Symulacja działania podsystemu rozpoznania radioloka- cyjnego. ....	..72..

3.3.1. Model źródła informacji pierwotnej.	72.
3.3.2. Logiczna sieć działania w symulacji źródła informacji pierwotnej.	74.
3.4. Symulacja działania SD krt.	79.
3.4.1. Model działania SD krt.	79.
3.4.2. Logiczna sieć działania w symulacji SD krt.	82.
3.5. Symulacja działania podsystemu łączności.	86.
3.5.1. Model przekazywania danych.	86.
3.5.2. Logiczna sieć działania w symulacji przekazywania danych.	87.
3.6. Symulacja działania SD brt.	90.
3.6.1. Model działania SD brt.	90.
3.6.2. Logiczna sieć działania w symulacji SD brt.	92.
3.7. Wnioski.	97.
4. METODYKA REALIZACJI OCENY SKUTECZNOŚCI DZIAŁANIA BADANEGO SYSTEMU.	101.
4.1. Określanie jakościowych wskaźników oceny skuteczności badanego systemu.	101.
4.2. Określanie ilościowych wskaźników służących do oceny skuteczności działania badanego systemu metodą symulacji komputerowej.	104.
4.2.1. Algorytm realizacji oceny skuteczności działania badanego systemu na jego KMS.	104.
4.2.2. Metodyka określania wskaźników ilościowych badanego systemu w I etapie ocenowym na jego KMS.	106.
4.2.3. Metodyka określania wskaźników ilościowych badanego systemu w II etapie ocenowym na jego KMS.	112.
4.2.4. Obliczanie syntetycznej oceny skuteczności działania badanego systemu.	120.
4.3. Przykład zastosowania opracowanej metody do oceny skuteczności działania badanego systemu.	123.
4.4. Określanie ilościowych wskaźników służących do oceny badanego systemu w proponowanej metodzie badań na rzeczywistym systemie.	126.
4.4.1. Określanie wskaźników ilościowych na rzeczywistym systemie z symulowanym komputerowo nalotem ŚNP.	126.
4.4.2. Określanie wskaźników ilościowych na rzeczywistym systemie z imitowanym przez własne lotnictwo działaniem ŚNP.	131.
4.5. Wnioski.	133.
ZAKOŃCZENIE.	135.
BIBLIOGRAFIA.	139.
ZAŁĄCZNIKI.	143.

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH SKROTÓW I OZNACZEŃ.

ASO	- aktywny środek obrony powietrznej
AW	- algorytm wtórnego opracowania informacji radiolokacyjnej
AZ	- algorytm zbiorczego opracowania informacji radiolokacyjnej
brt	- batalion radiotechniczny
D	- zbiór danych wejściowych do KMS
D ₁	- strefa zasięgu radiowego
D ₂	- strefa wykrywania RLS dla $\sigma_c = 1 \text{ m}^2$
D ₃	- strefa wykrywania RLS dla danej σ_c
D ₄	- strefa śledzenia tras na SD WRt
dr	- dywizjon raketowy
KMS	- komputerowy model symulacyjny
krt	- kompania radiotechniczna
LM	- lotnictwo myśliwskie
MAW	- moduł automatycznego wykrywania i określania współrzędnych
PORI	- aparatura opracowania informacji radiolokacyjnej dla systemu WEKTOR
PZR	- przeciwlotniczy zestaw raketowy
RPT-11 /10/	- aparatura automatyzacji SD krt
RPT-21/20/	- aparatura automatyzacji SD brt
RLP	- posterunek radiolokacyjny
RLS	- stacji radiolokacyjna
SD	- stanowisko dowodzenia /w WRt OPK rozumiane jako zautomatyzowane SD/
SOP	- system obrony powietrznej
SNP	- środki napadu powietrznego
σ_c	- skuteczna powierzchnia odbicia
TB	- czas bieżący
TC	- czas cyklu symulacji
W	- zbiór danych wyjściowych
WP-01M	- aparatura automatyzacji SD krt
WP-02M	- aparatura automatyzacji SD brt
WR	- wojska raketowe
WRe	- walka elektroniczna
WRt	- wojska radiotechniczne
ZAZ	- źródło aktywnych zakłóceń
ZIP	- źródło pierwotnej informacji radiolokacyjnej na RLP
ZIW	- źródło wtórnej informacji radiolokacyjnej na SD krt
ZIZ	- źródło zbiorczej informacji radiolokacyjnej na SD brt
ZtSD	- zautomatyzowany system dowodzenia

WYKAZ WARSZAWSKICH ZBIORÓW I ODRĘKÓW

1. Zbiory rękopiśmienne	1-10
2. Zbiory druki	11-20
3. Zbiory obrazów	21-30
4. Zbiory map	31-40
5. Zbiory rycin	41-50
6. Zbiory medali	51-60
7. Zbiory monet	61-70
8. Zbiory zegarków	71-80
9. Zbiory zegarów	81-90
10. Zbiory zegarmistrzowskie	91-100
11. Zbiory zegarmistrzowskie	101-110
12. Zbiory zegarmistrzowskie	111-120
13. Zbiory zegarmistrzowskie	121-130
14. Zbiory zegarmistrzowskie	131-140
15. Zbiory zegarmistrzowskie	141-150
16. Zbiory zegarmistrzowskie	151-160
17. Zbiory zegarmistrzowskie	161-170
18. Zbiory zegarmistrzowskie	171-180
19. Zbiory zegarmistrzowskie	181-190
20. Zbiory zegarmistrzowskie	191-200
21. Zbiory zegarmistrzowskie	201-210
22. Zbiory zegarmistrzowskie	211-220
23. Zbiory zegarmistrzowskie	221-230
24. Zbiory zegarmistrzowskie	231-240
25. Zbiory zegarmistrzowskie	241-250
26. Zbiory zegarmistrzowskie	251-260
27. Zbiory zegarmistrzowskie	261-270
28. Zbiory zegarmistrzowskie	271-280
29. Zbiory zegarmistrzowskie	281-290
30. Zbiory zegarmistrzowskie	291-300
31. Zbiory zegarmistrzowskie	301-310
32. Zbiory zegarmistrzowskie	311-320
33. Zbiory zegarmistrzowskie	321-330
34. Zbiory zegarmistrzowskie	331-340
35. Zbiory zegarmistrzowskie	341-350
36. Zbiory zegarmistrzowskie	351-360
37. Zbiory zegarmistrzowskie	361-370
38. Zbiory zegarmistrzowskie	371-380
39. Zbiory zegarmistrzowskie	381-390
40. Zbiory zegarmistrzowskie	391-400
41. Zbiory zegarmistrzowskie	401-410
42. Zbiory zegarmistrzowskie	411-420
43. Zbiory zegarmistrzowskie	421-430
44. Zbiory zegarmistrzowskie	431-440
45. Zbiory zegarmistrzowskie	441-450
46. Zbiory zegarmistrzowskie	451-460
47. Zbiory zegarmistrzowskie	461-470
48. Zbiory zegarmistrzowskie	471-480
49. Zbiory zegarmistrzowskie	481-490
50. Zbiory zegarmistrzowskie	491-500

W S T Ę P

W ostatnich latach obserwuje się dynamiczny rozwój środków napadu powietrznego - ŚNP potencjalnego przeciwnika i sposobów ich wykorzystania na polu walki. System obrony powietrznej - SOP mający zabezpieczyć wydzielone obiekty na terytorium kraju przed uderzeniami ŚNP jest w ciągłym rozwoju. Wyposaża się go w nowoczesne środki ogniowe i środki dowodzenia. Dla zapewnienia optymalnego lub co najmniej racjonalnego wykorzystania możliwości bojowych SOP należy dysponować odpowiednią informacją o ŚNP przeciwnika. Informacja uzyskiwana przede wszystkim ze środków radiolokacyjnych jest zbierana i opracowywana na stanowiskach dowodzenia - SD wojsk radiotechnicznych - WRt OPK wyposażonych w zautomatyzowane systemy dowodzenia - ZtSD.

Temat rozprawy obejmuje ocenę skuteczności działania SD szczebla taktycznego WRt OPK wyposażonego w ZtSD. Zgodnie z tematem rozprawy dokonana będzie ocena skuteczności działania SD kompanii radiotechnicznej - krt i SD batalionu radiotechnicznego - brt. Podstawowym ogniwem w systemie radiolokacyjnego zabezpieczenia działań bojowych aktywnych środków obrony - AŚO WOPK jest brt. Na bazie SD brt organizuje się PłSD, pozwalające w oparciu o informację radiolokacyjną z miejscowej i terenowych krt tego brt kierować działaniami bojowymi AŚO.

Temat rozprawy w kontekście specyfiki i złożoności funkcjonowania SD brt był powodem wielu dyskusji i polemik. Rozpatrując autonomicznie działanie SD brt można przyjąć, że należy uwzględnić jedynie procesy zbioru i opracowania informacji na tym SD oraz dowodzenia podległymi elementami. Ze względu jednak na połączenie w jednym organizmie SD brt z SD miejscowej krt należałoby również rozpatrywać w ramach oceny skuteczności działania bezpośrednie dowodzenie środkami radiolokacyjnymi miejscowej krt i ich działanie, jak również działanie podległych SD terenowych krt wraz z ich środkami radiolokacyjnymi.

W opracowanej rozprawie doktorskiej uwzględniając specyfikę SD brt przyjęto jako przedmiot badań SD brt /zawierające w sobie SD miejscowej krt/, podległe jemu SD krt terenowych wraz z podporządkowanymi im bezpośrednio środkami radiolokacyjnymi i łączności.

Wymienione elementy wraz z występującymi między nimi sprzężeniami /relacjami/ będą rozpatrywane jako system. Określenie badany system obejmuje zautomatyzowane SD brt, podporządkowane jemu zautomatyzowane SD krt, środki radiolokacji i łączności.

Przedmiot badań został rozszerzony z pojedynczego SD na ich organizacyjnie powiązany zespół wraz z podległymi im środkami radiolokacji i łączności. Poszerzenie obszaru badań jest wynikiem systemowego podejścia do rozpatrywanego problemu oraz przeprowadzonej analizy logicznej i wnioskowania. Słuszność takiego podejścia potwierdza fakt, że oceniając skuteczność działania SD brt miarą parametrów wydawanej informacji, należy badać wpływ na te parametry czynników składowych. Czynniki te występują zarówno na SD brt jak i w podległych jemu SD krt terenowych środkach radiolokacyjnych i łączności.

Badany system wyposażony jest w nowoczesne środki automatyzacji, które umożliwiają uzyskanie lepszych jakościowo parametrów wydawanej informacji. Istnieje ogólna prawidłowość, że ze wzrostem poziomu automatyzacji wzrasta skuteczność działania systemu. W związku z dynamicznym rozwojem ŚNP, środków obrony, a przede wszystkim wyposażeniem SD WRt w sprzęt automatyzacji, istnieje obiektywna potrzeba systematycznego prowadzenia badań omawianego systemu w celu określenia skuteczności jego działania oraz wpływu wprowadzanych zmian strukturalno-funkcjonalnych na zwiększenie tej skuteczności.

Celem podjętych badań jest opracowanie metody umożliwiającej ocenę skuteczności działania SD brt wyposażonego w ZłSD wraz z podległymi jemu elementami.

W badaniach zastosowano analizę systemową jako metodę - sposób podejścia /z punktu widzenia założeń badawczych/, jak również metodę - sposób działania /z punktu widzenia metod badawczych/. Jako narzędzie badawcze zastosowano symulację komputerową, która umożliwi wielokrotne odzwierciedlenie procesów zachodzących w badanym systemie oraz określanie wskaźników skuteczności jego działania. Symulacja komputerowa umożliwia również praktyczne realizowanie badań ocenowych dla przyjętych wariantów i założeń teoretycznych.

Opracowana rozprawa składa się z dwóch części - teoretycznej /opisu metody/ i załączników /programów i wydruków badań symulacyjnych/.

Część pierwsza składa się z czterech rozdziałów uzupełnionych załącznikami.

Rozdział pierwszy zawiera uzasadnienie tematu i celu badań, hipotezę roboczą i problemy badawcze oraz metodologiczne podstawy zastosowania analizy systemowej i symulacji komputerowej w ocenie skuteczności działania systemu SD WRT z podległymi elementami.

W rozdziale drugim na podstawie analizy systemu SD WRT sześcioramiennego z podległymi elementami oraz czynników determinujących ich działanie, określono wskaźniki umożliwiające ocenę skuteczności działania tego systemu. Sprecyzowano również podstawowe wymagania do budowy modelu symulacyjnego rozpatrywanego systemu oraz przedstawiono procedurę jego wykorzystania.

Zasadniczą treścią rozdziału trzeciego jest matematyczny model symulacyjny badanego systemu. Rozdział ten zawiera również niezbędny w badaniach model matematyczny torów lotu ŚNP.

Rozdział czwarty zawiera algorytmy oceny skuteczności działania badanego systemu, jak również metodykę wykorzystania tych algorytmów w procesie ocenowym. W rozdziale tym podane są również wnioski z przeprowadzonych badań symulacyjnych oraz propozycja metodyki realizacji oceny rzeczywistego SD WRT z podległymi elementami.

Druga część rozprawy zawiera:

- strukturę i opis programów wchodzących w skład symulacyjnej metody oceny badanego systemu,
- dane wejściowe dla przykładu zastosowania opracowanej metody do oceny skuteczności działania założonego wariantu badanego systemu,
- postać źródłową programów wchodzących w skład symulacyjnej metody oceny skuteczności działania badanego systemu,
- instrukcje uruchamiania programów.

Problematyka poruszona w rozprawie jest bardzo obszerna i złożona, autor na pewno nie ustrzegł się pewnych niedopracowań i niedomówień, za co z góry wszystkich oceniających i korzystających z rozprawy przeprasza.

Autor pragnie podziękować Komendzie WOSR za stworzenie dogodnych warunków dla realizacji rozprawy, promotorowi płk prof. dr hab. inż. Romanowi Kulczykiemu za życzliwy stosunek i ukierunkowanie w procesie badań.

Jestem wdzięczny Komendzie Wydziału Wojsk Lotniczych i OPK ASG WP za przyjęcie tematu rozprawy, a moim przełożonym i kolegom z WOSR, za pomoc i wyrozumiałość. Serdecznie dziękuję płk doc. dr hab. Eugeniuszowi Zabłockiemu za cenne uwagi, płk dr hab. inż. Janowi Jagielskiemu i ppłk dr inż. Markowi Tołkaczowi za twórczą krytykę i cenne wskazówki, które przyczyniły się do nadania ostatecznego kształtu niniejszej rozprawie.

1. SFORMUŁOWANIE PROBLEMU I METODA JEGO ROZWIĄZANIA.

/Geneza problemu, hipoteza robocza i problemy badawcze, sformułowanie zasad oceny skuteczności systemu, adaptacja analizy systemowej do oceny skuteczności działania systemu SD WRT oraz opis zastosowania symulacji komputerowej do oceny skuteczności działania badanego systemu/.

1.1. GENEZA PROBLEMU.

Środki radiolokacyjnego rozpoznania i opracowania informacji radiolokacyjnej stanowią jeden z ważniejszych elementów SOP. Rola jego rośnie zwłaszcza w warunkach wyposażenia SOP w nowoczesne środki walki oraz zmianach w jakości i działaniu ŚNP przeciwnika.

Na współczesnym polu walki zdobywanie informacji o ŚNP przeciwnika będzie utrudnione ze względu na jego celową działalność zmierzającą do maskowania swoich działań. Efekt ten nieprzyjaciel może uzyskać poprzez zastosowanie nowych technologii /technologia Stealth/, stosowanie zakłóceń radioelektronicznych lub odpowiedniej taktyki działania. Ze względu na dużą siłę niszczenia, jaką dysponują ŚNP przeciwnika, istotnym problemem jest zdobywanie informacji o przeciwniku powietrznym na możliwie najdalszych odległościach przy zapewnianiu dużej jej wiarygodności.

Systemu radiolokacyjnego zdobywania i opracowywania informacji o przeciwniku powietrznym nie można rozpatrywać w sposób autonomiczny. Rozpatrywany system, jego organizacja, struktura i działanie musi być rozpatrywany na tle obrony powietrznej z uwzględnieniem powiązań i uwarunkowań. System ten charakteryzuje się określoną skutecznością. Wskaźniki skuteczności oceniają go z punktu widzenia potencjału, działania oraz wymogów zabezpieczanych systemów. Dla sprostania współczesnym wymaganiom rozpatrywany system wyposażony jest w nowoczesne środki techniczne. Są to przede wszystkim coraz doskonalsze urządzenia radiolokacyjne i zautomatyzowane systemy dowodzenia, zbioru i opracowania informacji radiolokacyjnej.

Aby określić, jaka jest skuteczność działania rozpatrywanego systemu oraz jakich zmian należy dokonać w istniejącym systemie aby zabezpieczyć racjonalne wykorzystanie AŚO SOP, istnieje obiektywna konieczność prowadzenia badań naukowych tego systemu. Badania na rzeczywistym systemie mają szereg ograniczeń, wskutek których otrzymane wyniki nie odzwierciedlają w pełni możliwej jego skuteczności działania. Z tego względu konieczne jest zastąpienie systemu rzeczywistego, a także rzeczywistych działań ŚNP przeciwnika ich przybliżonym obrazem - modelem oraz prowadzenie badań naukowych w oparciu o opracowany model.

Dotychczas podejmowane były przez różnych badaczy próby zastosowania symulacji komputerowej do oceny pola radiolokacyjnego i radiolokacyjnego zabezpieczenia AŚO WOPK.

Problem zastosowania niektórych metod badań operacyjnych do oceny pola radiolokacyjnego w BRT KOPK przedstawiono w rozprawie doktorskiej S. Antczaka [3]. Rozpatrywana problematyka nie uwzględniała działania zautomatyzowanych systemów zbioru i opracowania informacji jak również cech wiarygodnościowych informacji radiolokacyjnej.

M. Tołkacz w swojej rozprawie doktorskiej [58] zajmował się badaniem wpływu zakłóceń radioelektronicznych na rozpoznanie radiolokacyjne. Zajmując się ilościową oceną wpływu zakłóceń na system rozpoznania radiolokacyjnego w sposób zamierzony nie uwzględnił działania ZtSD, które to realizują śledzenie i opracowanie informacji o nosicielach zakłóceń. Nie badał również parametrów wiarygodnościowych informacji w dynamice działania ŚNP.

W swoich pracach S. Burak [8] oraz A. Gębala [14] zajmowali się niektórymi metodami opracowania informacji w ZtSD. W badaniach mających na celu rekomendację określonych metod opracowania informacji nie uwzględniali podejścia systemowego tzn. uwarunkowań wewnętrznych i zewnętrznych.

W rozprawie habilitacyjnej E. Zabłocki i S. Antczak [63] zajmując się bardzo rozległą i złożoną problematyką rozpatrywali tylko podsystem rozpoznania radiolokacyjnego. W sposób zamierzony nie uwzględniali oni zautomatyzowanych SD, na których to realizowane jest dalsze opracowanie informacji radiolokacyjnej mające wpływ na efektywność zabezpieczenia AŚO.

Oczywiście, nie sposób wymienić wszystkich prac związanych z podjętym problemem badawczym. Z krótkiego przeglądu widać jednak, że w badaniach rozpatrywano jedynie podsystem rozpoznania radiolokacyjnego, pomijając działanie zautomatyzowanych SD lub co najwyżej wykorzystując niektóre wskaźniki możliwe do uzyskania w tym systemie [22, 28].

Nie badano problemów skuteczności zabezpieczenia radiolokacyjnego AŚO w dynamice działania ŚNP przeciwnika z uwzględnieniem wszystkich czynników charakteryzujących działanie zautomatyzowanych systemów radiolokacyjnych.

W procesach ocenowych wykorzystywano różne wskaźniki, nie wykorzystywano w ocenie pełnego ich zestawu, stąd też próby rozwiązania problemu oceny skuteczności działania nie dawały zadowalających rezultatów dla wszystkich zainteresowanych.

Trzeba również zaznaczyć, że praktycznie w wojskach, mimo występującej ogromnej już bazy informatycznej, podstawowym stosowanym sposobem w analizie możliwości radiolokacyjnego zabezpieczenia AŚO jest metoda analityczno-graficzna. Próby wykorzystania OPI sprowadzają się do statycznej analizy pola radiolokacyjnego.

Istnieje zatem potrzeba prowadzenia badań, których przedmiotem będzie system zdobywania i opracowywania informacji radiolokacyjnej na szczeblu taktycznym WRt OPK, w dynamice działania ŚNP przeciwnika i konkretnych uwarunkowaniach systemowych.

Autor w rozprawie doktorskiej podjął próbę rozwiązania problemu oceny skuteczności działania tego systemu.

1.2. HIPOTEZY ROBOCZE, PROBLEMY BADAWCZE.

Obiekt badań jest złożonym systemem wymagającym prowadzenia badań w dynamice i w ścisłym powiązaniu z działaniami ŚNP przeciwnika oraz innymi współdziałającymi systemami OPK. Ciągły rozwój tych systemów wymaga ponawiania badań skuteczności działania rozpatrywanego systemu z zastosowaniem nowoczesnych metod badawczych, w tym analizy systemowej i symulacji komputerowej. Metody te stosowane są już w badaniach wojsk OPK. W WRt OPK ograniczają się one jak dotąd do podsystemu radiolokacyjnego, nie uwzględniając dalszych złożonych etapów, procesów i aspektów opracowania informacji radiolokacyjnej na zautomatyzowanych SD.

W analizie systemowej, jako złożonej metodologii badań, definiuje się badany obiekt, znając jego strukturę wewnętrzną rozkłada się go na podsystemy i realizuje ich badanie.

Zastosowanie analizy systemowej wymaga badania rozpatrywanego systemu w ścisłym powiązaniu z ŚNP przeciwnika oraz zabezpieczanymi AŚO, bowiem istnienie systemu SD WRt z podległymi elementami ma sens wówczas, gdy istnieje przeciwnik powietrzny i zabezpieczane AŚO.

Procesy zachodzące wewnątrz jednego z tych systemów warunkują oddziaływanie zewnętrzne i funkcjonowanie pozostałych systemów. Dla określenia wzajemnego oddziaływania tych systemów niezbędnym jest zbadanie ich struktur wewnętrznych, czynników determinujących ich stan oraz relacji i zależności zachodzących między nimi.

W oparciu o przedstawione rozważania przyjęto hipotezę, że metoda która pozwoli ocenić skuteczność działania stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego WRt OPK wyposażonego w zautomatyzowane systemy dowodzenia w dynamice i w danym otoczeniu systemowym jest analiza systemowa z wykorzystaniem symulacji komputerowej.

W celu osiągnięcia założonego celu badawczego i zweryfikowania przyjętej hipotezy rozwiązano następujące problemy i zadania badawcze.

1. Opracowano koncepcję zastosowania analizy systemowej i symulacji komputerowej w badaniach rozpatrywanego systemu.
2. Scharakteryzowano badany system, określono jego cechy, rozpatrzone otoczenie systemowe i przyjęto grupę wskaźników umożliwiającą dokonanie oceny skuteczności działania badanego systemu.
3. Opracowano założenia do budowy modelu badanego systemu.
4. Opracowano matematyczny, dynamiczny model badanego systemu.
5. Opracowano algorytmy oceny skuteczności działania badanego systemu.
6. Określono metodykę wykorzystania opracowanej metody.

Rozwiązanie powyższych problemów umożliwiło opracowanie metody oceny skuteczności działania zautomatyzowanego SD szczebla taktycznego WRt z podległymi elementami. Metoda ta może być wykorzystana w:

1. Procesie naukowo-badawczym /jako narzędzie badawcze/ dla określania:
 - skuteczności działania wariantu rozpatrywanego systemu w danym otoczeniu systemowym,
 - wpływu elementów rozpatrywanego systemu oraz jego otoczenia na skuteczność działania.
2. Procesie dydaktycznym w szkoleniu słuchaczy WOSR, oficerów sztabu i obsług zautomatyzowanych SD WRt. Pozwoli ona na wskazywanie wpływu poszczególnych czynników w rozpatrywanym systemie na skuteczność jego działania. Umożliwi więc uczenie wyciągania właściwych wniosków odnośnie kierunków doskonalenia skuteczności działania tego systemu.

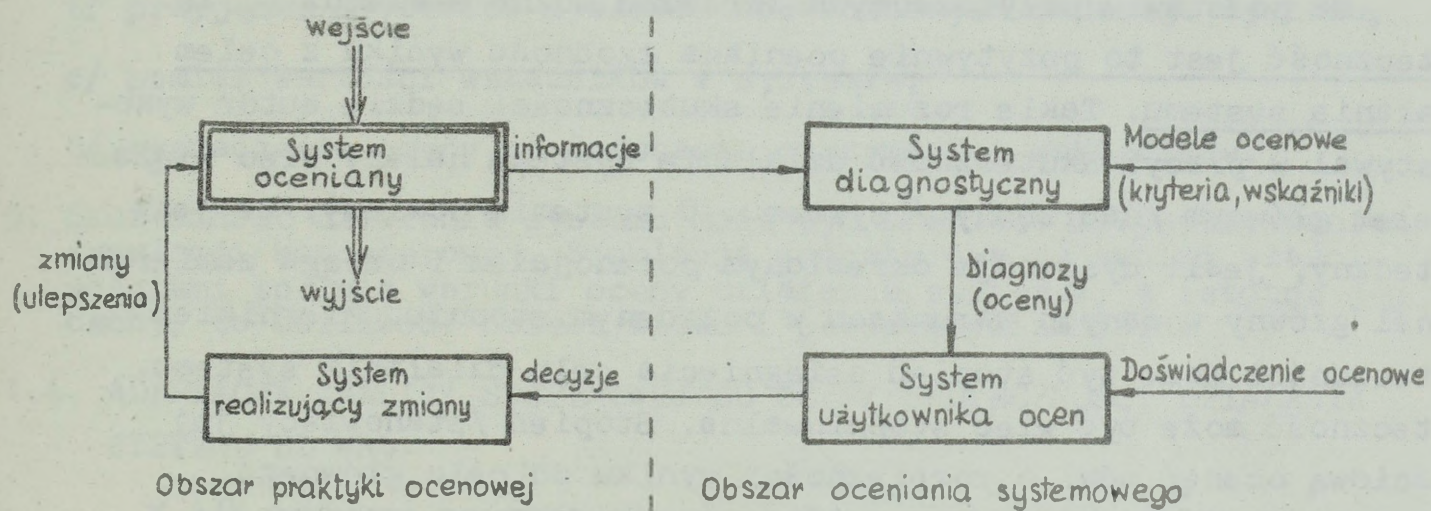
W dalszej perspektywie przewiduje się wykonanie układów sprzęgających komputer z rzeczywistym systemem.

Wykorzystując niektóre moduły opracowanego modelu i przedstawioną w ostatnim rozdziale metodykę przewiduje się możliwość badania systemu rzeczywistego.

Analiza systemowa z zastosowaniem symulacji komputerowej umożliwia pełną, wielopłaszczyznową ocenę skuteczności działania badanego systemu poprzez uwzględnienie otoczenia systemowego oraz rozpatrzenie wielu wariantów badanego systemu, działania ŚNP przeciwnika i aktywnych środków obrony.

1.3. OGÓLNE ZASADY OCENY SKUTECZNOŚCI SYSTEMÓW.

Obiekt badań traktowany będzie jako system, możliwe i celowe jest więc wykorzystanie do jego oceny teorii oceny systemów. Sytuację ocenową z wykorzystaniem analizy systemowej^x i podejścia prakseologicznego [27] przedstawia rys. 1.1.



Rys. 1.1. Sytuacja ocenowa systemu.

System diagnostyczny dokonuje pomiaru cech diagnostycznych systemu oraz formułuje oceny. Składa się on z podsystemów: pomiarowego i kształtowania ocen.

Dla realizacji oceny należy dysponować informacjami z ocenianego systemu /danymi o jego stanach/ oraz podstawą oceny, czyli kryteriami postulującymi pożądane stany systemu. Ocenianie systemu - OS jest relacją między podmiotem oceny - PO, przedmiotem ocenianym - PRO, kryteriami oceny KO i ocenami OC.

$$OS \Leftarrow PO \times PRO \times KO \times OC$$

Oceną systemu nazywa się wypowiedź wartościującą podmiotu oceniającego, wyrażającą stan ocenianego systemu w sensie przyjętego kryterium sformułowaną na podstawie określonych wartości wskaźników [56]

x Analiza systemowa nie służy poznaniu lecz zmianie [55].

W literaturze [7, 56] podane są następujące kryteria oceny systemów: operacyjne, ekonomiczne, informacyjne, techniczne, eksploatacyjne. Temat pracy ujmujący skuteczność działania badanego systemu ukierunkowuje wybór kryteriów, skuteczność nie jest bowiem zasadniczym kryterium w grupie kryteriów operacyjnych.

Skuteczność działania według "Słownika języka polskiego" PWN to stan, w którym występuje zgodność otrzymanych wyników z oczekiwanymi, pożądanymi. T. Kotarbiński w "Traktacie o dobrej robocie" działaniem skutecznym nazywa takie działanie, które prowadzi do skutku zamierzonego jako celu. W podejściu praksologicznym T. Pszczołowski określa skuteczność działania jako dodatnią cechę działań dających jakiś oceniany wynik bez względu na to, czy był on zamierzony, czy nie. P. Sienkiewicz [56] charakteryzuje skuteczność działania jako zdolność systemu do działania prowadzącego do skutku zamierzonego, jako celu końcowego danego działania.

Na podstawie przytoczonych określeń można stwierdzić, że skuteczność jest to pozytywnie oceniana zgodność wyniku z celem działania systemu. Takie rozumienie skuteczności będzie autor wykorzystywał w pracy. Skuteczność działania systemu należy więc wiązać z celem głównym /nadrzędnym/ systemu. O systemie powiemy, że jest skuteczny, jeśli dysponuje określonym potencjałem i osiąga zamierzony cel główny w danych warunkach w pożądanym stopniu. Miernikiem skuteczności może być stopień osiągnięcia celu działania systemu. Skuteczność może być więc stopniowalna. Stopień /stanowiący jej ilościową ocenę/ mówi o rozbieżności wyniku od celu głównego. Stopień skuteczności wyrazić można odpowiednimi wskaźnikami. Ponieważ skuteczność systemu wynika z jego potencjału i funkcjonowania, więc wskaźniki oceny skuteczności winny uwzględniać obie te wielkości. Wskaźnik oceny w sensie danego kryterium wyraża wartość /względną lub oewzględną/ pewnej łącznej cechy badanego systemu zależnej od N jego cech.

W literaturze przedmiotu [25, 27, 61] podaje się następujące wymogi dla wskaźników skuteczności działania systemu: wrażliwość na zmiany istotnych parametrów dla danego systemu, zgodność z celem działania systemu, łatwość pomiaru i obliczeń, jasność interpretacji, uwzględnienie stochastyczności w badanym systemie, zgodność ze wskaźnikami działania systemu nadrzędnego.

Na podstawie przeprowadzonych rozważań można sformułować wnioski dla realizacji oceny badanego systemu.

1. Zgodnie z tematem pracy dla oceny badanego systemu należy wykorzystać kryterium skuteczności, według którego skuteczność opisana jest funkcją

$$f : Wc \times W_R \rightarrow Of$$

gdzie: Wc - zbiór celów działania /stanów oczekiwanych/,
 W_R - zbiór rezultatów działania /stanów osiągniętych/,
 Of - zbiór ocen /wskaźników skuteczności/.

2. Wskaźniki skuteczności działania badanego systemu winny uwzględniać potencjał systemu oraz jego funkcjonowanie w usytuowaniu systemowym. Można to zrealizować za pomocą dwóch grup wskaźników. Pierwsza grupa oceniająca potencjał systemu, druga jego funkcjonowanie.
3. W procesie oceniania należy liczyć się z możliwością wystąpienia konfliktów i błędów ocenowych. Dla uniknięcia konfliktów należy zapewnić terminowość i pełność oceny. Błędy ocenowe mogą być spowodowane błędami pomiarowymi /błędy informacyjne/ lub błędami metodologicznymi /błędna identyfikacja badanego systemu lub błędne określenie wskaźników/.
4. Poprawne sformułowanie problemu ocenowego badanego systemu winno obejmować następujące fazy:
 - a/ analiza ocenianego systemu,
 - b/ przyjęcie kryteriów i wskaźników ocenowych badanego systemu,
 - c/ pomiar wartości wskaźników w systemie,
 - d/ wyznaczenie oceny na podstawie otrzymanych wskaźników.
5. Skuteczność działania systemu może być oceniana z wykorzystaniem symulacji komputerowej. Symulacja komputerowa ze swoimi właściwościami spełnia warunki oceny działania systemów, a istotne jej cechy, to możliwość obiektywizmu i perspektywizm ocen.

1.4. ADAPTACJA ANALIZY SYSTEMOWEJ DO OCENY SKUTECZNOŚCI DZIAŁANIA SYSTEMU SD WRT.

W literaturze spotyka się dość dużą różnorodność określeń, pojęć i definicji związanych z analizą systemową. Próbę usystematyzowania tej różnorodności w zastosowaniach wojskowych podjął P. Sienkiewicz [55]. Zastosowanie analizy systemowej w badaniach wymaga podania przyjętych przez autora określeń i definicji. Przyjęto definicję [55], według której "analiza systemowa jest zbiorem metod i technik analitycznych, służących racjonalnemu formułowaniu i rozwiązywaniu systemowych sytuacji decyzyjnych, czyli charakteryzujących się występowaniem cech jakościowych i ilościowych". Celem analizy systemowej jest zmiana w realnym systemie, istotą zaś rozpatrywanie obiektu analizy jako systemu o określonym składzie i strukturze, istniejącym w złożonym, dynamicznym otoczeniu.

Analiza systemowa wymaga rozpatrywania przedmiotu badań jako systemu. System jest to złożony obiekt wyróżniony z badanej rzeczywistości, stanowiący całość tworzoną przez zbiór elementów elementarnych - E - i powiązań /relacji/ - R - między nimi, co można zapisać w postaci dwójki uporządkowanej $\langle E, R \rangle$. Istotną właściwością systemu jest to, że na odpowiednim poziomie hierarchicznym może on być rozpatrywany jako podsystem, a jego elementy uznawane jako podsystemy za systemy na niższym poziomie hierarchicznym. Powyższy zapis systemu reprezentował jego statykę. Dynamiczny model systemu można zapisać w postaci piątki uporządkowanej

$$\langle E, R, S, T, Z \rangle$$

gdzie: E, R - jak w systemie statycznym,
S - przestrzeń stanów dopuszczalnych S_{ij} elementów systemu / S_{ij} - stan j elementu i/,
T - zbiór chwil czasowych,
Z - zbiór zdarzeń zachodzących w systemie w poszczególnych chwilach czasowych, które zmieniają stan systemu.

W podejściu systemowym można wyróżnić następujące cechy poznawczego i praktycznego działania [54] :

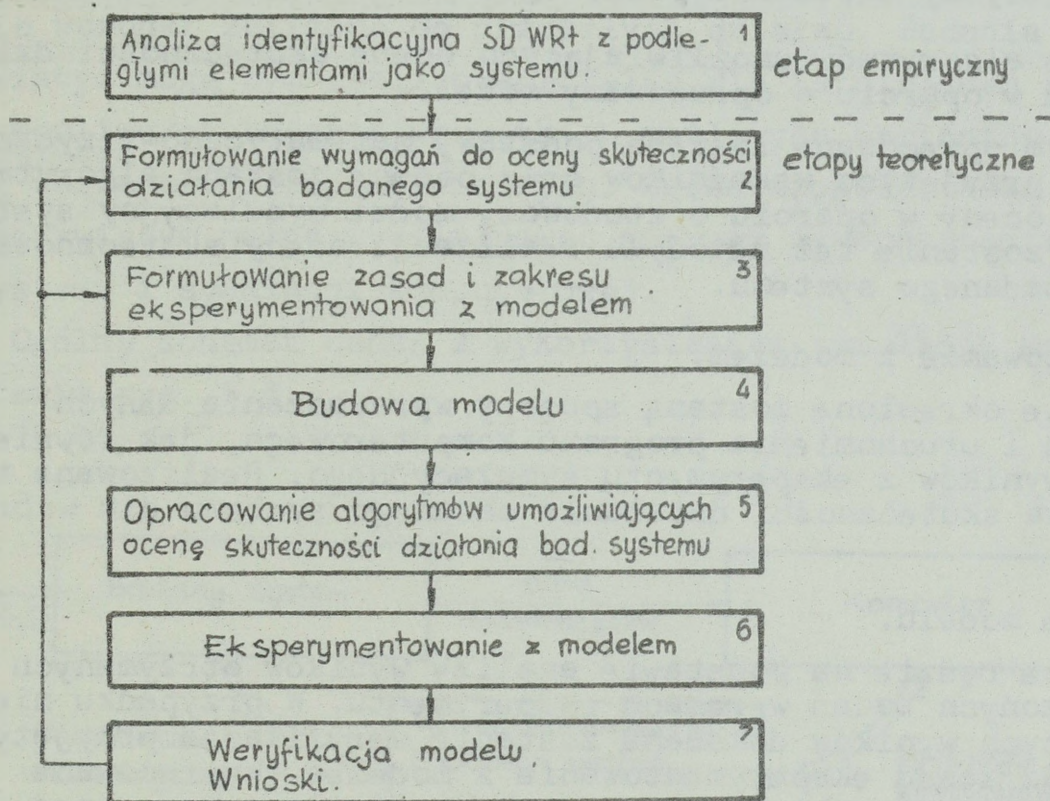
- traktowanie badanego obiektu jako systemu,
- traktowanie badanego systemu jako elementu należącego do systemu wyższego rzędu /nadsystemu/,
- traktowanie badanego systemu jako obiektu złożonego z wzajemnie powiązanych ze sobą elementów /podsystemów/,
- posługiwanie się modelem systemu przedstawionym w określonym języku modelowania i wyrażającym określony aspekt badań,
- racjonalne optymalizowanie systemu metodami matematycznymi i informatycznymi.

Z punktu widzenia celu badań, jak i podanych cech, za wyborem analizy systemowej jako metody badawczej dla rozpatrywanego systemu przemawiają następujące aspekty:

- badany system składa się z określonych dających się wyodrębnić elementów,
- badany system jest jednym z elementów SOP,
- badany system charakteryzuje się odpowiednimi relacjami wewnętrznymi i zewnętrznymi,
- badanie rozpatrywanego systemu, jego skuteczności działania powinno się prowadzić na modelach, ponieważ nie ma możliwości w zasadzie uwzględnić wszystkich jego uwarunkowań wewnętrznych i zewnętrznych w praktycznej rzeczywistości w czasie szkoleń i ćwiczeń.

Rozpatrywany obiekt badań jest więc systemem. Można do jego badań wykorzystać podejście systemowe, które rzutować będzie na sposób formułowania zadań, ich rozwiązanie i organizację procesu badawczego.

Biorąc pod uwagę cel badań oraz wnioski z ogólnych zasad oceny systemów, przyjęto następujące etapy oceny skuteczności działania systemu SD WRT z podległymi elementami z zastosowaniem analizy systemowej - rys. 1.2.



Rys. 1.2. Procedura wykorzystania analizy systemowej w ocenie skuteczności działania badanego systemu.

1., Analiza identyfikacyjna SD WRT z podległymi elementami jako systemu.

W tym empirycznym etapie badań dokonane będzie umiejscowienie badanego systemu w otoczeniu. Realizowany będzie zbiór informacji o systemie z dokumentów bojowych, instrukcji i dotychczasowego dorobku naukowego. Dane te będą podstawą do sformułowania istotnych cech systemu, jego powiązania z otoczeniem i będą stanowiły punkt wyjścia dla prowadzenia dalszych badań.

2. Sformułowanie wymagań do oceny skuteczności działania badanego systemu.

W tym etapie określony będzie cel działania systemu, zasady funkcjonowania, struktura oraz podstawowe relacje wewnętrzne i zewnętrzne badanego systemu. Scharakteryzowane będzie działanie otoczenia bliższego rozpatrywanego systemu oraz dokonana jego formalizacja. Dla nakazanego kryterium przyjęte będą wskaźniki skuteczności działania będące podstawą oceny wariantów badanego systemu i doskonalenia jego działania. Określone zostaną również podstawowe wymagania, jakie powinien spełniać budowany model.

3. Sprecyzowanie zasad i zakresu eksperymentowania z modelem.

Etap ten obejmował będzie sformułowanie ogólnej postaci kolejności oraz sposobów postępowania w procesie prowadzenia badań z modelem mających na celu określenie wskaźników skuteczności działania. Określony zostanie również sposób przedstawienia wyznaczonych wskaźników skuteczności działania użytkownikowi.

4. Zbudowanie modelu badanego systemu.

Etap ten obejmował będzie opracowanie matematycznego modelu badanego systemu i jego otoczenia bliższego, biorąc za podstawę cel badań i przeprowadzoną analizę identyfikacyjną. Podane zostaną również algorytmy działania poszczególnych modułów modelu.

5. Opracowanie algorytmów umożliwiających ocenę skuteczności działania systemu w oparciu o opracowany model.

W etapie tym opracowane zostaną podstawy matematyczno-fizyczne określania przyjętych wskaźników oraz podane zostaną algorytmy realizacji oceny w oparciu o zbudowany model symulacyjny systemu. Opracowana zostanie też metodyka realizacji oceny skuteczności działania badanego systemu.

6. Eksperymentowanie z modelem.

W tym etapie określone zostaną sposoby wprowadzania danych wejściowych i uruchomienia programu komputerowego, jak również zliczania wyników z eksperymentu symulacyjnego. Realizowana też będzie ocena skuteczności działania badanego systemu dla wybranego przykładu.

7. Weryfikacja modelu.

Zrealizowana będzie na podstawie analizy wyników otrzymanych z przeprowadzonych badań w ramach eksperymentu. W przypadku niezadowolających wyników dokonana zostanie weryfikacja przyjętych założeń oraz zasad eksperymentowania z modelem. Wypracowane zostaną również wnioski dotyczące wykorzystania opracowanej metody i kierunki dalszych badań.

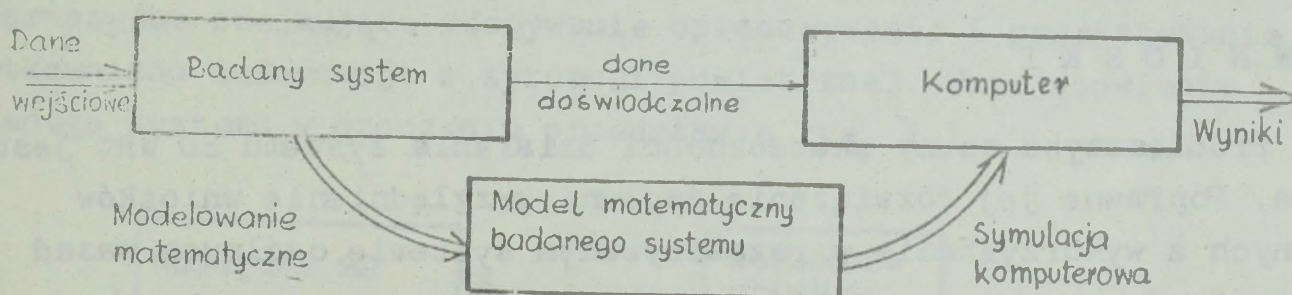
Zasadniczym narzędziem badań systemowych jest modelowanie. Modelowanie oznacza reprezentację badanego obiektu w postaci innej niż ta, w jakiej występuje on w rzeczywistości. Ogólnym celem modelowania rozpatrywanego systemu jest ocena jego skuteczności działania oraz określenie wpływu poszczególnych jego czynników, jak i czynników z otoczenia systemowego na tą skuteczność. Model jest odwzorowaniem obiektu w określonym języku modelowania dla określonych celów poznawczych lub prognostycznych. Jest on obrazem rzeczywistości, nie zawsze więc będzie zawierał wszystkie cechy rozpatrywanego obiektu. Dla zapewnienia adekwatności modelu do rzeczywistości winien on jednak zawierać istotne cechy modelowanej rzeczywistości z punktu widzenia celu badań.

Metodą umożliwiającą prowadzenie badań z wykorzystaniem modelu badanego systemu zgodnie z założonym celem jest symulacja komputerowa.

1.5. OGÓLNY OPIS ZASTOSOWANIA SYMULACJI KOMPUTEROWEJ DO OCENY SKUTECZNOŚCI DZIAŁANIA SYSTEMU SD WRT.

Oceniany system jest w rzeczywistości dostępny do badań. Skuteczność działania tego systemu jako elementu systemu walki z przeciwnikiem powietrznym może być określana tylko w warunkach oddziaływania tego przeciwnika. W czasie pokoju przeciwnika powietrznego można imitować przez własne ŚNP. Imitowany nalot z różnych względów /ekonomicznych, bezpieczeństwa, przestrzemych itp./ stwarza zaledwie warunki zbliżone do przyszłych działań. Badania na systemie rzeczywistym mogą być realizowane tylko dla istniejącej struktury. Nie ma możliwości badania wszystkich możliwych wariantów systemu, w tym i wariantów perspektywicznych. Ograniczoność badań na systemie rzeczywistym można wyeliminować poprzez wykorzystanie modelu tego systemu i symulacji komputerowej.

Ogólny schemat badań z wykorzystaniem symulacji komputerowej przedstawia rys. 1.3.



Rys. 1.3. Schemat badań systemu z wykorzystaniem symulacji komputerowej.

W wyniku modelowania rzeczywisty oceniany system zostaje przedstawiony w postaci modelu matematycznego, opisującego w sposób symboliczny ilościowe i jakościowe związki między elementami i cechami systemu [24]. Model matematyczny odzwierciedlać powinien istotne z punktu widzenia celu badań elementy i cechy badanego systemu, jak również wymagane elementy i cechy otoczenia systemowego.

System SD WRT z podległymi elementami stanowią zespoły ludzkie i środki techniczne, w tym informatyczne. Działanie urządzeń technicznych /w tym i zjawisk, które one wykorzystują/ i obsług nie jest w pełni zdeterminowane. Model rozpatrywanego systemu winien więc być modelem stochastycznym. Opracowany model matematyczny należy przekształcić w model symulacyjny, tzn. taką jego postać, która umożliwi symulację. Symulacja jest to wykorzystanie modelu do wygenerowania jego historii stanów [11]. Symulacja na komputerze wymaga

przekształcenia modelu matematycznego w program symulacyjny.

Symulacja komputerowa na podstawie programu symulacyjnego umożliwia generację historii stanów modelu. Otrzymana historia stanów modelu odzwierciedla historię stanów modelowanego systemu. Analiza systemowa, a w niej jako narzędzie badawcze, symulacja komputerowa będzie wykorzystana do oceny skuteczności działania rozpatrywanego systemu.

Wykorzystanie symulacji komputerowej w ocenie skuteczności działania systemu SD z podległymi elementami polegać będzie na imitacji charakterystycznych zjawisk zachodzących w systemie z zachowaniem ich kolejności w czasie oraz na zbieraniu informacji statystycznej opisującej historię stanów systemu.

Informacja uzyskana z eksperymentu symulacyjnego wyprowadzona winna być w dogodnej postaci dla analizy zachowania się systemu. Symulacja komputerowa pozwala na przeprowadzenie wielu prób dla różnych danych wejściowych /składu systemu, jego parametrów itp./. Przewidywany program badań z wykorzystaniem komputerowego modelu symulacyjnego umożliwi, zdaniem autora, ocenę skuteczności działania badanego systemu w dynamice, a więc osiągnięcie celu pracy.

1.6. W N I O S K I

Problematyka oceny skuteczności działania systemu SD WRT jest złożona. Poprawne jej rozwiązanie zapewni uwzględnienie wniosków uzyskanych z wykorzystania w rozpatrywanym systemie ogólnych zasad oceny systemów.

Wykorzystanie analizy systemowej umożliwi realizację oceny skuteczności działania badanego systemu kompleksowo, jako systemu z uwzględnieniem wymogów i wpływu otoczenia systemowego. Zastosowanie analizy systemowej do oceny skuteczności badanego systemu winno być realizowane zgodnie z opracowaną procedurą.

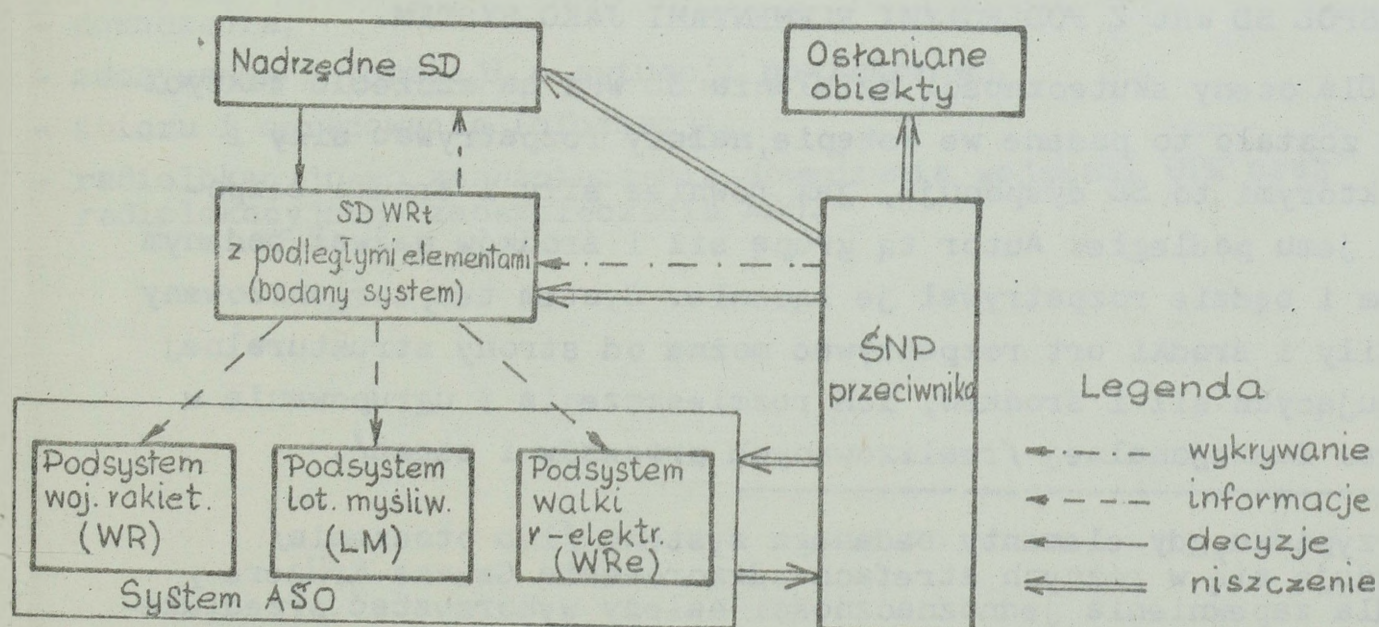
Jako narzędzie badań ocenowych rozpatrywanego systemu wskazanym jest wykorzystać symulację komputerową. Dla zastosowania tego narzędzia należy dysponować programem symulacyjnym opracowanym na podstawie matematycznego modelu ocenianego systemu. Symulacja komputerowa umożliwi ocenę skuteczności działania systemu SD WRT z podległymi jemu elementami w dynamice z możliwością eksperymentowania.

2. ZESPÓŁ SD WRT SZCZEBŁA TAKTYCZNEGO Z PODLEGLYMI ELEMENTAMI JAKO SYSTEM I JEGO OTOCZENIE SYSTEMOWE.

/Umiejscowienie badanego systemu SD WRT z podleglymi elementami w otoczeniu systemowym, analiza strukturalna i funkcjonalna elementow badanego systemu, formalizacja otoczenia systemowego, przyjecie wskaźnikow skutecznosci badanego systemu, zalozenia budowy modelu badanego systemu i procedury jego wykorzystania/.

2.1. MIEJSCE SD WRT Z PODLEGLYMI ELEMENTAMI W OTOCZENIU SYSTEMOWYM.

SD WRT z podleglymi elementami wchodzi w sklad obrony powietrznej - OP. W ramach nadsystemu OP realizuje ono zadania informacyjne obejmujace zdobywanie opracowywanie i przekazywanie uzytkownikom informacji o sytuacji powietrznej. Umiejscowienie badanego systemu w otoczeniu przedstawia rys. 2.1.



Rys. 2.1. Otoczenie badanego systemu.

System ten realizuje swoje zadania w danym obszarze i określonym otoczeniu systemowym. Obszar działania $F/X, Y, H/$ z punktem odniesienia X_g, Y_g, H_g określony jest w trójwymiarowej przestrzeni Kartezjańskiej. Punkt odniesienia może być ustalony w środku danej strefy odwzorowania Gaussa-Krügera lub w miejscu znajdowania się np. zasadniczego elementu badanego systemu^x.

W określonych współrzędnych X_a, Y_a, H_a podobszarach $F_a /X, Y, H/;$ $a = 1, \dots, A$ rozmieszczone są elementy tworzące system walki z przeciwnikiem powietrznym. Elementami tego systemu są:

$$Q = \{ Ni, Ok, Gw, Bc \}$$

gdzie: Ni - elementy zbioru N SNP przeciwnika,
Ok - elementy zbioru O osłanianych obiektów,
Gw - elementy zbioru G aktywnych środków obrony,
Bc - elementy zbioru B SD WRT z podległymi środkami radiolokacji i łączności stanowiące badany system.

W otoczeniu badanego systemu występują zabezpieczone ASO, SNP przeciwnika, osłaniane obiekty oraz nadrzędne SD.

W ujęciu systemowym dla określenia skuteczności działania badanego systemu należy dokonać analizy tego systemu oraz jego otoczenia systemowego. Wymagany jest jednak różny stopień szczegółowości ich rozpatrywania. Badany system winien być poddany dogłębnej analizie, otoczenie zaś analizie ogólnej w sensie powiązań /relacji/, możliwości i wymogów.

2.2. ZESPÓŁ SD WRT Z PODLEGŁYMI ELEMENTAMI JAKO SYSTEM.

Dla oceny skuteczności działania SD WRT na szczeblu taktycznym, jak zostało to podane we wstępie, należy rozpatrywać siły i środki którymi to SD dysponuje, jak również siły i środki bezpośrednio jemu podległe. Autor tą grupę sił i środków nazwał badanym systemem i będzie rozpatrywał je łącznie. System ten, zorganizowany przez siły i środki ort rozpatrywać można od strony strukturalnej /występujących sił i środków, ich rozmieszczenia i ugrupowania w SOP/ oraz funkcjonalnej /realizowanych procesów i zadań/.

x W przypadku, gdy elementy badanego systemu /lub otoczenia/ znajdują się w różnych strefach odwzorowania Gaussa-Krügera, to dla zapewnienia jednoznaczności należy wykorzystać przedłużenie osi z jednej ze stref, lub przeliczać współrzędne z jednej strefy w drugą np. według zasad opracowanych przez K. Dymka i S. Buraka w WITU.

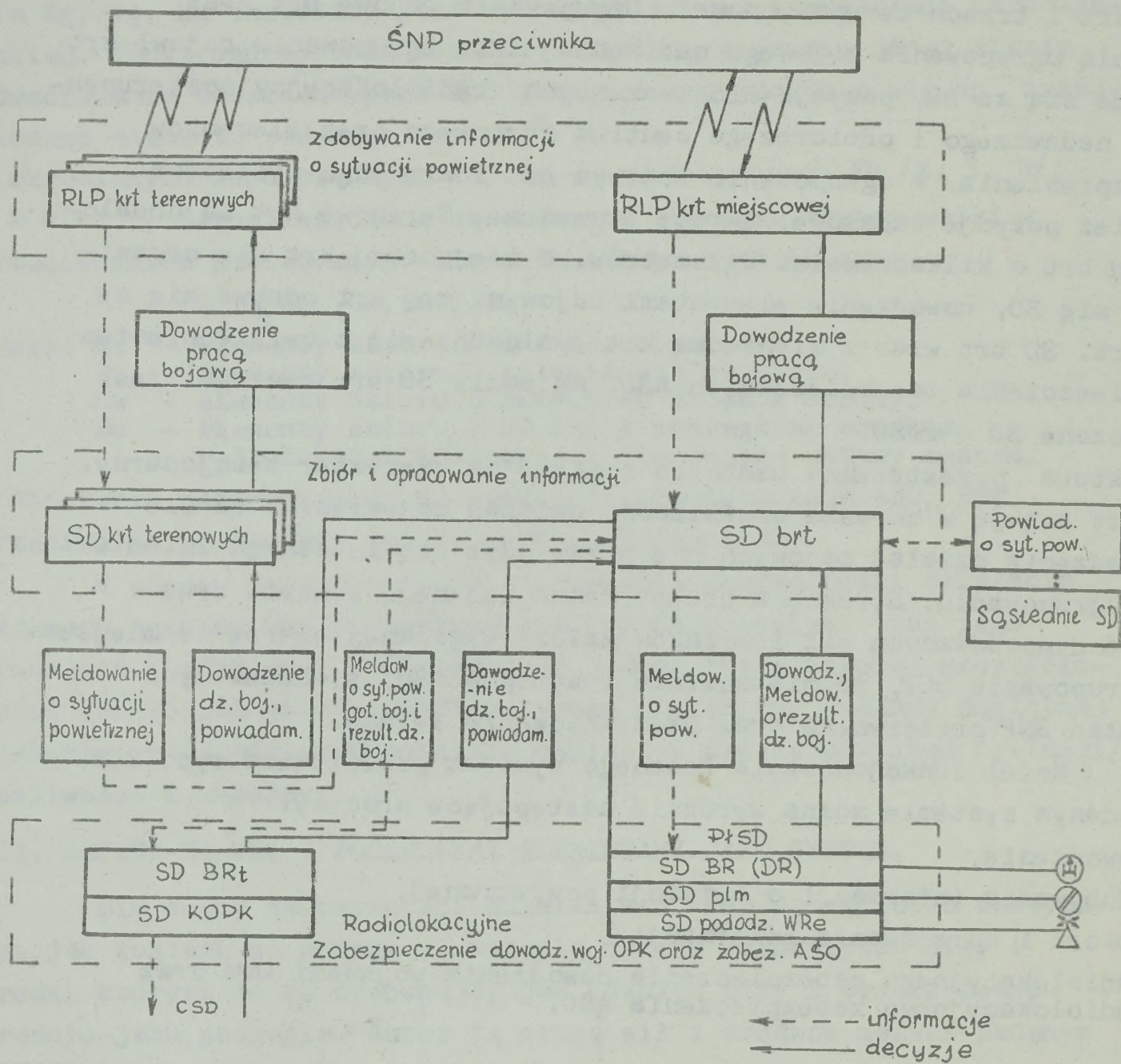
Strukturę przestrzenną badanego systemu tworzy ugrupowanie bojowe brt, które składa się ze SD oraz ugrupowań bojowych miejscowej krt i trzech terenowych krt. Ugrupowanie bojowe brt jest częścią ugrupowania bojowego nadrzędnej BRT. Ugrupowanie bojowe krt składa się ze SD, pozycji RLS tworzących radiolokacyjny posterunek-RLP, nadawczego i odbiorczego centrum radiowego oraz elementów zabezpieczenia. W ugrupowaniu bojowym brt i krt mogą występować również pozycje zapasowe, skryte i pozorne. Terenowe krt są oddalone od brt o kilkadziesiąt kilometrów. W miejscowej krt nie organizuje się SD, dowodzenie elementami bojowymi tej krt odbywa się ze SD brt. SD brt wraz z miejscową krt dyslokuje się z uwzględnieniem rozmieszczenia zabezpieczanych ASO. Na bazie SD brt tworzone jest połączone SD - PISD.

Struktura przestrzenna badanego systemu ma charakter stacjonarny. Tworzy się ją w okresie organizacji działań bojowych. W czasie prowadzenia działań bojowych nie przewiduje się istotnych zmian w tym ugrupowaniu. Struktura przestrzenna badanego systemu oraz ilość dysponowanych sił i środków zależy w głównej mierze od miejsca w ugrupowaniu SOP, rozmieszczenia i wymogów ASO, spodziewanych działań SNP przeciwnika oraz ukształtowania terenu.

Model funkcjonowania badanego systemu przedstawia rys. 2.2.

W badanym systemie można wyróżnić następujące procesy:

- dowodzenia,
- zdobywania informacji o sytuacji powietrznej,
- zbioru i opracowania informacji,
- radiolokacyjnego zabezpieczenia dowodzenia wojskami OPK oraz radiolokacyjnego zabezpieczenia ASO.



Rys. 2.2. Model ideowy funkcjonowania badanego systemu.

Proces dowodzenia siłami i środkami badanego systemu ma na celu zapewnienie sprawnego organizowania i prowadzenia radiolokacyjnego rozpoznania, opracowania informacji radiolokacyjnej oraz radiolokacyjnego zabezpieczenia dowodzenia wojskami OPK i AŚO, a tym samym sprawnego i skutecznego działania w realizacji postawionych zadań.

Dowodzenie podległymi siłami i środkami ma charakter dynamiczny i ciągły, a realizowane jest zarówno ze szczebla SD brt jak i SD krt. Dowodzenie ze szczebla nadrzędnego dla badanego systemu sprowadza się do organizowania działań bojowych, stawiania konkretnych zadań oraz kontroli ich realizacji.

Proces zdobywania informacji o sytuacji powietrznej realizowany jest głównie przez środki rozpoznania radiolokacyjnego rozwijane na RLP. Organizacja tego procesu polega na wykorzystaniu zjawisk fizycznych związanych z energią elektromagnetyczną.

Proces automatyzowanego zbioru i opracowania informacji odbywa się na SD zarówno krt jak i brt. Ma on na celu wypracowanie obrazu sytuacji powietrznej w rozpatrywanym obszarze. Proces ten jest podstawą dla zabezpieczenia działań bojowych wojsk OPK.

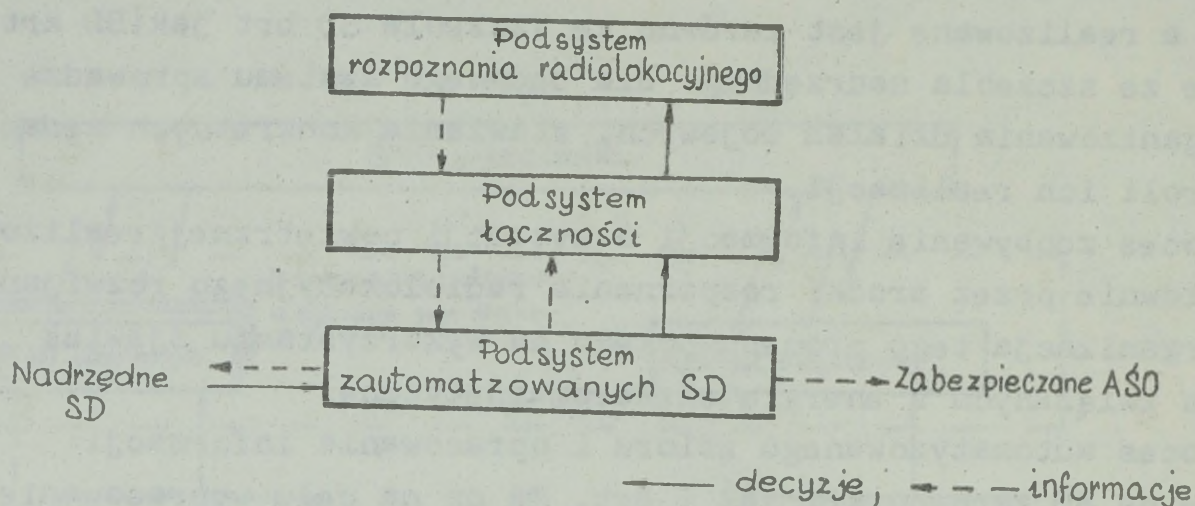
Proces radiolokacyjnego zabezpieczenia dowodzenia WOPK i radiolokacyjnego zabezpieczenia ASO ma na celu dostarczenie tym elementom informacji o sytuacji powietrznej o wymaganych parametrach.

Przekazywanie informacji o sytuacji powietrznej jest ostatnim procesem realizowanym w badanym systemie. Ocena skuteczności działania badanego systemu powinna być oparta na pomiarze parametrów tej właśnie informacji, ale uwzględniając też wymogi zabezpieczanych elementów wojsk OPK.

Uwzględniając podejście systemowe do rozpatrywanego przedmiotu badań można przyjąć, że:

- środki radiolokacyjne z procesem zdobywania informacji radiolokacyjnej tworzą podsystem rozpoznania radiolokacyjnego,
- środki automatyzacji na SD brt i SD krt wraz z procesami dowodzenia, zbioru i opracowania informacji tworzą podsystem zautomatyzowanych SD, nazywany też podsystemem dowodzenia, zbioru i opracowania informacji oraz zabezpieczenia w nią wojsk OPK,
- środki łączności wraz z procesem przekazywania meldunków o sytuacji powietrznej i komend dowodzenia tworzą podsystem łączności.

Zestawienie podanych podsystemów tworzących badany system na szczeblu taktycznym przedstawia rys. 2.3.



Rys. 2.3. Zestawienie podsystemów składowych w badanym systemie.

Wydzielenie tych podsystemów i oddzielne, kolejne ich analizowanie w myśl analizy systemowej umożliwi pomyślne rozwiązanie problemu badawczego.

2.2.1. Opis i formalizacja podsystemu rozpoznania radiolokacyjnego.

Podsystem rozpoznania radiolokacyjnego jest źródłem informacji o sytuacji powietrznej. Stanowią go stacje radiolokacyjne - RLS /odległościomierze/, wysokościomierze radiolokacyjne - PRW oraz urządzenia określania przynależności państwowej - NRZ wraz z ich obsługami. Typy tych urządzeń, ich ilość oraz rozmieszczenie decyduje o jakości podsystemu rozpoznania radiolokacyjnego. Zbiór wymienionych elementów rozmieszczonych w danym punkcie tworzy posterunek radiolokacyjny - RLP. Wektor opisujący dany RLP jest następujący:

$$RLP = \{ O_R^P, K_M^P, N_L^P, W^P \}; \quad R = \overline{1,R}, \quad M = \overline{1,M}, \quad L = \overline{1,L}$$

gdzie: O_R^P - uporządkowany wektor charakteryzujący R RLS na P RLP,
 K_M^P - uporządkowany wektor charakteryzujący M PRW na P RLP,
 N_L^P - uporządkowany wektor charakteryzujący L NRZ na P RLP,
 W^P - współrzędne położenia P RLP.

Strefy wykrywania RLS, będącego w jej składzie urządzenia rozpoznania oraz współpracującego wysokościomierza są zbliżone^x, dlatego

x Pokrywające się obszary wykrywania RLS, PRW i NRZ tworzą strefę pełnej informacji radiolokacyjnej.

w dalszych rozważaniach rozpatrywana będzie strefa wykrywania RLS jako podstawowego elementu podsystemu rozpoznania. Wektor charakteryzujący RLS jest następujący:

$$O_R^P = \{ R, W, S \}$$

gdzie: R - typ RLS,
W - współrzędne położenia,
S - strefa informacji radiolokacyjnej.

Dla scharakteryzowania strefy informacji radiolokacyjnej rozpatrzone zostaną maksymalne oraz minimalne zasięgi wykrywania RLS oraz wpływ na te zasięgi zakłóceń radiolokacyjnych.

2.2.1.1. Maksymalny zasięg wykrywania RLS.

Maksymalny zasięg wykrywania RLS jest funkcją następujących wielkości:

$$D_{max} = f / H_c, H_a, \sigma_c, R, U, P_w, P_{fa} /$$

gdzie: H_c - bezwzględna wysokość lotu obiektu powietrznego,
 H_a - bezwzględna wysokość osi elektrycznej anteny RLS,
 σ_c - skuteczna powierzchnia odbicia obiektu powietrznego,
R - typ RLS,
U - ukształtowanie terenu wokół RLS,
 P_w - założone prawdopodobieństwo wykrycia,
 P_{fa} - założone prawdopodobieństwo fałszywego alarmu.

Zasięgi wykrywania RLS dla określonych H_c podawane są w danych taktyczno-technicznych. Zasięgi te nie uwzględniają ukształtowania terenu wokół RLS. Punktem wyjścia do określania zasięgów wykrywania na małych wysokościach jest założenie, że eksploatowane obecnie RLS nie są w stanie wykrywać obiektów powietrznych poza linią horyzontu radiowego^x. Zasięg horyzontu radiowego w wolnej przestrzeni określony jest zależnością:

$$R_{max} = \sqrt{2Re_z} \cdot / \sqrt{H_c} + \sqrt{H_a} / \quad /2-1/$$

gdzie: H_c, H_a - wielkości jak w zależności powyżej,
 Re_z - promień ekwiwalentny ziemi $/Re_z = 4/3 \cdot R_z/$.

Dla małych wysokości zasięg horyzontu radiowego ograniczony jest w zasadniczy sposób ukształtowaniem terenu, które to charakteryzowane jest kątami zakrycia. Zasięg horyzontu radiowego z uwzględnieniem kątów zakrycia określa się z zależności^{xx} [32]

x W zakresie fal dm możliwe jest wykrywanie poza horyzontem radiowym, wykorzystując odbicia od dolnych warstw jonosfery. Obecnie ten zakres fal nie jest wykorzystany w radiolokacji.

xx W zależności wykorzystano odległość bezpośrednią RLS - obiekt powietrzny, stąd też występuje w niej funkcja sin. W pracy [44] wykorzystano funkcję tg, gdyż określana jest odległość pozioma.

$$R_{\max} \alpha z = \sqrt{Rez \cdot \sin^2 \alpha z + 2 Rez / (H_c - H_a)} - Rez \cdot \sin \alpha z \quad /2-2/$$

gdzie: Rez , H_c , H_a - parametry scharakteryzowane w zależności /2-1/
 αz - kąt zakrycia na danym azymucie.

Dla występujących praktycznie kątów zakrycia / -2° - $+2^\circ$ / można przyjąć, że $\sin \alpha z = \widehat{\alpha z}$. Z obliczeń wynika, że wartość błędu przy tym uproszczeniu nie przekracza 150 m dla $H_c < 5$ km.

Przebieg zależności horyzontu radiowego w funkcji kątów zakrycia oraz w wolnej przestrzeni podaje załącznik 1. Kąty zakrycia można pomierzyć w miejscu stania RLS lub określić na podstawie znanego ukształtowania terenu z zależności:

$$\widehat{\alpha z} = \frac{H_{prz} - H_a}{D_{prz}} - \frac{D_{prz}}{2Rez} \quad /2-3/$$

gdzie: $\widehat{\alpha z}$, H_a , Rez - wielkości scharakteryzowane w zależności /2-2/,
 H_{prz} , D_{prz} - odpowiednio wysokość bezwzględna przeszkody i odległość do niej.

Algorytm określania kątów zakrycia na podstawie mapy dla badań symulacyjnych można opracować na podstawie [1,44]. Zasięg wykrywania RLS określa się dysponując współczynnikiem wykorzystania horyzontu radiowego^x KH z zależności:

$$D_{\max} = KH \cdot R_{\max} \alpha z \quad /2-4/$$

Zasięgi wykrywania dla dużych wysokości praktycznie nie zależą od kątów zakrycia, można więc wykorzystać dla nich dane katalogowe. Wysokość do której w zasięgu wykrywania uwzględniane będzie ukształtowanie terenu w modelu symulacyjnym może ustalić użytkownik. Zasięg wykrywania obiektów powietrznych o określonej skutecznej powierzchni odbicia σ_c określa się z zależności:

$$D_{\max} \sigma_c = D_{\max} \cdot \sqrt[4]{\sigma_c} \quad /2-5/$$

Wartość skutecznej powierzchni odbicia dla różnych typów obiektów powietrznych według [41] /dla fali o długości 10 cm/ podaje tabela^{xx} 2.1.

x Współczynnik ten dla danego typu RLS określa się na podstawie badań dla $\sigma_c = 1 \text{ m}^2$, i $P_w = 0,5$. Zasięgi katalogowe podawane są dla: $\sigma_c = 1 \text{ m}^2$, $P_w = 0,5$, $P_{fa} = 10^{-5}$.

xx Wartości skutecznych powierzchni odbicia podane w [32] różnią się nieznacznie od przyjętych. Skuteczna powierzchnia odbicia jest zmienną losową o rozkładzie wykładniczym, tabela podaje wartość średnią tej zmiennej losowej. W przypadku obiektu grupowego wartość średnią skutecznej powierzchni odbicia można określić sumując wartości średnie skutecznych powierzchni odbicia poszczególnych obiektów składowych [23].

Tabela 2.1.

Nr typu	Typ obiektu powietrznego	Średnia skuteczna powierzchnia odbicia [m ²]
0	Rakieta skrzydlata i rakietą P-Z	0,1 - 0,3
1	Samolot myśliwski	3 - 5
2	Samolot myśliwsko-bombowy	7 - 10
3	Samolot bombowy	15 - 20

W analizie zasięgu wykrywania należy uwzględnić fakt, że niezależnie od wartości skutecznej powierzchni odbicia i wysokości lotu obiektu powietrznego zasięg wykrywania ograniczony jest horyzontem radiowym określonym z zależności /2-1/ lub /2-2/.

2.2.1.2. Minimalny zasięg wykrywania.

Urządzenia radiolokacyjne nie są w stanie wykrywać obiektów powietrznych na bardzo małych odległościach. Jest to spowodowane parametrami RLS pracujących metodą impulsową /czas trwania impulsu sondującego, czas dejonizacji przełącznika N-O/ oraz kształtem charakterystyki antenowej w płaszczyźnie pionowej. Pierwszy czynnik w praktycznych obliczeniach można pominąć [65], w związku z tym minimalna odległość wykrywania określona jest zależnością:

$$D_{\min} = \frac{H_c}{\sin \xi_{\max}} \quad /2-6/$$

gdzie: ξ_{\max} - maksymalny kąt podniesienia charakterystyki antenowej.

2.2.1.3. Wpływ zakłóceń na zasięg wykrywania RLS.

Działania ŚNP przeciwnika, jak potwierdzają materiały z konfliktów lokalnych, będą się z zasady odbywały przy zastosowaniu zakłóceń. Nieprzyjaciel może stosować zakłócenia czynne /aktywne/ i bierne /pasywne/.

Dla eliminacji wpływu zakłóceń biernych na możliwości wykrywania w RLS wykorzystuje się układy tłumienia ech stałych - TES. Układy te skutecznie eliminują zakłócenia, wykorzystanie ich powoduje jednak zmniejszenie zasięgu wykrywania o ~20% [58].

W grupie zakłóceń czynnych nieprzyjacieli może stosować zakłócenia szumowe wąskopasmowe lub szerokopasmowe oraz impulsowo-odzewowe. Nadajnik zakłóceń czynnych może znajdować się na wykrywanym samolocie, innym samolocie, nieruchomo na ziemi lub w przestrzeni. Efektywność stosowanych zakłóceń czynnych jest zależna od parametrów źródła zakłóceń, jego położenia względem zakłócanej RLS oraz parametrów tej RLS. Na podstawie kryterium informacyjnego^x zakłócenia czynne są skuteczne, jeśli:

$$k = \frac{P_{zwe}}{P_{swe}} > k_d = \frac{F_p \cdot B_{0,5}}{36 \cdot WT} \quad /2-7/$$

gdzie: P_{zwe} , P_{swe} - moc na wejściu liniowej części odbiornika RLS odpowiednio zakłóceń, sygnału użytecznego^{xx},
 k_d - współczynnik degradacji,
 F_p - częstotliwość powtarzania RLS,
 $B_{0,5}$ - szerokość charakterystyki promieniowania na poziomie połowy mocy,
 WT - prędkość obrotowa anteny RLS.

Odległość obiektu powietrznego od RLS, dla której $k = k_d$ jest zasięgiem wykrywania w warunkach oddziaływania zakłóceń i wynosi:^{xxx}

- dla przypadku gdy nadajnik zakłóceń znajduje się na wykrywanym samolocie

$$D_{maxz} = \sqrt{\frac{k_d \cdot P_s \cdot G_s \cdot \sigma_c \cdot \Delta F_z}{2\pi \cdot P_z \cdot G_z \cdot \Delta f_o}} \quad /2-8/$$

- dla przypadku gdy nadajnik zakłóceń znajduje się w innym miejscu niż wykrywany samolot

$$D_{maxz} = \sqrt[4]{\frac{k_d \cdot P_s \cdot G_s \cdot D_z^2 \cdot \Delta F_z}{4\pi P_z \cdot G_z \cdot F^2 / \epsilon_z, B_z / \cdot \Delta f_o}} \quad /2-9/$$

gdzie: P_s , P_z - moc nadajnika odpowiednio RLS, zakłóceń,
 G_s , G_z - zysk kierunkowy anteny odpowiednio RLS, zakłóceń,
 σ_c - skuteczna powierzchnia odbicia obiektu powietrznego,
 ΔF_z - efektywna szerokość widma źródła zakłóceń,
 Δf_o - szerokość pasma przenoszenia liniowej części odbiornika RLS / $\Delta f_o = /0,96 - 1,2/$ ti /,
 D_z - odległość źródła zakłóceń od RLS,
 $F^2 / \epsilon_z, B_z /$ - funkcja opisująca znormalizowaną charakterystykę kierunkową anteny RLS.

Funkcję $F^2 / \epsilon_z, B_z /$ można aproksymować [63] następująco:

$$F^2 / \epsilon_z, B_z / = \frac{D / \epsilon_z /}{D_{max}} \cdot F^2 / B_z / \quad /2-10/$$

gdzie: D_{max} - maksymalny zasięg wykrywania RLS,
 $D / \epsilon_z /$ - zasięg wykrywania RLS na wysokości H_z /dla $\epsilon_z /$,

$$F^2 / B_z / = \begin{cases} 1 & \text{dla } B_z \leq B_o \\ 1 + \frac{2 B_z}{B_{0,5}} & \text{dla } B_z > B_o \end{cases} \quad B_o = \pm 5 \cdot B_{0,5}$$

x Wykorzystanie kryterium informacyjnego scharakteryzowali Wakin, Szustow w "Zasadach przeciwdziałania radioelektronicznego". MON, Warszawa 1972 r.

xx Dla RLS pracujących z kompresją impulsu należy podstawić $P_{zwe} = P_{zwe} / 0,7$ kk, gdzie kk-współczynnik kompresji [58].

xxx Zależności /2-8/ i /2-9/ podano na podstawie rozprawy doktorskiej M. Tołkacza [58].

Jeśli w przestrzeni wykrywania RLS oddziałują kilka źródeł zakłóceń wówczas wpływ ich należy analizować kolejno. W warunkach oddziaływania zakłóceń impulsowo-odzewowych zasięg wykrywania jest większy $\sqrt{2}$ razy niż w warunkach zakłóceń szumowych [58]. W przypadku skutecznego zakłócenia RLS występuje możliwość określania położenia obiektu zakłócającego metodą pelengacji.

2.2.2. Opis i formalizacja podsystemu SD Wrt szczebla taktycznego.

SD Wrt przeznaczone są do dowodzenia pracą zmian bojowych i podległych SD oraz zbioru, opracowania i przekazywania informacji radiolokacyjnej.

Obecnie w Wrt OPK wszystkie SD szczebla taktycznego wyposażone są w ZtSD, stanowiska te są więc zautomatyzowanymi SD^x. Funkcje zautomatyzowanego SD są jednak takie same jak niezautomatyzowanego. Automatyzacja usprawnia działanie człowieka, co pozwala uzyskać lepsze rezultaty w realizowanych zadaniach. Wspomaganie działania osób funkcyjnych na SD przez środki automatyzacji realizowane jest w zakresie: zbioru informacji z podległych i współdziałających SD, zobrazowania informacji, inicjowania i śledzenia tras obiektów powietrznych, opracowania informacji i wytworzenia obrazu sytuacji powietrznej, przekazywania informacji do zabezpieczanych i współdziałających SD.

Jak widać usprawnione zostały procesy zbioru i opracowania informacji radiolokacyjnej oraz przekazywanie jej użytkownikom.

Środki automatyzacji na szczeblu taktycznym Wrt w zasadzie nie zmieniły procesu dowodzenia poza sferą transmisji i zobrazowania komend /meldunków/.

Cechą charakterystyczną SD jest to, że posiada ono jednego przełożonego, ściśle określone funkcje /zadania i kompetencje/ wobec podwładnych oraz obowiązki wobec przełożonych i sąsiadów.

Na SD realizuje się szereg funkcji. Dla potrzeb oceny skuteczności działania SD celowym jest rozpatrzenie tych funkcji, które na nią wpływają bezpośrednio. Jeśli dana funkcja może być realizowana w czasie dłuższym, to rozpatrywać ją należy w etapie wstępnym.

Np. stawianie zadań jest realizowane zazwyczaj wcześniej, w etapie planowania działań bojowych, podobnie zabezpieczenie możliwości ciągłego i sprawnego funkcjonowania.

x Używany w pracy skrót SD oznaczał będzie stanowisko dowodzenia Wrt OPK wyposażone w ZtSD. Praca tego SD rozpatrywana będzie tylko w systemie zautomatyzowanym.

Zrealizowanie tych funkcji jest jednak podstawą dla zapewnienia skutecznego działania SD. Badanie skuteczności działania powinno być więc poprzedzone oceną spełnienia wymogów wstępnych, a określające je wskaźniki oceniane dwustanowo: pozytywnie lub negatywnie. Dla analizy działania SD należy rozpatrzyć podstawowe funkcje realizowane na SD krt i brt.

2.2.2.1. Funkcje realizowane na SD krt.

Na SD krt realizuje się następujące istotne z punktu widzenia problemu badawczego funkcje:

1. Dowodzenie pracą bojową krt,
2. Analiza sytuacji powietrznej oraz otrzymanych danych z nadrzędnego SD obejmująca:
 - obserwację sytuacji powietrznej na wskaźnikach, wykrywanie obiektów powietrznych oraz określanie ich parametrów i charakterystyk,
 - zawiązywanie tras obiektów powietrznych oraz ich śledzenie,
 - wykorzystanie danych powiadamiania w procesie wykrywania obiektów powietrznych,
3. Przekazywanie informacji o obiektach powietrznych do nadrzędnego SD.

Dla wypełnienia tych funkcji na SD krt angażuje się środki automatyzacji oraz odpowiednie grupy osób funkcyjnych.

W grupie środków automatyzacji może występować jeden z wymienionych obiektów: WP-01M, RPT-11, RPT-10. Obiekty te różnią się między sobą wyposażeniem sprzętowym i algorytmami opracowania informacji. Wpływają więc na proces zbioru i opracowania oraz przesyłania informacji. Analiza tego procesu będzie przedstawiona w dalszej części rozdziału.

W grupie osób funkcyjnych na SD krt tworzących zmianę dowodzenia można wyróżnić: dowódcę krt /zmiany/, operatorów i inżyniera /technika/ obiektu ZtSD^x.

W ocenie skuteczności działania SD krt należy szczególnie uwzględnić działanie dowódcy oraz operatorów. Osoby funkcyjne obsługi technicznej uwzględnione mogą być ogólnie w sensie przygotowania i utrzymania sprawności technicznej środków automatyzacji /wyrażoną np. błędem systematycznym wynikłym z niewłaściwego stanu technicznego aparatury czy niezawodnością jej pracy/.

x Skład zmiany dowodzenia podano według "Metodyki kontrolowania zmiany dowodzenia SD zkrt wyposażonego w obiekt RPT-11/10/".
DWOPK, Warszawa 1987.

W działaniu dowódcy na SD krt z punktu widzenia problemu badawczego wskazanym jest uwzględnić:

- umiejętność kierowania podległymi siłami i środkami podczas pracy bojowej,
- właściwe wykorzystanie dysponowanych środków radiolokacyjnych i ich możliwości w określonych sytuacjach w pracy bojowej,
- wykorzystanie informacji powiadamiania,
- określanie i wprowadzanie charakterystyk do śledzonych tras obiektów powietrznych,
- określanie dyskretności pomiaru współrzędnych i wprowadzania korekt do śledzonych tras,
- deklarowanie przekazywania śledzonych tras obiektów powietrznych do określonych adresatów.

W działaniu operatorów na SD krt należy uwzględnić:

- procesy wykrywania i inicjowania tras obiektów powietrznych,
- ilość inicjowanych tras i namiarów w jednostce czasu,
- częstotliwość i dokładność wprowadzania korekt we współrzędnych płaskich,
- szybkość pomiaru i dokładność wprowadzania wysokości,
- ciągłość i poprawność śledzenia zainicjowanych tras.

Uwzględnienie działania osób funkcyjnych w przyszłym modelu SD wymaga znajomości odpowiednich charakterystyk określających ich działanie. Charakterystyki te można uzyskać z badań i statystycznego opracowania danych.

2.2.2.2. Funkcje realizowane na SD brt.

Na SD brt realizuje się następujące istotne z punktu widzenia problemu badawczego funkcje:

1. Dowodzenie pracą bojową zmiany SD brt oraz podległych krt,
2. Analiza sytuacji powietrznej oraz otrzymanych danych z nadrzędnego SD i zabezpieczanych AŚO obejmująca:
 - obserwację sytuacji powietrznej na wskaźnikach, wykrywanie obiektów powietrznych i określanie ich charakterystyk według środków radiolokacyjnych miejscowej krt,
 - inicjowanie tras obiektów powietrznych oraz ich śledzenie,

- zbieranie i analizowanie informacji o sytuacji powietrznej otrzymanych z podległych krt oraz współdziałających SD,
 - zawiązywanie tras na podstawie danych z podległych SD krt,
 - wykorzystanie danych powiadamiania oraz współdziałania w procesie analizy sytuacji powietrznej,
3. Przekazywanie informacji o śledzonych trasach obiektów powietrznych do nadrzędnego SD i zabezpieczanych AŚO,
 4. Przekazywanie danych o stanie i działaniach zabezpieczanych AŚO do nadrzędnego SD,
 5. Odbiór z nadrzędnego SD zadań bojowych dla zabezpieczanych AŚO.
- W realizacji przekazywania danych o stanie gotowości bojowej i działaniach bojowych dla zabezpieczanych AŚO rozpatrywane SD brt uczestniczy w sensie zabezpieczenia ich transmisji. Funkcje te nie wymagają więc analizy w rozpatrywanym temacie.

Dla wypełnienia wymienionych funkcji na SD brt angażuje się środki automatyzacji oraz odpowiednie grupy osób funkcyjnych.

Wyposażenie w środki automatyzacji jest zależne od miejsca brt w ugrupowaniu SOP i zabezpieczanych AŚO. Zestaw obiektów automatyzacji zabezpiecza funkcjonowanie PłSD organizowanego na bazie SD brt. Proces zbioru, opracowania i przekazywania informacji o sytuacji powietrznej realizowany jest z wykorzystaniem obiektów: WP-02M, RPT-21, RPT-20 lub PORI /w przypadku zabezpieczenia systemu WEKTOR 2WE/. Zautomatyzowane naprowadzanie LM na cele powietrzne zabezpiecza obiekt WP-11 i WEKTOR-2 WE, zaś dowodzenie i wskazywanie celów dr obiekt WEKTOR-2 WE.

Schemat wybranych struktur organizacyjnych z powiązaniem informacyjnymi między SD na szczeblu taktycznym przedstawia załącznik 2. Wymienione obiekty różnią się wyposażeniem sprzętowym oraz algorytmami opracowania informacji.

W grupie osób funkcyjnych na SD brt tworzących zmianę dowodzenia [34, 38] można wyróżnić:

- zespół dowodzenia,
- grupę operatorów,
- grupę techniczną.

Uwzględnienie w badaniach grup: operatorów i technicznej może być podobne jak na SD krt.

W działaniu zespołu dowodzenia na SD brt z punktu widzenia problemu badawczego celowym jest uwzględnić:

- umiejętność dowodzenia podległymi siłami i środkami podczas pracy bojowej,
- właściwe wykorzystanie podległych środków radiolokacyjnych i ich możliwości w toku realizacji działań,
- inicjowanie tras uogólnionych i namiarów,
- nadzorowanie śledzeniem zainicjowanych tras i utożsamianiem meldunków otrzymanych z SD krt,
- określanie i dopisywanie charakterystyk do śledzonych tras obiektów powietrznych,
- deklarowanie przekazywania śledzonych tras obiektów powietrznych do określonych adresatów.

Uwzględnienie działania osób funkcyjnych na SD brt w przyszłym modelu winno być realizowane podobnie jak na SD krt.

2.2.2.3. Analiza procesu zbioru i opracowania informacji radiolokacyjnej na SD WRt.

Uzyskane w wyniku funkcjonowania podsystemu rozpoznania radiolokacyjnego sygnały poddawane są opracowaniu. Opracowanie to realizowane jest na SD WRt szczebla taktycznego. Na SD związku taktycznego i operacyjnego realizowany jest zbiór oraz dalsze opracowanie informacji radiolokacyjnej.

Zależnie od stopnia automatyzacji w procesie zbioru i opracowania informacji autor wyróżnił cztery jej sposoby: foniczno-ręczny, ręczny automatyzowany, półautomatyczny i quasiautomatyczny. Zbiór i opracowanie informacji radiolokacyjnej w tych sposobach przedstawia załącznik 3.

Niezależnie od sposobu zbioru i opracowania informacji można w nim wyróżnić kilka etapów. W literaturze występuje niejednoznaczność w określaniu etapów opracowania informacji [53, 57]. Autor przyjął trzyetapową strukturę opracowania informacji tzn. opracowanie: pierwotne, wtórne i zbiorcze. Opracowanie pierwotne realizowane jest w RLS lub w obiektach automatyzacji bezpośrednio sprzężonych z RLS, wtórne w obiektach automatyzacji rozwiniętych na SD krt i SD brt, zbiorcze zaś na SD brt, SD BRT i RIC CSD.

W dalszych rozważaniach rozpatrzone zostanie opracowanie informacji sposobami półautomatycznymi i gwasiautomatycznymi, gdyż przedmiotem badań jest praca SD w systemie zautomatyzowanym.

Jak wykazano w punktach 2.2.2.1. i 2.2.2.2. SD WRT mogą być wyposażone w różne obiekty automatyzacji. W obiektach tych wykorzystywane są określone, lecz różniące się algorytmy opracowania informacji. Celowym jest więc rozpatrzenie ogólnych zasad opracowania informacji radiolokacyjnej w poszczególnych jej etapach.

1. Charakterystyka pierwotnego opracowania informacji radiolokacyjnej na SD WRT.

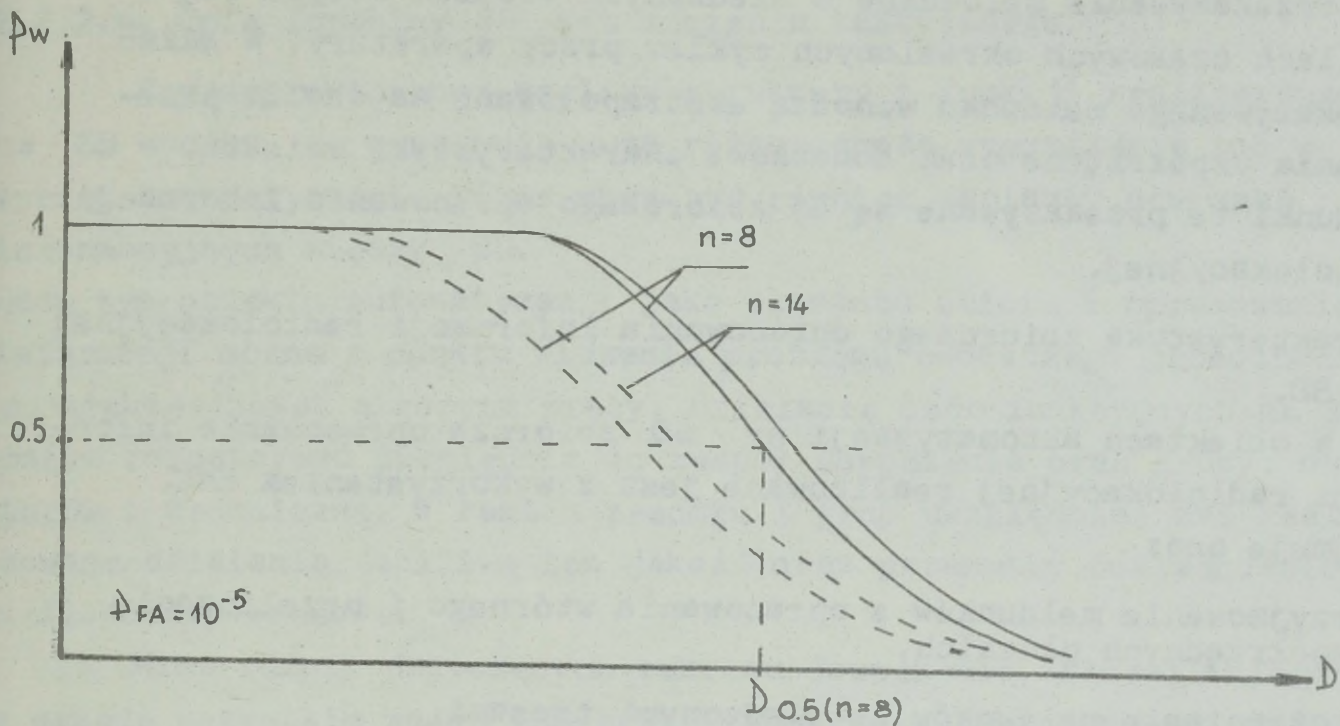
Opracowanie pierwotne jest podstawą wszystkich kolejnych działań realizowanych w procesie opracowania informacji radiolokacyjnej, spełnia więc w nim zasadniczą rolę. Obejmuje ono:

- wykrycie sygnału echa w pojedynczym obrocie anteny RLS,
- określenie współrzędnych wykrytego sygnału oraz jego charakterystyk.

Wykrywanie sygnału echa może się odbywać wzrokowo przez operatora, w oparciu o zobrazowanie na wskaźniku obserwacji okrężnej lub automatycznie przez MAW. Podstawą wykrywania jest i sądzi się, że będzie człowiek, zwłaszcza w przewidywanych warunkach działania ŚNP przeciwnika /zakłócenia, zmasowany nalot, działania pozorujące/. Wykrycie obiektu powietrznego jest procesem stochastycznym. Jakość pierwotnego opracowania informacji radiolokacyjnej charakteryzowana jest więc prawdopodobieństwem wykrycia na danej odległości oraz błędami określania współrzędnych. Wartość prawdopodobieństwa wykrycia jest funkcją odległości - D , rodzaju sygnału, ilości impulsów w paczce odbitych od obiektu^x-n oraz prawdopodobieństwa fałszywego alarmu- P_{fa} , przedstawia to rys. 2.4.^{xx}

x Ilość impulsów odbitych od obiektu w jednym obrocie anteny RLS jest stała dla danego typu RLS. Podana jest ona w zależności /2-7/

xx Badaniem prawdopodobieństwa wykrycia sygnałów radiolokacyjnych zajmował się autor w pracy magisterskiej "Nieparametryczny detektor sygnałów radiolokacyjnych" obronionej w WAT w 1979 r. Przedstawiony wykres pochodzi z tej pracy.



Rys. 2.4. Wykres prawdopodobieństwa wykrywania
— sygnał niefluktuujący, ---- sygnał fluktuujący.

W wyniku realizacji opracowania pierwotnego wykryte obiekty z określonymi współrzędnymi w kolejnych okresach obserwacji $X / t_1 /$, $Y / t_1 /$, $H / t_1 /$; $X / t_2 /$, $Y / t_2 /$, $H / t_2 /$; ... poddawane są opracowaniu wtórnemu.

2. Charakterystyka wtórnego opracowania informacji radiolokacyjnej na SD.

W obiektach automatyzacji opracowanie wtórne informacji radiolokacyjnej realizowane jest z wykorzystaniem EMC. Opracowanie to obejmuje:

- identyfikację znacznika echa /otrzymanego z MAW lub wprowadzonego przez operatora/ ze śledzonymi trasami lub inicjowanie nowej trasy,
- aproksymację trasy i określenie jej parametrów,
- ekstrapolację położenia obiektu w śledzonej trasie na określoną chwilę czasową,
- przekazanie meldunku o śledzonej trasie.

Otrzymane w dyskretnych chwilach czasowych współrzędne obiektu powietrznego z opracowania pierwotnego stanowią postawę do zawiązania i śledzenia trasy. Trasa zostaje przedstawiona w postaci ciągłej funkcji czasu z wykorzystaniem aproksymacji. Aproksymacja jest procesem gładzenia przypadkowych wartości współrzędnych.

Przekazywanie meldunków o śledzonych trasach odbywa się w chwilach czasowych określonych cyklem pracy aparatury. W skład przekazywanego meldunku wchodzi ekstrapolowane na chwilę przekazania współrzędne oraz dodatkowe charakterystyki obiektu. Meldunki te przekazywane są do zbiorczego opracowania informacji radiolokacyjnej.

3. Charakterystyka zbiorczego opracowania informacji radiolokacyjnej na SD.

W obiektach automatyzacji na SD zbiorcze opracowanie informacji radiolokacyjnej realizowane jest z wykorzystaniem EMC.

Obejmuje ono:

- przyjmowanie meldunków z opracowania wtórnego i przeliczanie współrzędnych płaskich,
- utożsamianie meldunków ze śledzonymi trasami,
- uogólnianie meldunków,
- ekstrapolację położenia obiektu na określoną chwilę czasową,
- przekazywanie meldunków do zabezpieczanych AŚO i nadrzędnego SD. Współrzędne płaskie w odebranych meldunkach z opracowania wtórnego przywiązane są do jego układu współrzędnych. Dla zapewnienia poprawności analizy informacji z meldunków realizowane jest przeliczanie współrzędnych do nowego układu przywiązanego do miejsca stania punktu odbioru.

W procesie utożsamiania realizowane jest przyporządkowanie odebranych meldunków do śledzonych tras lub zawiązywanie nowych tras. Uogólnienie meldunków utożsamionych ze śledzoną trasą ma na celu wyznaczenie parametrów rozpatrywanej trasy. Uogólnianie współrzędnych i składowych prędkości realizowane może być różnymi metodami zależnie od wykorzystywanego algorytmu opracowania zbiorczego. Uogólnione parametry są podstawą do ekstrapolacji współrzędnych śledzonych tras na chwilę przekazywania. Zakodowane meldunki zawierające ekstrapolowane współrzędne oraz inne dane o obiekcie powietrznym przekazywane są do określonych odbiorców.

2.2.2.4. Opis formalny SD WRt szczebla taktycznego.

Z przeprowadzonej analizy struktury i funkcji realizowanych na SD wynika, że występuje duża różnorodność wyposażenia ich w sprzęt automatyzacji, różne mogą być również warianty powiązań informacyjnych między SD.

Dany typ obiektu automatyzacji jako elementu zbioru i opracowania informacji można z punktu widzenia problemu badawczego jednoznacznie scharakteryzować algorytm pracy. Działanie osób funkcyjnych na SD można rozpatrywać uwzględniając zespół dowodzenia oraz grupy: operatorów i techniczną. W ramach zespołu i grup uwzględniać zaś realizowane działania, możliwą ich jakość oraz parametry dokładnościowe i ilościowo-czasowe.

Mimo różnic dotyczących zakresu dowodzenia, ilości informacji, a przede wszystkim zadań SD brt i SD krt, w funkcjonowaniu ich występuje jednak pewne podobieństwo. Wykorzystując ten wniosek oraz dokonaną analizę funkcjonowania dane SD krt lub SD brt można przedstawić w następującym zapisie formalnym:

$$SD_k = \{ AK, DK, OK, TK, RK, KPK, KOK, WK \}$$

- gdzie:
- AK - uporządkowany wektor opisujący algorytm pracy obiektu automatyzacji na k SD,
 - DK - uporządkowany wektor opisujący działanie zespołu dowodzenia na k SD,
 - OK - uporządkowany wektor opisujący działanie grupy operatorów na k SD,
 - TK - uporządkowany wektor opisujący działanie grupy technicznej na k SD,
 - RK - uporządkowany wektor opisujący sprzężone z k SD urządzenia radiolokacyjne,
 - KPK - uporządkowany wektor opisujący kanały przekazywania informacji z k SD,
 - KOK - uporządkowany wektor opisujący kanały odbioru informacji w k SD,
 - WK - współrzędne położenia k SD.

Z przedstawionych w powyższym zapisie wielkości należy jeszcze przeprowadzić analizę kanałów odbioru i przekazywania informacji, będzie to zrealizowane w następnym punkcie.

2.2.3. Opis i formalizacja podsystemu łączności.

Zautomatyzowane SD WRT posiada sprzężenia z otoczeniem. W sprzężeniach tych wykorzystywana jest łączność telefoniczna i telekodowa. Ponieważ rozpatrywana jest praca w systemie zautomatyzowanym, to analizie poddana zostanie tylko łączność telekodowa. Ten rodzaj łączności zabezpiecza przekazywanie zakodowanej informacji o sytuacji powietrznej oraz innych danych między aparaturami automatyzacji na SD w sposób automatyczny lub półautomatyczny. Ogólnie kanały sprzężenia między SD i otoczeniem przedstawione zostały na rys. 2.2. Dla wybranych struktur organizacyjnych zawiera je załącznik 2.

SD krt posiada sprzężenia telekodowe z nadrzędnym SD oraz ze SD sąsiedniego brt w przypadku operacyjnego podporządkowania dla zabezpieczenia ASO. Dla współpracy z wymienionymi elementami wykorzystuje się:

1. Z nadrzędnym SD brt:

- kanał przekazywania meldunków o sytuacji powietrznej - KP^{MSP} ,
- kanał odbioru informacji powiadamiania - KO^{PSP} ,

2. Z sąsiednim SD brt:

- kanał przekazywania meldunków o sytuacji powietrznej - KP^{MSP} ,
- kanał odbioru informacji powiadamiania - KO^{PSP} .

SD brt posiada sprzężenie z nadrzędnym SD BRT, zabezpieczanymi ASO wyposażonymi w obiekt PORI lub $Owal^x$, podległymi SD krt i sąsiednim SD brt. Dla współpracy z wymienionymi elementami wykorzystuje się:

1. Z nadrzędnym SD BRT:

- kanał przekazywania meldunków o sytuacji powietrznej i działaniach PN - $KP^{MSP,DPN}$,
- kanał przekazywania meldunków o gotowości bojowej, możliwościach i działaniach bojowych LM i WR - $KP^{MG,DB}$,
- kanał odbioru informacji powiadamiania - KO^{PSP} ,
- kanał odbioru zadań bojowych dla LM i WR - KO^{ZB} .

x Ze względu na jednostkowy przypadek wykorzystania obiektu $Owal$ nie będzie on tutaj rozpatrywany. Przewiduje się sprzężenie z obiektem Rudnia w pododdziałach WR.

2. Z podległymi SD krt - jak podano w poprzednim punkcie 1.
3. Z PORI:
 - kanał przekazywania meldunków o sytuacji powietrznej - KP,^{MSP}
 - kanał odbioru informacji powiadamiania - KO^{PSP}.
4. Z sąsiednim SD brt:
 - kanał przekazywania powiadamiania - KP^{PSP},
 - kanał odbioru powiadamiania - KO^{PSP}.

Kanały przekazywania meldunków o gotowości bojowej oraz kanały przekazywania zadań bojowych jak wykazano w punkcie 2.2.2.2. nie będą rozpatrywane.

W wymienionych kanałach transmitowane są zestawy informacji o określonej strukturze i parametrach. Zestawy te scharakteryzowane są w [62].

Kanał transmisji w pełni scharakteryzowany może być: prędkością transmisji, ilością bitów przeznaczonych dla danej współrzędnej, maksymalnym zakresem przekazywania tej współrzędnej, wiernością transmisji /stopą błędów/.

Wierność transmisji zależy od typu łączności wykorzystywanej w danym kanale /radiowa, przewodowa/.

2.3. OTOCZENIE SYSTEMOWE.

W podanym na rys. 2.1. otoczeniu badanego systemu można wyróżnić: otoczenie bliższe - nadrzędne SD, zabezpieczone AŚO i ŚNP przeciwnika oraz otoczenie dalsze - osłaniane obiekty.

Z punktu widzenia celu badań nadrzędne SD można rozpatrywać /jak podano w punkcie 2.2./ w sensie stawianych zadań badanemu systemowi. Podstawowe zadania to prowadzenie ciągłego rozpoznania, radiolokacyjne zabezpieczenie dowodzenia wojskami OPK oraz radiolokacyjne zabezpieczenie nakazanych AŚO. Zadania te oraz występujące w ich ramach wymagania były uwzględnione w analizie badanego systemu, nie będą więc oddzielnie analizowane.

AŚO rozpatrzone zostaną pod kątem wymagań w zakresie informacji radiolokacyjnej, zaś ŚNP przeciwnika z punktu widzenia możliwych działań w rejonie odpowiedzialności badanego systemu.

Rozpatrywanie osłanianych obiektów uwarunkowane jest potrzebami analizy i prognozowania działań ŚNP przeciwnika, dokonane więc będzie w dużym uogólnieniu.

2.3.1. Opis i formalizacja osłanianych obiektów.

Wśród prognozowanych obiektów uderzeń ŚNP przeciwnika będą obiekty posiadające ważne znaczenie państwowo-gospodarcze i militarne. Kolejność niszczenia obiektów będzie zależeć od ich ważności, położenia, czasu funkcjonowania, stopnia rozpoznania, skuteczności OP oraz celu operacji powietrznej przeciwnika [30].

Na podstawie literatury [15,30] oraz analizy logicznej można założyć, że obiektami uderzeń ŚNP przeciwnika będą:

- O_{K1} - zbiór obiektów gospodarki narodowej,
- O_{K2} - zbiór węzłów komunikacyjnych i przepraw,
- O_{K3} - zbiór rozmieszczonych oddziałów wojsk operacyjnych w ramach koncentracji i rozśrodkowania,
- O_{K4} - zbiór elementów SOP /WR, LM, WRe, WRt/,
- O_{K5} - zbiór innych obiektów.

W pracy [31] wyróżnia się obiekty proste, które tworzą obiekt złożony. Zbiór wyodrębnionych obiektów formalnie można zapisać:

$$O_k = \{O_{K1}, O_{K2}, O_{K3}, O_{K4}, O_{K5}\}$$

Pojedynczy obiekt ataku można w zapisie formalnym przedstawić następująco:

$$O_k = \{N, T, W, R, C\} = D1; \quad k = \overline{1, K}$$

gdzie: N - numer obiektu,
T - typ obiektu,
W - współrzędne położenia,
R, C - promień i wartość obiektu

W dalszych rozważaniach zbiór O_k oznaczony będzie przez D1.

2.3.2. Opis działania i formalizacja aktywnych środków obrony.

W strefie ugrupowania bojowego batalionu radiotechnicznego rozmieszczone są aktywne środki obrony /LM, WR, WRe/. Ilość, rodzaj i ugrupowanie tych środków zależy od stawianych zadań, ważności bronionych obiektów, miejsca położenia w stosunku do przewidywanego kierunku nalotu ŚNP i możliwości ekonomicznych państwa.

W dalszej części scharakteryzowane zostaną wymienione AŚO pod kątem wymogów w zakresie zabezpieczenia radiolokacyjnego.

2.3.2.1. Opis formalny lotnictwa myśliwskiego.

Lotnictwo myśliwskie jest manewrowym środkiem walki.

Posiada ono pełne możliwości działania w strefie odpowiedzialności danego SD WRt szczebla taktycznego. Podstawową formą działania LM jest przechwytywanie ŚNP przeciwnika z dyżurowania na lotnisku lub patrolowania w powietrzu. Wskazywanie ŚNP przeciwnika realizowane jest poprzez ciągłe naprowadzanie z wykorzystaniem informacji radiolokacyjnej. Jednostką organizacyjną LM OP jest plm, zaś jednostką mogącą samodzielnie realizować zadanie - klucz, para lub pojedynczy samolot.

W literaturze [45, 63] spotyka się różne opisy formalne LM. Dla potrzeb badań ocenowych na szczeblu taktycznym autor wykorzystał następujący opis formalny:

$$G^L = \{J_1 G_1^L, J_2 G_2^L, \dots, J_T G_T^L\}$$

gdzie: T - liczba typów samolotów,
J_t - liczba samolotów danego typu,
G_t^L - uporządkowana charakterystyka t typu samolotu

$$G_t^L = \{k, t, s, X, Y, H, \sigma_{D,B,E,n}, \sigma_{D,B,E,p}\} = \text{D02}$$

gdzie: k - numer samolotu,
t, s - odpowiednio typ samolotu i jego stan gotowości bojowej,
X, Y, H - współrzędne położenia samolotu,
 $\sigma_{D,B,E,n}, \sigma_{D,B,E,p}$ - błędy średniokwadratowe odpowiednio nawigacji, pilotażu.

Typ samolotu charakteryzowany jest następująco:

$$t = \{R_T, R_D, R_B, R_E, V_H, DV_H, K_C, T_1\} = \text{D03}$$

gdzie: R_T - taktyczny promień działania,
R_D, R_B, R_E - wymiary przestrzeni wykrywania pokładowej RLS w odpowiednich współrzędnych,
V_H - możliwa prędkość wznoszenia,
DV_H - zakres prędkości na danej wysokości,
K_C - całkowita liczba możliwych oddziaływań przy jednym wylocie,
T₁ - czas jednego oddziaływania.

W dalszych rozważaniach zbiór G_t^L oznaczony będzie przez D02 a t^L przez D03.

2.3.2.2. Opis i formalizacja wojsk raketowych.

Wojska raketowe są środkami walki o małej możliwości manewrowej. Realizują one niszczenie ŚNP przeciwnika w strefach ognia zestawów raketowych. Możliwości oddziaływania pododdziałów WR na ŚNP przeciwnika są określone wejściem ŚNP w strefę ognia zestawu raketowego i czasem przebywania ŚNP w tej strefie.

Jednostką organizacyjną WR OP jest pr, DR lub BR.

Jednostką mogącą wykonywać zadania samodzielnie jest dywizjon raketowy - dr.

Dywizjon raketowy pod względem informacyjnym zabezpieczany jest przez system radiolokacyjny. Zabezpieczenie takie jest podstawowym rodzajem pracy dr.

Opis formalny WR realizowany jest z różnych punktów widzenia [31, 45, 63]. Dla potrzeb pracy autor wprowadził następujący opis formalny:

$$G^A = \{ J_1 G_1^A, J_2 G_2^A, \dots, J_T G_T^A \}$$

gdzie: T - liczba typów dr,

J - liczba dr danego typu,

G_t^A - uporządkowana charakterystyka opisująca t typ dr

Dany t typ dr opisuje zależność:

$$G_t^A = \{ k, t, s, X, Y \} = \text{DO4}$$

gdzie: k - numer dr,

t, s - odpowiednio typ zestawu raketowego i jego stan gotowości bojowej,

X, Y - współrzędne położenia.

Dany typ zestawu raketowego charakteryzowany jest następująco:

$$t^A = \{ D_{1H}, D_{2H}, H_d, H_g, R_D, R_B, R_E, V_r, K_c, T_1, \sigma_{D,B,E} \} = \text{DO5}$$

gdzie: D_{1H}, D_{2H} - odpowiednio bliższa i dalsza granica strefy ognia na danej wysokości,

H_d, H_g - wysokości graniczne strefy ognia,

R_D, R_B, R_E - wymiary przestrzeni wykrycia SNP w danej współrzędnej,

V_r - prędkość lotu rakiety,

K_c - całkowita liczba możliwych oddziaływań,

T_1 - czas jednego oddziaływania,

$\sigma_{D,B,E}$ - błędy średniokwadratowe zestawu raketowego w odpowiedniej współrzędnej.

W dalszych rozważaniach zbiór G_t^A oznaczony będzie przez DO4 a t^A przez DO5.

2.3.2.3. Opis i formalizacja jednostek WRe.

Celem działania jednostek WRe jest uniemożliwienie lub utrudnienie przeciwnikowi-powietrznemu bojowego wykorzystania pokładowych radiolokacyjnych urządzeń rozpoznania lotniczego, nawigacji i kierowania ogniem.

Pododdziały WRe /kompanie i bataliony zakłóceń radioelektronicznych/ są w stosunku do dynamiki działania ŚNP elementami niemanewrującymi. W ramach elementarnego środka ogniowego WRT szczebla taktycznego zabezpieczają jednostki WRe w informację o położeniu i typie ŚNP przeciwnika.

Autor przyjął następujący opis formalny podsystemu WRe:

$$G^W = \{ J_1 G_1^W, J_2 G_2^W, \dots, J_T G_T^W \}$$

gdzie: T - ilość typów elementów WRe,
J - ilość elementów WRe danego typu,
 G_t^W - uporządkowana charakterystyka opisująca dany typ elementu WRe

Dany typ t elementu WRe opisuje zbiór

$$G_t^W = \{ k, t, s, X, Y \} = \text{ID06}$$

gdzie: k - numer elementu WRe,
t, s - odpowiednio typ i stan gotowości bojowej
X, Y - współrzędne położenia.

Dany typ urzędnika zakłócającego WRe scharakteryzowany jest wektorem:

$$t^W = \{ T_{pd}, T_{wo} \} = \text{ID07}$$

gdzie: T_{pd} - czas podjęcia decyzji o oddziaływaniu na cel powietrzny,
 T_{wo} - czas wykrycia obiektu przez stację WRe.

W dalszych rozważaniach zbiór G_t^W oznaczony będzie przez ID06 a t^W przez ID07.

2.3.3. Opis działania i formalizacja ŚNP przeciwnika.

Dla potrzeb oceny skuteczności działania SD WRT szczebla taktycznego koniecznym jest rozpatrywanie pojedynczych ŚNP przeciwnika. Taki poziom szczegółowości uwarunkowany jest potrzebami badawczymi. Rozpatrywanie pojedynczego ŚNP sprowadza się do prognozowania jego typu oraz toru lotu^x /z jego parametrami/.

Autor sądzi, że ocena skuteczności działania SD WRT w warunkach symulowanego nalotu będzie oddawała w pełni jego możliwości, jeśli symulowane tory będą zbliżone do spodziewanych. W literaturze spotkać można algorytmy prognozowania nalotu na szczeolu operacyjno-taktycznym [20,45], nie są one jednak w pełni przydatne na szczeolu taktycznym.

x Użyte określenie toru lotu oznacza rzeczywistą trajektorię lotu obiektu powietrznego, trasa zaś jego odwzorowanie /obraz/ uzyskane w badanym systemie.

Autor widzi więc potrzebę opracowania algorytmu prognozowania toru lotu ŚNP przeciwnika dla potrzeb oceny na szczeblu taktycznym. Zagadnienie to nie jest zasadniczym problemem pracy, a uwzględniając ogromną jego złożoność będzie zrealizowane w sposób uproszczony. W ocenie nieprzyjaciela powietrznego dla opracowywanego algorytmu wykorzystany zostanie sposób podejścia od obiektu [4] .

W literaturze [36] przewiduje się zagrożenie terytorium Polski z czterech kierunków operacyjno-powietrznych. Zdaniem autora należy się jednak liczyć w ewentualnym konflikcie ze zmianą kierunków uderzenia w kolejnych nalotach. Zmiany te mogą wynikać ze zmiany dyslokacji sił przeciwnika, naruszenia naszego SOP, a także wyboru nowych obiektów uderzeń. Na podstawie literatury [36,42] można określić spodziewane profile lotu, sposoby dolotu i lotu w strefie SOP, atakowania obiektu i wyjścia po ataku - przedstawia je załącznik 4.

W rozpatrywanym na szczeblu taktycznym nalocie ŚNP przeciwnika mogą tworzyć ugrupowanie parę lub klucz [45] . Parametry tych ugrupowań podaje załącznik 5. W programie prognozowania parametrów toru lotu ŚNP należy uwzględnić możliwe parametry lotne oraz manewrowe samolotów. Opracowane na podstawie literatury [20,36,42] oraz opinii ekspertów zestawienie tych parametrów dla TSP zawiera załącznik 5. W czasie nalotu ŚNP należy liczyć się z możliwością stosowania zakłóceń przez specjalne samoloty WRe, urządzenia zakłócające umieszczone na samolotach uderzeniowych, lub zrzucane nieruchome nadajniki.

Na podstawie literatury oraz wykorzystując powyższe wnioski autor opracował uproszczony algorytm prognozowania torów lotu ŚNP w nalocie.

2.3.3.1. Algorytm prognozowania torów lotu ŚNP przeciwnika.

Prezentowany algorytm oparty jest na uproszczonej metodzie heurorytmicznej.^x Kolejność postępowania w tym algorytmie jest następująca:

1. Nanieść na mapę elementy SOP oraz bronione obiekty w strefie odpowiedzialności brt i sąsiadów.

x Metoda heurorytmiczna łączy w sobie metodę algorytmiczną /logiczno-matematyczną/ i heurystyczną /opartą na doświadczeniu i intuicji/ [4] .

2. Nanieść wokół bronionych obiektów i elementów SOP rubieżę wykonania zadania - RWZ biorąc za podstawę podatność na zniszczenie danego obiektu, możliwą moc użytego ładunku oraz możliwe wysokości lotu ŚNP.

3. Nanieść wokół elementów SOP odpowiednie strefy wykrywania, zwalczania celów powietrznych lub zakłóceń pokładowych RLS dla przewidywanych wysokości lotu ŚNP.

4. Na podstawie reguł oceny wartości obiektu [30] ocenić wartość poszczególnych obiektów mogących stanowić cel ataku ŚNP przeciwnika.

Następnie uporządkować rangowo^x obiekty ataku. Ranga wskazuje na orientacyjną kolejność atakowania obiektów.

5. Określić najdogodniejsze kierunki dolotu do strefy SOP z zależności

$$\bigwedge_{l=1}^L A_l^k = \min_k \left\{ t_l^k = \frac{D_{b-k}}{V_{sr}} \right\}$$

gdzie: A_l^k - numer kierunku l na k obiekt ataku,
 D_{b-k} - odległość bezpośrednia lotniska bazowania ŚNP przeciwnika od k obiektu ataku,
 V_{sr} - średnia prędkość lotu ŚNP na danym kierunku.

6. Określić prędkość lotu ŚNP w dolocie do SOP według zależności [39]

$$V_{opt} = /1,5 \div 2/ V_{min}$$

gdzie: V_{min} - minimalna bezpieczeństwo na danej wysokości prędkość ŚNP.

7. Określić spodziewany kierunek /kierunki/ uderzenia ŚNP przeciwnika na bronione obiekty w strefie brt na podstawie punktu 5 z uwzględnieniem ogólnych kierunków operacyjno-powietrznych. Kierunek /kierunki/ ten wrysować na mapę.

8. Określić najdogodniejsze kierunki pokonania SOP na drodze dolotu do obiektów ataku uwzględniając otrzymane kierunki z punktu 7 oraz naniesione strefy z punktu 3. Otrzymane kierunki mogą być prostymi lub innymi krzywymi, a wynikają one z kalkulacji najmniejszych możliwości oddziaływania SOP.

W otrzymanych wstępnie kierunkach sprawdzić:

- możliwość wykorzystania na trasie punktów korekcji,
- możliwość wykorzystania właściwości terenu dla realizacji lotu szczególnie na małych wysokościach,
- możliwość wykonania skrętu przez samolot według zależności [39]

x Ranga jest to uporządkowany ze względu na wartość numer danego elementu w ziorze.

$$R \geq \frac{v^2}{g \cdot \operatorname{tg} B}$$

gdzie: V - prędkość lotu,
 g - przyspieszenie ziemskie,
 B - możliwy kąt pochylenia według załącznika 5.

Minimalne promienie skrętu dla podanych kątów pochylenia z załącznika 5 przedstawia załącznik 6,

d. spełnienie ogólnych założeń dotyczących taktyki pokonywania SOP przedstawionych w załączniku 4.

W razie potrzeby dokonać korekty torów we wstępnie otrzymanych kierunkach.

9. Na podstawie typów samolotów bazujących na lotniskach danego kierunku oraz przydatności tych samolotów do poszczególnych grup uderzeniowych określić typy samolotów mogących brać udział w nalocie [20].

10. Obliczyć wymaganą liczbę samolotów uderzeniowych w nalocie na podstawie wymaganych mocy ładunku do niszczenia danych obiektów oraz przewidywanego uzbrojenia.

11. Określić liczbę samolotów osłony dla danej grupy według zależności:

$$L_{os} = L_{sop} \cdot \frac{1}{P_p}$$

gdzie: L_{sop} - możliwa liczba myśliwców SOP do walki z nalotem,
 P_p - prawdopodobieństwo przechwycenia myśliwca SOP przez myśliwca ze składu grupy osłony.

12. Określić przedziały czasowe między grupami nalotu na podstawie [31].

13. Określić ugrupowanie samolotów w celu grupowym na podstawie ilości samolotów w torze i danych w załączniku 5. Narysować to przestrzenne ugrupowanie.

14. Określić możliwe wysokości lotu ŚNP przeciwnika w strefie SOP na podstawie ich możliwości, ukształtowania terenu i możliwości oddziaływania SOP.

15. Określić prędkości lotu ŚNP przeciwnika w strefie SOP na podstawie możliwego zakresu prędkości na danej wysokości lotu.^x

16. Określić tory lotu ŚNP przeciwnika po wykonaniu ataku według załącznika 4, nanieść je na mapę.

17. Określić możliwy sposób oddziaływania środków WRe nieprzyjaciela.

x W lotach na małych wysokościach wykorzystuje się prędkości poddźwiękowe. W lotach grupowych zakres możliwych prędkości zmniejsza się o 10% w stosunku do pojedynczego samolotu [39].

Nanieść na mapę tory lotu samolotów zakłócających, zaznaczyć w grupach uderzeniowych samoloty posiadające nadajniki zakłóceń oraz ewentualne miejsca zrzutu nieruchomych nadajników zakłóceń.

W wyniku realizacji podanego algorytmu otrzymuje się narysowane na mapie prognozowane tory lotu ŚNP przeciwnika. Na otrzymanych torach należy wyróżnić punkty charakterystyczne /zmiana kierunku, prędkości, wysokości, charakterystyki działania itp./.

2.3.3.2. Opis formalny toru lotu ŚNP.

Podstawą opisu formalnego toru lotu ŚNP będą: charakterystyki określające tor, czas rozpoczęcia lotu oraz funkcja opisująca zmianę współrzędnych przestrzennych toru w czasie. Można to przedstawić w następującym zapisie formalnym:

$$N_i = \{ TP, FPT, CH, Z \}$$

gdzie: TP - czas rozpoczęcia lotu obiektu powietrznego,
FPT - funkcja opisująca tor lotu w przestrzeni i w czasie,
CH - charakterystyka toru lotu /przynależność państwowa, typ, skład itp./,
Z - charakterystyka stosowanych zakłóceń w rozpatrywanym torze.

Funkcja opisująca położenie przestrzenne obiektu /we współrzędnych X, Y, H/ w czasie może być podana w postaci ciągłej lub dyskretnej. Z przeprowadzonego prognozowania torów lotu uzyskuje się punkty charakterystyczne dla każdego toru, które jako dane dyskretne mogą być podstawą do znalezienia rozpatrywanej funkcji.

Dla uzyskania tej funkcji na podstawie dyskretnych danych konieczne jest opracowanie modelu toru lotu, a następnie modelu matematycznego. Uzyskany model matematyczny będzie podstawą opracowania schematu symulacji /algorytmu/ toru lotu ŚNP. Problemy te rozpatrzone zostaną w następnym rozdziale.

2.4. WSKAŹNIKI SKUTECZNOŚCI DZIAŁANIA BADANEGO SYSTEMU.

Dla oceny badanego systemu w ramach nakazanego kryterium skuteczności konieczne jest dysponowanie odpowiednimi wskaźnikami ocenowymi.

Wskaźniki te uwzględniając podane wymogi^x powinny odzwierciedlać osiągnięty lub oczekiwany rezultat działań oraz jakość wykonania zadań w konkretnej sytuacji bojowej i otoczeniu systemowym.

Wśród spotykanych w literaturze [34, 37, 52, 57, 63] wskaźników dotyczących informacji radiolokacyjnej, z której to obszarem związany jest badany system, można wyróżnić: wskaźniki jakości opracowania informacji na SD WRT oraz wskaźniki możliwości bojowych WRT.

x Wymogi te podano w punkcie 1.3.

Należy zaznaczyć, że używane wskaźniki w zasadzie pokrywają wymogi oceny skuteczności działania badanego systemu. Są one jednak niejednorodne^x, niepełne i nie zawsze w sposób poprawny z punktu widzenia matematyczno-fizycznego określane. Niektóre z tych wskaźników bazują na informacji radiolokacyjnej zgrubnej /dowodzenia/ i dokładnej /bojowej/. W warunkach zautomatyzowanego zabezpieczenia AŚO przez WRT niecelowym jest wyróżnianie i oddzielne ocenianie tych rodzajów informacji, gdyż jest to w zasadzie jedna informacja i pochodzi zazwyczaj z tego samego źródła. Wskaźniki te określane są często w sposób przybliżony lub wykorzystując pewne katalogowe dane. Wynika to z wykorzystania niedoskonałych metod badawczych i ocenowych oraz bazy obliczeniowej. Uzyskane w tym przypadku wartości wskaźników nie oddają więc w pełni oceny badanego systemu.

Celowym jest więc przyjęcie i wykorzystanie takich wskaźników, które w przyjętej metodzie określane poprawnie i w sposób metodyczny umożliwiałyby całościową ocenę skuteczności działania badanego systemu.

Przyjmując wskaźniki ocenowe autor wykorzystał powyższe uwagi i wnioski, analizę logiczną oraz opinię ekspertów. Dla całościowego i obiektywnego objęcia problematyki ocenowej autor przeprowadził badania ankietowe. Badaniami objął grupę dowódców krt /12 osobowa grupa VIII odbywająca szkolenie w WOSR w dniach (12-24) 09.1988 r./ Wzór ankiety i wyniki podano w załączniku 7.

Zaproponowane wskaźniki uzyskały w większości akceptację respondentów, jednak podsunęły ciekawe uwagi odnośnie ich pogrupowania i rozpatrywania.

Uwagi respondentów sugerowały, że:

- wskaźnik przestrzennej efektywności radiolokacyjnego zabezpieczenia AŚO należy rozpatrywać w sposób dwustanowy - spełniony lub niespełniony,
- liczba możliwych do jednoczesnego śledzenia i przekazywania obiektów powietrznych w systemie zautomatyzowanym jest w zasadzie ograniczona możliwościami technicznymi aparatury automatyzacji i przy wyszkolonej i pełnej obsłudze nie ma potrzeby badania jej w działaniu.

Zdaniem autora mała akceptacja wskaźnika określającego liczbę zabezpieczanych zautomatyzowanych kanałów naprowadzania i wskazywania celów SNR /tylko 50% respondentów/ wynika z faktu, że kanały te częściowo są w dyspozycji AŚO. Dla całościowego objęcia problematyki ocenowej autor widzi potrzebę pozostawienia tego wskaźnika. Respondenci nie podali w zasadzie innych racjonalnych wskaźników^{xx} poza zaproponowanymi przez autora.

x Różnie określa się jakość i wiarygodność informacji radiolokacyjnej np. w pozycjach [51, 52, 34].

xx Pojedyncze przypadki podawania innych wskaźników - załącznik 7 - wynikają zdaniem autora z nieznaności metodologicznej określania podanych wskaźników, gdyż problemy wymienione uwzględniane są w proponowanych wskaźnikach.

Daje to podstawę do stwierdzenia, że zaproponowane wskaźniki odzwierciedlą możliwość skutecznego działania /ze względu na jego potencjał/ oraz ocenią skuteczność działania badanego systemu.

Wykorzystując uwagi respondowanych ekspertów oraz wnioski z dodatkowych dyskusji, autor w stosunku do zaproponowanego w ankiecie układu wskaźników wprowadził przegrupowanie. Po tych zmianach autor uważa, że niżej podane wskaźniki umożliwią całościową ocenę skuteczności działania badanego systemu.

Wskaźniki oceny skuteczności działania badanego systemu autor przyjął w dwóch grupach:

- 1/ Wskaźniki jakościowe,
- 2/ wskaźniki ilościowe.

Wskaźniki jakościowe oceniać będą badany system dwustanowo: pozytywnie lub negatywnie. Dotyczyć one będą istotnych cech badanego systemu, bez których nie byłby on w stanie w sposób ciągły i skuteczny spełniać swoich funkcji. Do wskaźników jakościowych oceny badanego systemu autor zaliczył:

1. Trwałość działania w sensie technicznym i ludzkim - zdolność do zachowania istotnych właściwości w czasie i przy oddziaływaniu nieprzyjaciela, w obrębie których nieistotnie może się zmieniać jego skuteczność.
2. Kompatybilność systemową - możliwość bezpośredniej współpracy w systemie zautomatyzowanym z otoczeniem systemowym.
3. Gotowość bojową - zdolność do realizacji zadań bojowych w dowolnej chwili.
4. Liczbę jednocześnie śledzonych, opracowywanych i przekazywanych obiektów powietrznych z pełnymi charakterystykami w systemie zautomatyzowanym.
5. Liczbę zautomatyzowanych kanałów naprowadzania i wskazywania celów SNR.

Wymienione wskaźniki oceniają potencjał badanego systemu /zabezpieczenie/, można je więc określać a priori /przed symulacją/.

Wskaźniki ilościowe oceniają działanie badanego systemu, tzn. w warunkach działania ŚNP przeciwnika, określane więc będą w wyniku przeprowadzonej symulacji komputerowej. Do wskaźników ilościowych oceny skuteczności działania badanego systemu autor zaliczył:

1. Rubież informacji radiolokacyjnej określaną poprzez:
 - a. wskaźnik przestrzennej efektywności radiolokacyjnego zabezpieczenia AŚO,
 - b. wskaźnik stopnia wykonania zadań przez AŚO ze względu na informację radiolokacyjną.

2. Terminowość wykrywania i zawiązywania tras obiektów powietrznych.
3. Współczynnik utraty informacji radiolokacyjnej w śledzeniu tras obiektów powietrznych w odniesieniu do potencjalnych możliwości badanego systemu.
4. Wiarygodność informacji radiolokacyjnej o obiektach powietrznych charakteryzowaną poprzez:
 - a. błędy określania współrzędnych przestrzennych śledzonych tras obiektów powietrznych,
 - b. wiarygodność określania przynależności państwowej i innych charakterystyk /typu, składu itp./ śledzonych tras obiektów powietrznych.
 - c. prawdopodobieństwo radiolokacyjnego wskazania celu SNR i naprowadzania myśliwców na śledzone cele powietrzne.

Pierwszy wskaźnik ocenia przestrzenne radiolokacyjne zabezpieczenie AŚO i rozpatrywany będzie w I etapie ocenowym. Charakteryzują go dwa /podane w punkcie 1a i 1b/ powiązane ze sobą wskaźniki. Drugi z tych wskaźników /stanowiący poszerzenie pierwszego/ jest rozpatrywany wówczas, gdy pierwszy wskazuje na niepełne radiolokacyjne zabezpieczenie AŚO. Przy rygorystycznym podejściu można pierwszy z tych wskaźników oceniać dwustanowo. Negatywnie oceniony wskaźnik w tym przypadku jest równoznaczny z negatywną oceną skuteczności działania badanego systemu.

Wskaźniki 2 ÷ 4 rozpatrywane będą w II etapie ocenowym. Drugi i trzeci wskaźnik charakteryzują nieciągłość śledzenia /drugi w odniesieniu do początku trasy/ toru obiektu powietrznego w stosunku do teoretycznych możliwości w danym ugrupowaniu. Błędy określania współrzędnych bezpośrednio wpływają na prawdopodobieństwo radiolokacyjnego wskazania celu SNR i naprowadzania myśliwca na cel powietrzny.

We wskaźnikach oceny skuteczności działania nie ujęto czasów opóźnienia i przekazywania informacji, gdyż zdaniem autora w zautomatyzowanym systemie pierwszy z tych czasów jest do pominięcia, a drugi jest ściśle określony w ramach możliwości.

Wskaźniki I etapu ocenowego dla danego wariantu działania ŚNP przeciwnika i zabezpieczanych AŚO umożliwić powinny wykrycie słabych stron w ugrupowaniu badanego systemu, a tym samym wyciągnięcie wniosków dla doskonalenia przestrzennego radiolokacyjnego zabezpieczenia AŚO /WR, LM, WRe/.

Wskaźniki II etapu ocenowego umożliwić powinny ocenę działania badanego systemu, w tym przede wszystkim działanie SD brt i SD krt w procesie śledzenia tras obiektów powietrznych. Umożliwi to wykrycie słabych stron w funkcjonowaniu SD WRT na szczeblu taktycznym i wyciągnięcie wniosków dla jego poprawy, w celu doskonalenia zabezpieczenia AŚO w informację radiolokacyjną ciągłą, pełną i o wymaganej wiarygodności.

Przyjęte wskaźniki umożliwią ocenę oraz porównanie rozpatrywanych wariantów badanego systemu. Porównywane będą warianty, które uzyskały oceny pozytywne w grupie wskaźników jakościowych. Badany wariant rozpatrywanego systemu będzie lepszy od pozostałych jeśli umożliwia uzyskanie:

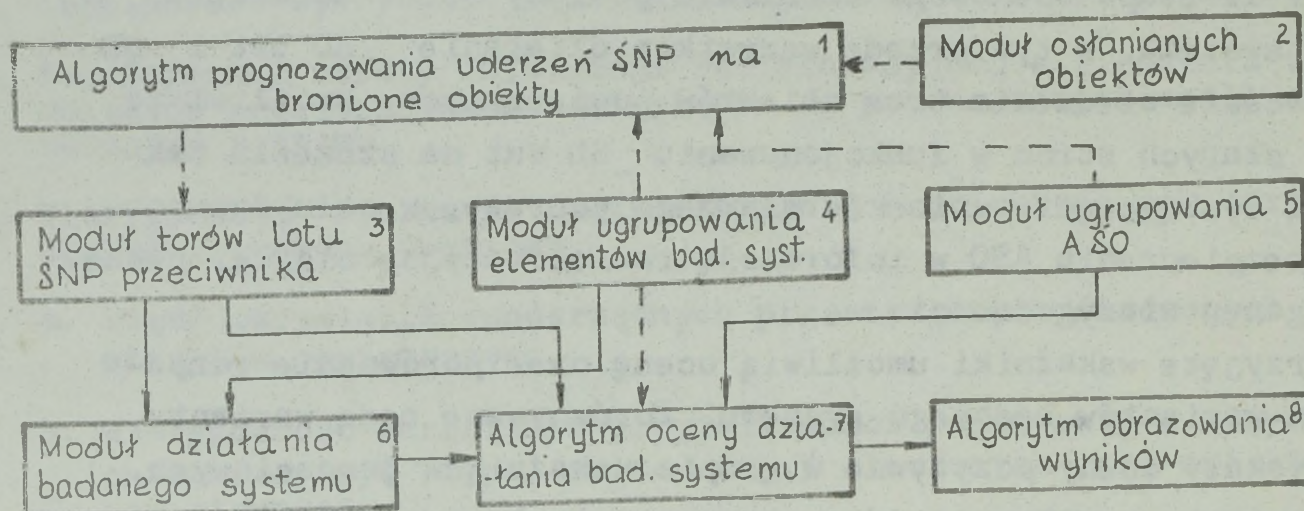
- większego od jedności wskaźnika przestrzennej efektywności radiolokacyjnego zabezpieczenia AŚO,
- lepszej terminowości wykrycia i zawiązania trasy,
- mniejszego współczynnika utraty informacji radiolokacyjnej,
- większej wiarygodności określania charakterystyk obiektów powietrznych,
- mniejszych błędów określania współrzędnych lub większego prawdopodobieństwa radiolokacyjnego wskazania celów SNR /naprowadzania/.

Może się oczywiście zdarzyć, że w badanym wariacie nie wszystkie wskaźniki będą lepsze od wskaźników w pozostałych wariantach.

Ustalenie kolejności w takim przypadku będzie utrudnione. Dla rozwiązania tego problemu autor stosował będzie metodę wielowymiarowego rachunku wektorowego określania odległości danego wariantu od ideału. Zależności matematyczne oraz metodyka określania przyjętych wskaźników oceny podane zostaną w rozdziale 4.

2.5. PODSTAWOWE ZAŁOŻENIA BUDOWY MODELU BADANEGO SYSTEMU.

Na podstawie uzyskanych wniosków z przeprowadzonej analizy badanego systemu, charakterystyki otoczenia systemowego oraz oceny i wskaźników ocenowych można określić moduły składowe modelu. Zestawienie modułów z ich powiązaniem przedstawia rys. 2.5.



Rys. 2.5. Zestawienie modułów wymaganych do oceny badanego systemu.

Badany system reprezentują: moduł ugrupowania jego elementów /4/ oraz moduł jego działania /6/. Są one zasadniczymi modułami w przedstawionym modelu. Pomocniczymi modułami są: moduł torów lotu SNP /3/, moduł ugrupowania A SO /5/ oraz moduł osłanianych obiektów /2/. Algorytm prognozowania uderzeń SNP na bronione obiekty /1/ umożliwia przygotowanie planowanych modeli nalotu, zaś algorytmy oceny działania badanego systemu oraz obrazowania wyników umożliwiają określanie i prezentację wskaźników ocenowych.

Dla badań realizowanych z wykorzystaniem symulacji komputerowej koniecznym jest opracowanie modeli modułów zasadniczych oraz modułu torów lotu SNP. Moduły ugrupowania A SO oraz osłanianych obiektów nie będą w sposób dynamiczny wykorzystywane w procesie symulacji, nie ma więc potrzeby opracowywania ich modeli. Wystarczającym jest przedstawiony ich zapis formalny.

W świetle celu prowadzonych badań zakłada się wykorzystanie modelu ocenowego w procesie naukowo-badawczym i dydaktycznym. Takie założenie stawia określone warunki, które budowany model powinien spełniać. Jako podstawowy warunek przyjmuje się, że model powinien być łatwy i praktyczny w użyciu /nie wymagający specjalnego przygotowania przez użytkownika/, odzwierciedlać podstawowe procesy zachodzące w modelowanym systemie w stosunkowo krótkim czasie a ponadto:

1. Umożliwić symulację działania badanego systemu w dowolnej sytuacji operacyjno-taktycznej.
2. Mieć charakter uniwersalny.
3. Mieć charakter konwersacyjny.

4. Umożliwić całościową jak i cząstkową ocenę skuteczności działania badanego systemu.
5. Umożliwić określanie zasadniczych kierunków doskonalenia skuteczności działania badanego systemu.

Warunek możliwości symulacji działań badanego systemu w dowolnej sytuacji operacyjno-taktycznej wynika z faktu niemożliwości dokładnego określenia działań ŚNP przeciwnika oraz stanu/w toku działań bojowych/własnych AŚO. Potencjał bojowy ŚNP, badanego systemu i AŚO w toku prowadzenia działań bojowych może się zmieniać. Wymienione czynniki winny być więc możliwe do uwzględnienia w budowie modelu dla uzyskania jego poprawności.

Uniwersalność modelu powinna zapewnić możliwość określania skuteczności działania badanego systemu niezależnie od jego sił, środków i ugrupowania zabezpieczanych AŚO, a także od wariantów nalotu ŚNP przeciwnika. Proces symulacji działania w opracowywanym modelu powinien być tak zorganizowany, aby w czasie badań symulacyjnych w każdej chwili była możliwość oceny i zobrazowania stanu pracy całości, jak i elementów składowych badanego systemu.

Konwersacyjny charakter modelu powinien zapewnić możliwość udziału użytkownika w procesie symulacji w określonych jej etapach. Ma to szczególne znaczenie przy wykorzystaniu modelu do celów dydaktycznych. Użytkownik powinien mieć możliwość wariantowania działań niektórych elementów modelu na podstawie uzyskanych wyników z procesu symulacyjnego.

Wykorzystanie modelu w charakterze narzędzia do oceny skuteczności działania badanego systemu powinno zapewnić określenie ilościowych wskaźników I i II etapu ocenowego.

Zakładane wykorzystanie modelu do określania zasadniczych kierunków doskonalenia funkcjonowania badanego systemu wynika z możliwości modelowania symulacyjnego. Proces symulacyjny można powtarzać wielokrotnie zmieniając wartości poszczególnych danych wejściowych do modelu jak opisano w punkcie 2.6.

Spełnienie podstawowego założenia budowy modelu określającego jego adekwatność do rzeczywistości oraz praktyczność, łatwość wykorzystania i krótki czas procesu badań jest trudne w praktycznej realizacji.

Z punktu widzenia adekwatności w modelu system powinny być odzwierciedlone wszystkie zjawiska, procesy i cechy modelowanej rzeczywistości. Wymagałoby to w ramach przygotowania procesu symulacji wprowadzenia wielu danych wejściowych, zaś w procesie symulacji wiązałoby się z długim czasem jej trwania.

Dla spełnienia wymogów łatwości i praktyczności w wykorzystaniu wymagana jest minimalizacja ilości wprowadzanych danych wejściowych i procedur uruchamiania programu. Czas symulacji zwiększa się wraz ze wzrostem ilości odwzorowywanych cech, procesów i zjawisk w modelu. Uwzględniając dwa ostatnie wymogi celowe jest dążenie do uproszczenia modelu - co jest sprzeczne z jego adekwatnością. Jednym z możliwych rozwiązań jest zastosowanie komputera o stosunkowo dużej mocy obliczeniowej, który pozwoli uzyskać stosunkowo krótki czas symulacji nawet złożonego modelu. Przy braku takiej ewentualności możliwe są dwa podejścia: dążenie do uproszczenia modelu i skrócenia czasu symulacji /oczywiście kosztem jego adekwatności/ lub osiągnięcie danego stopnia adekwatności bez zwracania uwagi na problem czasu przygotowania i trwania symulacji. Pewnym kompromisem zastosowanym przez autora jest wykorzystanie banku danych. Bank ten przechowywał będzie dane stałe wprowadzone do komputera jednorazowo.

2.6. PROCEDURA WYKORZYSTANIA MODELU BADANEGO SYSTEMU.

Jak przyjęto w założeniach model może być wykorzystany jako narzędzie badań w aspekcie naukowo-badawczym oraz jako środek dydaktyczny w procesie nauczania. Zależnie od wykorzystania modelu inny może być zakres /pełność/ i czas /całkowitość/ symulacji oraz sposób prezentowania przebiegu i wyników symulacji. W pełnej ocenie przed przystąpieniem do badań symulacyjnych należy określić wskaźniki jakościowe wynikające z potencjału badanego systemu. Pozytywna ocena w tej grupie wskaźników upoważnia do określania wskaźników skuteczności działania w wyniku symulacji komputerowej.

Niezależnie od wykorzystania modelu przed rozpoczęciem procesu symulacji należy przygotować dane wejściowe. Niektóre dane /dane stałe/ można wykorzystać z banku danych. Dalsze działanie użytkownika podane zostanie przy omawianiu poszczególnych rodzajów badań ocenowych.

1. Ocena skuteczności działania badanego systemu.

Po wprowadzeniu danych wejściowych określających: ugrupowanie, skład środków radiolokacji i automatyzacji, działanie grup funkcyjnych na SD w badanym systemie oraz zabezpieczane ASO i działanie SNP przeciwnika, następuje uruchomienie procesu symulacji komputerowej.

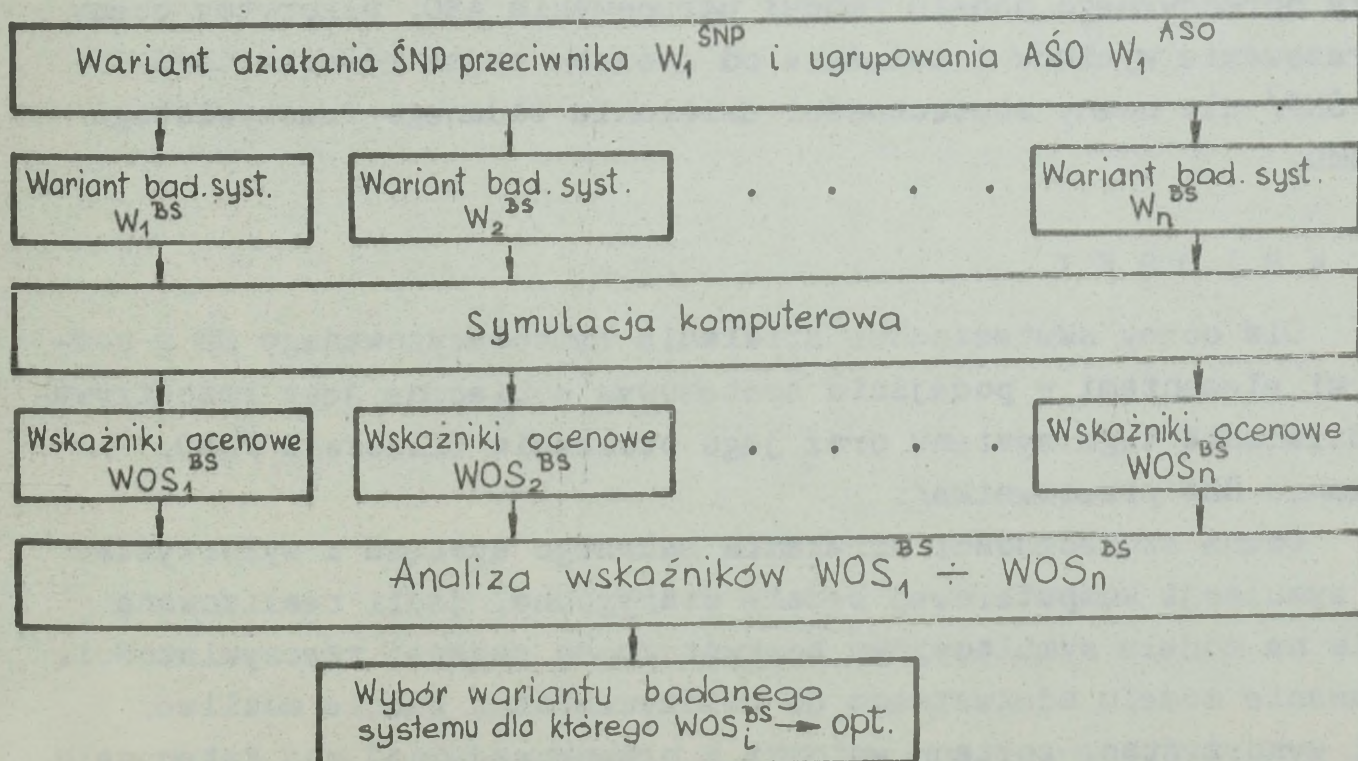
W pierwszej kolejności określone zostają wskaźniki I etapu ocenowego. Ocena negatywna uzyskana w I etapie ocenowym sugeruje konieczność zmian w ugrupowaniu badanego systemu.

W przypadku oceny pozytywnej przeprowadza się dalszą pełną symulację komputerową i określa wskaźniki II etapu ocenowego. Wskaźniki te są podstawą do oceny skuteczności działania badanego systemu.

- 2 Określenie wpływu poszczególnych elementów badanego systemu na jego skuteczność działania.

Celem tego rodzaju badań jest określenie jaki wpływ posiada zmiana poszczególnych elementów badanego systemu /ugrupowanie, liczba dysponowanych sił i środków a przede wszystkim działanie SD tzn.: dowodzenie określające wykorzystanie dysponowanych sił i środków radiolokacji, automatyzacji i łączności, działanie zespołu dowodzenia oraz grup: operatorów i technicznej/ na skuteczność jego działania, a tym samym określenie kierunków doskonalenia tego systemu lub wybór racjonalnego wariantu użycia dysponowanych sił i środków w danych warunkach sytuacji operacyjno-taktycznej. Użytkownik dla tego rodzaju badań opracowuje szereg wariantów działania badanego systemu W_n^{BS} / dla zabezpieczenia danego wariantu AŚO - W_1^{ASO} oraz jednego /prawdopodobnego/ wariantu działania ŚNP przeciwnika W_1^{SNP} .

Model wykorzystany jest kilkakrotnie dla kolejnych wariantów badanego systemu $W_1^{BS} \div W_n^{BS}$ - przedstawia to rys. 2.6.



Rys. 2.6. Schemat wykorzystania modelu do doskonalenia skuteczności działania badanego systemu.

Badania realizuje się podobnie jak w punkcie pierwszym w dwóch etapach ocenowych. Doskonalenie skuteczności działania badanego systemu realizowane będzie na podstawie wskaźników II etapu ocenowego.

Przeprowadzone badania symulacyjne dla wymienionych wariantów badanego systemu umożliwią otrzymanie wskaźników skuteczności działania $WOS_1^{BS} \div WOS_n^{BS}$.

Porównanie otrzymanych wskaźników z poszczególnych symulacji pozwoli na wybór racjonalnego /optymalnego/ wariantu działania badanego systemu w danych warunkach sytuacji operacyjno-taktycznej oraz ustalenie tych elementów badanego systemu, które mają decydujący wpływ na jego skuteczność działania, a tym samym określenie kierunków jego doskonalenia.

W badaniach symulacyjnych możliwe jest również określanie wpływu różnych wariantów działania ŚNP przeciwnika na skuteczność działania rozpatrywanego systemu. Nie jest to jednak główny cel badań.

W realizowanych badaniach ocenowych możliwe jest wprowadzenie danych o ŚNP, elementach badanego systemu i ASO, które w danym czasie nie są jeszcze możliwe do osiągnięcia. Umożliwi to prowadzenie badań prognostycznych.

Autor widzi możliwość łączenia badań symulacyjnych z badaniem rzeczywistego systemu. W badaniach tych można wykorzystać niektóre moduły opracowanego modelu /moduł ugrupowania ASO, algorytmy oceny i obrazowania wyników i zależnie od sposobu badań również torów lotu ŚNP/ dla oceny skuteczności działania badanego rzeczywistego systemu.

2.7. W N I O S K I

Dla oceny skuteczności działania zautomatyzowanego SD z podległymi elementami w podejściu systemowym konieczne jest rozpatrywanie działania tego systemu oraz jego otoczenia bliższego /ASO, działanie ŚNP przeciwnika/.

Ocena skuteczności działania badanego systemu z wykorzystaniem symulacji komputerowej będzie wiarygodna, jeśli realizowana będzie na modelu symulacyjnym adekwatnym do badanej rzeczywistości. Zbudowanie modelu adekwatnego do rzeczywistości będzie możliwe, jeśli wykorzystane zostaną wnioski z przeprowadzonej pod kątem celu badań analizy rozpatrywanego systemu oraz charakterystyki otoczenia systemowego. Z otoczenia bliższego istotne zwłaszcza jest zapewnienie adekwatności symulowanego działania ŚNP przeciwnika.

Jest to niezwykle trudny problem, gdyż w czasie pokoju system działania ŚNP przeciwnika nie istnieje. Pewne przybliżenie można uzyskać wykorzystując przedstawiony algorytm prognozowania torów lotu ŚNP przeciwnika.

Ocena skuteczności działania badanego systemu wymaga wykorzystania odpowiednich wskaźników ocenowych. Przyjęte wskaźniki dla kryterium skuteczności, zdaniem autora, zapewnią pełną ocenę skuteczności działania badanego systemu, wynikającą z jego potencjału, jak i jego działania dynamicznego. Zależnie od celu i zakresu badań z przyjętych wskaźników można wykorzystać podstawowe lub pełne.

Działanie badanego systemu zabezpieczającego ASO w warunkach oddziaływania ŚNP przeciwnika stanowi złożony, dynamiczny system. Budowany model ocenowy tego systemu dla zapewnienia wykorzystania w procesie naukowo-badawczym i dydaktycznym winien spełniać szereg podanych i scharakteryzowanych w rozdziale wymogów.

3. SYMULACYJNY MODEL BADANEGO SYSTEMU.

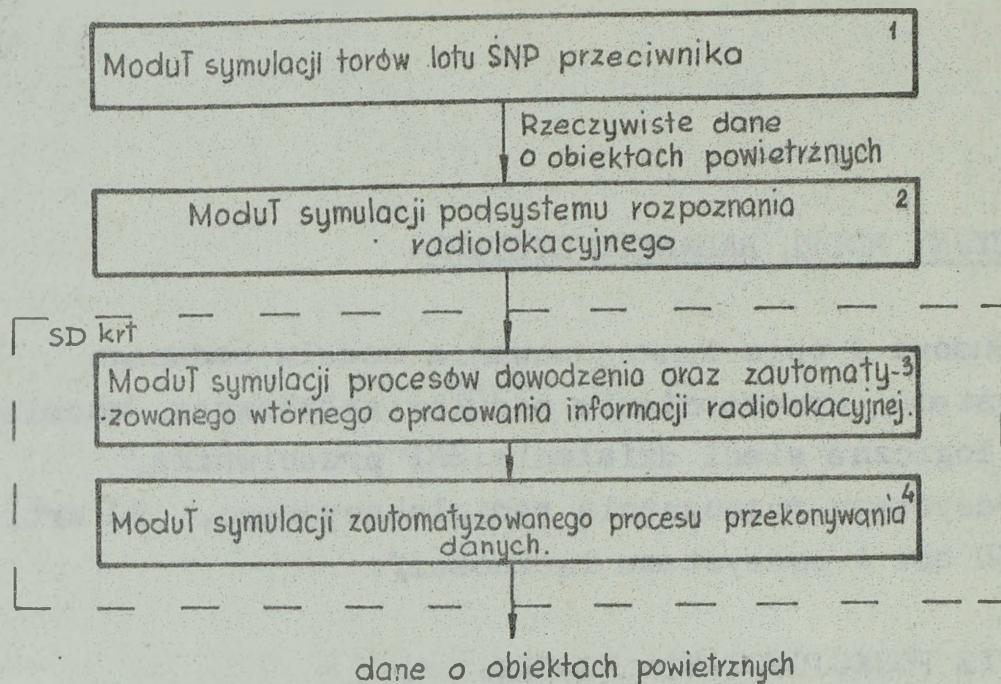
/Budowa i opis funkcjonowania modelu badanego systemu, wyodrębnienie modułów składowych, modele i logiczne sieci działania: ŚNP przeciwnika, podsystemu rozpoznania radiolokacyjnego, SD krt, SD brt i podsystemu łączności/.

3.2. BUDOWA I OPIS FUNKCJONOWANIA MODELU.

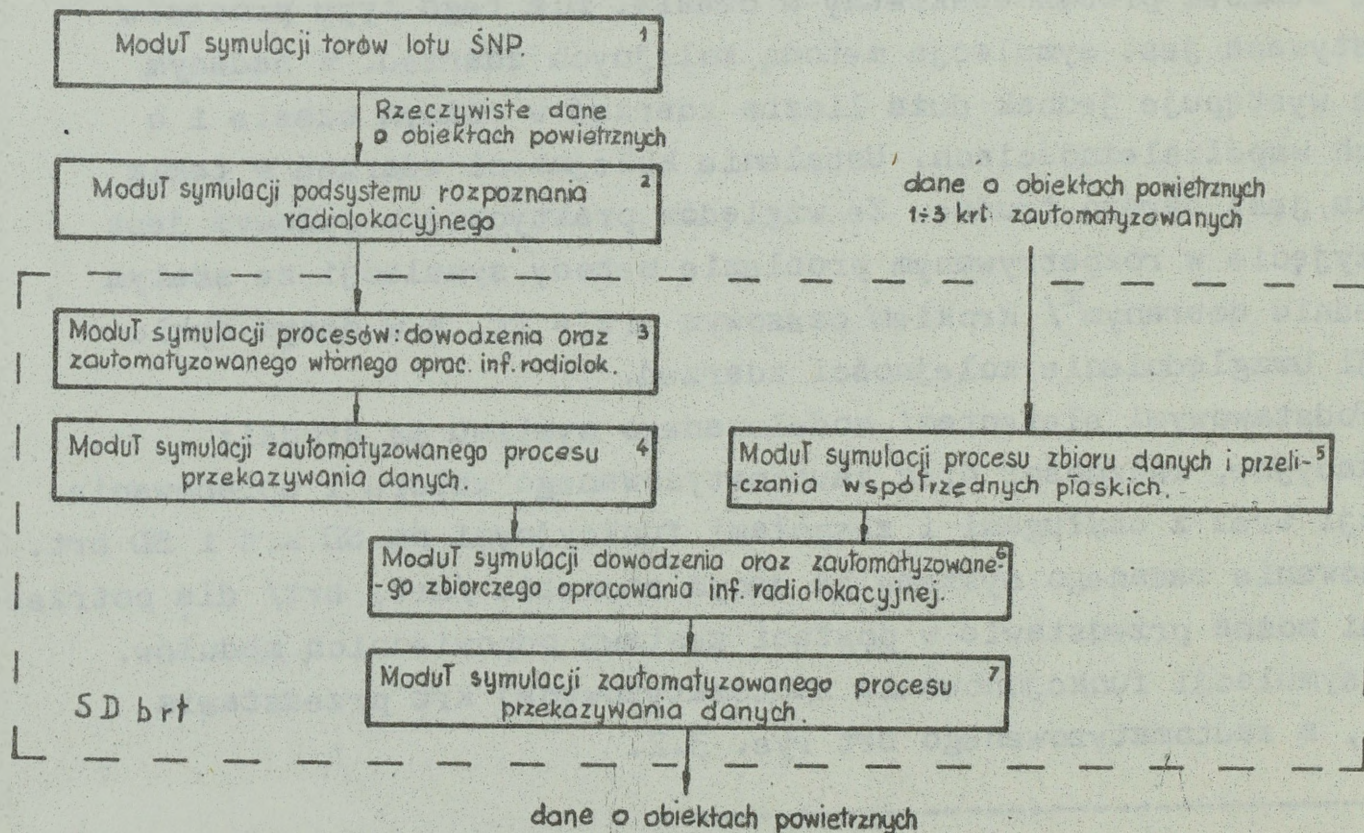
Występujące w badanym systemie działania i zdarzenia /opromieniowanie obiektu, wykrycie, zawiązanie trasy itd./ mają charakter dyskretny. Można więc stwierdzić, że badany system w interesującym nas zakresie stanowi proces dyskretny w czasie. Dla tego typu procesów wykorzystywana jest symulacja metodą kolejnych zdarzeń. W badanym systemie występuje jednak duża liczba zdarzeń w różnym czasie i o złożonych współzależnościach. Ustalenie kolejności zdarzeń w takim przypadku jest bardzo trudne. Ze względów praktycznych celem jest więc przyjęcie w rozpatrywanym problemie metody symulacji ze stałym /odpowiednio dobranym^x/ krokiem czasowym $\Delta t = TC$, a w danym cyklu symulacji uwzględnienie kolejności zdarzeń.

Podstawowymi elementami modelowanego systemu są środki: radiolokacyjne, łączności oraz zautomatyzowanego zbioru i opracowania informacji wraz z obsługami i zespołami funkcyjnymi na SD krt i SD brt. Funkcjonowanie badanego systemu na danym szczeblu /krt, brt/ dla potrzeb symulacji można przedstawić w postaci zestawu odpowiednich modułów. Schemat symulacji funkcjonowania zautomatyzowanej krt przedstawia rys. 3.1, a zautomatyzowanego brt rys. 3.2.

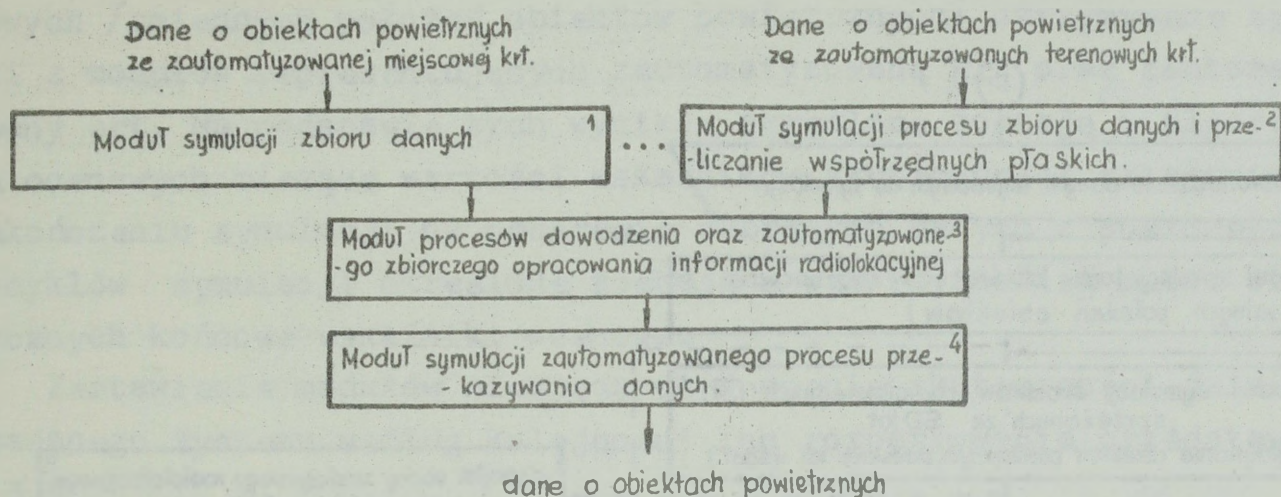
^x Kryterium doboru kroku czasowego może być mniejsza od dopuszczalnej /np. 10%/ różnica między wartościami wskaźników uzyskanych z dwóch eksperymentów symulacyjnych przeprowadzonych w takich samych warunkach.



Rys. 3.1. Model symulacji funkcjonowania zautomatyzowanej krt.



Rys. 3.2. Model symulacji funkcjonowania zautomatyzowanego brt.

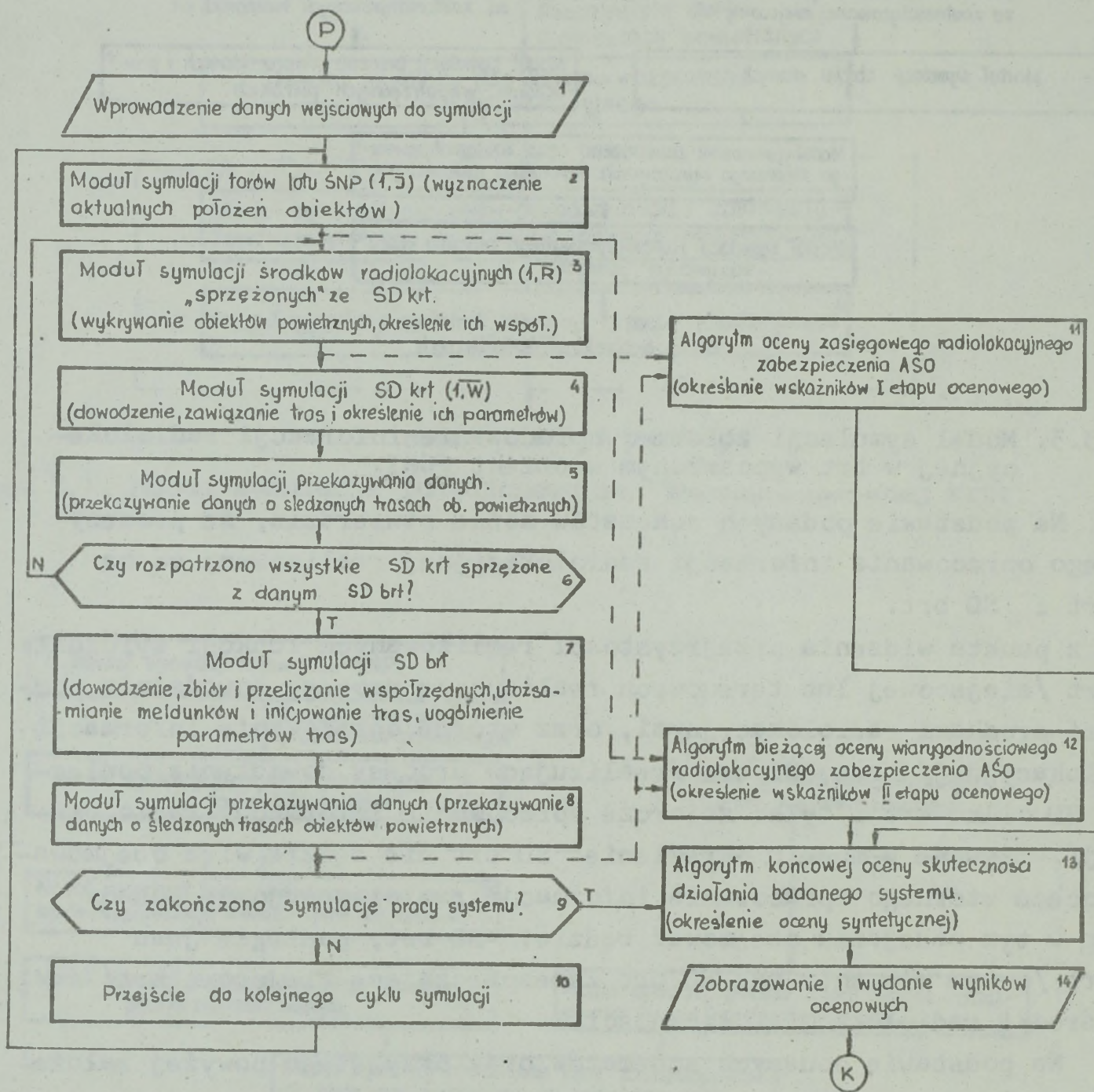


Rys. 3.3. Model symulacji zbioru i opracowania informacji radiolokacyjnej w brt wyposażonym w obiekt PORI.

Na podstawie podanych schematów można stwierdzić, że procesy wtórnego opracowania informacji radiolokacyjnej realizowane są na SD krt i SD brt.

Autor z punktu widzenia przejrzystości realizowanych funkcji wyróżnił: SD krt /miejscowej lub terenowych realizujące procesy dowodzenia podległymi środkami radiolokacyjnymi, oraz wtórne opracowanie informacji radiolokacyjnej/ oraz SD brt /realizujące procesy dowodzenia podległymi SD kilku krt i tylko zbiorcze opracowanie informacji radiolokacyjnej/. Używane w modelu określenie SD brt nie będzie więc obejmowało procesu wtórnego opracowania informacji radiolokacyjnej. Badany system w tym podejściu obejmował będzie: SD brt, podległe jemu SD krt /w tym elementy na SD brt zabezpieczające miejscową krt/ oraz środki radiolokacji i łączności.

Na podstawie podanych schematów oraz przyjętego powyżej założenia opracowany został ogólny schemat symulacyjnego badania rozpatrywanego systemu na szczeblu taktycznym. Schemat ten przedstawia rys. 3.4.

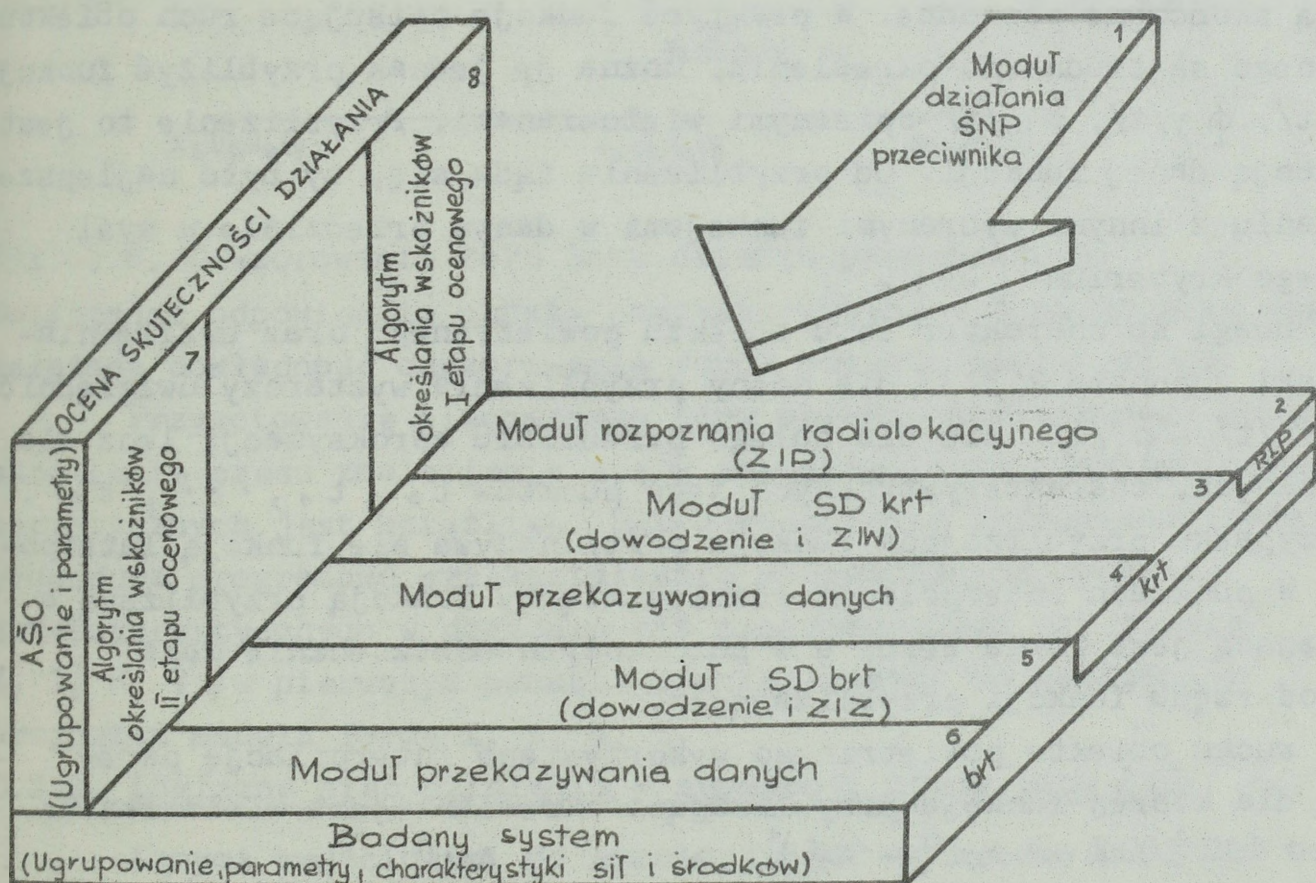


Rys. 3.4. Ogólny schemat modelu symulacyjnej metody oceny skuteczności działania badanego systemu.

Na schemacie tym podane są również algorytmy ocenowe. Na podstawie wprowadzonych danych wejściowych do symulacji określone zostają: działanie ŚNP przeciwnika, struktura i parametry badanego systemu oraz ugrupowanie i parametry ASO.

W wyniku realizacji eksperymentu symulacyjnego dla kolejnych chwil czasowych /zmiennych położeń obiektów powietrznych/ otrzymywane są wyniki z modułów reprezentujących zautomatyzowaną krt oraz zautomatyzowany brt. Na podstawie tych wyników określone zostają w algorytmach ocenowych bieżące wartości wskaźników skuteczności działania. Po zakończeniu symulacji na podstawie zebranych danych z poszczególnych cykli symulacji określone zostają z wykorzystaniem metod statystycznych końcowe wskaźniki ocenowe.

Zestawienie modułów niezbędnych w ocenie skuteczności działania badanego systemu według kolejności ich rozpatrywania przedstawia rys. 3.5.



Rys. 3.5. Zestawienie modułów dla oceny skuteczności działania rozpatrywanego systemu.

Według podanej na rys. 3.5. kolejności omówione będą modele matematyczne modułów 1 ÷ 6. Modele te przedstawione zostaną w dalszej części rozdziału. Algorytmy ocenowe 7 i 8 wraz z wykorzystywanymi w nich zależnościami matematycznymi podane zostaną w następnym rozdziale.

3.2. SYMULACJA DZIAŁANIA ŚNP PRZECIWNIA

W procesie symulacji działania ŚNP rozpatrywane będą tory lotu pojedynczych obiektów powietrznych z wykorzystaniem wniosków z punktu 2.3.3.

3.2.1. Model toru lotu obiektu powietrznego.

Położenie obiektu powietrznego poruszającego się w przestrzeni można opisać trzema równaniami parametrycznymi $X = \varphi x/t$, $Y = \varphi y/t$, $H = \varphi_H/t$. Przy założeniu, że obiekt powietrzny posiada określoną masę i skończoną siłę ciągu funkcje opisujące jego ruch są ciągłe i posiadają skończone pochodne. W praktyce funkcje opisujące ruch obiektu powietrznego są trudne do określenia, można je jednak przybliżyć funkcjami $\phi x/t$, $\phi y/t$, ϕ_H/t opisanymi wielomianami. Przybliżenie to jest aproksymacją danej funkcji. Od przybliżenia żąda się, by było najlepsze w porównaniu z innymi wybranymi funkcjami w danym przedziale w myśl określonego kryterium [49].

Z uwagi na charakter lotu obiektu powietrznego oraz uwzględniając wnioski z punktu 2.3.3. dla oceny przybliżenia wystarczy uwzględnić różnice $\varphi/t - \phi/t$ nie dla całego przedziału aproksymacji lecz dla poszczególnych, charakterystycznych jego punktów t_0, t_1, \dots, t_n . W tym przypadku przybliżająca funkcja ϕ/t nazywa się funkcją interpolacyjną. W punktach interpolacji różnica między funkcją przybliżaną a przybliżającą jest równa zeru, a w pozostałych dostatecznie mała zależna od rzędu funkcji przybliżającej.

W modelu ruchu obiektu powietrznego wykorzystano interpolację paraboliczną dla której funkcja przybliżająca określana jest wielomianem:

$$\phi/t = A_0 t^0 + A_1 t^1 + \dots + A_n t^n$$

Dla określenia parametrów A_0, A_1, \dots, A_n funkcji interpolacyjnej można wykorzystać wzór interpolacyjny Lagrange'a [49].

W metodach numerycznych wygodniejsze jest wykorzystanie układu równań liniowych.

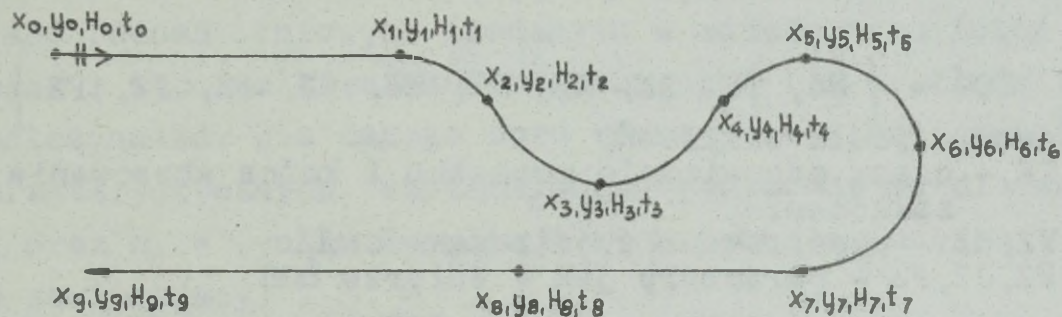
$$\begin{aligned} \phi/t_0/ &= A_0 \cdot t_0^0 + A_1 t_0^1 + \dots + A_n \cdot t_0^n \\ \phi/t_1/ &= A_0 \cdot t_1^0 + A_1 t_1^1 + \dots + A_n \cdot t_1^n \\ &\vdots \\ \phi/t_n/ &= A_0 \cdot t_n^0 + A_1 t_n^1 + \dots + A_n \cdot t_n^n \end{aligned}$$

Rozwiązując powyższy układ równań otrzymuje się współczynniki interpolacji A_0, A_1, \dots, A_n .

Wykorzystując trzy zestawy odpowiednich układów równań otrzymuje się n współczynników dla współrzędnych X, Y, H . Współczynniki te z wykorzystaniem niżej podanych zależności umożliwiają obliczanie współrzędnych w dowolnej chwili czasowej t .

$$\begin{aligned} \Phi_x/t/ &= A_{x0} \cdot t^0 + A_{x1} \cdot t^1 + \dots + A_{xn} \cdot t^n \\ \Phi_y/t/ &= A_{y0} \cdot t^0 + A_{y1} \cdot t^1 + \dots + A_{yn} \cdot t^n \\ \Phi_H/t/ &= A_{H0} \cdot t^0 + A_{H1} \cdot t^1 + \dots + A_{Hn} \cdot t^n \end{aligned}$$

Ilość współczynników A /wartość n + 1/ jest równa ilości punktów interpolacji, a te z kolei są równe ilości punktów charakterystycznych ustalonych na danym torze obiektu powietrznego - rys. 3.6.



Rys. 3.6. Odwzorowanie toru lotu obiektu powietrznego.

Dobierając odpowiednio punkty charakterystyczne toru uzyskać można założoną dokładność odwzorowania ruchu obiektu powietrznego.

Przygotowanie planowanego toru obiektu powietrznego poprzez określenie czasu znalezienia się w poszczególnych punktach charakterystycznych jest uciążliwe. Dla uproszczenia opracowana została procedura programowa przekształcania wprowadzonych punktów charakterystycznych w dogodnej dla programującego tor formie X, Y, H, V /w pierwszym punkcie również czasu/ na wymaganą w przyjętym modelu formę X, Y, H, t.

3.2.2. Logiczna sieć działania w symulacji torów lotu SNP.

Danymi wejściowymi do symulacji SNP są zbiory ID08, ID09 oraz czas bieżący TB. Zbiór ID08 zawiera charakterystyki oraz parametry poszczególnych punktów charakterystycznych symulowanego toru.

$$ID08 = \{ Ni, TS, K, T, P, RZ, PZ, JZ, FZ, DK \} ; i = \overline{1, J}$$

- gdzie:
- Ni - numer obiektu powietrznego,
 - TS - czas startu /aktywności/ toru,
 - K - skład toru /ilość SNP w danym torze/,
 - T - typ obiektu powietrznego /0- rakietą, 1-SM, 2-SMB, 3-SB/,
 - P - przynależność państwowa obiektu,
 - RZ - posiadane źródło zakłóceń /0-brak, 1-nadajnik zakłóceń szumowych, 2 - nadajnik zakłóceń synchronicznych - maskujących, 3 - nadajnik zakłóceń synchronicznych-pozorujących, 4 - urządzenie stosowania zakłóceń biernych/,
 - PZ, JZ, FZ - parametry nadajnika zakłóceń odpowiednio: moc, liczba i pasmo,
 - DK - parametry toru w k punkcie charakterystycznym.

Parametry punktów charakterystycznych toru zawierają następujące wielkości

$$DK_i = [XK, YK, HK, VK, RK, ZK] ; \quad K = \overline{1, K}$$

gdzie: XK, YK - współrzędne topograficzne danego punktu,
 HK, VK - wysokość i prędkość w danym punkcie,
 RK - znacznik rozdzielania się toru w danym punkcie
 /0 - brak, 1 - odłączył się 1 samolot, itp./,
 ZK - zastosowanie zakłóceń o parametrach podanych w zbiorze D08 /0 - nie stosuje, 1 - rozpoczął stosowanie, 2 - zakończył stosowanie/.

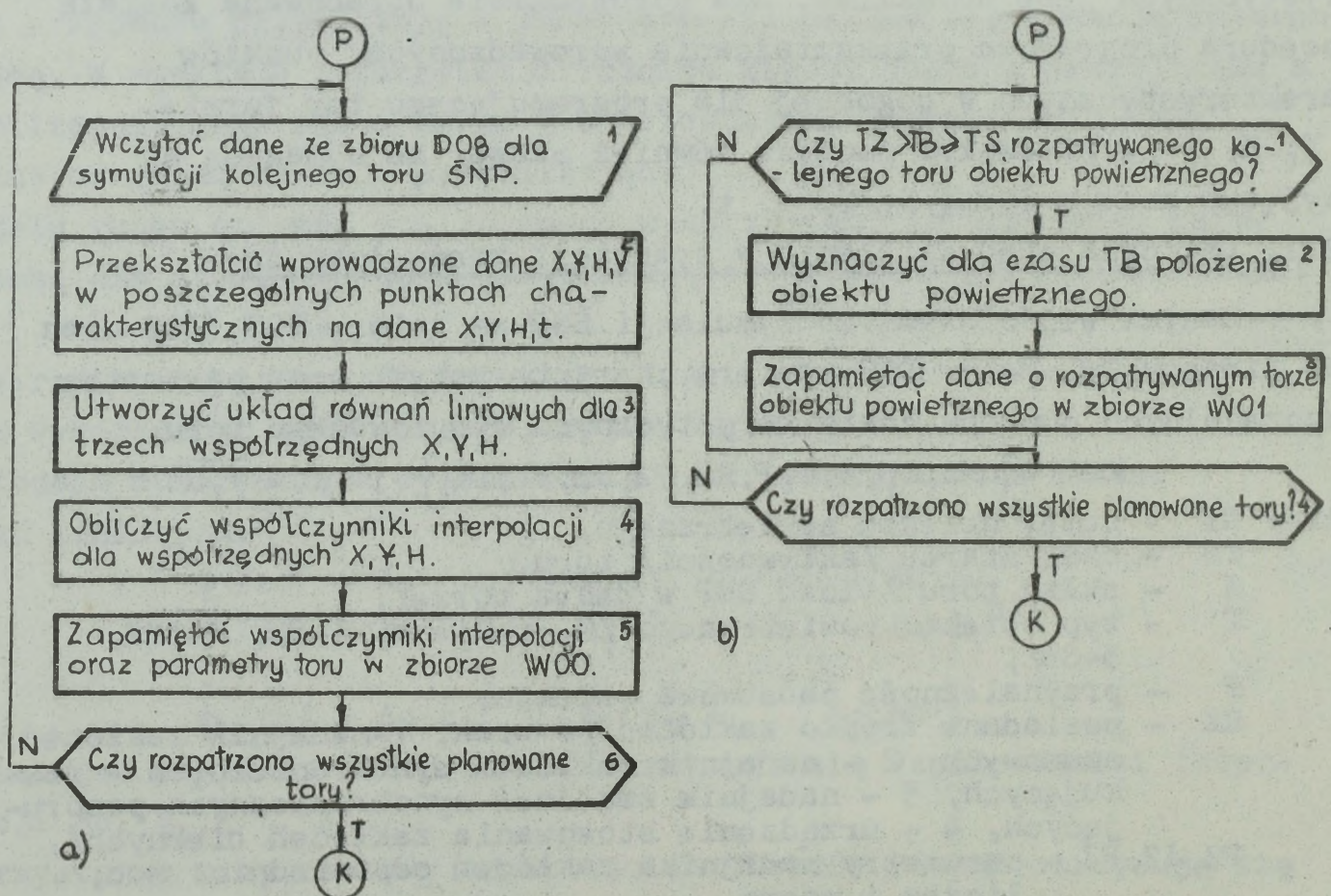
Zbiór D09 zawiera dane charakteryzujące nieruchome źródło zakłóceń aktywnych.

$$D09 = \{ Na, TS, TK, XZ, YZ, HZ, RZ, PZ, JZ, FZ \}; \quad a = \overline{1, A}$$

gdzie: Na - numer źródła zakłóceń,
 TS, TK - czasy odpowiednio początku i końca stosowania zakłóceń,
 XZ, YZ, HZ - współrzędne źródła zakłóceń,
 RZ, PZ, JZ, FZ - parametry jak w zbiorze D08.

Efektom końcowym pracy modułu symulacji SNP są zbiory W00 i W01.

Schemat symulacji SNP przedstawia rys. 3.7. Dla obliczenia aktualnych na daną chwilę czasową TB współrzędnych położenia obiektu powietrznego w danym torze należy w pierwszym etapie określić współczynniki interpolacji - rys. 3.7.a. Przedstawione na rysunku bloki realizują swoje funkcje w następujący sposób.



Rys. 3.7. Schemat blokowy symulacji torów SNP, a/ na etapie programowania nalotu SNP, b/ na etapie symulacji lotu SNP.

1. Określenie wymaganych parametrów dla równań liniowych. Zagadnienie sprowadza się do obliczenia na podstawie parametrów X, Y, H, V w poszczególnych punktach charakterystycznych odpowiadających im wartości czasu znalezienia się w tych punktach. Dla obliczenia tego czasu rozwiązywany jest układ równań ruchu w trzech współrzędnych.

2. Obliczenie współczynników interpolacji. Współczynniki interpolacji obliczone zostają w wyniku rozwiązania układu równań liniowych /podanych w modelu toru lotu/ metodą Gaussa z wyborem elementu podstawowego [13]. Ilość tych współczynników dla danego toru równa jest ilości punktów charakterystycznych. Współczynniki obliczane są dla współrzędnych X, Y oraz H. W wyniku symulacji tych procesów uzyskuje się zbiór W00 zawierający:

$$W00 = \left\{ N_i, TS, K, T, P, RZ, PZ, JZ, FZ, TP, TK, AX_0, \dots, AX_n, \right. \\ \left. AY_0, \dots, AY_n, AH_0, \dots, AH_n \right\}; \quad i = \overline{1, J}$$

gdzie: $N_i, TS, K, T, P, RZ, PZ, JZ, FZ$ - parametry jak w zbiorze ID08,
 AX_0, \dots, AX_n - współczynniki interpolacji przykładowo dla współrzędnej X,

TP, TK - czasy początku i końca stosowania zakłóceń RZ.

Cykliczne określanie współrzędnych obiektu powietrznego w danym torze realizowane jest na bieżąco w czasie symulacji - rys. 3.7.b.

Danymi wejściowymi do obliczeń są współczynniki interpolacji ze zbioru W00 oraz TB.

Określanie tych współrzędnych realizowane jest następująco.

1. Sprawdzenie aktywności danego toru.

Tor jest aktywny jeśli czas bieżący znajdzie się w przedziale między czasem aktywności a czasem zakończenia aktywności toru.

W przeciwnym przypadku nie są realizowane żadne procesy dla danego toru.

2. Określenie współrzędnych położenia obiektu w danej chwili czasowej.

Współrzędne określa się z zależności:

$$X /TB/ = AX_0 + AX_1 \cdot TB + AX_2 \cdot /TB/ ^2 + \dots + AX_n \cdot /TB/ ^n,$$

$$Y /TB/ = AY_0 + AY_1 \cdot TB + AY_2 \cdot /TB/ ^2 + \dots + AY_n \cdot /TB/ ^n,$$

$$H /TB/ = AH_0 + AH_1 \cdot TB + AH_2 \cdot /TB/ ^2 + \dots + AH_n \cdot /TB/ ^n$$

W wyniku realizacji tych przeliczeń uzyskuje się zbiór W01 zawierający dla danej chwili TB następujące wielkości:

$$W01 = \left\{ N_i, K, T, P, RZ, PZ, JZ, FZ, X, Y, H \right\}; \quad i = \overline{1, J}$$

gdzie: $N_i, K, T, P, RZ, PZ, JZ, FZ$ - parametry jak w zbiorze W00,
 X, Y, H - współrzędne położenia obiektu.

3.3. SYMULACJA DZIAŁANIA PODSYSTEMU ROZPOZNANIA RADIOLOKACYJNEGO.

Podsystem rozpoznania radiolokacyjnego tworzą rozmieszczone odpowiednio w terenie środki radiolokacyjne wraz z obsługami. Odległościomierze /RLS/ łącznie z urządzeniem rozpoznania /NRZ/, współpracującym wysokościomierzem /PRW/ i ich obsługami tworzą pojedynczy element rozpoznania radiolokacyjnego. Ten element, nazywany w module źródłem informacji pierwotnej - ZIP, rozpatrywany będzie autonomicznie.

ZIP zabezpiecza wykrywanie oraz określanie parametrów generowanych torów lotu obiektów powietrznych.

3.3.1. Model źródła informacji pierwotnej.

Autor założył możliwość uwzględnienia w modelu ZIP strefy wykrywania środków radiolokacyjnych, stochastyczności procesu wykrywania, błędów pomiaru współrzędnych oraz działanie obsługi technicznych.

Strefa wykrywania ZIP rozpatrywana będzie jako strefa wykrywania odległościomierza wchodzącego w jego skład. Problematyka określania stref wykrywania przedstawiona została w punkcie 2.2.1. Strefa ZIP dla danej wysokości H_c oraz kierunku B w modelu rozpatrywana jest od jej granicy D , ograniczonej zasięgiem horyzontu radiowego

$$D_{1,H_c,B} = R_{\max_{\Delta z}} \quad \vee \quad R_{\max} \quad \left| \begin{array}{l} H_c < H_G \\ H_c \geq H_G \end{array} \right.$$

gdzie: $R_{\max_{\Delta z}}$, R_{\max} - zasięgi określone odpowiednio z zależności /2-2/ lub /2-1/,

H_G - wysokość graniczna od której nie będzie uwzględnione ukształtowanie terenu.

Dla określenia prawdopodobieństwa wykrycia na danej odległości autor wykorzystał zależność:

$$P_w = \exp \left[-k \left(\frac{D}{D_{0,5}} \right)^n \right]$$

gdzie: k, n - współczynniki kształtujące charakterystykę wykrywania,
 $D_{0,5}$ - zasięg wykrywania dla $P_w = 0,5$,
 D - bieżąca bezpośrednia odległość RLS - obiekt powietrzny.

Doborem wartości współczynników^x k oraz n można kształtować charakterystykę wykrywania w funkcji odległości /np. imitować fluktuację sygnału odbitego/.

x W pracy A. Adamczyka i S. Antczaka "Możliwości wczesnego wykrywania obiektów powietrznych PwL i OPK Nr 10/76 r. przyjęto $K = 0,68$; $n = 4$.

Przebiegi prawdopodobieństwa wykrywania dla różnych wartości k oraz n podano w załączniku 8. Zasięg wykrywania danej RLS dla $P_w = 0,5$ i $\sigma_c = 1 \text{ m}^2$ określany będzie z zależności /2-4/ lub z danych katalogowych w następujący sposób:

- dla $H_c < H_G$

$$D_{2,H_c,B,RLS} = R_{\max} \cdot KH,$$

- dla $H_c \geq H_G$

$$D_{2,H_c,B,RLS} = DH_H$$

gdzie: KH - współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego danej RLS,
 DH_H - zasięg wykrywania danej RLS dla kolejnych wysokości podany w katalogach,

Zasięg wykrywania obiektu powietrznego o danej skutecznej powierzchni odbicia σ_c określany będzie z zależności:

$$D_{3,H_c,B,RLS,\sigma} = D_{2,H_c,B,RLS} \cdot \sqrt[4]{\sigma_c} \leq D_{1,H_c,B}$$

Rozpatrywanie zasięgów wykrywania w postaci trzech stref / D_1, D_2, D_3 / umożliwi w I etapie ocenowym wyciągnięcie wniosków odnośnie stopnia przestrzennego zabezpieczenia AŚO w informację radiolokacyjną dla danego wariantu działania ŚNP przeciwnika i odniesienie go do maksymalnych możliwości wynikających z ukształtowania terenu lub do rozpatrywanych powszechnie zasięgów dla $\sigma_c = 1 \text{ m}^2$. W KMS przewiduje się wykorzystanie strefy D_3^x .

Minimalny zasięg wykrywania określany będzie z zależności /2-6/.

W modelu ZIP przewiduje się uwzględnienie błędów przypadkowych i systematycznych pomiaru współrzędnych. Wartość błędu przypadkowego przyjęto jako zmienną losową o rozkładzie normalnym $N(0, \sigma)$, gdzie σ jest błędem średniokwadratowym. W modelu przyjęto wartość błędów średniokwadratowych podaną w danych technicznych [19]. Błędy systematyczne wynikające z niedokładności strojenia i regulacji aparatury, niedokładności dowiązania i orientowania anten RLS charakteryzują działanie obsługi technicznych. Rozpatrywane będą one jako stałe wartości dodawane do współrzędnych określanych przez ZIP.

x W wyniku eksperymentu symulacyjnego na KMS zakres zawiązania i śledzenia trasy będzie stanowić strefę czwartą $D_{4,H_c,B,RLS,\sigma}$, KMS.

3.3.2. Logiczna sieć działania w symulacji źródła informacji pierwotnej.

Dane wejściowe do symulacji ZIP zawarte są w zbiorach D10, D11, D12, D13 i W01. Zbiór D10 zawiera dane charakteryzujące ukształtowanie terenu w rejonie rozwinięcia środków radiolokacyjnych. Wielkość rozpatrywanego rejonu wybiera się na podstawie możliwości jego wpływu na charakterystykę wykrywania RLS.

$$D10 = \{ X, Y, H_{1,1}, H_{1,2}, \dots, H_{w,k}, \dots, H_{w,k} \}$$

gdzie: X, Y - współrzędne topograficzne centrum rozpatrywanego rejonu,
H_{w,k} - maksymalna wysokość bezwzględna w kwadracie/4 x 4/km
w - wierszu, k - kolumnie.

Zbiór D11 zawiera kąty zakrycia pomierzone w danym punkcie terenu na wysokości osi elektrycznej anteny lub obliczone /gdy nie ma możliwości pomiaru/ według zależności /2-3/ z wykorzystaniem danych ze zbioru D10.

$$D11 = \{ XR, YR, HR, \alpha_{z1}, \alpha_{z2}, \dots, \alpha_{zn}, \dots, \alpha_{zn} \}; \quad R = \overline{1, R}$$

gdzie: XR, YR - współrzędne topograficzne miejsca pomiaru kątów zakrycia,

HR - wysokość bezwzględna, na której dokonano pomiarów kątów zakrycia,

α_{zn} - wartość kąta zakrycia zmierzonego na azymucie β_n .

Kąty zakrycia mogą być podawane przedziałowo lub dla dyskretnych azymutów /np. co 5°. Obliczanie kątów zakrycia przewiduje się realizować z dyskretnością w azymucie 5°.

Zbiór D12 zawiera dane charakteryzujące środki radiolokacyjne

$$D12 = \{ R, KH, BD, BB, BH, BS, PS, GS, TI, FP, DF, FN, WT, HA, KK, RH, D H_1, \dots, D H_{17} \}; \quad R = \overline{1, R}$$

gdzie: R - umowny numer typu środka radiolokacyjnego /RLS/,

KH - współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego,

BD, BB, BH - średniokwadratowe błędy określania współrzędnych D, B, H,

PS - moc nadajnika RLS w impulsie,

BS, GS - szerokość charakterystyki antenowej i zysk kierunkowy,

TI, FP - czas trwania i częstotliwość powtarzania impulsów sondujących,

DF - szerokość pasma przenoszenia liniowej części odbiornika,

FN - pasmo częstotliwości nadajnika,

WT - prędkość obrotowa anteny,

HA - wysokość osi elektrycznej anteny od podłoża,

KK - współczynnik kompresji,

RH - współczynnik promienia stożka martwego ,
 DH - katalogowe zasięgi wykrywania na ustalonych wysokościach^x.

Zbiór D13 charakteryzuje ZIP.

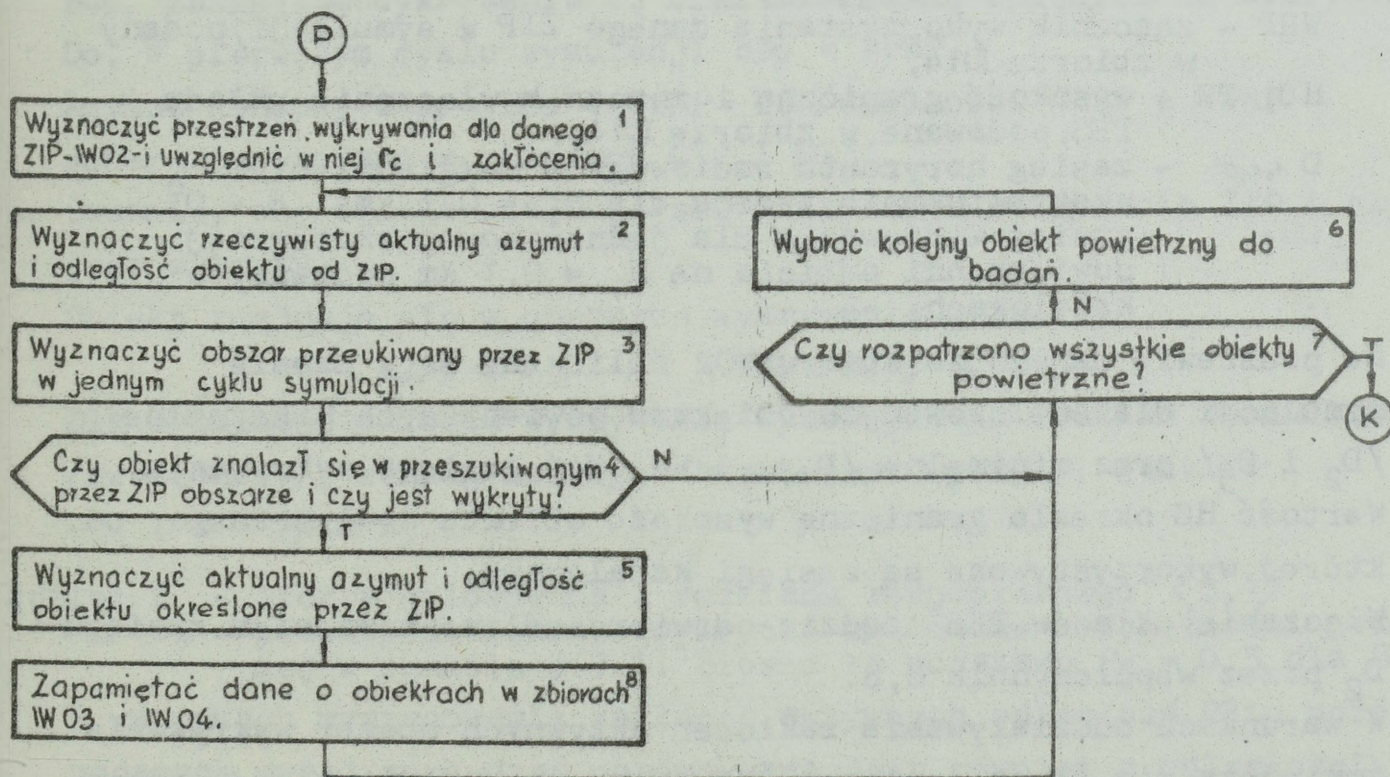
$$D13 = \{ NP, RP, XP, YP, HRP, BRP, SDRP, SBRP, SHRP, DRPW \} ; R=\overline{1,R}; P=\overline{1,P}$$

gdzie: NP - numer ZIP
 RP - numer typu RLS,
 XP, YP - współrzędne topograficzne ZIP,
 HRP - wysokość bezwzględna pozycji RLS,
 BRP - azymut początkowy ustawienia anteny RLS,
 SDRP, SBRP, SHRP - błędy systematyczne we współrzędnych D, B, H,
 DRPW - decyzje dowódcy ze SD krt dotyczące pracy środków radiolokacyjnych /podane w zbiorze D14/.

Zbiór W01 scharakteryzowany w punkcie 3.2.2. zawiera dane określające aktualne położenie obiektów powietrznych oraz ich charakterystyki. Danymi wejściowymi do symulacji jest też czas bieżący TB oraz czas cyklu symulacji TC.

Efektom końcowym pracy modułu ZIP są zbiory W02, W03, W04 i W05.

Schemat symulacji ZIP przedstawia rys. 3.8.



Rys. 3.8. Schemat symulacji źródła informacji pierwotnej.

^x W katalogach podawane są zasięgi dla $P_w=0,5$ i $P_{fa}=10^{-5}$ na wysokościach: $H_1=0,1$ km, $H_2=0,2$ km, $H_3=0,3$ km, $H_4=0,4$ km, $H_5=0,5$ km, $H_6=1$ km, $H_7=2$ km, $H_8=4$ km, $H_9=6$ km, $H_{10}=10$ km, $H_{11}=12$ km, $H_{12}=14$ km, $H_{13}=16$ km, $H_{14}=20$ km, $H_{15}=25$ km, $H_{16}=30$ km, $H_{17}=54$ km. Autor do obliczeń w modelu przyjął te same wartości dyskretnej wysokości.

Przedstawione na rys. 3.8. bloki w jednym cyklu symulacji realizują swoje funkcje w następujący sposób

1. Przestrzeń wykrywania ZIP.

Przestrzeń wykrywania ZIP jak podane wcześniej utożsamiana jest z przestrzenią wykrywania jego RLS. Ograniczona jest ona maksymalnym i minimalnym zasięgiem wykrywania na kolejnych /dyskretnych/ wysokościach i azymutach. Maksymalne zasięgi wykrywania z uwzględnieniem ukształtowania terenu obliczone są dla dyskretnych wysokości /do 6 km/ według zależności podanych w punkcie 3.3.1. z wykorzystaniem danych ze zbioru D11.

Obliczone zasięgi horyzontu radiowego oraz zasięgi katalogowe wraz z innymi niezbędnymi do dalszych obliczeń danymi zawarte będą w zbiorze przejściowym WO2.

$$WO2 = \left\{ RP, KH, HA, RH, WRP, HG, TR, D_{1,1,0^\circ}, \dots, D_{1,3,0^\circ}, D_{1,1,5^\circ}, \dots, D_{1,9,355^\circ}, DH_1, \dots, DH_{17} \right\}$$

gdzie: RP, KH, HA, RH - parametry scharakteryzowane w zbiorach D12 i D13,

WRP - znacznik wykorzystania danego ZIP w symulacji, podany w zbiorze D14,

HG, TR - wysokość graniczna i znacznik włączenia układu TES, podawane w zbiorze D14,

$D_{1,1,0^\circ}$ - zasięg horyzontu radiowego z uwzględnieniem ukształtowania terenu dla $H_1 = 0,1$ km; $B = 0^\circ$,

DH_1 - zasięg wykrywania dla jednostkowej skutecznej powierzchni odbicia na $H_1 = 0,1$ km podawany w katalogach.

Na podstawie danych ze zbioru WO2 obliczane są w czasie symulacji dla analizowanych obiektów powietrznych maksymalne / D_2 i D_3 / oraz minimalne / $D_{0,Hc} = RH \cdot Hc$ / zasięgi wykrywania. Wartość HG określa graniczną wysokość obiektu powietrznego, od której wykorzystywane są zasięgi katalogowe.

Włączanie układów TES^x będzie odzwierciedlone mnożeniem zasięgu D_2 przez współczynnik 0,8.

W warunkach oddziaływania zakłóceń aktywnych obszar wykrywania zmniejsza się, lecz jego analiza wymaga uwzględnienia dynamicznego położenia nadajnika zakłóceń i wykrywanego obiektu powietrznego względem ZIP /dokonane to będzie w punkcie 3.4./.

x Układy TES w modelu wykorzystywane będą przy stosowaniu zakłóceń biernych, po decyzji dowódcy ze SD krt podanej w zbiorze D14.

2. Rzeczywiste współrzędne położenia obiektu powietrznego względem P ZIP.

a/ Płaskie współrzędne biegunowe.

$$R1ip = \sqrt{X_i - X_p^2 + Y_i - Y_p^2}; \quad B1ip = \arcsin \frac{X_i - X_p}{R1ip}$$

gdzie: X_i, Y_i - aktualne współrzędne topograficzne położenia i obiektu,

X_p, Y_p - współrzędne topograficzne miejsca stania ZIP.

b/ Pochyłe współrzędne biegunowe /względem północy geograficznej/

$$R2ip = \sqrt{H_i^2 + R1ip^2}; \quad B2ip = B1ip + DGp$$

gdzie: $DGp = Lp - Lsr / \sin Bp$; $Lsr = E / \frac{Lp}{6} + 1 / \cdot 6^\circ - 3^\circ$,

DGp - poprawka na zbieżność północy geograficznej i topograficznej,

H_i - współrzędna wysokości i obiektu,

Lp, Bp - współrzędne topograficzne p ZIP,

$E(z)$ - część całkowita liczby z.

3. Obszar przeszukiwany przez ZIP w jednym cyklu symulacji.

Obszar ten określony jest azymutem początkowym $B3p$, końcowym

$B4p$, zasięgiem wykrywania D_3 oraz minimalną odległością wykrycia Do . W pierwszym cyklu symulacji $B3p = BPRP$.

Azymut końcowy $B4p = B3p + WTRP \cdot TC$ /wielkości BPRP i WTRP scharakteryzowano w zbiorach $D12$ i $D13$ /.

4. Badanie, czy obiekt znajduje się w obszarze wykrywania ZIP i czy jest wykryty.

Obiekt znajduje się w obszarze wykrywania jeżeli:

$$Do < R2ip \leq D_3 \quad \wedge \quad B3p < B2ip \leq B4p$$

Dla symulacji procesu wykrywania wykorzystano rozkład Bernulliego /dwumianowy/, według którego obiekt jest wykryty, jeżeli:

$$Pw \geq R$$

gdzie: R - liczba wylosowana z rozkładu równomiernego^x $\langle 0, 1 \rangle$,

Pw - prawdopodobieństwo wykrycia obliczone z zależności podanej w punkcie 3.3.1. biorąc za podstawę $Pw = 0,5$ dla D_3 .

W warunkach występowania zakłóceń aktywnych odległość $R2ip$ oprócz podanych wyżej sprawdzeń porównywana jest również z odległością skutecznych zakłóceń określanych zależnością /2-8/ lub /2-9/.

x Do losowania wykorzystano generator liczb pseudolosowych dostępny w komputerze. Generator ten został przetestowany na podstawie specjalnie opracowanego testu.

Jeśli rozpatrywany obiekt powietrzny może być wykryty przez RLS na P ZIP i $R2ip \leq D_{max}$ z, wówczas dalsza procedura opracowania tego obiektu nie zmienia się. W przypadku zaś gdy $R2ip > D_{max}$ z, danemu obiektowi powietrznemu może być przypisany znacznik peleng ZPi jeśli jest on ZAZ /uwzględniając decyzję dowódcy o przekazywaniu pelengu/. Jeśli obiekt nie jest ZAZ, wówczas nie ma możliwości jego wykrycia. W związku z tym nie jest on poddawany dalszemu opracowaniu.

5. Współrzędne obiektu powietrznego określone przez P ZIP.

$$R3ip = R2ip + DR + SDR; \quad B3ip = B2ip + BR + SBR; \quad H3ip = Hip + HR + SHR$$

gdzie: DR, BR, HR - liczby wylosowane z rozkładu normalnego^x odpowiednio: N/O, BDR/; N/O, BBR/; N/O, BHR/,
BDR, BBR, BHR, SDR, SBR, SHR - parametry scharakteryzowane w zbiorach D12 i D13.

Analogicznie rozpatrywane są wszystkie obiekty powietrzne w kolejnych cyklach symulacji. W wyniku symulacji ZIP uzyskuje się następujące zbiory:

- zbiór W03 obliczonych chwil czasowych wejścia i wyjścia poszczególnych i obiektów powietrznych w strefy wykrywania /D₁, D₂, D₃/ RLS w P ZIP

$$W03 = \{ Nip, TPi^1_{p_1}, TPi^2_{p_1}, TPi^3_{p_1}, TKi^1_{p_1}, TKi^2_{p_1}, TKi^3_{p_1}, \dots, TKi^3_{p_n} \};$$

$i = \overline{1, J}; \quad p = \overline{1, P}; \quad n = \overline{1, N}$

gdzie: Nip - numer i obiektu powietrznego w p ZIP,
TPi¹_{p₁}, TPi²_{p₁}, TPi³_{p₁} - czasy wejścia obiektu w strefy wykrywania D₁, D₂, D₃ p ZIP po raz pierwszy,
TKi¹_{p₁}, TKi²_{p₁}, TKi³_{p₁} - czasy wyjścia obiektu jak wyżej,
n - ilość przerw w śledzeniu i obiektu powietrznego.

Zbiór W03 wykorzystany będzie między innymi do określania wskaźników I etapu ocenowego.

- zbiór W04 danych o aktualnym położeniu torów obiektów powietrznych w bieżących chwilach czasowych pomierzonych przez p ZIP w strefie D₃

$$W04 = \{ Nip, R3ip, B3ip, H3ip, ZPip \}; \quad i = \overline{1, J}; \quad p = \overline{1, P}$$

gdzie: R3ip, B3ip, H3ip - współrzędne i obiektu powietrznego,
ZPip - znacznik pelengu.

x Rozkład normalny N/O, 1/ uzyskuje się wykorzystując generator rozkładu równomiernego R i zależność $M = \left(\sum_{i=1}^n Ri - \frac{n}{2} \right) : \sqrt{\frac{n}{12}}$ przy $6 \leq n \leq 12$. Liczbą wylosowaną z rozkładu N/m, σ/ uzyskuje się losując liczbę R, obliczając M a następnie $W = m + M \cdot \sigma$ [33]. Generator ten został przetestowany za pomocą specjalnie opracowanego testu.

- zbiór W05 danych o aktualnym położeniu torów obiektów powietrznych i ich charakterystykach pomierzonych przez R RLS na P ZIP w strefie D₃. Zbiór ten przewiduje się wykorzystać w perspektywie dla badania rzeczywistego systemu z symulowanym komputerowo nalotem ŚNP.

$$W05 = \{Nip, R3ip, B3ip, H3ip, Pip, Kip, Tip, Zip\};$$
$$i = \overline{1, J}; \quad p = \overline{1, P}$$

gdzie: Nip, R3ip, B3ip, H3ip - parametry scharakteryzowane w zbiorze W04,

Pip, Kip, Tip - odpowiednio: przynależność, ilość, typ obiektów powietrznych w i trasie,

Zip - znacznik zastosowania zakłóceń.

3.4. SYMULACJA DZIAŁANIA SD krt.

SD krt jest elementem podsystemu zautomatyzowanych SD.

Reprezentuje ono SD krt terenowej lub te siły i środki na SD brt, które dotyczą krt miejscowej. SD krt z punktu widzenia problemu badawczego stanowią urządzenia automatyzacji oraz zespoły ludzkie.

Środki automatyzacji realizują wtórne opracowanie informacji radiolokacyjnej według zaprogramowanych algorytmów wspomagając w większym lub mniejszym stopniu działanie osób funkcyjnych. W funkcjonowaniu

SD krt wyróżniono dowodzenie oraz wtórne opracowanie informacji radiolokacyjnej. Druga funkcja realizowana jest w ramach tzw.

wtórnego źródła informacji radiolokacyjnej - ZIW. Model działania

SD krt opracowano z uwzględnieniem procesu dowodzenia i procesów realizowanych w ZIW.

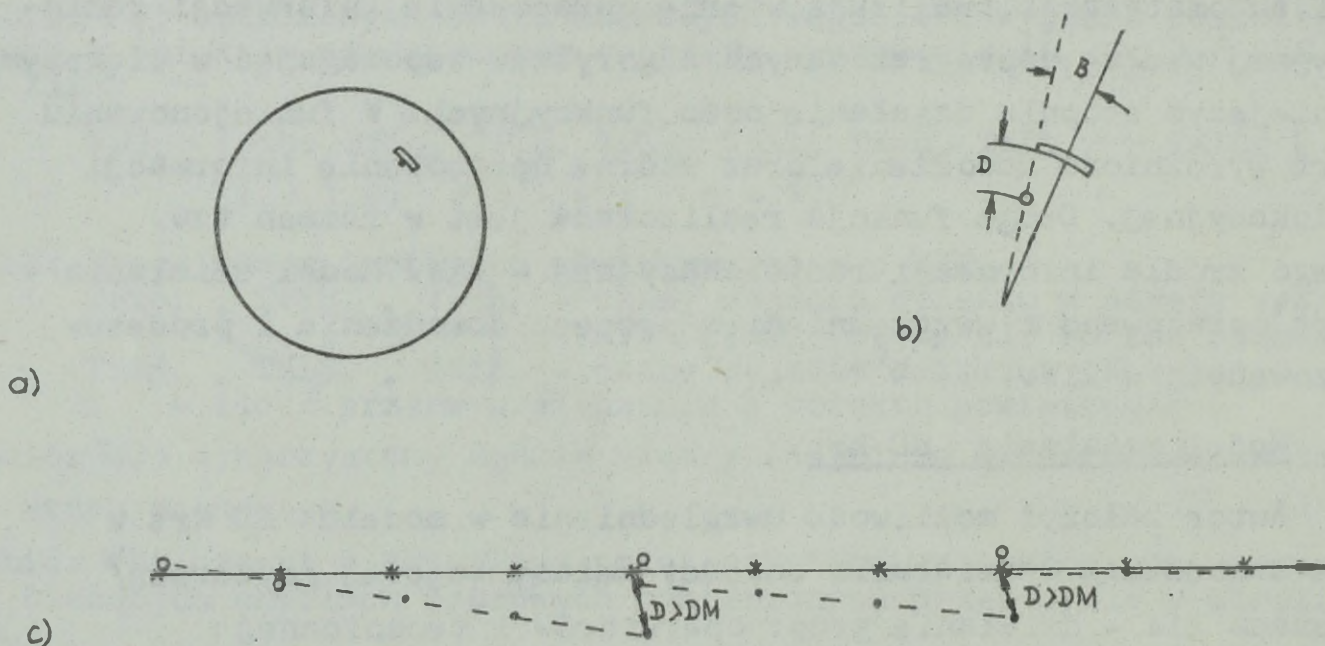
3.4.1. Model działania SD krt.

Autor założył możliwość uwzględnienia w modelu SD krt w ramach dowodzenia - działanie dowódcy zmiany bojowej /dyżurnej/ a w ramach ZIW - działanie grup: operatorów i technicznej oraz stosowane w obiektach automatyzacji algorytmy wtórnego opracowania informacji radiolokacyjnej.

Uwzględnienie w modelu działania dowódcy obejmować będzie możliwe do wydawania przez niego decyzje dotyczące: pracy podległych ZIP, opracowania informacji na SD oraz przekazywania informacji.

Uwzględnienie w modelu działania operatorów wymaga dodatkowych wyjaśnień. W opracowaniu wtórnym informacji radiolokacyjnej mogą być wykorzystane algorytmy półautomatycznego lub automatycznego inicjowania i śledzenia trasy.

Inicjowanie automatyczne /w urządzeniu MAW/ następuje natychmiast po wykryciu obiektu, półautomatyczne natomiast z opóźnieniem uzależnionym od charakterystyki operatora - tabela 3.1. W śledzeniu półautomatycznym operator tzw. korektę musi lub może wprowadzać co okres opromieniowania obiektu przez RLS. W algorytmach nie wymagających korekty co okres opromieniowania autor przyjął, że dyskretność jej wprowadzania może być narzucona przez dowódcę, a jeśli nie, to jest ona zmienną losową o rozkładzie wykładniczym^x i określonych typem operatora parametrach. Autor przyjął również, że wprowadzenie korekty niezależnie od powyższych ustaleń wymuszone będzie przekroczeniem dopuszczalnej rozbieżności między wartością ekstrapolowaną a echem - rys. 3.9.c. W śledzeniu półautomatycznym operator wprowadza korektę z błędem w odległości D , azymucie B i wysokości H . Błędy te autor w oparciu o własną obserwację oraz opinię ekspertów^{xx} przyjął jako zmienne losowe o rozkładzie normalnym odpowiednio: $N / DSo; ODo/;$ $N / O, OBo/;$ $N / O, OHo/.$



Rys. 3.9. Półautomatyczne śledzenie trasy obiektu powietrznego.
 a/ poprawne zgranie markera z echem, b/ położenie obiektu pomierzone przez operatora, c/ wprowadzanie korekt przez operatora.
 x - położenie rzeczywiste; o - wprowadzone przez operatora;
 • - wyznaczone automatycznie.

x Podany rozkład przyjęto po konsultacji w WITU oraz WII filii Nr 1.
 xx Jak wyżej.

Wartości średniego błędu oraz odchyłeń standardowych podaje tabela 3.1.^x

Tabela 3.1.

Lp.	Parametr	Wyszkolenie operatora		
		NOW-1 /bardzo dobre/	NOW-2 /dobre/	NOW-3 /dostateczne/
1.	DS [km]	0	0,1	0,3
2.	OD [km]	0,2	0,4	0,6
3.	OB [min]	15	30	45
4.	OH [km]	0,1	0,2	0,3
5.	DM [km]	2	4	10
6.	T1 [s]	20	30	40
7.	PZ	0,05	0,1	0,2
8.	KO [ilość/ min]	8	7	6
9.	KP [ilość/ min]	5	4	3
10.	FH [ilość/ min]	7	5	4

W układach automatycznego śledzenia błędy powyższe są równe zeru, a dyskretność wprowadzania korekt równa okresowi opromieniowania przez RLS.

Działanie obsługi technicznych w ramach ZIW autor uwzględnił poprzez możliwe w wyniku ich niewłaściwej pracy błędy określania współrzędnych.

Błędy te można rozpatrywać jako niewłaściwe zogniskowanie zobrażenia na wskaźniku oraz nieliniowość podstawy czasu. Błędy wynikające z niewłaściwego zogniskowania plamki są bardzo małe [65], dlatego zostały pominięte. Autor przyjął równomierny rozkład błędów /w podanym procentowym przedziale/ wynikających z nieliniowości podstawy czasu.

Po analizie autor wyróżnił cztery stosowane obecnie algorytmy wtórnego opracowania informacji tzn. AW1 - w obiektach RPT-11 i RPT-21, AW2 - w obiektach RPT-10 i RPT-20, AW3 - w obiektach RPT-10 i RPT-20 z wykorzystaniem MAW, i AW4 - w obiektach WP-01M i WP-02M.

^x Dane w tabeli opracowano na podstawie [34, 38] oraz własnych obserwacji i badań. Oznaczenia w tabeli jak w zbiorze ID16.

3.4.2. Logiczna sieć działania w symulacji SD krt

Dane wejściowe do symulacji SD krt zawarte są w zbiorach D14, D15, D16 i W04. Zbiór D14 zawiera dane charakteryzujące dowodzenie ze SD krt.

$$D14 = \{ WRPW, TRPW, HGRPW, PPCHi, AWi, ZPWi, FDWi, FHWi, KPWi \};$$

$i = 1, J; w = 1, W$

gdzie: WRPW - znacznik wykorzystania P ZIP /0 lub 1/,
TRPW - znacznik włączenia układu TES w P ZIP /0 lub 1/,
HGRPW - wybór wysokości granicznej w P ZIP /1 do 9/,
PPCHi - prawdopodobieństwo poprawnego określenia charakterystyk i trasy,
AWi - wybór algorytmu opracowania informacji dla i trasy / z dysponowanych/,
ZPWi - decyzja przekazania pelengu o i trasie,
FDWi - nakazana częstotliwość wprowadzania korekt we współrzędnych płaskich dla i trasy,
FHWi - nakazana częstotliwość pomiaru wysokości dla i trasy,
KPWi - nakazane kierunki przekazywania informacji o i trasie.

Zbiór D15 zawiera dane charakteryzujące ZIW

$$D15 = \{ NW, NPW, XW, YW, LW, BW, RDW, RHW, NDW, NHW, NOW, AW \}; \quad W = \overline{1, W}$$

gdzie: NW - numer ZIW /nr SD krt/,
NPW - numery ZIP współpracujących z W ZIW,
XW, YW, LW, BW - współrzędne ZIW odpowiednie topograficzne i geograficzne,
RDW, RHW - zakres zobrazowania informacji we współrzędnych płaskich i wysokości,
NDW, NHW - nieliniowość procentowa podstawy czasu na wskaźniku współrzędnych płaskich i wysokości,
NOW - numery operatorów "pracujących" w ZIW,
AW - algorytm /lub algorytmy/ wtórnego opracowania informacji radiolokacyjnej w ZIW.

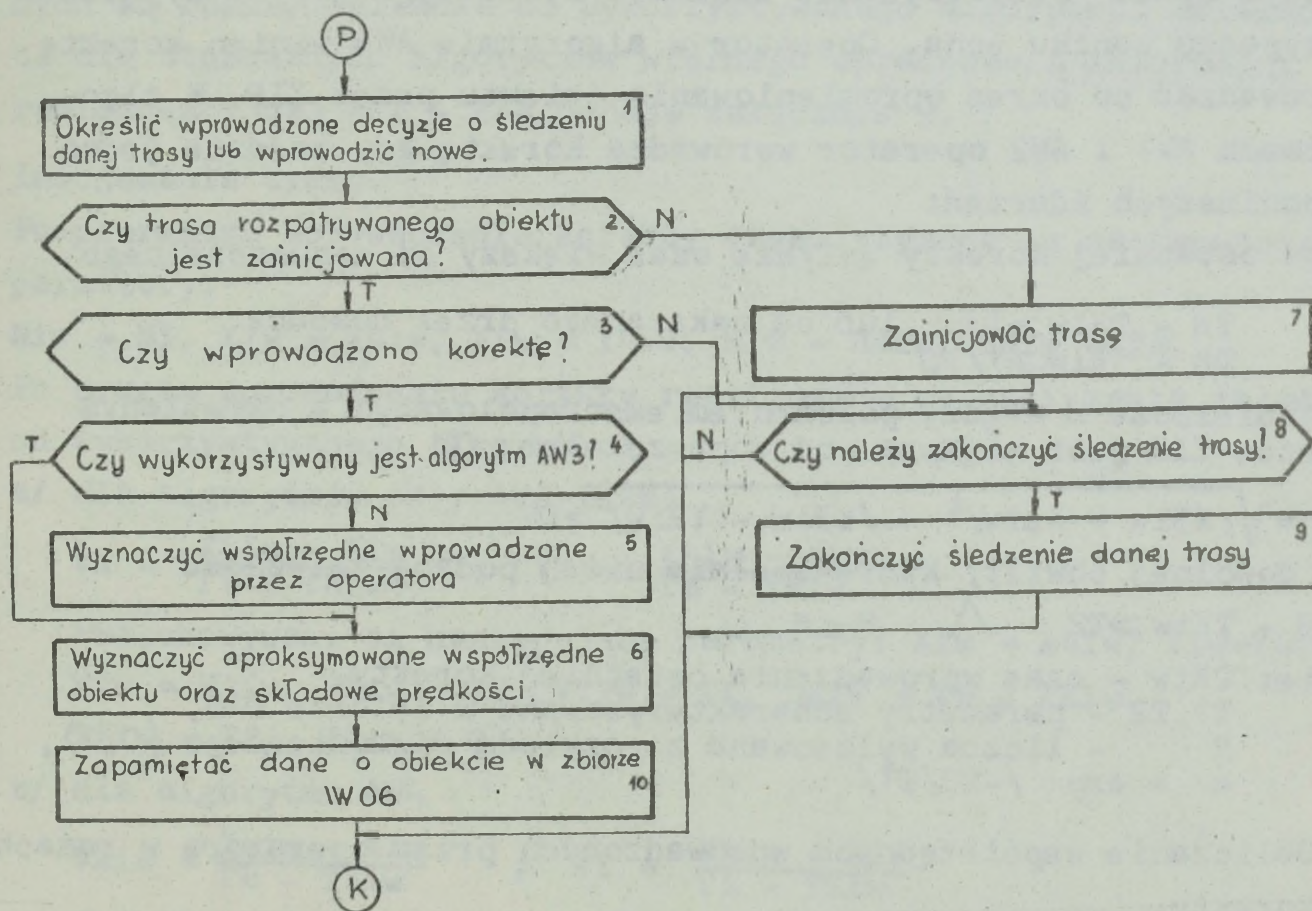
Zbiór D16 zawiera dane charakteryzujące operatorów w ZIW

$$D16 = \{ NO, DS, OD, OB, OH, T1, T2, T3, T4, DM, PZ, KO, FH \}; \quad O = \overline{1, 0}$$

gdzie: NO - numer operatora,
DS - średnia wartość błędu operatora w odległości,
OD, OB, OH - odchylenia standardowe błędów operatora w D, B, H,
T1, T2, T3 - czasy między korektami odpowiednio: średni, minimalny i maksymalny,
T4 - maksymalny czas zaniku echa po którym zostaje zerwana trasa,
DM - rozbieżność w odległości, powyżej której operator wprowadza korektę,
PZ - prawdopodobieństwo zerwania trasy przez operatora po jednym zaniku echa,
KO - średnia liczba obiektów /pelengów/ możliwych do inicjowania w jednostce czasu,
FH - częstotliwość pomiaru wysokości.

Zbiór WO4 zawiera dane o aktualnym położeniu wykrytych obiektów powietrznych przez ZIP i został scharakteryzowany w punkcie 3.3.2. Danymi wejściowymi do symulacji działania SD krt jest też TC i TB. Efektem symulacji działania SD krt jest zbiór danych wyjściowych WO6 charakteryzujący aktualne położenie śledzonych przez ZIW obiektów powietrznych.

Schemat symulacji działania SD krt przedstawia rys. 3.10. Rozpatrywanie tego schematu realizowane jest po każdym zdarzeniu znalezienia się obiektu powietrznego w przestrzeni przeszukiwanej przez ZIP w danym cyklu symulacji i spełnieniu warunków jego wykrycia przez ZIP. Przedstawione na schemacie bloki realizują swoje funkcje w następujący sposób.



Rys. 3.10. Schemat symulacji SD krt

1. Określenie decyzji o śledzeniu trasy danego obiektu.

Dla śledzonej trasy można wprowadzić decyzje dotyczące: przekazywania pelengu, częstotliwości wprowadzania korekt i pomiaru wysokości.

Decyzje te sterują procesem opracowania informacji danej trasy.

2. Badanie, czy trasa jest zainicjowana.

Inicjacja trasy następuje po pierwszym wprowadzeniu dla niej danych /korekty/. W algorytmie AW3 inicjacja trasy następuje po pierwszym wykryciu obiektu, w pozostałych algorytmach /inicjacja półautomatyczna/ wówczas, gdy spełniona jest zależność:

$$R < \frac{1}{WT} \cdot KO$$

gdzie: R - liczba wylosowana z rozkładu równomiernego $\langle 0,1 \rangle$,
WT, KO - parametry scharakteryzowane w zbiorach D12 i D16.

3. Badanie, czy wprowadzono korektę.

Przy braku korekty sprawdzane są tylko warunki zakończenia śledzenia trasy. W algorytmie AW3 korekta wprowadzona jest w każdym cyklu rozpatrywania schematu symulacyjnego, za wyjątkiem przypadku zaniku echa. Operator w algorytmie AW4 winien korektę wprowadzać co okres opromieniowania obiektu przez ZIP. W algorytmach AW1 i AW2 operator wprowadza korektę gdy zajdzie jedno z poniższych zdarzeń:

- od ostatniej korekty upłynie czas większy od dopuszczalnego

$$TB - TK_{iw} \geq T_{30}, \text{ lub od nakazanego przez dowódcę} \\ TB - TK_{iw} \geq 1/FD$$

- rozbieżność D między położeniem ekstrapolowanym a określonym przez ZIP jest większa od dopuszczalnej DM.

$$D = \sqrt{X_{3iw} - X_{Eiw}/2 + Y_{3iw} - Y_{Eiw}/2} \geq DM$$

- w dowolnej chwili, która spełnia niżej podaną zależność

$$TB - TK_{iw} \geq T2 \quad \wedge \quad R \leq a$$

gdzie: TK_{iw} - czas wprowadzenia ostatniej korekty,
 $T1, T2$ - parametry scharakteryzowane w zbiorze D16,
R - liczba wylosowana z rozkładu równomiernego $\langle 0,1 \rangle$,
 $a = \exp \{-TC/T1\}$

4. Obliczanie współrzędnych wprowadzonych przez operatora w ramach korekty.

Wprowadzone ze wskaźnika w sposób półautomatyczny współrzędne obarczone są błędami. Błędy te składają się z błędów operatora i błędów nieliniowości podstawy czasu /wynikłej z niewłaściwego działania obsług technicznych/. Błędy te są niezależne.

Współrzędne obiektu powietrznego zobrazowane na ekranie wskaźnika z uwzględnieniem błędów nieliniowości podstawy czasu określa się z zależności:

$$R_{3iw}' = R_{3iw} + R_{NDW} \cdot \frac{NDW}{100} /2R-1/; H_{3iw}' = H_{3iw} + R_{NHW} \cdot \frac{NHW}{100} /2R-1/$$

gdzie: R - liczba wylosowana z rozkładu równomiernego $\langle 0,1 \rangle$,
RDW, RHW, R3iw, H3iw, NDW, NHW - parametry scharakteryzowane
w zbiorach W04 i D15.

Wartość współrzędnych wprowadzonych przez operatora wyznacza się
z zależności:

$$R4iw = R3iw + DS + DO; B4iw = B3iw + BO; H4iw = H3iw + HO$$

a odpowiadające im współrzędne prostokątne

$$X4iw = R4iw \cdot \sin B4iw; Y4iw = R4iw \cdot \cos B4iw$$

gdzie: DS - parametr scharakteryzowany w zbiorze D16,
DO, BO, HO - wartości przypadkowych błędów operatora, będących
realizacją zmiennej losowej o rozkładzie $N(0, \sigma^2)$
i odchyleniu standardowym: OD, OB, OH ze zbioru D16.

5. Obliczanie aproksymowanych współrzędnych położenia i składowych
prędkości.

Zależności matematyczne dla obliczania aproksymowanych współrzęd-
nych są różne, zależnie od wykorzystywanego algorytmu. Zależności
te dla stosowanych algorytmów wtórnego opracowania informacji
radiolokacyjnej AW1 ÷ AW4 podaje załącznik 9.

6. Inicjowanie trasy.

Po pierwszym wprowadzeniu korekty zapamiętywane są następujące
parametry:

$$Ni = Ni, Xi = X4iw, Yi = Y4iw, Hi = H4iw, TKi = TB.$$

Po drugim wprowadzeniu korekty realizowane są obliczenia zależnie
od wykorzystywanego algorytmu:

a/ dla algorytmów AW1, AW2 i AW3

$$VX = \frac{X4iw - Xi}{TB - TKi}; VY = \frac{Y4iw - Yi}{TB - TKi}$$

Przechowywane są następujące parametry: $Xi = X4iw, Yi = Y4iw,$

$$Hi = H4iw, VXi = VX, VYi = VY, DKi = TB - TKi,$$

$$TKi = TB, TTi = 0$$

b/ dla algorytmu AW4

$$VXi = \frac{X4iw - Xi}{TB - TKi}; VY = \frac{Y4iw - Yi}{TB - TKi}$$

Przechowywane są następujące parametry: $X4iw-1 = X4iw,$

$$Y4iw-1 = Y4iw, VXi = VX, VYi = VY, Hi = H4iw,$$

$$TKi = TB, TTi = 0$$

7. Badanie, czy spełnione są warunki zakończenia śledzenia danej trasy.

Śledzenie trasy przerywa się, jeżeli spełniona jest zależność:

$$TB - TK_{iw} \geq T_4 \quad \vee \quad \sum_n PZ > R$$

gdzie: R - liczba wylosowania z rozkładu równomiernego $\langle 0,1 \rangle$,
 n - ilość kolejnych okresów obserwacji, w których nie wykryto obiektu powietrznego,
 PZ, T_4 - parametry scharakteryzowane w zbiorze D16.

8. Zerwanie śledzenia trasy.

Po spełnieniu warunków zerwania trasy podanych w punkcie 6

w zbiorze W06 zapisuje się: $N_{iw} = X_{iw} = Y_{iw} = H_{iw} = VX_{iw} = VY_{iw} = 0$

9. Formowanie zbioru danych wyjściowych.

Zbiorem wyjściowym jest uporządkowany wektor

$$W06 = \{ N_{iw}, X_{iw}, Y_{iw}, H_{iw}, X_{iw-1}, Y_{iw-1}, VX_{iw}, TK_{iw}, ZP_{iw}, TT_{iw} \}$$

gdzie: N_{iw} - numer obiektu w W ZIW,
 $X_{iw}, Y_{iw}, VX_{iw}, VY_{iw}$ - współrzędne położenia i składowe prędkości aproksymowe na chwilę TK_{iw} ,
 TK_{iw}, DK_{iw} - odpowiednio czas ostatniej korekty i czas między dwoma korektami,
 ZP_{iw} - znacznik pelengu danego obiektu powietrznego,
 TT_{iw} - czas przekazania ostatniego meldunku o i trasie.

3.5. SYMULACJA DZIAŁANIA PODSYSTEMU ŁĄCZNOŚCI

Wykorzystując wnioski z analizy podsystemu łączności /punkt 2.2.3./ w modelu rozpatrywane będzie przekazanie informacji telekodowych wypracowanych w aparaturze automatyzacji na SD.

Autor w rozpatrywanym modelu wprowadził określenie "przekazywanie danych", które obejmowało będzie elementy nadawcze i odbiorcze informacji telekodowych w aparaturze automatyzacji na SD oraz linie łączności. Dane między SD przekazywane są w postaci zakodowanych zestawów informacji o określonej strukturze [62] .

Przekazywanie danych ze ZIW na SD krt oraz ZIZ na SD brt jest podobne dlatego też rozpatrzone zostanie łącznie.

3.5.1. Model przekazywania danych.

Przekazywanie danych ze źródeł informacji /ZIW, ZIZ/ na SD odbywa się cyklicznie. W modelu przekazywania danych autor uwzględnił: cykliczność, prędkość i dyskretność przekazywania współrzędnych, sposoby przygotowania danych do przekazania w różnych algorytmach AW /AZ/, kierunki przekazywania i odbioru danych oraz zakłócenia w kanałach łączności.

3.5.2. Logiczna sieć działania w symulacji przekazywania danych.

Wielkości wejściowe do symulacji przekazywania danych zawarte są w zbiorach D17, W06 i W09.

Zbiór D17 określa strukturę organizacyjno-informacyjną systemu

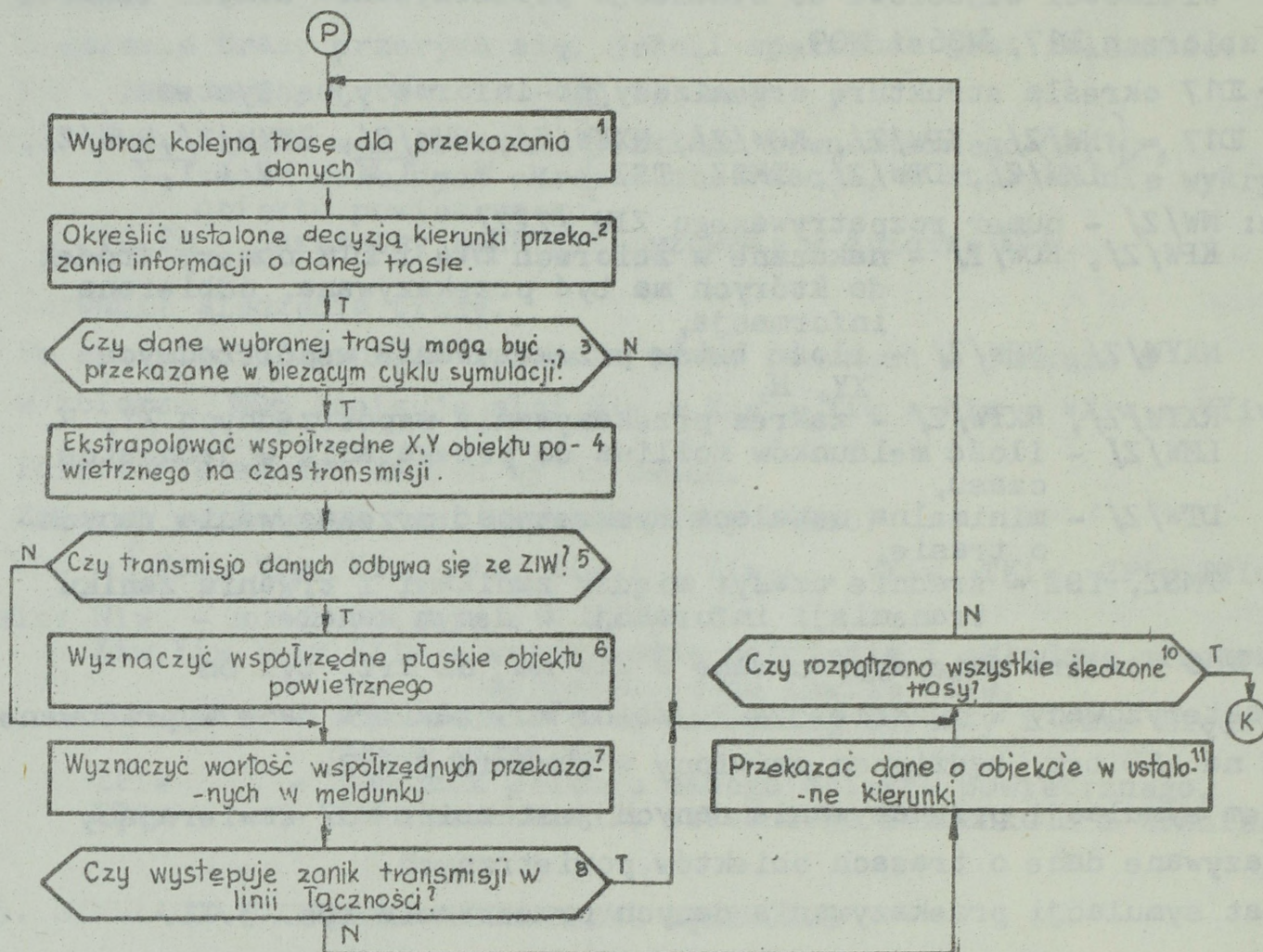
$$D17 = \{ NW/Z/, KPW/Z/, KOW/Z/, NXYW/Z/, NHW/Z/, RXYW/Z/, RHW/Z/, LMW/Z/, DTW/Z/, TMSZ, TSZ \}; \quad W = \overline{1, W}; \quad Z = \overline{1, Z}$$

gdzie: NW/Z/ - numer rozpatrywanego ZIW /Z/Z/
KPW/Z/, KOW/Z/ - nakazane w zbiorach D14 i D18 numery źródeł do których ma być przekazywana, odbierana informacja,
NXYW/Z/, NHW/Z/ - ilość bitów przekazywania współrzędnych XY, H,
RXYW/Z/, RXYW/Z/ - zakres przekazywania współrzędnych XY, H,
LMW/Z/ - ilość meldunków możliwa do przekazania w jednostce czasu,
DTW/Z/ - minimalna ustalona dyskretność przekazywania danych o trasie,
TMSZ, TSZ - średnie czasy: między zanikami i trwania zaniku transmisji informacji w danym kanale.

Zbiór W06 zawiera dane wypracowane w ZIW na SD krt, był on scharakteryzowany w punkcie 3.4.2. Zbiór W09 zawiera dane wypracowane w ZIZ na SD brt, będzie on omówiony w punkcie 3.6.2.

Efektym symulacji przekazywania danych jest zbiór W07 zawierający przekazywane dane o trasach obiektów powietrznych.

Schemat symulacji przekazywania danych przedstawia rys. 3.11.



Rys. 3.11. Schemat symulacji przekazywania danych.

Przedstawione na rys. 3.11. bloki realizują swoje funkcje w następujący sposób.

1. Wybór numeru trasy do przekazywania.

Do przekazywania wybrana jest trasa według zasady najdłuższego czasu oczekiwania na transmisję tzn.

$$\min T_{Tiw}(z) \wedge /TB - T_{Tiw}(z) / \geq DT$$

gdzie: $T_{Tiw}(z)$, DT - parametry scharakteryzowane w zbiorach D17 i W06

W algorytmie AW4 dodatkowym warunkiem jest wprowadzenie korekty przez operatora w czasie po ostatniej transmisji. Warunek ten wymagany jest również w odniesieniu do źródła priorytetowego w algorytmie AZ5^x, w którym możliwa jest jednak w tym przypadku jednorazowa transmisja po czasie 18 s od ostatniego meldunku ze ZIW.

x Algorytm AZ5 wyjaśniony będzie w punkcie 3.6.2.

2. Określenie kierunku przekazywania danych.

Dane o rozpatrywanej trasie przekazywane są w kierunku ustalone decyzją w zbiorach D14 i D18.

3. Badanie, czy dane mogą być przekazane w danym cyklu symulacji.

Dane mogą być przekazane jeśli:

$$LM \leq LMW/Z/ \cdot TC$$

gdzie: LM - ilość meldunków przekazana kanałem transmisji w danym cyklu symulacji,

LMW/Z/ - parametr scharakteryzowany w zbiorze D17.

4. Obliczanie płaskich współrzędnych akstrapolowanych na czas przekazania

$$XE_{iwz} = X_{iw}(z) + VX_{iw}(z)/TB' - TK_{iz}/ ; YE_{iw}(z) = Y_{iw}(z) + VX_{iw}(z) \cdot /TB' - TK_{iz}/$$

gdzie: $X_{iw}(z)$, $Y_{iw}(z)$, $VX_{iw}(z)$, $VY_{iw}(z)$ - parametry rozpatrywanej trasy,

TB' - czas bieżący z uwzględnieniem czasu transmisji w linii.

5. Wyznaczanie płaskich współrzędnych.

W ZIW opracowywane są współrzędne bezpośrednie do obiektu powietrznego /pochyłe/. Dla jednoznaczności opracowania na dalszych etapach współrzędne te przeliczane są na płaskie według zależności:

$$XE_{Piw} = XE_{iw} \sqrt{1 - \frac{H^2_{iw}}{XE^2_{iw} + YE^2_{iw}}} ; YE_{Piw} = YE_{iw} \sqrt{1 - \frac{H^2_{iw}}{XE^2_{iw} + YE^2_{iw}}}$$

W ZIZ nie realizuje się tego przeliczenia.

6. Wyznaczenie współrzędnych w przekazywanym meldunku.

$$XP_{iw} = E / \frac{XE_{Piw}}{WXY} + 0,5 / WXY ; YP_{iw} = E / \frac{YE_{Piw}}{WXY} + 0,5 / WXY ;$$

$$HP_{iw} = E / \frac{H_{iw}}{WH} + 0,5 / WH$$

$$\text{gdzie: } WXY = \frac{2RXY}{2^{NXY-1}} ; WH = \frac{RH}{2^{NH-1}}$$

RXY, RH, NXY, NH - parametry scharakteryzowane w zbiorze D17,
E /z/ - część całkowita liczby z.

7. Badanie, czy transmisja w danym kanale jest w zaniku.

Transmisja jest w zaniku jeśli zaszło zdarzenie wykrycia początku zaniku

$$R \leq \exp / - TSMZ/TC/.$$

Koniec zaniku wystąpi wówczas, gdy zajdzie zdarzenie

$$R \leq \exp / - TC/TSZ/$$

gdzie: R - liczba wylosowana z rozkładu równomiernego $\langle 0,1 \rangle$,
TSMZ, TSZ - parametry scharakteryzowane w zbiorze D17.

8. Wyznaczenie zbioru przekazywanych danych.

Zbiór przekazywanych danych W07 jest następujący:

$$W07 = \{N_{iw}(z), X_{Piw}(z), Y_{Piw}(z), H_{Piw}(z), Z_{Piw}(z), T_{Tiw}(z)\} ; i=\overline{1, J}$$

gdzie: $N_{iw}(z)$ - numer meldunku o i obiekcie,
 $X_{Piw}(z), Y_{Piw}(z), H_{Piw}(z)$ - przekazywane współrzędne,
 $Z_{Piw}(z), T_{Tiw}(z)$ - parametry scharakteryzowane w zbiorze W06.

3.6. SYMULACJA DZIAŁANIA SD brt.

SD brt jest elementem podsystemu zautomatyzowanych SD.

Obejmuje ono z punktu widzenia problemu badawczego urządzenia automatyzacji oraz zespoły osób funkcyjnych /dowodzenia, techniczny / działające na SD brt /za wyjątkiem elementów które dotyczą miejscowej krt/. W zespole dowodzenia ze względu na realizowane funkcje można wydzielić dowódcę brt /zmiany/ i grupę operacyjną. Środki automatyzacji realizują zbiorcze opracowanie informacji radiolokacyjnej według zaprogramowanych algorytmów wspomagając lub w niektórych operacjach zastępując działanie osób funkcyjnych. SD brt zabezpiecza dowodzenie podległymi siłami i środkami, zbiór i przeliczanie współrzędnych informacji radiolokacyjnej oraz zbiorcze opracowanie tej informacji. Dwie ostatnie funkcje realizowane są w ramach źródła informacji zbiorczej-ZIZ. Model działania został opracowany z uwzględnieniem procesu dowodzenia oraz procesów realizowanych w ZIZ.

3.6.1. Model działania SD brt.

Autor uwzględnił w modelu SD brt w ramach dowodzenia działanie dowódcy brt /zmiany/. W ramach ZIZ zaś działanie grup: operacyjnej i technicznej, procesy przeliczania współrzędnych oraz stosowane w obiektach automatyzacji algorytmy opracowania informacji.

Uwzględnienie w modelu działania dowódcy brt /zmiany/ obejmuje możliwe do wydawania przez niego decyzje dotyczące działania podległych SD krt, opracowania informacji na SD brt, radiolokacyjnego zabezpieczenia AŚO oraz przekazywania informacji radiolokacyjnej.

Grupa operacyjna w modelu uwzględniona jest w ramach procesów: inicjowania i śledzenia torów obiektów powietrznych /w oparciu o meldunki ze ZIW/, dopisywania charakterystyk do śledzonych tras oraz kierowania procesem zbiorczego opracowania informacji.

Uwzględnienie ostatniego procesu obejmuje: określenie sposobów inicjacji trasy, wybór lub zmiana źródła priorytetowego /w algorytmach z wyborem reprezentanta/, kojarzenie tras i ich likwidacja. Inicjacja automatyczna trasy w modelu ZIZ realizowana jest automatycznie na podstawie meldunku o danym obiekcie, który wiadomo a priori, że nie dotyczy śledzonych dotychczas tras. W inicjacji półautomatycznej uwzględniane są możliwości osób funkcyjnych grupy operacyjnej podane w tabeli^x 3.2.

Tabela 3.2.

Lp.	Parametr	Wyszkolenie osób funkcyjnych		
		NOZ-1 /b.dobre/	NOZ-2 /dobre/	NOZ-3 /dostateczne/
1.	LJT [ilość/min]	8	7	6
2.	LJP [ilość/min]	5	4	3
3.	PZP	0,4	0,3	0,2
4.	PPCH	1	0,95	0,9

Grupa techniczna uwzględniona jest w modelu w postaci możliwych do wystąpienia błędów opracowania informacji w wyniku niewłaściwego przygotowania aparatury. Inne wielkości charakteryzujące tą grupę uwzględnione są w ocenie potencjału badanego systemu. Z możliwych do wystąpienia błędów charakteryzujących grupę techniczną uwzględniono błędy przeliczania współrzędnych.

W modelu przeliczanie współrzędnych płaskich o położeniu obiektu powietrznego otrzymanych ze ZIW krt terenowych realizowane jest według zależności wyprowadzonych w załączniku 10. W zależnościach tych występują stałe wzorcowania^{xx} / X_0 , Y_0 , z_0 / zależne od miejsc dyslokacji współpracujących SD. Poprawne określenie tych stałych /realizowane przez grupę techniczną/ jest trudne. Metody określania stałych wzorcowania oraz wykorzystywane w nich zależności matematyczne podaje załącznik 11. Błędy określania stałych wzorcowania wynikają z wykorzystania uproszczonych zależności matematycznych, niedokładności dowiązania topograficznego SD jak również z przybliżonego odwzorowania powierzchni ziemi na mapie.

x Dane w tabeli opracowano na podstawie [34, 38] oraz własnych obserwacji i badań. Oznaczenia w tabeli jak w zbiorze D20.

xx Problematykę wzorcowania opracował autor w pozycji "Bezoblotowe metody wzorcowania ZtSD" WOSR, Jelenia Góra 1974 r. Autor opracował również program komputerowy WZORCOWANIE wykorzystywany w procesie dydaktycznym i do badań błędów wzorcowania.

Przykładowy przebieg tych błędów uzyskany ze wstępnych badań prowadzonych w WOSR^x przedstawia załącznik 12. Błędy wzorcowania dla poszczególnych kierunków odbioru informacji autor uwzględnił w modelu jako błędy systematyczne w odpowiednich współrzędnych.

Opracowany model SD brt uwzględnia stosowane obecnie algorytmy zbiorczego opracowania informacji radiolokacyjnej. Po analizie autor wyróżnił siedem stosowanych obecnie algorytmów podzielonych na dwie grupy:

- algorytmy z półautomatycznym inicjowaniem tras: AZ1 - w obiekcie RPT-21, AZ3 - w obiekcie RPT-20, AZ5 - w obiekcie WP-02M, AZ5 - w obiekcie PORI,
- algorytmy z automatycznym inicjowaniem tras: AZ2 - w obiekcie RPT-21, AZ4 - w obiekcie RPT-20, AZ7 - w obiekcie PORI.

3.6.2. Logiczna sieć działania w symulacji SD brt.

Dane wejściowe do symulacji SD brt zawarte są w zbiorach D18, D19, D20 i W07.

Zbiór D18 zawiera dane charakteryzujące dowodzenie ze SD brt.

$$D18 = \{ WWZ, DWi, DZi, AZi, KPZi, KOZ \}; \quad i = \overline{1, J}$$

gdzie: WWZ - znacznik wykorzystania W ZIW /0 lub 1/,
DWi - znacznik przekazywania i trasy z W ZIW /0 lub 1/,
DZi - znacznik śledzenia i trasy w Z ZIZ /0 lub 1/,
AZi - decyzja o wykorzystaniu określonego algorytmu w śledzeniu i trasy,
KOZ, KPZi - nakazane kierunki odpowiednio odbioru informacji, przekazywania informacji o i trasie.

Zbiór D19 zawiera dane charakteryzujące ZIZ

$$D19 = \{ NZ, NWZ, XZ, YZ, LZ, BZ, RXYZ, RHZ, NOZ, AZ, BWX_o, BWY_o, BWL_o \}; \quad Z = \overline{1, Z}$$

gdzie: NZ - numer ZIZ /nr SD brt/,
NWZ - numery ZIW współpracujących z Z ZIZ,
XZ, YZ, LZ, BZ - współrzędne ZIZ odpowiednio topograficzne i geograficzne,
RXYZ, RHZ - zakres zobrazowania informacji w ZIZ w odpowiednich współrzędnych,
NOZ - numery oficerów operacyjnych "pracujących" w ZIZ,
AZ - dysponowane algorytmy zbiorczego opracowania informacji,
BWX_o, BWY_o, BWL_o - błędy stałych wzorcowania dla danych kierunków W ZIW..

x Problematyką tą zajmuje się J. Gajda. Obecne wstępne wyniki badań pozwalają określić błędy stałych wzorcowania.

Zbiór D20 zawiera dane charakteryzujące grupę operacyjną na SD brt,

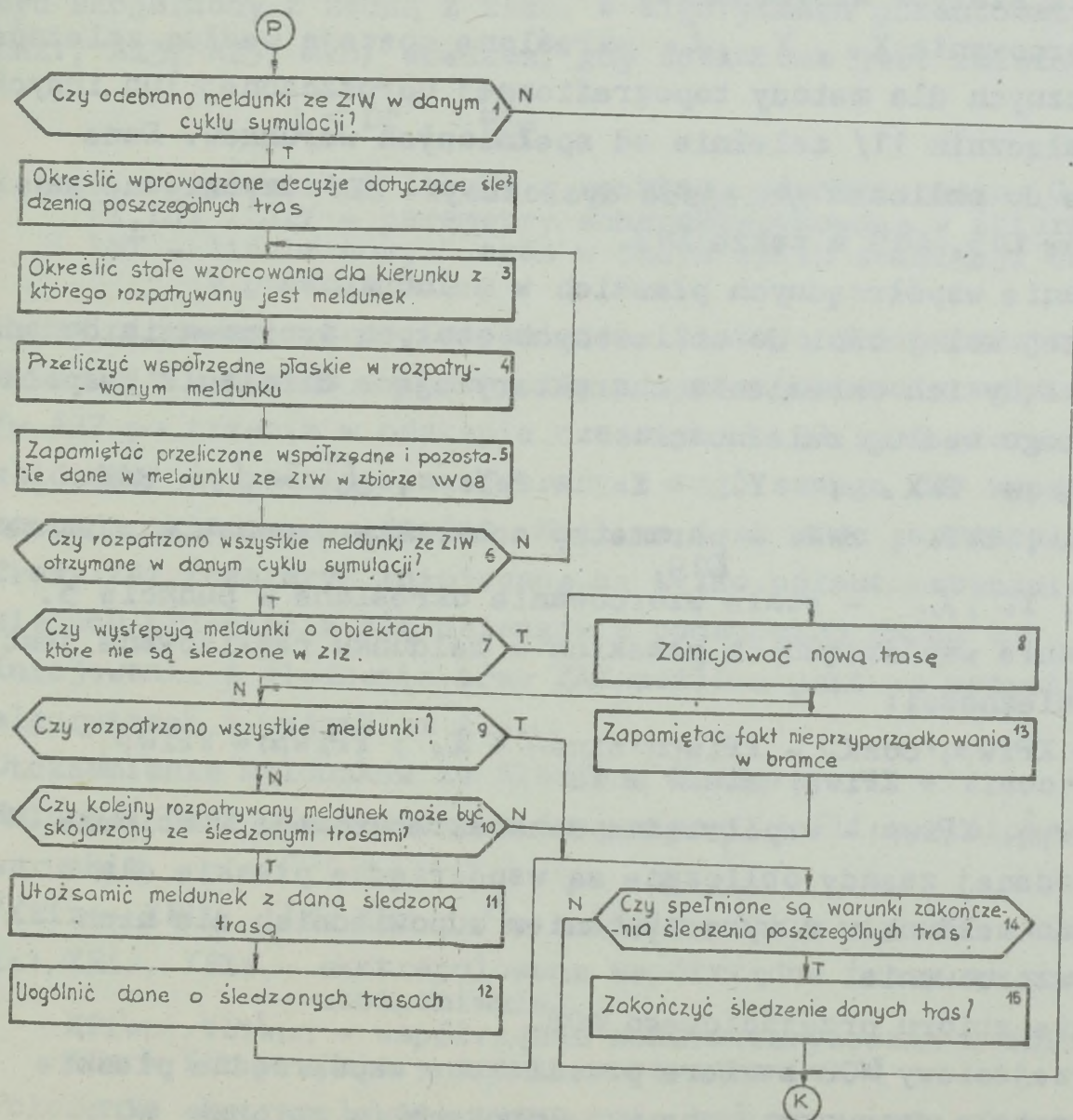
$$D20 = \{ NOZ, LJT, LJP, PZP, PPCH \}$$

gdzie: NOZ - numer oficera operacyjnego,
LJT, LJP - liczba inicjowanych tras /pelengów/ według informacji ze ZIW w jednostce czasu,
PZP - prawdopodobieństwo zmiany źródła priorytetowego po jednym zaniku meldunku,
PPCH - prawdopodobieństwo poprawnego wykorzystania danych ze ZIW i innych źródeł o charakterystykach śledzonych tras.

Zbiór W07 zawiera dane z meldunku przekazanego ze ZIW, był on scharakteryzowany w punkcie 3.5.2. Danymi wejściowymi są też TB i TC.

Efektom pracy modułu SD brt są zbiory W08 i W09.

Schemat symulacji działania SD brt przedstawia rys. 3.12.



Rys. 3.12. Schemat symulacji SD brt.

Rozpatrywanie przedstawionego schematu realizowane jest jednokrotnie w każdym cyklu symulacji. Przedstawione na schemacie bloki realizują swoje funkcje w następujący sposób.

1. Badanie, czy odebrano meldunki w dawnym cyklu symulacji.

Przy braku meldunków nie są realizowane żadne procesy w rozpatrywanym schemacie. Odebrane meldunki łącznie z czasem odbioru są podstawą dla zbiorczego opracowania informacji.

2. Określenie decyzji dotyczących śledzonych tras.

Dla poszczególnych tras można wprowadzać następujące decyzje: śledzenie trasy metodą namiarów /ZAZ/, zakazu śledzenia i kierunki przekazywania informacji.

Decyzje te będą sterowały procesem dalszego opracowania informacji o poszczególnych trasach.

3. Określenie stałych wzorcowania.

Stałe wzorcowania X_0 , Y_0 , \mathcal{L}_0 określone zostają według zależności matematycznych dla metody topograficznej uproszczonej lub innych metod /załącznik 11/ zależnie od spełnionych warunków. Dane wejściowe do obliczeń /miejsca dyslokacji SD/ uzyskiwane są ze zbiorów D15, D19 a także D17.

4. Przeliczanie współrzędnych płaskich w meldunku.

W pierwszej kolejności do obliczonych stałych wzorcowania dodane zostają błędy ich określenia charakteryzujące działanie zespołu technicznego według zależności:

$$X'_0 = X_0 + BWX_0 ; Y'_0 = Y_0 + BWY_0 ; \mathcal{L}'_0 = \mathcal{L}_0 + BW\mathcal{L}_0$$

gdzie: BWX_0 , BWY_0 , $BW\mathcal{L}_0$ - parametry scharakteryzowane w zbiorze D19,

X_0 , Y_0 , \mathcal{L}_0 - stałe wzorcowania określone w punkcie 3.

Przeliczanie współrzędnych płaskich z meldunku realizowane jest według zależności:

$$X_{Piw}(z) = X_{Piw}(z) \cdot \cos \mathcal{L}'_0 - Y_{Piw}(z) \cdot \sin \mathcal{L}'_0 + X_0 ; Y_{Piw}(z) = Y_{Piw}(z) \cdot \cos \mathcal{L}'_0 + X_{Piw}(z) \cdot \sin \mathcal{L}'_0 + Y_0$$

gdzie: $X_{Piw}(z)$, $Y_{Piw}(z)$ - współrzędne scharakteryzowane w zbiorze D17.

Według podanej zasady obliczane są współrzędne płaskie dla wszystkich meldunków z wykorzystaniem odpowiednich dla nich stałych wzorcowania.

5. Formowanie zbioru przejściowego W08.

Zbiór przejściowy W08 zawiera przeliczone współrzędne płaskie oraz pozostałe dane otrzymane w meldunkach /w zbiorze W07/

$$W08 = \{ N_{iw}(z), X_{Piw}(z), Y_{Piw}(z), H_{Piw}(z), Z_{Piw}(z), T_{Tiw}(z) \} ; i=1, J$$

6. Badanie, czy odebrane meldunki nie należą do śledzonych dotychczas tras.

W modelu założono uproszczoną procedurę przyporządkowania meldunków do tras na podstawie jednolitej ich numeracji.

Jeśli w zbiorze śledzonych tras brak jest numeru jaki posiada odebrany meldunek, wówczas możliwe jest inicjowanie nowej trasy. Zliczona jest również ilość nowych tras w danym cyklu symulacji LNT.

7. Inicjowanie nowej trasy.

Trasa inicjowana jest na danych otrzymanych ze ZIW. Sposób inicjowania trasy zależy od wykorzystywanego algorytmu.

W algorytmach automatycznych /AZ2, AZ4, AZ7/ zawiązanie trasy następuje automatycznie przy pierwszym meldunku, który nie może być skojarzony z żadną z tras. W algorytmach półautomatycznych /AZ1, AZ3, AZ5, AZ6/ wówczas, gdy spełniona jest zależność:

$$R < DT \cdot \frac{LJT}{LNT}$$

gdzie: R - wylosowana liczba z rozkładu równomiernego $\langle 0,1 \rangle$,
DT, LJT /LJP/ - parametry scharakteryzowane w zbiorach D17 i D20,
LNT - liczba nowych tras w danym cyklu symulacji określana w punkcie 6.

Po zainicjowaniu trasy zapamiętane zostają jej parametry.

Po drugim w sposób automatyczny przyporządkowaniu meldunku /w AZ7 po trzecim w odstępie czasowym $\Delta t > 28$ s od pierwszego meldunku/ do zainicjowanej trasy z tego samego ZIW wypracowane zostają składowe prędkości. Możliwa jest więc ekstrapolacja trasy. Trasy ZAZ /namiary/ inicjowane są tylko półautomatycznie w miejscu przecięcia się pelengów z conajmniej dwóch ZIW.

Inicjowanie i śledzenie tras ZAZ możliwe jest we wszystkich algorytmach z wyjątkiem AZ5.

8. Utożsamianie meldunków ze śledzoną trasą.

Meldunek jest utożsamiany z daną trasą, jeśli spełnione są warunki:

$$|XE_{iz} - X_{Pi'w}| \leq XBz \quad \wedge \quad |YE_{iz} - Y_{Pi'w}| \leq YBz$$

gdzie: XE_{iz}, YE_{iz} - ekstrapolowane współrzędne trasy na chwilę utożsamiania,
 $X_{Pi'w}(z), Y_{Pi'w}(z)$ - współrzędne scharakteryzowane w zbiorze W08,
 $XBz = YBz$ - wymiary bramki utożsamiania.

Położenie ekstrapolowanej trasy może być określone po wypracowaniu składowych prędkości /po drugim meldunku/. Dla drugiego meldunku wymiary bramki utożsamiania są więc zazwyczaj większe niż dla kolejnych meldunków i wynoszą odpowiednio: dla AZ1, AZ2-9, 6 km,

i 7,8 km; dla AZ3, AZ4 ustala się indywidualnie; dla AZ5 - 20 km i 20 km, dla AZ6, AZ7 - 15 km i 9 km.

W algorytmach AZ6, AZ7 dodatkowym wymogiem utożsamiania jest odstęp czasu między pierwszym a drugim meldunkiem $5s < \Delta t < 15 s$, między kolejnymi meldunkami zaś $\Delta t < 30 s$.

Utożsamianie meldunków o pelengach realizowane jest również według powyższych zasad.

9. Rejestracja nieprzyporządkowania meldunku do śledzonej trasy.

W rozpatrywanym modelu każdy meldunek przekazywany ze ZIW dotyczy śledzonych tras. Nieprzyporządkowanie meldunku wskazuje na niepoprawność procedur opracowania informacji. W tym przypadku meldunek nie jest uwzględniany, a fakt ten jest sygnalizowany i zliczany. Zliczona ilość nieprzyporządkowanych meldunków może być jednym z kryteriów oceny jakości algorytmów opracowania informacji na SD brt.

10. Uogólnianie położenia śledzonej trasy.

Uogólnianie współrzędnych położenia zależnie od wykorzystywanego algorytmu może być realizowane metodami reprezentanta lub uśredniania. W algorytmach wykorzystujących metodę uśredniania możliwe jest również wykorzystanie metody reprezentanta. Dlatego celowym jest rozpatrzenie zagadnienia zmiany źródła reprezentanta danej trasy.

Problem ten jest istotny zwłaszcza w przypadku zaniku meldunków od reprezentanta. Autor przyjął, że zmiana źródła reprezentanta danej trasy może być realizowana automatycznie po zaniku przez określony czas meldunków z tego źródła /w algorytmach AZ6 i AZ7 po 30 s/, lub wcześniej przez oficera operacyjnego jeśli spełniony jest warunek:

$$R < \sum_z PZP$$

gdzie: R - liczba wylosowana z rozkładu równomiernego $\langle 0,1 \rangle$,
z - ilość kolejnych okresów zaniku meldunków,
PZP- parametr scharakteryzowany w zbiorze D20.

Po zmianie reprezentantem może być źródło o najlepszych parametrach /priorytetowe/ lub to, które jako drugie z kolei rozpoczęło śledzenie danej trasy.

Zależności matematyczne dla uogólnienia danych o śledzonych trasach obiektów powietrznych w stosowanych algorytmach AZ1 - AZ7 podane są w załączniku 13.

Po uogólnieniu formowany jest zbiór danych wyjściowych W09

$$W09 = \{ Niz, Xiz, Yiz, Hiz, VXiz, VYiz, TKiz, ZPiz, Kiz, Ziz, TTiz \}$$

gdzie: Kiz - ilość odebranych meldunków ze źródła reprezentanta danej trasy,
Ziz - ilość kolejnych okresów zaniku meldunków.

Pozostałe wielkości ze zbioru W09 są podobne jak w zbiorze W06.

11. Zakończenie śledzenia trasy.

Zakończenie śledzenia danej trasy w ZIZ następuje po zaniku meldunków o niej ze wszystkich śledzonych ją ZIW.

Kasowanie automatyczne trasy następuje z opóźnieniem licząc od ostatniego odebranego meldunku dla: AZ1 ÷ AZ4 - 120 s, AZ5 - 90 s, AZ6 i AZ7 - 60 s /pelengi po 70 s/. W każdym z rozpatrywanych algorytmów występuje możliwość wcześniejszego półautomatycznego zakończenia śledzenia tras.

3.7. WNIOSKI

Duża złożoność i współzależność zdarzeń występujących w badanym systemie warunkuje zastosowanie symulacji komputerowej metodą stałego kroku czasowego.

W modelu badanego systemu uwzględniając cel badań wystarczającym jest wykorzystanie następujących modułów: rozpoznania radiolokacyjnego, SD krt, przekazywania danych i SD brt. Każdy z tych modułów odzwierciedla reprezentowany przez siebie podsystem /element/. Badanie rozpatrywanego systemu jako zbioru wymienionych modułów wymaga wykorzystania modułu działania SNP przeciwnika. Ocenę skuteczności działania badanego systemu realizować winny oddzielne algorytmy ocenowe I i II etapu uwzględniając wymogi zabezpieczanych AŚO.

W poszczególnych modelowanych modułach uwzględnione zostały czynniki niezbędne z punktu widzenia celu badań.

Model działania SNP przeciwnika odzwierciedla pojedyncze tory lotu obiektów powietrznych o założonych /ustalonych/ trajektoriach z możliwością stosowania zakłóceń.

W modelu działania podsystemu rozpoznania radiolokacyjnego wykorzystując możliwości symulacji komputerowej wykrywanie obiektów powietrznych realizowane jest w każdej z czterech możliwych stref $D_1 \div D_4$.

Model przekazywania danych uwzględnia kolejność, prędkość dyskretność przekazywania oraz możliwe zaniki transmisji.

Modele SD krt i SD brt uwzględniają procesy dowodzenia oraz opracowania informacji w wykorzystywanych obecnie algorytmach /algorytmy reprezentują eksploatowane obiekty ZiSD w WRT OPK/. W algorytmach tych uwzględniono również opracowanie informacji źródeł aktywnych zakłóceń. Wykorzystanie danego algorytmu w badaniach winno być przywiązane do przyjętego wariantu wyposażenia SD. W procesach opracowania informacji radiolokacyjnej uwzględniono działanie grup: operacyjnej, operatorów i technicznej. Modelowanie działania osób funkcyjnych na SD jest jednym z trudniejszych problemów. Wymaga ono przyjęcia odpowiednich procedur matematyczno-logicznych /uwzględniających stochastyczność działania/ oraz znajomości parametrów charakteryzujących te działania. Parametry te zostały przyjęte na podstawie obserwacji i badań na systemie rzeczywistym oraz niektórych danych zawartych w instrukcjach.

Na podstawie wstępnej analizy przedstawionych modeli matematycznych różnych algorytmów dla ZIW na SD krt można stwierdzić, że celem jest programowe wprowadzenie przekazywania informacji do SD brt już po zainicjowaniu trasy /po pierwszej danej o trasie/. Nie wszystkie algorytmy realizują ten warunek wpływający na zasięg dysponowanej informacji na SD brt. Z analizy wynika, również, że stosowana prędkość przekazywania informacji 60 bodów pod względem ilości i dyskretności przekazywania tras obiektów powietrznych jest zaledwie wystarczająca dla szczebla krt. Dla szczebla brt aby spełnić wymagania koniecznym jest conajmniej trzykrotne zwiększenie prędkości przekazywania informacji.

Modułowa budowa opracowanego modelu umożliwia badanie różnych wariantów systemu /w sensie rozmieszczenia, ugrupowania, wyposażenia w sprzęt i działania zespołów ludzkich/, jak również badania hipotetycznego ugrupowania /w tym i wyposażenia/. W ramach wyposażenia można rozpatrywać hipotetyczne RLS oraz środki automatyzacji / w sensie algorytmów opracowania informacji i udziału w nich człowieka/.

Dla sprawdzenia adekwatności zbudowanego modelu wykorzystano następujące kryteria naukowe [54]:

- kryterium wewnętrznej poprawności logicznej modelu,
- kryterium zgodności modelu z mniej lub bardziej arbitralnie wybranym fragmentem rzeczywistości.

Kryterium pierwsze zostało spełnione poprzez zapewnienie warunków racjonalności metodycznej i merytorycznej w budowie modelu.

Kryterium drugie zostało częściowo zweryfikowane poprzez opracowanie programów na mikrokomputer CPC 6128 Amstrad. Program symulacyjny zawiera podprogramy odzwierciedlające moduły składowe badanego systemu. Podprogramy te zostały fragmentarycznie zweryfikowane z działaniem rzeczywistości. Całościowy program symulacyjny opracowany na podstawie przedstawionego modelu matematycznego odzwierciedla działanie rozpatrywanego systemu.

Trzeba jednak zdać sobie sprawę z faktu, że zbudowany model, a następnie opracowany na jego podstawie program symulacyjny, są obrazem rzeczywistości. Nie uwzględniają one wszystkich elementów i procesów badanej rzeczywistości. Niemniej jednak umożliwiają one badanie skuteczności działania zespołu SD WRT na szczeolu taktycznym z podległymi elementami z taką dokładnością, na jaką pozwala zastosowany aparat matematyczny i wykorzystywana technika obliczeniowa.

4. METODYKA OCENY SKUTECZNOŚCI DZIAŁANIA BADANEGO SYSTEMU

/Określanie jakościowych wskaźników oceny skuteczności, określanie ilościowych wskaźników oceny skuteczności działania metodą symulacji komputerowej, przykład zastosowania opracowanej metody, propozycja metody oceny skuteczności działania systemu rzeczywistego z wykorzystaniem niektórych modułów opracowanego modelu symulacyjnego/.

4.1. OKREŚLANIE JAKOŚCIOWYCH WSKAŹNIKÓW OCENY SKUTECZNOŚCI BADANEGO SYSTEMU.

Cechą charakterystyczną wskaźników jakościowych skuteczności systemu SD WRT z podległymi elementami jest dwustanowa ich ocena: pozytywna lub negatywna. Wskaźniki jakościowe autor proponuje określać w pierwszej kolejności przed przystąpieniem do określenia wskaźników ilościowych. Taką kolejność uzasadnia fakt, że pozytywne oceny uzyskane w tej grupie wskaźników gwarantują przygotowanie badanego systemu do skutecznego spełnienia swoich funkcji w działaniu. Wskaźniki jakościowe autor określa jednolicie, niezależnie od zastosowanej metody określenia wskaźników ilościowych.

Określanie wskaźników jakościowych badanego systemu na podstawie literatury [25, 43, 57] , logicznego wnioskowania i opinii ekspertów autor proponuje realizować następująco:

1. Trwałość działania badanego systemu zależna od jakości działania jego urządzeń technicznych oraz osób funkcyjnych wchodzących w jego skład oceniać pozytywnie jeśli system posiada:
 - etatowe obsługi /techniczne i operacyjne/ zapewniające ciągłość pełnienia dyżurów bojowych, przy czym obsługi te znają w wymaganym stopniu obowiązki oraz obsługę swoich miejsc pracy,
 - wymagany stopień niezawodności oraz prawdopodobieństwa odtworzenia gotowości technicznej [18] w określonym czasie,
 - wymagane zabezpieczenie logistyczne, w tym autonomiczne źródła zasilania,

- przygotowane SD niższych szczebli do przejęcia zadań realizowanych przez wyższe SD /w przypadku ich niesprawności/,
- rozbudowane inżynieryjnie pozycje bojowe, wstępnie przygotowane pozycje zapasowe i skryte oraz możliwość manewrowania sprzętem radiolokacji i automatyzacji,
- dublujące lub zapasowe kanały łączności oraz systemy kodowania przekazywanej informacji,
- urządzenia zabezpieczające pracę załóg w warunkach oddziaływania niektórych czynników BMR.

2. Kompatybilność badanego systemu oceniać pozytywnie, jeśli:

- rozpatrywane szczeble organizacyjne systemu wyposażone są w obiekty ZtSD,
- środki radiolokacyjne są sprzężone z obiektami ZtSD,
- między wykorzystywanymi obiektami ZtSD występują sprzężenia informacyjne /o wzajemnie spójnej strukturze transmisji informacji/.

3. Gotowość bojową badanego systemu oceniać pozytywnie, jeżeli system:

- realizuje w sposób ciągły planowe pełnienie dyżurów bojowych,
- posiada zgodny z wymogami poziom wyszkolenia specjalistycznego składu osobowego zmian bojowych /dyżurnych/,
- jest przygotowany do obrony i odtworzenia gotowości bojowej w przypadku bezpośredniego oddziaływania nieprzyjaciela,
- posiada opracowane i przećwiczone harmonogramy dla osiągnięcia wyższych stopni i stanów gotowości bojowej,
- możliwe do osiągnięcia czasu gotowości bojowej z poszczególnych stopni i stanów umożliwiają spełnienie wymogów dla zabezpieczanych ASO /względem spodziewanego nalotu SNP przeciwnika/.

4. Zabezpieczenie wymaganej liczby jednocześnie śledzonych, opracowywanych i przekazywanych obiektów powietrznych z pełnymi charakterystykami oceniać pozytywnie, jeśli liczba możliwych do śledzenia i opracowywania obiektów jest równa lub większa od wymaganej. Obliczenie możliwej liczby śledzonych, opracowywanych i przekazywanych obiektów powietrznych /w systemie zautomatyzowanym/ na SD brt autor realizuje według zależności:

$$M_c \text{ brt} = N_{pZMP} \cdot J_{ZMP} + \sum_{k=1}^{K_1} M_{cw \text{ krt}} \leq M_{MZ} \text{ ort}$$

gdzie: $M_{cw \text{ krt}} = N_{pZMP} \cdot J_{ZMP} \leq M_{Mw \text{ krt}}$

- Mcw krt - możliwa liczba śledzonych opracowywanych i przekazywanych tras obiektów powietrznych w/g danych RLS,
- NpzMP - ilość ZMP przeznaczonych do inicjowania i śledzenia tras obiektów powietrznych w obiekcie automatyzacji na SD w/g danych RLS,
- JzMP - ilość tras obiektów powietrznych możliwych do śledzenia przez operatora w/g danych RLS na jednym ZMP,
- Mm - maksymalna liczba tras obiektów powietrznych opracowywanych w wykorzystywanym ZtSD,
- W - liczba SD krt współpracujących z SD brt

Wartości parametrów niezbędnych do obliczeń zawiera załącznik 14.

w obliczeniach nie uwzględnia się możliwości przekazywania informacji sposobem foniczno-ręcznym, gdyż rozpatrywana jest praca w systemie zautomatyzowanym.

5. Zabezpieczenie wymaganej liczby zautomatyzowanych kanałów naprowadzenia i wskazywania celów SNR oceniać pozytywnie, jeżeli możliwa liczba tych kanałów jest równa lub większa od wymaganej.

Liczbę możliwych zautomatyzowanych kanałów naprowadzania lub wskazywania celów SNR określa się na podstawie posiadanej ilości obiektów automatyzacji WP - 11^x, oraz bezpośrednio sprzężonych z badanym systemem obiektów WEKTOR - 2 WE^{xx}. Liczby kanałów naprowadzania lub wskazywania celów SNR w tych obiektach podaje tabela 4.1.

Tabela 4.1.

Typ obiektu automatyzacji	Liczba zautomatyzowanych kanałów	
	naprowadzania	wskazywania celów SNR
WP - 11	2 13	-
WEKTOR - 2WE	6	14

Uzyskane oceny pozytywne za wszystkie oceniane punkty w rozpatrywanych wskaźnikach dają podstawę do wystawienia oceny pozytywnej za przygotowanie badanego systemu do skutecznego działania. W tym przypadku można przystąpić do określania wskaźników ilościowych I etapu ocenowego a wynikających z działania badanego systemu.

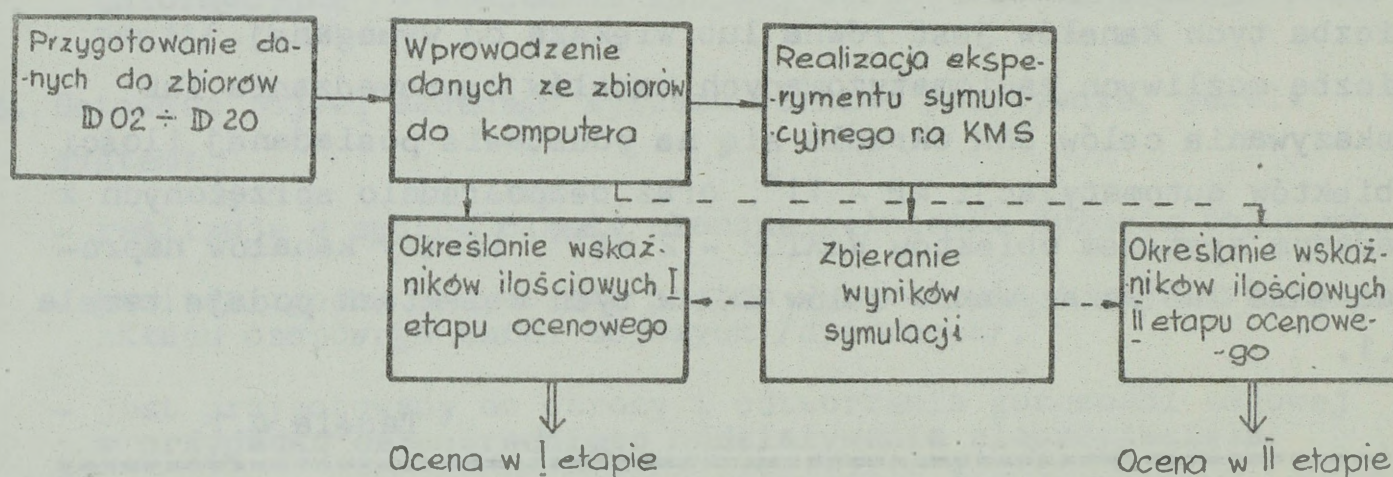
- x Obiekt WP-11 rozmieszczony na SD brt z PN zabezpiecza realizację dwóch jednoczesnych naprowadzeń, zaś przy wykorzystaniu dwóch przyczep Nr 54 - trzech naprowadzeń.
- xx Zautomatyzowany system WEKTOR-2WE rozwijany jest na PŁSD wówczas, gdy w jego skład wchodzi SD BR /DR/. Zabezpiecza on wskazywanie celów dr oraz naprowadzanie LM na cele powietrzne.

4.2. OKREŚLANIE ILOŚCIOWYCH WSKAŹNIKÓW SŁUŻĄCYCH DO OCENY SKUTECZNOŚCI DZIAŁANIA BADANEGO SYSTEMU METODĄ SYMULACJI KOMPUTEROWEJ.

Ogólny schemat badań ocenowych rozpatrywanego systemu na jego komputerowym modelu symulacyjnym /KMS/ podano w rozdziale 2. Obecnie przedstawiona zostanie metodyka oceny badanego systemu na jego KMS.

4.2.1. Algorytm realizacji oceny skuteczności działania badanego systemu na jego KMS.

Badania ocenowe rozpatrywanego systemu na jego KMS obejmują: przygotowanie zbiorów danych wejściowych, wprowadzenie danych z tych zbiorów do komputera, realizację eksperymentów symulacyjnych oraz zbieranie wyników dla określenia wskaźników ocenowych. Podaną kolejność działań przedstawia rys. 4.1.



Rys. 4.1. Kolejność działania podczas oceny badanego systemu metodą symulacji komputerowej.

Dane wejściowe do symulacyjnych badań ocenowych przygotowuje się w ramach planowania badań. Podstawą przygotowania danych jest przyjęte ugrupowanie i parametry badanego systemu, ugrupowanie i parametry zabezpieczonych ASO oraz rozmieszczenie i charakterystyka obiektów obrony. Ugrupowania te mogą być rzeczywiste lub hipotetyczne. Wymienione ugrupowania wygodnie jest nanieść na mapę. Wykorzystując podany w rozdziale 2 algorytm należy zaplanować tory lotu SNP przeciwnika i nanieść je na mapę. Odczytując z mapy współrzędne oraz dołączając dane charakteryzujące poszczególne elementy rozpatrywanego systemu i jego otoczenia, opracowuje się zestawy danych wejściowych w postaci zbiorów D02 - D20. Wymienione zbiory danych wejściowych opisane zostały w rozdziałach 2 i 3. Niektóre z danych wejściowych są stałe, można więc przechowywać je w ramach bazy danych. Do zbiorów stałych można zaliczyć zbiory: D03, D05, D07 i D12.

Dane wejściowe ze zbiorów zgodnie z formą podaną w II części pracy /załączniki/ wprowadza się do komputera. Zależnie od zakresu badań ocenowych oraz posiadanej w komputerze bazy danych wprowadzać należy wszystkie lub tylko niektóre z nich.

Na podstawie zbiorów D10 - D13 /danych charakteryzujących środki radiolokacyjne w rozpatrywanym ugrupowaniu/ określone zostają programowo zasięgi wykrywania przez środki radiolokacyjne.

Określanie wskaźników ilościowych badanego systemu dla danego nalotu w I etapie ocenowym realizowane jest na podstawie danych o AŚO /zbiory D02 - D07/, danych o działaniu ŚNP przeciwnika /zbiory D08 i D09/ oraz określonych zasięgów wykrywania. Metodyka określania tych wskaźników będzie podana w następnym punkcie.

Realizację eksperymentów symulacyjnych dla określenia wskaźników I etapu ocenowego autor nazywa presymulacją, gdyż realizowane są one na uproszczonym KMS badanego systemu. Uproszczony KMS zawiera jedynie procesy realizowane w ZIP. Dla zapewnienia pełności I etapu ocenowego przewidział autor również możliwość wczytywania czasów zawiązania i śledzenia tras dla danego nalotu uzyskanych z eksperymentu na pełnym KMS /w tym samym ugrupowaniu środków badanego systemu i AŚO/.

Eksperymenty symulacyjne realizowane na pełnym KMS /zawierającym wszystkie moduły badanego systemu/ będą umożliwiały określanie wskaźników II etapu ocenowego. Określanie tych wskaźników realizowane jest na podstawie danych o AŚO /zbiory D02 - D07/, danych o działaniu ŚNP przeciwnika /zbiory D08 i D09/, ugrupowaniu i parametrach badanego systemu /zbiory D14 - D20/ oraz określonych zasięgach wykrywania środków radiolokacyjnych w danym ugrupowaniu.

Otrzymane w poszczególnych chwilach czasowych procesu symulacji komputerowej wyniki są podstawą do bieżącego określania niektórych wskaźników ocenowych. Wyniki te będą również zbierane i przechowywane. Po zakończeniu symulacji zbiór tych wyników będzie podlegał opracowaniu statystycznemu w celu określenia syntetycznych wskaźników wchodzących w skład II etapu ocenowego.

Określanie poszczególnych wskaźników skuteczności działania badanego systemu przedstawione zostanie w kolejnych punktach bieżącego rozdziału.

4.2.2. Metodyka określania wskaźników ilościowych badanego systemu w I etapie ocenowym na jego KMS.

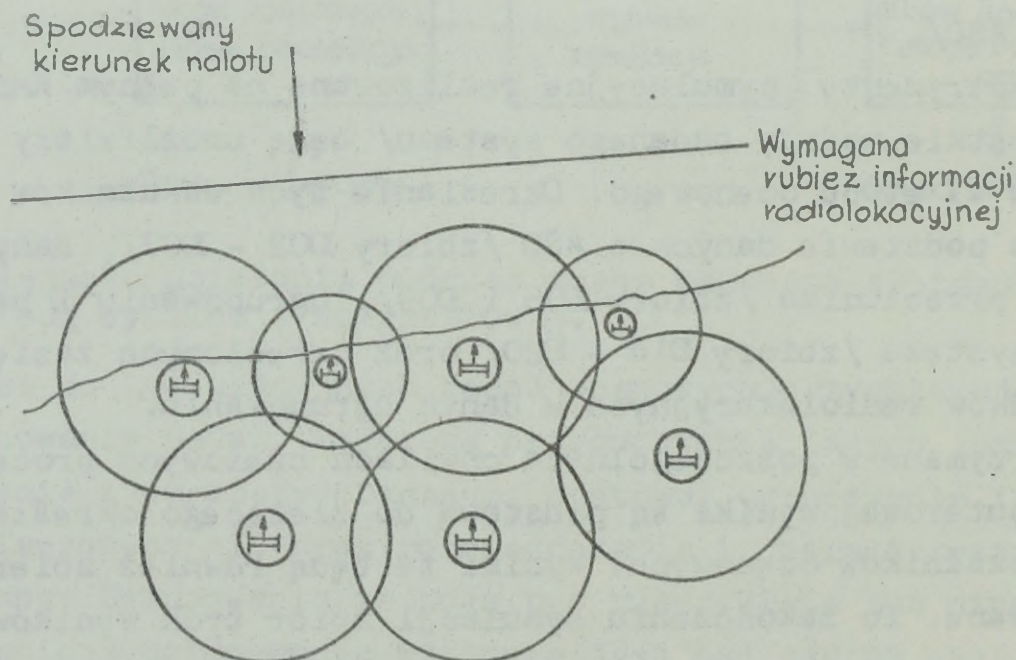
Wskaźniki ilościowe I etapu ocenowego określone są programowo w czasie realizacji symulacji komputerowej na uproszczonym KMS badanego systemu.

Określanie poszczególnych wskaźników I etapu ocenowego realizowane jest następująco:

4.2.2.1. Określanie wskaźnika przestrzennej efektywności radiolokacyjnego zabezpieczenia AŚO.

Rozpatrując przestrzenne radiolokacyjne zabezpieczenie AŚO można brać za podstawę np. ustaloną rubież informacji radiolokacyjnej. Rubież tą zazwyczaj ustala się w postaci linii na kierunku spodziewanego nalotu ŚNP przeciwnika w takiej odległości od AŚO, z której otrzymana informacja radiolokacyjna zapewni wykorzystanie pełnych możliwości bojowych zabezpieczonych AŚO.

Przykładową wymaganą rubież informacji radiolokacyjnej przedstawia rys. 4.2.



Rys. 4.2. Ilustracja wymaganej rubieży informacji radiolokacyjnej.

Ustalenie wymaganej rubieży nie jest sprawą prostą, ponieważ jest ona zależna od wielu czynników, takich jak: typy AŚO i ich stan gotowości bojowej, prędkość i wysokość lotu ŚNP przeciwnika oraz sposób zabezpieczenia AŚO w informację radiolokacyjną.

W związku z tym wymagana rubież jest funkcją wielu zmiennych, które w toku działań bojowych są przypadkowe. Rubież ta jest więc trudna do ustalenia a priori. Fakt ten wraz z uwzględnieniem możliwości wystąpienia nalotu w toku działań bojowych z różnych kierunków wymaga innego podejścia do określania wymaganej rubieży informacji radiolokacyjnej.

Uwzględniając powyższe, oraz możliwości symulacji komputerowej, autor rozpatruje wymaganą rubież informacji radiolokacyjnej indywidualnie dla każdego AŚO i niezależnie od kierunku nalotu ŚNP. Określanie wskaźnika przestrzennej efektywności radiolokacyjnego zabezpieczenia AŚO realizowane jest kolejno dla każdej trasy względem AŚO w strefie oddziaływania przebiegu trasy. Wskaźnik ten zależny jest od zasięgu wykrywania. Ponieważ zasięg wykrywania w KMS możliwy jest do określania /jak wykazano w punkcie 3.3./ w czterech strefach / D_1 , D_2 , D_3 i D_4 /, więc wskaźnik ten możliwy jest do określania w czterech wielkościach biorąc odpowiednie strefy. Dla prostoty opis i zależności matematyczne podane będą ogólnie bez przywiązywania do stref. Dla poszczególnych rodzajów AŚO wskaźnik przestrzennej efektywności radiolokacyjnego zabezpieczenia określa się następująco:

a/ dla WR

$$E_{i,k}^{AK} = \frac{D_{i,MRIR}^{AK}}{D_{i,PRIR}^{AK}}$$

gdzie: $D_{i,MRIR}^{AK}$ - możliwa rubież informacji radiolokacyjnej dla k dr względem i trasy,
 $D_{i,PRIR}^{AK}$ - potrzebna rubież informacji radiolokacyjnej dla k dr względem i trasy.

Potrzebną rubież informacji radiolokacyjnej określa się z zależności:

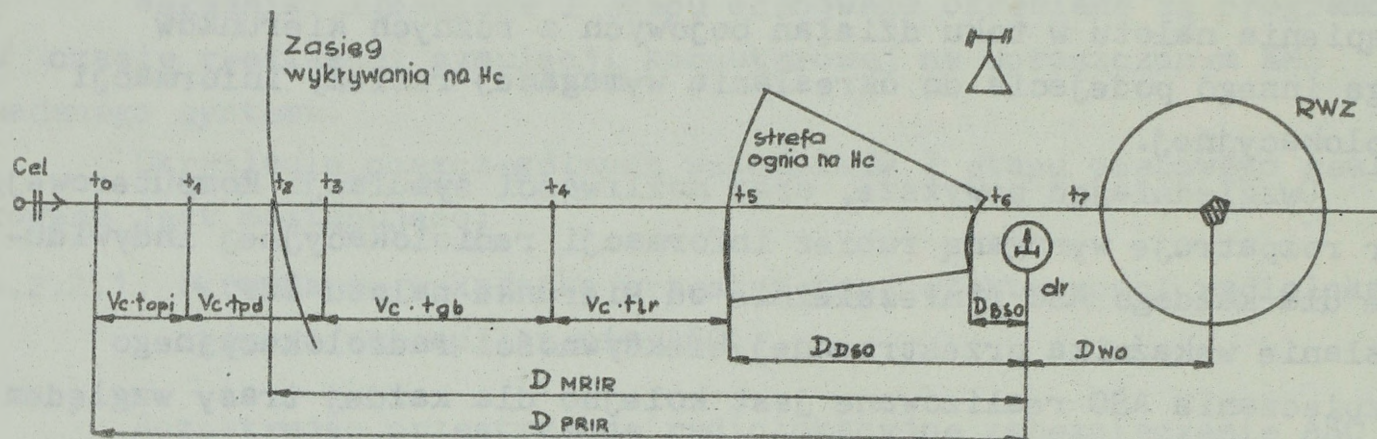
$$D_{i,PRIR}^{AK} = D_{D50} + Vc / t_{opi} + t_{pd} + t_{gb} + t_{tD50} / = D_{D50} + Vc \cdot t_{\Sigma 1} \quad /4-2/$$

gdzie: D_{D50} - odległość dalszej granicy strefy ognia,
 Vc - prędkość lotu celu,
 t_{opi} - czas opóźnienia informacji od chwili wykrycia obiektu do przekazania go na SD^x ,
 t_{pd} - czas podjęcia decyzji o zwalczaniu celu powietrznego,
 t_{gb} - czas gotowości bojowej danego dr,
 t_{tD50} - czas lotu rakiety do dalszej granicy strefy ognia.

x Dla strefy D_4 czas ten należy przyjąć równy zeru.

Ilustrację graficzną wielkości ujętych w zależności /4-2/ przedstawia rys. 4.3.

Sposób realizacji obliczeń według zależności /4-1/ podaje załącznik 13.



Rys. 4.3. Interpretacja oddziaływania dr na cel powietrzny w SOP.

b/ dla LM
$$E_i^{Lk} = \frac{D_{iMRIR}^{Lk}}{D_{iPRIR}^{Lk}} \quad /4-3/$$

gdzie: D_{iMRIR}^{Lk} - możliwa rubież informacji radiolokacyjnej dla k lotniska względem trasy,
 D_{iPRIR}^{Lk} - potrzebna rubież informacji radiolokacyjnej dla k lotniska względem i trasy.

Potrzebną rubież informacji radiolokacyjnej określa się z zależności:

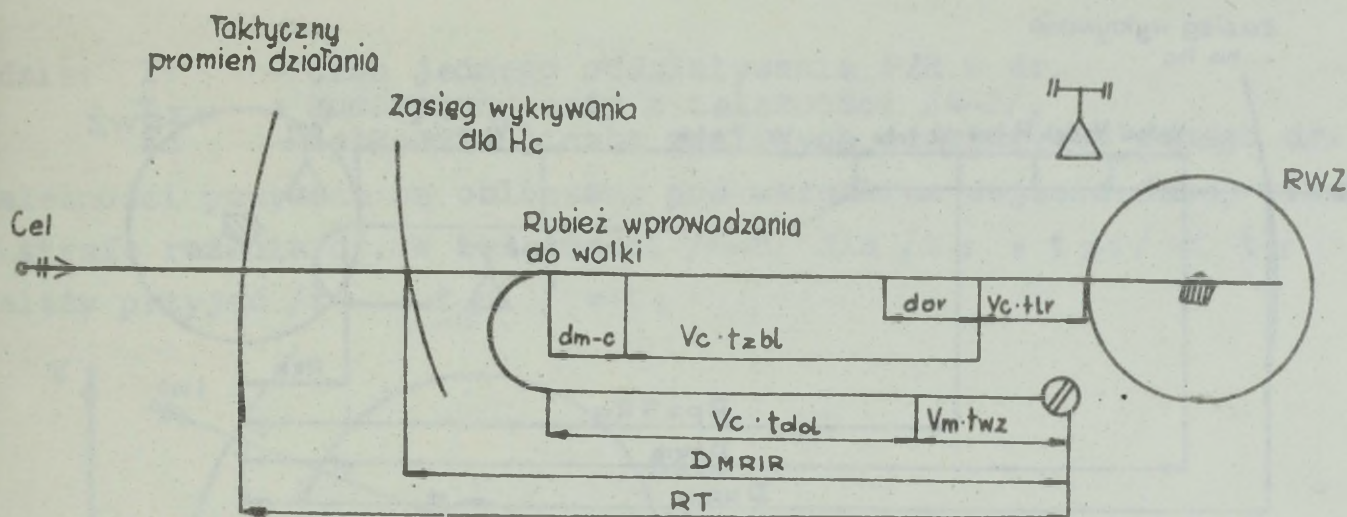
$$D_{iPRIR}^{Lk} = D_{RWZ} + V_c \cdot /t_{0p1} + t_{pd} + t_{gb} + t_{wz} + t_{dol} / + V_c \cdot /t_m + t_{zb} + t_{lr} / = D_{RWZ} + V_c \cdot t_{\Sigma 2} + V_c \cdot /t_m + t_{zb} + t_{lr} / \quad /4-4/$$

gdzie: D_{RWZ} - odległość rubieży wykonania zadania,
 $V_c, t_{0p1}, t_{pd}, t_{gb}$ - jak w zależności /4-2/,
 t_{wz} - czas wznoszenia myśliwca na wysokość lotu celu,
 t_{dol} - czas dolotu myśliwca do rubieży wprowadzenia do walki,
 t_m - czas manewru myśliwca dla wyjścia w tylną półsferę celu,
 t_{zb} - czas zolizowania myśliwca do celu w końcowym etapie przechwycenia,
 t_{lr} - czas lotu rakiety odpalanej z myśliwca do celu.

Przy atakowaniu z przedniej półsfery wartość t_m należy przyjąć równą zero. Rubież podana w zależności /4-4/ określona jest względem obiektu ataku. Można ją określić również względem lotniska /strefy dyżurowania w powietrzu/. Jeśli samoloty będą znajdowały się w strefie dyżurowania w zależności /4-4/, należy przyjąć:

$t_{gb} = t_{wz} = 0$; $t_m = t_{ms}$ /gdzie: $t_{ms} = t'_m + t_m$; t'_m - średni czas manewru myśliwca ze strefy w kierunku celu/.

Wielkości zawarte w zależności /4-4/ zilustrowane są na rys.4.4.



Rys. 4.4. Interpretacja oddziaływania LM na cel powietrzny w SOP.

c/ dla WRe

$$E_i^{Wk} = \frac{D_{iMRIR}^{Wk}}{D_{iPRIR}^{Wk}} \quad /4-5/$$

gdzie: D_{iMRIR}^{Wk} , D_{iPRIR}^{Wk} - odpowiednio możliwa i potrzebna rubież informacji radiolokacyjnej dla k stacji zakłóceń względem trasy.

Potrzebną rubież informacji radiolokacyjnej określa się z zależności^x:

$$D_{iPRIR}^{Wk} = R_w + V_c / t_{opi} + t_{pd} + t_{gb} + t_{wo} / \quad /4-6/$$

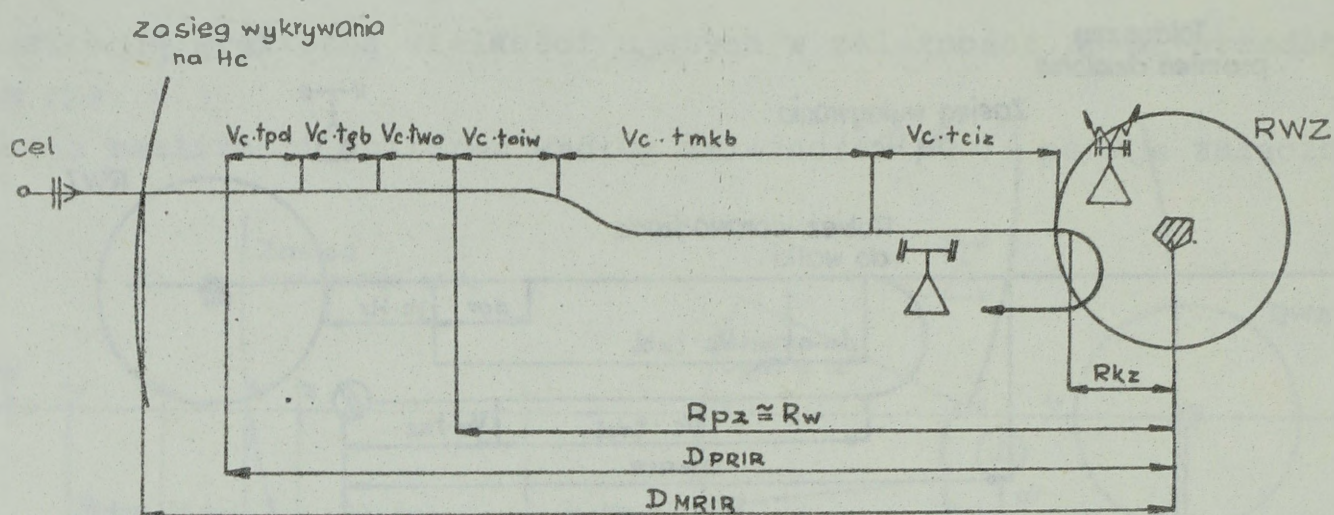
gdzie: R_w - zasięg radiolokacyjnego wykrywania obiektu ataku przez pokładową RLS,
 t_{opi}, t_{pd}, t_{gb} - jak w zależności /4-2/,
 t_{wo} - czas wykrywania obiektu przez stację zakłóceń po wskazaniu celu.

Wielkości wykorzystywane w zależnościach /4-5/ i /4-6/ zilustrowane są na rys. 4.5.

Dla wartości E_i^{Ak} , E_i^{Lk} , E_i^{Wk} mniejszych od jedności, badany system nie jest w stanie zabezpieczyć pełnych potrzeb informacyjnych ASO.

W tym przypadku kolejny wskaźnik umożliwi określenie ilościowego wpływu niepełnego zabezpieczenia radiolokacyjnego na działania ASO.

x Zależność opracowano na podstawie pozycji: Z. Dubrawski, Pułk zakłóceń radioelektronicznych WOPK, ASG WP, Warszawa 1984 r., z przyjęciem następujących założeń: czas włączenia pokładowej RLS równy zero, odległość włączania pokładowej RLS równa odległości wykrycia obiektu ataku.



Rys. 4.5. Interpretacja oddziaływania środków WRe na cel powietrzny w SOP. Oznaczenia: R_{pz} , R_{kz} - odległość początku i końca oddziaływania zakłóceń; t_{oiw} - czas orientowania i wykrywania obiektu ataku; t_{mkb} - czas manewrowania i wyjścia na kurs bojowy; t_{oiz} - czas celowania i określenia momentu zrzutu.

4.2.2.2. Określanie wskaźnika stopnia wykonania zadania przez AŚO ze względu na informację radiolokacyjną.

Wskaźnik ten określany jest kolejno dla każdej trasy względem AŚO w zasięgu oddziaływania których dana trasa przebiega. Określa się go jako stosunek możliwej liczby oddziaływań danego AŚO z wykorzystaniem informacji radiolokacyjnej do maksymalnej możliwej liczby oddziaływań tego AŚO dla danej trasy.

Wskaźnik ten podobnie jak poprzedni może być określony dla czterech stref wykrywania.

Uwzględniając specyfikę działania elementów WRe rozpatrywany wskaźnik nie będzie dla nich określony.

Wskaźnik stopnia wykonania zadania przez AŚO ze względu na informację radiolokacyjną określa się następująco:

a/ dla WR

Wskaźnik określany jest z wykorzystaniem wielkości zilustrowanych na rys. 4.6.

Maksymalną liczbę oddziaływań K_i^{Ak} oraz liczbę możliwych oddziaływań K_i^{Ak} ze względu na informację radiolokacyjną dla i trasy określa się z niżej podanej zależności^x:

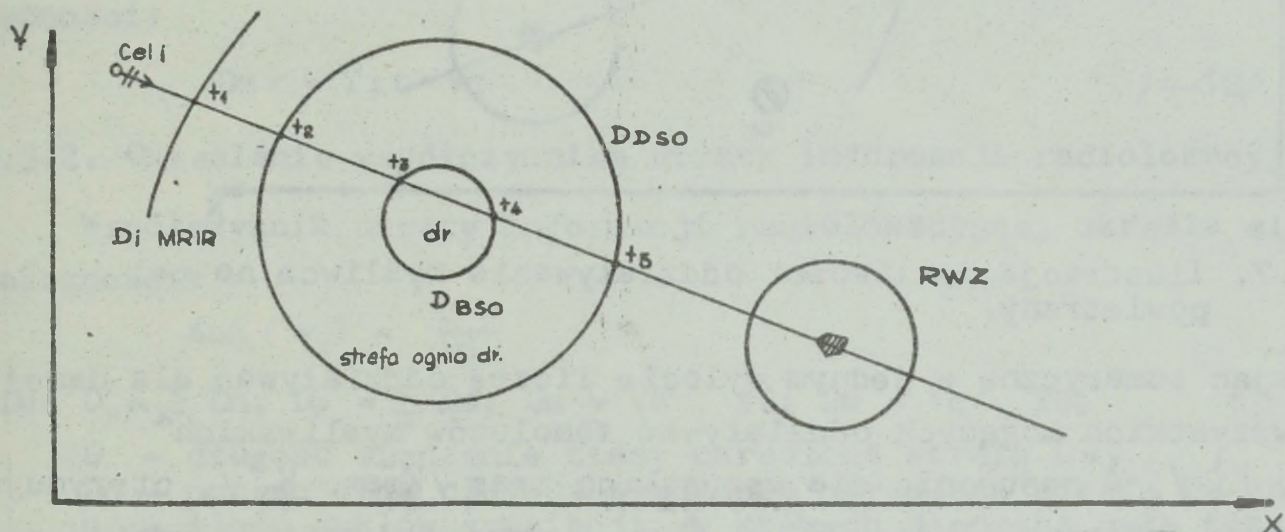
$$K_i^{Ak} \max = 1 + \frac{t_3 - t_2 + t_5 - t_4}{T^1} \leq K_c \quad /4-7/$$

$$K_i^{Ak} = 1 + \frac{t_3 - /t_1 + t_{z1}/ + t_5 - t_4}{T^1} \leq K_i^{Ak} \max \quad /4-8/$$

x Dodanie jedynki w zależnościach wynika z faktu, że pierwsze niszczenie celu jest możliwe na dalszej granicy strefy ognia PZR.

gdzie: T_1 - czas jednego oddziaływania PZR w dr,
 $t_{\Sigma 1}$ - sumaryczny czas z zależności /4-2/,
 K_c - całkowita liczba możliwych oddziaływań danego dr.

Zależności powyższe są obliczane pod warunkiem wejścia danej trasy w strefę rażenia dr. W zależności /4-8/ dla $t_1 + t_{\Sigma 1} < t_2$ należy przyjąć $t_1 + t_{\Sigma 1} = t_2$



Rys. 4.6. Ilustracja możliwości oddziaływania dr na cel powietrzny w SOP.

Obliczając sumaryczną liczbę oddziaływań dla danej trasy wszystkich dr $/K_{i \max}^A, K_i^A/$ a następnie dla wszystkich tras $/K_{\max}^A, K^A/$ w danym nalocie, otrzymuje się liczby, których iloraz $OK^A = \frac{K^A}{K_{\max}^A}$

wskazuje na ile zmniejszyły się możliwości oddziaływania rozpatrywanego ugrupowania WR dla danego nalotu ze względu na informację radiolokacyjną.

b/ Dla LM

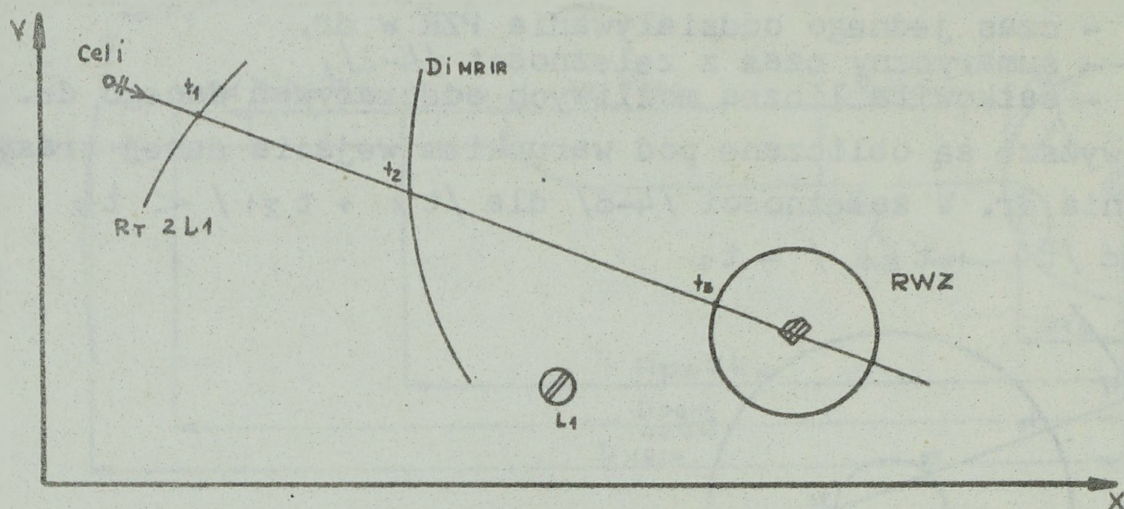
Wskaźnik określany jest z wykorzystywaniem wielkości zilustrowanych na rys. 4.7.

Maksymalną liczbę oddziaływań samolotu myśliwskiego uwzględniając taktyczny promień działania $/RT/ K_{i \max}^{Lk}$ oraz liczbę możliwych oddziaływań K_i^{Lk} ze względu na informację radiolokacyjną dla i trasy określa się z niżej podanej zależności:

$$K_{i \max}^{Lk} = \frac{t_3 - t_1}{T_1} \leq K_c \quad /4-9/$$

$$K_i^{Lk} = \frac{t_3 - t_2 - t_{\Sigma 2}}{T_1} \leq K_{i \max}^{Lk} \quad /4-10/$$

gdzie: T_1 - czas jednego oddziaływania samolotu myśliwskiego,
 $t_{\Sigma 2}$ - sumaryczny czas z zależności /4-4/,
 K_c - całkowita liczba możliwych oddziaływań danego samolotu w jednym wylocie.



Rys. 4.7. Ilustracja możliwości oddziaływania myśliwca na cel powietrzny.

Obliczając sumaryczną w jednym wylocie liczbę oddziaływań dla danej trasy wszystkich mogących oddziaływać samolotów myśliwskich^x / K_{imax}^L, K_i^L /, a następnie dla wszystkich tras / K_{max}^L, K^L /, otrzymuje się liczby, których iloraz $OK^L = \frac{K^L}{K_{max}^L}$ wskazuje na ile zmniejszyły się możliwości oddziaływania rozpatrywanego ugrupowania LM dla danego nalotu ze względu na informację radiolokacyjną.

4.2.3. Metodyka określania wskaźników ilościowych badanego systemu w II etapie ocenianym na jego KMS.

Wskaźniki ilościowe II etapu ocenowego /podane w rozdziale 2/ określane są programowo na podstawie wyników otrzymanych z eksperymentu symulacyjnego na KMS. W ocenie tej wykorzystywany jest pełny KMS podany w rozdziale 3 oraz zasięgi wykrycia środków radiolokacyjnych określone strefą D_3 .

Określanie poszczególnych wskaźników II etapu ocenowego zostanie przedstawione kolejno.

4.2.3.1. Określanie terminowości wykrycia i zawiązania trasy.

Podstawą do określania terminowości zawiązania trasy jest różnica czasów

$$T_{zr} = T_{zz} - T_{wo} \quad /4-11/$$

gdzie: T_{zz} - czas zakończenia zawiązania trasy,
 T_{wo} - czas wejścia obiektu w strefę wykrywania.

Na czas zawiązania trasy składa się czas wykrycia obiektu przez operatora /lub MAW/ oraz czas inicjacji trasy.

x Z właściwości oddziaływania LM należy uwzględnić fakt, że na jeden cel powietrzny w tym samym czasie może oddziaływać tylko jeden samolot /jedna grupa samolotów/.

W KMS czas zawiązania trasy określany jest jako różnica czasów wydania pierwszej informacji z danego SD o tej trasie oraz czasu wejścia tej trasy w strefę wykrywania. Dla każdej trasy na podstawie czasu jej zawiązania oraz prędkości celu - V_c określa się wartość utraconej informacji wynikającej z zawiązania trasy, z zależności:

$$Dz\tau = Tz\tau \cdot V_c \quad /4-12/$$

4.2.3.2. Określanie współczynnika utraty informacji radiolokacyjnej.

Współczynnik utraty informacji radiolokacyjnej określa się z zależności:

$$K_{ui} = 1 - \frac{D}{D_p}$$

gdzie: $D = \sum_n D_n$; $D_p = \sum_m D_m$; $D_n = V_c \cdot TC$; $D_m = V_c \cdot TC$,

D - długość śledzenia trasy określona strefą D_4 ,

D_p - potencjalna długość śledzenia określona strefą D_1 lub D_3 ,

n - ilość cykli symulacji, w których śledzona była trasa,

m - ilość cykli symulacji w których trasa przebywała w strefie możliwej do śledzenia,

V_c - prędkość celu.

Długość śledzenia trasy określona jest w eksperymencie na KMS. Potencjalna długość śledzenia trasy D_1 lub D_3 uzyskana jest z eksperymentu na uproszczonym KMS.

Oddzielnie określany jest współczynnik utraty informacji radiolokacyjnej ze względu na zawiązanie trasy z zależności:

$$K_{uzi} = \frac{Dz\tau}{D_p} \quad /4-14/$$

gdzie: $Dz\tau$, D_p - wielkości scharakteryzowane w zależnościach /4-12/ i /4-13/.

4.2.3.3. Określanie wiarygodności informacji o śledzonych trasach obiektów powietrznych.

Wskaźniki charakteryzujące wiarygodność informacji radiolokacyjnej podane zostały w punkcie 2.4. Poniżej przedstawione zostaną sposoby ich określania.

1. Wyznaczanie błędów określania współrzędnych śledzonych tras.

W KMS badanego systemu w każdym cyklu symulacji określone są błędy między rzeczywistym położeniem obiektu w rozpatrywanej trasie a położeniem przekazany przez badany system /np. do ASO/ we współrzędnych X, Y, H. Błędy te określone są w odniesieniu do jednolitego układu współrzędnych topograficznych.

Na podstawie statystycznego opracowania bieżących błędów szacowane są parametry rozkładu błędów tzn. wartość średnia i odchylenie standardowe. Dla wyznaczenia tych charakterystyk autor zastosował zliczanie przedziałowe błędów bieżących. Na podstawie analizy oraz badań dokładności śledzenia obiektów powietrznych ustalono 40 przedziałów symetrycznie rozstawionych wokół rzeczywistego położenia obiektu. Wymiar jednego przedziału we współrzędnych X i Y przyjęto 500 m a w wysokości 125 m. Zliczanie przedziałowe znacznie upraszcza proces zbierania wyników, a przy dużej liczbie pomiarów w niewielkim stopniu wpływa na dokładność szacowania błędów.

Po zakończeniu procesu symulacji /lub po danym odcinku trasy/ określa się estymatory błędu średniego i odchylenia standardowego. Przykładowo dla współrzędnej X estymatory te określa się następująco:

$$m_x = \frac{1}{N} / X_1 \cdot n_1 + X_2 \cdot n_2 + \dots + X_{40} \cdot n_{40} / = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{40} X_i \cdot n_i \quad /4-15/$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{N} / X_1^2 \cdot n_1 + X_2^2 \cdot n_2 + \dots + X_{40}^2 \cdot n_{40} /} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^{40} X_i^2 \cdot n_i} \quad /4-16/$$

gdzie: N - ilość cykli symulacji, w których określano błędy /ilość pomiarów^x/,

X_i - wartość błędów środka i przedziału,

n_i - ilość błędów zliczonych w i przedziale.

Występowanie wartości średniej błędów świadczy o błędzie systematycznym.

2. Wyznaczanie wiarygodności określania charakterystyk śledzonych tras.

Wiarygodność ta charakteryzowana jest prawdopodobieństwem poprawnego określenia charakterystyk.

W modelu symulacyjnym badanego systemu nie jest realizowane określanie pojedynczych charakterystyk obiektu powietrznego /przynależności państwowej, typu, składu/, gdyż symulowane tory są w pełni zdeterminowane.

Dla uwzględnienia tego problemu w modelu rozpatruje się łączne prawdopodobieństwo poprawnego określenia charakterystyk.

Charakterystyki obiektu powietrznego określa się na SD krt jak i SD prt. Prawdopodobieństwo poprawnego określenia tych charakterystyk jest zależne od jakości pracy urządzeń radiolokacyjnych, wyszkolenia i działania osób funkcyjnych oraz możliwości wykorzystania innych źródeł informacji pozwalających udokładnić określone charakterystyki [46].

x Błąd średni i średniokwadratowy z wystarczającą dokładnością można określić przy $N \geq 10$ [65].

W modelu autor czynniki te uwzględnia w wypadkowym prawdopodobieństwie poprawnego określenia charakterystyk danej trasy i przywiązuje je do parametrów działania dowódcy zmiany na SD krt oraz oficerów operacyjnych na SD brt /zbiory D14 i D20/.

W przypadku śledzenia i przekazywania meldunków z charakterystykami danej i trasy przez kilka źródeł informacji wypadkowe prawdopodobieństwo poprawnego określenia charakterystyk autor oblicza z zależności:

$$PPCH_i = 1 - \left[\prod_{w=1}^W /1 - PPCH_{wi}/ \right] \cdot /1 - PPCH_{zi}/$$

gdzie: PPCH_{wi} - prawdopodobieństwo poprawnego określenia charakterystyk obiektu przez dowódcę zmiany na SD krt;

PPCH_{zi} - prawdopodobieństwo poprawnego określenia charakterystyk obiektu /w tym i wykorzystania danych z SD krt/ przez oficera operacyjnego na SD ort.

Wypadkowe prawdopodobieństwo poprawnego określania charakterystyk dla wszystkich śledzonych tras w danym eksperymencie symulacyjnym autor określa jako średnią arytmetyczną z prawdopodobieństw dla poszczególnych tras.

3. Określanie prawdopodobieństwa radiolokacyjnego naprowadzania i wskazywania celu AŚO.

Określa się je jako całkę prawdopodobieństwa trafienia przypadkowej wartości /charakteryzowanej błędami określania współrzędnych/ w przedział o wymiarach ograniczonych przestrzenią obserwowaną przez SNR lub RLS pokładową. Błędy określania współrzędnych jako suma szeregu niezależnych błędów, z których żaden nie jest dominujący zgodnie z centralnym twierdzeniem granicznym teorii prawdopodobieństwa można przyjąć, że posiadają rozkład normalny $N/m, \sigma/$ [5]. Funkcję gęstości rozkładu normalnego oraz zasadę obliczania prawdopodobieństwa z wykorzystaniem stabilizowanych wartości dystrybuant^x podaje załącznik 15.

Prawdopodobieństwo radiolokacyjnego wskazania celu /naprowadzania/ określa autor na podstawie wyznaczonych błędów w badaniach symulacyjnych, wymiarów przestrzeni obserwacji SNR lub RLS pokładowej oraz wzajemnego usytuowania obiektu powietrznego, źródła informacji / SD brt/ i SNR lub samolotu naprowadzanego. Prawdopodobieństwo to można określać w bieżących chwilach symulacji lub jako wypadkowe po zakończeniu symulacji.

x Stabilizowaną dystrybuantę wykorzystano ze względu na szybkość obliczeń, gdyż przewiduje się zastosowanie algorytmu również do oceny systemu rzeczywistego.

Poniżej przedstawione zostaną sposoby określania tych prawdopodobieństw.

a/ Określanie bieżącego prawdopodobieństwa radiolokacyjnego wskazania celu SNR.

Prawdopodobieństwo to określane jest w każdym cyklu symulacji dla poszczególnych dr względem tras będących w strefie wykrywania SNR tych dr. Do obliczeń wykorzystywane są bieżące błędy określania współrzędnych oraz błędy średniokwadratowe zestawu raketowego, gdyż w symulacji nie ma możliwości określenia błędów zestawu raketowego. Błędy zestawu raketowego w czasie cyklu strzelania są stałe [57] .

Dla obliczeń dokonano przeliczenia określonych błędów ze współrzędnych prostokątnych na współrzędne sferyczne, przedstawia to załącznik 16. Przeliczone błędy można traktować jako wartości średnie a w obliczeniach jako przesunięcie granic całkowania.

Prawdopodobieństwo bieżące wskazywania celu SNR /z wykorzystaniem wyprowadzeń w załączniku 15/ określa się z zależności:

$$P_{bwc}^A = \left[F / \frac{R_D - D_c - \Delta D}{\sigma_{DZR}} + F / \frac{D_c + \Delta D}{\sigma_{DZR}} - 1 \right] \cdot \left[F / \frac{R_B / 2 - \Delta B}{\sigma_{BZR}} + F / \frac{R_B / 2 + \Delta B}{\sigma_{BZR}} - 1 \right] \cdot \left[F / \frac{R_E / 2 - \Delta E}{\sigma_{EZR}} + F / \frac{R_E / 2 + \Delta E}{\sigma_{EZR}} - 1 \right]$$

gdzie: D_c - odległość cel - SNR, /4-18/
 $\sigma_{D,B,EZR}$ - błędy średniokwadratowe zestawu raketowego w danej współrzędnej,
 R_D, R_B, R_E - wymiary przestrzeni obserwowanej przez SNR w danej współrzędnej,
 $F / y /$ - stabilizowana dystrybuanta rozkładu normalnego $N / 0, 1 /$.

Prawdopodobieństwo to programowo jest określane w zakresie odległości celu od SNR mniejszej od zakresu wykrywania SNR.

b/ Określanie wypadkowego prawdopodobieństwa radiolokacyjnego wskazania celu SNR.

Prawdopodobieństwo to możliwe jest do określania dwoma sposobami, jako uśrednione bieżące prawdopodobieństwa wskazywania celu SNR w zakresie jego przebywania w strefie rażenia PZR lub z pełnych zależności matematycznych.

Obliczanie uśrednionego prawdopodobieństwa radiolokacyjnego wskazania celu SNR.

Do obliczeń tego prawdopodobieństwa wykorzystano zależność:

$$P_{kwc}^A = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N P_{kwc}^A \quad /4-19/$$

gdzie: N - ilość dyskretnych prawdopodobieństw wykorzystanych do obliczeń.

Prawdopodobieństwo to określa się dla pojedynczej trasy względem danego dr.

Obliczanie wypadkowego prawdopodobieństwa radiolokacyjnego wskazania celu SNR z zależności matematycznych.

Prawdopodobieństwo to uwzględniając wyprowadzenia w załączniku 15 określane jest z zależności:

$$P_{kwc}^A = \left[F / \frac{R_D - D_c}{\sigma_{Dz}} / + F / \frac{D_c}{\sigma_{Dz}} / - 1 \right] \cdot \left[2F / \frac{R_B}{2\sigma_{Bz}} / - 1 \right] \cdot \left[2F / \frac{R_E}{2\sigma_{Ez}} / - 1 \right] \quad /4-20/$$

gdzie: $F/y/$, R_D , R_B , R_E - parametry scharakteryzowane w zależności /4-18/,
 $\sigma_{D,B,Ez}$ - sumaryczne błędy średniokwadratowe w odpowiednich współrzędnych.

Błędy sumaryczne obejmują błędy informacji radiolokacyjnej i błędy zestawu rakietowego. Błędy te są niezależne, określane są z zależności:

$$\sigma_{D,B,Ez} = \sqrt{\sigma_{D,B,EzR}^2 + \sigma_{D,B,EzI}^2}$$

Błędy średniokwadratowe informacji radiolokacyjnej określono z zależności:

$$\sigma_{Dir} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_D^2}; \quad \sigma_{Bir} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \cdot \frac{180^\circ}{D_c \cdot \pi}$$

$$\sigma_{Eir} = \frac{\sigma_H}{D_c} \cdot \frac{180^\circ}{\pi}$$

gdzie: $\sigma_{x,y,H}$ - błędy średniokwadratowe określone w KMS,
 D_c - odległość cel - SNR.

Odległość cel - SNR w czasie lotu jest zmienna, do obliczeń należy jednak przyjąć określoną. Wyniki obliczeń prawdopodobieństwa uzyskane tym sposobem są więc przybliżone.

Biorąc po uwagę dokładność obu sposobów określania prawdopodobieństwa autor do dalszych obliczeń wykorzystywał będzie sposób obliczeń według zależności uśrednionych.

c/ Obliczanie bieżącego prawdopodobieństwa radiolokacyjnego naprowadzenia samolotu myśliwskiego na cel powietrzny.

W analizie procesu naprowadzania koniecznym jest rozpatrywanie położenia celu i myśliwca przechwytyjącego. Oczywistym jest, że oba te obiekty w sposób dynamiczny zmieniają swoje położenie.

W czasie badań ocenowych metodą symulacji komputerowej możliwe są dwa podejścia. Pierwsze, w którym symuluje się cel powietrzny i myśliwca przechwytyjącego ten cel, drugie w którym symuluje się tylko cel powietrzny, a myśliwca rozpatruje się poprzez przyjęcie średniokwadratowych błędów naprowadzania. Rozpatrzone zostaną oba te przypadki.

Określanie bieżącego prawdopodobieństwa radiolokacyjnego naprowadzania myśliwca na cel powietrzny z symulacją lotu myśliwca.

Prawdopodobieństwo to określa się w każdym cyklu symulacji dla poszczególnych myśliwców przechwytyjących, w których to strefach wykrywania pokładowych RLS mogą znaleźć się przechwytywane cele^x, tzn. w odległości $D_{cmprz} < R_D$.

Obliczenia realizowane są z wykorzystaniem bieżących błędów określania położenia celu i myśliwca /w symulacji toru myśliwca należy uwzględnić błędy nawigatorskie i pilotażu/.

Wskazanie celu pokładowej RLS w tym przypadku można rozpatrywać w kategoriach zdarzeń zdeterminowanych.

Myśliwiec jest naprowadzony na cel tzn.

$$P_{bn}^L = 1 \text{ jeśli}$$

$$R_D \geq D_{cmprz} + \Delta D \geq 0 \quad \wedge \quad \Delta B \leq R_B / 2 \quad \wedge \quad \Delta E \leq R_E / 2 \quad /4-20/$$

W przeciwnym przypadku $P_{bn}^L = 0$

gdzie: $\Delta D, \Delta B, \Delta E$ - błędy bieżące określania współrzędnych obliczone z wykorzystaniem zależności podanych w załączniku 17,

R_D, R_B, R_E - wymiary przestrzeni wykrywania pokładowej RLS,

D_{cmprz} - odległość cel myśliwiec w przestrzeni obliczona z wykorzystaniem zależności podanych w załączniku 17.

Określanie bieżącego prawdopodobieństwa radiolokacyjnego naprowadzenia myśliwca na cel powietrzny bez symulacji lotu myśliwca.

Prawdopodobieństwo to określa się w każdym cyklu symulacji dla celów powietrznych będących w strefie możliwych oddziaływań LM /tzn. w zasięgu możliwej rubieży wprowadzenia do walki z danego lotniska lub strefy dyżurowania w powietrzu/.

x Przyjęto założenia, że cel zostaje wykryty z prawdopodobieństwem $P_w = 1$ jeśli znajdzie się w strefie wykrywania pokładowej RLS oraz że myśliwiec leci dokładnie na kursie celu. Drugie założenie nie jest konieczne dla samolotu MIG 23MF, gdyż występuje w nim możliwość sterowania wiązką pokładowej RLS.

Do obliczeń wykorzystywane są bieżące błędy określania współrzędnych celu oraz średniokwadratowe błędy naprowadzania myśliwca. Ostatnie z tych błędów przyjęto, że są stałe w cyklu naprowadzania [57]. Prawdopodobieństwo naprowadzania dla tego przypadku /z wykorzystaniem zależności podanych w załączniku 15/ określa się z zależności:

$$P_{bn}^L = \left[F \frac{R_D - D_{cmprz} + \Delta D}{\sigma_{Dn}} + F \frac{D_{cmprz} - \Delta D}{\sigma_{Dn}} - 1 \right] \left[F \frac{R_B / 2 - \Delta B}{\sigma_{Bn}} + \right. \\ \left. + F \frac{R_B / 2 + \Delta B}{\sigma_{Bn}} - 1 \right] \left[F \frac{R_E / 2 - \Delta E}{\sigma_{En}} + F \frac{R_E / 2 + \Delta E}{\sigma_{En}} - 1 \right] \quad /4-21/$$

gdzie: $\sigma_{D,B,E,n} = \sqrt{\sigma_{D,B,E,naw}^2 + \sigma_{D,B,E,pil}^2}$,
 $\sigma_{D,B,E,n}$ - błędy średniokwadratowe naprowadzania,
 $\sigma_{D,B,E,naw}$ - błędy średniokwadratowe nawigatorskie,^x
 $\sigma_{D,B,E,pil}$ - błędy średniokwadratowe pilotażu,
 $R_D, R_B, R_E, \Delta D, \Delta B, \Delta E, D_{cmprz}$ - parametry scharakteryzowane w zależności /4-20/.

W obliczeniach należy przyjąć odległość cel - myśliwiec.

Przyjmując założenie D_{cmprz} równa R_D można pierwszy czynnik w powyższej zależności pominąć, gdyż jest on bliski jedności. Przyjęcie takiego założenia potwierdza fakt, że naprowadzenie myśliwca w odległości jest około trzykrotnie dokładniejsze niż w pozostałych współrzędnych [57].

- d/ Określanie wypadkowego prawdopodobieństwa radiolokacyjnego naprowadzenia samolotu myśliwskiego na cel powietrzny.

Prawdopodobieństwo to można określić dwoma sposobami co zostanie niżej przedstawione.

Określanie usrednionego prawdopodobieństwa naprowadzenia myśliwca na cel powietrzny.

Prawdopodobieństwo to autor określa z zależności:

$$P_{kn}^L = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N P_{bn}^L$$

gdzie: N - ilość bieżących prawdopodobieństw określonych w czasie możliwego oddziaływania myśliwca na cel powietrzny.

Zależność powyższa umożliwia obliczenie usrednionego prawdopodobieństwa naprowadzania na poszczególne cele powietrzne.

^x błędy nawigatorskie i pilotażu zależne są od wykszolenia tych osób. Błędy nawigatorskie w ogólnym przypadku składają się z błędów nawigatora oraz aparatury naprowadzania.

Określanie wypadkowego prawdopodobieństwa naprowadzenia myśliwca na cel powietrzny z wykorzystaniem zależności matematycznych.

Prawdopodobieństwo to /wykorzystując wyprowadzenia w załączniku 15/ określa się z zależności:

$$P_{k^n}^L = \left[F / \frac{R_D - D_{cmprz}}{\sigma_{Dz}} / + F / \frac{D_{cmprz}}{\sigma_{Dz}} / - 1 \right] \cdot \left[2F / \frac{R_B}{2\sigma_{Bz}} / - 1 \right] \cdot \left[2F / \frac{R_E}{2\sigma_{Ez}} / - 1 \right] \quad /4-22/$$

gdzie: $F/y/$, R_D , R_B , R_E , D_{cmprz} - parametry scharakteryzowane w zależności /4-20/,
 $\sigma_{D,B,Ez}$ - sumaryczne błędy średniokwadratowe.

Błędy sumaryczne składają się z błędów: informacji radiolokacyjnej, nawigatorskich i pilotażu a określa się je z zależności:

$$\sigma_{D,B,Ez} = \sqrt{\sigma_{D,B,Ez}^{2}{}_{ir} + \sigma_{D,B,Ez}^{2}{}_{naw} + \sigma_{D,B,Ez}^{2}{}_{pil}} \quad /4-23/$$

Błędy średniokwadratowe informacji radiolokacyjnej określa się z zależności:

$$\sigma_{Dir} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_H^2}; \quad \sigma_{Bz} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \cdot \frac{180^\circ}{D_{cmprz} \cdot \pi}; \quad \sigma_{Ez} = \frac{\sigma_H \cdot 180^\circ}{D_{cmprz} \cdot \pi}$$

gdzie: $\sigma_{x,y,H}$ - błędy średniokwadratowe określone w punkcie 4.2.3.3.

Trudnością w tym sposobie obliczeń jest przyjęcie odległości myśliwiec - cel, gdyż jest ona zmienna.

Biorąc pod uwagę dokładność obu sposobów określania prawdopodobieństwa wypadkowego autor do dalszych obliczeń wykorzystywał będzie sposób obliczeń według uśrednionego prawdopodobieństwa. Przedstawione sposoby określania prawdopodobieństwa są możliwe do realizacji na komputerze.

4.2.4. Obliczanie syntetycznej oceny skuteczności działania badanego systemu.

Podstawą do obliczenia ogólnej oceny skuteczności działania badanego systemu są określone w wyniku symulacji komputerowej wartości wskaźników ilościowych. Wskaźniki te jak podano wyznaczane są w dwóch etapach ocenowych.

W I etapie ocenowym autor wykorzystał ocenę dwustanową. Podstawą do wyznaczania oceny jest określona wartość wskaźnika przestrzennej efektywności radiolokacyjnego zabezpieczenia AŚO.

Ocena pozytywna za I etap oceny wystawiona będzie wówczas, gdy obliczone wskaźniki dla każdej trasy względem mogących na nią oddziaływać AŚO będą większe od jedności. Dla uproszczenia można rozpatrywać wskaźniki tylko dla AŚO znajdujących się w pierwszej linii w stosunku do rozpatrywanego wariantu nalotu ŚNP. Oczywiście może się zdarzyć, że dla niektórych AŚO wskaźnik ten będzie mniejszy od jedności. W takich przypadkach analizowany jest wskaźnik stopnia wykonania zadania przez AŚO ze względu na informację radiolokacyjną. Jeśli wypadkowa wartość tego wskaźnika jest równa jedności, to oznacza, że badany system umożliwia wykorzystanie pełnych możliwości bojowych AŚO.

Dla wartości mniejszej od jedności wystąpi niepełne wykorzystanie możliwości bojowych AŚO, co potwierdza ocenę negatywną za przestrzenne radiolokacyjne zabezpieczenie AŚO. W szczególnych przypadkach można ustalić mniejszą od jedności wartość wskaźnika wykonania zadania przez AŚO, poniżej której wystawiona jest ocena negatywna. Ocena pozytywna I etapu warunkuje jak podano przejście do II etapu ocenowego.

W drugim etapie ocenowym określanych jest pięć wskaźników. Wielowymiarowa ocena dobrze oddaje bogactwo rzeczywistości lecz utrudnia analizę. Ocena podana w postaci jednej liczby jest łatwa do wykorzystania i porównań, stąd też występuje dążenie do jej stosowania. Próboję określenia takiej syntetycznej oceny na podstawie określonych wskaźników w II etapie ocenowym podjął autor.

Dla wyznaczenia syntetycznej oceny autor wykorzystał określone w II etapie ocenowym następujące wskaźniki:

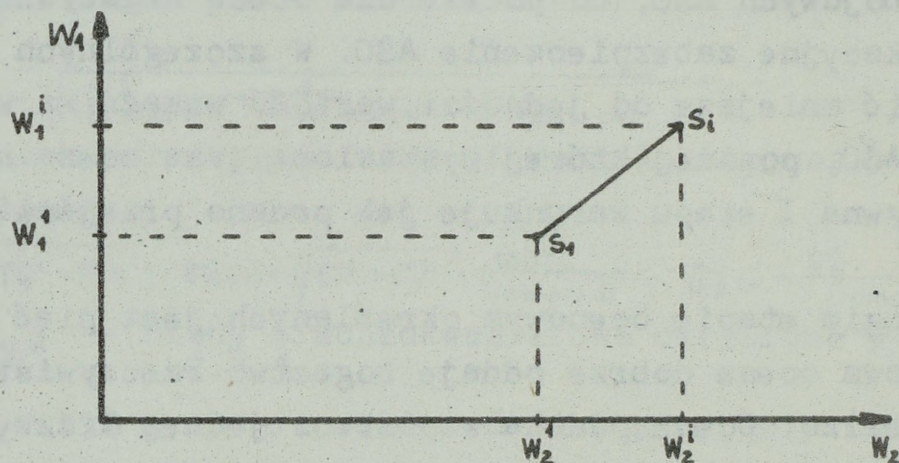
- terminowość wykrycia i zawiązania trasy wyrażoną współczynnikiem utraty informacji radiolokacyjnej ze względu na zawiązanie trasy,
- współczynnik utraty informacji radiolokacyjnej,
- wiarygodność określania charakterystyk obiektów powietrznych,
- prawdopodobieństwo radiolokacyjnego wskazania celu /naprowadzania myśliwca/ lub błędy średniokwadratowe określania współrzędnych^x.

Trzy pierwsze wskaźniki oraz błędy średniokwadratowe określone są jednoznacznie dla każdej śledzonej trasy celu powietrznego.

x Błędy średniokwadratowe określania współrzędnych danej trasy winny być wykorzystane do określania oceny syntetycznej w radiolokacyjnym zabezpieczeniu dowodzenia wojskami OPK.

Prawdopodobieństwo wskazania celu lub naprowadzania dla danej trasy określone jest względem kilku ASO, które mogą na nią oddziaływać. Dla określenia wypadkowego prawdopodobieństwa radiolokacyjnego zabezpieczenia ASO względem danej trasy należy obliczyć średnie prawdopodobieństwo. Autor oblicza je jako średnią arytmetyczną z prawdopodobieństw poszczególnych ASO względem tej trasy.

Dla wyznaczenia syntetycznej oceny skuteczności działania badanego systemu autor wykorzystał metodę odległości określonych powyżej wskaźników w badanym systemie od ideału w przestrzeni czterowymiarowej. Ideałem jest system, który zabezpieczy oczekiwane /pożądane/ przez użytkownika /podmiot oceniający lub ekspertów/ wartości wskaźników skuteczności działania. Ilustrację graficzną określania odległości od ideału w przestrzeni dwuwymiarowej przedstawia rys. 4.8.



Rys. 4.8. Graficzna ilustracja wyznaczania odległości wskaźników badanego systemu S_1 od ideału S_i

W praktyce może zachodzić potrzeba uwzględnienia rozpatrywanych wskaźników z różnymi wagami ustalonymi przez ekspertów lub podmiot oceniający. Odległość badanego systemu /określonego wymienionymi wskaźnikami/ od ideału - czyli syntetyczną ocenę skuteczności działania badanego systemu określa się z zależności:

$$OS = \sqrt{\left[\frac{W_1}{Kuz} - \frac{1}{J} \sum_i Kuzi \right]^2 + \left[\frac{W_2}{Ku} - \frac{1}{J} \sum_i Kui \right]^2 + \left[\frac{W_3}{PPCH} - \frac{1}{J} \sum_i PPChi \right]^2 + \left[\frac{W_4}{Pwc} - \frac{1}{J} \sum_i \frac{1}{K} \sum_k Pwci \right]^2}$$

- gdzie: $W_1 \div W_4$ - wagi poszczególnych wskaźników w ocenie syntetycznej z przedziału $\langle 0, 1 \rangle$,
 J - ilość tras w rozpatrywanym nalocie,
 K - ilość ASO mogących oddziaływać na daną trasę,
 $Kuzi$ - współczynnik utraty informacji radiolokacyjnej ze względu na zawiązanie trasy,
 Kui - całkowity współczynnik utraty informacji dla danej trasy,
 $PPChi$ - prawdopodobieństwo poprawnego określenia charakterystyk,
 $Pwci$ - prawdopodobieństwo wskazania celu /naprowadzenia/,
 $Kuz, Ku, PPCH, Pwc$ - przyjęte wartości wskaźników dla ideału.

Obliczona ocena syntetyczna jako ważona odległość od ideału umożliwia jednoznaczną ocenę i agregowanie poszczególnych wariantów badanego systemu. Lepszy będzie ten wariant, który zabezpieczy otrzymanie mniejszej wartości oceny syntetycznej /tzn. jest on bliższy ideałowi/. Syntetyczna ocena może obejmować pojedyncze trasy lub ich zespół w danym nalocie.

W razie wymogów, można wykorzystać ogólnie przyjętą skalę ocen /5,4,3,2/ lub inną w przypadku ustalenia przedziałów ocenowych wskaźnika syntetycznego.

4.3. PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA OPRACOWANEJ METODY DO OCENY SKUTECZNOŚCI DZIAŁANIA BADANEGO SYSTEMU.

Opracowaną w rozprawie metodę oceny skuteczności działania zilustrowano przykładem w którym przyjęto, że oceniany jest system SD brt z podległymi jemu trzema SD krt i czterema RLP wraz z operacyjnie podporządkowanym jednym SD krt i RLP sąsiedniego brt. Elementy te zabezpieczają pod względem radiolokacyjnym działanie pułku raketowego w składzie sześciu dr. Wymienione siły i środki osłaniają obiektowo zespół portów Szczecin - Świnoujście oraz strefowo północną granicę PRL w swoim rejonie odpowiedzialności przed uderzeniami SNP przeciwnika. Na rejon ten wykonują uderzenie trzy grupy SNP przeciwnika. Rozmieszczenie wymienionych sił i środków, ich ugrupowanie i parametry oraz opis SNP przeciwnika podane zostały w drugiej części pracy.

Uzyskane wydruki z przeprowadzonego eksperymentu na komputerowym modelu symulacyjnym dla rozpatrywanego przykładu podane są w drugiej części pracy. Wydruki te obejmują 20 tabulogramów zawierających wartości ilościowych wskaźników skuteczności działania.

Z analizy uzyskanych wskaźników wynika, że występuje niepełne zabezpieczenie 82 dr w informację radiolokacyjną dla tras Nr 1 i Nr 2 /tabulogramy 1 i 3/. Wskaźnik przestrzennej efektywności radiolokacyjnego zabezpieczenia 82 dr dla tych tras wynosi $E_{1,4}^2 = 0,91$ i $E_{2,4}^2 = 0,78$. Powoduje to zmniejszenie stopnia wykonania zadania przez 82 dr odpowiednio o $K_1 = 0,11$ i $K_2 = 0,22$ razy /tabulogramy 1 i 2/.

Dywizjon 82 znajduje się na głównym kierunku realizowanego nalotu.

Niepełne radiolokacyjne zabezpieczenie 82 dr dla trasy Nr 1 wynika z opóźnienia w zawiązaniu trasy /różne $E_{1,3}^2$ i $E_{1,4}^2$ w tabulogramie 1/, zaś dla trasy Nr 2 uwarunkowane jest głównie ukształtowaniem terenu. Ukształtowanie terenu umożliwia uzyskanie wskaźnika radiolokacyjnego zabezpieczenia 82 dr dla tej trasy $E_{2,1}^2 < 0,87$ /tabulogram 2/. Realizowany nalot przez grupy ŚNP przeciwnika /samoloty w grupie w przestrzeni nierozróżniania RLS/ umożliwia w większości przypadków wykorzystanie teoretycznych, pełnych zasięgów geometrycznych / $E_{x,1}$ i $E_{x,3}$ są jednakowe, za wyjątkiem wymienionych przypadków dla 82 dr - tabulogramy 1 ÷ 3/.

Strata informacji radiolokacyjnej ze względu na zawiązanie trasy jest największa dla trasy Nr 1 /tabulogramy 4 ÷ 9/. Uzyskane współczynniki utraty informacji radiolokacyjnej większe od zera wynikają z opóźnienia w zawiązywaniu trasy. W rozpatrywanym eksperymencie największy współczynnik utraty informacji radiolokacyjnej wystąpił dla trasy Nr 1.

Błędy średniokwadratowe określania współrzędnych dla poszczególnych tras są różne /tabulogramy 10 ÷ 12/. Najmniejsze błędy występują dla trasy Nr 3, gdyż jest to trasa niemanewrującego obiektu powietrznego. W śledzonych trasach występują błędy średnie określania współrzędnych, najmniejszą ich wartością charakteryzuje się również trasa Nr 3. Zbliżone wartości błędów określania wysokości wynikają z uproszczonej procedury przeliczania tej współrzędnej w wykorzystywanym programie komputerowym.

Prawdopodobieństwo radiolokacyjnego wskazania danego celu kilku SNR /w różnych dr/ przez SD brt jest w danej chwili czasowej różne /tabulogramy 13 ÷ 20/. Wynika to z faktu różnej odległości między wskazywanym celem a SNR.

Bieżące prawdopodobieństwo radiolokacyjnego wskazania celu danej SNR w czasie lotu celu jest zmienne. Z przeprowadzonej analizy wydruków wynika, że prawdopodobieństwo wskazania celu zmniejsza się wraz ze zbliżaniem się celu do SNR.

Ogólne wartości wskaźników skuteczności działania dla danego wariantu systemu w rozpatrywanym przedziale czasu symulacji /za wyjątkiem omówionego wcześniej wskaźnika przestrzennej efektywności radiolokacyjnego zabezpieczenia dr/ są następujące:

- wskaźnik stopnia wykonania zadania przez pr ze względu na informację radiolokacyjną /rozpatrując strefę zawiązania i śledzenia tras/ wynosi 0,959,

- współczynnik utraty informacji radiolokacyjnej dla śledzonych tras wynosi 0,107 i jest on równy współczynnikowi utraty informacji radiolokacyjnej ze względu na zawiązanie trasy /gdyż utrata informacji w rozpatrywanym wariancie występuje tylko na tym etapie/,
- wiarygodność określania charakterystyk śledzonych tras obliczona na podstawie danych w zbiorach D14 i D20 /podanych w drugiej części pracy/ wynosi 0,999,
- wypadkowe prawdopodobieństwo wskazania celów SNR w badanym wariancie wynosi 0,645.

Wypadkowa syntetyczna ocena skuteczności działania systemu w rozpatrywanym przykładzie /w odniesieniu do ideału posiadającego współczynniki utraty informacji radiolokacyjnej równe zero, wiarygodność określania charakterystyk oraz prawdopodobieństwo poprawnego wskazania celu SNR równe jedności/ oraz jednakowych równych jedności wag poszczególnych wskaźników/ obliczona według zależności podanej w punkcie 4.2.4. wynosi 0,375.

Z analizy przedstawionych wyników oceny skuteczności działania rozpatrywanego zespołu SD z podległymi środkami radiolokacji i łączności w odniesieniu do zabezpieczanych AŚO i działania ŚNP przeciwnika można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Dla poprawy przestrzennego radiolokacyjnego zabezpieczenia 82 dr należy w 4¹⁰ krt wykorzystać RLS wykrywania celów niskolejących, lub dokonać przedsięwzięć zmierzających do zmniejszenia kątów zakrycia w strefie informacji radiolokacyjnej wykorzystywanej RLS na kierunku nalotu.
2. W badanym ugrupowaniu systemu i założonym działaniu ŚNP przeciwnika utrata informacji radiolokacyjnej występuje pod wpływem opóźnienia w wykrywaniu i zawiązywaniu tras. Pole radiolokacyjne dla tego wariantu jest ciągłe.
3. Błędy średniokwadratowe określania współrzędnych przez rozpatrywany system zależą przede wszystkim od parametrów toru lotu obiektu powietrznego. Dla torów manewrujących błędy te są większe niż dla niemanewrujących.
4. Bieżące wartości prawdopodobieństwa wskazania celu danej SNR na trasie lotu celu są zmienne. Wynika to ze zmiany odległości cel - SNR oraz dynamicznej zmiany błędów określania współrzędnych.
5. Zapewnienie odpowiedniej wartości prawdopodobieństwa wskazania celu SNR w rodzaju jej pracy "wąska wiązka" /przyjmuje się powyżej 0,68/ jest możliwe do zrealizowania na dalszych odległościach celu od SNR. Przykładowo dla trasy Nr 1 i 82 dr /zestaw typu Wołchow/ odległość ta wynosi powyżej 60 km a dla 83 dr /zestaw typu Nawa/ powyżej 35 km. Na bliższych odległościach wymóg ten jest bardzo trudny do spełnienia przez rozpatrywany w przykładzie system.

4.4. OKREŚLANIE ILOŚCIOWYCH WSKAŹNIKÓW SŁUŻĄCYCH DO OCENY BADANEGO SYSTEMU W PROPONOWANEJ METODZIE BADAŃ NA RZECZYWISTYM SYSTEMIE.

Określanie wskaźników skuteczności działania badanego systemu w proponowanej metodzie może odbywać się dwoma sposobami:

- z wykorzystaniem symulowanego komputerowo działania ŚNP przeciwnika,
 - z wykorzystaniem imitowanego przez własne lotnictwo działania ŚNP.
- Zależnie od wykorzystywanego sposobu różna będzie ilość objętych badaniem elementów rozpatrywanego systemu oraz ilość określanych wskaźników ocenowych.

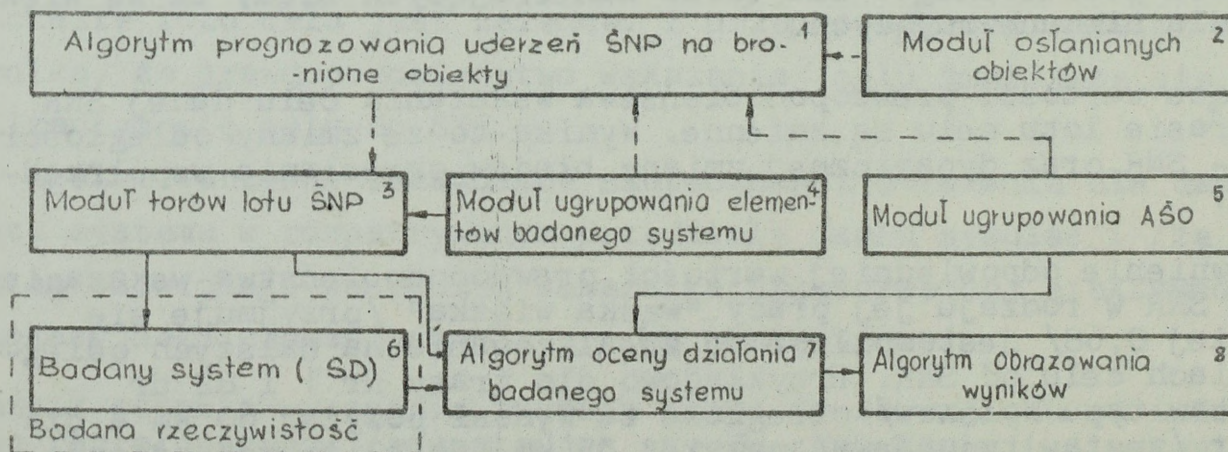
Poniżej przedstawiona zostanie metoda określania wskaźników ilościowych dla podanych sposobów badań.

4.4.1. Określanie wskaźników ilościowych na rzeczywistym systemie z symulowanym komputerowo nalotem ŚNP przeciwnika.

Badania ocenowe skuteczności działania rzeczywistego systemu w warunkach symulowanego komputerowo nalotu ŚNP przeciwnika obejmować będą tylko SD / tzn. podsystem dowodzenia oraz zbioru i opracowania informacji radiolokacyjnej/. Wynika to z faktu, że przy symulowanym komputerowo nalocie symulowane musi być również działanie podsystemu rozpoznawania radiolokacyjnego. W rozpatrywanym sposobie określone mogą być wskaźniki I i II etapu ocenowego, jednak wskaźniki I etapu bazować będą częściowo na wynikach symulacji komputerowej.

4.4.1.1. Ogólny opis proponowanego sposobu badań z symulowanym komputerowo nalotem ŚNP.

Schemat badań ocenowych dla proponowanego sposobu podaje rys. 4.9.

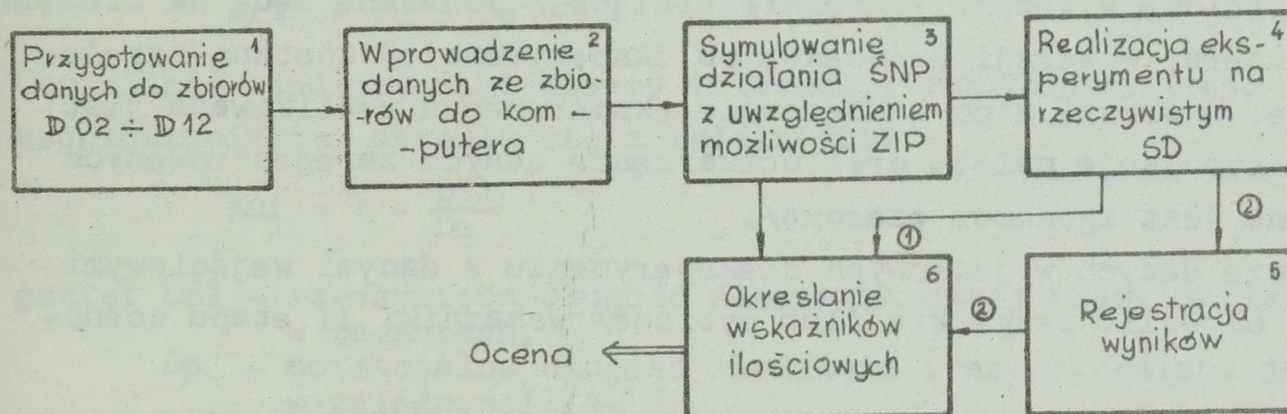


Rys. 4.9. Schemat badania skuteczności działania rzeczywistego systemu z symulowanym komputerowo nalotem ŚNP przeciwnika.

W przedstawionym schemacie niezmiennie w stosunku do schematu ocenowego badanego systemu na jego KMS /podanego na rys. 2.5/ pozostają moduły i algorytmy 1,2,3,4,7,8. Symulowane w module symulacji toru lotu $\text{SNP} \{ D^S \}$ podawane są na „wejście” SD i jednocześnie do bloku algorytmu oceny. Symulowane toru uwzględniają możliwości zasięgowe środków radiolokacyjnych w przyjętym ugrupowaniu. Do bloku algorytmu oceny podawane są również na bieżąco dane strumienia wyjściowego z badanego SD w postaci meldunków o śledzonych trasach obiektów powietrznych $\{ D^W \}$. Ocenie poddany zostaje strumień danych wyjściowych w odniesieniu do strumienia wejściowego i wymogów zabezpieczających AŚO.

4.4.1.2. Metodyka określania wskaźników ilościowych w proponowanej metodzie z symulowanym komputerowo nalotem SNP przeciwnika.

Przewidywaną kolejność działania w ramach omawianej metody przedstawia rys. 4.10.



Rys. 4.10. Kolejność działania podczas oceny rzeczywistego badanego systemu z symulowanym komputerowo nalotem SNP przeciwnika.

Dane wejściowe do badań winny być przygotowane w ramach planowania eksperymentu ocenowego. Przygotowanie wymaganych danych wejściowych jest analogiczne jak w metodzie badań na KMS. Zestawy danych wejściowych winny obejmować: zbiory D08 i D09 zawierające dane charakteryzujące działanie SNP przeciwnika i zbiory D10, D11, D12 zawierające dane w środkach radiolokacyjnych i ukształtowaniu terenu.

W przypadku realizacji pełnej oceny II etapu wymagane jest również wprowadzenie zbiorów D02 - D07 zawierających dane o typach, parametrach i rozmieszczeniu AŚO. Występuje również możliwość korzystania z bazy danych.

Przygotowane dane wejściowe wprowadza się do komputera. Na podstawie danych wejściowych charakteryzujących środki radiolokacyjne i ukształtowanie terenu określone będą strefy wykrywania. Z wykorzystaniem danych charakteryzujących działanie ŚNP przeciwnika oraz określonych stref wykrywania dokonana będzie symulacja nalotu dla rozpatrywanego systemu. Symulowane tory lotu ŚNP przewiduje się z wykorzystaniem interface wprowadzać z mikrokomputera do urządzeń aparatury automatyzacji na danym SD lub kompleksowo na kilku sprzężonych SD.

Realizacja eksperymentu obejmować będzie:

- systematyczne /w czasie rzeczywistym/ podawanie aktualnych położень symulowanych torów obiektów powietrznych z komputera do aparatury automatyzacji,
- pracę aparatury automatyzacji i osób funkcyjnych na SD /realizujących dowodzenie, wykrywanie i śledzenie symulowanych torów/,
- zbiór danych wyjściowych.

Dane wyjściowe w wersji 1 /ocenie bieżącej/ podawane będą na bieżąco do komputera, w wersji 2 /ocenie po eksperymencie/ zostaną zarejestrowane. W wersji 2 po zakończeniu eksperymentu realizowana jest ponowna symulacja nalotu oraz odtwarzanie danych zarejestrowanych /wymagana jest zgodność czasowa/.

Porównanie danych wyjściowych z eksperymentu z danymi wejściowymi pozwoli określić wszystkie /lub wybrane/ wskaźniki II etapu ocenowego.

Analiza zasięgowych danych wyjściowych w stosunku do wymogów AŚO umożliwi również określenie wskaźników I etapu ocenowego, nie będzie to jednak zasadniczy cel badań w opisywanej metodzie. Wskaźniki I etapu ocenowego proponuje się określać na podstawie otrzymanych z eksperymentu danych o położeniu poszczególnych tras w momencie ich zainicjowania oraz danych o położeniu i parametrach zabezpieczanych AŚO /wprowadzonych w zbiorach DO2-DO7/. Obliczanie wskaźników I etapu ocenowego z wykorzystaniem powyższych danych realizuje się analogicznie jak podano w punkcie 4.2.

Ze wskaźników ilościowych II etapu ocenowego w proponowanej metodzie możliwe są do określenia wszystkie wskaźniki. Określanie tych wskaźników niezależnie od wersji /ocena bieżąca lub po eksperymencie/ oparte jest na porównaniu informacji wyjściowej

/w dyskretnych chwilach czasowych określonych momentami przesyłania informacji śledzonych tras/ będącej wynikiem pracy SD z symulowanym na wejściu nalotem. W wyniku porównania otrzymuje się dane o błędach określania współrzędnych X, Y, H oraz poprawności określania charakterystyk /przynależności, typu, składu/. Na podstawie otrzymanych wyników porównania oraz punktów rozpoczęcia, przerw i zakończenia śledzenia poszczególnych tras wskaźniki II etapu ocenowego autor proponuje określać następująco:

1. Określanie terminowości wykrycia i zawiązania trasy.

Wskaźnik ten określany będzie na podstawie przedziału czasu od chwili rozpoczęcia symulacji danej trasy - T_{we} - do chwili przekazania o niej pierwszej informacji ze SD-Tif

$$T_{z\tau} = T_{if} - T_{we}$$

Na podstawie czasu zawiązywania trasy oraz prędkości celu V_c w tym przedziale czasu określa się utraconą długość trasy.

$$D_{z\tau} = V_c \cdot T_{z\tau}$$

2. Określanie współczynnika utraty informacji radiolokacyjnej.

Współczynnik ten określa się z zależności:

$$K_{ui} = 1 - \frac{D_{\text{śl}}}{D_p}$$

gdzie: $D_{\text{śl}}$ - rzeczywista długość śledzenia danej trasy określona w badaniach,

D_p - potencjalna długość śledzenia trasy określona jak w zależności /4-13/.

Współczynnik utraty informacji ze względu na zawiązanie trasy określa się z zależności:

$$K_{uz} = \frac{D_{z\tau}}{D_p}$$

gdzie: $D_{z\tau}$ - długość utracona trasy określona w punkcie 1,
 D_p - wielkość jak w zależności powyżej.

3. Określanie wiarygodności informacji radiolokacyjnej o śledzonych obiektach powietrznych.

Wiarygodność ta jak przyjęto w punkcie 2.4. określona będzie błędami pomiaru współrzędnych, wiarygodnością określania charakterystyk obiektów powietrznych oraz prawdopodobieństwem radiolokacyjnego wskazania celu SNR lub naprowadzania myśliwca na cel powietrzny.

a/ Wyznaczanie błędów określania współrzędnych.

Dokładność śledzenia obiektów powietrznych proponuje się wyznaczać jako różnicę współrzędnych X, Y, H, wydawanej informacji z badanego SD i odpowiadających im współrzędnych symulowanych torów obiektów powietrznych. Wyznaczanie tych różnic możliwe jest w chwilach czasowych określanych momentami transmisji informacji oraz w dowolnych chwilach czasowych. Otrzymane różnice są błędami określenia współrzędnych. Określone błędy bieżące zliczane przedziałowo jak w punkcie 4.2.3.3. będą podstawą obliczania błędów średnich i średniokwadratowych obliczonych z zależności odpowiednio /4-15/ i /4-16/.

Analiza obliczonych błędów średnich i średniokwadratowych zdaniem autora umożliwi wyciągnięcie wniosków odnośnie kierunków poprawy jakości opracowania informacji w badanym systemie,

b/ Wyznaczanie wiarygodności określania charakterystyk obiektu powietrznego.

Porównując określone przez badane SD w eksperymencie parametry: przynależność, typ, skład obiektu powietrznego z symulowanymi na wejściu wyznaczyć można liczby tras z poprawnie określonymi parametrami. Na tej podstawie wyznaczyć można wiarygodność określania przynależności państwowej, składu i typu według ogólnej zależności:

$$Pop, s, \tau = \frac{L_{pp, s, \tau}}{L_c}$$

gdzie: L_c - całkowita liczba tras symulowanych w danym nalocie,
 $L_{pp, s, \tau}$ - liczba tras z poprawnie określonymi odpowiednio: przynależnością, składem i typem.

4. Określanie prawdopodobieństwa radiolokacyjnego zabezpieczenia naprowadzania i wskazywania celu ASO.

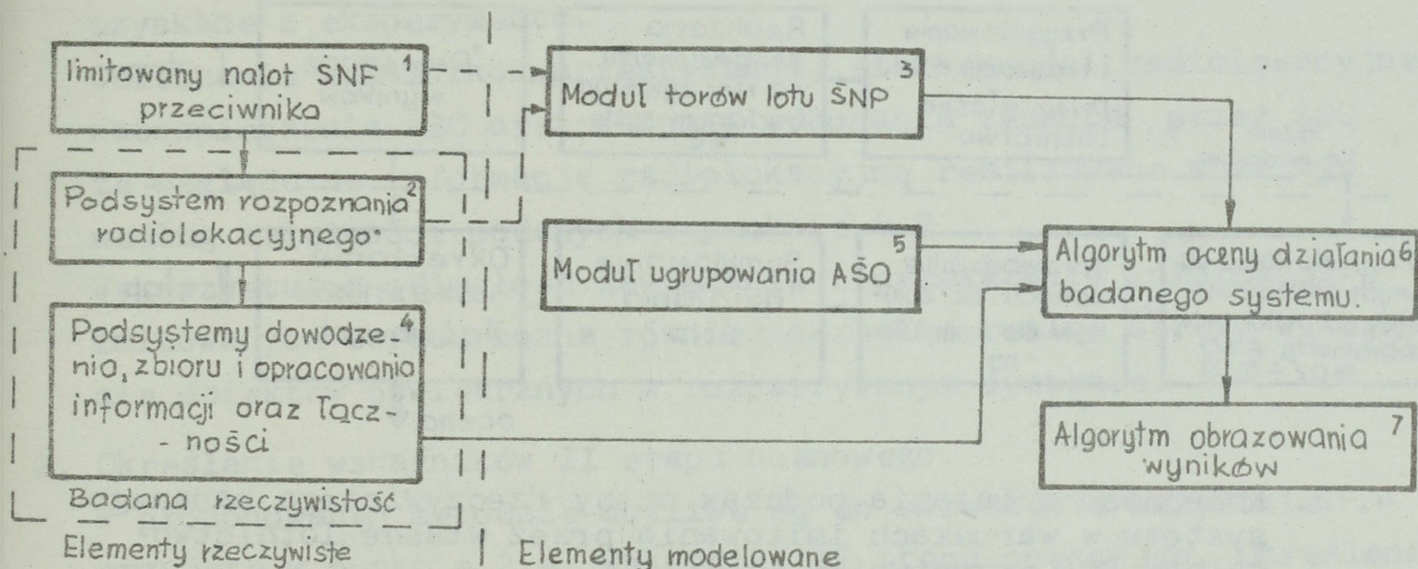
Prawdopodobieństwo to może być określane na bieżąco lub po zakończeniu eksperymentu zależnie od wersji ocenowej. Podstawą do jego obliczania jest znajomość błędów bieżących lub średniokwadratowych i średnich oraz ugrupowania i typu zabezpieczanych ASO. Obliczanie tych prawdopodobieństw autor proponuje realizować według sposobów i zależności podanych w punktach 4.2.3.4.

4.4.2. Określanie wskaźników ilościowych na rzeczywistym systemie z imitowanym przez własne lotnictwo działaniem ŚNP przeciwnika.

Wskaźniki ocenowe określane będą na pełnym rzeczywistym badanym systemie obejmującym podsystemy: rozpoznania radiolokacyjnego, zautomatyzowanych stanowisk dowodzenia oraz łączności. W rozpatrywanym sposobie mogą być określane wskaźniki I i II etapu ocenowego.

4.4.2.1. Ogólny opis proponowanego sposobu badań z imitowanym przez własne lotnictwo działaniem ŚNP przeciwnika.

Schemat badań ocenowych dla proponowanego sposobu podaje rys. 4.11.



Rys. 4.11. Schemat badania skuteczności działania rzeczywistego systemu w warunkach imitowania przez własne lotnictwo działaniem ŚNP przeciwnika.

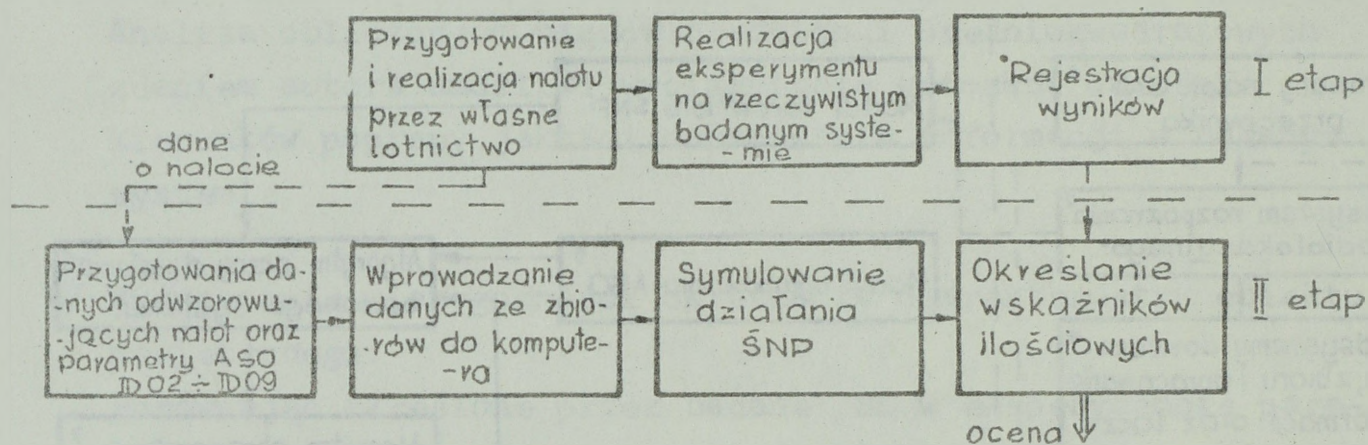
W przedstawionym schemacie niezmiennie w stosunku do schematu ocenowego badania systemu na jego KMS /podanego na rys. 2.5./ są moduły i algorytmy 3, 5, 7 i 8.

Dla uzyskania oceny przewiduje się realizację eksperymentu na rzeczywistym systemie w warunkach imitowania nalotu przez własne lotnictwo. Dane o planowanym nalocie są również podstawą do komputerowego symulowania nalotu w czasie rzeczywistym. Wskaźniki ocenowe określane będą na podstawie porównania informacji otrzymanej z badanego rzeczywistego systemu w postaci danych o śledzonych obiektach powietrznych $\{D^R\}$ z torami symulowanymi $\{D^S\}$. Możliwe jest również zastosowanie rejestracji danych z eksperymentu. Wskaźniki ocenowe określane będą w tym przypadku poprzez porównanie odtworzonych z rejestracji danych z danymi symulowanymi.

Ocena realizowana będzie w bloku algorytmu oceny, który wykorzystuje również dane o zabezpieczanych ASO. Szukane wskaźniki ocenowe, podobnie jak w poprzednim sposobie uzyska się poprzez porównanie dyskretnych wartości procesu na wyjściu z wartością tego procesu na wejściu. Oczywiście jest, że ocena ta będzie poprawna, jeśli wiernie zostaną odtworzone poprzez symulację tory lotu obiektów powietrznych.

4.4.2.2. Metodyka określania wskaźników ilościowych w proponowanej metodzie.

Przewidywaną kolejność działania w ramach omawianej metody przedstawia rys. 4.12.



Rys. 4.12. Kolejność działania podczas oceny rzeczywistego badanego systemu w warunkach imitowania przez własne lotnictwo nalotu ŚNP przeciwnika.

Określanie wskaźników ilościowych obejmowało będzie dwa etapy. W pierwszym etapie na podstawie specjalnie opracowanego planu realizowane będą praktyczne loty własnego lotnictwa. Parametry torów lotu powinny być dobrane odpowiednio do celów badań oraz możliwości wykorzystywanego lotnictwa /np. naloty raket skrzydlatych, naloty pojedynczych grup uderzeniowych na małych wysokościach, nalot zmasowany itp./. W warunkach nalotu prowadzony będzie eksperyment w którym uczestniczyć będą: środki radiolokacji, łączności i SD krt i prt. Siły i środki badanego systemu realizując pracę bojową przekazywać będą meldunki o sledzonych obiektach powietrznych do zabezpieczanych SD i ASO. Meldunki te będą rejestrowane.

W drugim etapie na podstawie danych o zaplanowanych torach lotu /z uwzględnieniem ewentualnych odchyłek/ oraz zabezpieczanych ASO

przygotowane będą zbiory D02 - D09. Dane z tych zbiorów wprowadzone zostaną do komputera.

Po uruchomieniu programu w komputerze następuje symulacyjne odtworzenie torów lotu ŚNP. Porównując dane wyjściowe odtworzone z pierwszego etapu z symulowanymi torami lotu określić będzie można wskaźniki ocenowe.

Wskaźniki te autor proponuje określać następująco:

1. Określanie wskaźników I etapu ocenowego.

Dla określenia wskaźników I etapu ocenowego wykorzystywane będą dane o położeniu poszczególnych torów obiektów powietrznych w momencie przekazania pierwszej informacji o nich do AŚO uzyskane z eksperymentu.

Obliczanie wskaźników przestrzennej efektywności radiolokacyjnego zabezpieczenia AŚO oraz stopnia wykonania zadania przez AŚO ze względu na informację radiolokacyjną realizowane może być według zależności podanych w punkcie 4.2.

Wykorzystując odległość zawiązania i przekazania informacji o imitowanych torach można również określić realne strefy wykrywania obiektów powietrznych w rozpatrywanym systemie.

2. Określanie wskaźników II etapu ocenowego.

W proponowanej metodzie możliwe są do określenia wszystkie przyjęte w punkcie 2.4. wskaźniki II etapu ocenowego. Określanie tych wskaźników oparte będzie na porównaniu zarejestrowanej podczas eksperymentu informacji wyjściowej z odtwarzanymi poprzez symulację torami lotu obiektów powietrznych.

Określanie terminowości wykrycia i zawiązania trasy, współczynnika utraty informacji radiolokacyjnej oraz wiarygodności informacji radiolokacyjnej może być realizowane analogicznie jak w metodzie z symulowanym komputerowo nalotem /podanej w punkcie 4.4.1.2./ nie będzie więc tutaj podawane.

4.5. W N I O S K I

Przedstawiona metodyka oceny skuteczności działania badanego systemu umożliwia ocenę jego potencjału oraz dynamicznego działania.

Wskaźniki oceniające potencjał badanego systemu /a zaliczane do grupy jakościowych/ autor wyraża oceną logiczną uwzględniając podane w rozdziale czynniki.

Wskaźniki oceniające działanie badanego systemu /wskaźniki ilościowe/ możliwe są do określenia w wyniku eksperymentu na komputerowym modelu symulacyjnym i wykorzystania algorytmów ocenowych.

Określanie wskaźników ocenowych wynikających z przestrzennego zabezpieczenia radiolokacyjnego AŚO autor realizuje wykorzystując uproszczony model symulacyjny. Taki sposób podejścia zdaniem autora jest uzasadniony logicznie, ponieważ analizę wiarygodności informacji radiolokacyjnej realizuje się wówczas, gdy spełnione są przez nią wymagania zasięgowe.

Wskaźniki przestrzennego zabezpieczenia AŚO autor określa w czterech wymienionych w rozdziale 3 strefach wykrywania. Dysponowanie wskaźnikami z tych czterech stref zdaniem autora winno zapewnić głęboką analizę i wyciągnięcie obiektywnych wniosków ocenowych.

Wskaźniki wiarygodnościowej oceny informacji radiolokacyjnej określa autor na bazie eksperymentu realizowanego na pełnym KMS badanego systemu. Wskaźniki te określane są dwójako:

- na bieżąco w każdym cyklu symulacji,
- po zakończeniu symulacji, jako wskaźniki wypadkowe.

Nowatorskim podejściem jest opracowanie metodyki /i jej praktyczne programowe zrealizowanie/ bieżącego określania prawdopodobieństwa wskazywania celu SNR i naprowadzania myśliwca na cel powietrzny oraz określania ogólnej, syntetycznej oceny skuteczności działania badanego systemu.

Wykorzystanie przedstawionej metodyki i algorytmów ocenowych zdaniem autora, umożliwia pełną ocenę skuteczności działania badanego systemu, co potwierdza zamieszczony przykład.

Niektóre moduły opracowanego komputerowego modelu symulacyjnego, a przede wszystkim algorytmy i programy ocenowe wraz z przedstawioną metodyką ocenową są możliwe do wykorzystania w badaniach rzeczywistego systemu. Autor widzi problem oceny skuteczności działania rzeczywistego badanego systemu z wykorzystaniem proponowanej metodyki i procedur ocenowych jako otwarty.

Wykorzystanie zaproponowanej metodyki do oceny rzeczywistych systemów zastąpić może stosowane obecnie pracochłonne, a często uproszczone a więc nieobiektywne metody oceny skuteczności działania systemu SD WRt z podległymi elementami.

Z A K O Ń C Z E N I E

Podstawowym celem, jaki autor postawił sobie w rozprawie doktorskiej było opracowanie metody umożliwiającej pełną ocenę skuteczności działania zautomatyzowanego SD WRT na szczeblu taktycznym.

W wyniku przeprowadzonej analizy okazało się konieczne poszerzenie obszaru badań zautomatyzowanego SD brt o bezpośrednio podległe jemu zautomatyzowane SD krt środki radiolokacyjne i łączności. Kompleksowe i wielopłaszczyznowe działanie tych elementów tworzy system i wpływa bezpośrednio na skuteczność działania zautomatyzowanego SD brt.

Pełna i wiarygodna ocena skuteczności działania rozpatrywanego systemu jest podstawą do planowania i podejmowania racjonalnych decyzji odnośnie możliwości jego wykorzystania w zabezpieczeniu ASO. Uwzględnienie w ocenie wpływu czynników wewnętrznych i zewnętrznych umożliwiło określenie kierunków doskonalenia tego systemu. Dokonanie takiej oceny było możliwe na podstawie wszechstronnych badań z zastosowaniem odpowiednich metod i narzędzi badawczych. Prezentowana w rozprawie metoda oceny skuteczności działania badanego systemu pozwoliła na rozwiązanie tych problemów.

Z przeprowadzonych badań wynika, że hipoteza o celowości zastosowania analizy systemowej, a w niej symulacji komputerowej do oceny skuteczności działania zautomatyzowanego SD WRT jest słuszna.

Zastosowanie analizy systemowej jako metody podejścia i metody działania pozwoliło na wyodrębnienie elementów badanego systemu, jego powiązań z otoczeniem oraz sformułowanie celów i zasad działania.

Zastosowanie symulacji komputerowej jako techniki badawczej umożliwiło rozpatrywanie obiektu badań jako dynamicznego systemu działania.

Symulacyjny model działania badanego systemu został zbudowany z uwzględnieniem opracowanych założeń, co pozwoliło rozwiązać zasadnicze problemy badawcze.

W opracowanym modelu ze względu na występowanie szeregu czynników stochastycznych wykorzystano teoretyczne rozkłady prawdopodobieństwa.

Przyjęta modułowa struktura modelu oraz procedur ocenowych uprościła jego opis, a zarazem umożliwia uniwersalne jego wykorzystanie, model jest bowiem odpowiednim ilościowo-jakościowym zbiorem modułów składowych.

Opracowany model matematyczny wraz z algorytmami ocenowymi był podstawą do napisania programu komputerowego. Program symulacyjny został przystosowany do uruchomienia na mikrokomputerze typu Amstrad CPC 6128. Wykorzystanie tego komputera o niewielkiej pojemności pamięci operacyjnej spowodowało konieczność wprowadzenia pewnych ograniczeń odnośnie ilości rozpatrywanych środków radiolokacyjnych, tras obiektów powietrznych i zabezpieczanych AŚO. Zaletą wykorzystania tego mikrokomputera jest możliwość dobrego graficznego przedstawienia dynamicznego procesu symulacji i jej wyników. Podane ograniczenia mogą być usunięte poprzez zastosowanie komputera o większej mocy obliczeniowej np. IBM PC/XT. Ze względu na skromne możliwości badawcze autora, opracowany model i program symulacyjny był sprawdzony pod względem kryterium wewnętrznej poprawności logicznej, a jego fragmenty skonfrontowano z systemem rzeczywistym.

W rozprawie ze względu na wymaganą pełność oceny przyjęto zespół wskaźników oceniających potencjał oraz działanie rozpatrywanego systemu.

Potencjał systemu niezbędny dla zapewnienia skutecznego działania przyjęto, że będzie oceniany dwustanowo - pozytywnie lub negatywnie. Do wskaźników oceniających potencjał rozpatrywanego systemu zaliczono:

- trwałość działania,
- kompatybilność systemową,
- gotowość bojową,
- wymaganą liczbę jednocześnie śledzonych, opracowywanych i przekazywanych obiektów powietrznych w systemie zautomatyzowanym,
- wymaganą liczbę zautomatyzowanych kanałów wskazywania celów SNR i naprowadzania myśliwców na cele powietrzne.

Ocena tych wskaźników dokonywana jest a priori, a pozytywny jej wynik jest jednocześnie warunkiem do przeprowadzenia oceny skuteczności działania rozpatrywanego systemu.

Dla oceny skuteczności działania przyjęto następujące wskaźniki ilościowe:

1. Rubież informacji radiolokacyjnej charakteryzowaną poprzez:
 - a. wskaźnik przestrzennej efektywności radiolokacyjnego zabezpieczenia AŚO,
 - b. wskaźnik stopnia wykonania zadania przez AŚO ze względu na przestrzenne zabezpieczenie radiolokacyjne.

2. Terminowość wykrycia i zawiązania trasy.
3. Współczynnik utraty informacji radiolokacyjnej.
4. Wiarygodność informacji o obiektach powietrznych charakteryzowaną poprzez:
 - a. błędy określania współrzędnych obiektów powietrznych,
 - b. wiarygodność określania charakterystyk obiektów powietrznych,
 - c. prawdopodobieństwo radiolokacyjnego wskazania celu SNR lub naprowadzenia myśliwca na cel powietrzny.

Wyznaczony zespół wskaźników ilościowych jest podstawą do określania w oparciu o opracowaną procedurę syntetycznej, jednolitej oceny skuteczności działania jako odległości od systemu idealnego.

Mniejsza wartość oceny syntetycznej świadczy o lepszej skuteczności działania rozpatrywanego wariantu badanego systemu /jest on bliższy ideałowi/.

W rozprawie opracowano metodykę przeprowadzania oceny skuteczności działania rozpatrywanego systemu na jego komputerowym modelu symulacyjnym z wykorzystaniem przyjętych wskaźników ocenowych.

Wykorzystując spostrzeżenia poczynione podczas opracowania metodyki wykorzystania przedstawionej metody w badaniach ocenowych zaproponowano również metodykę realizacji oceny skuteczności działania systemu rzeczywistego z wykorzystaniem niektórych modułów opracowanego modelu symulacyjnego. Całkowita praktyczna realizacja zaproponowanej metodyki wykracza poza możliwości czasowe, organizacyjne i ekonomiczne autora.

Zaprezentowana w rozprawie metoda oceny skuteczności działania rozpatrywanego systemu oraz opracowany program komputerowy zdaniem autora może znaleźć zastosowanie:

1. W badaniach naukowych - jako metoda pozwalająca określić wpływ poszczególnych elementów składowych na skuteczność działania zautomatyzowanego SD szczebla taktycznego WRt i kierunki doskonalenia ich działania.
2. W dowodzeniu - jako narzędzie umożliwiające wybór racjonalnych decyzji odnośnie ugrupowania i wykorzystania sprzętu w procesie radiolokacyjnego zabezpieczenia ASO.

3. W dydaktyce - jako narzędzie zwiększające efektywność szkolenia kadr dowódczo-technicznych.

Podczas zajęć dydaktycznych prowadzonych w Wyższej Oficerskiej Szkole Radiotechnicznej wykorzystywano w praktyce opracowany program komputerowy.

Autor w ramach opracowanej rozprawy doktorskiej rozwiązał kilka istotnych problemów, do których można zaliczyć:

- opracowanie modelu matematycznego badanego systemu oraz modelu torów lotu ŚNP;
- opracowanie algorytmów ocenowych i metodyki realizacji oceny, w tym szczególnie bieżącego określenia prawdopodobieństwa wskazywania celu ŚNR i naprowadzania myśliwca na cel powietrzny oraz wyznaczania syntetycznej /jednoliczbowej/ oceny skuteczności działania rozpatrywanego systemu;
- opracowanie i uruchomienie programu komputerowego umożliwiającego wycinkową ocenę skuteczności działania rozpatrywanego systemu w oparciu o mikrokomputer typu Amstrad CPC 6128. Przykład wykorzystania tego programu przedstawiono w pracy.

Autor widzi możliwość wykorzystania opracowanego modelu i programu komputerowego również na wyższych szczeblach organizacyjnych WRT. W tym przypadku należy uwzględnić odpowiednio większą ilość środków radiolokacyjnych oraz zautomatyzowanych SD.

Zdaniem autora w ramach dalszych badań dotyczących rozpatrywanej w rozprawie problematyki należałoby:

1. Rozszerzyć możliwości opracowanego programu dla szczebla związku taktycznego WRT wykorzystując komputer o większej mocy obliczeniowej.
2. Zweryfikować przyjęte rozwiązania w praktyce w jednostkach radiotechnicznych.
3. Przeprowadzić badania praktyczne nad rolą czynnika ludzkiego w działaniu zautomatyzowanego SD WRT.
4. Wdrożyć w WRT opracowaną metodykę do oceny skuteczności działania rzeczywistych zautomatyzowanych SD szczebla taktycznego.

Rozwiązanie tych problemów pozwoliłoby zdaniem autora na całościowe ujęcie problematyki oceny skuteczności działania zautomatyzowanych SD WRT OPK.

BIBLIOGRAFIA

1. Analiza i planowanie organizacji pola radiolokacyjnego WRT WOPK Ewolucja 8M. Instrukcja organizacji i użytkowania systemu informatycznego. DWOPK, Warszawa 1984 r.
2. Antczak S. : Operacyjno-taktyczne kryteria stosowane w analizie systemu obrony powietrznej. PWL i OPK nr 12/1984 r.
3. Antczak S. : Zastosowanie niektórych metod badań operacyjnych do oceny pola radiolokacyjnego dla wykrywania obiektów powietrznych na małych wysokościach w BRT. Rozprawa doktorska ASG WP, Warszawa 1978 r.
4. Antczak S., Zabłocki E., Miodek S. : Ocena nieprzyjaciela powietrznego na szczeblu taktycznym WOPK. ASG WP, Warszawa 1986 r.
5. Bendat J., Persol A. : Metody analizy i pomiarów sygnałów losowych. PWN, Warszawa 1976 r.
6. Biuletyn informacyjny Nr 1 /149/. MON, Warszawa 1986 r.
7. Bojarski W. : Podstawy analizy i inżynierii systemów. PWN, Warszawa 1984 r.
8. Burak S. : Badania efektywności procesu uogólniania w ZSR przy zastosowaniu ważenia informacji ze źródeł. Rozprawa doktorska. WAT, Warszawa 1979 r.
9. Cegła H., Adamczyk A. : Metody obliczania możliwości bojowych WRT OPK, w zakresie wykonywania zadań zabezpieczenia radiolokacyjnego działań bojowych WOPK. ASG WP, Warszawa 1978 r.
10. Dworak : Manewrowanie samolotów. Podręcznik. ASG WP, Warszawa 1971 r.
11. Evans G. : Symulacja na maszynach cyfrowych. WNT, Warszawa 1973 r.
12. Fideisen W. : Analiza systemowa - podstawy i metodologia. WNT, Warszawa 1978 r.
13. Fortuna Z. : Metody numeryczne. WNT, Warszawa 1982 r.
14. Gębala A. : Symulacyjne badanie procesu uogólniania informacji o sytuacji powietrznej w systemie rozpoznania radiolokacyjnego obrony powietrznej armii /frontu/. Rozprawa doktorska. ASG WP, Warszawa 1985 r.
15. Gierczak K., Lachowicz, Bugalski : Ogólna charakterystyka przyszłych operacji i działań bojowych lotnictwa i WOPK. Prognoza 3. ASG WP, Warszawa 1987 r.
16. Gieroczyński A. : System symulacji pola walki dla potrzeb szkolenia zmian dowodzenia i zmian dyżurnych SD ZO-T OPK. Rozprawa doktorska. ASG WP, Warszawa 1988 r.

17. Groszek Z. : Metoda oceny możliwości bojowych systemu rozpoznania radioelektronicznego wojsk OPK z wykorzystaniem symulacji komputerowej. Rozprawa doktorska. ASG WP, Warszawa 1988 r.
18. Górski J. : Metody zwiększenia niezawodności ZtSD. PWL i OPK nr 5/1987 r.
19. Informator sprzętu radiolokacji i automatyzacji część I. DWOPK, Warszawa 1983 r.
20. Jagielski J. : Prognozowanie uderzeń ŚNP przeciwnika na obiekty obrony KOPK metodą symulacji grafodynamicznej. Rozprawa doktorska. ASG WP, Warszawa 1984 r.
21. Kierebiński H. : Modelowanie walki podstawowych rodzajów wojsk na szczeblu taktycznym /BR, plm, brt/ z zastosowaniem symulacji komputerowej. Rozprawa doktorska. ASG WP, Warszawa 1984 r.
22. Kochanowski J. : Zabezpieczenie radiolokacyjne działań bojowych WR i LM OPK podczas zwalczania celów powietrznych typu CRUISE. Rozprawa habilitacyjna. WOSR, Jelenia Góra 1985 r.
23. Kokot K. : Podstawy radiolokacji część 2. WAT, Warszawa 1984 r.
24. Kołodziński E. : Ocena adekwatności modeli symulacyjnych. WAT, Warszawa 1985 r.
25. Kołodzieński E., Pietkiewicz Z. : Wybrane problemy automatyzacji dowodzenia. Zeszyt 2. Skuteczność działania SOP. WAT, Warszawa 1980 r.
26. Kondratowicz L. : Modelowanie symulacyjne systemów. WNT, Warszawa 1978 r.
27. Konieczny J. : Inżynieria systemów działania, WNT, Warszawa 1983 r.
28. Koselski M. : Jakość informacji radiolokacyjnej i jej wpływ na działania bojowe WR i LM OPK w świetle prognozowania rozwoju ŚNP. Rozprawa doktorska. ASG WP, Warszawa 1988 r.
29. Koselski M. : Próba czasu dla radiolokacji PWL i OPK nr 3/1988 r.
30. Kukuła Z., Smoter J. : Odpieranie pierwszego nalotu ŚNP NATO w granicach PRL. Rozprawa habilitacyjna. ASG WP, Warszawa 1978 r.
31. Kulczycki R. : Zastosowanie symulacji komputerowej do doskonalenia ugrupowania i kierowania ogniem ZT WR OPK. Rozprawa habilitacyjna. ASG WP, Warszawa 1979 r.
32. Malgin A. : Uprawieniye ogniem zienitnych raketnych kompleksow. MON, Moskwa 1976 r.
33. Martin F. : Wstęp do modelowania cyfrowego. PWN, Warszawa 1976 r.
34. Metodyka kontrolowania zmiany dowodzenia SD ort wyposażonego w obiekt RPT-21 /20/. DWOPK, Warszawa 1987 r.

35. Metodyka oceny działań bojowych WOPK na cele kontrolne w czasie ćwiczeń i treningów. Sztab Generalny WP, Warszawa 1986 r.
36. Metodyka oceny zagrożenia obszaru kraju przez ŚNP nieprzyjaciela. DWOPK, Warszawa 1984 r.
37. Metodyka opracowania planów zabezpieczenia radiolokacyjnego działań bojowych LM i WR WOPK przez brt. DWOPK, Warszawa 1982 r.
38. Metodika prowierki podziału i KP wojsk PWO po primienieniu ASU Wozduch 1M. Czast 2 RTB, RTR.
39. Milkiewicz A. : Podstawy praktycznej aerodynamiki i mechaniki lotu samolotu odrzutowego dla pilotów. MON, Warszawa 1976 r.
40. Możliwości pelengacyjne ZtSD. DWOPK, Warszawa 1986 r.
41. Obliczanie skuteczności oddziaływania zakłóceń. DWOPK, Warszawa 1976 r.
42. Ogólne zasady działań bojowych oraz sposoby i metody wykonywania zadań przez lotnictwo taktyczne NATO. Sztab Generalny Zarząd II, Warszawa 1984 r.
43. Osnovy postrojenija ASU wojsk PWO czast I.
44. Pagacz S. : Określanie realnych stref wykrywania RLS bez wykonywania oolotu. Rozprawa doktorska. ASG WP, Warszawa 1980 r.
45. Pączek W., Lewandowski T. : Modelowanie działań ŚNP z wykorzystaniem symulacji komputerowej. Rozprawa doktorska ASG WP, Warszawa 1987 r.
46. Podstawy analizy sytuacji powietrznej na SD Wrt OPK. Podręcznik. DWOPK, Warszawa 1971 r.
47. Poglądy państw NATO na użycie lotnictwa taktycznego na ETW. DWOPK, Warszawa 1986 r.
48. Połączone SD szczebla taktycznego WOPK. Charakterystyka, zadania i zasady dowodzenia. DWOPK, Warszawa 1980 r.
49. Poradnik inżyniera matematyki. WNT, Warszawa 1971 r.
50. Praktyczeskaja aerodinamika samolota Mig 23MF. Rukawodstwo. MON SSSR.
51. Regulamin działań bojowych Wrt OPK. Brt - krt. DWOPK, Warszawa 80r.
52. Regulamin zawodów użyteczno-bojowych WOPK. DWOPK, Warszawa 1987 r.
53. Sawicki B. : Systemy radiolokacyjne. Część II i III. WAT, Warszawa 1980 r.
54. Sienkiewicz P. : Inżynieria systemów. MON, Warszawa 1983 r.
55. Sienkiewicz P. : Metodyka stosowania analizy systemowej w wojsku /Projekt/. ASG WP, Warszawa 1988 r.
56. Sienkiewicz P. : Teoria efektywności systemów. Ossolineum, 1987 r.

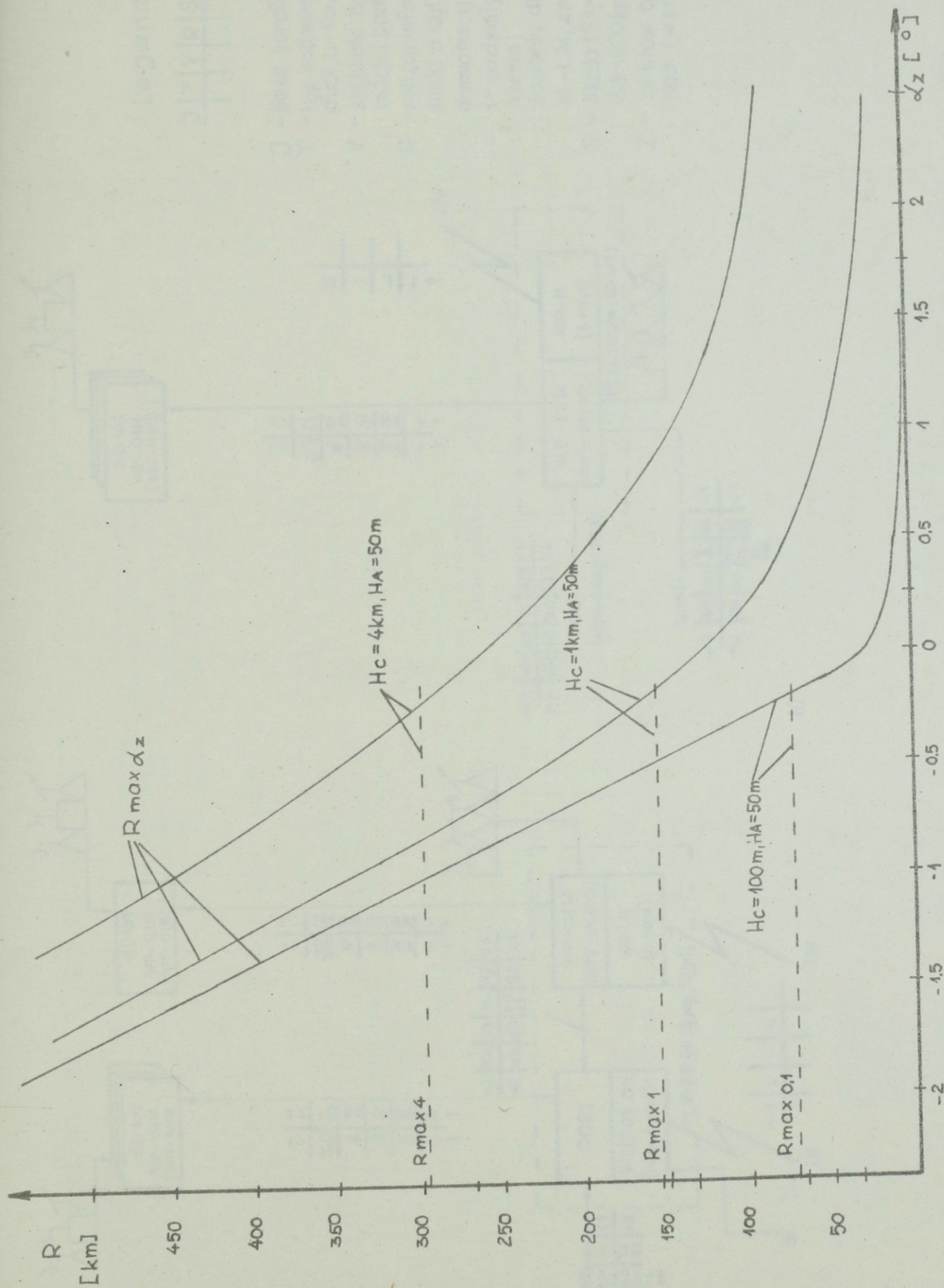
57. Taktyka WRt WOPK. Podręcznik. DWOPK, Warszawa 1977 r.
58. Tołkacz M. : Analiza wpływu zakłóceń radioelektronicznych na możliwości rozpoznania środków radiolokacyjnych z wykorzystaniem metody symulacji komputerowej. Rozprawa doktorska ASG WP, Warszawa 1987 r.
59. Wiśniewski E., Jagiełło K., Nowakowski J. : Metodyka wojskowych badań naukowych. ASG WP, Warszawa 1983 r.
60. Wiśniewski T. : Kierunki doskonalenia systemu SD nadmorskiego ZO-T WOPK wyposażonego w ZtSD w procesie odpierania nalotu SNP przeciwnika. Rozprawa doktorska ASG WP, Warszawa 1987 r.
61. Wybrane problemy oceny efektywności zabezpieczenia radiolokacyjnego działań bojowych ZO-T OPK. Materiały z narady naukowej. Zeszyt naukowy ASG nr 1 /33/ 80 dodatek. ASG WP, Warszawa 1980 r.
62. Wykorzystanie bojowe ZtSD w ZO-T WOPK. DWOPK Warszawa 1983 r.
63. Zabłocki E., Antczak S. : Ocena efektywności działań bojowych WOPK. Rozprawa habilitacyjna. Zeszyty naukowe ASG WP nr 02/85 r. dodatek.
64. Zacharski J. : Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna. WAT, Warszawa 1974 r.
65. Zalewski, Lipowski, Tokarek. : Technika radiolokacji. DWOPK, Warszawa 1972 r.
66. Zeigler B. : Teoria modelowania i symulacji. PWN, Warszawa 1984 r.

WYKAZ ZAŁĄCZNIKÓW

1. Zasięgi horyzontu radiowego	145.
2. Schemat struktury i powiązań funkcjonalnych między SD szczebla taktycznego WRt OPK.	147.
3. Sposoby i etapy opracowania informacji radiolokacyjnej.	149.
4. Możliwe sposoby i profile dolotu i atakowania obiektów obrony przez ŚNP przeciwnika.	151.
5. Zestawienie parametrów lotnych oraz ugrupowań ŚNP przeciwnika.	153.
6. Możliwe promienie skrętu samolotu w funkcji jego prędkości.	155.
7. Ankieta.	157.
8. Zależność prawdopodobieństwa wykrycia obiektu od odległości.	161.
9. Obliczanie aproksymowanych współrzędnych i składowych prędkości w algorytmach wtórnego opracowania informa- cji radiolokacyjnej.	163.
10. Przeliczanie współrzędnych płaskich.	167.
11. Zależności matematyczne do obliczania stałych wzorco- wania.	169.
12. Błędy określania stałych wzorcowania.	171.
13. Obliczanie uogólnionych współrzędnych i składowych prędkości w algorytmach zbiorczego opracowania informacji radiolokacyjnej.	173.
14. Parametry obiektów ZtSD.	183.
15. Obliczanie wskaźnika przestrzennej efektywności radio- lokacyjnego zabezpieczenia PZR.	185.
16. Określanie prawdopodobieństwa w rozkładzie normalnym z wykorzystaniem stabilizowanych dystrybuant.	187.
17. Określanie bieżących błędów wskazania celu SNR we współrzędnych sferycznych.	189.
18. Określanie bieżących błędów wskazania celu pokładowej RLS.	191.

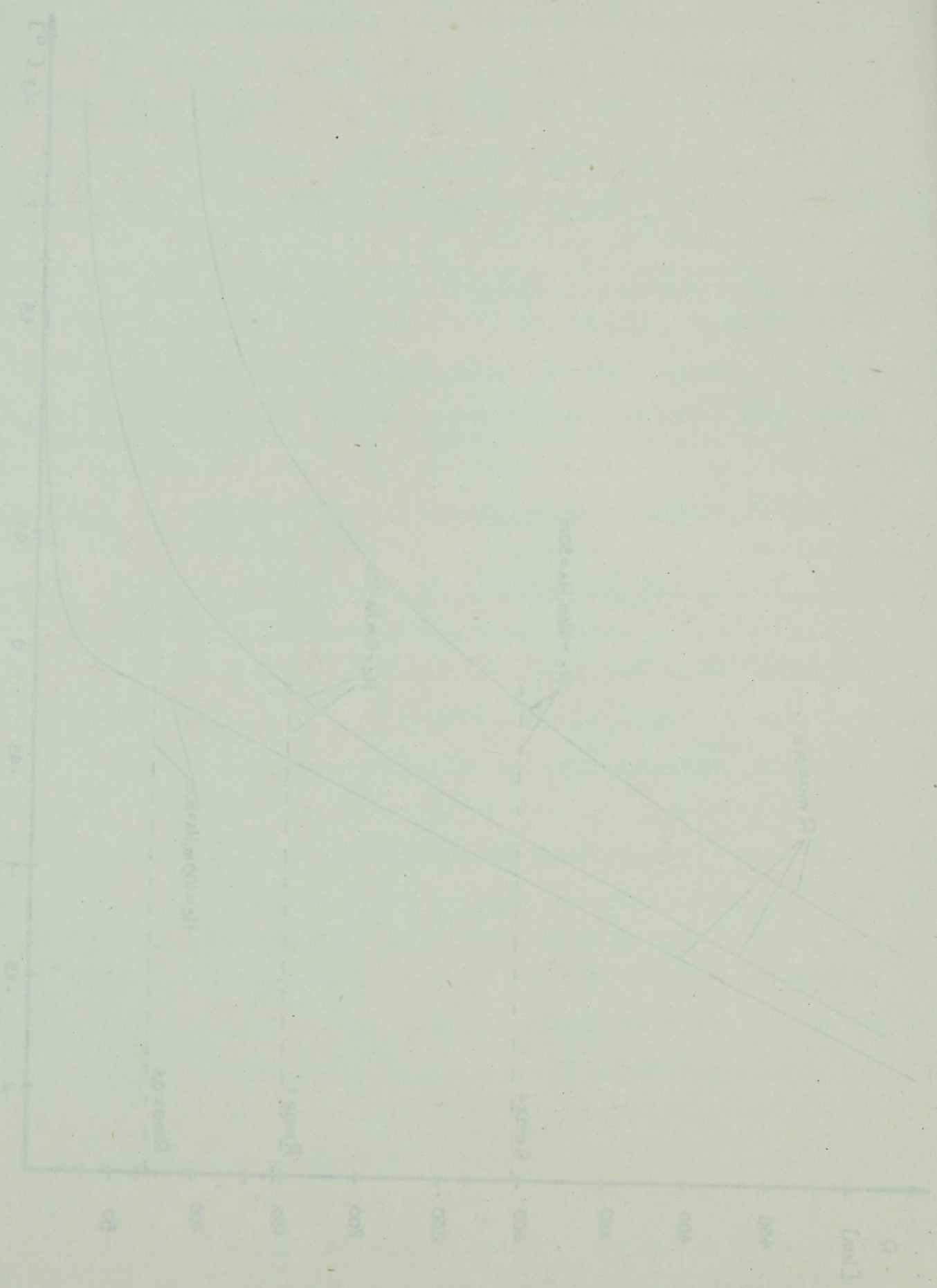
WYKAZ ZADANIAW

1. Zastosowanie metody ...
2. Zastosowanie metody ...
3. Zastosowanie metody ...
4. Zastosowanie metody ...
5. Zastosowanie metody ...
6. Zastosowanie metody ...
7. Zastosowanie metody ...
8. Zastosowanie metody ...
9. Zastosowanie metody ...
10. Zastosowanie metody ...
11. Zastosowanie metody ...
12. Zastosowanie metody ...
13. Zastosowanie metody ...
14. Zastosowanie metody ...
15. Zastosowanie metody ...
16. Zastosowanie metody ...
17. Zastosowanie metody ...
18. Zastosowanie metody ...



Zasięgi horyzontu radiowego w funkcji kąta zakrycia dla $H_A = 50$ m i różnych wysokości H_c obliczone z zależności /2-2/. $R_{\max 0.1}$; $R_{\max 1}$; $R_{\max 4}$ - zasięgi horyzontu radiowego w wolnej przestrzeni obliczone według zależności /2-1/.

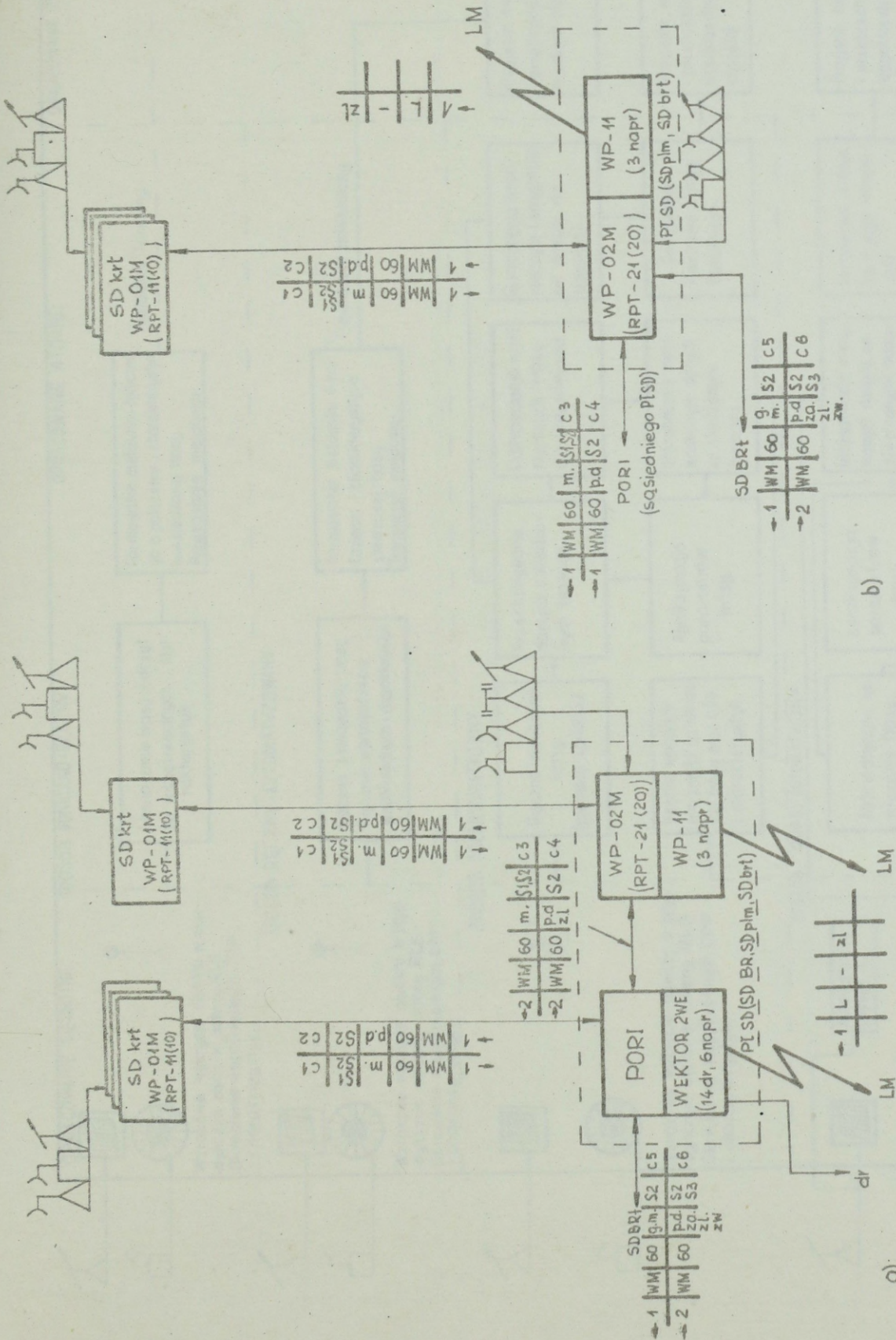
Процентное содержание хитрина в осадках в зависимости от глубины в озерах: 1 - озеро Сосновое, 2 - озеро Мухоморовское, 3 - озеро Мухоморовское, 4 - озеро Мухоморовское, 5 - озеро Мухоморовское, 6 - озеро Мухоморовское, 7 - озеро Мухоморовское, 8 - озеро Мухоморовское, 9 - озеро Мухоморовское, 10 - озеро Мухоморовское.



Legenda

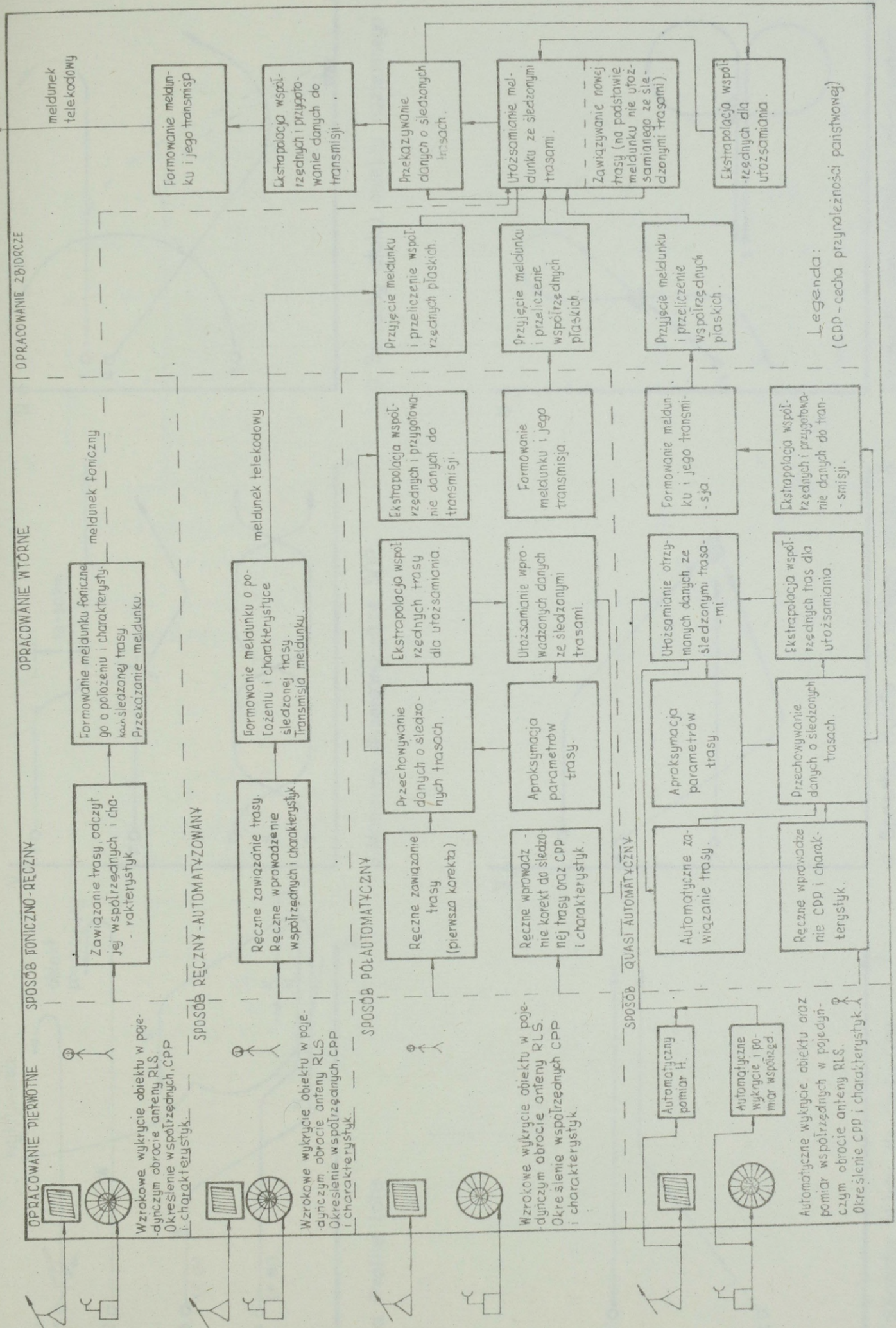
J	T	V	R	S	Z
---	---	---	---	---	---

- J - ilość kanałów transmisji;
- T - typ kodogramu (WM - Wozduch, L - Łazur);
- V - szybkość transmisji informacji [bod];
- R - rodzaj informacji (m - meldunki o syt. pow.; p - powiadomienie; g - gotowość boj; i - oddziaływanie; d - dowodzenie;
- zadania dla: za - WR; z1 - LM, zw - WRe);
- S - skala (S1 - 150km, S2 - 300km, S3 - 600km, S4 - 1200km);
- Z - zestaw cykli informacyjnych (według [62]).

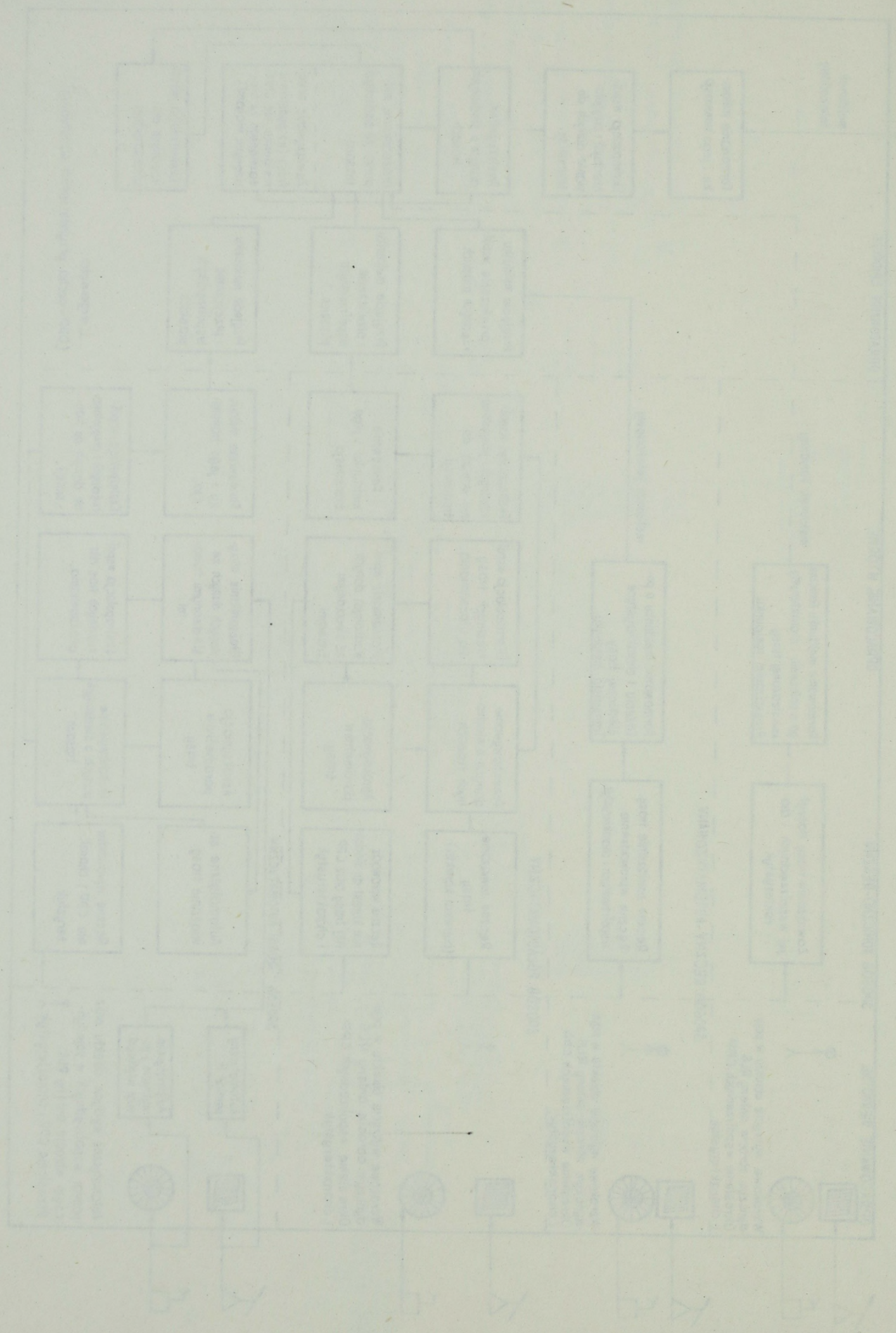


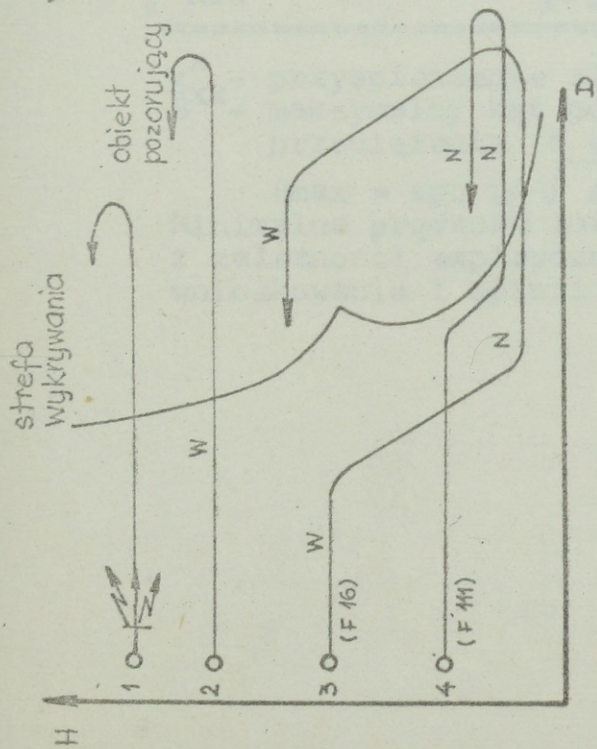
Schemat struktury i powiązań funkcjonalnych między SD szczebla taktycznego WRt OPK a/ dla wariantu P1SD / BR, plm, brt/ ; b/ dla wariantu P1SD / plm i brt/.

Do zabezpieczonych ASO

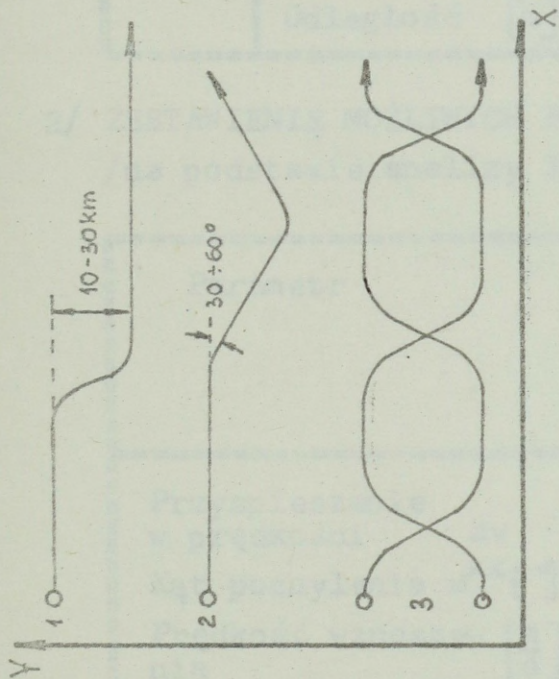


SPÓSÓBY I ETAPY OPRACOWANIA INFORMACJI RADIOLOKACYJNEJ.

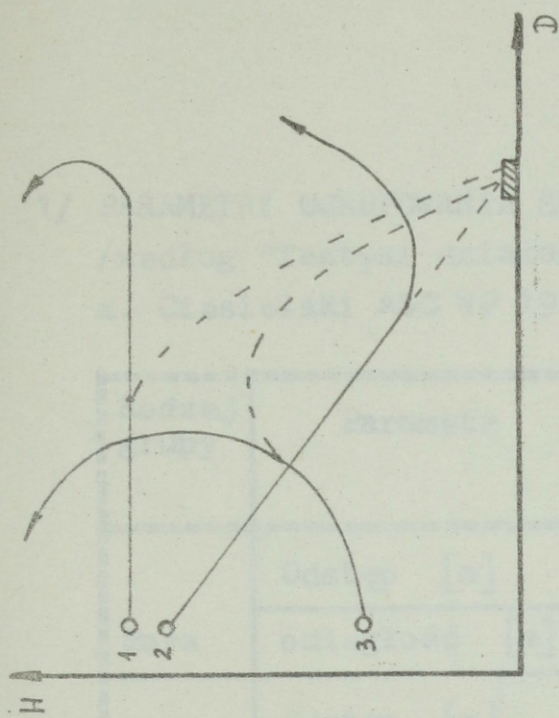




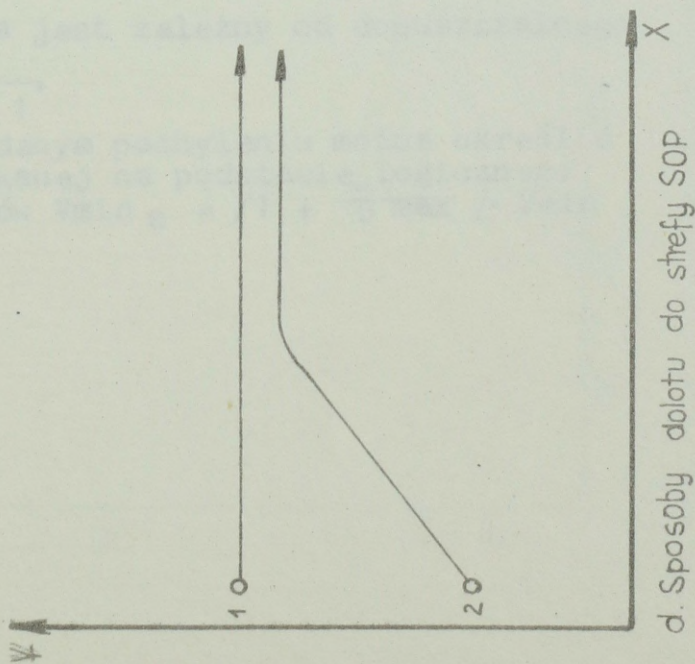
a. Profile lotu



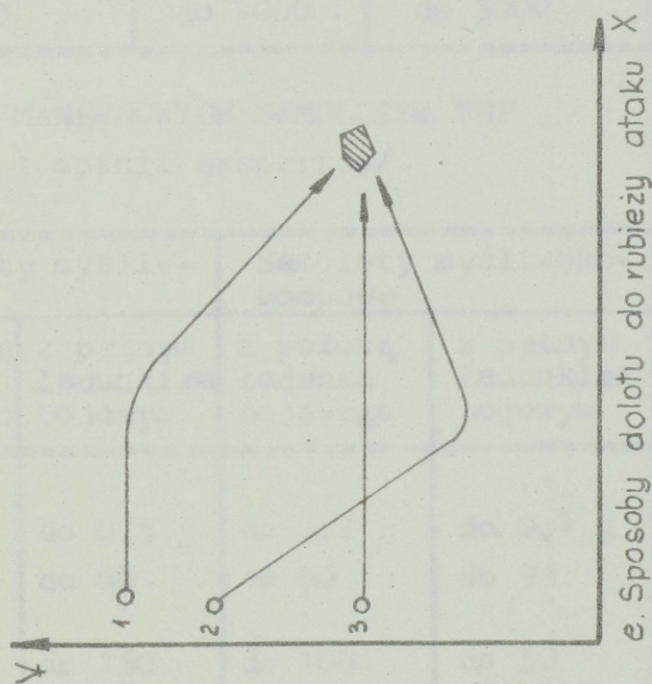
b. Manewry dezorganizujące SOP



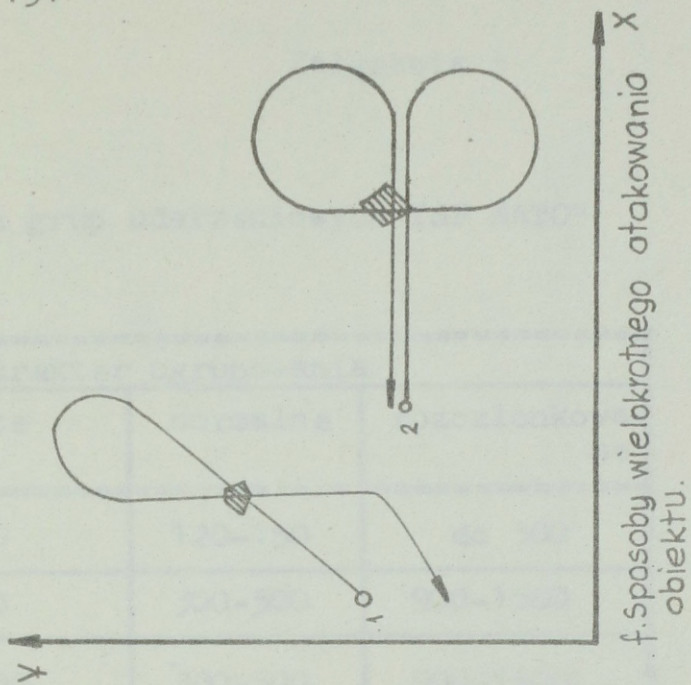
c. Sposoby ataku obiektu naziemnego



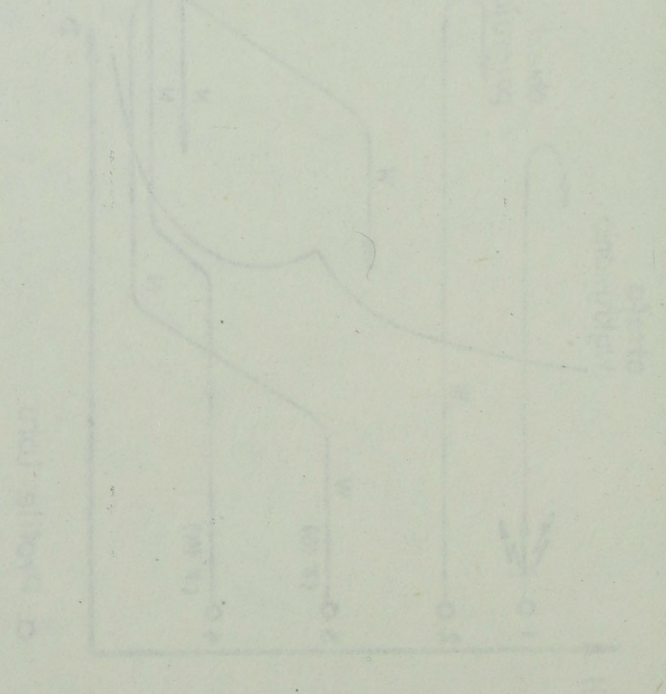
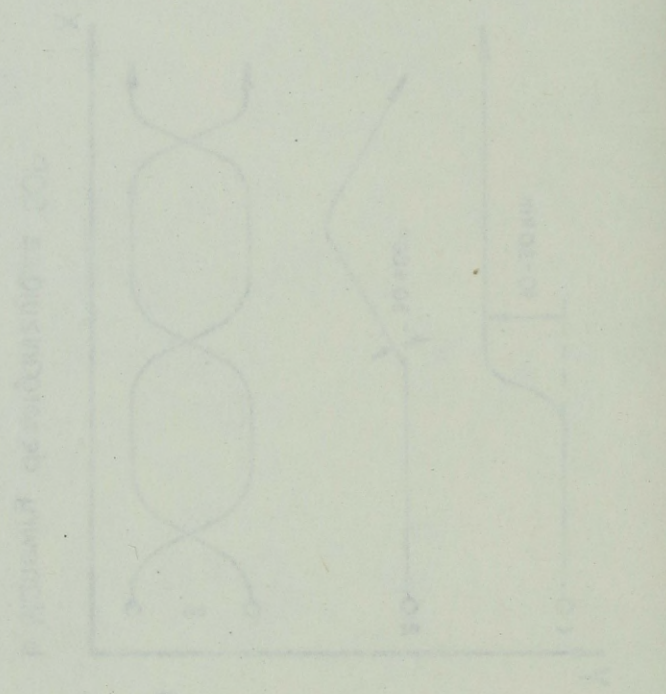
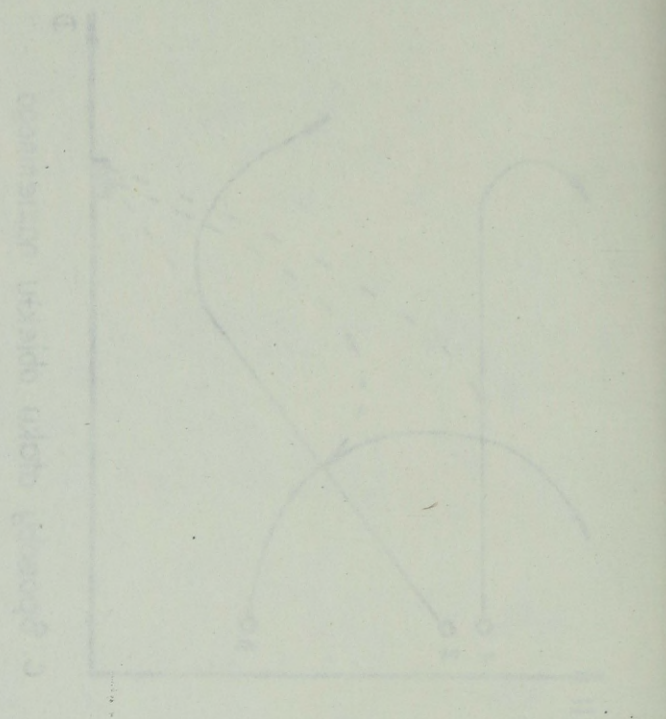
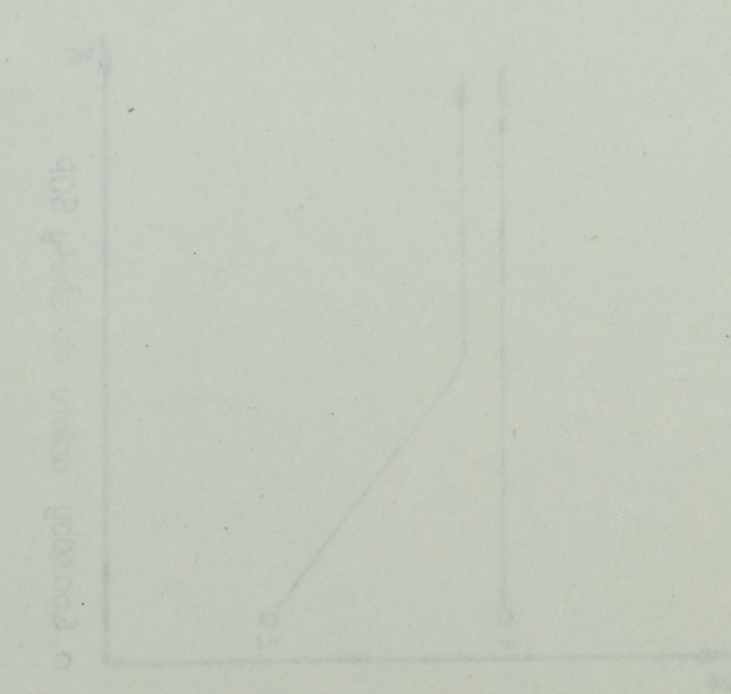
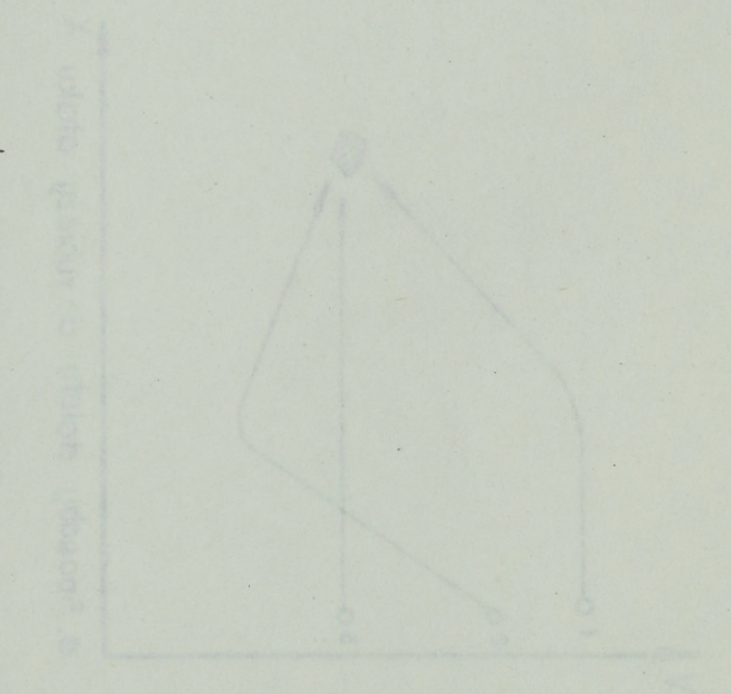
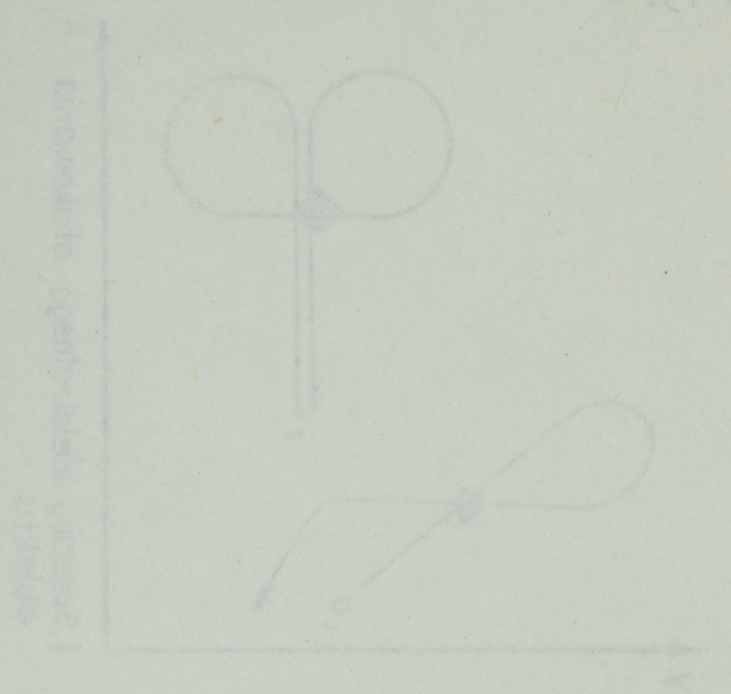
d. Sposoby dolotu do strefy SOP



e. Sposoby dolotu do rubieży ataku



f. Sposoby wielokrotnego atakowania obiektu.



1/ PARAMETRY UGRUPOWANIA SNP

/według "Taktyki działania małych grup uderzeniowych TSP NATO"
m. Ciesielski ASG WP 1977 r./

Rodzaj grupy	Parametr	Charakter ugrupowania		
		zwarte	normalne	rozczyłkowane
Para	Odstęp [m]	30-50	120-150	do 500
	odległość [m]	do 300	300-500	900-1500
Klucz	Odstęp [m]	200-300	300-500	900-1500
	Odległość [m]	do 800	do 1000	do 3000

2/ ZESTAWIENIE MOŻLIWYCH PARAMETRÓW MANEROWYCH SAMOLOTÓW TSP
/na podstawie analizy literatury i opinii ekspertów/.

Parametr	Samoloty myśliwskie		Samoloty myśliwsko-bombowe	
	z połową ładunku bojowego	z pełnym ładunkiem bojowym	z połową ładunku bojowego	z pełnym ładunkiem bojowym
Przyspieszenie w prędkości a_v	do $1g^x$	do 0,5 g	do 0,2 g	do 0,1 g
Kąt pochylenia B^{xx} [°]	do 80	do 60	do 60	do 95
Prędkość wznoszenia $\left[\frac{m}{s} \right]$	do 230	do 150	do 100	do 50

g^x - przyspieszenie ziemskie

B^{xx} - maksymalny kąt pochylenia jest zależny od dopuszczalnego przeciążenia n dop.

$$B_{max} = \arcsin \sqrt{n^2 - 1}$$

Minimalna prędkość lotu przy danym pochyleniu można określić z zależności empirycznej uzyskanej na podstawie logicznego wnioskowania i opinii ekspertów $V_{min B} = \sqrt{1 + \frac{B_{max}}{B}} \cdot V_{min}$

Wykaz

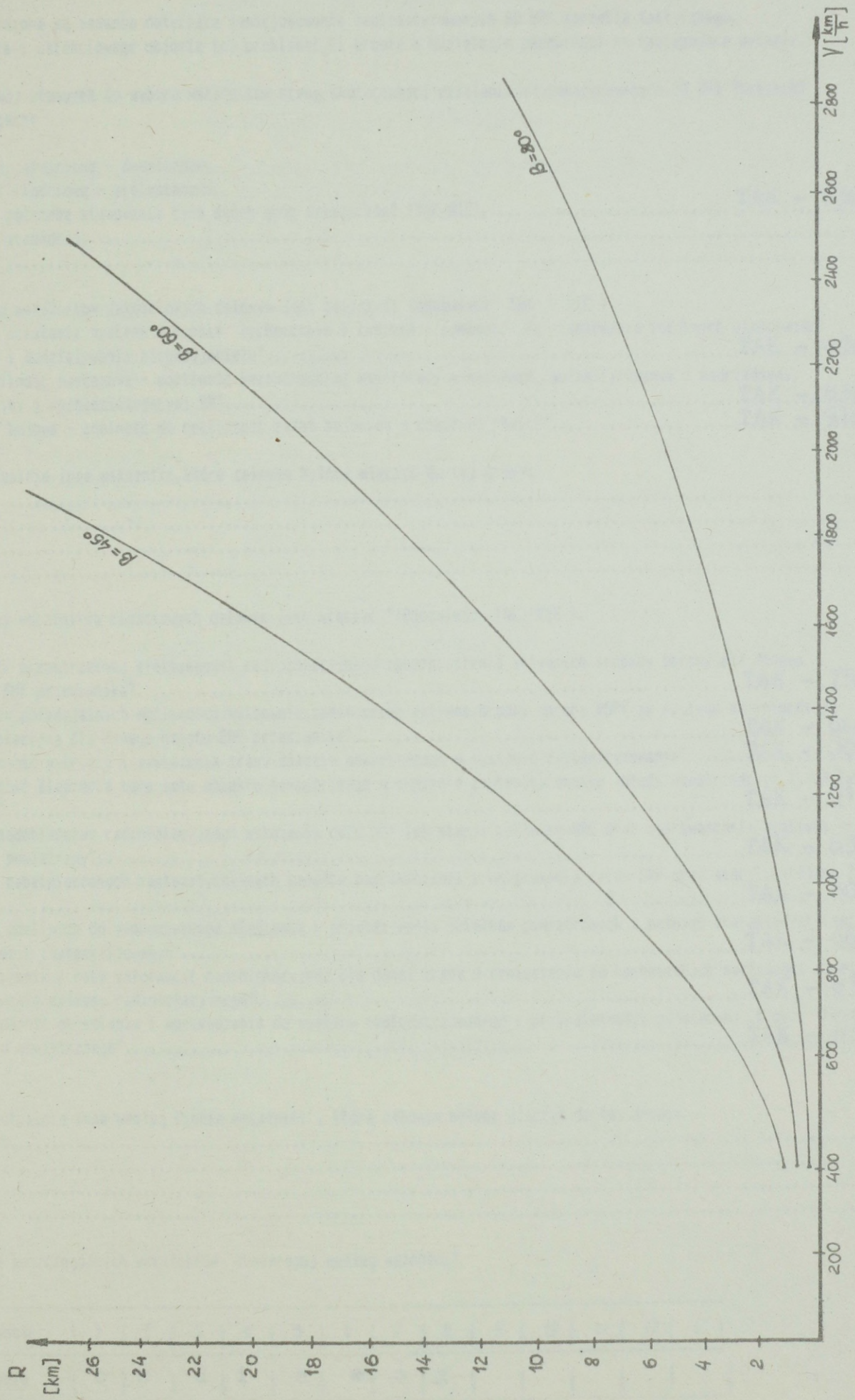
1) PARAMETRY WYKONANIA
według "Taryfy dla...
... 1977 r.

Rodzaj Pracy	Parametr	Charakter wyliczenia	
		Zwrot	Normatywny
Klasa	Obieg [m]	200-300	300-500
	Obiegłość [m]	do 300	300-500
Izba	Obieg [m]	30-50	50-100
	Obiegłość [m]	do 300	300-500
Rodzaj Pracy	Parametr	Charakter wyliczenia	
		Zwrot	Normatywny

2) ZESTAWIENIE WYLIWYCH PARAMETRÓW MANKOWYCH SAMOLOTÓW
na podstawie analizy literatury i opinii ekspertów.

Parametr	Wyliczenie		Wyliczenie	
	z pełnym ładunkiem obrotowym	z pełnym ładunkiem obrotowym	z pełnym ładunkiem obrotowym	z pełnym ładunkiem obrotowym
Prędkość w km/h	do 150	do 150	do 150	do 150
	do 200	do 200	do 200	do 200
Prędkość w km/h	do 150	do 150	do 150	do 150
	do 200	do 200	do 200	do 200
Prędkość w km/h	do 150	do 150	do 150	do 150
	do 200	do 200	do 200	do 200

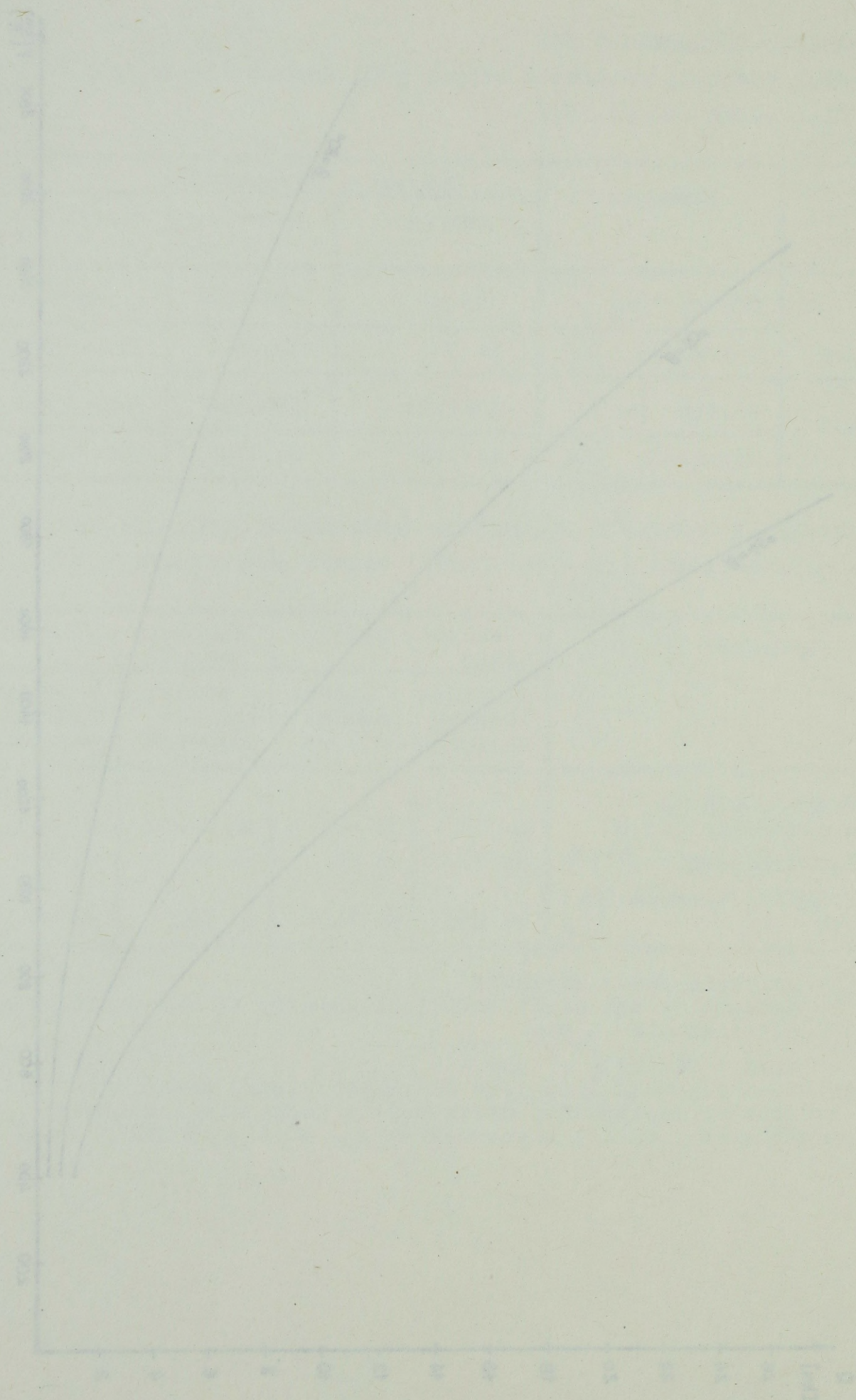
$V_{max} = \sqrt{V_{max}^2 + V_{max}^2}$
 $V_{max} = \sqrt{V_{max}^2 + V_{max}^2}$
 - maksymalny kąt pochYLENIA...
 - przyśpieszenie...
 - maksymalny kąt pochYLENIA...
 - przyśpieszenie...



Zależność możliwego promienia skrętu samolotu w funkcji jego prędkości dla określonych kątów pochylenia według zależności $R_{min} = V^2 / g \cdot \tan \beta$.

Авторы благодарят проф. А. И. В. за помощь в работе.

Получено в печать 10.05.66 г. (принято в печать 15.05.66 г.)



A N K I E T A

W WOSR prowadzone są badania dotyczące funkcjonowania zautomatyzowanych SD WRT szczebla taktycznego. Dla poszerzenia i całościowego objęcia tej problematyki proszę o udzielenie odpowiedzi na następujące pytania.

1) Jaki jest Twój stosunek do wyboru wskaźników oceny skuteczności działania zautomatyzowanych SD WRT (krł, brt) w dwóch grupach:

- a) wskaźniki jakościowe - dwustanowe,
- b) wskaźniki ilościowe - wielostanowe.

Czy widzisz potrzebę stosowania tych dwóch grup wskaźników? (TAK-NIE)..... TAK - 83%
 Ewentualnie uzasadnij.....

2) Czy do grupy wskaźników jakościowych celowym jest zaliczyć: (odpowiedz TAK - NIE)

- a) trwałość działania systemu w sensie technicznym i ludzkim - zdolność do zachowania istotnych właściwości w czasie i oddziaływaniu nieprzyjaciela?..... TAK - 83%
- b) kompatybilność systemowa - możliwość bezpośredniej współpracy w systemie zautomatyzowanym z nadrzędnymi, podrzędnymi i współdziałającymi SD?..... TAK - 83%
- c) gotowość bojowa - zdolność do realizacji zadań bojowych w dowolnej chwili?..... TAK - 91%

Podaj ewentualnie inne wskaźniki, które celowym byłoby włączyć do tej grupy:

- d).....
- e).....
- f).....
- g).....

3) Czy do grupy wskaźników ilościowych celowym jest włączyć ? (Odpowiedz TAK -NIE).

- a) wskaźnik przestrzennej efektywności radiolokacyjnego zabezpieczenia aktywnych środków obrony dla danego nalotu SNP przeciwnika?..... TAK - 75%
- b) wskaźnik potencjalnych możliwości wykonania zadań przez aktywne środki obrony WOPK ze względu na informację radiolokacyjną dla danego nalotu SNP przeciwnika?..... TAK - 66%
- c) terminowość wykrycia i zawiązania trasy obiektu powietrznego w systemie zautomatyzowanym?..... TAK - 100%
- d) dokładność śledzenia toru lotu obiektu powietrznego w systemie zautomatyzowanym (błędy współrzędnych X, Y, H lub B, D, E)?..... TAK - 91%
- e) prawdopodobieństwo radiolokacyjnego wskazania celu SNR lub stacji zakłóceń WRE oraz naprowadzania myśliwca na cel powietrzny?..... TAK - 83%
- f) liczbę zabezpieczanych zautomatyzowanych kanałów naprowadzania i wskazywania celów SNR oraz stacji zakłóceń?..... TAK - 50%
- g) liczbę możliwych do jednoczesnego śledzenia i przekazywania obiektów powietrznych z pełnymi charakterystykami w systemie zautomatyzowanym?..... TAK - 66%
- h) współczynnik utraty informacji radiolokacyjnej dla danej trasy w odniesieniu do technicznych możliwości danego ugrupowania systemu radiolokacyjnego?..... TAK - 83%
- i) wiarygodność określenia i wprowadzania do systemu zautomatyzowanego : przynależności państwowej, typu i składu obiektu powietrznego?..... TAK - 83%

Podaj ewentualnie inne według Ciebie wskaźniki , które celowym byłoby włączyć do tej grupy:

- j).....
- k).....
- l).....
- m).....

Podaj rangę poszczególnych wskaźników (uszerzej według ważności)

Kolejność	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Wskaźnik	c	h	d	i	e	a	o	g					

Niektóre uwagi i uzasadnienia respondentów.

Ad. 1.

- rozpatrywać skuteczność działania w sensie zabezpieczenia lub nie w informację radiolokacyjną,
- wskaźniki jakościowe są bardzo istotne, ilościowe tylko w odniesieniu do określonego SD.

Ad. 2.

p.c/ - tak - najważniejsza

propozycje innych wskaźników:

- odporność na zakłócenia,
- możliwości manewrowe,
- właściwości ergonomiczne,
- zamienność funkcji i zespołów na SD,
- stopień przygotowania obsługi.

Ad. 3.

- p. a/ - należy go rozpatrywać jako zabezpiecza lub nie,
- zabezpieczenie radiolokacyjne winno być pełne, czyli charakter dwustanowy.
- p. f/ - zautomatyzowane kanały wskazywania celów SNR są w dyspozycji WR,
- zautomatyzowane kanały naprowadzania i wskazywania celów są ustalone przez przełożonych.
- p. g/ - zależna przede wszystkim od parametrów obiektu ZtSD,
- doożre wyszkolona obsługa realizuje działania zgodnie z możliwościami,
- określić można bez badań według danych taktyczno-technicznych.

Propozycje innych wskaźników:

- stopień ingerencji operatora w proces automatycznego śledzenia.

Wskazywanie i utrzymywanie respondentów

Ad. 1.

- rozprawy skrajności działania w zakresie rozprawy
- nie ma w interesie technologicznym
- wskazywanie jakości na podstawie jakości, ilości i
- w odniesieniu do określonego SM.

Ad. 2.

P. 1 - jak - nie widać

proponuje innym wskazywać

- odwołanie do rozprawy
- rozprawy skrajności
- wiadomości ergonomii
- rozprawy skrajności i rozprawy
- rozprawy skrajności

Ad. 3.

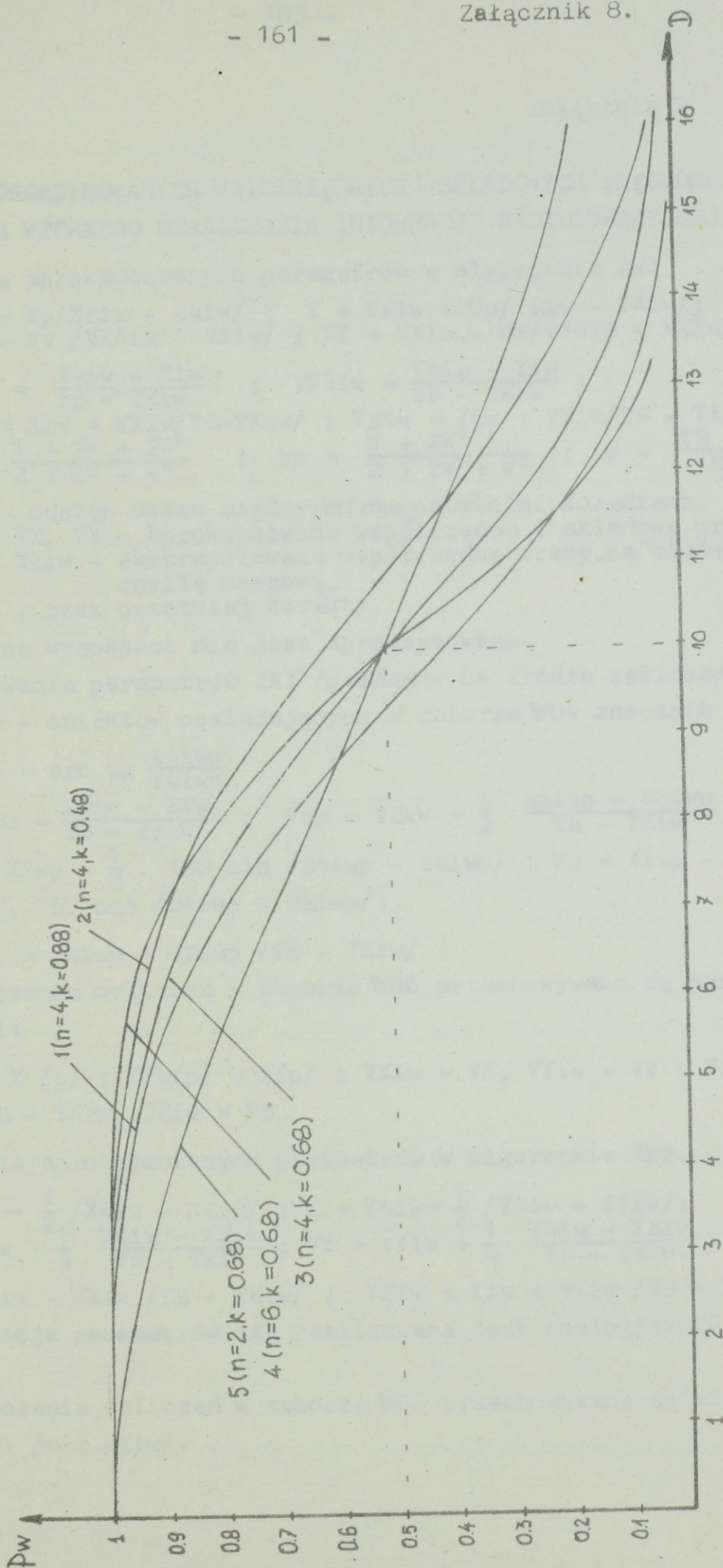
P. 2 - rozprawy skrajności, jako rozprawy skrajności, które

P. 3 - rozprawy skrajności, jako rozprawy skrajności, które

P. 4 - rozprawy skrajności, jako rozprawy skrajności, które

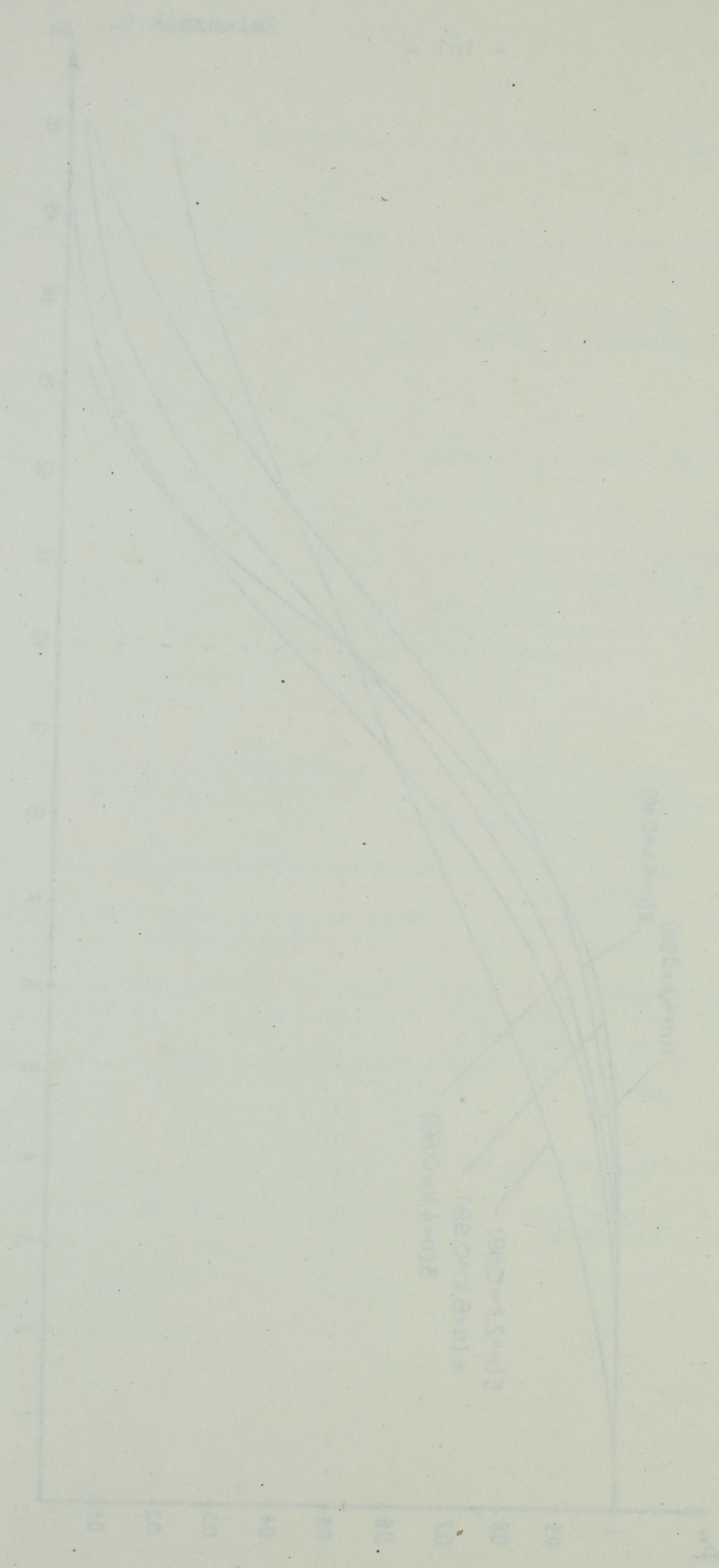
proponuje innym wskazywać

- rozprawy skrajności, jako rozprawy skrajności, które



Zależność prawdopodobieństwa wykrycia obiektu powietrznego w funkcji odległości obliczona z zależności
 $P_w = \exp \left[-k / D : D^{0.5} / m \right]$

$u = \text{arctg} \left[\frac{y}{x} \right]$



Зависимость

107

OBLICZANIE APROKSYMOWANYCH WSPÓLRZĘDNYCH I SKŁADOWYCH PRĘDKOŚCI
W ALGORYTMACH WTÓRNEGO OPRACOWANIA INFORMACJI RADIOLOKACYJNEJ.

a/ Obliczanie aproksymowanych parametrów w algorytmie AW1

$$X = X_{Eiw} - W_p / X_{Eiw} - X_{4iw} / ; \quad Y = Y_{Eiw} - W_p / Y_{Eiw} - Y_{4iw} / ;$$

$$VX = VX_{iw} - W_v / VX_{4iw} - VX_{iw} / ; \quad VY = VY_{iw} - W_v / VY_{4iw} - VY_{iw} /$$

gdzie: $VX_{4iw} = \frac{X_{4iw} - X_{iw}}{TB - TK_{iw}} ; \quad VY_{4iw} = \frac{Y_{4iw} - Y_{iw}}{TB - TK_{iw}} ;$

$$X_{Eiw} = X_{iw} + VX_{iw} / TB - TK_{iw} / ; \quad Y_{Eiw} = Y_{iw} + VY_{iw} / TB - TK_{iw} / ;$$

$$W_p = \frac{1 + 2W + 2W^2}{2 + 2W + W^2} ; \quad W_v = \frac{W + 2W^2}{2 + 2W + W^2} ; \quad W = \frac{TB - TK_{iw}}{DK_{iw}}$$

DK_{iw} - odstęp czasu między dwiema ostatnimi korektami,
 X, Y, VX, VY - aproksymowane współrzędne i składowe prędkości,
 X_{Eiw}, Y_{Eiw} - ekstrapolowane współrzędne trasy na bieżącą
chwilę czasową,

TK_{iw} - czas ostatniej korekty.

Współrzędna wysokości nie jest aproksymowana.

Aproksymowanie parametrów ZAZ /pelengów na źródło zakłóceń
szumowych - obiektów posiadających w zbiorze $W04$ znacznik ZP_{iw} /

$$B_{4iwp} = \text{arc tg } \frac{X_{4iwp}}{Y_{4iwp}} ;$$

$$VB_{4iwp} = \frac{B_{4iw} - B_{iw}}{TB - TK_{iw}} ; \quad VB_p = VB_{iw} + \frac{1}{2} \frac{B_{4iwp} - B_{Eiwp}}{TB - TK_{iw}} ;$$

$$X_p = X_{iwp} - \frac{1}{2} \cdot 150 \sin /B_{4iwp} - B_{Eiwp}/ ; \quad Y_p = Y_{iwp} - \frac{1}{2} \cdot 150 \cos /B_{4iwp} - B_{Eiwp}/ ;$$

$$B_{Eiwp} = B_{4iwp} + VB_{iwp} / TB - TK_{iw} /$$

Po zakończeniu obliczeń w zbiorze $W06$ przechowywane są następujące wielkości:

$$X_{iw/p/} = X /p/ ; \quad Y_{iw/p/} = Y /p/ ; \quad VX_{iw} = VX ; \quad VY_{iw} = VY ; \quad VB_{iwp} = VB_p ;$$

$$DK_{iw} = TB - TK_{iw}, \quad TK_{iw} = TB.$$

b/ Obliczanie aproksymowanych parametrów w algorytmie AW2.

$$X = X_{4iw} - \frac{1}{2} /X_{4iw} - X_{Eiw}/ ; \quad Y = Y_{4iw} - \frac{1}{2} /Y_{4iw} - Y_{Eiw}/ ;$$

$$VX = VX_{iw} + \frac{1}{4} \frac{X_{4iw} - X_{Eiw}}{TB - TK_{iw}} ; \quad VY = VY_{iw} + \frac{1}{4} \frac{Y_{4iw} - Y_{Eiw}}{TB - TK_{iw}} ;$$

$$X_{Eiw} = X_{iw} + VX_{iw} / TB - TK_{iw} / ; \quad Y_{Eiw} = Y_{iw} + VY_{iw} / TB - TK_{iw} /$$

Aproksymacja parametrów ZAZ realizowana jest analogicznie jak w AW1.

Po zakończeniu obliczeń w zbiorze $W06$ przechowywane są wielkości jak w AW1 /bez DK_{iw} /.

Wzrostki

WZROSTKI WYKONANE W WYDZIALE FIZYKI I MATEMATYKI W WARSZAWIE

Wzrostki wykonane w Wydziale Fizyki i Matematyki w Warszawie

$$\begin{aligned}
 X &= Y + \frac{1}{2} (X + Y) \\
 Y &= X + \frac{1}{2} (X + Y) \\
 X - Y &= X - X - \frac{1}{2} (X + Y) + \frac{1}{2} (X + Y) \\
 X - Y &= -\frac{1}{2} (X + Y) + \frac{1}{2} (X + Y) \\
 X - Y &= 0
 \end{aligned}$$

Wzrostki wykonane w Wydziale Fizyki i Matematyki w Warszawie

Wzrostki wykonane w Wydziale Fizyki i Matematyki w Warszawie

$$\begin{aligned}
 X &= Y + \frac{1}{2} (X + Y) \\
 Y &= X + \frac{1}{2} (X + Y) \\
 X - Y &= X - X - \frac{1}{2} (X + Y) + \frac{1}{2} (X + Y) \\
 X - Y &= -\frac{1}{2} (X + Y) + \frac{1}{2} (X + Y) \\
 X - Y &= 0
 \end{aligned}$$

Wzrostki wykonane w Wydziale Fizyki i Matematyki w Warszawie

Wzrostki wykonane w Wydziale Fizyki i Matematyki w Warszawie

$$\begin{aligned}
 X &= Y + \frac{1}{2} (X + Y) \\
 Y &= X + \frac{1}{2} (X + Y) \\
 X - Y &= X - X - \frac{1}{2} (X + Y) + \frac{1}{2} (X + Y) \\
 X - Y &= -\frac{1}{2} (X + Y) + \frac{1}{2} (X + Y) \\
 X - Y &= 0
 \end{aligned}$$

Wzrostki wykonane w Wydziale Fizyki i Matematyki w Warszawie

Wzrostki wykonane w Wydziale Fizyki i Matematyki w Warszawie

c/ Obliczanie aproksymowanych parametrów w algorytmie AW3

$$X = X_{Eiw} + AK / X_{4iw} - X_{Eiw} / ; Y = Y_{Eiw} + AK / Y_{4iw} - Y_{Eiw} / ;$$

$$VX = VX_{iw} + BK \frac{X_{4iw} - X_{iw}}{TB - TK_{iw}} ; VY = VY_{iw} + BK \frac{Y_{4iw} - Y_{iw}}{TB - TK_{iw}} ;$$

$$X_{Eiw} = X_{4iw} + VX_{iw} / TB - TK_{iw} / ; Y_{Eiw} = Y_{4iw} + VY_{iw} / TB - TK_{iw} /$$

Współczynniki wagowe AK i BK zależne są od ilości wprowadzonych korekt dla danej trasy /dla drugiej korekty $K = 0, K \leq 7$ / i wynoszą:

K	0	1	2	3	4	5	6	7
AK	1	0,833	0,7	0,6	0,524	0,446	0,417	0,378
BK	1	0,595	0,377	0,258	0,186	0,14	0,11	0,088

W tym algorytmie nie realizuje się śledzenia ZAZ.

Po zakończeniu obliczeń w zbiorze W06 przechowywane są następujące wielkości:

$$X_{iw} = X, Y_{iw} = Y, VX_{iw} = VX, VY_{iw} = VY, TK_{iw} = TB, K = /K + 1/ \leq 7$$

d/ Obliczanie aproksymowanych parametrów w algorytmie AW4

$$X = X_{4iw} \cdot EK + [VX_{iw} / TB - TK_{iw} / + X_{iw}] \cdot /1 - EK/ ;$$

$$Y = Y_{4iw} \cdot EK + [VY_{iw} / TB - TK_{iw} / + Y_{iw}] \cdot /1 - EK/ ;$$

$$VX = \frac{X_{4iw} - X_{4iw-1}}{TB - TK_{iw}} \cdot FK + VX_{iw} / 1 - FK / ; VY = \frac{Y_{4iw} - Y_{4iw-1}}{TB - TK_{iw}} \cdot FK + VY_{iw} / 1 - FK /$$

Współczynniki wagowe FK i EK zależne są od ilości wprowadzonych korekt dla danej trasy /dla drugiej korekty $K = 2, 2 \leq K \leq 6$ / i obliczane są z zależności:

$$EK = \frac{2/2K-1/}{K/K+1/} ; FK = \frac{6}{K/K+1/}$$

Wartość X_{4iw-1} , Y_{4iw-1} - oznaczają współrzędne wprowadzone w poprzedniej korekcie.

W sposób ciągły analizowane jest występowanie manewru w kursie według zależności:

$$/ VX - VX_{iw} / \geq M \quad V \quad / VY - VY_{iw} / \geq M \quad \text{dla } M = 300 \left[\frac{m}{s} \right]$$

Po spełnieniu powyższych zależności przyjmuje się $K = 2$

W algorytmie tym wprowadzone przez operatora współrzędne ZAZ nie są aproksymowane.

Po zakończeniu obliczeń w zbiorze W06 przechowywane są następujące wielkości:

$$X_{4iw-1} = X_{4iw}, Y_{4iw-1} = Y_{4iw}, X_{iw} = X, Y_{iw} = Y, VX_{iw} = VX, VY_{iw} = VY, TK_{iw} = TB, K = /K + 1/ \leq 6$$

Obliczenie sprężynowych parametrów w algorytmie A2

$E = X_{21} + AK \sqrt{X_{11} + X_{21}} ; Y = Y_{21} + AK \sqrt{Y_{11} + Y_{21}} ;$
 $AK = \frac{X_{21} - X_{11}}{Y_{21} - Y_{11}} ; BK = \frac{Y_{21} - Y_{11}}{X_{21} - X_{11}} ;$
 $X_{11} = X_{21} + Y_{11} \sqrt{Y_{21} - Y_{11}} ; Y_{11} = Y_{21} + X_{11} \sqrt{X_{21} - X_{11}} ;$
 Współczynnik wagowy AK i BK zależne od ilości wprowadzonych
 korekt dla danej trasy (dla drugiej korekty $k = 0, 2 < k \leq 0, 4$)

wynosi:

	0	1	2	3	4	5	6	7
AK	1	0,995	0,97	0,92	0,85	0,77	0,68	0,58
BK	1	0,11	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24

W tym algorytmie jako rozwiązanie się przyjmuje LAL.
 W zależności od ilości korekt w algorytmie A2 przeliczane są następujące wielkości:

$$X_{11} = X_{21} + Y_{11} \sqrt{Y_{21} - Y_{11}} ; Y_{11} = Y_{21} + X_{11} \sqrt{X_{21} - X_{11}} ;$$

Obliczenie sprężynowych parametrów w algorytmie A2

$E = X_{21} + AK \sqrt{X_{11} + X_{21}} ; Y = Y_{21} + AK \sqrt{Y_{11} + Y_{21}} ;$
 $AK = \frac{X_{21} - X_{11}}{Y_{21} - Y_{11}} ; BK = \frac{Y_{21} - Y_{11}}{X_{21} - X_{11}} ;$
 $X_{11} = X_{21} + Y_{11} \sqrt{Y_{21} - Y_{11}} ; Y_{11} = Y_{21} + X_{11} \sqrt{X_{21} - X_{11}} ;$

Współczynnik wagowy AK i BK zależne od ilości wprowadzonych
 korekt dla danej trasy (dla drugiej korekty $k = 0, 2 < k \leq 0, 4$)

$$AK = \frac{X_{21} - X_{11}}{Y_{21} - Y_{11}} ; BK = \frac{Y_{21} - Y_{11}}{X_{21} - X_{11}}$$

W zależności od ilości korekt w algorytmie A2 przeliczane są następujące wielkości:

W sposób ciągły analizowane jest występowanie szumu w kładzie
 według zależności:

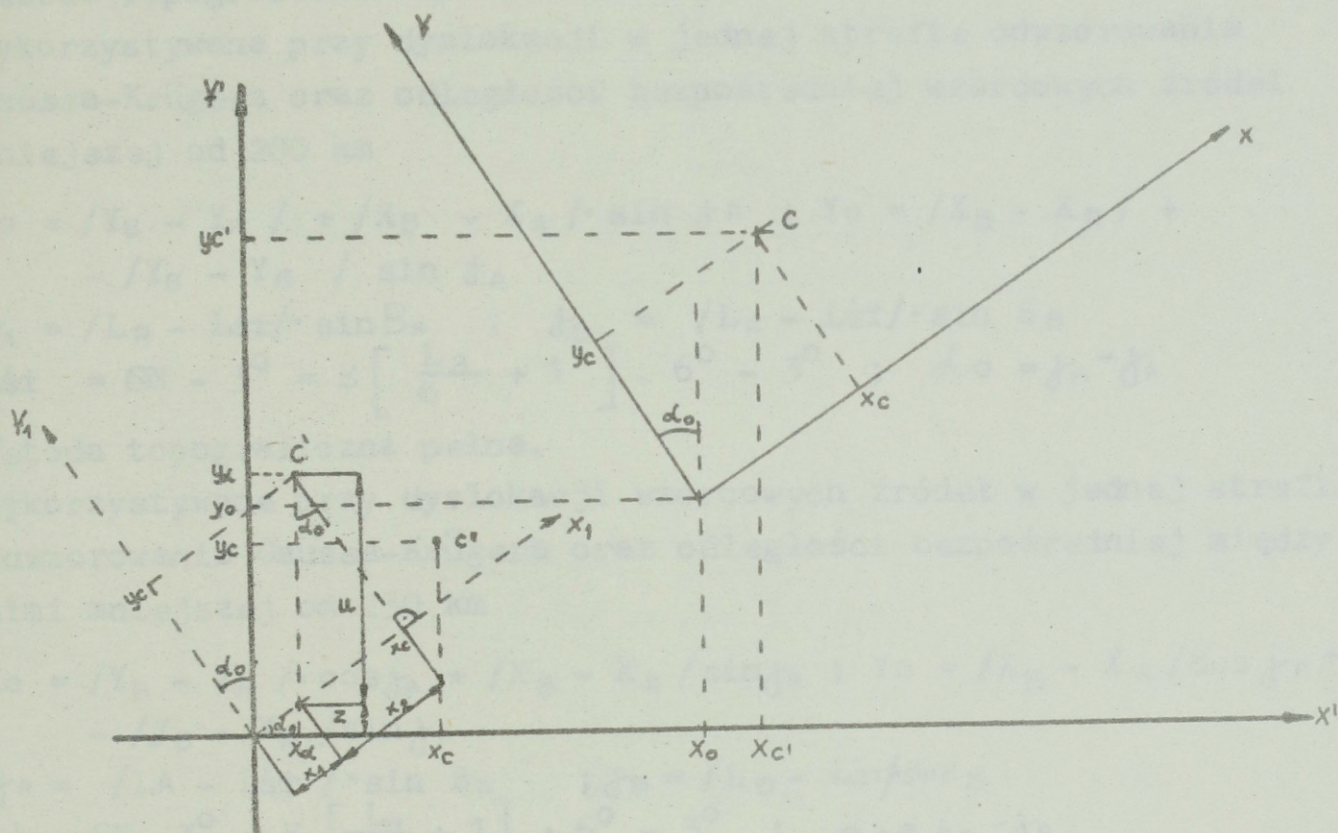
$$Y_{11} = Y_{21} + X_{11} \sqrt{X_{21} - X_{11}} ; X_{11} = X_{21} + Y_{11} \sqrt{Y_{21} - Y_{11}}$$

W algorytmie tym wprowadzono przez operatora współzależne LAL nie
 są sprężynowane.

W zależności od ilości korekt w algorytmie A2 przeliczane są następujące
 wielkości:

$$Y_{11} = Y_{21} + X_{11} \sqrt{X_{21} - X_{11}} ; X_{11} = X_{21} + Y_{11} \sqrt{Y_{21} - Y_{11}}$$

PRZELICZANIE WSPÓŁRZĘDNYCH PŁASKICH



$$\begin{aligned} X_c &= X_1 + X_2 \\ X_d &= X_1 \cdot \cos \alpha_0 \\ Y_d &= U + Z \\ X_2 &= Y_c \cdot \tan \alpha_0 \\ Z^2 &= X_1 \cdot \sin \alpha_0 \\ U &= Y_c \cdot \cos \alpha_0 \end{aligned}$$

1. Współrzędne obiektu powietrznego z uwzględnieniem obrotu układu współrzędnych.

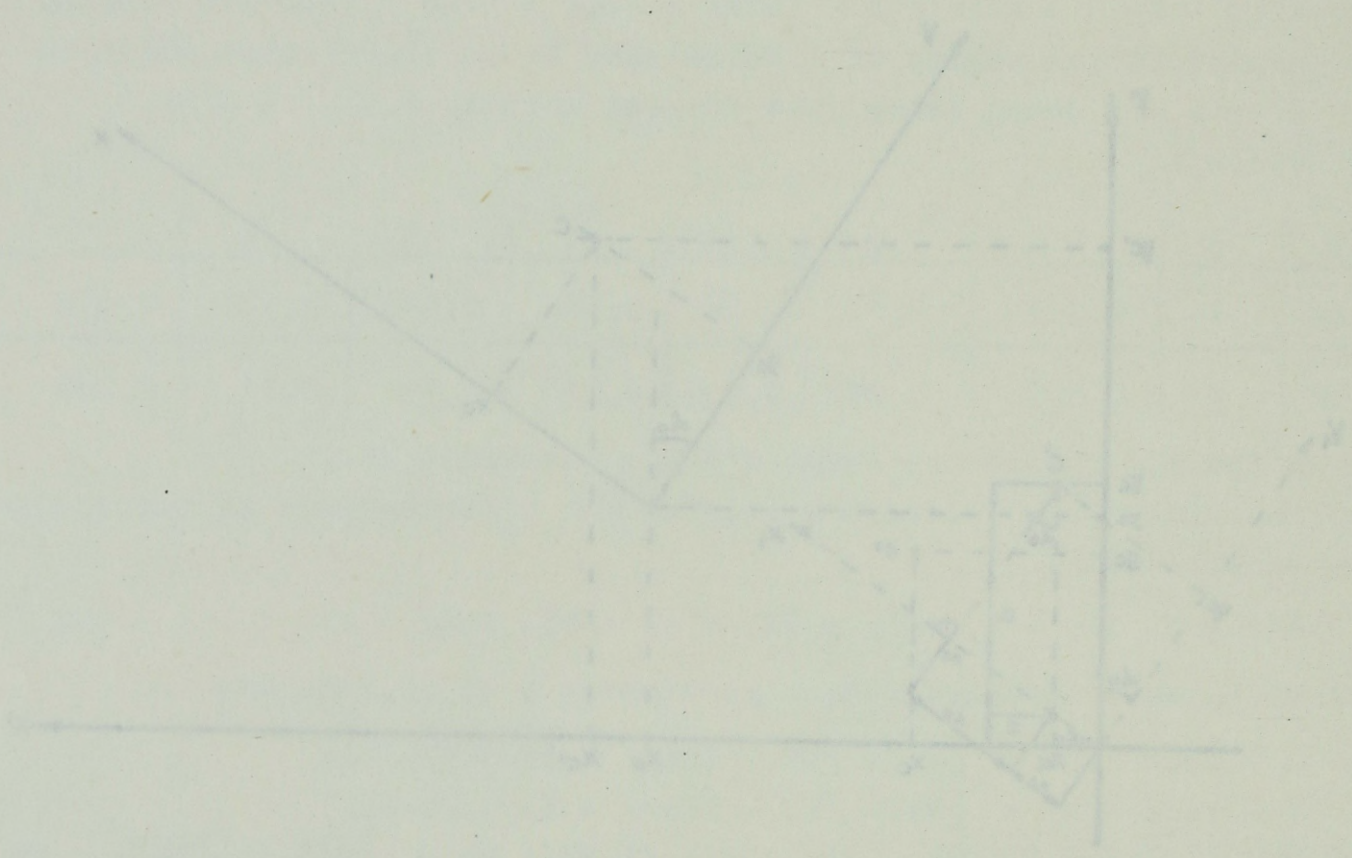
$$X_d = \sqrt{X_c - X_2} / \cos \alpha_0 = X_c \cos \alpha_0 - Y_c \cdot \cos \alpha_0 \cdot \tan \alpha_0 = X_c \cos \alpha_0 - Y_c \sin \alpha_0$$

$$\begin{aligned} Y_d &= U + Z = \frac{Y_c}{\cos \alpha_0} + X_1 \cdot \sin \alpha_0 = \frac{Y_c}{\cos \alpha_0} + \sqrt{X_c - X_2} / \sin \alpha_0 = \frac{Y_c}{\cos \alpha_0} + \\ &+ X_c \sin \alpha_0 - Y_c \sin \alpha_0 \cdot \tan \alpha_0 = \frac{Y_c}{\cos \alpha_0} \cdot \frac{1 - \sin^2 \alpha_0}{1 - \sin^2 \alpha_0} + X_c \cdot \sin \alpha_0 = \\ &= \frac{Y_c}{\cos \alpha_0} \cos^2 \alpha_0 + X_c \cdot \sin \alpha_0 = Y_c \cos \alpha_0 + X_c \cdot \sin \alpha_0 \end{aligned}$$

2. Współrzędne obiektu powietrznego z uwzględnieniem przesunięcia i obrotu układu współrzędnych

$$\begin{aligned} X_c' &= X_c \cdot \cos \alpha_0 - Y_c \cdot \sin \alpha_0 + X_0 \\ Y_c' &= Y_c \cdot \cos \alpha_0 + X_c \cdot \sin \alpha_0 + Y_0 \end{aligned}$$

PRZEKŁADANIE WSPÓŁCZYNNIKÓW PRZEKŁADU



$$\begin{aligned}
 X_0 &= X' \cdot \cos \alpha \\
 Y_0 &= Y' \cdot \cos \alpha \\
 Z_0 &= Z' \cdot \cos \alpha \\
 X' &= X_0 / \cos \alpha \\
 Y' &= Y_0 / \cos \alpha \\
 Z' &= Z_0 / \cos \alpha
 \end{aligned}$$

1. Wodźrządne osi i kąt powiętrznego z uwzględnieniem oporu układu wodźrządny.

$$X_0 = (X' - Y' \cdot \tan \alpha) \cdot \cos \alpha = X_0 \cdot \cos \alpha - Y_0 \cdot \cos \alpha \cdot \tan \alpha = X_0 \cdot \cos \alpha - Y_0 \cdot \sin \alpha$$

$$\begin{aligned}
 Y_0 &= Y' \cdot \cos \alpha + X' \cdot \sin \alpha = \frac{Y_0}{\cos \alpha} \cdot \cos \alpha + \frac{X_0}{\cos \alpha} \cdot \sin \alpha = Y_0 + X_0 \cdot \tan \alpha \\
 Z_0 &= Z' \cdot \cos \alpha = \frac{Z_0}{\cos \alpha} \cdot \cos \alpha = Z_0
 \end{aligned}$$

2. Wodźrządne osi i kąt powiętrznego z uwzględnieniem przesunięcia i oporu układu wodźrządny

$$\begin{aligned}
 X_0 &= X_0 \cdot \cos \alpha - Y_0 \cdot \sin \alpha + X_0 \\
 Y_0 &= Y_0 \cdot \cos \alpha + X_0 \cdot \sin \alpha + Y_0
 \end{aligned}$$

ZALEŻNOŚCI MATEMATYCZNE DO OBLICZANIA STAŁYCH WZORCOWANIA

1. Metoda topograficzna uproszczona.

Wykorzystywana przy dyslokacji w jednej strefie odwzorowania Gaussa-Krügera oraz odległości bezpośredniej wzorcowych źródeł mniejszej od 200 km

$$X_0 = /Y_B - Y_A / + /X_B - X_A / \cdot \sin \delta_A ; Y_0 = /X_B - X_A / + \\ - /Y_B - Y_A / \sin \delta_A$$

$$\delta_A = /L_A - L_{st} / \cdot \sin B_A ; \delta_B = /L_A - L_{st} / \cdot \sin B_B \\ L_{st} = 6N - 3^{\circ} = E \left[\frac{L_A}{6} + 1 \right] \cdot 6^{\circ} - 3^{\circ} ; \alpha_0 = \delta_B - \delta_A$$

2. Metoda topograficzna pełna.

Wykorzystywana przy dyslokacji wzorcowych źródeł w jednej strefie odwzorowania Gaussa-Krügera oraz odległości bezpośredniej między nimi mniejszej od 250 km

$$X_0 = /Y_B - Y_A / \cdot \cos \delta_A + /X_B - X_A / \sin \delta_A ; Y_0 = /X_B - X_A / \cos \delta_A + \\ - /Y_B - Y_A / \sin \delta_A$$

$$\delta_A = /L_A - L_{st} / \cdot \sin B_A ; \delta_B = /L_B - L_{st} / \cdot \sin B_B \\ L_{st} = 6N - 3^{\circ} = E \left[\frac{L_A}{6} + 1 \right] \cdot 6^{\circ} - 3^{\circ} ; \alpha_0 = \delta_B - \delta_A$$

3. Metoda geograficzna.

Możliwa do wykorzystania bez ograniczeń.

$$X_0 = /L_B - L_A / \cdot b_1 + b_2 /L_B - L_A /^2 \cdot 10^{-8}$$

$$Y_0 = W_B + a_1 /L_B - L_A /^2 \cdot 10^{-8} - W_A$$

$$\alpha_0 = /L_B - L_A / \cdot \sin B_B$$

Oznaczenia w zależnościach.

X_A, Y_A, L_A, B_A - współrzędne odpowiednio topograficzne i geograficzne źródła odbierającego informację,

X_B, Y_B, L_B, B_B - jak wyżej dla źródła przekazujące informację,

L_s - długość geograficzna środkowego południka danej strefy,

a_1, b_1, b_2, W_B - współczynniki odczytywane z tablic Larina-Izotowa dla danej L_B ,

W_A - współczynnik odczytany z tablic Larina-Izotowa dla danej L_A .

Tablice Larina-Izotowa umieszczone są w pozycji "Wzorcowanie zautomatyzowanych systemów dowodzenia" DWOPK. warszawa, 1985 r.

Wykaz 11

WYKAZ PRACOWNIków DO OBLICZENIA STANU WZROKOWANIA

Metoda topograficzna wprost.

Wyznaczenie przy pomocy w jednej stronie odległości
między punktami oraz odległości bezpośredniej między punktami
nieznanej od 200 m

$$x_0 = \sqrt{y_0^2 + z_0^2} = \sqrt{y_0^2 + z_0^2} = \sqrt{y_0^2 + z_0^2}$$

$$x_1 = \sqrt{y_1^2 + z_1^2} = \sqrt{y_1^2 + z_1^2} = \sqrt{y_1^2 + z_1^2}$$

$$x_2 = \sqrt{y_2^2 + z_2^2} = \sqrt{y_2^2 + z_2^2} = \sqrt{y_2^2 + z_2^2}$$

$$x_3 = \sqrt{y_3^2 + z_3^2} = \sqrt{y_3^2 + z_3^2} = \sqrt{y_3^2 + z_3^2}$$

Metoda topograficzna pośrednia.

Wyznaczenie przy pomocy wzorów w jednej stronie
nieznanej odległości bezpośredniej między
punktami od 250 m

$$x_0 = \sqrt{y_0^2 + z_0^2} = \sqrt{y_0^2 + z_0^2} = \sqrt{y_0^2 + z_0^2}$$

$$x_1 = \sqrt{y_1^2 + z_1^2} = \sqrt{y_1^2 + z_1^2} = \sqrt{y_1^2 + z_1^2}$$

$$x_2 = \sqrt{y_2^2 + z_2^2} = \sqrt{y_2^2 + z_2^2} = \sqrt{y_2^2 + z_2^2}$$

$$x_3 = \sqrt{y_3^2 + z_3^2} = \sqrt{y_3^2 + z_3^2} = \sqrt{y_3^2 + z_3^2}$$

Metoda geodezyjna.

Wzajemne wyznaczenie bez ograniczeń.

$$x_0 = \sqrt{y_0^2 + z_0^2} = \sqrt{y_0^2 + z_0^2} = \sqrt{y_0^2 + z_0^2}$$

$$x_1 = \sqrt{y_1^2 + z_1^2} = \sqrt{y_1^2 + z_1^2} = \sqrt{y_1^2 + z_1^2}$$

$$x_2 = \sqrt{y_2^2 + z_2^2} = \sqrt{y_2^2 + z_2^2} = \sqrt{y_2^2 + z_2^2}$$

$$x_3 = \sqrt{y_3^2 + z_3^2} = \sqrt{y_3^2 + z_3^2} = \sqrt{y_3^2 + z_3^2}$$

Obliczenia w zależności.

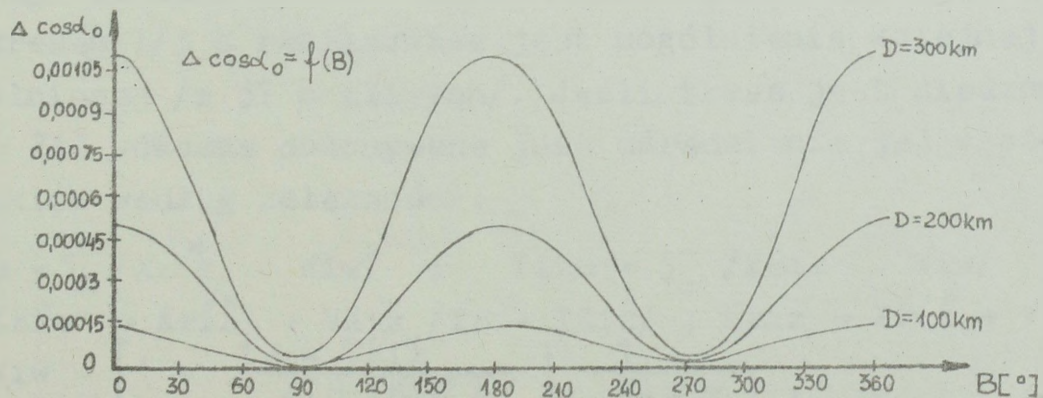
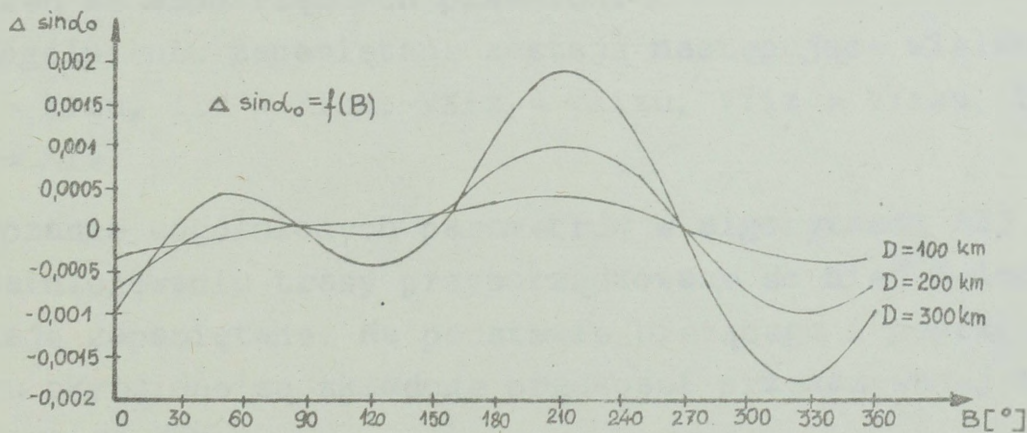
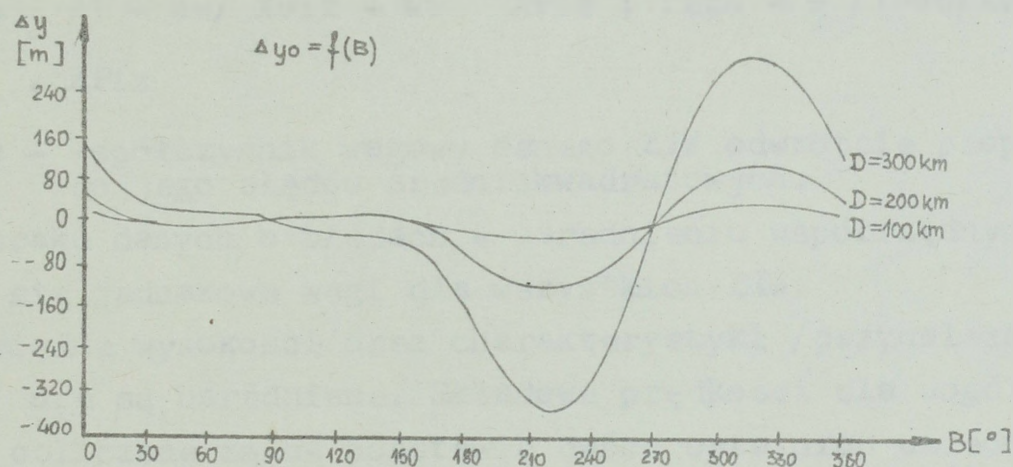
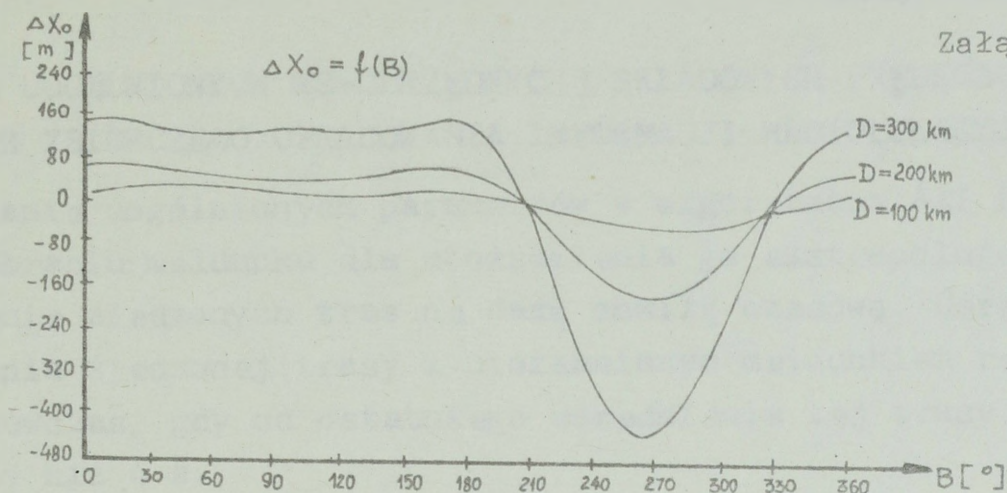
1. Wzajemne wyznaczenie bez ograniczeń.
2. Wzajemne wyznaczenie przy pomocy w jednej stronie odległości bezpośredniej między punktami od 250 m.
3. Wzajemne wyznaczenie przy pomocy w jednej stronie odległości bezpośredniej między punktami od 200 m.
4. Wzajemne wyznaczenie przy pomocy w jednej stronie odległości bezpośredniej między punktami od 150 m.
5. Wzajemne wyznaczenie przy pomocy w jednej stronie odległości bezpośredniej między punktami od 100 m.

Wzajemne wyznaczenie przy pomocy w jednej stronie odległości bezpośredniej między punktami od 250 m

Wzajemne wyznaczenie przy pomocy w jednej stronie odległości bezpośredniej między punktami od 200 m

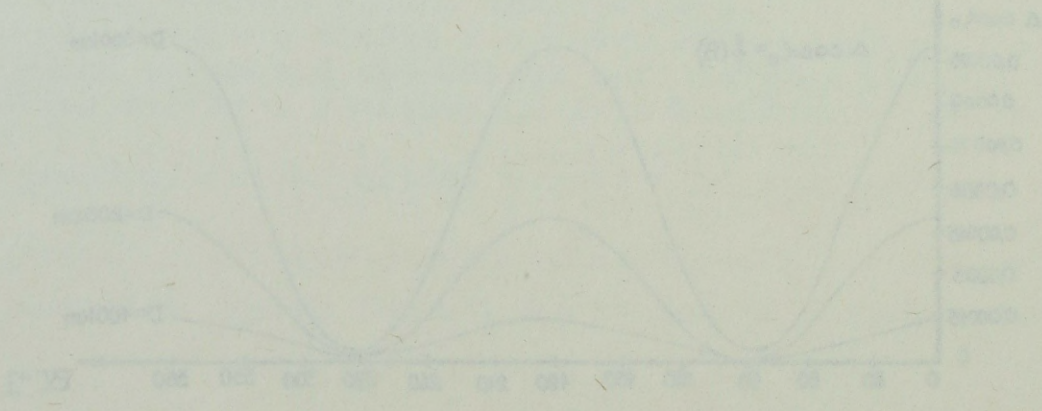
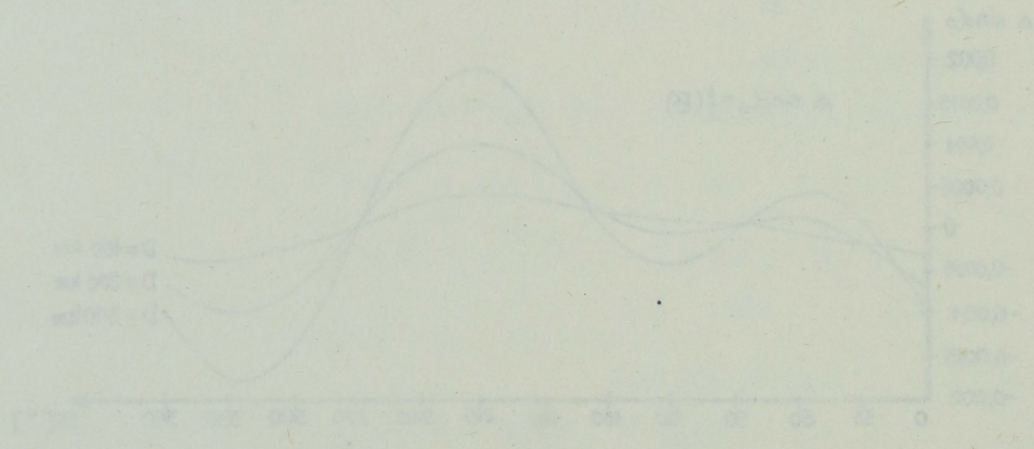
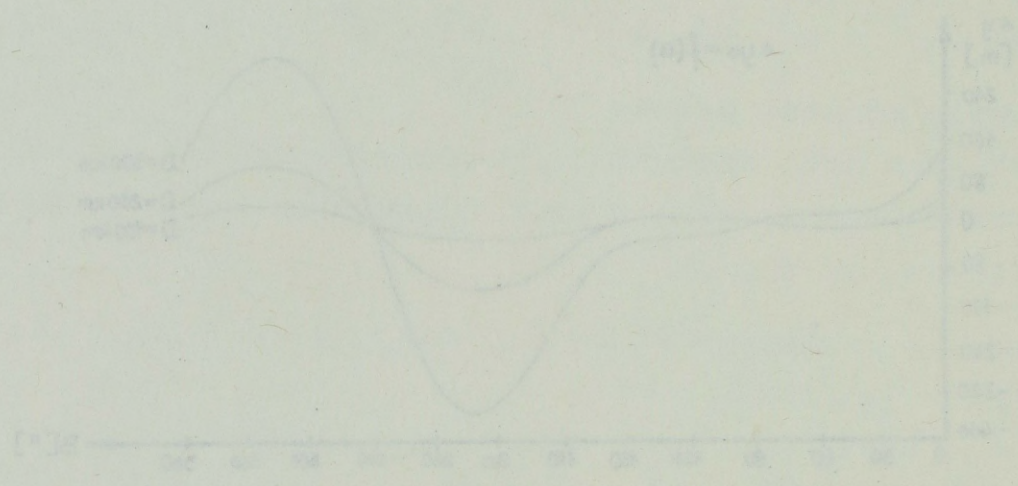
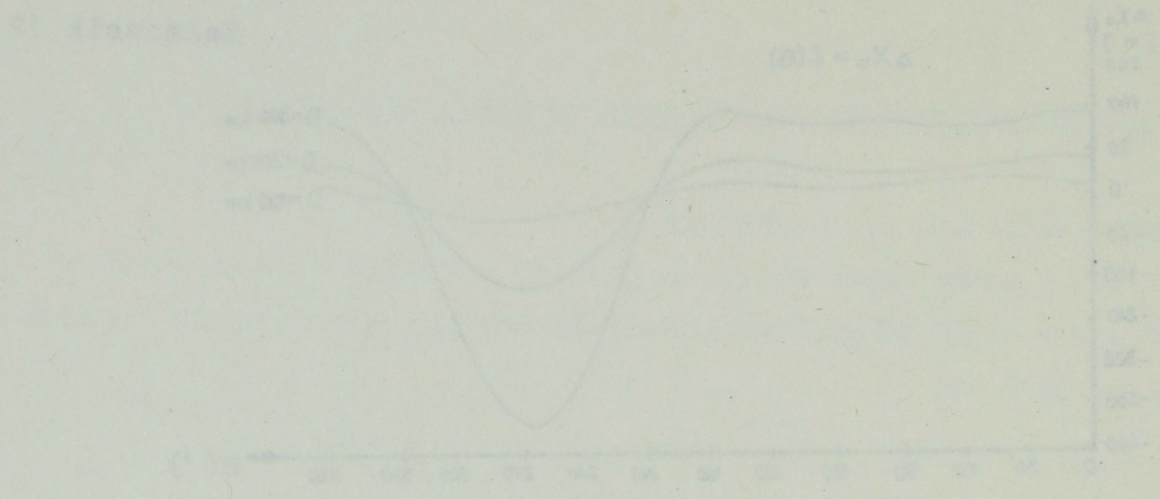
BŁĘDY OKREŚLANIA STAŁYCH WZORCOWANIA.

Załącznik 12



Zależność opracowano na podstawie wstępnych wyników badań J. Gajdy jako różnicę między wzorcową elipsoidą a odwzorowaniem na mapie, dla punktu SD ort $L = 19^\circ$, $B = 52^\circ$ i różnych odległości do SD krt.

ALGEBRAIC THEORY OF QUANTIZATION



As the parameter a increases, the amplitude of the oscillations increases significantly. The curves in (d) show much larger peaks and troughs compared to (a), (b), and (c). The x-axis for all graphs represents a range from 0 to 100, while the y-axis scales vary from 100 to 1000.

OBLICZANIE UOGÓLNIONYCH WSPÓŁRZĘDNYCH I SKŁADOWYCH PRĘDKOŚCI W ALGORYTMACH ZBIORCZEGO OPRACOWANIA INFORMACJI RADIOLOKACYJNEJ.

a/. Obliczanie uogólnionych parametrów w algorytmach AZ1 i AZ2.

Po odebraniu meldunku dla utożsamienia go ekstrapoluje się położenie śledzonych tras na daną chwilę czasową. Uśrednienie położenia śledzonej trasy z utożsamianym meldunkiem realizowane jest wówczas, gdy od ostatniego uśrednienia tej trasy minął czas większy niż 4 s.

Współrzędne usrednione określone są z zależności:

$$X_{izu} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1 - Ww}{X_{viz} + Ww} \cdot X_{Piz} ; Y_{izu} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1 - Ww}{X_{viz} + Ww} \cdot X_{Piz}$$

gdzie: Ww - współczynnik wagowy danego ZIW odwrotnie proporcjonalny do jego błędów średniokwadratowych.

Przy braku danych o błędach w uśrednieniu współrzędnych wykorzystuje się jednakowe wagi dla wszystkich ZIW.

Współrzędne wysokości oraz charakterystyki /przynależność, typ, skład/ nie są uśredniane. Składowe prędkości dla uogólnionej trasy obliczane są na podstawie dwóch ostatnich uśrednionych położzeń we współrzędnych płaskich.

Po uogólnieniu zapamiętane zostają następujące wielkości:

$$X_{iz} = X_{izu}, Y_{iz} = Y_{izu}, V_{Xiz} = V_{Xizu}, V_{Yiz} = V_{Yizu}, T_{Kiz} = T_B, H_{iz} = H_{iw}.$$

b/. Obliczanie uogólnionych parametrów w algorytmach AZ3 i AZ4.

Po zainicjowaniu trasy przyporządkowane do niej meldunki ze ZIW zostają zapamiętane. Na podstawie bieżącego i poprzedniego meldunku określone są składowe prędkości przekazywanej trasy z każdego ze ZIW.

Z okresem 1/3 s realizowane jest uogólnienie kolejnej trasy uogólnionej /z 31 możliwych/. Jeśli trasa jest śledzona i nie jest ZAZ wówczas dokonywane jest uśrednienie jej współrzędnych płaskich według zależności:

$$X_{izu} = \sum_w \frac{X_{Eiz}^w \cdot W_{iw}}{X_{Piz}^w + V_{Xiz}^w / T_B - T_{Kiz}^w} ; Y_{izu} = \sum_w \frac{Y_{Eiz}^w \cdot W_{iw}}{X_{Piz}^w + V_{Yiz}^w / T_B - T_{Kiz}^w},$$

gdzie: $X_{Eiz}^w = X_{Piz}^w + V_{Xiz}^w / T_B - T_{Kiz}^w$; $Y_{Eiz}^w = X_{Piz}^w + V_{Yiz}^w / T_B - T_{Kiz}^w$,

$$W_{iw} = \left[1 - \frac{T_B - T_{Kiz}^w}{T_B - T_{Kiz}^w} \right] \cdot \frac{1}{W_{iz} - 1},$$

Prilozhenie 14

Prilozhenie 14. Osnovnye svoystva funktsii $\zeta(s)$ i $\xi(s)$ v oblasti $\sigma > 1$.

1. Funktsiya $\zeta(s)$ merima v oblasti $\sigma > 1$.
2. Funktsiya $\xi(s)$ merima v oblasti $\sigma > 1/2$.
3. Funktsiya $\zeta(s)$ imeet polosnu konvergentsii pri $\sigma = 1$.

$$\zeta(s) = \prod_p (1 - p^{-s})^{-1} \quad (\sigma > 1)$$
$$\xi(s) = \frac{1}{2} \pi^{-s/2} \Gamma(s/2) \zeta(s)$$

4. Funktsiya $\zeta(s)$ imeet polosnu konvergentsii pri $\sigma = 1$.
5. Funktsiya $\zeta(s)$ imeet polosnu konvergentsii pri $\sigma = 1$.

6. Funktsiya $\zeta(s)$ imeet polosnu konvergentsii pri $\sigma = 1$.
7. Funktsiya $\zeta(s)$ imeet polosnu konvergentsii pri $\sigma = 1$.

$$\zeta(s) = O(t^{-\sigma}) \quad (\sigma > 1)$$
$$\xi(s) = O(t^{-\sigma/2}) \quad (\sigma > 1/2)$$

8. Funktsiya $\zeta(s)$ imeet polosnu konvergentsii pri $\sigma = 1$.
9. Funktsiya $\zeta(s)$ imeet polosnu konvergentsii pri $\sigma = 1$.

10. Funktsiya $\zeta(s)$ imeet polosnu konvergentsii pri $\sigma = 1$.
11. Funktsiya $\zeta(s)$ imeet polosnu konvergentsii pri $\sigma = 1$.

$$\zeta(s) = O(t^{-\sigma}) \quad (\sigma > 1)$$
$$\xi(s) = O(t^{-\sigma/2}) \quad (\sigma > 1/2)$$

12. Funktsiya $\zeta(s)$ imeet polosnu konvergentsii pri $\sigma = 1$.
13. Funktsiya $\zeta(s)$ imeet polosnu konvergentsii pri $\sigma = 1$.

VX_{iz}^w, VY_{iz}^w - składowe prędkości obliczone według danych z w ZIW,
 W_{iw} - współczynnik wagowy,
 TK_{iz}^w - czas otrzymania ostatniego meldunku z w ZIW,
 XE_{iz}^w - współrzędne ekstrapolowane trasy z w ZIW,
 W_{iz} - sumaryczna ilość ZIW przekazujących informację o i trasie.

Składowe prędkości trasy uogólnionej obliczane są z zależności:

$$VX_{izu} = VX_{iz} + \frac{1}{4} \frac{X_{izu} - XE_{iz}}{TB - TK_{iz}} ; \quad VY_{izu} = VY_{iz} + \frac{1}{4} \frac{Y_{izu} - YE_{iz}}{TB - TK_{iz}}$$

gdzie: XE_{iz}, YE_{iz} - ekstrapolowane współrzędne trasy uogólnionej,
 TK_{iz} - czas poprzedniego uogólnienia.

Współrzędna wysokości oraz charakterystyki w meldunkach skojarzonych są przypisywane danej trasie bez uogólnienia.

Uogólnienie tras ZAZ dokonywane jest w ramach kolejności wyboru tras do uogólnienia.

Współrzędne przecięcia pelengów na podstawie danych z dwóch zdeklarowanych przez osobę funkcją ZIW dla danej trasy obliczane są z zależności:

$$X_{pizu} = \frac{XW_2 \cdot B1 - XW_1 \cdot B2 + B3 / YW_1 - YW_2 /}{B1 - B2} ;$$

$$Y_{pizu} = \frac{YW_1 \cdot B1 - YW_2 \cdot B2 + B4 / XW_2 - XW_1 /}{B1 - B2}$$

gdzie: $B1 = XE_{piz}^{w1} \cdot YE_{piz}^{w2} ; B2 = XE_{piz}^{w2} \cdot YE_{piz}^{w1} ; B3 = XE_{piz}^{w1} ;$

$$B4 = YE_{piz}^{w1} \cdot YE_{piz}^{w2} ;$$

$$XE_{piz}^w = XE_{piz}^{w1} + VX_{piz} / TB - TK_{piz} / ; \quad Y_{piz}^w = YE_{piz}^{w1} + VY_{piz} / TB - TK_{piz} /$$

$XE_{piz}^{w1}, YE_{piz}^{w1}$ - ekstrapolowane współrzędne pelengu z pierwszego ZIW,

XW_1, XW_2, YW_1, YW_2 - współrzędne ZIW względem ZIZ,

$XE_{piz}^w, YE_{piz}^w, TK_{piz}^w, VX_{piz}^w, VY_{piz}^w$ - jak w zależności powyżej.

Składowe prędkości pelengów obliczane są analogicznie jak dla tras nie będących ZAZ.

Po uogólnieniu zapamiętane zostają następujące wielkości:

$$X(p)_{iz} = X(p)_{izu}, \quad Y(p)_{iz} = Y(p)_{izu}, \quad VX(p)_{iz} = VX(p)_{izu};$$

$$VY(p)_{iz} = VY(p)_{izu}; \quad TK(p)_{iz} = TB, \quad H(p)_{iz} = H_{iw}$$

c/. Obliczanie uogólnionych parametrów w algorytmie AZ5.

W algorytmie tym wykorzystywana jest wyłącznie metoda reprezentanta, w której za współrzędne uogólnione przyjmuje się współrzędne meldunków z wybranego przez osobę funkcyjną ZIW.

Na podstawie współrzędnych płaskich i odstępu czasu dwóch kolejnych meldunków obliczane zostają składowe prędkości.

W algorytmie tym obróbka ZAZ nie jest realizowana. Zapamiętane zostają następujące wielkości:

$$X_{iz} = XPI_{iz}^w ; \quad Y_{iz} = YPI_{iz}^w ; \quad H_{iz} = HPI_{iz}^w ; \quad VX_{iz} = VX ; \quad VY_{iz} = VY ;$$

$$TK_{iz} = TB$$

XVII, XVIII - składowe przynależności oddziałów według danych z 1914
 XIX - współczesny wykaz
 XX - lista oddziałów oddziałów w 1914
 XXI - współczesne składowe przynależności z 1914
 XXII - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914
 XXIII - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914

XXIV - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914
 XXV - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914
 XXVI - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914
 XXVII - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914
 XXVIII - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914

XXIX - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914
 XXX - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914
 XXXI - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914
 XXXII - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914
 XXXIII - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914

XXXIV - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914
 XXXV - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914
 XXXVI - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914
 XXXVII - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914
 XXXVIII - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914

XXXIX - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914
 XL - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914
 XLI - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914
 XLII - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914
 XLIII - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914

XLIV - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914
 XLV - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914
 XLVI - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914
 XLVII - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914
 XLVIII - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914

XLIX - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914
 L - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914
 LI - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914
 LII - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914
 LIII - współczesne dane dla oddziałów oddziałów z 1914

c/. Obliczanie uogólnionych parametrów w algorytmie AZ 6 i AZ 7
 W algorytmach tych wykorzystywana jest wyłącznie metoda reprezentanta. Reprezentantem danej trasy jest ZIW, która jako pierwszą wykryła ją w algorytmie AZ7 lub wybrane przez osobę funkcyjną w algorytmie AZ6.

Po odebraniu kolejnego meldunku związanej trasy obliczane zostają współrzędne gładzone według zależności:

$$\bar{X}_{iz} = XE_{iz} + /XP'_{iz} - XE_{iz}/ \cdot CK ; \bar{Y}_{iz} = YE_{iz} + /YP'_{iz} - YE_{iz}/ \cdot CK;$$

$$\bar{VX}_{iz} = \bar{VX}_{iz} + /VX_{iz} - \bar{VX}_{iz}/ \cdot GK ; \bar{VY}_{iz} = \bar{VY}_{iz} + /VY_{iz} - \bar{VY}_{iz}/ \cdot GK$$

gdzie: $VX_{iz} = \frac{XP'_{iz} - X_{iz}}{TB - TK_{iz}} ; VY_{iz} = \frac{YP'_{iz} - Y_{iz}}{TB - TK_{iz}}$

$XE_{iz} = \bar{X}_{iz} + \bar{VX}_{iz} / TB - TK_{iz} / ; YE_{iz} = \bar{Y}_{iz} + \bar{VY}_{iz} / TB - TK_{iz} / ,$
 TK_{iz} - czas poprzedniego obliczania gładzonych współrzędnych,
 $\bar{VX}_{iz}, \bar{VY}_{iz}$ - gładzone składowe prędkości w chwili otrzymania poprzedniego meldunku,

CK, GK - współczynniki wagowe gładzenia zależne od ilości odebranych meldunków /zawiązanie trasy - $K = 2, K \leq 6/$

K	2	3	4	5	6
CK	1	0,5	0,4	0,35	0,2999
GK	1	0,8646	0,7031	0,6016	0,5238

Wysokość oraz charakterystyki do śledzonej trasy przyporządkowane zostają z meldunków skojarzonych z daną trasą /również ze źródeł niepriorytetowych/. Do chwili otrzymania pierwszego meldunku z wysokością śledzonej trasy przyporządkowuje się wysokość 14,8 km.

Po odebraniu kolejnego meldunku analizowany jest manewr obiektu powietrznego według zależności:

$$\Delta Q = Q_{iz} - Q'_{iz}$$

gdzie: $Q_{iz} = \text{arc tg } \frac{VX_{iz}}{VY_{iz}}$

Q_{iz} - obliczony kurs w chwili otrzymania poprzedniego meldunku.

Zależnie od wartości ΔQ podejmowane są następujące decyzje:

1. $\Delta Q < 30^\circ$ - brak manewru,
2. $30^\circ \leq \Delta Q \leq 60^\circ$ - sygnalizacja manewru. Jeśli w kolejnym meldunku znajdzie taka sama nierówność /z uwzględnieniem znaku/ lub $60^\circ < \Delta Q < 120^\circ$ w pierwszej analizie - decyzja manewr powodująca przyjęcie we współczynnikach wagowych $K = 2$.
3. $\Delta Q > 120^\circ$ - podjęta decyzja o zawiązaniu nowej trasy.

Po zakończeniu obliczeń zapamiętane zostają następujące wielkości:
 $\bar{X}_{iz}, \bar{Y}_{iz}, \bar{V}X_{iz} = \bar{V}X_{iz}, \bar{V}Y_{iz} = \bar{V}Y_{iz}, H_{iz} = HP_{iz}, TK_{iz} = TB, Q_{iz} = Q'_{iz},$
 $K = K + 1 \leq 6$

Odebrane współrzędne ze ZIW z cechą pelengu /ZP_{iw}/ zostają przeliczone dla określenia kierunku pelengu według ZIZ z wykorzystaniem zależności:

$$\bar{B}_{piz}^w = \text{arc tg } \frac{XP_{piw}}{YP_{piw}} - \alpha_{ow}$$

gdzie: XP_{piw}, YP_{piw} - przekazane współrzędne ze ZIW /bez przeliczeń/,
 α_{ow} - kąt zbieżności północy geograficznych między ZIW a ZIZ.

Po drugim odebraniu danych o pelengu z tego samego ZIW /o ile nie różni się on od poprzedniego więcej niż 14°/ obliczane zostają gładzone parametry według zależności:

$$\bar{B}_{piz}^w = BE_{piz}^w + CK \cdot /B_{piz}^w - BE_{piz}^w/; \bar{V}B_{piz}^w = VB_{piz}^w + GK \cdot \frac{\bar{B}_{piz}^w - B_{piz}^w}{TB - TK_{iw}} - \bar{V}B_{piz}^w /$$

gdzie: $BE_{piz}^w = \bar{B}_{piz}^w + \bar{V}B_{piz}^w / TB - TK_{iw} /$
 GK, CK - współczynniki wagowe zależne od ilości otrzymanych meldunków,
 $\bar{B}_{piz}^w, \bar{V}B_{piz}^w$ - gładzone parametry w poprzedniej TK_{iw} chwili gładzenia.

Po przeliczeniu przyjmuje się: $\bar{B}_{piz}^w = \bar{B}'_{piz}^w; \bar{V}B_{piz}^w = \bar{V}'B_{piz}^w, TK_{iw} = TB.$
 Jeśli czas od ostatniego odnowienia współrzędnych w ZIZ / $TB - TK_{iz} / >$

9 s, wówczas realizowane jest obliczanie współrzędnych ZAZ według pary ZIW przekazujących peleng na to ZAZ, wybranych według zależności:

$$20^\circ < \beta_{piz}^{w_{1,2}} < 160^\circ \wedge \sigma = \sigma_B \frac{1}{\sin \beta_{piz}^{w_{1,2}}} \cdot \sqrt{D_{piz}^{w_1} / 2 + D_{piz}^{w_2} / 2} = \min \wedge \sigma < \sigma_{dop}$$

gdzie: $\beta_{piz}^{w_{1,2}} = BE_{piz}^{w_1} - BE_{piz}^{w_2}; D_{piz}^{w_1} = /X_{piz} - X_o^{w_1} / 2 + /Y_{piz} - Y_o^{w_1} / 2,$
 σ - błąd średniokwadratowy pelengu w ZIW,
 $D_{piz}^{w_1}, D_{piz}^{w_2}$ - odległość ZAZ od ZIW,
 $X_o^{w_1}, Y_o^{w_1}$ - współrzędne W_1 ZIW w stosunku do ZIZ.

Na podstawie współrzędnych z dwóch wybranych wyżej podanym sposobem ZIW o ile różnica czasu odnowienia tych współrzędnych nie przekracza 20 s określone zostają współrzędne ZAZ według zależności:

$$X_{piz} = \frac{X_o^{w_1} \cdot \text{tg} BE_{piz}^{w_1} - X_o^{w_2} \cdot \text{tg} BE_{piz}^{w_2} + Y_o^{w_2} - Y_o^{w_1}}{\text{tg} BE_{piz}^{w_1} - \text{tg} BE_{piz}^{w_2}}; Y_{piz} = /X_{piz} - X_o^{w_1} / \cdot \text{tg} BE_{piz}^{w_1} + Y_o^{w_1}$$

Na podstawie obliczonych współrzędnych obliczony jest środek branki kątownej

$$B_{spiz} = \text{arc tg } \frac{X_{piz} - X_o^w}{Y_{piz} - Y_o^w}$$

dla kojarzenia w granicach $\pm 1,47^\circ$ z tym ZAZ pelengów z pozostałymi ZIW.

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

$$k = k + 1 < 0$$

Obliczenia wykonano za pomocą...

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

$$h_{pr} = h_{pr} + \frac{h_{pr} - h_{pr}}{h_{pr} - h_{pr}}$$

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

$$h_{pr} = h_{pr} + \frac{h_{pr} - h_{pr}}{h_{pr} - h_{pr}}$$

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

$$20^\circ < \beta < 100^\circ \quad A = \frac{a}{\sin A} \cdot \sin \beta = \frac{a \sin \beta}{\sin A}$$

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

$$h_{pr} = \frac{h_{pr} \cdot \sin \alpha + h_{pr} \cdot \sin \beta}{\sin \alpha + \sin \beta}$$

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

$$h_{pr} = \frac{h_{pr} \cdot \sin \alpha + h_{pr} \cdot \sin \beta}{\sin \alpha + \sin \beta}$$

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

Wzrost człowieka obliczony z pomiaru długości...

Na podstawie określonych współrzędnych X_{piz} , Y_{piz} obliczane zostają głodzone współrzędne i składowe prędkości ZAZ z zależności:

$$\bar{X}'_{piz} = X_{Epiz} + CK/X_{piz} - X_{Epiz}/; \bar{Y}'_{piz} = Y_{Epiz} + CK/Y_{piz} - Y_{Epiz}/;$$

$$\bar{VX}'_{piz} = \bar{VX}_{piz} + GK/VX - \bar{VX}_{piz}/; \bar{VY}'_{piz} = \bar{VY}_{piz} + GK/VY - \bar{VY}_{piz}/$$

gdzie: $X_{Epiz} = \bar{X}_{piz} + \bar{VX}_{piz} / TB - TKiz/;$ $Y_{Epiz} = \bar{Y}_{piz} + \bar{VY}_{piz} / TB - TKiz/;$

$$VX = \frac{\bar{X}_{piz} - \bar{X}'_{piz}}{TB - TKiz}; \quad VY = \frac{\bar{Y}_{piz} - \bar{Y}'_{piz}}{TB - TKiz}$$

GK, CK - współczynniki wagowe zależne od ilości realizowanych głodzeń,

TKiz - czas poprzedniego obliczania głodzonych współrzędnych.

Jeśli obliczone wartości \bar{X}'_{piz} , \bar{Y}'_{piz} różnią się od przechowywanych \bar{X}_{piz} , \bar{Y}_{piz} o wartość większą od 10,57 km wówczas nowo obliczone współrzędne głodzone nie są uwzględnione. W przeciwnym przypadku zapamiętane zostają:

$$\bar{X}_{piz} = \bar{X}'_{piz}, \bar{Y}_{piz} = \bar{Y}'_{piz}, \bar{VX}_{piz} = \bar{VX}'_{piz}, \bar{VY}_{piz} = \bar{VY}'_{piz}.$$

Współrzędna wysokości do ZAZ przypisana zostaje z meldunków /pelengów/ skojarzonych z daną trasą każdego ze ZIW. Otrzymana wysokość rzeczywista przyporządkowana jest bezpośrednio. Po odbiorze wysokościomierza H_u /wysokość średniego sektora zakłóceń na umownej odległości 75 km/ obliczona zostaje wysokość ZAZ według zależności:

$$H_{piz} = D_{piw} / \frac{H_u}{75} + \frac{D_{piw}}{2 \text{ Rez}} /$$

gdzie: $D_{piw} = \sqrt{(\bar{X}_{piz} - X_o^w)^2 + (\bar{Y}_{piz} - Y_o^w)^2}$,
 Rez - promień ekwiwalentny ziemi równy 8500 km.

Jeśli obliczona wartość H_{piz} nie różni się więcej niż 6 km od dotychczasowej \bar{H}_{piz} , wówczas obliczona zostaje wysokość głodzona

$$\bar{H}'_{piz} = \frac{1}{2} / H_{piz} + \bar{H}_{piz} /$$

w przeciwnym przypadku głodzenie nie jest realizowane.

Po zakończeniu obliczeń przechowywana jest wysokość $\bar{H}_{piz} = \bar{H}'_{piz}$.

Podstawowe określenia współrzędnych X_{pi} , Y_{pi} oraz odległości R_{pi} od punktu P do punktu i w układzie X, Y wyrażają się następująco:

$$X_{pi} = X_p + \Delta X_{pi}; \quad Y_{pi} = Y_p + \Delta Y_{pi}; \quad R_{pi} = \sqrt{\Delta X_{pi}^2 + \Delta Y_{pi}^2}$$

$$\Delta X_{pi} = X_i - X_p; \quad \Delta Y_{pi} = Y_i - Y_p$$

Wzrosty ΔX_{pi} i ΔY_{pi} wyrażają się przez różnicę współrzędnych punktu i i punktu P w układzie X, Y .

Wzrosty ΔX_{pi} i ΔY_{pi} wyrażają się przez różnicę współrzędnych punktu i i punktu P w układzie X, Y .

$$\Delta X_{pi} = X_i - X_p; \quad \Delta Y_{pi} = Y_i - Y_p$$

Wzrosty ΔX_{pi} i ΔY_{pi} wyrażają się przez różnicę współrzędnych punktu i i punktu P w układzie X, Y .

$$\Delta X_{pi} = X_i - X_p; \quad \Delta Y_{pi} = Y_i - Y_p$$

Wzrosty ΔX_{pi} i ΔY_{pi} wyrażają się przez różnicę współrzędnych punktu i i punktu P w układzie X, Y .

$$\Delta X_{pi} = X_i - X_p; \quad \Delta Y_{pi} = Y_i - Y_p$$

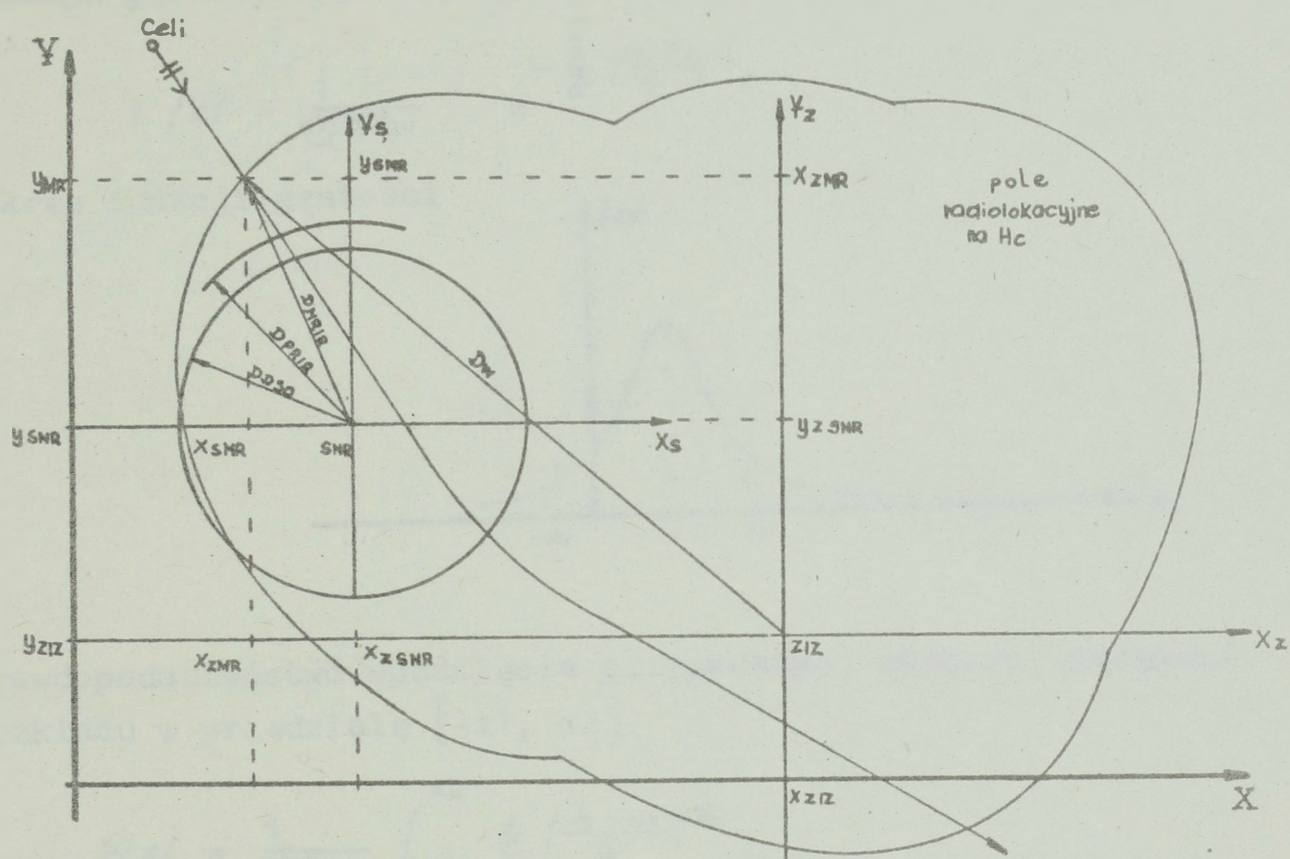
Wzrosty ΔX_{pi} i ΔY_{pi} wyrażają się przez różnicę współrzędnych punktu i i punktu P w układzie X, Y .

P a r a m e t r		Typ obiektu automatyzacji / algorytm/						
Lp.		WP-01M /AW4/ -	RPT-11 /AW-1/ -	RPT-10 /AW2, 3/ -	WP-02M /AW4/ /AZ5/	RPT-21 /AW1/ /AZ1, 2/	RPT-20 /AW2, 3/ /AZ3, 4/	PORI - /AZ6, 7/
1.	Maksymalna liczba opracowywanych tras /namiarów.	12/-	31/-	31/-	31/-	31/8	31/8	40/6
2.	Liczba ZMP przeznaczonych do inicjowania i śledzenia tras we współrzędnych płaskich /wysokości - według ZIP.	2/1	1/-	2/1	3/2	2/-	4/2	-/-
3.	Możliwa liczba śledzonych tras z jednego ZMP z dyskretnością wprowadzenia korekt we wsp.X Y 10s - według ZIP.	5-6	6-8	6-8	5-6	6-8	6-8	-
4.	Możliwa liczba śledzonych tras z jednego ZMP z dyskretnością wprowadzenia wysokości 1 min - według ZIP.	5-6	3-5	6-9	5-6	3-5	6-9	-
5.	Liczba ZMP przeznaczonych do inicjowania i śledzenia tras/namiarów-wg ZIW.	-	-	-	2/2	2/2	2/2	4/2
6.	Zakresy zoorazowania, opracowania i przekazywania informacji we wsp.XY [km]	150, 300	150, 300	150, 300	300, 600	300, 600	300, 600	500, 1200
7.	Zakresy zoorazowania, opracowania i przekazywania informacji we wsp.H [km]	16, 32	16, 32 ^x	16, 32	32, 64	16, 32, 64	16, 32, 64	64
8.	Ilość bitów transmisji informacji we wsp. XY/H	9/8 60	9/8 60/300 ^{xx}	9/8 60/300 ^{xx}	9/8 60	9/8 60/300 ^{xx}	9/8 60/300 ^{xx}	9/8 60/1200 ^{xxx}
9.	Prędkość transmisji informacji [bod]	10	10-30	10-30	10-30	10-30	10-30	10-30
10.	Dyskretność przekazywania informacji we wsp. XY s	2/-	2/-	2/-	2/3	2/3	2/3	1/5
11.	Liczba współpracujących obiektów nadrzędnych /podległych	-/-	-/-	-/-	2/-	-/-	2/-	-/1
12.	Liczba sprzężonych obiektów WP-11/WEKTOR-2WE.							

Zestawione wartości opracowano na podstawie danych w [19, 34, 38]

x dotyczy tylko przekazywania; xx możliwość wyboru prędkości transmisji; xxx transmisja do systemu WEKTOR-2WE.

OBLICZANIE WSKAŹNIKA PRZESTRZENNEJ EFEKTYWNOŚCI RADIOLOKACYJNEGO ZABEZPIECZENIA PZR



Graficzna interpretacja oddziaływania PZR na cel powietrzny.

Zależności dla obliczania wskaźnika przestrzennej efektywności radiolokacyjnego zabezpieczenia

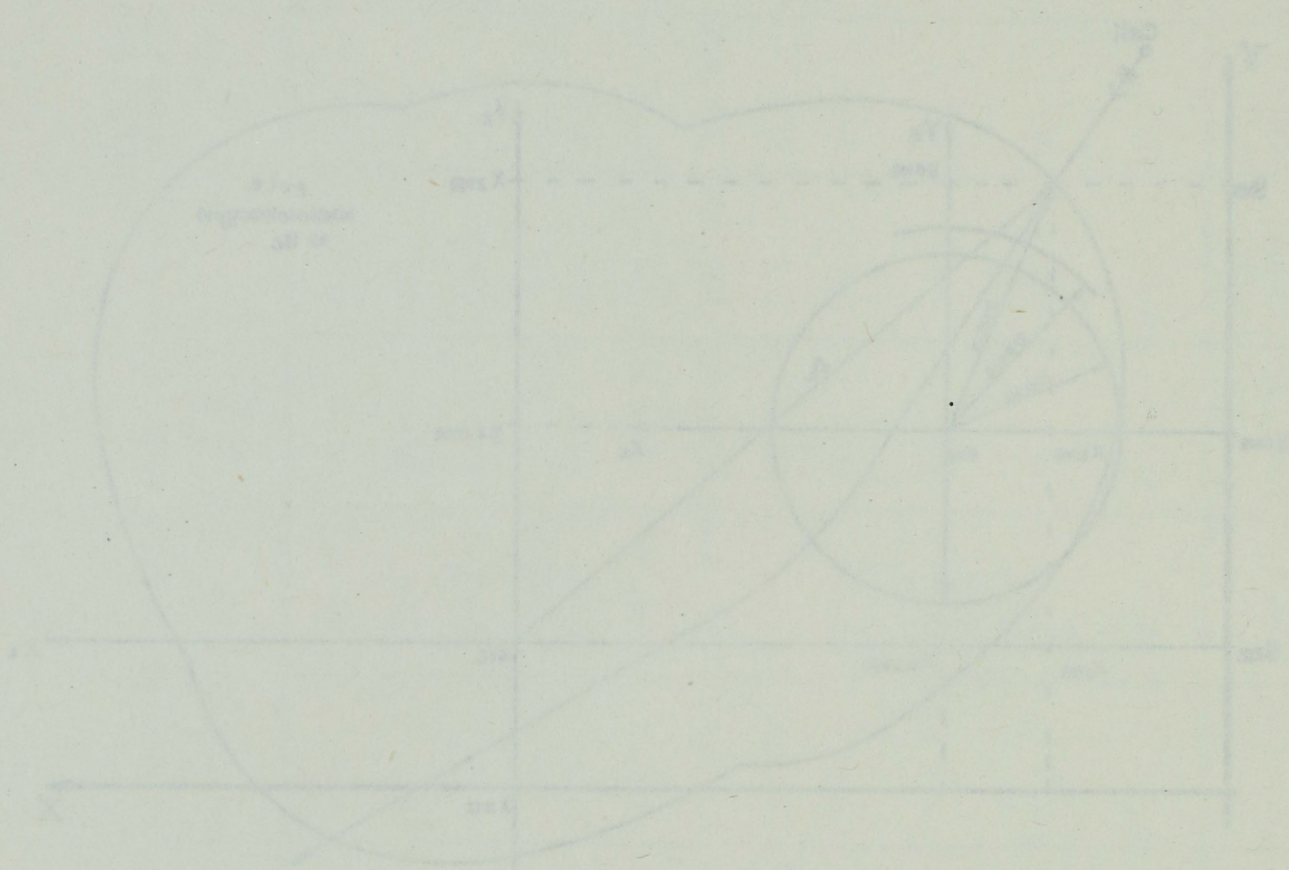
$$E_i^{Ak} = \frac{D_{LMRIR}}{D_{LPRIR}}$$

$$D_{LMRIR} = \sqrt{Y_{ZMR} + Y_{ZIZ} - Y_{SNR} / 2 + \sqrt{X_{ZMR} + X_{ZIZ} - Y_{SNR} / 2}}$$

$$D_{LPRIR} = D_{D50} + Vc \cdot t_{\Sigma 1}$$

gdzie: $t_{\Sigma 1}$ - sumaryczny czas określany z zależności /5-2/,
 D_{D50} - odległość od SNR do dalszej strefy ognia PZR.

ОБЪЕМНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЕ
РАДИОДИАГНОСТИКА



Векторная интерпретация...
 Радиусы векторов...
 Радиусы векторов...

$$R = \frac{D \cdot \sin \alpha}{\sin \beta}$$

$$D_{\text{max}} = \sqrt{(X_{\text{max}} - X_{\text{min}})^2 + (Y_{\text{max}} - Y_{\text{min}})^2}$$

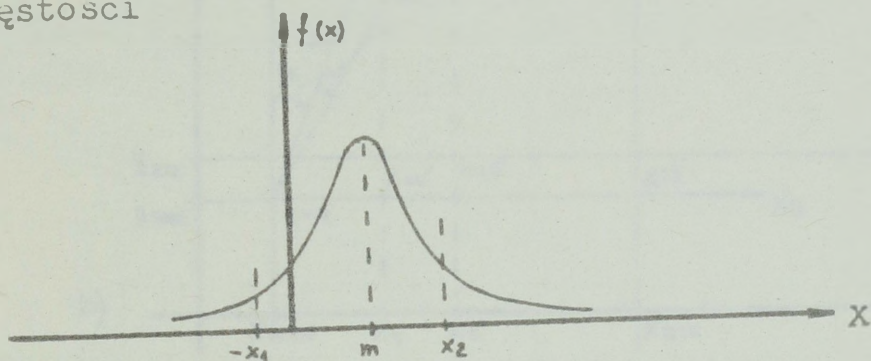
где D_{max} - максимальный диаметр...
 D_{min} - диаметр...

SPOSÓB OKREŚLANIA PRAWDOPODOBIENSTWA WPADNIĘCIA PRZYPADKOWEJ WARTOŚCI O ROZKŁADZIE NORMALNYM $N/m, \sigma$ W DANY PRZEDZIAŁ $[x_1, x_2]$ Z WYKORZYSTANIEM STABILICOWANYCH WARTOŚCI DYSTRYBUANT ROZKŁADU $N/0,1/$

1. Funkcja gęstości prawdopodobieństwa rozkładu normalnego.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-m}{\sigma}\right)^2}$$

2. Wykres funkcji gęstości



3. Prawdopodobieństwo wpadnięcia przypadkowej wartości podanego rozkładu w przedziale $[-x_1, x_2]$

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{-x_1}^{x_2} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{t-m}{\sigma}\right)^2} dt$$

4. Prawdopodobieństwo wpadnięcia przypadkowej wartości z rozkładu $N/m, \sigma$ w przedział $[-x_1, x_2]$ z wykorzystaniem stabilicowanych dystrybuant:

- standaryzacja rozkładu $f(x) \rightarrow N/m, \sigma$ do rozkładu $f(y) \rightarrow N/0,1/$

z wykorzystaniem zależności $y = \frac{x-m}{\sigma}$

- obliczanie prawdopodobieństwa $P(y)$

$$\begin{aligned} P(y) &= P(y_1 < t < y_2) = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{y_1}^{y_2} e^{-\frac{t^2}{2}} dt - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{y_2}^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = \\ &= 1 - F(y_1) - \left[1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{y_2} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \right] = 1 - F(y_1) - 1 + \\ &+ F(y_2) = F(y_2) - F(y_1) \end{aligned}$$

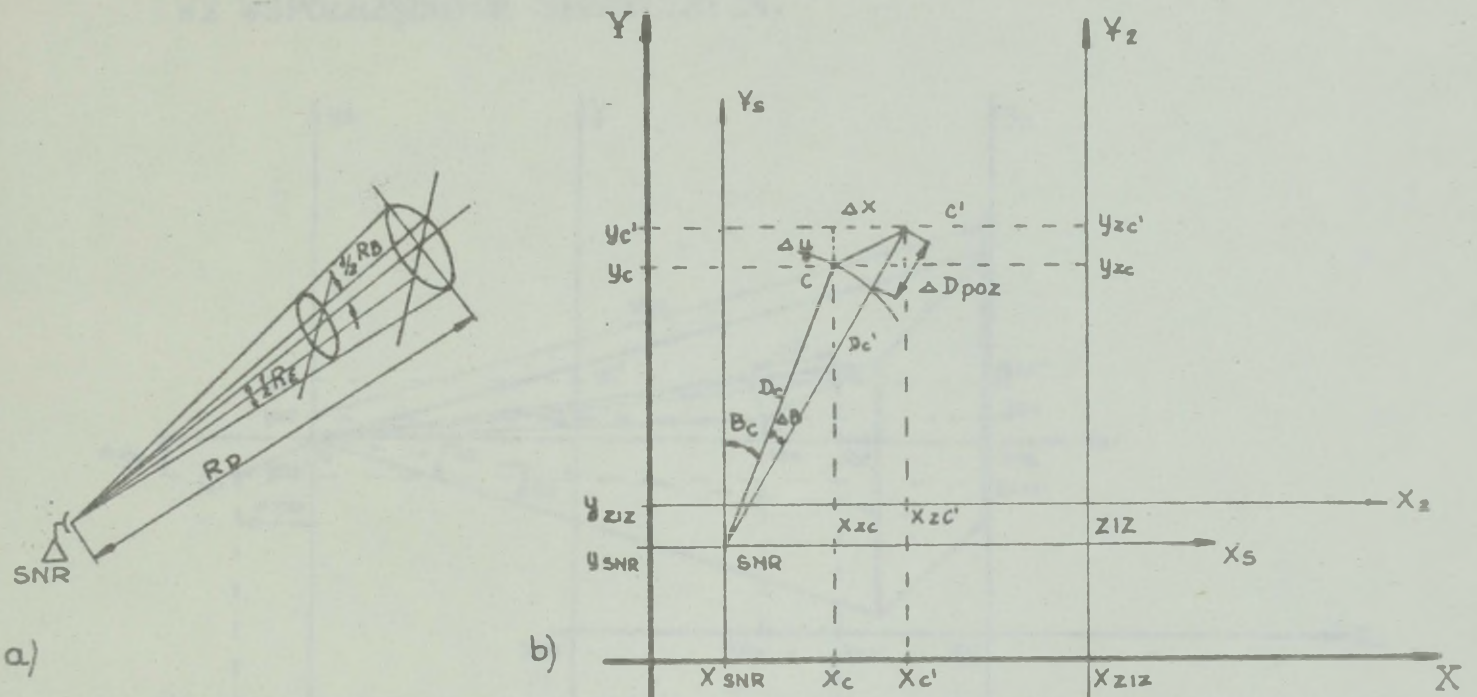
- obliczanie prawdopodobieństwa $P(x)$

$$P(x) = P(-x_1 < x < x_2) = F\left(\frac{x_2-m}{\sigma}\right) - F\left(\frac{-x_1-m}{\sigma}\right)$$

Dystrybuanta $F(y)$ stabilicowana jest dla dodatnich wartości y . Wykorzystując zależność $F(-y) = 1 - F(y)$ otrzymuje się

$$P(-x_1 < x < x_2) = F\left(\frac{x_2-m}{\sigma}\right) + F\left(\frac{x_1+m}{\sigma}\right) - 1$$

OKREŚLANIE BŁĘDÓW BIEŻĄCYCH WSKAZANIA CELU SNR WE WSPÓŁRZĘDNYCH SFERYCZNYCH.



a. Przestrzeń przeszukiwana przez SNR

b. Graficzne przedstawienie błędów w topograficznym układzie współrzędnych płaskich.
c' - położenie celu wskazywane;
c - położenie celu rzeczywiste.

Zależności dla obliczania bieżących błędów wskazywania celu SNR w sferycznym układzie współrzędnych.

$$D_{c \text{ poz}} = \sqrt{\frac{X_c - X_{SNR}}{2}^2 + \frac{Y_c - Y_{SNR}}{2}^2} ; D_{c' \text{ poz}} = \sqrt{\frac{X_{c'} - X_{SNR}}{2}^2 + \frac{Y_{c'} - Y_{SNR}}{2}^2}$$

$$D_{c \text{ prz}} = \sqrt{\frac{X_c - X_{SNR}}{2}^2 + \frac{Y_c - Y_{SNR}}{2}^2 + \frac{H_c - H_{SNR}}{2}^2} ;$$

$$D_{c' \text{ prz}} = \sqrt{\frac{X_{c'} - X_{SNR}}{2}^2 + \frac{Y_{c'} - Y_{SNR}}{2}^2 + \frac{H_{c'} - H_{SNR}}{2}^2}$$

$$B_c = \arccos \frac{Y_c - Y_{SNR}}{D_{c \text{ poz}}} ; B_{c'} = \arccos \frac{Y_{c'} - Y_{SNR}}{D_{c' \text{ poz}}}$$

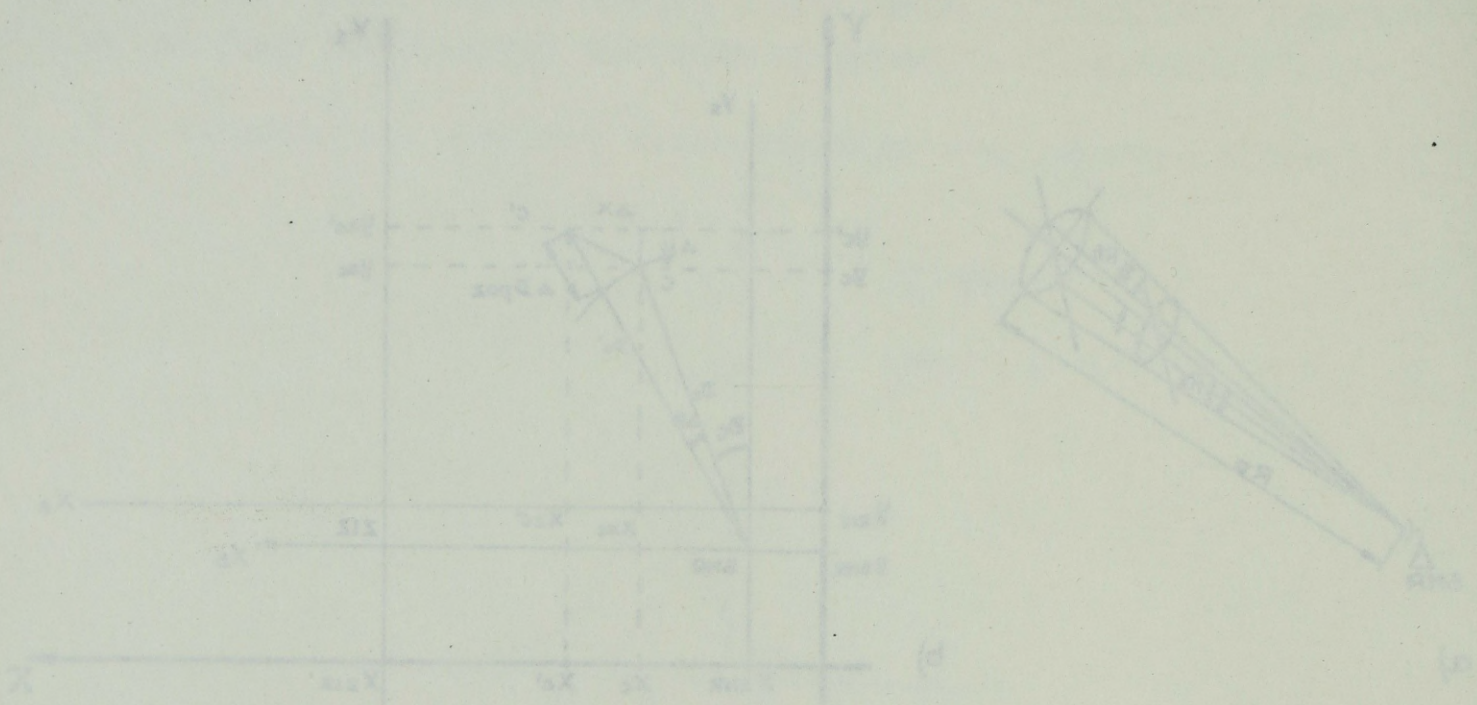
$$E_c = \arctg \frac{H_c - H_{SNR}}{D_{c \text{ poz}}} ; E_{c'} = \arctg \frac{H_{c'} - H_{SNR}}{D_{c' \text{ poz}}}$$

$$\Delta D = D_{c \text{ prz}} - D_{c' \text{ prz}} ;$$

$$\Delta B = B_c - B_{c'} ;$$

$$\Delta E = E_c - E_{c'}$$

WYZNACZENIE WSKAZANIA CELU SIAŁY W SPÓŁNIEJENIACH
WYKREŚLONYCH.

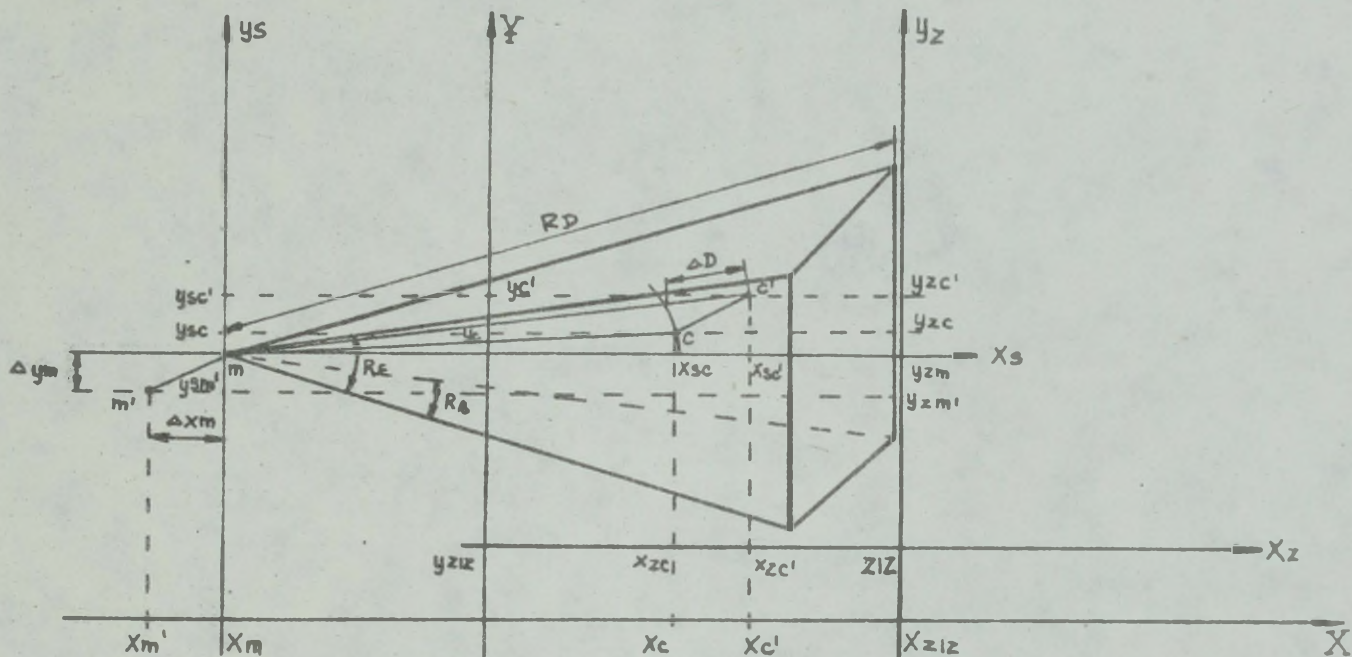


Wyznaczenie wskaźnika celu siały w spółnieniuach wykreślonych w układzie współrzędnych. Wyznaczenie wskaźnika celu siały w spółnieniuach wykreślonych w układzie współrzędnych. Wyznaczenie wskaźnika celu siały w spółnieniuach wykreślonych w układzie współrzędnych.

$$\begin{aligned} \Delta E &= E_C - E_B \\ \Delta B &= B_C - B_B \\ \Delta D &= D_C - D_B \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_C &= \arccos \frac{X_C - X_B}{D_C - D_B} \\ B_C &= \arccos \frac{Y_C - Y_B}{D_C - D_B} \\ D_C &= \sqrt{(X_C - X_B)^2 + (Y_C - Y_B)^2} \\ E_B &= \arccos \frac{X_C - X_A}{D_C - D_A} \\ B_B &= \arccos \frac{Y_C - Y_A}{D_C - D_A} \\ D_C &= \sqrt{(X_C - X_A)^2 + (Y_C - Y_A)^2} \end{aligned}$$

OKREŚLANIE BŁĘDÓW BIEŻĄCYCH WSKAZANIA CELU POKŁADOWEJ RLS
WE WSPÓŁRZĘDNYCH SFERYCZNYCH.



Graficzne przedstawienie błędów w topograficznych współrzędnych płaskich. c, m - położenia rzeczywiste celu i myśliwca; c', m' - położenia wskazywane celu i myśliwca.

Zależności dla obliczenia bieżących błędów wskazywania celu pokładowej RLS w sferycznym układzie współrzędnych.

$$D_{mc \text{ poz}} = \sqrt{\frac{X_c - X_m + \Delta X_m}{2} + \frac{Y_c - Y_m + \Delta Y_m}{2}}; \quad D_{m'c' \text{ poz}} = \sqrt{\frac{X_{c'} - X_{m'}}{2} + \frac{Y_{c'} - Y_{m'}}{2}}$$

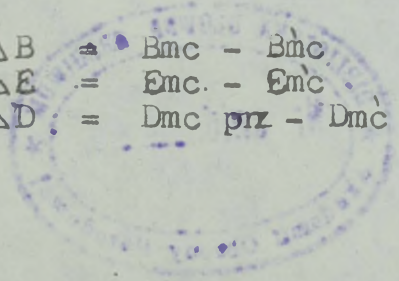
$$D_{mc \text{ prz}} = \sqrt{\frac{X_c - X_m + \Delta X_m}{2} + \frac{Y_c - Y_m + \Delta Y_m}{2} + \frac{H_c - H_m + \Delta H_m}{2}}$$

$$D_{m'c' \text{ prz}} = \sqrt{\frac{X_{c'} - X_{m'}}{2} + \frac{Y_{c'} - Y_{m'}}{2} + \frac{H_{c'} - H_{m'}}{2}}$$

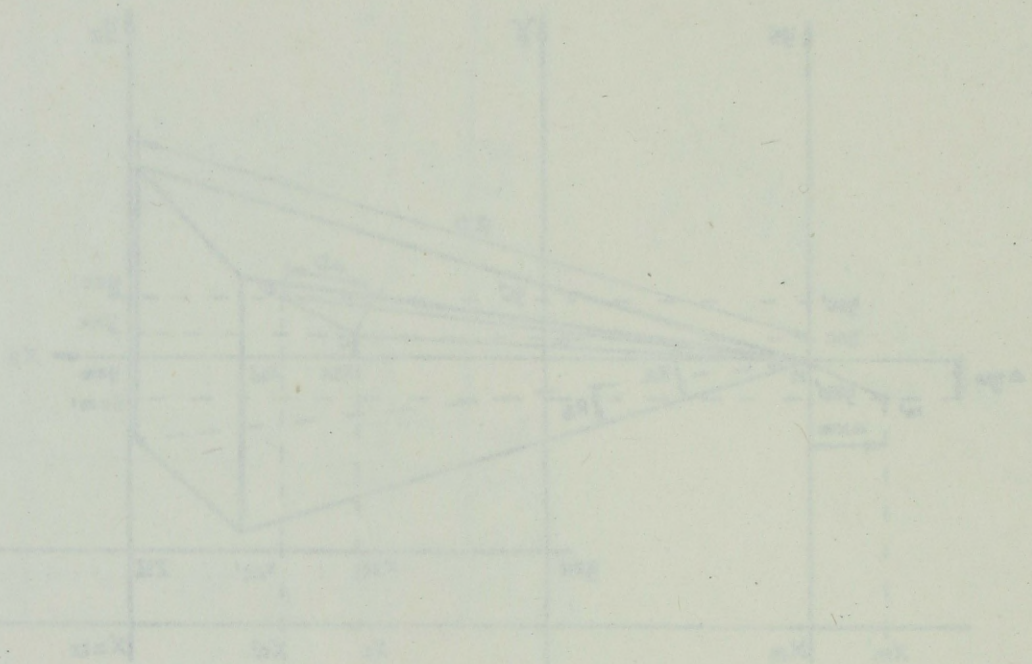
$$B_{mc} = \arccos \frac{Y_c - Y_m + \Delta Y_m}{D_{mc \text{ poz}}}; \quad B_{m'c'} = \arccos \frac{Y_{c'} - Y_{m'}}{D_{m'c' \text{ poz}}}$$

$$E_{mc} = \arctg \frac{H_c - H_m + \Delta H_m}{D_{mc \text{ poz}}}; \quad E_{m'c'} = \arctg \frac{H_{c'} - H_{m'}}{D_{m'c' \text{ prz}}}$$

$$\begin{aligned} \Delta B &= B_{mc} - B_{m'c'} \\ \Delta E &= E_{mc} - E_{m'c'} \\ \Delta D &= D_{mc \text{ prz}} - D_{m'c' \text{ prz}} \end{aligned}$$



ORZĘDZENIE MIĘDZONARODOWYCH WYKŁADÓW WSKAZAŁA CIĘD. KONTAKOWE RIA
WE WSPÓLPRACY WYKŁADOWEJ



Graniczne przedstawienie błędów w doświadczalnych warunkach
pomiędzy c. a - potocznie rozumianym ciałem i myślowym c. a
potocznie rozumianym ciałem i myślowym c. a
Zależność dla ciał w ruchu w stosunku do ciał w spoczynku
dokładność RIA w stosunku do ciał w spoczynku

$$\begin{aligned} \text{Lac poz} &= \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \cdot \text{Lac sp} \\ \text{Lac sp} &= \frac{\text{Lac poz}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \end{aligned}$$



Nr dz. ksero: PF 14 dnia: 3.05.1988r.
wyk. w 6 egz. Egz. nr: 2