

Part Code: S11336 DANES-PICTA.COM

R G B WH GR BL C M Y K

Grey Scale #13

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

Inches 1 2 3 4 5 6 7 8

Centimetres 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

Colour Chart #13

Blue Cyan Green Yellow Red Magenta White 3/Color Black

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

WYDZIAŁ WOJSK LECNICZYCH I OP

"WIDMO"

WARUNKI TAKTYCZNE I ORGANIZACYJNO-TECHNICZNE
AUTOMATYCZNEGO IDENTYFIKOWANIA OBIEKTÓW
W POWIETRZU

CZĘŚĆ I

IDENTYFIKOWANIE OBIEKTÓW POWIETRZNYCH
DOSTRZEGALNYCH OPTYCZNIE
"WIDMO-I"

63928

Biblioteka Główna
Akademii Obrony Narodowej

S/2932 CZ. I

05-002932-001-0

WARSZAWA 1995

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OP

"WIDMO"

WARUNKI TAKTYCZNE I ORGANIZACYJNO-TECHNICZNE
AUTOMATYCZNEGO IDENTYFIKOWANIA OBIEKTÓW
W POWIETRZU

CZĘŚĆ I

IDENTYFIKOWANIE OBIEKTÓW POWIETRZNYCH
DOSTRZEGALNYCH OPTYCZNIE

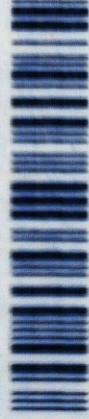
"WIDMO-I"



63928

Biblioteka Główna
Akademii Obrony Narodowej

S/2932 CZ. 1



05-002932-001-0

WARSZAWA

1995

AKADEMIA OBRONY NRODOWEJ

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OP



„WIDMO”

**WARUNKI TAKTYCZNE I ORGANIZACYJNO-TECHNICZNE
AUTOMATYCZNEGO IDENTYFIKOWANIA OBIEKTÓW W
POWIETRZU**

CZEŚĆ I

**IDENTYFIKOWANIE OBIEKTÓW POWIETRZNYCH
DOSTRZEGALNYCH OPTYCZNIE**

„WIDMO-I”

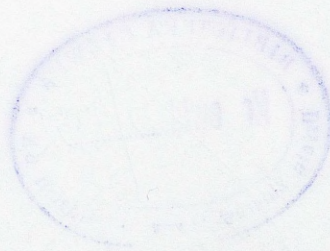


WARSZAWA

1995

Zespół autorski:

1. płk pil. prof. dr hab. Wacław ŚWIĄTNICKI
2. płk pil. prof. dr hab. Eugeniusz ZABŁOCKI
3. płk dr inż. Mieczysław ADAMCZYK
4. por. mgr inż Roman WANTOCH-REKOWSKI



SPIS TREŚCI

WSTĘP	5
1. UWARUNKOWANIA EFEKTYWNOŚCI OBRONY POWIETRZNEJ	8
1.1. wnioski z doświadczeń historycznych	9
1.2. Historyczne i współczesne ograniczenia efektywności obrony powietrz- nej	20
1.3. Rodzaje obiektów powietrznych i warunki ich identyfikowania	36
2. ISTOTA IDENTYFIKOWANIA OBIEKTÓW POWIETRZNYCH	40
2.1. Cel identyfikowania obiektów powietrznych	43
2.2. Procedury identyfikowania obiektów powietrznych	46
2.3. Efektywność procedur identyfikowania obiektów powietrznych	58
3. MODEL FORMALNY PROCESU IDENTYFIKACJI OBIEKTÓW POWIETRZNYCH	71
3.1. Recepcja cech	72
3.2. Określenie przynależności	75
3.3. Podejmowanie decyzji identyfikacji	76
3.4. Klasyfikacja metod rozpoznawania obiektów w powietrzu	78
4. ZASTOSOWANIE SIECI NEURONOWYCH W ROZPOZNAWANIU OBIEKTÓW POWIETRZNYCH	81
4.1. Charakterystyka podstawowych właściwości sieci neuronowych	81
4.2. Wybrane struktury sieci neuronowych	85
4.2.1. Sieci neuronowe jednokierunkowe	85

4.2.2. Sieci neuronowe ze sprzężeniem zwrotnym	91
4.2.3. Złożone (hybrydowe) sieci neuronowe	92
4.3. Możliwości zastosowania sieci neuronowych do rozpoznawania obiektów powietrznych	94
5. PRAKTYCZNE APLIKACJE SYSTEMÓW KOMPUTEROWYCH DO ROZPOZNAWANIA OBIEKTÓW POWIETRZNYCH	98
6. UWARUNKOWANIA DOTYCZĄCE DALSZYCH BADAŃ	102
BIBLIOGRAFIA	111
ZAŁĄCZNIKI:.....	113
1. Tabela typowych obiektów powietrznych .	
2. Przykładowy system ekspercki do wspomaganie rozpoznawania obiektów powietrznych .	

WSTĘP

Ciągła rywalizacja w rozwoju „miecza” i „tarczy”, chociaż wyrażona słowami przenośni ma jednak miejsce w rzeczywistości. Tak dzieje się na przykład w układzie dwóch przeciwstawnych dążeń „pancerz - pociski” (balistyczne, głowice rakiet). Ma to również miejsce w interesującym nas temacie „cele powietrzne - środki obrony powietrznej”. Nie chodzi przy tym tylko o problemy natury technicznej. Problemami istotnymi, a może najważniejszymi, są aspekty taktyczne i operacyjne. Otóż chodzi o wybory doktrynalne, decyzje na co stawiać. Czemu dawać priorytety - mieczowi czy tarczy? Co jest efektywniejsze przy podobnych nakładach? Jakie zasady sztuki operacyjnej i taktyki preferować?

Nie można sobie odpowiedzieć na powyższe i inne pytania bez obiektywnego rozważenia przyszłości rozwojowej środków napadu powietrznego i obrony powietrznej. Jedną z wielkich słabości obrony powietrznej, szczególnie obrony przeciwlotniczej (OPL) jest konieczność scentralizowanego jej stosowania w celu zabezpieczenia przed rażeniem własnych statków powietrznych. Problemy te analizowane są w rozdziale 1 i 2 niniejszego studium. Niestety rozpoznawanie statków powietrznych jest jednym z trudnych i czasami zasadniczych problemów z jakimi mamy do czynienia na współczesnym polu walki. Wynika to z jednej strony z różnorodności obiektów latających w nowoczesnej wojnie, z drugiej zaś - złożoności ich identyfikowania. Rozpoznanie statku powietrznego oznacza przede wszystkim odróżnienie swojego obiektu od obiektu przeciwnika oraz określenie jego parametrów. O ile problem rozpoznawania statków powietrznych w skali całego systemu obrony

powietrznej został już w ograniczonym stopniu rozwiązany, o tyle często dochodzi do nieporozumień (czasami tragicznych w skutkach) w trakcie autonomicznego działania załóg czy grup żołnierzy wyposażonych w odpowiednie środki zwalczania celów powietrznych. Nie cały sprzęt jest wyposażony w urządzenia odzewowe, występują czasami ich uszkodzenia. Z powyższych przesłanek wynika potrzeba uzupełnienia, jak się okazuje czasami zawodnych, radioelektronicznych środków identyfikacji obiektów powietrznych środkami wykorzystującymi sygnały odbierane przez zmysły człowieka (wzrok, słuch) oraz urządzenia optyczne, w tym termonamierniki. Obiekty powietrzne można wszak rozpoznawać na podstawie cech uchwytnych dla człowieka (kształt skrzydeł, liczba silników, wysokość lotu itp.). Może robić to oczywiście sam człowiek (żołnierz), jednak wielka różnorodność obiektów latających i brak odpowiedniej liczby żołnierzy wyszkolonych w tym zakresie, predestynuje problem do rozwiązania z wykorzystaniem stosownej techniki.

W rozpoznawaniu statków powietrznych można stosować z powodzeniem systemy eksperckie (rozdziały 3 i 4). Regułowa metoda reprezentacji wiedzy jest bardzo przydatna w tym przypadku (powiązanie przesłanek <cech obiektu latającego> z konkluzjami <typami obiektów>). Skonstruowanie stosownej bazy wiedzy jest osiągalne, a mechanizm wnioskowania nie musi być skomplikowany. Istotnym zagadnieniem będzie natomiast dostarczanie informacji do takiego systemu. Wyróżnianie cech statków powietrznych możliwe jest przez posterunki obserwacji wzrokowej, uzupełniające złożone środki wykrywania w systemie obrony powietrznej. Wymaganiu temu mogą sprostać odpowiednie narzędzia analizy obrazów (na przykład wykorzystujące sieci neuronowe) - (rozdział 4).

Celem niniejszego opracowania było dokonanie analizy i oceny skutków taktycznych dotychczasowego identyfikowania obiektów powietrznych oraz sformułowanie koncepcji rozwiązania problemu identyfikacji w pierwszym etapie za pomocą ograniczonych środków. W opracowaniu zawarto warunki taktyczne i techniczno-organizacyjne automatycznego identyfikowania obiektów w powietrzu widocznych optycznie (wzrok, przyrząd optyczny). Oprócz koncepcji rozwiązania przedstawiono przykład próbnej aplikacji (załącznik 2) oraz wytyczono kierunki dalszych badań (rozdział 6).

Z uwagi na złożoność tematu wyodrębniono dwa etapy jego opracowywania. W podtemacie pierwszym „WIDMO-I”, oprócz aspektów ogólnych, badania koncentrowano na nowych możliwościach identyfikowania obiektów powietrznych na podstawie ich obrazu obserwowanego optycznie. W etapie drugim (WIDMO-II) problemem badawczym będzie identyfikacja obiektów niewidocznych optycznie.

Trzeba podkreślić, że nie ma znaczenia rodzaj przyrządu wykorzystywanego w identyfikowaniu optycznym. Może nim być obraz uzyskany kamerą termalną (w podczerwieni), hologram jeśli stanie się możliwe jego stosowanie lub obraz tworzony w nadfiolecie. Techniki ostatnie to bliżej nieokreślona przyszłość. Obecnie nie mogą być praktycznie użyteczne hologramy i obrazy uzyskiwane w nadfiolecie.

1. UWARUNKOWANIA EFEKTYWNOŚCI OBRONY POWIETRZNEJ Z PUNKTU WIDZENIA IDENTYFIKACJI OBIEKTÓW.

Tytuł rozdziału został sformułowany nieprzypadkowo. Dziesiątki czynników warunkują efektywność obrony powietrznej. Nasze studia skupiają się na skutkach identyfikowania (rozpoznawania) obiektów powietrznych i na problemie wtórnym, którym jest identyfikowanie wojsk własnych przez załogi statków powietrznych. Przywykliśmy do ograniczeń możliwości w obu dziedzinach i ten przysłowiowy „garb” przestał nam dolegać. O co głównie chodzi? Otóż obecnie można użyć pododdział artylerii przeciwlotniczej, rakiet czy wyrzutnię przeciwlotniczych pocisków obsługiwana przez żołnierza, jeśli dostaną one rozkaz będący wynikiem decyzji podejmowanej na szczeblu dowodzenia dysponującym możliwościami identyfikowania obiektów powietrznych. Skutkami takiego stanu rzeczy zajmujemy się w kolejnych punktach opracowania. Celem lapidarnego przedstawienia istoty problemu warto przytoczyć autentyczne zdarzenie¹.

Liczne opisy zdarzeń wzajemnego rażenia przez własne samoloty wojsk lądowych i odwrotnie są wielce przejmujące. Miały miejsce w wielu armiach. Tak było w przeszłości. Dużo się zmieniło, ale nadal wzajemne identyfikowanie nie spełnia

¹ Pewnego razu grupa studentów wojsk OPL AON zakończyła programowe seminarium na temat identyfikowania obiektów powietrznych. Po zajęciach nadal namiętnie dyskutowano. Najwięcej zwolenników zyskała teza, którą można wyrazić w brzmieniu: „jeśli nie możesz upewnić się czy przelatujący obiekt jest własny czy wroga to strzelaj. Jak spadnie to zobaczysz kim był. Zwłócząc zginiesz ty i nigdy nie dowiesz się do kogo obiekt powietrzny należał”.

Dodajmy - to nie jest zasada regulaminowa, ale przytoczone niżej przykłady świadczą aż nadto, że takie myśli rodzą się nie tylko w podświadomości zainteresowanych. Tragiczne pomyłki mają miejsce w rzeczywistości. Nadal budzi wątpliwości istniejący system wykrywania i identyfikowania obiektów powietrznych.

oczekiwań. Konieczne jest dalsze poszukiwanie rozwiązań i podnoszenia efektywności.

1.1. Wnioski z doświadczeń historycznych.

Potrzebne jest nam powołanie się na znaną historycznie prawidłowość. Narodzinom nowych środków walki niemal zawsze towarzyszyło powstawanie stosownych środków obrony. Przed mieczami i im podobnymi (toporami) zasłaniano się tarczami, później zbrojami, a w końcu odrzucono oba środki obrony. Stwierdzono ich nieskuteczność wobec broni palnej. Kiedy pojawiła się masowo skuteczna broń palna „wgryzano” się w ziemne transzeje i schrony. One dawały osłonę i szansę przycięcia. Choć w II wojnie światowej zwycięstwa odnoszono w dynamicznych operacjach zaczepnych, to w długich przerwach operacyjnych rozbudowa inżynierska terenu osiągała monstrualne rozmiary. Tworzono kilka pasów obrony, każdy z kilku odległych od siebie transzei, pozycje rugłowe, rowy przeciwczołgowe (klasyczne wymiary 5-7 m szerokości w koronie, 5 m głębokości) oraz liczne schrony. Jeszcze do lat sześćdziesiątych dominowały kanony inżynierskiej rozbudowy terenu. Obecnie nikt nie wraca do idei budowy czegoś na obraz i podobieństwo linii Maginota, Zygfryda, Wału Pomorskiego czy naszej linii obronnej na rubieży MŁAWY. Wręcz śmiesznością byłoby mówienie o budowie twierdz, chociaż stare istnieją jako pomniki przeszłości. Wszystko co nowe rodzi się w bólach, ale i stare broni się wytrwale. Wyobraźmy sobie oficerów II Rzeczypospolitej maszerujących po ulicach Warszawy do 1939 r. Nierzadko „szpanujących” w ostrogach i „przy szabli” w salonach towarzyskich (zdarzyło się i w sejmie). Wspominając o tym nie chcemy uchybić należnemu szacunkowi wobec naszych protoplastów. Służy to do ukazania jak

oddziałowują przyzwyczajenia, sentymenty i osobiste doświadczenia. Przed 1939 r widziano, że ościenne armie gwałtownie likwidują kawalerię oraz tworzą wojska zmechanizowane (pancerne) i lotnictwo. Pierwszy marszałek Rzeczypospolitej negligował lotnictwo² przypisując mu funkcje pomocnicze i stosownie do tego otrzymywało ono stosunkowo niskie kwoty z budżetu wojska. Niestety, nie lepsza sytuacja istniała również w sferze obrony przeciwlotniczej. Czy warto wracać do tych czasów? Sądzymy, że trzeba. Kiedy zmarł Wielki Marszałek zaczęto gorączkowo poprawiać sytuację militarną państwa. W ciągu 3 lat nie zdołano uczynić wiele. Wprawdzie poglądy teoretyczne co do obronności kraju można zmieniać względnie szybko, ale ustroju (struktury), uzbrojenia i wyszkolenia sił zbrojnych niesposób zmienić nawet w ciągu kilku lat. Już 6 lat reformujemy ustrój państwowy, w tym siły zbrojne, a rezultaty są powszechnie znane. Mamy Wojska Lotnicze i Obrony Powietrznej. Nawet nie zdołano zmienić zapowiadanej nazwy na siły powietrzne (SP). Posiadamy strukturę SP stanowiącą ewenement w skali światowej. Siły OP liczą 8 pułków LM (w tym jeden MW), 4 brygady i 1 pułk rakiet OP i tylko 4 nieliczne pułki LMB, (wkrótce będą miały razem około 80 SU-22M4). Z oczywistych względów pomijamy dogorywający plrt i słaby plt.

W ciągu najbliższych lat cały sprzęt bojowy OP (z wyjątkiem 12 Mig-29) trzeba będzie złomować. Już powinny być wdrożone programy tworzenia systemów uzbrojenia dla sił zbrojnych, w tym sprzętu obrony powietrznej. Niestety programów

² W 1929 r Marszałek Józef Piłsudski podjął następującą decyzję: „... zabraniam wszelkich walk, zwalczania, ostrzeliwań, bombardowań dokonywanych przez lotnictwo. Lotnictwo ma służyć tylko do wywiadu i tylko w tym kierunku należy je używać ...”

Marian Romeyko. Przed i po maju. MON, 1976. T. 2, s. 149.

takich nie ma³. Czy muszą istnieć? Pytanie retoryczne: Mamy zbyt bolesne doświadczenia. Niedobrze kiedy państwo nie jest w stanie wydzielić wystarczających środków na obronę. Jeszcze gorzej kiedy skromne środki wydawalibyśmy nieracjonalnie, kierując się partykularnymi interesami rodzajów sił zbrojnych i wojsk. „Przećwiczyliśmy” to przed 1939 rokiem. Lekcji tej nie powinniśmy beztrosko zapominać.

Po 56 latach znów jesteśmy wolni, pełni wiary w szlachetne intencje potężnych sojuszników. W 1939 r też mieliśmy gwarancje i niepowtarzalną determinację Polaków, gotowych bronić niedawno odzyskanej niepodległości.

Dużo jest różnic między rzeczywistością tamtą i dzisiejszą, są również pewne podobieństwa. O przeszłości wiemy prawie wszystko. A o przyszłości?

Optymiści widzą wspaniałą przyszłość „obronną” pesymiści - odwrotnie. Jest to zjawisko normalne. W sprawach obronności i jedni i drudzy nie powinni wywierać znaczącego wpływu na tworzenie modelu obronnego państwa. Niezmiernie szkodliwi są ludzie obciążeni wstecznymi nawykami. Przecież kawalerii, jako rodzaju wojsk, nie zlikwidowali kawalerzyści. Nawet najświetniejsi chirurdzy nie operują siebie. Właściwością większości ludzi jest przywiązanie do tradycji. Niestety, było tak również w wojsku polskim przed rokiem 1939. Nie ma podstaw do krytycznej oceny stanu ilościowo-jakościowego posiadanych wówczas samolotów, armat i KM przeciwlotniczych. Państwo miało takie a nie inne możliwości ekonomiczne, choć

³ W maju 1995 r na posiedzeniu sejmowej Komisji Obrony Narodowej członek zespołu opracowującego niniejsze studium zadał pytanie dyrektorowi Departamentu Badań i Wdrożeń MON „czy istnieją jakieś programy rozwoju sprzętu OP i dla lotnictwa”. Dyrektor odpowiedział: „nie ma takich planów”.

relacje pomiędzy nakładami na rodzaje sił zbrojnych i wojsk były wówczas przedmiotem ostrych sporów. Zaiste, trudno wielu ludziom pogodzić się, na przykład z dawną doktryną morską. Wielkim wysiłkiem stworzono eskadrę niszczycieli, mając świadomość niemożliwości ich operowania na Bałtyku. Bardzo mądrze postąpiono wysyłając je, przed wybuchem wojny, do Anglii. Kraj będący odwieczną potęgą morską nie wzgardził naszymi kontrtorpedowcami, a później sławnym ORP Orzeł.

Uwagi te stanowią tylko wymowną ilustrację, interesują nas dzieje lotnictwa polskiego w 1939 roku. Lotnictwo nasze działało w warunkach totalnej przewagi wroga na lądzie, w powietrzu i na Bałtyku. Niemcy uderzyli siłami lądowymi, liczącymi 1 850 000 żołnierzy. Nasze wojska lądowe liczyły około 1 000 000 żołnierzy. Przeciwstawiliśmy 220 lekkich czołgów, 2700 czołgom niemieckim. Na tym tle, 400 polskich samolotów wobec 1400 samolotów niemieckich, od samego początku znalazło się w beznadziejnej sytuacji. We wrześniu Polacy walczyli bohatersko na ziemi i w powietrzu, ale miały miejsce również zachowania zasługujące na infamię.

Wzorem bohaterskiego żołnierza był dowódca Wielkopolskiej Brygady Kawalerii, który doprowadził dzielne, skrwawione w walkach pułki brygady do Warszawy. Natomiast dowódca armii Łódź „porzucił” swe wojska i już 8 września rozpoczął „rezydowanie” w sztabie Głównym w Warszawie. Resztki dywizji tej armii doprowadził w walkach do Modlina, dowódca GO, gen. bryg. Wiktor Thome. Nominacja na dowódcę armii Prusy wiadomego generała była tragicznym błędem; powszechnie wiedziano, że nie ma on ku temu kwalifikacji. Znacznie wcześniej przekroczył granicę swych kompetencji dowódczych.

Podczas wojny różnie bywało z dowodzeniem wojskami lądowymi, chociaż miały one względnie jasno sprecyzowany system dowodzenia. A co z lotnictwem? Po dzień ten nie można pogodzić się z jego usytuowaniem w ramach sił zbrojnych II Rzeczypospolitej.

W okresie międzywojennym w państwach Europy Zachodniej istniały, ukształtowane strukturalnie, 3 rodzaje sił zbrojnych: wojska lądowe, lotnictwo i marynarka wojenna. W naszych siłach zbrojnych degradacja roli lotnictwa była aż nadto widoczna. Przejawy tego można było obserwować w wielu sferach. Dziwna struktura organizacyjna instytucji centralnych wojska ukazuje ówczesną mentalność.

Ministrowi spraw wojskowych podlegali bezpośrednio: dowódca Marynarki Wojennej i dyrektor Państwowego Urzędu PW i WF; naczelny prokurator wojskowy; szefowie korpusu kontrolerów i biura personalnego oraz biskup polowy.

I wiceministrowi spraw wojskowych podlegały Departamenty: Dowodzenia Ogólnego, Piechoty, Kawalerii, Artylerii, Uzupełnień, Wojskowy Instytut Naukowo-Oświatowy oraz dowódcy: lotnictwa, broni pancernej, saperów, łączności, taborów i szef remontu oraz dowódca żandarmerii. Czy to nie było groteskowe?

Nie ujmując szacunku „taborytom” czy szefowi remontu trzeba stwierdzić, że usytuowanie w tej płaszczyźnie dowódcy lotnictwa ukazuje zupełne ignorowanie poczynań sąsiadów. Kuriozalne było przy tym usytuowanie sztabu lotniczego w strukturze organizacyjnej Sztabu Głównego. Dowódca lotnictwa podlegał pierwszemu wiceministrowi spraw wojskowych, a „jego” sztab - szefowi Sztabu Głównego.

Zrównanie dowódcy lotnictwa, przed 1939 r., z „taborytami” - to nie tylko kwestia prestiżu, lecz spraw koncepcyjnych. Fakt ten odzwierciedla brak zrozumienia roli i zadań lotnictwa w tym OP, a nawet więcej - brak koncepcji efektywnego wykorzystania operacyjnego lotnictwa, jako rodzaju sił zbrojnych. W rezultacie, słabe siły lotnictwa polskiego (około 400 samolotów) zostały użyte w wojnie irracjonalnie. Błędem operacyjnym było rozproszenie lotnictwa, przez przydzielenie poszczególnych eskadr do „kordonowo” ugrupowanych armii. Pozostawiono do dyspozycji Naczelnego Wodza jedną brygadę bombową (BB), posiadającą bezkonkurencyjne w tej klasie samoloty PZL P-37 Łoś. Brygada miała 2 dywizjony, liczące 36 samolotów. Zbyt dużo samolotów pozostawiono w rezerwie (około 20 gotowych i jeszcze więcej będących w różnych fazach montażu). Praktycznie, tylko do obrony Warszawy utworzono Brygadę Pościgową, liczącą 60 -80 samolotów, bazujących na 3 lotniskach wokół Warszawy. Tak więc, niespełna 30% lotnictwa polskiego wykorzystywano w sposób scentralizowany, a 70% - w rozproszeniu. Powinno być odwrotnie. Wcześniej zostały wybrane zapasowe lądowiska, co umożliwiło mistrzowskie wyprowadzenie samolotów spod uderzenia Luftwaffe. Natomiast nie przygotowano zabezpieczenia tyłowego (logistycznego), zwłaszcza eskadrom działającym w rozproszeniu. Wiele rzutów naziemnych lotnictwa (czołówek technicznych) nigdy nie dołączyło do swych eskadr⁴. Historycy słusznie piętnują ówczesny Inspektorat Obrony Powietrznej Państwa oraz Sztab Lotniczy przy Sztabie Głównym wskazując, że eskadry Łosi w praktyce w ogóle nie otrzymywały zadań bojowych⁵. Dowodzenie Brygadą Pościgową

⁴ Wojna obronna Polski 1939. MON, 1979, s. 716 - 718.

⁵ Tamże, s.717.

było także prymitywne, zachowały się opisy raczej „przypadkowych” zetknięć poszczególnych polskich eskadr myśliwskich z całymi dywizjonami i pułkami, szybszych od nich bombowców Luftwaffe⁶. System alarmowania był prymitywny, a o naprowadzaniu myśliwców trudno było mówić. Żenujące wyniki uzyskała Brygada Bombowa. W ciągu 16 dób wojny Łosie zrzuciły bomby o łącznym tonażu równym w przybliżeniu jednej salwie bombowej brygady. Atakowano kolumny wroga zaledwie kilkoma, a nawet pojedynczymi samolotami. Efekty takich ataków były żałosne. Zmarnowano poważny potencjał wspaniałych samolotów. Nic dziwnego, skoro dowodzący lotnictwem (świadomie używamy liczby mnogiej) nakazywali oszczędne jego wykorzystywanie, by „wystarczyło go na jak najdłużej”⁷. I jeszcze jedno spostrzeżenie. Do obrony Warszawy użyto relatywnie dużo lotnictwa myśliwskiego i artylerii przeciwlotniczej, mimo to rezultaty były nader skromne. Również w tych bojach tarcza nie uchroniła przed mieczem! Analizowanie przyczyn tego w przeszłości i odnoszenie do współczesności nie jest modne.

Niezależnie od błędów doktrynalnych, popełnionych przez dowodzących, polskie lotnictwo musiało podjąć nierówną walkę z przeciwnikiem wielokrotnie liczebniejszym, dysponującym nowocześniejszym sprzętem bojowym oraz efektywnym systemem dowodzenia, mającym korzystne usytuowanie i zabezpieczenie logistyczne. Lotnictwo hitlerowskie ani przez moment nie było zagrożone polskimi uderzeniami odwetowymi. W tej sytuacji, nawet silna polska OPL nie zmieniłaby końcowego rezultatu wojny. Tragizm położenia lotnictwa potęgowała wysoka „dynamika”

⁶ Tamże.

⁷ Tamże, s. 710, w. 17-18.

odwrotów armii polskich. Konieczność częstych przebazowań, rwąca się, prymitywna łączność i współdziałanie potęgowały rozmiary klęski.

Dodajmy jeszcze jeden problem. Przed wybuchem wojny w armii polskiej dominowało wysokie morale. Potęgowano je bezwzględny tępieniem wątpiących. Argumenty w rodzaju: „nie panikować”, „nie wyolbrzymiać sił potencjalnego przeciwnika”, skutecznie zamykały usta. W efekcie, wszystkie szczeble dowodzenia nie miały wyrobionej wizji możliwego przebiegu wojny. Apatię na najwyższych szczeblach dowodzenia, widoczną od początku agresji, spowodowały niewątpliwie katastroficzne wydarzenia wojenne. Większość ówczesnych znaczących obrońców zniknęła w atmosferze wzajemnych pretensji i sporów.

Znany jest przebieg i finał wojny obronnej w 1939 r. Nawet posiadanego potencjału lotnictwa i OP nie zdołaliśmy efektywnie wykorzystać. Brak tyło sprawnego systemu obserwacyjno-meldunkowego, dowodzenia i logistycznego. Tragiczne zestrzelenia samolotów własnych nie były rzadkością. Dokonywała takich pomyłek własna artyleria przeciwlotnicza⁸, ale także lotnictwo⁹. Opisy zdarzeń konkretnych można mnożyć.

Okazuje się, że podczas II wojny światowej we wszystkich liczących się armiach wrogich koalicji dochodziło często do błędnej identyfikacji obiektów powietrznych i

⁸ Łoś „LOSIA” nr 72.102 opisano następująco: „tuż po starciu, na wysokości około 500 m bombowiec został gwałtownie ostrzelany przez własną artylerię przeciwlotniczą trafiony zderzył się z ziemią. Z 4 członków załogi zginęło 3.

Jerzy B.Cynk. Samolot bombowy PZL P-37 Łoś. Wydawnictwo komunikacji i łączności. Warszawa 1990. s.177.

⁹ Przejmujący jest opis zestrzelenia własnego samolotu przez pilota pułku toruńskiego pod koniec pierwszego dnia wojny. Odbyło się to przed wieczorem, na oczach liczego personelu obserwującego biernie zdarzenie z ziemi. Z małej odległości pilot też nie rozpoznał przynależności samolotu. był niewątpliwie pobudzony emocjonalnie.

lądowych. Warto przytoczyć urywki wspomnień Dwighta D. EISENHOWERA, który problem przedstawił następująco: „Niejeden pilot który próbował współpracować z wojskami lądowymi, witany był burzą ognia z broni małokalibrowej. Wielu z nich powracało do bazy skarżąc się z rozgoryczeniem, że piechota nie chce widocznie pomocy własnych samolotów”.

Na tej samej stronicy wspomnień głównodowodzący wojsk Alianckich zanotował: „Amerykańska 30 dywizja poniosła w wyniku nieszczęśliwego wypadku poważne straty na skutek bombardowania przez nasze własne samoloty, a wypadek taki powtórzył się raz jeszcze w czasie trwania kampanii. Do samego końca wojny dowódca tej dywizji stanowczo nalegał, aby w prowadzonym przez niego natarciu ciężkie lub średnie bombowce nie brały udziału”¹⁰.

Przytaczamy powyższe przykłady, mimo upływu tylu lat (1944 r), ponieważ zdarzenia te miały miejsce w siłach zbrojnych doskonale uzbrojonych, mających miażdżącą przewagę nad Niemcami i panowanie w powietrzu. Wystarczy zobrazować problem liczbami. Jesienią 1944 r lotnictwo frontowe Aliantów liczyło około 4700 myśliwców, 6000 lekkich, średnich i ciężkich bombowców oraz 4000 samolotów rozpoznawczych transportowych i innych¹¹. Nie cierpiano na niedostatek sprzętu łączności, a nawet dysponowano pierwszymi radarami i dobrymi celownikami lotniczymi. Okazuje się, że burzliwy rozwój lotnictwa przed , w czasie II wojny światowej i po jej zakończeniu, pozostawił szereg nie rozwiązanych problemów.

¹⁰ Dwight D. Eisenhower. *Krucjata w Europie*. MON, 1959, s.369.

¹¹ Tamże, s.436.

Swoistą „piętą achillesową” jest nadal właśnie identyfikowanie obiektów powietrznych przez wojska lądowe i odwrotnie.

Świadomie ograniczamy analizę historyczną problemu wykrywania obiektów powietrznych i uprzedzania wojsk, w tym wojsk OP. Wprawdzie jest to czynność pierwotna i łączy się z identyfikowaniem (rozpoznawaniem) wykrywanych obiektów, ale sam akt identyfikowania wyróżnia się określaniem takich parametrów, jak: przynależność obiektu powietrznego (swoj czy obcy); rodzaj obiektu (samolot; śmigłowiec, rakieta, balon, motolotnia); skład obiektu (ile, ugrupowanie); przeznaczenie i typ obiektu powietrznego; położenie przestrzenne (współrzędne geograficzne); rodzaj działalności i inne. Pierwotnie identyfikowano obiekty z ziemi lub z samolotu wzrokowo, posługując się różnymi przyrządami optycznymi i środkami łączności (meldowania), najpierw przewodowymi a później radiowymi. Efektywność takiego „systemu” identyfikowania obiektów była wielce enigmatyczna. Stąd ofiary „bratobójczych” starć. Już od dawna poszukiwano systemów skutecznego wykrywania obiektów powietrznych i ich identyfikowania. Odnotowano postępy, ale ciągle nie na miarę potrzeb. Sukcesy przeplatały się z niepowodzeniami. W rezultacie:

1. Stworzono stacje radarowe umożliwiające odległe wykrywanie celów powietrznych - zasięg ich ogranicza krzywizna ziemi i przeszkody terenowe. Prekursorami byli brytyjczycy. Już w 1940 r wzdłuż Kanału La Manche mieli rozmieszczone wieże stacjonarne, a na nich pierwsze stacje radarowe.
2. Brytyjskie stacje spełniały sporo oczekiwań, bowiem nieświadomi Niemcy grupowali formacje Luftwaffe na wysokościach i w odległości zasięgu stacji.

Pierwsze stacje praktycznie umożliwiały tylko uprzedzanie o zbliżaniu się wypraw bombowych i ogólnym ich położeniu w powietrzu.

3. Prawie od początku musiano tworzyć różne SD analizujące sytuację powietrzną, odróżniające samoloty przeciwnika od własnych, sprawujące dowodzenie własną artylerią przeciwlotniczą oraz lotnictwem (wskazywanie celów i wydawanie komend zwalczania).
4. Skokowy postęp nastąpił kiedy stworzono systemy sieci radiolokacyjnych i łączności dowodzenia, dysponujące coraz lepszym sprzętem, własne statki powietrzne wyposażono w urządzenia odzewowe i szybko automatyzowano zbieranie, przesyłanie, przetwarzanie i dystrybucję informacji. Wytworzył się złożony, kosztowny i scentralizowany system obrony powietrznej.
5. Obezwładnienie radioelektroniczne lub zniszczenie ogniowe newralgicznych węzłów systemu scentralizowanego dowodzenia paraliżuje całą OP (przykładem tego były rezultaty działań Sił Sprzymierzonych przeciwko Irakowi).
6. Brak możliwości zdecentralizowania dowodzenia (kierowania) siłami OP jest wprawdzie obiektywną koniecznością, ale i ewidentną słabością OP. Obrona ta wyzwoli się ze swoistego paraliżu kiedy zyska możliwość identyfikowania obiektów powietrznych przez każdego żołnierza dysponującego uzbrojeniem przeciwlotniczym.

1.2. Historyczne i współczesne ograniczenia efektywności obrony powietrznej.

Dzieje bitwy¹² o Wielką Brytanię znane są w szczególach (8.08 - 31.10.1940). Ówczesne wydarzenia historyczne nadal fascynują wyjątkową dramaturgią tym niemniej można już wyciągać obiektywne wnioski. W 1992 r odbył się zjazd Światowego Stowarzyszenia Lotników Polskich. Przybyli do Polski i „Gniazda Orłąt” w Dęblinie bohaterscy lotnicy polskich, zwycięskich dywizjonów, walczących na niebie Anglii. Z wieloma autorzy niniejszego opracowania mieli możliwość przeprowadzić rozmowy - wywiady. Także z najbardziej sławnymi, płk. pil. Witoldem Urbanowiczem¹³ i gen. bryg. pil. Stanisławem Skalskim¹⁴

Trudno nie wracać do historii, zwłaszcza przełomowych wydarzeń w losach narodu polskiego. Druga Rzeczpospolita tworzyła powietrzną tarczę i miecz niespełna 20 lat. Przy tym czyniła to od podstaw, borykając się z niesamowitymi trudnościami restytuowanego państwa, po przeszło 120-letnim niebycie. Trzecia Rzeczpospolita kształtuje się w odmiennych, ale także niełatwych warunkach.

Wtedy, w pierwszej połowie XX wieku rodziło się lotnictwo świata i początkowo niedostrzegano konieczności tworzenia odpowiedniej „tarczy powietrznej”. Obecnie, w końcu XX wieku, mamy za sobą swoisty „kryzys” rozwojowy lotnictwa lat

¹² W publikacjach najczęściej używane jest określenie „bitwa”. Faktycznie była to długotrwała operacja powietrzna (zaczepna), składająca się z wielu bitew. Przepis autorów.

¹³ Płk pil. W. Urbanowicz w bitwie o Wielką Brytanię zestrzelił 15 samolotów niemieckich (11.11.1995 r awansowany do stopnia generała brygady). Waclaw Król. Wielka Brytania 1940. Bellona 1990, s.261. Pod koniec wojny pilot ten walczył w lotnictwie amerykańskim na Dalekim Wschodzie. W ciągu całej wojny zestrzelił 20 samolotów.

¹⁴ Gen. bryg. pil. S. Skalski zestrzelił łącznie 22 samoloty niemieckie. Mała Encyklopedia Wojskowa. MON 1971. T.3, s. 155.

sześćdziesiątych. W ostatnich kilkunastu latach siły powietrzne przeżywają swoisty renesans jakościowy sprzętu i sztuki wojennej.

Jest oczywistym, że lotnictwo bojowe II i III Rzeczypospolitej dzieli wiele w sferze techniki, logistyki i koncepcji stosowania w systemie obronnym państwa. To inne epoki. Tym niemniej można dostrzec jednak pewne analogie. Do tych analogii należy na przykład stosunek potencjałów naszych SP i sąsiadów. Wówczas i obecnie widać odmiennosc poglądów różnych organów decyzyjnych na problem roli „miecza i tarczy”. Zwolennicy inwestowania w tarczę, argumentowali i nadal to czynią, rezultatami zmagania powietrznych Niemców z Anglikami w 1940 r. Liczby są rzeczywiście przekonujące. Niemcy straciły 1733 samoloty, a Brytyjczycy tylko 733. Dwa polskie dywizjony myśliwskie (302 i 303), walczące wspólnie z Anglikami, zestrzeliły 203 i uszkodziły 36 samolotów niemieckich¹⁵.

Operacja powietrzna przeciwko Wielkiej Brytanii ostatecznie przegrana przez Niemcy w 1940 roku, przyniosła cenne doświadczenia o znaczeniu obiektywnym, ale jej unikalny, jednostkowy charakter, przyczynił się także do powstania mitów i długotrwale szkodliwych uogólnień. Do dziś nie ma zgodności wśród historyków co do powodów dla których Hitler „zezwoił” na ewakuację rozbitych wojsk brytyjskich z plaż Dunkierki¹⁶ Przeważa pogląd, że był to gest wobec pobitych Brytyjczyków. Hitler

¹⁵ Mała Encyklopedia Wojskowa. MON, 1967. T. 1, s. 152.

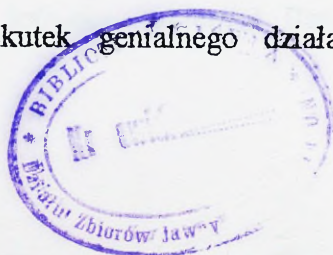
¹⁶ Heinz Guderian. Wspomnienia żołnierza. Bellona. 1991 r, s. 96-98.

Jak wiadomo Gen. płk Heinz Guderian był dowódcą korpusu, którego wojska zatrzymano przed plażami Dunkierki. Autor ten powołuje się też na wspomnienia Winstona Churchila, od którego zapożyczyliśmy wyżej sformułowane przypuszczenie. Przypis autorów.

prawdopodobnie liczył na przyszłą neutralność Wielkiej Brytanii, jeśli nie współpracy z Niemcami.

Inaczej rzecz się miała z niemiecką operacją powietrzną przeciwko Wielkiej Brytanii. Operacja była oczywistym błędem strategicznym. Niemcy wytyczyli sobie nierealny cel - zadanie ciężkich strat Brytyjczykom i doprowadzenie terrorem powietrznym do załamania woli oporu „dumnych synów Albionu”. Nawet w encyklopediach odnotowano rzekomy zamiar Niemców dokonania inwazji na wyspy Brytyjskie. W rzeczywistości było to maskowanie strategiczne rzeczywistych zamiarów Niemców. Chcieli przekonać ZSRR o odwrotnym kierunku planowanej ekspansji.

Uderzając na Sprzymierzonych (Francja, Anglia, Holandia, Belgia i Luksemburg) 10.5.1940 r. Niemcy posiadali około 3000 samolotów bojowych, a sprzymierzeni około 2700. W kilka miesięcy później około 2000 samolotom niemieckim Brytyjczycy początkowo mogli przeciwstawić zaledwie kilkaset myśliwców. Anglicy genialnie wykorzystali swe atuty. Centralizacja wykorzystania i dowodzenia obroną powietrzną osiągnęły kres ówczesnych możliwości. Brytyjczycy wykorzystali sieć prototypowych stacji radiolokacyjnych, rozwiniętych głównie wzdłuż wybrzeża Kanału La Manche. Utworzono wręcz gigantyczną służbę obserwacyjno- meldunkową. Liczne balony zaporowe zmuszały Niemców do odpowiedniego podnoszenia dolnego pułapu wysokości nalotów. Wszystko to zapewniało odpowiednio wczesne wykrywanie i identyfikowanie obiektów powietrznych oraz powiadamianie sił OP. Brytyjczycy byli słabsi, ale ich kunszt operacyjny i determinacja sprawiły nowożytne „Canny powietrzne”. Wszystko to stało się nie tylko wskutek genialnego działania



Brytyjczyków, ale do swej klęski przyczynili się sami Niemcy. Na szczęście popełnili szereg ciężkich błędów. Sprzeniewierzyli się podstawowym kanonom sztuki operacyjnej, do której rozwoju wnieśli niewątpliwie pionierski wkład. Przewidywali teoretycznie, że siły powietrzne najpierw muszą wywalczyć panowanie w powietrzu (zniszczyć lotnictwo przeciwnika), a potem zniszczyć przemysł lotniczy i inne obiekty. Błyskawiczne zwycięstwo we Francji (wcześniej w Polsce) rozzuchwaliło Niemców do tego stopnia, że poniechali zmasowania wysiłku na zniszczenie sił powietrznych Wielkiej Brytanii i już w I fazie operacji (8-18.08.1940) oprócz atakowania lotnictwa na lotniskach, uderzeniami bombowymi objęli porty, konwoje morskie i inne obiekty. W rezultacie rozproszono wysiłek, nie wyeliminowano sił powietrznych Anglii, przy czym straty Niemców w tym czasie wyniosły 450 samolotów, przy utracie zaledwie 153 przez Brytyjczyków. O końcowych stratach mówiliśmy wcześniej. Zespół autorski sądzi jednak, iż przez wiele dziesiątków lat wyolbrzymiano klęskę Niemców w operacji przeciwko Wielkiej Brytanii. Wszak zaledwie po 8 miesiącach od zakończenia przegranej operacji powietrznej lotnictwo niemieckie prowadziło zwycięskie operacje na bezkresnych obszarach imperium wschodniego (22.6.1941 r), dysponując około 5000 samolotów bojowych.

Powyższe fakty można podsumować bardzo istotnym spostrzeżeniem. Polska i inne kraje, wskazując na bitwy powietrzne 1940 r, tworzyły potężne wojska obrony powietrznej kraju (OPK). Wojska te „zestarzały” się wprawdzie, ale istnieją nadal. Natomiast Wielka Brytania w czasie istnienia Układu Warszawskiego i obecnie, nie przejawiała szczególnego zainteresowania posiadaniem silnych wojsk OPK. Na wyspach brytyjskich osłaniane są praktycznie tylko lotniska (raketami Rapier).

Czyżby Anglicy nie fetyszyzowali OP? Nie możemy zapominać, że właśnie oni, wspólnie z Amerykanami prowadzili kilka lat, wprost gigantyczne bombardowania Niemiec. Wyciągali niewątpliwie wnioski dotyczące efektywności OP bombardowanego kraju. Od 1941 do 1943 r. Niemcy wyprodukowały 11957 ciężkich dział przeciwlotniczych. Około 10000 tych dział (nie licząc mniejszych kalibrów) osłaniało Rzeszę Niemiecką i okupowane terytoria na zachodzie¹⁷. W ciągu 6 miesięcy 1944 Niemcy wyprodukowały 12720 samolotów myśliwskich, podczas gdy rozpoczynając wojnę w 1939 r mieli takich samolotów tylko 771¹⁸. Do obrony Rzeszy jeszcze w 1944 r Niemcy tworzyli flotę w składzie 2000 samolotów myśliwskich¹⁹. Wszystko to nie przynosiło należytych skutków obrony. Bombardowania nocne i dzienne przeprowadzano konsekwentnie. Jak pamiętamy nawet nad powstańczą Warszawę docierały samoloty Aliantów. Straty są wskaźnikami względnymi. W 1940r Niemcy nie mogli pozwolić sobie na dalsze prowadzenie operacji powietrznej z uwagi na straty, ale także ze względu na planowaną kampanię przeciwko ZSRR. W ciągu całej wojny Niemcy wyprodukowały 104000 samolotów a Sprzymierzeni 606000 (w tym ZSRR). To co było nieosiągalne dla Niemców, mogli realizować Sprzymierzeni.

A współczesna efektywność OP? Znamiennym przykładem jest wojna Sprzymierzonych przeciwko Irakowi w 1991 r. Około 2500 samolotów i 2200 śmigłowców państw zachodnich (tabela 1), nie tylko rozgromiło OP, ale zmusiło do kapitulacji butnego Saddama Husajna i jego rzekomo waleczne siły zbrojne. Tarcza okazała się zupełnie nieskuteczna wobec potęgi miecza.

¹⁷ Albert Speer. *Wspomnienia*. MON, 1990, s. 335.

¹⁸ Tamże, s 486.

¹⁹ Tamże.

Tabela 1

Główne uzbrojenie sił zbrojnych stron w wojnie nad Zatoką Perską.

SIŁY ZBROJNE W REJONIE KONFLIKTU**(na 15.01.1991 r.)**

MIĘDZYNARODOWE SIŁY ZBROJNE	STAN LICZEBNY	CZOŁGI	DZIAŁA ART.	SAMO- LOTY BOJOWE	ŚMIG- ŁOWCE BOJOWE	OKRĘ- TY
STANY ZJEDNOCZONE	508 000	2200	1550	1900	1700	107
WIELKA BRYTANIA	35 000	170		72	50	16
FRANCJA	15 730	48	16	64	110	14
BELGIA	1 090			18		6
DANIA	100					1
HOLANDIA	700					3
HISZPANIA	450			14		4
GRECJA	200					1
NIEMCY	3 000			21		17
NORWEGIA	50					1
WŁOCHY	1 250			8		10
ARABIA SAUDYJSKA	117 700	550	1044	180	144	13
KUWEJT	30 000	70		40		
BAHRAJN, KATAR, ZEA, OMAN	98 000	472	1407	165	200	55
MAROKO	5 000		56			
EGIPT	35 000	480	80			
SYRIA	20 000	300	36			
KANADA	1 700			26	5	3
AUSTRALIA	600					3
ARGENTYNA	1 000					2
BANGLADESZ	6 600					
HONRURAS	260					
NIGER	500					
PAKISTAN	10 000		28			
SENEGAL	500					
CZECHOSŁOWACJA	169					
PORTUGALIA	200					1
POLSKA	319					2
TURCJA	200					2
RAZEM	893 318	4290	4167	2508	2209	261
PÓŁDNIOWE ZGRUPOWANIE WOJSK IRACKICH	550 000	4200	2700	300	150	6-10

Otóż ocenia się, że lotnictwo przeżywa obecnie swoisty renesans. Systemy rozpoznania kosmicznego, powietrznego, naziemnego i morskiego oraz precyzyjne środki rażenia lotniczego umożliwiają niszczenie newralgicznych elementów atakowanego kraju, których brak paraliżuje cały system obrony. Tak było w Iraku. Eksperti militarni świata dość wysoko oceniali armię iracką. Także zgrupowanie nad Zatoką Perską wielosettysięcznej amerykańskiej armii lądowej świadczy o tym, że i amerykańskie nie lekcewały siły militarnej Iraku. Wbrew tym ocenom, już w pierwszych godzinach wojny ograniczono Husajnowi do minimum możliwości dowodzenia, a gwałtownie postępujący paraliż kraju i sił zbrojnych - na skutek działań sił powietrznych sprzymierzonych - przerodził się szybko w katastrofę militarną Iraku.

We współczesnej wojnie powietrznej nie ma na obszarach przeciwnika miejsc i obiektów nie zagrożonych. Promienie taktycznego działania współczesnych samolotów i raket samosterujących umożliwiają docieranie na głębokie zaplecze, nawet państw o dużym obszarze. Alianci Zachodni dopiero w końcu roku 1943 i później byli zdolni do bombardowania celów, praktycznie na obszarze całych Niemiec; wcześniej mogli operować tylko na obszarach północnych. Obecnie, stosując uderzenia z powietrza, można - w stosunkowo krótkim czasie - spustoszyć nawet duży kraj, jego rozwiniętą gospodarkę. Zniszczenie, np. tylko kilkudziesięciu elektrowni w danym państwie, także jądrowych, spowodowałoby niewyobrażalne skutki. Eskalując działania, lotnictwo mogłoby rozbić zakłady chemiczne i paliw, zniszczyć newralgiczne systemy hydrograficzne, węzły drogowe i łączności. Stosując broń precyzyjną, nawet niewielkie siły lotnictwa są zdolne do sparaliżowania zaatakowanego kraju i jego sił zbrojnych.

Nie uświadamiany wzrost efektywności bojowej współczesnego lotnictwa, od dłuższego już czasu coraz częściej sygnalizowany, dopiero w wojnie nad Zatoką Perską potwierdził się praktycznie na wielką skalę.

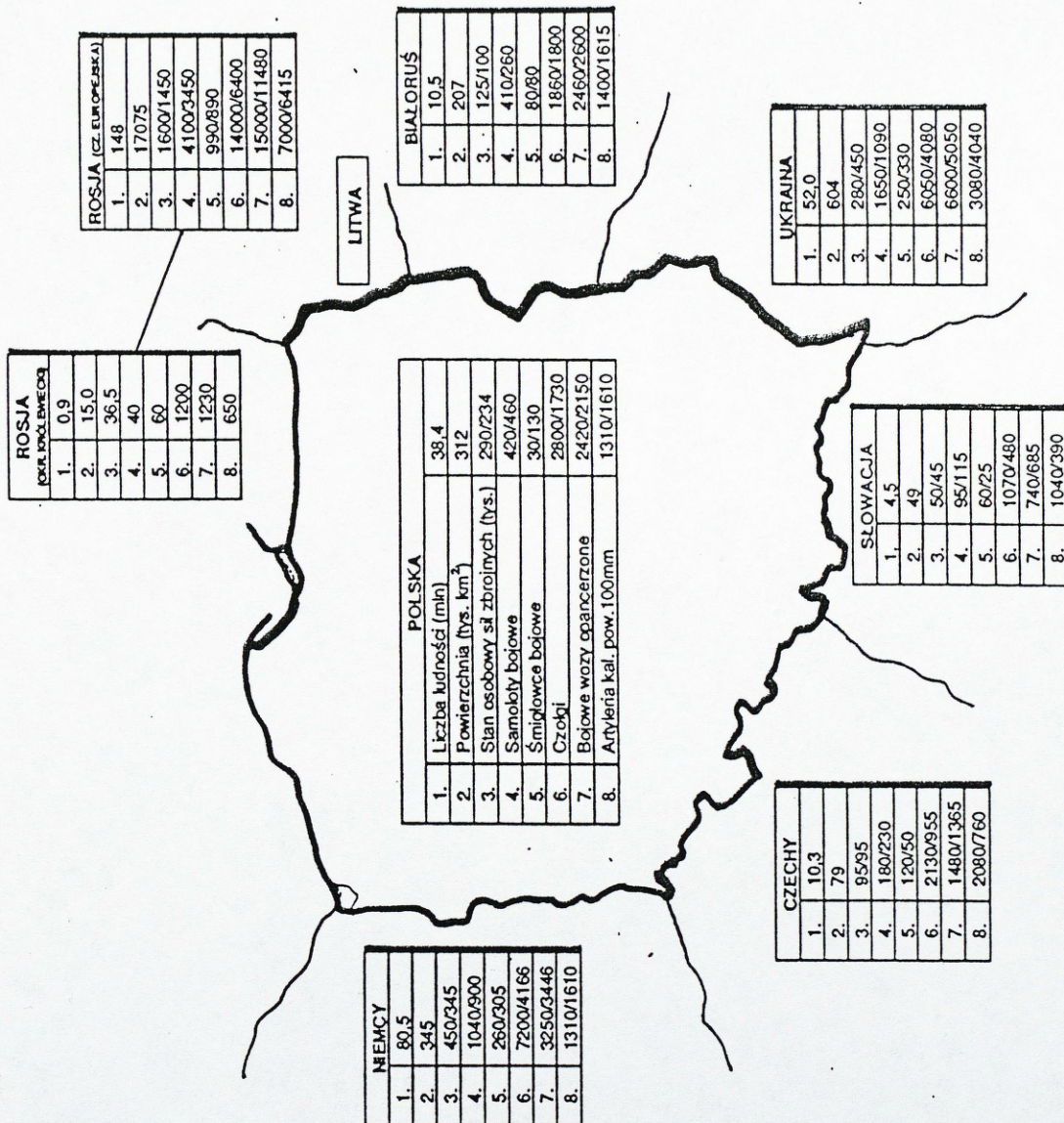
Czy uderzając siłami powietrznymi można będzie osiągnąć cele wojny w każdej sytuacji? Twierdzenie takie byłoby błędne. Lotnictwo nadal nie jest zdolne zawładnąć terenem, ale może zmusić do jego „oddania”, bez konieczności prowadzenia uporczywych walk lądowych. Natomiast w każdym wypadku siły powietrzne wpływać będą decydująco na przebieg i rezultaty wojny.

Refleksje te warto przenieść na grunt Polski. W myśl układu CFE-1, podpisanego w Paryżu 19.11.1990 r., mamy prawo posiadać 460 samolotów i 130 śmigłowców bojowych, czołgów - 1730. Stosunek ilościowy czołgów do statków powietrznych kształtuje się jak 2,9:1. Sąsiad zachodni ma mieć, odpowiednio: 900 samolotów i 306 śmigłowców bojowych; stąd jego przewaga liczbowa w samolotach 1:1,95, w śmigłowcach - 1:2,35. Znacznie trudniejsze jest porównywanie potencjałów jakościowych, a z sąsiadami wschodnimi - także porównywanie kwot ilościowych. Ukrainie, zgodnie z porozumieniem, przydzielono limit 1090 samolotów i 330 śmigłowców bojowych. I w tym przypadku nasze lotnictwo ustępuje liczebnie; stosunek ilościowy w samolotach kształtuje się jak 1:2,3, natomiast w śmigłowcach - jak 1:2,5. Oczywiście, mamy przyjaznych sąsiadów i żaden z nich nie grozi wojną. Prawdą jest, że dżentelmeni nie powinni mówić o pieniądzach, ale usilnie o nie zabiegać. Sąsiedzi nie mówią o walkach między sobą, ale też nie tworzą systemów obronnych przeciw ewentualnej agresji kosmitów. Każde państwo musi liczyć się także z niepomysłnym rozwojem stosunków międzysąsiedzkich. Do naszych rozważań

teoretycznych nie są potrzebne wizje wymyślonych zagrożeń, wystarczy rozważyć własną sytuację.

Położenie geograficzne RP w naturalny sposób wyodrębnia wschodni i zachodni obszar działań obronnych dla lotnictwa. Czy wyobrazalna jest równoczesna obrona w obu tych obszarach? Teoretycznie - tak. W takim wypadku siły obrony byłyby rozproszone, a więc znacznie słabsze. Ten wariant obrony nie może być jednak zupełnie pominięty i chociaż jawi się katastroficznie - musimy być także do niego przygotowani (rys. 1).

Innym wariantem mogą być działania obronne lotnictwo w jednym z dwóch obszarów. W jakich warunkach? Przeważa pogląd, że współcześnie nie ma w Europie warunków do prowadzenia wojen na wielką skalę; wojen obejmujących wielkie obszary, prowadzonych w celu podbicia innych państw. Nie można wykluczyć lokalnych starć zbrojnych, obliczonych na błyskawiczne osiągnięcie ograniczonych celów wojny, np. oderwanie konkretnych ziem. W zamysle takiej wojny, czas jej trwania wynosiłby 2-5 dób, a wszczęcie działań zaskoczyłoby napadniętego paralizującymi uderzeniami lotnictwa, prowadzonymi z maksymalnym natężeniem. Napadający uzyskałby w ten sposób dwa podstawowe cele - możliwie najniższy opór napadniętego, a ponadto uniemożliwienie czynnych akcji państw trzecich, ewentualnych sojuszników napadniętego.

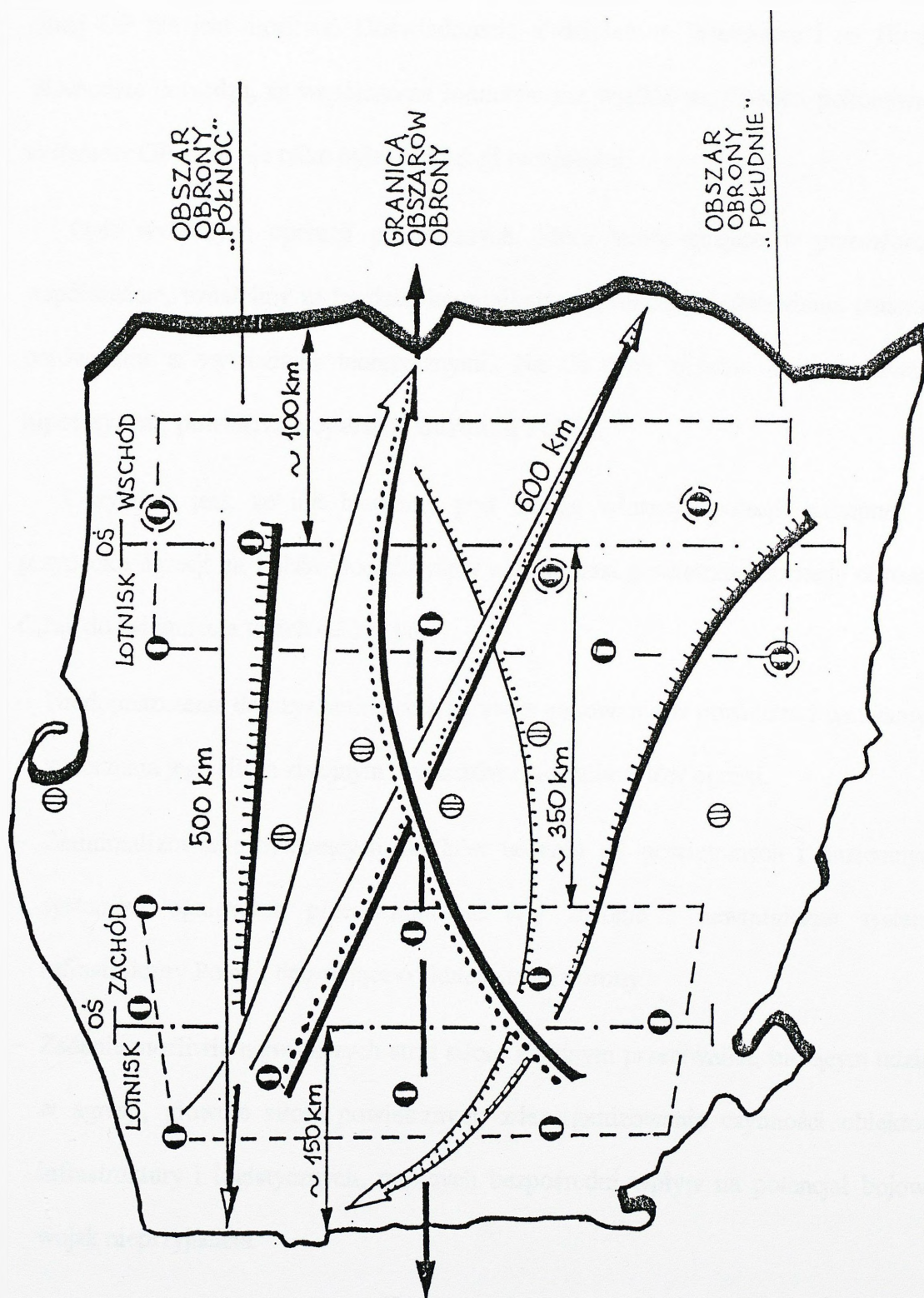


Rys.1. POTENCJAŁY WOJSKOWE PRZYJAZNYCH SĄSIADÓW POLSKI

Jeśli model ten skonfrontujemy z obszarem Polski, to wnioski są oczywiste. Obrona obszarów - wschodniego i zachodniego - byłaby możliwa za pomocą sił lądowych (na wybrzeżu - marynarki wojennej), dyslokowanych w tych obszarach. Przemarsz naszych wojsk lądowych do przeciwległego obszaru obrony RP pochłonałby, od rozpoczęcia agresji do rozpoczęcia marszu - około 1 dobę. Ta ogólna kalkulacja nie wymaga szerokiego komentarza. Zauważmy tylko, że na drogach około 600-kilometrowego marszu (rys. 2), lotnictwo przeciwnika mogłoby spowodować wielodniowe opóźnienia, niezależnie od zadawanych strat. Możliwa byłaby całkowita izolacja określonych obszarów, np. na Wiśle, Narwi, Odrze czy Warcie. Silne lotnictwo mogłoby nie dopuścić do zorganizowania obrony nawet przez nasze wojska lądowe, stacjonujące na danym obszarze. Scenariusz taki byłby realny w warunkach absolutnego panowania agresora w powietrzu.

Fakty, w postaci niekorzystnego dla nas stosunku sił, obligują do liczenia się z syndromem tylko „połowicznego” wykorzystania naszych wojsk lądowych, w przypadku zaskakującej agresji. Zakładanie, że ewentualny agresor zdradzi nam swój zamiar i umożliwi przegrupowanie, a może też mobilizację, jest niedopuszczalną iluzją. W kalkulacjach wojskowych dominuje odwieczna zasada, którą można wyrazić w formie przestrogi: **licz się z tym, że przeciwnik będzie działał przebiegle i wykorzystywał twoje słabe strony.**

Powinniśmy liczyć się z faktem, że w razie ewentualnej agresji zdołamy wykorzystać tylko część lądowych środków walki, i to znajdujących się w danym obszarze obrony. Groźbę taką można negocjować, mając odpowiednio silną obronę



Rys. 2. UWARUNKOWANIA MOŻLIWOŚCI PRZESTRZENNYCH POLSKI

powietrzną kraju i obronę przeciwlotniczą wojsk. Rzecz jednak w tym, że stworzenie silnej OP nie jest możliwe. Doświadczenia z działań w Wietnamie i na Bliskim Wschodzie dowodzą, że współczesne lotnictwo ma wielkie możliwości pokonywania systemów OP - i to nie tylko byłej produkcji radzieckiej.

Opis wybranych operacji powietrznych, które miały miejsce w przeszłości i współcześnie, uznaliśmy za bardziej komunikatywną formę przedstawienia tematu w porównaniu z wywiadami teoretycznymi. Na tle tych opisów można rozważyć hipotetyczną powietrzną operację obronną Polski.

Oczywiste jest, że nie bierzemy pod uwagę własnej operacji zaczepnej. W przypadku agresji na Polskę podjęlibyśmy natychmiast powietrzną operację obronną, dążąc do osiągnięcia takich celów, jak:

- Niedopuszczenie do uzyskania przez agresora panowania w powietrzu i tym samym stworzenia jego siłom zbrojnym warunków osiągnięcia celów agresji.
- Zminimalizowanie niszczących skutków uderzeń sił powietrznych i naziemnych systemów ogniowych przeciwnika na siły zbrojne i newralgiczne systemy infrastruktury Polski, decydujące o skuteczności obrony.
- Zadanie możliwie największych strat siłom zbrojnym przeciwnika, biorącym udział w agresji, głównie siłom powietrznym; zdeorganizowanie czynności obiektów infrastruktury i logistycznych, mających bezpośredni wpływ na potencjał bojowy wojsk nieprzyjaciela.
- Rozszerzenie skutków agresji na żywotne obiekty terytorium nieprzyjaciela i zmniejszanie w ten sposób strat wśród własnej ludności oraz infrastruktury;

pośrednio - hamowanie tempa natarcia i zyskiwanie czasu na zwiększenie własnego potencjału obronnego oraz wsparcie państw zaprzyjaźnionych.

Powietrzna operacja obronna angażuje cały potencjał obronny państwa, którego właściwości mogą być spożytkowane do osiągnięcia wymienionych celów. Potencjał ten stanowi przede wszystkim lotnictwo, obrona powietrzna (w tym OPL), wojska raketowe i artyleria, wojska desantowo-szturmowe i pododdziały specjalne; ponadto - siły i podsystemy nie dysponujące środkami ogniowymi (WRE, rozpoznanie). Tak więc, powietrzna operacja obronna nie jest formą działań wyodrębnionego rodzaju sił zbrojnych, lecz uczestniczą w niej całe siły zbrojne (także marynarka wojenna).

W naszych warunkach przestrzenią takiej operacji byłby obszar działań nieprzyjaciela w Polsce oraz jego terytorium - do głębokości 200-300 km, wyjątkowo dalej. W zależności od rozmachu agresji, operacja toczyłaby się na obszarze do 200-300 tysięcy km² i większym. Czas jej trwania zależałby od celów agresora, stosunku sił i ogółu warunków zmagania. Istnieje wielkie prawdopodobieństwo, że losy naszych zmagania z hipotetycznym agresorem rozstrzygnęłyby się w czasie 2-3 dób - i to niepomysłnie dla Polski, broniącej się samotnie przed silnym sąsiadem. W przypadku agresji na mniejszą skalę, po 2-3 dniach operacji nastąpiłoby przejście do działań systematycznych lotnictwa. Większość wysiłku lotnictwa skupiałaby się na wspieraniu ogniowym własnych wojsk lądowych.

Powietrzną operację obronną, rozpoczynającą się w chwili agresji nieprzyjaciela (jego powietrznej operacji zaczepnej), cechowałoby niezwykle intensywne natężenie działań lotnictwa (5 i więcej lotów w ciągu doby na samolot).

Obecne uzbrojenie lotnictwa frontowego umożliwiłoby zaangażowanie w powietrznej operacji obronnej około 200 samolotów myśliwskich, niespełna 100 myśliwsko-bombowych i 30 rozpoznawczych (Su-20R i MiG-21R) oraz 30 śmigłowców bojowych (50 śmigłowców łącznie z Mi-2). Licząc 100 samolotów myśliwsko-bombowych i 100 myśliwskich do uderzeń na obiekty naziemne (nawodne) - maksymalna salwa bombowa wyniosłaby 500 ton bomb. W praktyce osiąga się wskaźnik 0,5 salwy maksymalnej, co przy 5 lotach dziennie dałoby sumę 1250 ton bomb i 1000 samolotolotów.

Stosując ogólne kalkulacje możliwości lotnictwa, liczy się 12 samolotów do zniszczenia 1 obiektu taktycznego oraz 20% ogółu samolotów do zabezpieczenia działań własnych. W rezultacie, wskazaną liczbą samolotów można by zniszczyć (obezwładnić) w ciągu doby ponad 60 obiektów, takich jak; elektrownia, lotnisko, węzeł kolejowy, SD, kompania czołgów (bz). Pod pojęciem „zniszczyć” rozumiemy wyeliminowanie obiektu z działań w danej kampanii na czas nie krótszy niż 7 dób. Wielu obiektów wręcz nie można zniszczyć na zawsze, na przykład lotniska czy węzła kolejowego.

Oceniając istotę przedstawionej powietrznej operacji obronnej, trzeba wskazać na następujące wnioski:

- Wprawdzie nikt nie zagraża Polsce agresją, ale jeśli akt taki zaistniałby, wówczas rezultaty naszej powietrznej operacji obronnej miałyby decydujący wpływ na wyniki końcowe obrony państwa.

- Znane uwarunkowania przesądzają, że musielibyśmy bronić się przed przeważającymi siłami. Mimo to, **nasza powietrzna operacja obronna powinna cechować się obronno-zaczepnymi formami walki.**
- Plany obrony państwa muszą **precyzować cele, zadania i sposoby działań sił własnych w powietrznej operacji obronnej.** Własne uderzenia odwetowe należałoby podjąć niezwłocznie po akcie agresji. Nawet kilkugodzinna zwłoka pogorszyłaby niepomiarowo sytuację Polski.
- Hipotetyczny agresor mógłby rozpocząć powietrzną operację zaczepną osiągając zaskoczenie. Musimy być przygotowani do działań również według takiego scenariusza wojny. **Ten właśnie wariant należy preferować w szkoleniu dowództw, sztabów i wojsk.**
- W aktualnym położeniu Polski prawdopodobny współczynnik wykorzystania wojsk lądowych wyniósłby 0,4, obrony powietrznej 0,2 i lotnictwa 0,8.
- Włączenie Polski do NATO zmieni sytuację militarną kraju. Wówczas prezentowane wyżej oceny ulegną zmianie.

Podczas opracowywania planów obronnych trzeba przeprowadzać obiektywne **kalkulacje stosunków sił i przewidywać realny rozwój wydarzeń wojennych.** Fałszowanie rzeczywistości w prognozach wojskowych wypływa często z pobudek patriotycznych, jednak w konsekwencji jest bardzo szkodliwe. Wojna obronna Polski w roku 1939 była splotem wielu zaskoczeń, ponieważ nie dopuszczano do głosu trzeźwych prognostów. Decyzje i plany obronne oparte na iluzjach - potęgują wojenne niebezpieczeństwo.

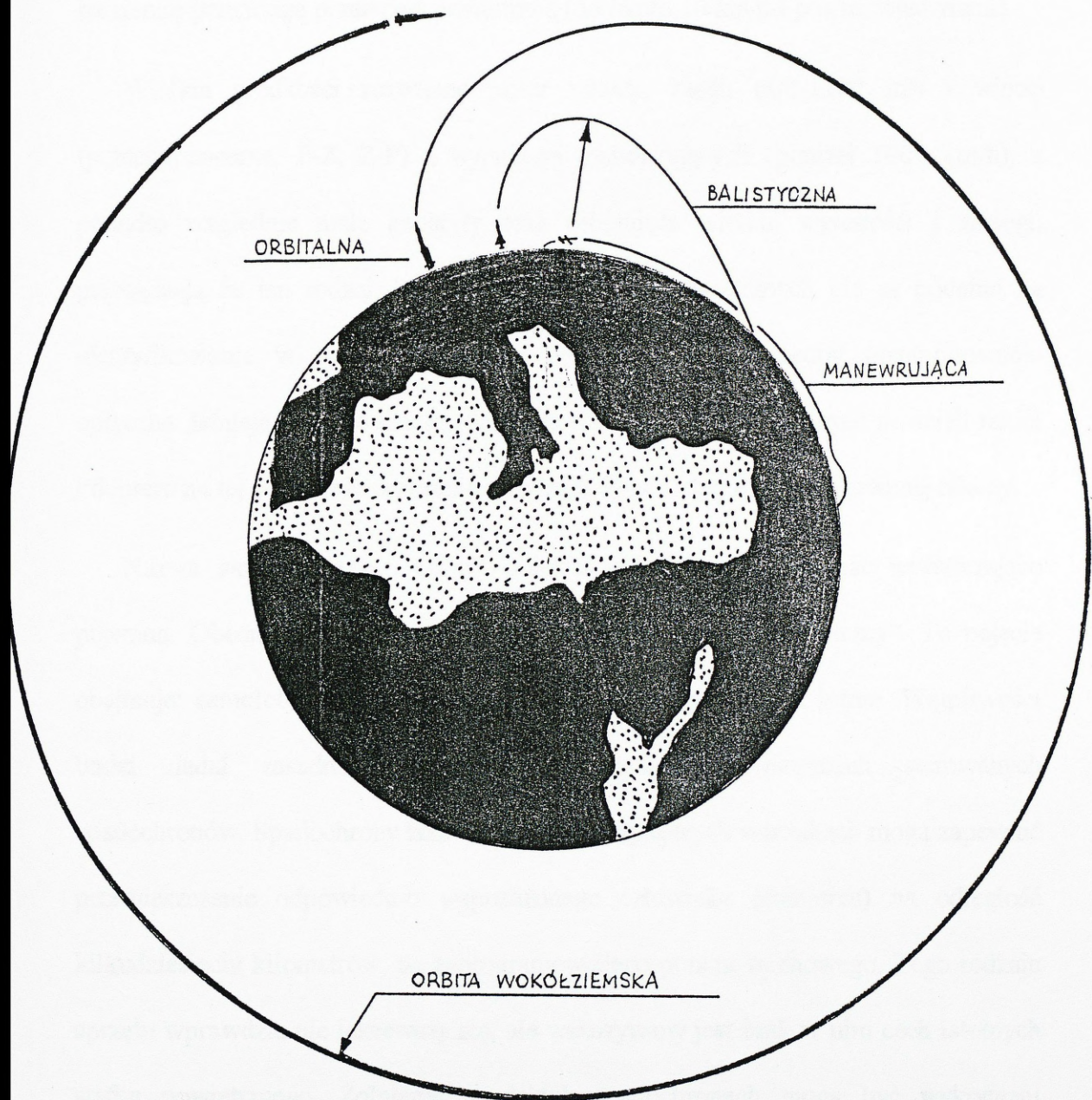
1.3. Rodzaje obiektów powietrznych i warunki ich identyfikowania.

Charakteryzując obiekty powietrzne można stosować kryteria determinowane celami dokonywanej charakterystyki. Autorzy kierowali się logiką podziałów oraz doświadczeniami praktycznymi. Pojęcie „rodzaj” wyraża najwyższy stopień uogólnienia cech obiektu powietrznego, na przykład opisujemy rodzaj obiektu mówiąc „samolot” lub „rakieta”. Wyróżnieniem bardziej szczególnym jest podział obiektów na „klasy”, przykładem klas są rakiety Z-Z; Z-P; W-W lub samoloty myśliwskie, myśliwsko-bombowe. Na poziomie rodzaju i klasy opisujemy obiekty powietrzne cechami ogólnymi (na przykład budowy) oraz parametrami ogólnymi (masa od ... do ...); zasięgi ...; ogólnie moce rażenia (głowic) lub udźwigu (środków rażenia).

Wreszcie precyzyjne określenie obiektu powietrznego następuje kiedy znamy (podajemy) jego typ: na przykład rakieta (wyrzutnia) AMX lub Rapier, względnie samoloty F-16F, Mig-29, SU-27.

Oprócz powyższych, ogólnych wyróżnień, potrzebne są kryteria „własny” (swój) lub obcy (nieprzyjacielski) obiekt powietrzny. Jeszcze długo będziemy eksploatowali samoloty Mig-29. Identyczne posiadają sąsiedzi wschodni i południowi. Wynika z tego, że określenie typu obiektu w ramach identyfikowania nie zawsze wyczerpuje problem.

Oprócz opisów przedstawionych w identyfikowaniu obiektów istotną rolę odgrywają cechy szczególne - rys.3.



Rys.3. PODZIAŁ RAKIET ZE WZGLĘDU NA CHARAKTERYSTYKĘ ICH TORU LOTU

Z treści rys. 3 wynika, że tylko rakiety manewrujące oraz Z-P i P-Z należą na pewno do obiektów powietrznych. Balistyczne i orbitalne tylko przy starcie i powrocie na ziemię przenikają przestrzeń powietrzną (do około 40 km od powierzchni ziemi).

Wielkie prędkości rozwijane przez rakiety, rzędu 600-1200 m/s i więcej (przeciwpancerne, P-Z, Z-P) z wyjątkiem manewrujących (poniżej 1000 km/h), a ponadto względnie małe gabaryty oraz osiągające wielkie wysokości i zasięgi, przesądzają że ten rodzaj, klasy i typy obiektów powietrznych nie są podatne na identyfikowanie w locie. Szczególnie nieskuteczne są sposoby identyfikowania optyczne. Istnieją większe szanse identyfikowania wyrzutni lub innych nosicieli rakiet i dopiero na tej podstawie orzekania o rodzaju, klasie i typie identyfikowanej rakiety.

Nazwa samolot jako „rodzaj” obiektu powietrznego nie jest wystarczająco pojemna. Obecnie dominuje pojęcie, a mianowicie „statek powietrzny”. To pojęcie obejmuje: samoloty; śmigłowce; balony; motolotnie; szybowce; lotnie. Wątpliwości budzi nadal zasadność zaliczania do statków powietrznych sterowanych spadochronów. Spadochrony takie otwarte w sprzyjających warunkach mogą zapewnić przemieszczenie odpowiednio wyposażonego człowieka (żołnierza) na odległość kilkudziesięciu kilometrów, do zaprogramowanego punktu terenowego. Tego rodzaju sprzętu wprawdzie nie lekceważy się, ale wskazywany jest brak w nim cech istotnych statku powietrznego. Żołnierze na takich spadochronach mogą być wykrywani praktycznie tylko optycznie, bowiem znikomy efekt odbijania fal radioelektronicznych oraz bezdźwiękowe przemieszczenie, w niektórych wypadkach mogą być cechami o kapitalnym znaczeniu. Te środki „transportu” powietrznego mogą być wykorzystywane, na przykład przez grupy rozpoznawczo-dyweryyjne.

Do grupy „prymitywnych” statków powietrznych należą również lotnie, szybowce, balony oraz motolotnie. Te rodzaje „statków powietrznych” cechują się podobnymi cechami jak wskazano wyżej. Podczas II wojny światowej używano szybowce do transportu desantów (żołnierzy i sprzętu). Robili to głównie Amerykanie, Anglicy i Niemcy. Inne „lekkie” statki powietrzne nie znalazły zastosowania. Tylko w pierwszej wojnie światowej stosowano tak zwane sterowce. Zniknęły po serii spektakularnych katastrof. Obecnie, kiedy istnieje małe prawdopodobieństwo wybuchu wojny światowej, na wielką skalę, w konfliktach lokalnych może być przydatna pełna gama lekkich statków powietrznych. Ich wykrywanie radiolokacyjne, dźwiękowe i termalne może być zawodne. Wykrywanie i identyfikowanie optyczne bardzo utrudnione, bowiem różnorodność tych statków już obecnie jest bardzo wielka. Siły powietrzne poszczególnych państw posiadają zazwyczaj tylko kilka rodzajów (typów) samolotów, ponieważ wielka różnorodność typów podnosi bardzo koszt szkolenia i eksploatacyjne sił powietrznych. Ta właściwość nie dotyczy prostych statków powietrznych. W ostatnich latach nie mamy problemu naruszeń przestrzeni powietrznej przez samoloty bojowe sąsiadów. Robią to natomiast załogi lekkich samolotów transportowych i śmigłowców. Wbrew pozorom cechy samolotów bojowych nie predystynują ich do skrytego wnikania w przestrzeń zakazaną. Mają przy tym tak charakterystyczne cechy, że można identyfikować je optycznie - załącznik 1.

2. ISTOTA IDENTYFIKOWANIA OBIEKTÓW POWIETRZNYCH.

Identyfikowanie²⁰ nie jest tożsame z poznaniem²¹. Wynika to z definicji encyklopedycznych, głównie celu jednego i drugiego. Również rozpoznanie²² nie jest synonimem pojęcia pierwszego bowiem obejmuje ono szerszy obszar problemów, w tym identyfikowanie.

Wprawdzie przedmiotem naszych dociekań jest identyfikowanie obiektów do celów wojskowych, ale nie oznacza to zainteresowania wyłącznie wojskowymi statkami powietrznymi. Do czasu zidentyfikowania wszystko co znajduje się w przestrzeni powietrznej nad krajem trzeba traktować jako obiekty wrogie.

Co to jest przestrzeń powietrzna? zdefiniowano, że to otoczenie kuli ziemskiej gazów o wiadomym składzie, w którym występuje siła wyporu aerodynamicznego. Nikły wypór aerodynamiczny spotyka się do wysokości około 40 km w pasie równika i maleje ta wysokość w miarę zbliżania do biegunów ziemi. Przestrzeń powietrzna jest

²⁰ Identyfikacja (łac.), ustalanie tożsamości badanego obiektu lub zjawiska na podstawie jego najbardziej charakterystycznych cech; w automatyce identyfikacja obiektu sterowania (na przykład procesu technologicznego) pozwala wyznaczyć jego model matematyczny, który jest podstawą efektywnego sterowania obiektem. Encyklopedia Powszechna PWN. Warszawa 1974. T. 2, s. 256.

²¹ Poznanie, filoz. jedna z podstawowych kategorii filozoficznych oznaczająca zarówno społeczno - historyczny proces zdobywania wiedzy o rzeczywistości, czyli czynności, akty poznawcze, jak i rezultat tego procesu, jego wytwór, w postaci systemu zadań twierdzeń, praw naukowych

Encyklopedia Powszechna PWN. Warszawa 1973. T.3, s.673.

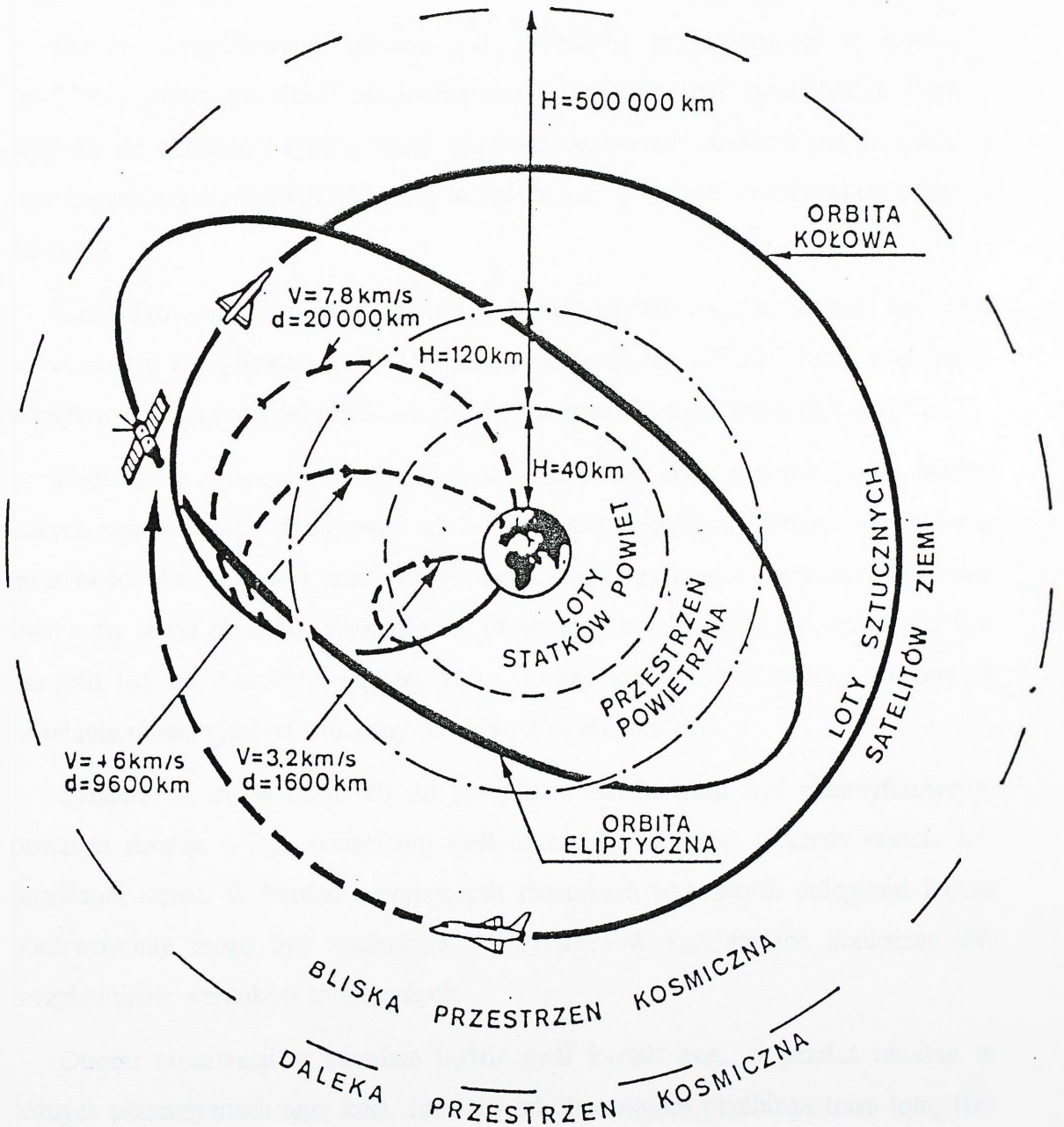
²² Rozpoznanie, ogół przedsięwzięć organizacyjno- technicznych oraz bojowych, mających na celu zdobywanie, analizowanie i ocenianie informacji o nieprzyjacielu, terenie, warunkach meteorologicznych i innych niezbędnych do podjęcia właściwej decyzji przez dowódcę i zorganizowania walki w taki sposób, aby pokonać nieprzyjaciela przy minimalnych stratach własnych; jeden z najważniejszych rodzajów zabezpieczenia bojowego działań ...

Wyróżniane są rozpoznania: agenturalne; artyleryjskie; chemiczne; dźwiękowe; fotograficzne; inżynierskie; kosmiczne; lotnicze; łączności; meteorologiczne; morskie; naziemne; ogólnowojskowe; partyzanckie; powietrzne; radioelektroniczne; wzrokowe ...

Mała Encyklopedia Wojskowa. MON, 1971. T.3, s.75-79.

integralną częścią państwa, podobnie jak pas wód przybrzeżnych (niegdyś 12 MM, teraz nawet do 200 MM). Powyżej 40 km rozciąga się przestrzeń kosmiczna - rys. 4.

Przestrzeń kosmiczna, podobnie jak otwarte akweny wodne, jest własnością ogólnoludzką. Aktualnie w kosmosie funkcjonują podsystemy rozpoznawcze: wczesnego ostrzegania (uprzedzania); rozpoznania ogólnego; rozpoznania szczegółowego. Wszystkie one wspomagają identyfikowanie obiektów, w tym lotnictwa i rakiet balistycznych przeciwnika. Podsystem wczesnego ostrzegania (ciągłego śledzenia) ma uchronić od „przeoczenia” masowego odpalenia rakiet i startu lotnictwa przeciwnika. Takimi podsystemami dysponują państwa władające olbrzymimi potencjałami raketowo-jądrowymi i lotnictwem strategicznym, zdolnym przenosić ładunki nuklearne (głównie USA i Rosja). Czas lotu rakiet międzykontynentalnych trwa 20-30 minut. W pierwszej i ostatniej fazie tory lotów przebiegają w przestrzeni powietrznej. W apogeum tory lotów przebiegają na wysokości 1200-1800 km. Problemy kosmiczne na razie nie dotyczą Polski. A kiedy wstąpimy do NATO? Wówczas będzie inaczej. Obecnie skupiamy uwagę na identyfikowaniu obiektów powietrznych.



Rys.4. OTOCZENIE POWIERZCHNI ZIEMI I SYSTEMY SATELITARNE

2.1. Cel identyfikowania obiektów powietrznych.

Rozpoznawanie obiektów w powietrzu (powietrznych) składa się z dwóch etapów: wykrycia obiektu; identyfikacji obiektu. Trzeba dodać, że po tych 2 etapach trwa śledzenie lub niszczenie zidentyfikowanego obiektu.

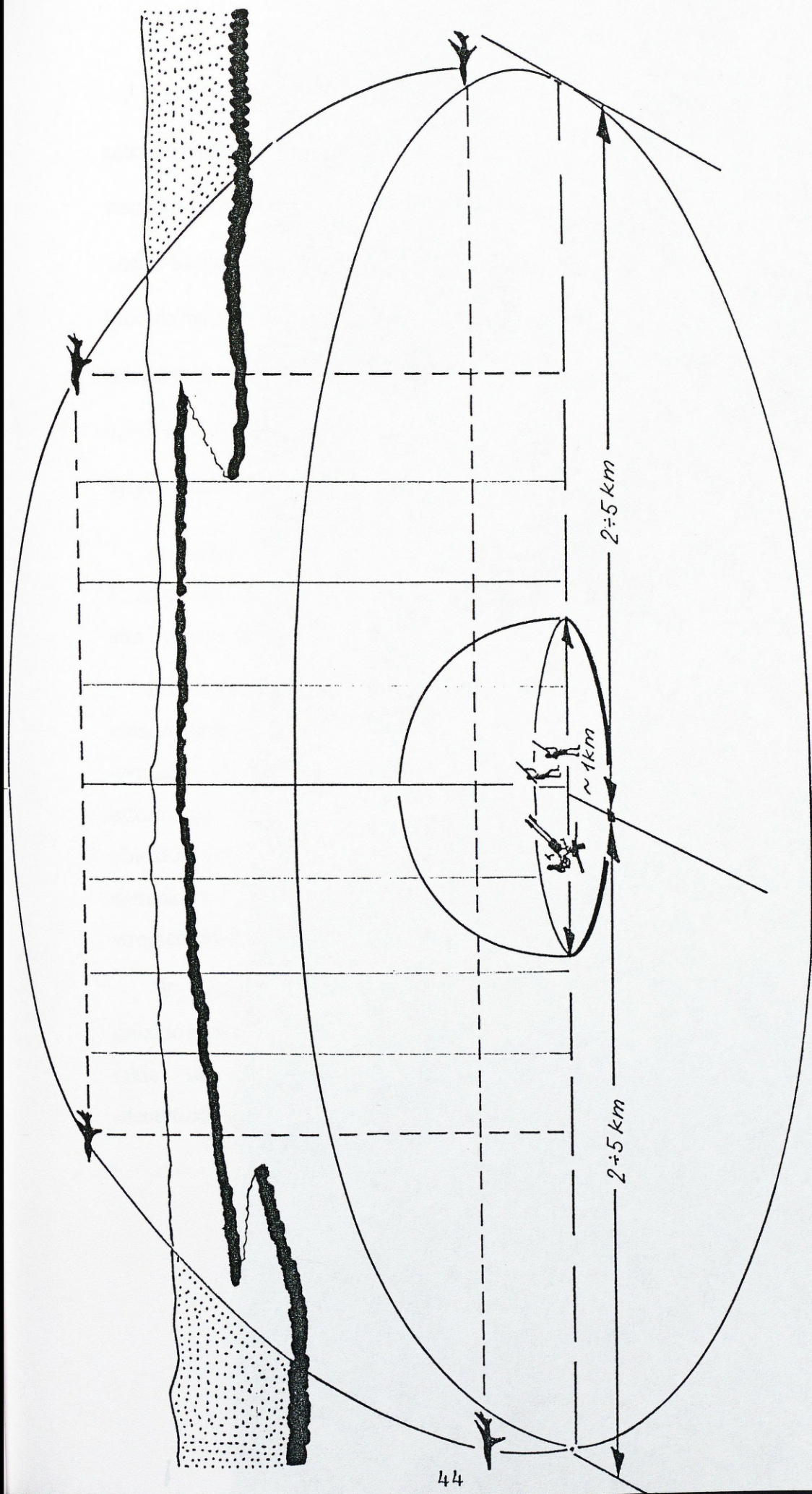
Celem identyfikowania obiektu jest: określenie przynależności w znaczeniu „swoj” czy „nieprzyjacielski”; ustalenia rodzaju, klasy lub nawet typu obiektu. Zawsze dąży się do określenia typu obiektu, ponieważ wówczas wiadome jest wszystko o przeznaczeniu, parametrach taktyczno-technicznych, zadaniach i możliwej taktyce jego działania.

Identyfikowanie musi odbywać się w bardzo krótkim czasie. Szybkie samoloty poruszają się z prędkością 700-1100 km/h, na wysokościach 20-50 m i większych. Wyjątkowo mogą rozwijać prędkość do 2 Ma na wysokościach średnich i dużych.

Najbardziej złożone jest identyfikowanie obiektów poruszających się na bardzo małych wysokościach (śmigłowce od 3-5 m wzwyż). Pokrycie terenowe przesłania możliwości obserwowania wzrokowego, optycznego i za pomocą aparatury termalnej (widoczny obraz obiektu). Wykrywa się (dostrzega) obiekt średnio w odległości 2-5 km jeśli leci na wysokości poniżej 50 m. Licząc czas obserwowanego zbliżania i oddalania obiektu jest on widoczny od około 20 s do 50 s - rys. 5.

Oznacza to, że w ciągu 20 do 50 sekund obiekt musi być zidentyfikowany, powzięta decyzja o jego ostrzelaniu (jeśli okaże się wrogim) i rażony rakieta lub pociskami armat. W bardzo sprzyjających warunkach terenowych odległości i czas obserwowania mogą być wydłużone 2-3 krotnie. W kalkulacjach konieczne jest uwzględnienie warunków trudniejszych.

Obszar obserwacji w zasadzie będzie miał kształt koła, a przelot obiektu w różnych płaszczyznach tego koła. Im dalej od obserwatora przebiega trasa lotu, tym mniej czasu będzie on miał na identyfikowanie obiektu. Prędkość przemieszczania celów szybkich wynosi 200-300 m/s. Wobec tego trzeba uwzględnić martwy stożek obserwacji (identyfikowania) nad obserwatorem do 1 km przy locie obiektu poniżej 50 m.



Rys. 5. PARAMETRY CZASOWE IDENTYFIKOWANIA I OSTRZEGANIA OBIEKTU POWIETRZNEGO

Uwzględniając powyższe parametry identyfikacja obiektu powinna następować automatycznie w czasie nie dłuższym niż 1-2 s. Wówczas nawet w niekorzystnych warunkach terenowych i taktycznych będzie możliwe ostrzelanie obiektu powietrznego - celu, licząc: celowanie i odpalenie rakiety (otwarcie ognia) 1-2 s; czas lotu rakiety (pocisków) 2-3 s (kurs spotkaniowy lub pościg). Łączny czas od wykrycia do zniszczenia obiektu wyniosłby 4-7 s. W tym czasie szybki cel pokonałby drogę równą 0,8-2 km, a więc nawet w niekorzystnych warunkach środki obrony powietrznej byłyby efektywne.

Automatyczną identyfikację utożsamiamy z niezawodnością (efektywność bliska 1) oraz z doprowadzeniem urządzeń identyfikujących do stanowiska ogniowego (może nim być pojedynczy żołnierz z rakieta przeciwlotniczą).

Przedstawiliśmy szczegóły procesu zwalczania celów powietrznych aby ukazać nieodzowność wyeliminowania zwłoki czasu jaka występuje w wypadku obiegu wyników identyfikacji poprzez nadrzędne szczeble dowodzenia (przetwarzania informacji). Każde dodatkowe ogniwo uczestniczące w procesie identyfikowania obiektów powietrznych pochłania od kilku do kilkudziesięciu sekund. W opisanych warunkach i im podobnych takie zwłoki czasu wykluczyłyby możliwość zwalczania wrogich obiektów powietrznych.

W zakończeniu trzeba podkreślić, że optyczne (obrazowe) identyfikowanie obiektów powietrznych ma uchronić OP od zakłóceń przez nieprzyjaciela. Zakłócenia takie są skuteczne wobec radioelektronicznych systemów wykrywania i identyfikowania obiektów powietrznych.

2.2. Procedury identyfikacji obiektów powietrznych

Jak wiadomo identyfikacja (rozpoznawanie) obiektów (sytuacji powietrznej) realizowane jest przede wszystkim w ramach funkcjonowania podsystemu rozpoznania radiolokacyjnego działającego w podsystemie rozpoznania przeciwnika powietrznego, zasilającego system dowodzenia wojskami obrony powietrznej, w tym kierowania środkami walki.

Wynika stąd, iż podsystem rozpoznania kwalifikuje się do systemów informacyjnych i jest logicznym i całościowym układem: (zbiorem) danych o sytuacji powietrznej²³ (obiektach powietrznych - celów i własnych), ponadto dotyczących stanu i możliwości bojowych sił i środków przeciwnika i własnych, a także logistycznych i innych-uzyskiwanych w wyniku zaistnienia zdarzeń i procesów w ramach prowadzonych działań bojowych. Następnie przetwarzanych przy zastosowaniu odpowiednich metod, technik i urządzeń, ułatwiających poznanie i ocenę rzeczywistości sytuacji powietrznej, a także organizowanie (planowanie) przyszłych działań wojennych w wyniku podejmowania decyzji na różnych szczeblach dowodzenia.

Ogólnie można powiedzieć, że treścią podsystemu informacyjnego są wycinkowe informacje o sytuacji powietrznej, pochodzące z różnych jego podsystemów (źródeł) ,

²³ Informacja o sytuacji powietrznej, w wojskach w systemie OP oznacza zbiór wiadomości o obiektach powietrznych uzyskiwanych od środków radiolokacyjnych i innych źródeł informacji opracowanych i przekazywanych do adresatów w postaci sformalizowanych meldunków. Główną część informacji o sytuacji powietrznej stanowi informacja radiolokacyjna o obiektach powietrznych. Informacja radiolokacyjna dotyczy tych obiektów powietrznych , które znajdują się w strefie informacji radiolokacyjnej wytworzonej przez posterunki radiolokacyjne. Informacja o sytuacji powietrznej dotyczy natomiast obiektów znajdujących się w zasięgu rozpoznania radiolokacyjnego i innych źródeł, które dostarczają danych o tych obiektach.

dlatego też podsystem ten musi zapewnić sprawny ich obieg, począwszy od pozyskania i przetwarzania danych i dystrybucji, a kończąc na wykorzystaniu informacji dla podejmowania decyzji. Stąd też kryteria klasyfikacji, forma i zakres podsystemu rozpoznania jako systemu informacyjnego, determinowane są przez potrzeby użytkowników informacji oraz właściwości i powiązania istniejące pomiędzy układami, jakie tworzy: człowiek - człowiek, człowiek - maszyna i maszyna - maszyna.

Należy przypomnieć, że zgodnie z ogólną teorią organizacji pojęcie „system” może być odniesione do dowolnej całości zorganizowanej, rozumianej jako uporządkowany - według określonego kryterium - zbiór elementów, którymi mogą być nie tylko przedmioty i rzeczy zorganizowane, a więc również instytucje, lecz także cechy i procesy w nich przebiegające. W tym rozumieniu informacje o sytuacji powietrznej oraz procesy związane z ich powstawaniem, jako określone zbiory elementów, również tworzą pewien system. Ujęcie takie ma duże znaczenie w zakresie analizy funkcjonowania danego podsystemu.

Na uwagę zasługuje to, że w ujęciu czynnościowym (dynamicznym) podsystem rozpoznania (jako system informacyjny) traktuje się jako zbiór procesów (faz) - niezależnie od specyficznych warunków działania i potrzeb informacyjnych stanowisk dowodzenia (innych ośrodków kierowania).

Jest to zbiór takich procesów, jak: zbierania, selekcji i gromadzenia danych źródłowych; przetwarzania, analizy i syntezy informacji; formułowania wniosków i przesyłania informacji użytkownikom (prezentowania i wykorzystania informacji)

oraz opracowania prognoz i wariantów (scenariuszy); podjęcia (opracowania) decyzji; zasilenia w informację systemu wykonawczego (w ramach kierowania środkami walki).

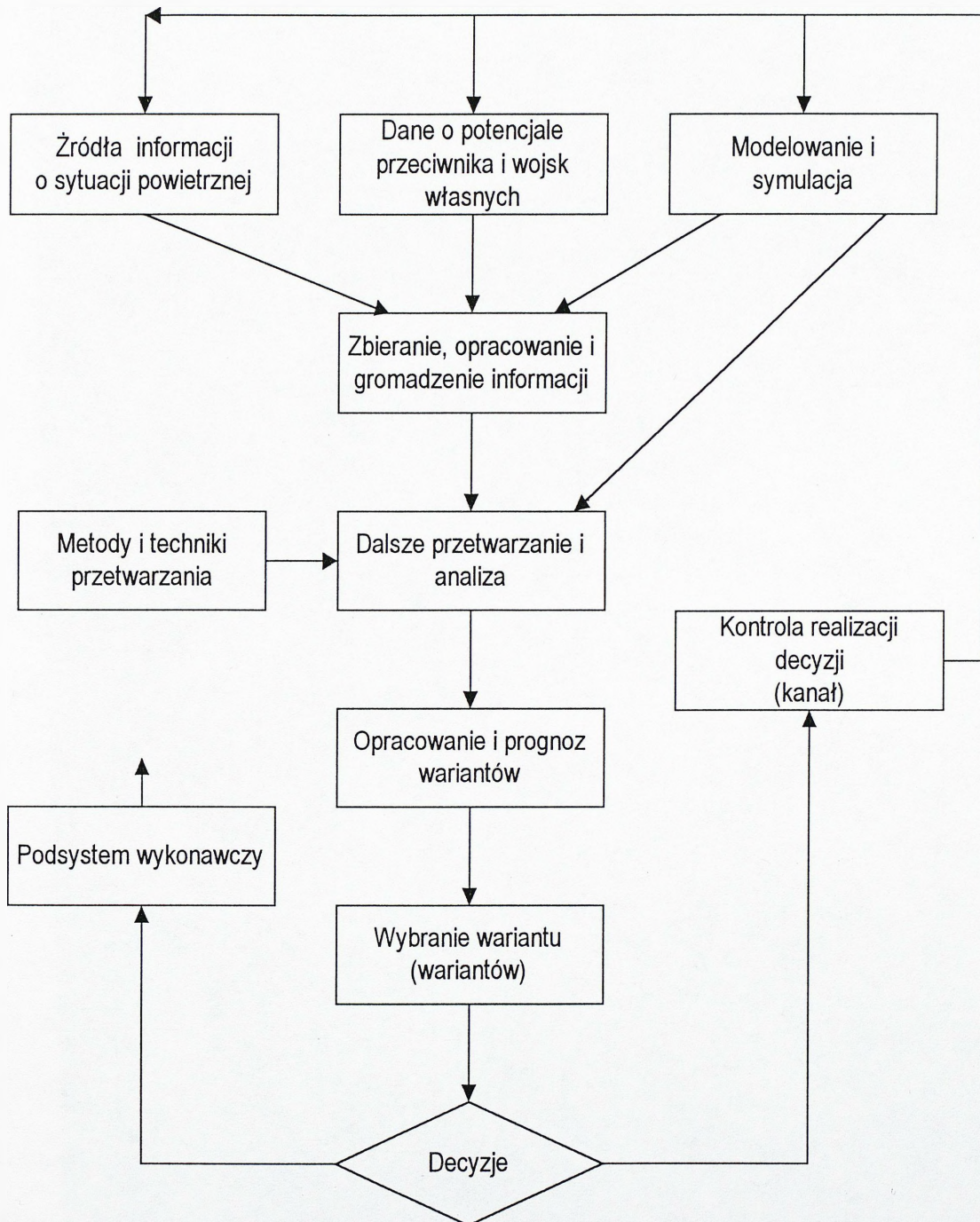
Struktura systemu informacyjnego (rozpoznania radiolokacyjnego w ujęciu dynamicznym przedstawiona jest na rys.6.

Wyróżnione na rysunku elementy (układy, podsystemy) w podsystemie rozpoznania z punktu widzenia dynamicznego, zawierają obraz wzajemnego ustosunkowania się do siebie czynności składających się na pełny proces przetwarzania danych w podsystemie. Jest to typowy obraz struktury procesów przebiegających w systemie informacyjnym w tym wypadku - podsystemie rozpoznania).

Zbieranie, opracowanie i gromadzenie danych źródłowych - obejmuje zamianę danych źródłowych na symbole (kody) lub ich agregowanie (uogólnienie) za pomocą wskaźników zbiorczych, a następnie przekazanie ich do miejsc (banku danych), skąd będą pobierane w następnych (fazach) opracowania informacji.

W odniesieniu do systemu dowodzenia, proces zbierania informacji obejmuje gromadzenie na stanowiskach dowodzenia wiadomości, które umożliwiają śledzenie obiektów powietrznych, określenie ich charakterystyk i działalności. Czynności te dotyczą również wyboru właściwego źródła informacji oraz sposobu jej przekazywania i zobrazowania.

Zbieranie i opracowywanie informacji są ze sobą ściśle powiązane, wykonywane zazwyczaj w tym samym czasie. Można wyróżnić dwa etapy opracowywania informacji: opracowanie pierwotne i wtórne.



Rys. 6. Struktura systemu informacyjnego w ujęciu czynnościowym (dynamicznym)

Opracowanie pierwotne obejmuje odczytywanie (zdejmowanie) współrzędnych, kodowanie sygnałów, określanie przynależności i składu obiektów powietrznych oraz innych wielkości w zależności od sytuacji powietrznej. W literaturze technicznej często występuje jako informacja analogowa lub analogowo-syntetyczna.

Opracowanie wtórne obejmuje inicjowanie i przedstawianie tras lotu obiektów powietrznych na podstawie kolejnych informacji z opracowania pierwotnego; utożsamianie tras i określanie charakterystyk obiektów powietrznych, o których dane napływają z różnych źródeł. Często występuje jako informacja syntetyczna.

Gromadzenie danych powinno ograniczać się do minimum, ponieważ mają one obrazować najważniejsze zjawiska działań bojowych, techniczne i inne, mające decydujący wpływ na efektywność dowodzenia. Zarówno nadmiar jak i niedobór gromadzonych danych mogą wydłużać cykl podejmowania decyzji. Dlatego ważnym jest, żeby był taki dobór (redukcja), aby nie utrudniać w prowadzeniu analizy sytuacji powietrznej, tym samym w podejmowaniu decyzji przez dowódcę.

Otóż gromadzenie danych odbywa się według ściśle określonego programu działania (technologii systemów), który powinien rozstrzygać kwestie: co, gdzie, kiedy i jak należy gromadzić, by zaspokoić potrzeby użytkowników informacji i określić czynniki zapewniające im panowanie nad sytuacją stosownie do uprawnień i obowiązków danego szczebla dowodzenia. Gromadzenie danych skupia bowiem takie zagadnienia jak: źródła danych i ich właściwy dobór, metody gromadzenia i przekazywania danych (tradycyjne i nowoczesne).

Również należy zwrócić uwagę na sposoby gromadzenia danych. Można to ująć jako metody prowadzenia zbiorów danych oraz techniki gromadzenia, przetwarzania i odczytywania informacji w sposób szybki i niezawodny. Zakres, dokładność i szybkość przekazywania informacji różnym użytkownikom przesądza bowiem o wartości informacji. Można zauważyć, że sprawne dowodzenie zależy od sprawnego operowania (zarządzania) informacjami. Informacja podawana z wielu źródeł (dodatkowych) transmitowana jest sposobem niezautomatyzowanym. Obniża to znacznie efektywność podsystemu informacyjnego.

W sferze zbierania i opracowania informacji uwidaczniają się takie ważniejsze problemy jak:

- zorganizowanie strefy rozpoznania radiolokacyjnego o takich parametrach dotyczących jej wymiarów przestrzennych, żeby zapewnić wykrywanie obiektów na wymaganych odległościach i w zakresie wysokości - od małej do stratosferycznej przy zapewnieniu ciągłego śledzenia celów powietrznych;

- optymalizacja ugrupowania bojowego wojsk radiotechnicznych pod kątem: kształtowania strefy rozpoznania radiolokacyjnego (SRR), zwiększenia żywotności i dużej mobilności środków radiolokacyjnych;

- zautomatyzowanie wszystkich źródeł informacji;

- integracja zautomatyzowanych źródeł informacji;

- doskonalenie obiegu informacji w celu zwiększenia jakości informacji, obniżanie czasu jej opóźnienia i zwiększanie dokładności oraz usprawnienia dystrybucji wydawanej informacji.

Doskonalenia wymaga gromadzenie i wykorzystanie, w sposób zautomatyzowany, informacji (danych) dotyczącej potencjału przeciwnika i wojsk własnych.

Ogólnie można powiedzieć, że *przetwarzanie (dalsze opracowanie) i analiza informacji* - ma kluczowe znaczenie w podsystemach informacyjnych. Otóż zbiór danych otrzymany (zebranych) z odpowiednich źródeł może być wykorzystany do celów dowodzenia (kierowania środkami walki), po uprzednim uporządkowaniu według algorytmu typowego dla tej fazy procesu podsystemu. Algorytm ten określa się też mianem: „wytyczne przetwarzania danych”, obejmuje bowiem takie czynności jak: integracja, programowanie i kodowanie danych, organizacja technologicznego przetwarzania danych, a także przyjmowanie danych, poszczególnych fazach ich wytwarzania oraz przekazywanie informacji. Właśnie analiza pozwala podjąć odpowiednie wnioski podczas oceny sytuacji powietrznej, przeciwnika i wojsk własnych. Tym samym warunkuje opracowanie prognoz i wariantów rozwiązań.

Na podstawie literatury można stwierdzić, że system informacyjny można uznać za prawidłowy, jeśli zawiera narzędzia informacji (wskaźniki, normy, wzorce, inne parametry) i kryteria optymalizacji, zwane też kryteriami wyboru, ponieważ są to wzorce ocen i sądów, jakie wydają wyższe i niższe szczeble dowodzenia w toku podejmowania decyzji.

Rozróżnia się dwa rodzaje kryteriów optymalizacji stosowane w praktyce. Do grupy pierwszej zalicza się miary efektywności (wydajności) lub sukcesu, osiągnięć (np. minimalizacja strat, maksymalizacja sukcesu i zysku), które służą do oceny przewidywanych wyników różnych decyzji i wytyczania kierunków działania w

różnych i zmiennych warunkach. Drugi rodzaj kryterium traktuje się jako warunek konieczny i wystarczający dla wytyczenia optymalnego kierunku postępowania.

Przy rozwiązywaniu problemów dotyczących np. doskonalenia podsystemu informacyjnego, należałoby wykorzystać dwa rodzaje przedstawionych kryteriów.

Narzędzia informacji i kryteria optymalizacji muszą być wewnętrznie zgodne. W przeciwnym razie informacje, przesłane z kanału dowodzenia (kierowania) do kanału wykonania lub odwrotnie, mogą być odczytywane niezgodnie z zamierzeniami ich nadawców. Trudny też staje się wówczas wybór kryterium, które do minimum zmniejsza liczbę informacji niezbędnej do podjęcia decyzji. W obu przypadkach naruszenia wewnętrznej zgodności narzędzi i kryteriów wyboru podsystem przestaje być zwarty.

W odniesieniu do podsystemu rozpoznania sytuacji powietrznej (radiolokacyjnego) w wyniku opracowania i analizy możliwe staje się: ustalenie faktu rozpoczęcia przez przeciwnika działań bojowych lub nowego ich etapu; ujawnienie operacyjnego (taktycznego) zamiaru przeciwnika; prognozowanie jego dalszych działań; zwiększenie wiarygodności posiadanych informacji.

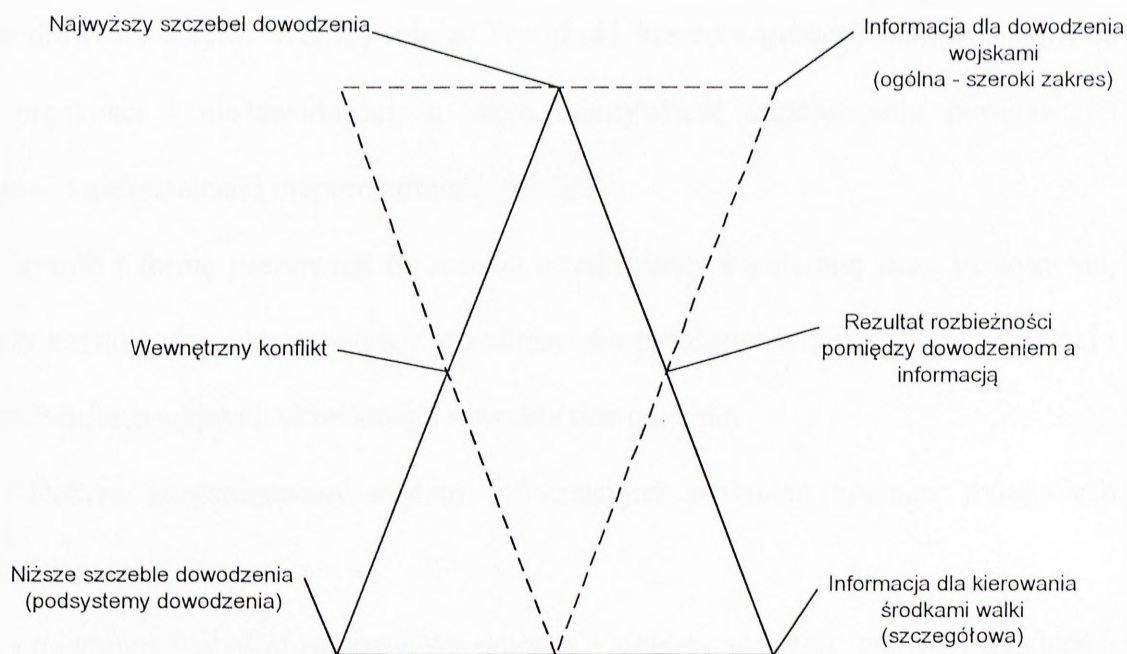
Proces *formułowania wniosków i przesyłania informacji użytkownikom* podobnie jak analiza jest jednym z najważniejszych aktów w procesie podejmowania decyzji. Podejmowanie decyzji na każdym szczeblu dowodzenia determinuje określony zbiór informacji gromadzonych i przetwarzanych z pewną częstotliwością w podsystemach informacyjnych. Zapotrzebowanie i chłonność na informacje każdego z tych szczebli jest zróżnicowana.

Wyższe szczeble dowodzenia, potrzebują informacji uogólnionych, o pełniejszym i bardziej dużym zakresie, ważnych operacyjnie (strategicznie) - obejmujących przestrzeń na podejściach do granic państwa, rejonu i w rejonie działań (strefy odpowiedzialności, i do tego charakteryzującą się dużą wiarygodnością (pełnością). Informacja ta powinna umożliwić: doprowadzenie wojsk w systemie obrony powietrznej do pełnej gotowości bojowej w celu prowadzenia oczekiwanych działań bojowych; ujawnienie zamiaru nalotu przeciwnika powietrznego; określenie kierunku głównego wysiłku i utworzenie niezbędnego stosunku sił na kierunkach rubieżach i względem celów powietrznych przez racjonalny podział zadań dla poszczególnych jednostek i pododdziałów wojsk raketowych, lotnictwa myśliwskiego i pododdziałów walki radioelektronicznej - wybranie jednego spośród wariantów działań lub ostateczne sprecyzowanie wcześniej powziętych decyzji.

Niższe szczeble dowodzenia potrzebują informacji szczegółowych, rozproszonych charakteryzujących konkretne działania bojowe. W systemie OP dotyczy to podział celów dla poszczególnych zestawów raketowych, wskazanie ich stacjom naprowadzania rakiet oraz naprowadzanie samolotów przechwytyjących cele - informacja dla kierowania środkami walki.

Mamy tu więc do czynienia z pewną hierarchią w procesie decyzyjnym, wpływającą z hierarchicznej struktury organizacji i dowodzenia. Najwyższy (wyższy) szczebel dowodzenia, przewidując przyszłe warunki działania, nie może zgromadzić i przetworzyć takiej ilości informacji, jaka jest potrzebna dla zlikwidowania niepewności i ryzyka niższych szczebli zarządzania. Te ostatnie, otrzymując nakazy (komendy) od

szczebli wyższego rzędu, muszą same tę niepewność wyjaśnić i uzupełnić poprzez samodzielne podejmowanie decyzji.



Rys. 7. Piramida dowodzenia (władzy) i odwrócona piramida informacyjna

Ogólnie można powiedzieć, że proces decyzyjny, a w ślad za nim systemy informacyjne, muszą mieć określoną postać, w której decydenci znajdują się nad jednostkami oczekującymi na decyzje. Zależności te można przedstawić graficznie w postaci piramidy dowodzenia²⁴ (rys. 7), której wierzchołek tworzą wyższe szczeble dowodzenia, natomiast podstawę - szczeble najniższe (podsystem wykonawczy).

W odniesieniu do powyższego kształt odwrócony, powinna mieć piramida informacji tworzona w ramach podsystemu informacyjnego.

²⁴ Według J. Peleca *Decyzje w zarządzaniu*, Kraków 1995, s. 191 i B. Kubiaka *Analiza systemów informatycznych*, Gdańsk 1994, s. 51.

Każde miejsce w piramidzie informacji ma swoją pojemność, czyli zdolność gromadzenia przetwarzania i prezentowania informacji odpowiednio skorelowanych z potrzebami poszczególnych szczebli dowodzenia. Od przestrzegania tych prawidłowości zależy w dużej mierze wysokość kosztów procesów informacyjnych, ich prędkości i niezawodności, a także efektywność zapobiegania powstawaniu błędów, zniekształceń i nieporozumień.

Sposób i formę prezentacji informacji uzyskiwanej w ostatniej fazie podsystemu, należy każdorazowo dostosowywać do złożoności (właściwości) sytuacji powietrznej i potrzeb informacyjnych określonego szczebla dowodzenia.

Dobrze zorganizowany system informacyjny powinien spełniać następujące warunki:

- powinien być dostosowany do potrzeb i obejmować cały zakres działalności wojsk w systemie obrony powietrznej, wszystkie szczeble dowodzenia i poziomy decyzyjne;

- powinien dostarczać informacje kompleksowe i aktualne, aby reakcja systemu OP na działania przeciwnika powietrznego była szybka i skuteczna.

- transmitować informacje tym, którzy ich rzeczywiście potrzebują - i to informacji w formie nadającej się bezpośrednio (bez przetwarzania) do użytku i najdogodniejsze dla podjęcia ostatecznych decyzji;

- powinien zapewniać efektywne wykorzystanie informacji, co uwarunkowane jest szybkością i częstotliwością ich obiegu, dane muszą być aktualne, kompletne i odpowiednio posegregowane, gdyż to ułatwia ich obieg;

- droga przepływu informacji powinna być możliwie najkrótsza i zgodna ze strukturą organizacyjną, a poszczególne podsystemy informacji powinny być zintegrowane, zaś same informacje w postaci prostych zbiorów, które można sobie szybko przyswoić i wykorzystać w podejmowaniu racjonalnych decyzji;

- algorytmy opracowywania informacji powinny zapewnić śledzenie przebiegu procesów oddziaływania podsystemu wykonawczego(środków walki) na środki napadu powietrznego przeciwnika, i sprzężeń zwrotnych przepływu informacji,

- koszty pozyskiwania i przetwarzania informacji nie mogą być wysokie, metody ich zbierania, opracowywania, przechowywania i przepływu muszą uwzględniać możliwości komputeryzacji systemu informacyjnego, a forma ich prezentacji powinna być dostosowana do możliwości odczytywania przez zainteresowanych;

- system musi być zabezpieczony przed niepożądanym wpływem informacji zbędnych i stale doskonalony, aby mógł zapewniać sprawny przepływ pożądanej informacji.

Podsystem informacji powinien być stale aktualizowany: zasilany w nowe informacje dotyczące przewidywanej sytuacji powietrznej (otoczenia); aktualnych danych dotyczących stanu i możliwości sił i środków oraz taktyki działania przeciwnika i własnych. Wiele z tych informacji ma charakter prognostyczny i są one szczególnie cenne, gdyż pozwalają na identyfikację i analizę tendencji, narastania sił i wydarzeń, które mogą mieć zasadnicze znaczenie dla organizowania działań bojowych oraz doskonalenia taktyki i sztuki operacyjnej.

2. 3. Efektywność procedur identyfikacji obiektów powietrznych

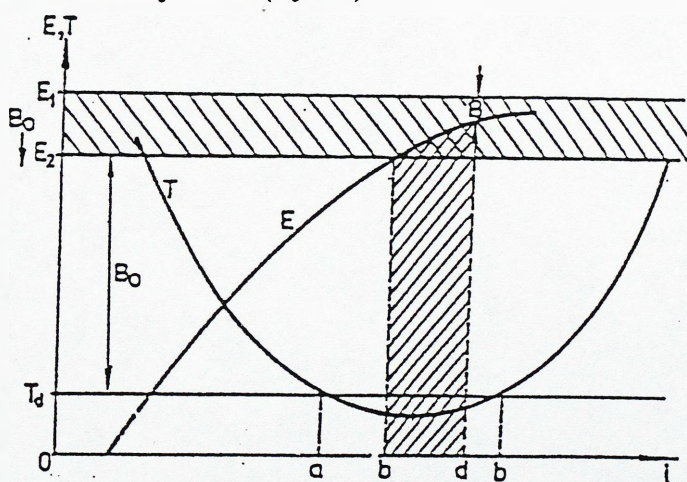
Jak wiadomo efektywność działań bojowych wojsk w systemie obrony powietrznej w dużej mierze zależy od skuteczności dowodzenia nimi. Ta zaś zależy między innymi od poprawności decyzji, zorganizowanego systemu dowodzenia i stopnia jego automatyzacji. Dąży się, żeby decyzja była podjęta we właściwym czasie, zgodnie z przewidywanym rozwojem sytuacji i wszechstronnie uzasadniona. Osiągnięcie tego jest związane z wykonaniem wielu zadań składających się na treść dowodzenia. Jednym z nich jest nieprzerwane zdobywanie, opracowywanie, zobrazowywanie i analizowanie danych o sytuacji powietrznej. Zadanie to należy niewątpliwie do bardzo trudnych. Polega ono na ciągłym, (we właściwym czasie i wymaganym zakresie), zabezpieczaniu stanowisk dowodzenia w wiarygodną informację o położeniu i stanie przeciwnika, wojsk własnych, a także o warunkach prowadzenia działań bojowych (operacji). Od realizacji tego zależy: trafność wniosków z oceny sytuacji, aktualność i zasadność podjętych decyzji, jakość planowania działań bojowych (operacji) oraz efektywność użycia sił i środków. Do wykonania każdego zadania dowodzenia jest potrzebna określona ilość i zakres informacji.

W związku powyższym organizowany jest obieg informacji o sytuacji powietrznej (gdzie podstawą jest informacja radiolokacyjna), który ma zapewnić jak największą sprawność w zdobywaniu informacji o sytuacji powietrznej (z dostępnych źródeł) oraz umożliwić efektywne dowodzenie i kierowanie środkami walki poprzez osiągnięcie wymaganej jej wartości. Należy podkreślić, że w ramach obiegu

realizowane są dwa zasadnicze procesy a mianowicie - rozpoznanie radiolokacyjne oraz wypracowywanie informacji wspomagającej w podejmowaniu decyzji i umożliwiającej kierowanie środkami walki.

Do wykonania każdego zadania dowodzenia jest potrzebna określona ilość i zakres informacji o wymaganej wartości. Zwiększenie czy zmniejszenie liczby danych nie prowadzi do jednoczesnej zmiany skuteczności podjętej decyzji i zużytego na to czasu.

Zależność między efektywnością dowodzenia (E), a także zużytym na podejmowanie decyzji czasem (T) i ilością wykorzystywanej informacji (I) można pokazać graficznie na rysunku (rys. 8).



Rys. 8. Zależność efektywności i czasu dowodzenia od ilości informacji

gdzie: E_{\max} - efektywność "idealna" dowodzenia;

B_0 - początkowa entropia (po wprowadzeniu informacji);

Ze wzrostem ilości otrzymywanej informacji rośnie efektywność dowodzenia.

Jednak przy posiadaniu wystarczającej informacji, dalsze jej zwiększanie może powodować spadek efektywności.

Dla wykonania zadania w dowolnej sytuacji istnieje najlepsze rozwiązanie (wariant- E), które można otrzymać dysponując wyczerpującą informacją o sytuacji powietrznej. W praktyce jednak zawsze jest niedostatek informacji o przeciwniku powietrznym.

Dlatego można przyjąć również rozwiązania różniące się nawet ilością informacji: od najlepszego w zakresie do E (graniczna wartość, możliwa do przyjęcia). Na rysunku płaszczyzna zakreskowana (pozioma) oznacza przedział, w którym znajdują się rozwiązania możliwe do przyjęcia, mimo że różni się on od najlepszego.

Określenie zakresu informacji umożliwiającej podjęcie decyzji w danych warunkach wymaga poznania zależności czasu zużytego na jej uzyskanie oraz ilości wykorzystywanej informacji. Okazuje się, że ze wzrostem ilości informacji czas powyższy zmienia się różnie. Gdy jest za mało informacji, potrzeba więcej czasu na podjęcie (wypracowanie) decyzji. W miarę zwiększania ilości informacji efektywność znacznie rośnie, a czas reakcji się zmniejsza. Dalsze zwiększanie się ilości informacji powoduje jego wzrost. Związane jest to z nadmiarem informacji powodującym utrudnienie zbierania, opracowywania i analizy.

Jeżeli czas podjęcia decyzji jest ograniczony (T_d), to dowolny zakres informacji w przedziale a-b można uważać za wystarczający, ponieważ zapewnia przyjęte rozwiązanie w dopuszczalnym okresie. Jednak konieczny tylko będzie ten zakres informacji, który znajduje się w przedziale c-d, to znaczy gwarantujący podjęcie skutecznej decyzji w niezbędnym czasie.

W odniesieniu do odpowiedniego systemu dowodzenia (organa dowodzenia), znając powyższe zależności, można drogą eksperymentów i obliczeń ustanawiać zakres informacji, konieczny do efektywnego rozwiązania każdego zadania dowodzenia w wymaganym czasie. Ponadto zależności powyższe mogą być wykorzystane do: organizacji i budowy systemów informacyjnych; uzasadnienia struktury informacyjnej w zautomatyzowanych systemach dowodzenia wojskami i innych zadań informacyjnego zabezpieczenia procesu dowodzenia; przy planowaniu przedsięwzięć w zakresie zwiększenia żywotności, niezawodności i odporności na zakłócenia pracy środków zbierania, opracowywania, przekazywania i zobrazowania informacji.

Niedociągnięcia w pracy tych środków prowadzą do utraty bądź opóźnienia części informacji, a w następstwie - do obniżenia efektywności dowodzenia.

Efektywność użycia wojsk raketowych (WR) i lotnictwa myśliwskiego (LM) w systemie obrony powietrznej w działaniach zależy od wielu czynników. Jedne z nich bezpośrednio wpływają na rezultaty działań bojowych uwarunkowane ilościowym posiadaniem sił i środków oraz ich możliwościami. Drugie dotyczą przygotowania do działań i dowodzenia wojskami - mają one wpływ na stopień wyzyskania ich możliwości bojowych. W drugiej grupie czynników ważne miejsce zajmuje zabezpieczenie ciągłego i operatywnego dowodzenia wojskami obrony powietrznej podczas wykonywania zadań w warunkach działań bojowych. Między innymi dotyczy to: stawiania w jak najkrótszym czasie sił i środków wojsk raketowych i lotnictwa myśliwskiego w odpowiedni stopień gotowości bojowej

celem wykonania postawionych zadań bojowych; wskazywania i przydzielania celów powietrznych dywizjom raketowym oraz naprowadzania samolotów myśliwskich na cele powietrzne. Powyższe zadanie realizowane jest na podstawie informacji o sytuacji powietrznej z podsystemu radiolokacyjnego. W związku z tym jakość dowodzenia i oczekiwane rezultaty działań bojowych zależą od stopnia zaspokojenia wymagań dotyczących ilości i wartości informacji, co z kolei zależy między innymi od przyjętego wariantu ugrupowania bojowego wojsk radiotechnicznych.

W ogólnym ujęciu, na efektywność systemu informacyjnego, oprócz ilości, istotny wpływ ma wartość informacji wykorzystywanej w systemie.

W odniesieniu do systemu obrony powietrznej podstawowym zadaniem bojowym środków walki jest obezwładnianie celów powietrznych działających w ich strefach rażenia. Przy czym przez obezwładnianie należy rozumieć takie uszkodzenie, przy którym cel nie jest w stanie wykonać swojego zadania bojowego.

Każde oddziaływanie systemu wykonawczego na cel powietrzny powinno być poprzedzone działaniami systemu rozpoznania w zakresie wydania informacji o sytuacji powietrznej, o jakości zapewniającej skuteczne wykonanie wszystkich zadań siłami w systemie obrony powietrznej. Dla zabezpieczenia radiolokacyjnego działań bojowych środków walki konieczne jest spełnienie podstawowego wymagania: wydanie takiej informacji o obiektach powietrznych, której ilość i wartość zapewni pełną realizację ich możliwości w zakresie maksymalnej liczby ostrzelanych celów (przez LM i WR w systemie OP) za okres nalotu. Wówczas efektywność użycia bojowego wojsk radiotechnicznych, analogicznie jak

efektywność wojsk raketowych i lotnictwa myśliwskiego można oceniać według stopnia zgodności realnych możliwości wojsk radiotechnicznych w zakresie wydania informacji o obiektach powietrznych z wymaganą jakością i ilością informacji o obiektach, które mogą być zniszczone przez system wykonawczy.

Kryterium oceny efektywności użycia bojowego wojsk radiotechnicznych (K_{WRt}) można przedstawić na podstawie wyrażenia:

$$K_{WRt} = \begin{cases} \frac{M_{WRt}}{N_z}, & \text{przy } M_{WRt} < N_z \\ 1 & \text{przy } M_{WRt} \geq N_z \end{cases}$$

gdzie: $M_{WRt} = \sum_{j=1}^{iz} P_{WRtj}$

P_{WRt} - prawdopodobieństwo wydania informacji o każdym j-tym celu z wymaganą jakością;

M_{WRt} - ilościowe możliwości wydania informacji o wymaganej jakości;

N_z - zadana liczba celów do ostrzelania przez przeciwlotnicze zestawy raketowe lub samoloty myśliwskie.

Kryterium K_{WRt} jest zgodne w formie i w treści z kryterium efektywności systemu OP (E_{OP}). W wyniku tego można ocenić wpływ efektywności różnych wariantów użycia bojowego WRt na efektywność działań bojowych środków walki:

$$E_{OP}^{WRt} = K_{WRt} \cdot E_{OP}$$

gdzie:

E_{OP}^{WRt} - efektywność działań bojowych WR, LM i pododdziałów zakłóceń w systemie obrony powietrznej z uwzględnieniem przyjętego wariantu użycia bojowego WRt.

Kryterium K_{WRt} (w tym wypadku jako współczynnik) charakteryzuje stopień realizacji oczekiwanych wyników działań bojowych. Jakość informacji o sytuacji powietrznej w systemie OP można określić na podstawie wskaźników prawdopodobieństwa, do których między innymi można zaliczyć: terminowość wykrywania celów i przekazywania informacji o nich - oznacza wykrywanie obiektów odpowiednio przed potrzebną rubieżą informacji radiolokacyjnej - może być oceniana wskaźnikiem prawdopodobieństwa terminowego wykrywania każdego celu; ciągłość śledzenia celu, rozumiana jako ciągłe obserwowanie radiolokacyjne każdego wykrytego obiektu w czasie wymaganym dla wykonania zadań naprowadzania - oceniana na podstawie wskaźnika prawdopodobieństwa ciągłego śledzenia każdego celu; dokładność informacji, będącą wielkością błędu określania współrzędnych położenia każdego wykrytego i śledzonego obiektu powietrznego - oceniana na podstawie wskaźnika prawdopodobieństwa określania współrzędnych położenia celu z zadaną dokładnością; pełność informacji - obejmuje wydanie danych z ustaloną dyskretnością i oceniana jest na podstawie wskaźnika prawdopodobieństwa "obsługiwania" każdego celu.

Wymienione wskaźniki prawdopodobieństwa określające jakość informacji, a także współczynniki K_{WRt} i M_{WRt} w każdym wariancie użycia bojowego wojsk radiotechnicznych zależą od następujących czynników: charakteru działań przeciwnika powietrznego; możliwości bojowych różnych typów przeciwlotniczych zestawów raketowych i samolotów myśliwskich; poziomu przygotowania zmian bojowych stanowisk dowodzenia związków, oddziałów wojsk raketowych i lotnictwa myśliwskiego; ugrupowania bojowego wojsk radiotechnicznych i parametrów strefy informacji radiolokacyjnej; odporności na zakłócenia środków rozpoznania radiolokacyjnego; żywotności ugrupowań bojowych wojsk radiotechnicznych w warunkach ogniowego oddziaływania przeciwnika.

Z powyższego wynika, że aby zapewnić wykorzystanie wojsk w największym zakresie możliwości czasowo-przestrzennych środków walki, wymagane są odpowiednie wartości wskaźników możliwości bojowych systemu radiolokacyjnego, przede wszystkim w zakresie odległości wykrycia celu powietrznego, dokładności wskazania miejsca znajdowania się celu w przestrzeni (dokładności naprowadzania na cel), a także dyskretności i opóźnienia przekazywania informacji.

Wymagania dotyczące *ilości wydawanej informacji o celach powietrznych* (liczby jednocześnie śledzonych celów (tras) powietrznych), o wymaganej jakości, można określić w oparciu o dokonane obliczenia podczas badania zależności efektywności dowodzenia od liczby śledzonych celów przez podsystemy taktycznego i operacyjno-taktycznego szczebla dowodzenia w oparciu o przyjęte wzory. Przy obliczaniu wzięto

pod uwagę, że maksymalna liczba celów powietrznych, o których została wydana informacja radiolokacyjna o wymaganej jakości i z dyskretnością $t_D = 10s$ (dyskretność określona jest możliwościami w tym zakresie zestawów automatyzacji). Ponadto przyjęto: ilość $In = 20, 40, i 60$ celów przyjętych (zebranych) - dla szczebla taktycznego oraz , 120, 160 i 200 celów - dla szczebla operacyjno - taktycznego; $Bo = 0,8$.

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań można wnioskować, że w celu zapewnienia efektywności dowodzenia w przedziale (0,8 - 0,9) E_{max} należałoby osiągnąć możliwości szczebla dowodzenia w zakresie liczby jednocześnie śledzonych celów / tras / powietrznych, o których może być wydawana informacja z wymaganą jakością /o dyskretności - 10 s/ : na szczeblu taktycznym - minimalnie - 64, a najbardziej korzystnie - ok. 120 celów; na szczeblu operacyjno-taktycznym minimalnie - 200, a najbardziej korzystnie - ok. 300 celów. Pozwoliłoby to zmniejszyć / jak wskazują wyniki przeprowadzonych obliczeń / opóźnienie informacji radiolokacyjnej na szczeblu taktycznym - prawie trzykrotnie i prawie dwukrotnie - na szczeblu operacyjno-taktycznym, natomiast ogólny błąd informacji radiolokacyjnej / dokładność / spowodowany czasem ekstrapolacji, czasem opóźnienia i dyskretnością przekazywania / - prawie dwukrotnie na powyższych szczeblach dowodzenia. Można przypuszczać, że w wyniku zwiększenia możliwości wydawania ilości informacji radiolokacyjnej, nastąpiłby wzrost efektywności działań bojowych wojsk raketowych i lotnictwa myśliwskiego,

Ograniczenia ilościowe w wydawaniu informacji mają znaczny wpływ na wielkość czasu dowodzenia (rys. 8) W przypadku otrzymania dużej ilości informacji z odpowiednich źródeł, spowodują zwiększenie się czasu dowodzenia T_{DOW} . To spowodowane będzie zwiększonym czasem opracowania informacji i utrudnioną analizą sytuacji powietrznej. Z analizy wyników obliczeń wynika, że na realizację dowodzenia (wypracowania decyzji), najmniej czasu potrzebować będą stanowiska dowodzenia wyposażone w podsystemy automatyzacji o możliwościach w zakresie liczby jednocześnie śledzonych celów powietrznych (wydania informacji z wymaganą jakością) równej lub większej od liczby celów otrzymanych do opracowania. Czas ten (T_{DOW}) będzie wynosił -w przedziale - (0,04 - 0,16) T_{DYS} (czasu dysponowanego). Natomiast stanowiska dowodzenia o mniejszych możliwościach (mniejszych od liczby celów opracowywanych) będą musiały dysponować czasem na realizację dowodzenia - ok. 0,5 T_{DYS} , czyli kilku - kilkunasto krotnie dłuższym, co jest nie do przyjęcia.

Wymagane jest, żeby podsystemy zautomatyzowanego dowodzenia cechowały się *dokładnością wydawanej informacji* (δ_{xy}) odpowiadającą dokładności określania współrzędnych przez stacje radiolokacyjne - niezależnie od szczebla dowodzenia.

W praktyce *dokładność ekstrapolacji* przyjmuje wartości od 1,2 do 2,4 km przy czasie ekstrapolacji od 10 do 60 s. Z przeprowadzonych badań wynika, że są one zbyt duże i wymagana jest ich minimalizacja.

Dyskretność wydawania informacji, oprócz ilości zebranej informacji, w znacznej mierze zależy od możliwości podsystemu w zakresie ilości jednoczesnego śledzenia tras (celów).

Badania potwierdziły iż ilość wydawanej informacji, jest ograniczona możliwościami podsystemu w tym zakresie, szczególnie obowiązującą dyskretnością (10s). Przekraczanie możliwości ilościowych danego zestawu powoduje obniżenie jakości wydawanej informacji i wzrost czasu dowodzenia poprzez między innymi zmianę jej dyskretności (cyklu opracowywania). Potwierdzają to wyniki obliczeń zależności dyskretności ilości zbieranej informacji i ilościowych możliwości jej opracowania przez podsystemy automatyzacji. Dyskretność zmienia się zależnie od ilości zebranej informacji (I_{zb}) do opracowania. Gdy ilość jej jest porównywalna z możliwościami ilościowymi podsystemu (I_m), wielkość dyskretności odpowiada ustalonej (w tym przypadku - 10 s). Gdy ilość zbieranej informacji będzie się zwiększała ($I_{zb} > I_m$), dyskretność będzie się zwiększała i tak: przy $I_{zb} = 40$, dla zestawów o możliwościach - $I_m = 18; 32; 64$, dyskretność odpowiednio będzie wynosiła - 33, 13 i 7 s, oraz przy $I_{zb} = 160$, dla zestawów o możliwościach - $I_m = 80; 120; 160; 300$, dyskretność będzie wynosiła - 49, 38, 10 i 6. To potwierdza poprzednio postawiony wniosek, że na poszczególnych szczeblach dowodzenia wymagane jest rozwinięcie zestawów automatyzacji o możliwościach ilościowych opracowania informacji znacznie przewyższających spodziewaną liczbę środków napadu powietrznego przeciwnika i własnych znajdujących się w danej strefie (sektorze) odpowiedzialności - przede wszystkim w celu nie pogarszania ustalonej dyskretności

informacji, a przez to nie zwiększania czasu na podjęcie decyzji (czasu dowodzenia) i czasu opóźnienia dostarczanej informacji.

Podczas prowadzenia walki z przeciwnikiem powietrznym osłona obiektów przed niszczącym oddziaływaniem ŚNP przeciwnika będzie skuteczna, jeżeli środki walki oddziałujące na nie wykonują zadanie przed wejściem ŚNP do rubieży wykonania zadania (ataku).

Celem działania systemu OP jest obezwładnianie ŚNP przeciwnika przed ich dolotem do rubieży wykonania zadania (RWZ). Stąd warunkiem koniecznym wykonania zadania przez podsystem radiolokacyjny jest spełnienie nierówności:

$$T_{DYS} \geq T_{CID}$$

gdzie:

T_{DYS} / T_{DOW} / - czas trwania cyklu informatyczno-decyzyjnego

$$T_{CID} = t_{op} + t_{got} + t_{pd} \quad / 8 /$$

gdzie:

t_{op} - czas opóźnienia informacji, obejmujący czas przejścia informacji wtórnej powiadamiania na pierwotną i czas obiegu informacji;

t_{pd} - czas potrzebny na podjęcie decyzji;

t_{got} / $t_{g.boj.}$ / - czas potrzebny na osiągnięcie wyższych stopni gotowości bojowej przez pododdział (ZT) radiotechniczny.

Z powyższego wynika, że wymagane jest: z jednej strony minimalizacja czasu trwania cyklu informacyjno-decyzyjnego podsystemu radiolokacyjnego poprzez skrócenie czasu obiegu informacji, osiągnięcie wyższych stopni gotowości bojowej oraz podejmowanie decyzji, z drugiej - maksymalizacja czasu dolotu (dysponowanego) poprzez zwiększenie strefy rozpoznania radiolokacyjnego (SRR) na kierunkach spodziewanego nalotu (zwiększenie zasięgu wykrywania celów powietrznych), skrócenie czasu (tg.b) na doprowadzenie informacji do stanowisk dowodzenia oraz ustalenie dopasowanej dyskretności przekazywania informacji radiolokacyjnej.

Na podstawie dostępnej literatury można sądzić, że dowodzenie wojskami w systemie OP, w toku działań bojowych może być realizowane w warunkach niepełnej informacji o zamiarze i stanie sił przeciwnika i własnych. Stąd też jednym z celów dowodzenia będzie zapewnienie ciągłej gotowości bojowej wojsk, maksymalne wykorzystanie możliwości bojowych sił i środków w systemie OP w bitwach i walkach z przeciwnikiem.

3. MODEL FORMALNY PROCESU IDENTYFIKACJI OBIEKTÓW POWIETRZNYCH [13]

Z formalnego punktu widzenia, proces identyfikacji możemy określić jako funkcję, która każdemu rozpoznawanemu obiektowi przypisuje nazwę (numer) klasy (typu), do jakiej ten obiekt należy:

$$A : D \rightarrow I \cup \{i_0\},$$

gdzie:

D - zbiór rozpoznawanych obiektów,

I - zbiór numerów klas (typów), do których mogą należeć obiekty,

i_0 - brak odpowiedzi (identyfikacja "nie wiem").

Do takiej identyfikacji niezbędne jest określenie w zbiorze obiektów D relacji równoważności, która dzieli ten zbiór na rozłączne klasy $\{D^i\}$, odpowiadające poszczególnym typom obiektów powietrznych. Wprowadzenie takiej klasyfikacji umożliwia konkretne wskazywanie typów obiektów (klasy są rozłączne), a możliwa jest przy tym sytuacja, że wskazujemy nie jedną klasę (typ), lecz ich zbiór, co można zapisać formalnie:

$$A : D \rightarrow 2^I.$$

Proces rozpoznawania obiektów powietrznych można podzielić na etapy. Są nimi:

a) recepcja (określanie wartości cech obiektu na podstawie jego obrazu),

b) wyznaczanie funkcji przynależności (określanie "mocy" przynależności rozpoznawanego obiektu do poszczególnych klas (typów)),

c) podejmowanie decyzji (określanie klasy (typu) lub zbioru klas (typów), do których należy rozpoznawany obiekt).

Proces rozpoznawania można więc formalnie zapisać jako złożenie trzech funkcji:

$$A = F \bullet C \bullet B,$$

gdzie: $B: D \rightarrow X,$

$$C: X \rightarrow R^L,$$

$$F: R^L \rightarrow I \cup \{i_0\} \text{ lub } F: R \rightarrow 2^I.$$

Funkcja B opisuje recepcję cech, funkcja C określanie przynależności do poszczególnych klas (typów), a funkcja F - podejmowanie decyzji o przynależności.

3.1. Recepcja cech

Recepcja (określanie wartości) cech odbywa się w odniesieniu do obiektów d należących do zbioru obiektów D . Każdy z obiektów opisywany jest za pomocą wektora cech \mathbf{x} , zawierającego wartości poszczególnych cech:

$$\mathbf{x} = \langle x_1, x_2, \dots, x_n \rangle.$$

Wektory cech tworzą przestrzeń cech X . Wartości cech nie muszą być przy tym liczbami. Poszczególne cechy mogą więc być wartościowane nie tylko ilościowo (na przykład: liczba silników - 2), ale także:

- jakościowo: np. napęd ze zbioru {odrzutowy, śmigłowy, wirnikowy, inny},

- binarnie: np. wykonanie w technologii stealth - tak/nie.

Takie przedstawienie etapu recepcji cech zawiera pewne uproszczenia. Wszak z obrazu każdego obiektu można wyodrębnić niemal nieskończenie wiele cech. Nie czyni się tego jednak z co najmniej kilku powodów:

a) wyodrębnianie (nadawanie wartości) wielu cech jest bardzo czasochłonne,

b) wykonanie następnego etapu rozpoznawania (określenia przynależności do poszczególnych klas) może być niepotrzebnie skomplikowane (a co za tym idzie - czasochłonne) przez nadmiar cech obiektów,

c) do identyfikacji wystarczy bardzo często niewielki zbiór, tym bardziej, gdy zakładamy możliwość wskazywania nie jednej klasy (typu) obiektów powietrznych, lecz zbioru klas (typów).

Pewnym rozwiązaniem problemu nadmiaru cech jest koncepcja etapowej identyfikacji obiektów powietrznych. Zakłada się w niej, że pierwszą próbę identyfikacji podejmuje się w oparciu o ustalone wartości niewielu cech, a w przypadku niemożności dokonania identyfikacji ekstrahuje się i dodaje do zbioru cech kolejną. Takie postępowanie nosi miano rozpoznawania etapowego, a recepcję można w takim przypadku zapisać formalnie jako:

$$B^e : D \rightarrow 2^X.$$

Jak widać z powyższego, bardzo istotnym staje się problem, jak dobierać cechy identyfikacyjne (mimo, że taki dobór - a więc rezygnacja z określania wartości niektórych cech - prowadzi na ogół do utraty części informacji możliwych do uzyskania z analizowanego obrazu). Na to, niestety, nie znaleziono do tej pory wystarczająco precyzyjnej odpowiedzi. Metody matematyczne nie dają się tu zastosować. Próby formalizacji tej czynności spełzły, jak dotychczas, na niczym.

Nie można jako bardzo formalną ocenić zasady Brawermanna, która mówi że:

"Cechy obiektów powinny być tak dobrane, by punkty x odpowiadające obiektom d należącym do jednej klasy tworzyły zwarte skupiska, możliwie oddalone od skupisk dla innych klas".

Zasada powyższa stanowi postulat, mówiący ni mniej ni więcej o tym, że dobierając cechy powinniśmy dokonywać tego tak, aby obiekty jednej klasy (typu) miały jak najbardziej zbliżone do siebie wartości cech, a przy tym aby wartości cech obiektów jednej klasy różniły się wyraźnie od wartości cech obiektów innych klas.

Jak wynika z przedstawionych rozważań, problem doboru cech jest z jednej strony bardzo istotny, z drugiej zaś - nie ma formalnych metod selekcji cech. Stąd wielką rolę odgrywa tu przygotowanie i doświadczenie osoby (eksperta) dokonującej doboru cech będących podstawą identyfikacji obiektów powietrznych. Błędy popełnione przy ustalaniu cech identyfikacyjnych ujawniane są na ogół dopiero po zbudowaniu narzędzia (systemu) wspomagającego i poprawienie tych uchybień wymaga wielkiego nakładu pracy, a co za tym idzie - kosztów, a ponadto istotnie opóźnia wdrożenie narzędzia do użytku.

Roli człowieka-eksperta w doborze cech nie sposób przecenić. Wykorzystanie eksperckiej metody badań (w połączeniu z analizą wcześniejszych doświadczeń w tym względzie) jest obecnie jedyną możliwością rozwiązania problemu doboru cech charakterystycznych do identyfikacji obiektów powietrznych.

3.2. Określanie przynależności

Określanie funkcji przynależności służy wartościowaniu „mocy” należenia obiektu do poszczególnych klas (im większa wartość funkcji przynależności, tym bardziej wiarygodne jest należenie obiektu do danej klasy). Wartości funkcji przynależności obiektu d ustalane są na podstawie wektora jego cech \mathbf{x} :

$$C^i(\mathbf{x}), i=1, \dots, L.$$

Funkcje $C^i(\mathbf{x})$ określają miarę przynależności obiektu charakteryzowanego wektorem cech \mathbf{x} do klasy D^i . Prawidłowy dobór funkcji C^i zależy od doświadczenia twórcy systemu do rozpoznawania obiektów i od przeprowadzonych przez niego eksperymentów. Nie określono dotąd formalnie jak wyznaczać funkcje C^i . Formuluje się, co prawda, postulaty w rodzaju:

„Dla wszystkich d^k z klasy i^k wartość $C^{ik}(\mathbf{x}^k)$ powinna być większa od wszystkich pozostałych wartości $C^i(\mathbf{x}^k)$ dla $i \neq i^k$ ”.

Powyższy postulat oznacza dążenie do takiego doboru funkcji przynależności, aby wartość funkcji dla klasy, do której rzeczywiście należy obiekt była większa niż wartości funkcji przynależności tego obiektu do pozostałych klas. Sformułowanie to odpowiada naszej intuicji i nie budzi sprzeciwu. Jednak praktyczna realizacja tego postulatu następuje z dużymi trudnościami i praktyka projektanta systemu jest tu często niewystarczająca.

W przypadku jednoetapowego podejmowania decyzji o przynależności obiektu funkcja przynależności opisana jest zależnością:

$$C: X \rightarrow R^L.$$

Przy rozpoznawaniu etapowym w ustalania funkcji przynależności mogą być uwzględniane nie wszystkie lecz tylko wybrane cechy:

$$C: 2^X \rightarrow R^L,$$

więc w efekcie możemy ograniczyć obliczenia, ale zysk czasowy na takiej operacji w przypadku wyznaczania funkcji przynależności nie jest istotny, jak w wypadku recepcji cech.

3.3. Podejmowanie decyzji o identyfikacji

Podjęcie decyzji identyfikacji jest ostatnim etapem rozpoznawania. Na tym etapie następuje wskazanie klasy (typu) rozpoznawanego obiektu (albo podjęcie decyzji o niemożliwości wskazania rozpoznania). Podjęcie decyzji odbywa się na podstawie wyznaczonych w poprzednim etapie wartości funkcji przynależności do poszczególnych klas. Zazwyczaj podjęcie decyzji odbywa się na podstawie poniższej zależności:

$$\exists (\mathbf{x} \in X): \{ [F((C^1(\mathbf{x}), C^2(\mathbf{x}), \dots, C^L(\mathbf{x}))=i) \equiv \forall (\eta \in I, \eta \neq i): C^\eta(\mathbf{x}) < C^i(\mathbf{x})] \}.$$

Powyzsza zależność wyraża dążenie do wskazania takiej klasy (do której należy rozpoznawany obiekt), dla której wartość funkcji przynależności jest największa. Pozostaje jednak problem, kiedy podjąć decyzję o niemożliwości wskazania klasy (decyzja i_0). Może się to odbywać na kilka sposobów, na przykład:

1) gdy możliwa do wskazania klasa (typ) obiektu nie przeważa nad pozostałymi klasami o co najmniej wartość ε :

$$\exists (\eta \in I, \eta \neq i_0): [C^\eta(\mathbf{x}) \leq C^{i_0}(\mathbf{x})] \wedge \forall (\nu \in I): [C^\nu(\mathbf{x}) - C^\eta(\mathbf{x}) < \varepsilon];$$

2) gdy wartości funkcji przynależności dla możliwej do wskazania klasy nie osiągają co najmniej ustalonej wartości ε :

$$\exists (\eta \in I, \eta \neq \mu): [C^\eta(\mathbf{x}) \leq C^\mu(\mathbf{x})] \wedge C^\mu(\mathbf{x}) < \varepsilon;$$

3) gdy wartość funkcji przynależności do danej klasy jest nieproporcjonalnie mała w stosunku do sumy wartości funkcji przynależności do innych klas:

$$\exists (\eta \in I, \eta \neq \mu): [C^\eta(\mathbf{x}) \leq C^\mu(\mathbf{x})] \wedge [(C^\mu(\mathbf{x}) / \sum C^\eta(\mathbf{x})) < (1 / (1 + L\varepsilon))].$$

Oczywiście w wielu praktycznych problemach nie jest konieczne (a tym bardziej możliwe) wskazanie tylko jednej klasy, do której należy obiekt. Cennym jednak rozwiązaniem jest nawet zawężenie całego zbioru możliwych klas do niewielu z nich. Dopuszczamy więc taką sytuację, że jako odpowiedź na pytanie o klasę, do której należy obiekt, podamy zbiór klas (np. kilka):

$$I^d = \{\mu: \mu \in I \wedge C^\mu(\mathbf{x}) > \varepsilon\}.$$

W warunkach rozpoznawania etapowego funkcja decyzyjna powinna mieć poniższą postać:

$$F^e: R^L \rightarrow I \cup \{i_o, i_e\}.$$

W powyższej zależności symbol i_o wskazuje na niemożliwość podjęcia decyzji o rozpoznaniu (niemożliwość podania klasy obiektu), natomiast i_e odpowiada decyzji: „brak możliwości rozpoznania, zmierz następną cechę, ponów próbę rozpoznania”.

3.4. Klasyfikacja metod rozpoznawania obiektów powietrznych

Metod rozpoznawania obiektów jest bardzo wiele. Aby je sklasyfikować, można przyjąć za kryteria sposób realizacji kolejnych etapów rozpoznawania (recepja, wyznaczanie funkcji przynależności, podejmowanie decyzji). Oczywiście, klasyfikacja taka jest jedynie pomocnicza, gdyż każda z metod rozpoznawania obiektów składa się z trzech etapów, więc liczba klas metod jest iloczynem liczb klas w poszczególnych etapach (z poniżej przedstawionego podziału wynika, że może ich być kilkaset).

Biorąc pod uwagę recepje cech, metody rozpoznawania obiektów można podzielić na:

- dostarczające cech ilościowych,
- dostarczające cech jakościowych,
- dostarczające cech opisowych,
- dostarczające cech binarnych.

Uwzględniając funkcje przynależności, wśród metod rozpoznawania obiektów można wyróżnić:

- metody z uczeniem (gdzie skonstruowany system jest uczony rozpoznawania - w trakcie tego uczenia jest budowana funkcja przynależności jako, której argumentami są wartości wyekstrahowanych cech; musi się to odbywać zawsze w etapie budowy systemu, a może także w trakcie eksploatacji systemu - na podstawie danych wprowadzanych przez użytkowników);

- metody z gotową funkcją przynależności (gdy funkcja ta jest wprowadzana do systemu w etapie jego konstruowania i nie musi być w ogóle modyfikowana w trakcie jego dalszej eksploatacji);
- metody heurystyczne (w ich przypadku funkcja przynależności nie jest podawana w sposób jawny, a określanie funkcji przynależności odbywa się z wykorzystaniem intuicji - jest tu duże pole do popisu dla ekspertów).

Metody z uczeniem można poddać dalszej klasyfikacji. Wśród metod tych wyróżniamy:

- metody z nauczycielem (gdy proces wyznaczania funkcji przynależności nadzoruje człowiek),
- metody bez nauczycielka (gdy udział człowieka w ustalaniu funkcji przynależności nie jest konieczny, a zamiast tego wykorzystuje się wzorce lub ciąg uczący).

Najszersza klasyfikacja dotyczy metod podejmowania decyzji. Obejmują one między innymi:

- metody całościowe (gdy pod uwagę brane są tylko wartości poszczególnych cech rozpoznawanych obiektów),
- metody strukturalne (w wypadku, kiedy analizie poddawane są nie tylko cechy obiektów, ale również relacje (związki) między elementami obiektów).

Wśród metod całościowych (w zależności od przewidywanych wariantów podejmowanych decyzji) wyróżnia się:

- metody jednoznaczne (dopuszcza się tylko jedną decyzję - obiekt należy do konkretnej klasy): $F: R^L \rightarrow I$;
- metody przewidujące odmowę rozpoznania (nieumiejętność podjęcia decyzji o przynależności obiektu): $F: R^L \rightarrow I \cup \{i_0\}$;

- metody wielowariantowe (dopuszczające wskazanie nie jednej klasy, lecz zbioru klas, do których może należeć rozpoznawany obiekt): $F: R^L \rightarrow 2^I$.

Metody całościowe można poddać także innej klasyfikacji:

- metody etapowe (gdy pod uwagę są brane nie wszystkie cechy od razu, lecz liczba cech jest zwiększana w wypadku niemożliwości podjęcia decyzji o przynależności obiektu na podstawie już uwzględnionych cech);
- metody totalne (zakładające branie pod uwagę wszystkich cech obiektu jednocześnie).

Powyższe rozważania o formalnych metodach rozpoznawania obiektów powietrznych warto zakończyć następującą uwagą. Rozpoznawanie obiektów może mieć na celu:

- identyfikację obiektu (wskazanie przynależności obiektu do wcześniej wyróżnionych i ustalonych klas),
- grupowanie obiektów (wprowadzenie w danym zbiorze obiektów klasyfikacji - podzielenie zbioru na rozłączne klasy).

Oba powyższe zadania mogą mieć zastosowanie w wypadku rozpoznawania obiektów powietrznych, a o tym, które z nich będzie rozwiązywane, decyduje cel rozpoznawania.

4. ZASTOSOWANIE SIECI NEURONOWYCH W ROZPOZNAWANIU OBIEKTÓW POWIETRZNYCH

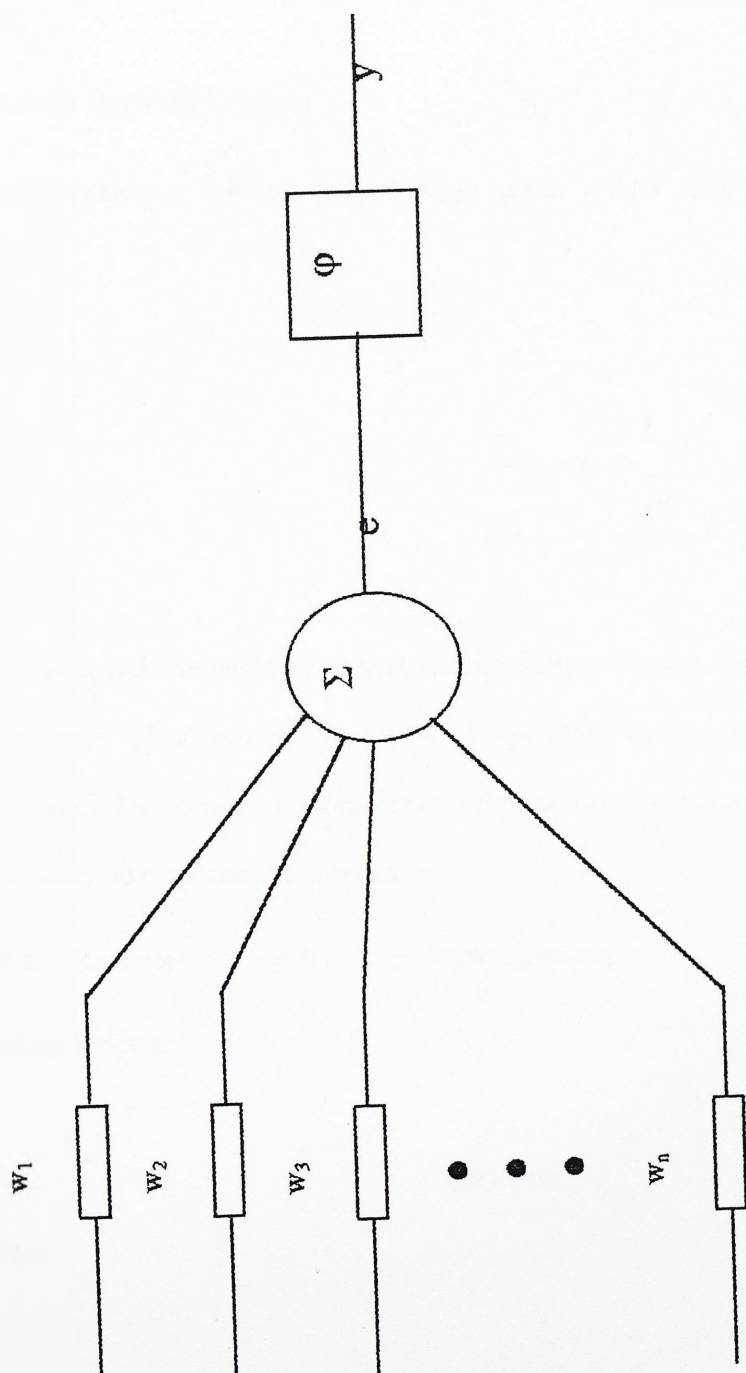
Przedstawione w poprzednim punkcie metody rozpoznawania obiektów powietrznych należą do metod „klasycznych”. Współczesne badania w zakresie sztucznej inteligencji dostarczyły nowych narzędzi. Są nimi sieci neuronowe, których właściwości (m.in. zdolność do równoległego przetwarzania informacji, możliwość uczenia) predestynują je do zastosowania w systemach identyfikacji.

4.1. Charakterystyka podstawowych właściwości sieci neuronowych

Sieć neuronowa to model mózgu ludzkiego. Teoria sieci neuronowych jest wynikiem prac prowadzonych w bionicznym kierunku badań nad sztuczną inteligencją. Sieć neuronowa składa się z wielu jednakowych elementów przetwarzających informacje. Elementy te nazywane są neuronami. Połączenia w sieci opisywane są za pomocą tak zwanych wag, których wartości są modyfikowane w trakcie procesu uczenia sieci. Topologia połączeń oraz ich wartości wag decydują o działaniu sieci, zaś sygnały pojawiające się na jej wyjściach w odpowiedzi na sygnały wejściowe stanowią rozwiązania problemów postawionych przed siecią.

Pojedynczy element sieci (neuron) ma wiele wejść i jedno wyjście (rys. 4.1).

Sygnały wejściowe x_i ($i = 1, 2, \dots, n$) oraz sygnał wyjściowy y przyjmują wartości z założonego przedziału. Najczęściej jest to przedział $[0,1]$. Sygnał wyjściowy neuronu jest wyznaczany na podstawie sygnałów wejściowych, według zależności:



Rys. 4.1. Schemat pojedynczego neuronu

$$y = \varphi(e),$$

gdzie:

φ - funkcja aktywacji neuronu,

e - iloczyn skalarny wektora wejściowego przez wektor wag (sumaryczne pobudzenie neuronu):

$$e = \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i .$$

x_i to element wektora wejściowego, w_i jest elementem wektora wag, a n - długością wektora wejściowego. Współczynniki w_i (wagi synaptyczne) mogą ulegać modyfikacji podczas uczenia sieci. Jest to jedna z zasadniczych właściwości sieci neuronowych, stanowiąca o ich przydatności do rozpoznawania obrazów.

Do najczęściej używanych funkcji aktywacji należą:

a) funkcja liniowa:

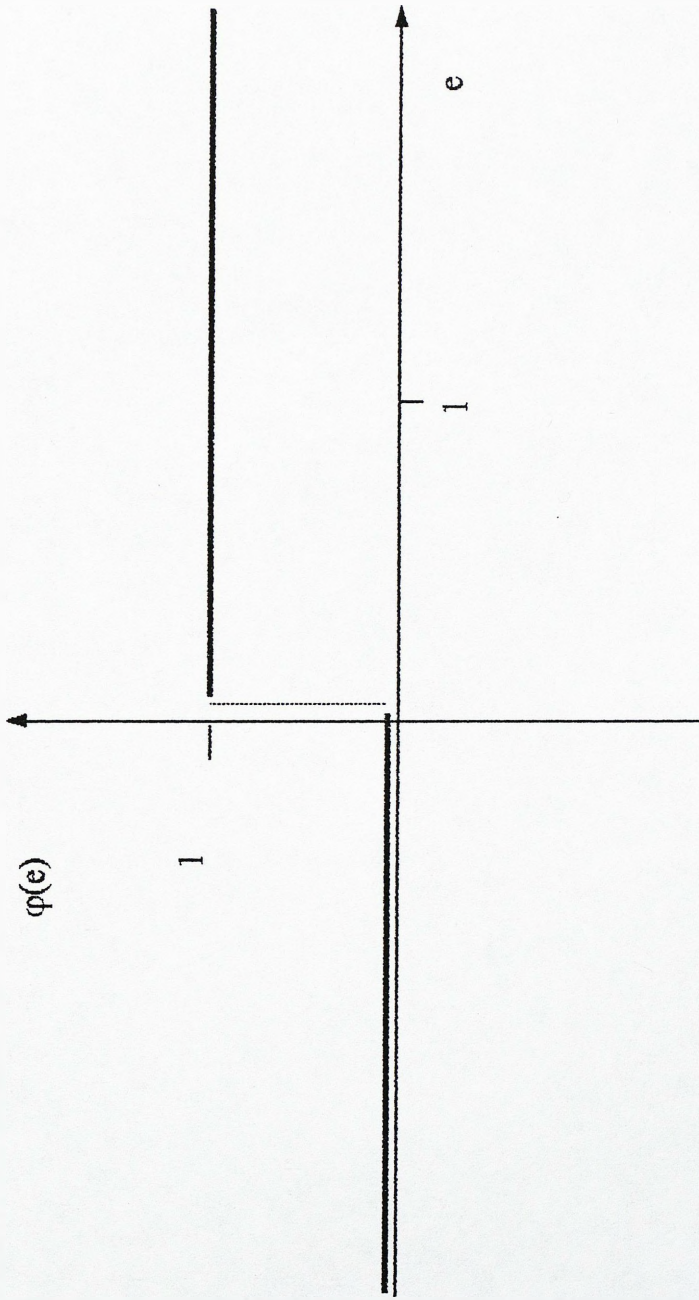
$$\varphi(e) = \beta e;$$

b) sinus:

$$\varphi(e) = \sin(\beta e);$$

c) funkcja progowa (rys. 4.2.):

$$\varphi(e) = \begin{cases} 1 & \text{gdy } e \geq 0 \\ 0 & \text{gdy } e < 0 \end{cases};$$



Rys. 4.2. Funkcja progowa

d) tangens hiperboliczny (rys.4.3.):

$$\varphi(e) = \tanh(\beta e);$$

e) funkcja logistyczna (rys. 4.4.):

$$\varphi(e) = \frac{1}{1 + \exp(-\beta e)}.$$

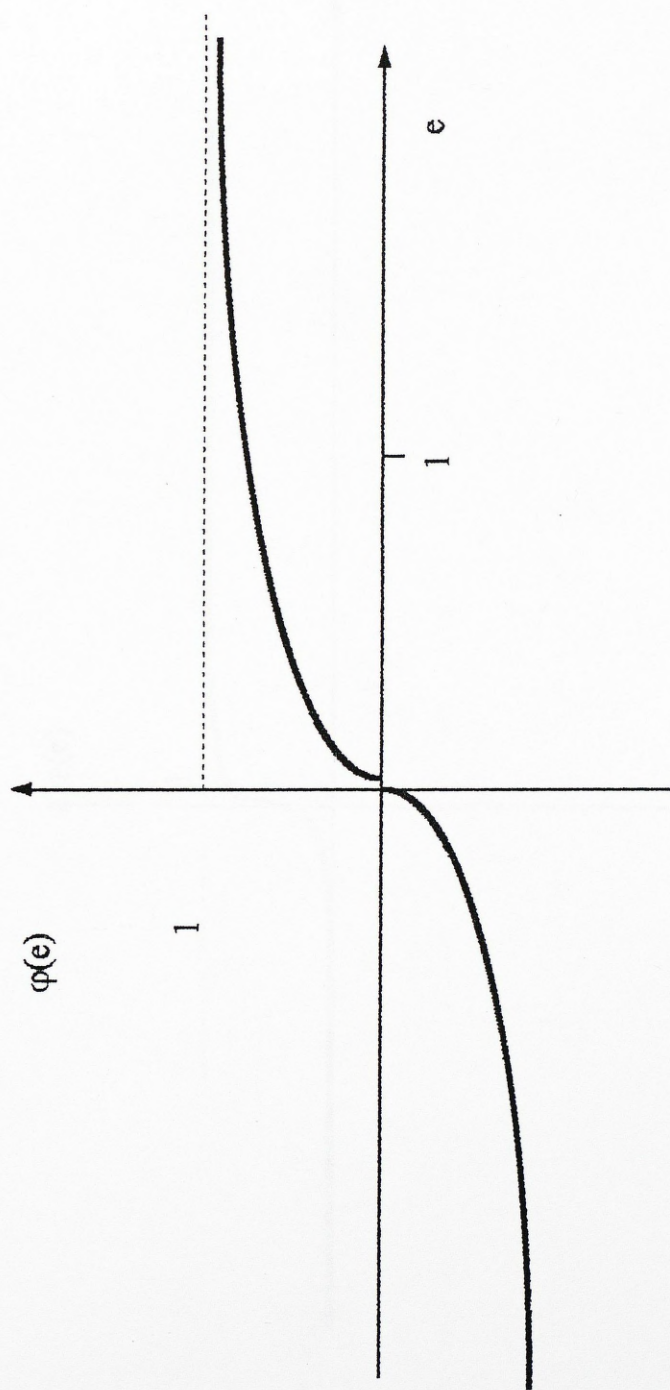
Wymienione wyżej typy funkcji aktywacji stosowane są najczęściej, choć w konkretnych zastosowaniach mogą się pojawić inne funkcje aktywacji, bardziej odpowiadające rzeczywistości.

4.2. Wybrane struktury sieci neuronowych

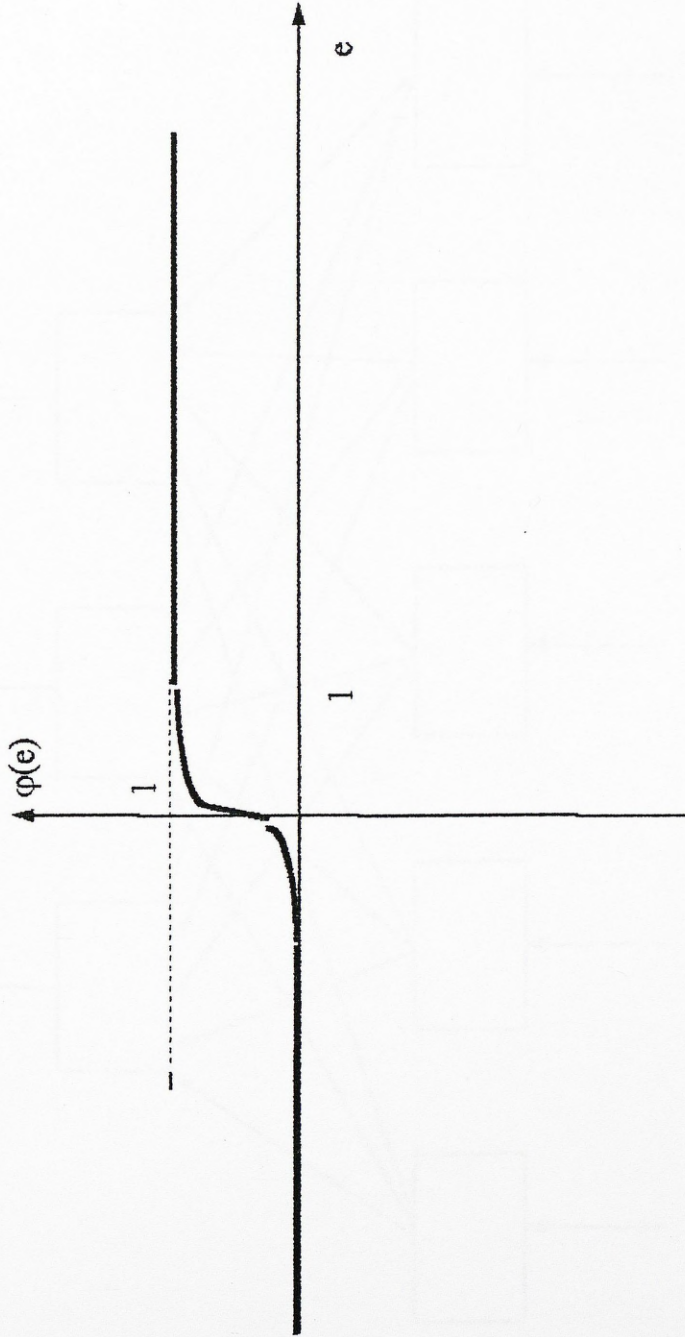
Większość współcześnie budowanych i wykorzystywanych sieci neuronowych ma budowę warstwową, przy czym ze względu na dostępność w trakcie procesu uczenia wyróżnia się warstwy: wejściową, wyjściową oraz tak zwane warstwy ukryte. Ogólnie sieci neuronowe można podzielić na: sieci jednokierunkowe, sieci ze sprzężeniem zwrotnym oraz sieci złożone (hybrydowe).

4.2.1. Sieci neuronowe jednokierunkowe

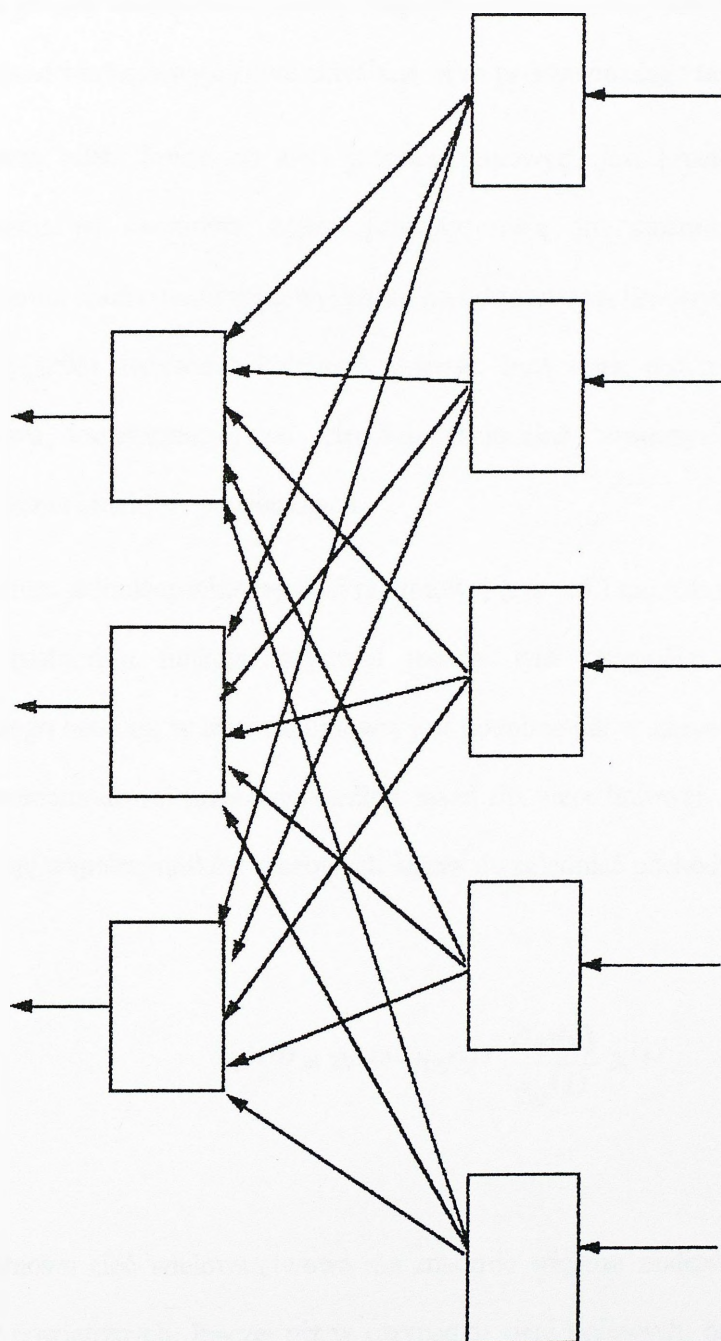
Sieci jednokierunkowe mają najprostszą strukturę. Każdy neuron sieci jest neuronem liniowym (sygnał wyjściowy wyłącznie jest sumoiloczynem sygnałów wejściowych i odpowiednich wag. W przypadku sieci liniowych (rys. 4.5.) funkcja aktywacji jest funkcją liniową (stąd nazwa sieci).



Rys. 4.3. Tangens hiperboliczny



Rys. 4.4. Funkcja logistyczna



Rys. 4.5. Przykład liniowej sieci jednokierunkowej

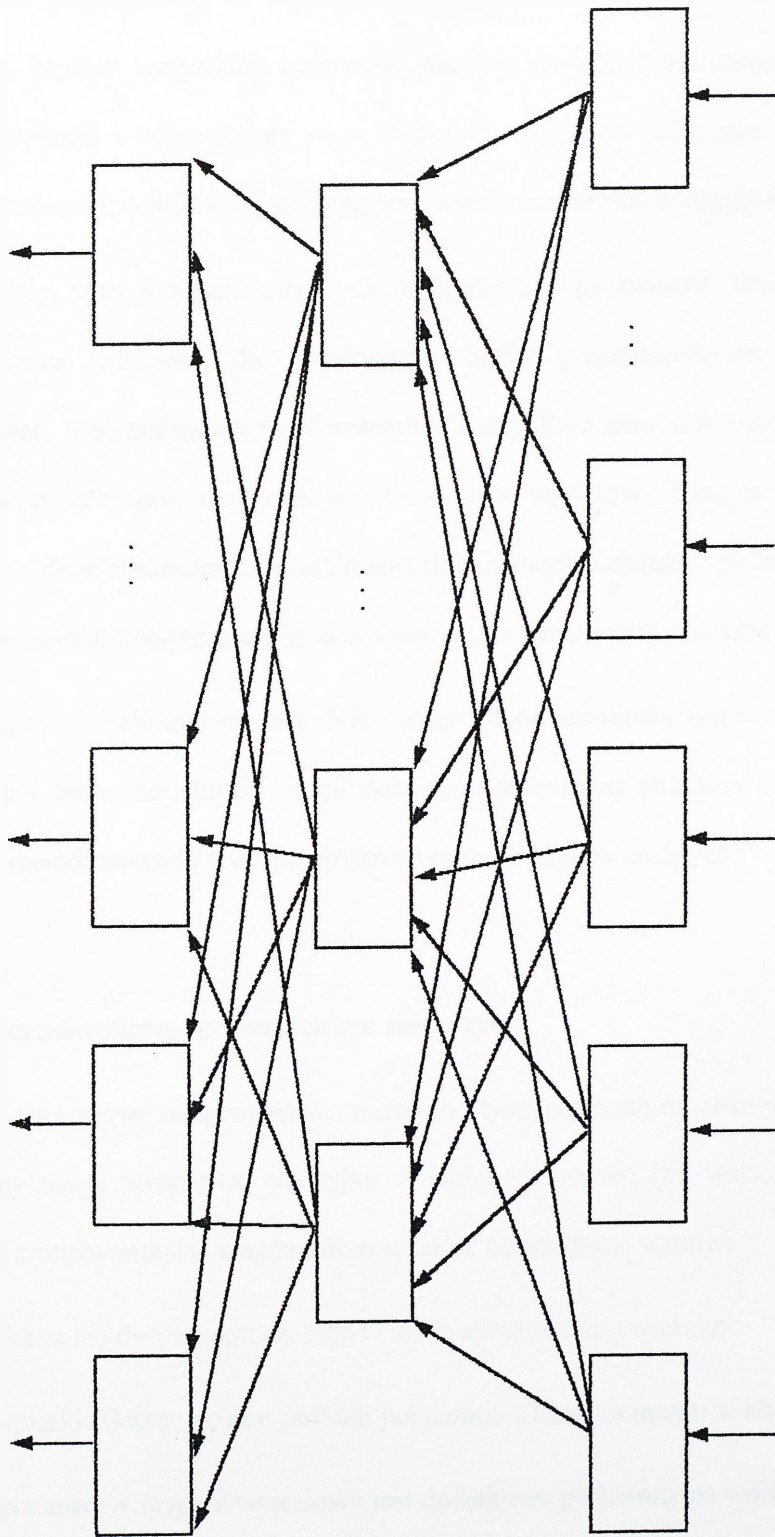
Do uczenia sieci jednokierunkowych wykorzystywana bywa najczęściej tzw. reguła Delta. Jej istota polega na zmianie wartości wag synaptycznych na podstawie błędy wyjściowego sieci. Żądane wartości wyjściowe określone są na podstawie ciągu uczącego.

Główną zaletą liniowych sieci jednokierunkowych jest prostota działania i łatwość modelowania jej neuronów. Mimo prostoty, mają one stosunkowo duże możliwości przetwarzania, choć ograniczone wyłącznie do odwzorowań liniowych. Nie pomaga również w tym wypadku dodawanie kolejnych warstw. Inną wadą jest mała odporność sieci na podstawowe transformacje, co utrudnia racjonalne wykorzystanie takich sieci do rozpoznawania obiektów powietrznych.

Struktura jednokierunkowej sieci nieliniowej (rys 4.6.) nie różni się zasadniczo od sieci liniowej (natomiast funkcja aktywacji jest w tym przypadku nieliniowa). Działanie pojedynczego neuronu w sieci nieliniowej jest podobne jak w liniowej. Uczenie nieliniowej sieci jednokierunkowej przebiega według zasad dla sieci liniowej. Jednak we wzorach na modyfikację współczynników wagowych należy uwzględnić pochodną funkcji aktywacji:

$$\mathbf{W}^{(j+1)} = \mathbf{W}^{(j)} + h d^{(j)} \frac{d\varphi(\mathbf{e})}{d\mathbf{e}^{(j)}} \mathbf{X}^{(j)}.$$

Nieliniowa sieć wielowarstwowa ma znacznie większe zastosowanie do identyfikacji obiektów powietrznych. Inaczej niż w przypadku sieci liniowych, dodanie nowych warstw umożliwia korzystanie z nowych właściwości. Dzieje się to jednak kosztem skomplikowania procesu uczenia. Chodzi tutaj głównie o przenoszenie błędów na warstwy nie związane bezpośrednio z wyjściem, dla których nie można określić błędu jako różnicy pomiędzy sygnałem oczekiwanym i otrzymanym (gdyż w ciągu uczącym są tylko wartości oczekiwane na wyjściach sieci). Problem ten rozwiązano za pomocą algorytmu wstecznej propagacji



Rys. 4.6. Przykładowa nieliniowa sieć jednokierunkowa

błędów (backpropagation). W algorytmie tym błąd każdej ukrytej warstwy wyliczany jest jako suma błędów wszystkich neuronów warstwy następnej mnożonych przez pochodną funkcji aktywacji i odpowiednie wagi. Algorytm zapewnia obliczenie błędu dla każdego neuronu w sieci i modyfikację jego wag przy użyciu standardowej reguły Delta.

Przewagą sieci jednokierunkowych nieliniowych nad sieciami liniowymi jest niemal nieograniczona zdolność do zwiększania liczby rozpoznawanych typów obiektów powietrznych. Sieć nieliniowa (o odpowiednio dużej ilości neuronów) jest w stanie dokonać dowolnego przekształcenia sygnału wejściowego w wyjściowy. Sieci te wykazują przy tym stosunkowo duże zdolności do uogólnień (klasteryzacji). Literatura podaje liczne przykłady użycia jednokierunkowych sieci nieliniowych do rozpoznawania obiektów powietrznych.

Wadą sieci nieliniowych jest duża złożoność obliczeniowa uczenia metodą wstecznej propagacji i brak formalnych metod doboru odpowiedniej struktury sieci. Brak również ogólnych metod ustalania współczynników uczenia i ciągów uczących.

4.2.2. Sieci neuronowe ze sprzężeniem zwrotnym

Sieci neuronowe ze sprzężeniem zwrotnym tym różnią się od sieci jednokierunkowych, że sygnały mogą przepływać nie tylko w jednym kierunku (od wejścia do wyjścia), ale powracać z odpowiednimi wagami do neuronów poprzednich warstw.

Wyróżnia się dwa zasadnicze typy sieci ze sprzężeniem zwrotnym:

- sieci Hopfielda (każdy neuron posiada połączenie z każdym innym w strukturze);
- sieci rezonansowe (sygnał wyjściowy jest dodatkowo podawany na wejście sieci).

W sieci Hopfielda nie wyróżnia się warstw. Każdy sygnał jest jednocześnie sygnałem wyjściowym jednego neuronu i wejściowym innego. Odpowiedź sieci następuje w wyniku ustabilizowania sygnałów w sieci.

Sieć rezonansowa składa się z dwóch warstw - pierwsza rejestruje sygnały wejściowe (cechy rozpoznawanych obiektów), druga analizuje te cechy i wypracowuje decyzje (na zasadzie „zwycięskiego” neuronu). Sieć rezonansowa jest uczona bez nauczyciela.

Głównym przeznaczeniem sieci rezonansowych jest rozpoznawanie obiektów. Mają one jednak wady. Jedną z nich jest trudność w nadzorowaniu procesu uczenia.

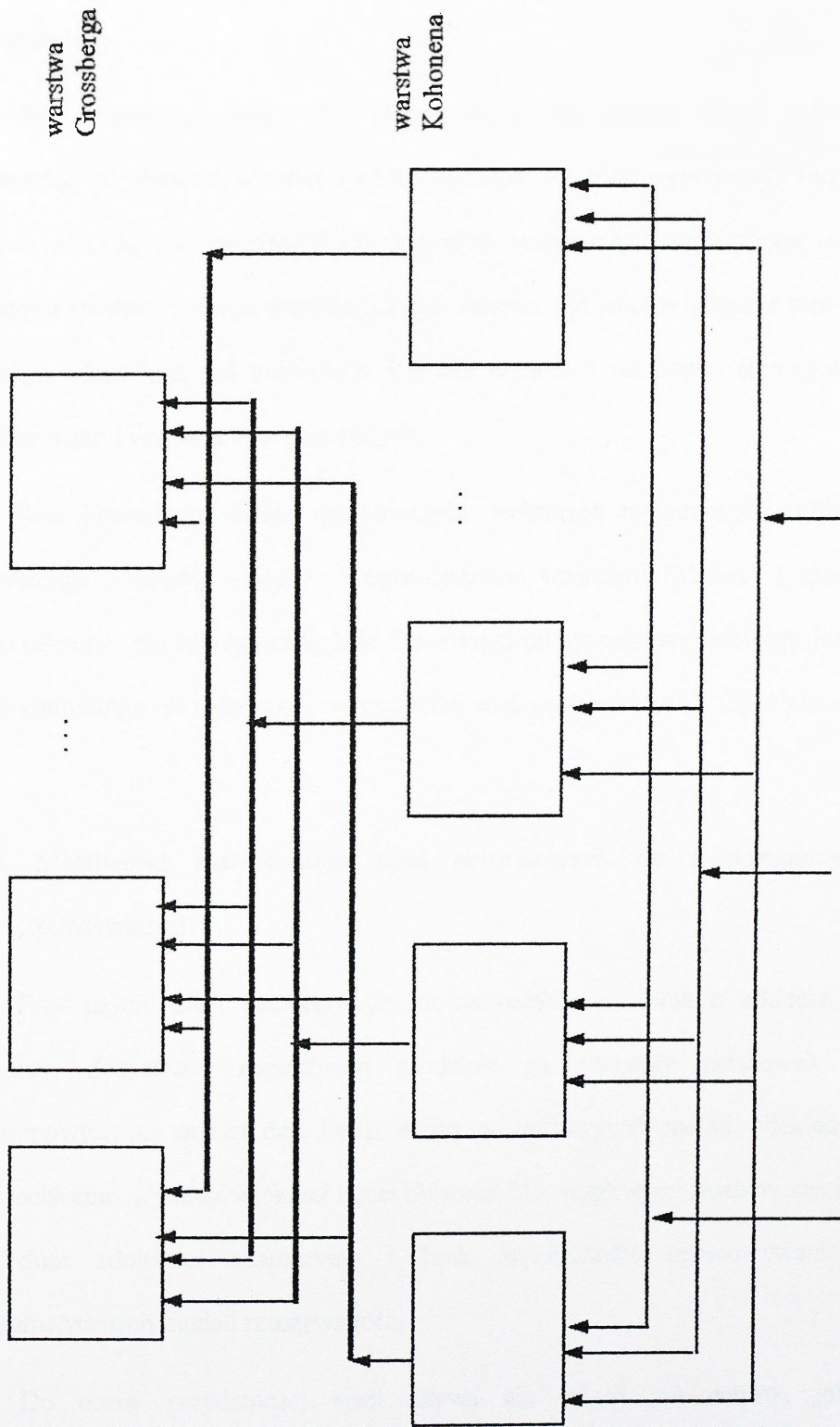
4.2.3. Złożone (hybrydowe) sieci neuronowe

Do sieci złożonych zaliczamy takie, które są zespołami współpracujących sieci o różnych strukturach (niekiedy z innym schematem uczenia). Najważniejszymi sieciami złożonymi (z punktu widzenia zastosowania do rozpoznawania obiektów powietrznych) są: sieć Counter Propagation (CP) i sieć Hamminga.

Sieć Counter Propagation (rys. 4.7.) składa się z sieci Kohonena i sieci Grossberga. Wejście sieci stanowi warstwa neuronów realizująca algorytm Kohonena - sygnały wejściowe mnożone są przez wagi poszczególnych neuronów i w ten sposób powstaje sumaryczne pobudzenie neuronu. Działanie warstwy Kohonena polega na określaniu miary podobieństwa między sygnałem wejściowym a wzorcem sygnału. Neuron, który uzyska największy sygnał wyjściowy ma ustaloną wartość 1. Wyjścia pozostałych neuronów są zerowane.

Druga warstwa sieci CP wykonuje mnożenie sygnałów wyjściowych pierwszej warstwy przez wagi poszczególnych neuronów drugiej warstwy (pomiędzy warstwami istnieje połączenie „każdy z każdym”). Działanie warstwy wyjściowej sprowadza się do odczytu gotowego wyniku.

Sieć CP ma wiele praktycznych zastosowań. Zawdzięcza to bardzo dobremu uogólnianiu i kojarzeniu dostarczanych informacji. Wadą sieci CP jest stosunkowo mała odporność na



Rys. 4.7. Przykład sieci Counter Propagation

zakłócenia i transformacje obrazu (cechy te sieć dziedziczy po sieci Kohonena, stanowiącej jej wejście).

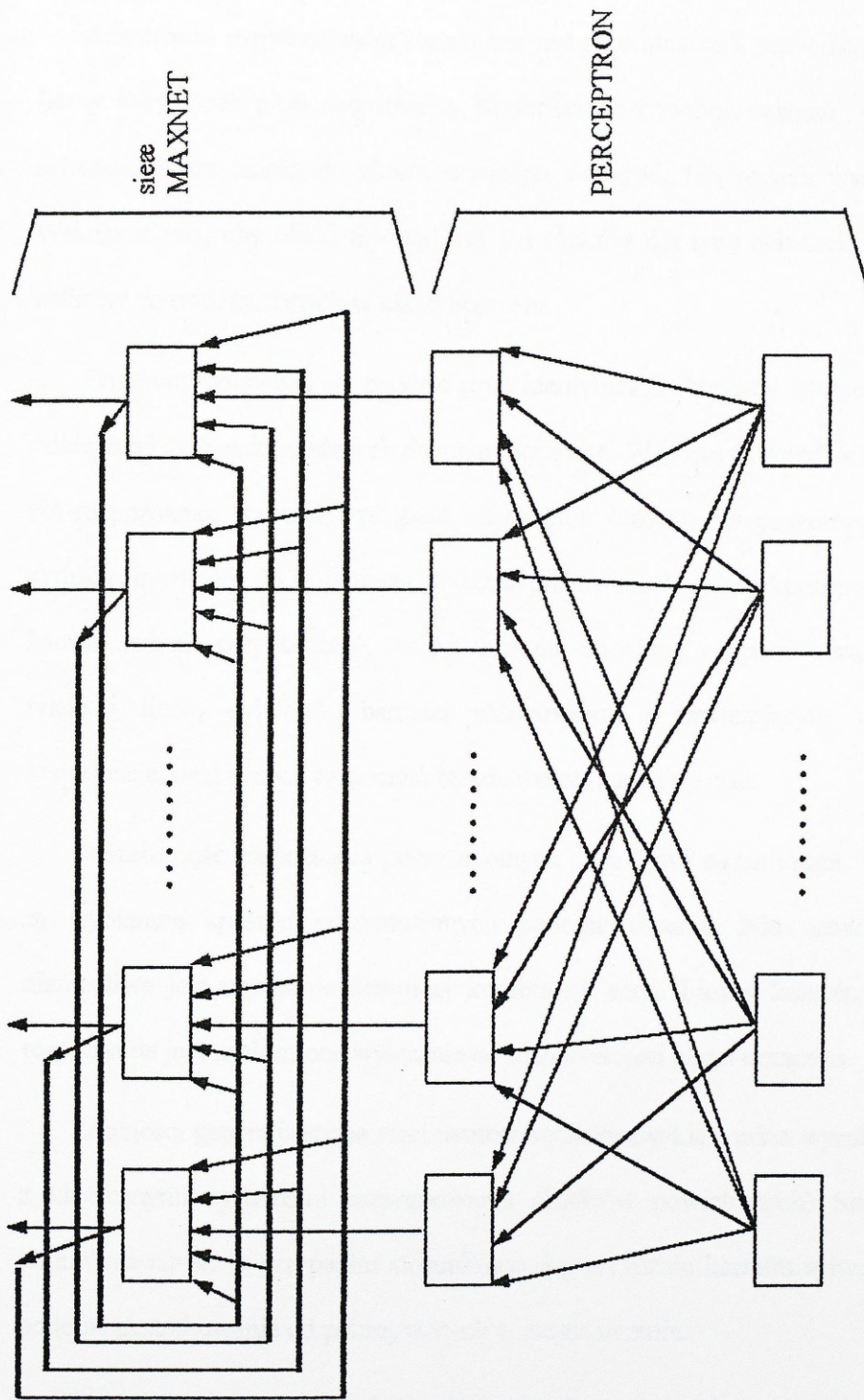
Sieć Hamminga (rys. 4.8.) składa się z perceptronu (sieci jednokierunkowej), stanowiącego pierwszą warstwę i sieci Hopfielda (warstwy wyjściowej). Pierwsza warstwa odpowiedzialna jest za klasyfikację sygnałów wejściowych i połączona jest na zasadzie „każdy z każdym” z drugą warstwą. Druga warstwa wybiera ten neuron z warstwy pierwszej, którego odpowiedź jest największa i ustala wartość 1 na odpowiadającym mu neuronie wyjściowym i wartości 0 na pozostałych.

Sieć Hamminga działa na binarnych wektorach wejściowych, oblicza odległość Hamminga pomiędzy wejściem i zapamiętanymi wzorcami. Wartość 1 ustala na wyjściu tego neuronu, dla którego odległość Hamminga od sygnału wejściowego jest najmniejsza. Sieć Hamminga nie radzi sobie w przypadku większych zakłóceń i transformacji obrazu.

4.3. Możliwości zastosowania sieci neuronowych do rozpoznawania obiektów powietrznych

Przy użyciu sieci neuronowych można oczyszczać obraz z zakłóceń, wyodrębniać kontury, dokonywać segmentacji (podziału na elementy składowe). Użycie sieci neuronowych nie zawsze daje lepsze efekty od tradycyjnych metod. Niekiedy jest bardziej czasochłonne, wymaga większej ilości obliczeń. Niewątpliwymi zaletami sieci neuronowych są duże zdolności adaptacyjne i brak konieczności opracowywania formalnych, matematycznych modeli rzeczywistości.

Do oceny przydatności sieci używa się takich parametrów, jak: sprawność rozpoznawania, niezależność rozpoznawania poszczególnych cech, zdolności generalizacyjne,



Rys. 4.8. Przykład sieci Hamminga

niezależność wyników rozpoznawania od transformacji, odporność na zakłócenia i możliwości rozwoju.

Sprawność rozpoznawania rozumiana jest jako stosunek prawidłowych odpowiedzi do liczby wszystkich prób rozpoznania. Kryterium to powinno osiągać wysoki poziom. Dla sylwetek, które należą do zbioru uczącego wskaźnik ten winien wynosić blisko 100%. Wskazane jest, aby bliski tej wartości był również dla tych sylwetek, których kształt jest zbliżony do umieszczonych w ciągu uczącym.

Problemy pojawiają się podczas prób identyfikacji obiektów, których kształt zasadniczo odbiega od sylwetek należących do ciągu uczącego. W wielu przypadkach pojawiają się tutaj złe rozpoznania, czasami występuje wręcz brak rozpoznania poszczególnych cech. Taka sytuacja bywa nie do uniknięcia podczas planowania ogólnej koncepcji i struktury sieci. Można jednak przypuszczać, że po uczeniu dłuższym ciągiem uczącym, zawierającym większą liczbę sylwetek, bardziej różnorodnym i zawierającym wszystkie możliwe kombinacje, liczba złych rozpoznań będzie maleć, nawet do zera.

Niezależność rozpoznania poszczególnych cech bywa ograniczona. Sygnały wyjściowe są wybierane spośród prezentowanych podczas uczenia. Nie oznacza to jednak, że niemożliwe jest uzyskanie dowolnej kombinacji cech. Liczba kombinacji możliwych do rozpoznania jest uzależniona wyłącznie od różnorodności ciągu uczącego.

Zdolności generalizacyjne sieci neuronowych są zwykle bardzo wysokie (w porównaniu z klasycznymi systemami rozpoznawania obiektów powietrznych) Sieci zachowują się poprawnie nawet w przypadku stosunkowo dużych różnic kształtu sylwetki prezentowanej podczas ekstrahowania od pokazywanych w czasie uczenia.

Odporność na zakłócenia i transformacje obrazu łatwo jest osiągnąć poprzez przyjęcie założeń dotyczących wstępnego przetworzenia sylwetki. Standaryzowanie obrazów dokonuje

się poza siecią (czasami musi być dokonywane ręcznie), ale nic nie stoi na przeszkodzie, aby w przyszłości zautomatyzować tę czynność.

Sieci neuronowe łatwo jest przystosować do dokonywania zmian dotyczących liczby rozpoznawanych cech i polepszania jakości rozpoznawania cech wcześniej nauczonych. Zmiana liczby ekstrahowanych cech wymaga jednak ingerencji w strukturę sieci (zmiany rozmiarów tablic zawierających wagi i zakresów indeksów w procedurze realizującej działanie sieci), natomiast polepszanie jakości związane jest tylko z powtórzeniem uczenia dla nowego ciągu uczącego.

Parametrami określającymi wydajność sieci neuronowych w rozpoznawaniu obiektów powietrznych są: szybkość działania, niezależność od sprzętu i ekonomia wykorzystania pamięci. Działanie procedury realizującej pracę sieci można optymalizować pod względem zmniejszenia ilości obliczeń i związanego z tym czasu wykonywania pojedynczego przebiegu sygnałów przez sieć. Dzięki temu czas wykonywania procesu ekstrahowania jest mały, a więc użycie sieci skraca czas potrzebny na ustalenie zbioru cech w stosunku do osiąganego przez człowieka-obszawatora. Wszystkie struktury danych zawierające wagi sieci można przechowywać w pamięci operacyjnej komputera, co również wpływa na przyspieszenie działania.

Doskonalenie sieci neuronowych do rozpoznawania obiektów powietrznych może polegać na: zwiększaniu liczby rozpoznawanych cech; pełniejszym (uwzględniającym większą liczbę wariantów) uczeniu sieci; dołączaniu na wejściu sieci moduł dokonującego automatycznej normalizacji sylwetek - usuwania zakłóceń, przeskalowywania itd. Można również doprowadzić do ekstrahowania cech z sylwetek widzianych w dowolnym rzucie, pod dowolnym kątem, dostosować sieć do przetwarzania obrazów nadchodzących z systemów wizyjnych (kamery telewizyjnej pracującej w świetle widzialnym, podczerwieni itp.), w czasie rzeczywistym.

5. PRAKTYCZNE APLIKACJE SYSTEMÓW KOMPUTEROWYCH DO ROZPOZNAWANIA OBIEKTÓW POWIETRZNYCH

Poczesne miejsce w badaniach nad rozwojem techniki wojskowej zajmują problemy sztucznej inteligencji. Zakres tych badań jest bardzo szeroki. Największy postęp (ze względu na relatywną łatwość konstrukcji i stosunkowo niskie nakłady) uzyskano w dziedzinie systemów eksperckich (ang. expert systems) i systemów wiedzy (ang. knowledge-based systems). Prace konstrukcyjne mają jednak znacznie szerszy zakres i koncentrują się również wokół modelowania zmysłów. Dotyczy to zwłaszcza wzroku (rozpoznawanie i analiza obrazów) i słuchu (rozumienie mowy).

Systemy sztucznej inteligencji (w tym szczególnie systemy eksperckie) stają się coraz częściej istotnymi elementami systemów C³I (Command, Control, Communication and Intelligence). W systemach tych wykorzystywane są zintegrowane stanowiska pracy wyposażone w dyski laserowe czy optyczne czytniki pisma. Wynikiem badań w zakresie sztucznej inteligencji jest tu możliwość komunikacji z komputerem za pomocą głosu, a nie klawiatury i ekranu. Standardowymi urządzeniami na takim stanowisku są: kamera, odtwarzacz video, kamera cyfrowa, urządzenie zobrazowania wielkoformatowego oraz drukarka/skaner/kopiarka/fax. Stanowiska takie są sprzężone z systemami kosmicznymi (głównie łączności i rozpoznawczymi). W takie stanowiska pracy mogą być wyposażane (w odpowiedniej konfiguracji) nie tylko centra dowodzenia (stacjonarne i ruchome - na pojazdach lądowych, samolotach i okrętach, a w przyszłości może i załogowych stacjach kosmicznych), ale również niższe szczeble, działające w terenie - nawet drużyna czy pojedynczy żołnierz. Możliwości takie są efektem szybkiego postępu w dziedzinie mikroelektroniki - miniaturyzacji i zwiększenia mocy obliczeniowych (w ostatnich kilku latach przyspieszenie obliczeń z 2 mln do 12 mln operacji na sekundę). Osiągnięto również istotny postęp w dziedzinie systemów o przetwarzaniu równoległym (rozproszonym).

Coraz większy udział w zaspokajaniu potrzeb militarnych mają systemy inteligentne. Ich wykorzystanie w układach C³I umożliwiło nie tylko ułatwienie pracy z nimi (sprzężenie głosowe), ale przede wszystkim wyłączenie człowieka przez układy inteligentne (expert systems, knowledge-based systems, neural networks) w zakresie podejmowania decyzji. Dowodem ich przydatności jest ostatni konflikt w Zatoce Perskiej, gdzie po raz pierwszy wykorzystywano je z powodzeniem na polu walki.

Oczywiście nowa technika stawia nowe wymagania nie tylko w dziedzinie sprzętu i oprogramowania, ale szczególnie dostępu do źródeł informacji. Takimi źródłami są obecnie bardzo często systemy satelitarne. Brak szerszego dostępu do nich naszej armii stanowi istotne ograniczenie możliwości konstrukcyjnych.

Znaczenie systemów eksperckich jako narzędzi człowieka-eksperta wzrasta. Mogą one okazać się produktami do użycia przez nie-ekspertów w wielu dziedzinach, gdyż koszt dostępu do ekspertów-ludzi ciągle rośnie. Systemy eksperckie (szczególnie uzupełnione sieciami neuronowymi) mogą być używane w zastosowaniach wymagających rozpoznawania obiektów powietrznych (zarówno w locie, jak i na ziemi).

Do wspomaganie rozpoznawania obiektów powietrznych służy system ekspercki Eagle²⁵⁾. Bazą sprzętową jest w tym przypadku system mikroprocesorowy OSM-VAX, wspomagany przez 16 specjalizowanych układów zbierania informacji. Źródłami informacji są: radar (samolotowy lub okrętowy), naziemne stacje radiolokacyjne lub ewentualnie rozpoznawanie satelitarne. Na podstawie napływających informacji, ustalane jest w systemie ponad dwieście cech rozpoznawanego obiektu powietrznego (każda z cech charakteryzowana jest współczynnikiem pewności). Na podstawie cech charakterystycznych może być identyfikowanych około 500 typów statków powietrznych (samoloty wojskowe, śmigłowce,

²⁵⁾ Jest to system przewidziany nie tylko dla sił powietrznych. Mogą go wykorzystywać wojska lądowe i marynarka wojenna.

samoloty cywilne, a nawet rakiety balistyczne). Jednocześnie mogą być przez system opracowywane informacje o około trzystu obiektach powietrznych.

Informacje o obiektach udostępniane są osmioma niezależnymi kanałami. Oprócz rozpoznawania obiektów powietrznych, system udostępnia informacje niezbędne do naprowadzania rakiet powietrze-powietrze, woda-powietrze i ziemia-powietrze. System może być wykorzystywany jako stacjonarny (naziemny) lub montowany na pokładach okrętów lub samolotów bojowych. W tym ostatnim przypadku wyposażony jest w układy antyprzeciążeniowe.

System ekspercki Eagle dysponuje bazą wiedzy rzędu 3000 reguł (wiedza deklaratywna może obejmować 16 MB). Baza wiedzy jest uzupełniana okresowo, w ramach konserwacji systemu (brak więc w nim mechanizmów automatycznego bądź półautomatycznego pozyskiwania wiedzy). Maszyna wnioskująca pracuje z wykorzystaniem zmodyfikowanego wnioskowania wstępującego.

Strategic Computing Object-directed Reconnaissance Parallel-processing Image Understanding System (SCORPIUS) to ekspercki system rozpoznawczy. Jest nastawiony na automatyzowanie wybierania obrazów rozpoznania do celów gromadzenia informacji wywiadowczych. SCORPIUS, zaprojektowany dla DARPA przez Hughes Aircraft Electro-Optics Data Systems Group, jest ukierunkowany na dostarczanie informacji z wywiadu strategicznego. Ma zdolność do automatycznego wykrywania i klasyfikowania obiektów zainteresowania (np. obiekty powietrzne), wykorzystując pasmo widzialne i obrazy w skali szarości. Prototyp SCORPIUS był przykładem rozumienia w oparciu o modele, w celu wykrywania i rozpoznawania obiektów, analizy warunków działań i rozpoznawania terenu. Te zastosowania wykorzystują technologie systemów wiedzy w obszarze: kierowania w warunkach nieokreśloności, reprezentacji symbolicznej i rozumowania oraz zdobywania i

weryfikacji wiedzy. Prototyp SCORPIUS oparto na modelu Acronym zaprezentowanym w Stanford University w późnych latach siedemdziesiątych.

Do wydzielenia konturów używa się specjalizowanych sieci neuronowych, Przykładem może być BCS (Boundary Contour System) wchodzący w skład większego systemu analizy i interpretacji obrazów. Sieć składa się z sześciu warstw mających połączenia do przodu, w tył oraz pomiędzy neuronami warstwy. Zasada działania sieci opiera się na analogiach z pracą systemów wzrokowych ssaków. Zawiera elementy współzawodnictwa i konkurencji pomiędzy poszczególnymi neuronami i warstwami neuronów.

Do realizacji zadań segmentacji buduje się specjalizowane, złożone struktury sieci neuronowych. Dobrym przykładem jest w tym wypadku HSS (Hierarchical Scene Structures). Jego zadaniem jest podział obrazu na segmenty (obszary o jednakowych lub zbliżonych kolorach) i łączenie tych segmentów w grupy, stanowiące wizerunki poszczególnych elementów obrazu. Łączenie odbywa się na podstawie podobieństwa orientacji przestrzennej grup, intensywności kolorów i układu konturów. Sieć działa na podobnej zasadzie sieć BCS - wykorzystuje zasady konkurencji i współdziałania, jest siecią wielowarstwową o złożonej strukturze.

Najważniejszym zadaniem realizowanym w systemach rozpoznawania obiektów powietrznych jest ekstrakcja cech sylwetki obiektu. To zagadnienie podejmowane jest stosunkowo rzadko w praktycznych pracach nad sieciami neuronowymi, również mało jest przykładów zastosowania metod algorytmicznych. Od środków dokonujących ekstrahowania wymaga się przede wszystkim dużych zdolności adaptacyjnych i generalizacyjnych, możliwości określenia wartości cechy dla bardzo różnych form, kształtów i wielkości, niezależnie od zakłóceń i transformacji, którym poddawany jest wizerunek obiektu. Sieci neuronowe mogą zostać użyte do ekstrahowania cech, gdyż spełniają te warunki.

Przykładem może być Neocognitron lub system złożony z wielu różnych struktur sieciowych Object Recognition System.

6. UWARUNKOWANIA DOTYCZĄCE DALSZYCH BADAŃ

Nie lubimy rozmyślać o swoich słabościach czy wręcz biedzie. Większość ludzi normalnych nie znosi bezradności. Przez dziesiątki lat pokazywano zautomatyzowany obieg informacji, ale na taktycznych i taktyczno-operacyjnych stanowiskach dowodzenia. Nie eksponowano w tym czasie faktu, że na wskaźnikach stacji radiolokacyjnych szeregowiec, podoficer lub chorąży na podstawie „plamki” określał wzrokowo rodzaj, klasę i czasami ilość obserwowanych radiolokacyjnie obiektów powietrznych (samolotów w grupie). Ileż zawodności zawiera takie identyfikowanie celów powietrznych? Nowsze stacje radiolokacyjne wykonują tą identyfikację w trybie automatycznym. Czy eliminują zawodność identyfikowania? Odpowiedź jest negatywna. Floty samolotów przewożą narkotyki z Południowej Ameryki do USA i OP tego mocarstwa jest bezradna.

Wskazuje na to i wypadek lądowania w MOSKWIE Matiasa RUSTA oraz lądowania kubańskiego pilota w Amerykańskiej Bazie Wandenbergh w 1987 roku i wreszcie zestrzelenie irańskiego samolotu pasażerskiego przez Amerykańską Fregatę typu „STARK”, czy koreańskiego samolotu pasażerskiego przez OP byłego ZSRR. Wszystkie one wynikały z niedoskonałości systemu rozpoznania, z mankamentów sprzętu bojowego, z niedoszkolenia obsługi, z braku umiejętnego wykorzystania drzemających w każdym systemie OP możliwości.

Konieczne jest więc badanie możliwości organizowania takiej obrony (określonej) już w okresie pokoju, czy też warunków do jej tworzenia w wybranych rejonach (obszarach, kierunkach) w okresie zagrożenia i wojny. Podstawą tej drugiej koncepcji jest niewątpliwie manewrowość wojsk OP.

Z analizy materiałów (poglądów, koncepcji) wynika, że najmniej rozbieżności dotyczy ogólnych zasad użycia sił powietrznych, które mają istotne znaczenie dla głównego problemu badań. Generalne założenia i zasady użycia SP wynikają głównie ze strategii obronnej państwa, roli i znaczenia sił powietrznych.

Identyfikowanie obiektów powietrznych jest jednym z bardzo wielu elementów przesądzających o efektywności OP. Element pozornie, niewielkiej rangi, ale w rzeczywistości determinujący strukturę organizacyjną, wyposażenie i taktykę działań sił powietrznych. Identyfikowanie powinno być rozpatrywane na tle problemów generalnych i założeń do których zaliczamy następujące postulaty:

a) Siły powietrzne powinny być utrzymywane w wysokim stopniu gotowości bojowej.

Muszą zachować zdolność do natychmiastowego rozpoczęcia skutecznej powietrznej operacji obronnej już na początku wojny. Punktem wyjścia w określaniu stopnia tej gotowości jest czas ich reakcji (osiągnięcia gotowości) i przegrupowania na zagrożony kierunek w stosunku do przewidywanego tempa narastania zagrożenia.

b) Jako zasadę główną należy przyjąć koncentrację wysiłku sił powietrznych na zasadniczych kierunkach (rejonach) zagrożeń, na korzyść głównych zgrupowań obronnych wojsk. Ma to szczególne znaczenie w obecnej sytuacji, przy

ograniczonych ilościowo i jakościowo stanach bojowych rodzajów sił powietrznych.

- c) Należy przyjąć jednoznaczną hierarchizację zadań sił powietrznych. Zadaniem pierwszoplanowym jest osłona przed uderzeniami z powietrza i wsparcie lotnicze wojsk lądowych oraz MW. W dalszej kolejności mogą być bronione inne obiekty. To oznacza, że wzajemne identyfikowanie się lotnictwa i wojsk lądowych, warunkuje bezpieczeństwo i efektywność wspólnych działań.
- d) Skoncentrowane użycie SP wymaga przyjęcia zasady centralizacji podejmowania decyzji o ich operacyjnym wykorzystaniu - z reguły na najważniejszych szczeblach dowodzenia. Jednocześnie należy jednoznacznie określić kompetencje i odpowiedzialność za ich wykonanie. Ma to szczególne znaczenie w odniesieniu do powietrznej operacji obronnej w początkowym okresie wojny, a także dla rozwiązywania problemów koordynacji działań lotnictwa i OP. Praktycznie we wszystkich nowoczesnych armiach odpowiadają za to dowódcy sił powietrznych. O otwarciu ognia do celów powietrznych muszą mieć prawo decydowania władający tymi środkami.
- e) Fundamentem terytorialnej struktury sił powietrznych powinny być mobilne, modułowe podsystemy rozpoznania i dowodzenia, powiązane z wydzielonymi strefami i sektorami obrony powietrznej. Mogą one stanowić podstawę organizacji powszechnego systemu ostrzegania i powiadamiania o zagrożeniach uderzeniami z powietrza - zarówno władz wojskowych, cywilnych oraz ruchu lotniczego.

f) Ze względu na zakres i operacyjny charakter zadań, należy utrzymywać zwartą strukturę organizacyjną i skład bojowy sił powietrznych. W skład bojowy sił powietrznych powinny wchodzić przede wszystkim:

- lotnictwo, głównie uderzeniowe (szturmowe i wielozadaniowe);
- rakiety przeciwlotnicze;
- terytorialne podsystemy rozpoznania i dowodzenia.

Jednocześnie należy utrzymywać i wzmacniać struktury OPL wojsk, wyposażając je jednak w nowoczesne i przystosowane do obrony bezpośredniej środki - przede wszystkim mobilne i autonomiczne. Powinny one dysponować środkami identyfikacji podobnymi do posiadanych przez SP.

g) Dążąc do unifikacji uzbrojenia (także ze względów ekonomicznych) w siłach powietrznych w przyszłości mogłyby występować dwa podstawowe typy samolotów:

- samolot szturmowy, w zasadzie dominujący, jako najbardziej dostosowany do charakteru zadań sił powietrznych o mniejszych wymaganiach logistycznych (np. lotniskowych);
- samolot wielozadaniowy (myśliwsko-bombowy) o dobrych cechach myśliwskich.

W odniesieniu do rakiet przeciwlotniczych celowe byłoby poszukiwanie zestawów uniwersalnych, mobilnych, przystosowanych do obrony strefowej i bezpośredniej (autonomicznych), zarówno w strukturach sił powietrznych, jak i OPL (MW).

h) Należy zorganizować i rozwijać lotnictwo wojsk lądowych (głównie śmigłowce bojowe i desantowo-szturmowe) oraz siły szybkiego reagowania, które wraz z lotnictwem stanowić powinny podstawę zwiększania manewrowości i dynamiki działań sił zbrojnych RP.

Konflikty lokalne (Syria - Izrael, Iran - Irak, Argentyna - Wielka Brytania), a także nocne uderzenie lotnictwa amerykańskiego na Libię, niedwuznacznie wskazują na swego rodzaju bierność w organizowaniu OP państw, których potencjał lotniczo-rakietowy nie zapewnił trwałej przewagi w powietrzu. Bierność tę należy rozumieć, jako odczuwalne zawężenie OP, do systemu stałych, skostniałych stref osłony wojsk i obiektów, tworzonych głównie siłami naziemnymi środków obrony przeciwlotniczej, a jedynie szczątkowo wspieranych działaniami lotnictwa. Z pewnością truizmem jest podkreślanie, że współcześnie walka z lotnictwem w powietrzu uległa dalszemu skomplikowaniu, ale czyni się to, aby wskazać na jej zupełnie nowe, nie zawsze brane pod uwagę elementy: zdecydowany wzrost manewrowości i to w znaczeniu zarówno ogólnym, jak i taktyczno-ogniowym; rozszerzające się wciąż możliwości w stosowaniu różnego rodzaju zakłóceń; szybka modernizacja środków pokładowych broni precyzyjnej.

Zasięg stosowania tych środków coraz częściej umożliwia samolotom uderzeniowym niszczenie wyznaczonych celów naziemnych, lub eliminację z walki środków ogniowych i dowodzenia, bez konieczności wchodzenia w system OP, bez konieczności wchodzenia w strefy ognia naziemnych środków OPL, a ponadto wykonywanie precyzyjnych ataków na cele położone w taktycznej strefie obrony - nawet znad własnego terytorium. Jest więc oczywiste, że w takich warunkach o

miejscu, sposobie i czasie uderzenia decyduje przeciwnik, napastnik - zatem jego działania należy rozpatrywać w kategoriach działań zaczepnych.

Zwykle więc rozpatrujemy OP jako działania ze wszech miar bierne, rozumiane także - jakże często również przez ogół wojskowych - jako swego rodzaju oczekiwanie na uderzenia przeciwnika i ewentualną gotowość do przeszkadzania mu w realizacji uderzeń lub możliwie największego pomniejszenia ich skutków.

Tymczasem chodzi o zupełnie inne widzenie OP. Od samego początku każdego konfliktu zbrojnego zmierza się do tego by zapewnić sobie możliwość niszczenia przeciwnika w całej strefie jego bazowania, a także niszczenie infrastruktury, zapewniającej mu to bazowanie i realizację wyznaczonych wcześniej zadań.

Dokonane połączenie wojsk OPK z WL stworzyło nową - i należy podkreślić - sprzyjającą sytuację. W ręku jednego decydenta znalazły się zarówno aktywne, jak i pasywne środki walki. W tym głównie lotnictwo - zarówno myśliwskie, jak i uderzeniowe - jako siła najbardziej manewrowa, występująca w każdych działaniach zaczepnie, i to niezależnie od rodzaju działań bojowych toczonych na ziemi czy morzu. Zawsze funkcjonuje ono jako siła na wskroś niszcząca - przenosząca szybko punkt ciężkości walki na te obiekty przeciwnika, które mogą zagrozić powodzeniu własnych wojsk. Służy temu wyłoniony ze struktury wojsk korpus lotniczy. Spełniać on także może w określonych warunkach rolę groźnego, ruchomego i bardzo efektywnego odwodu, który można użyć szybko i niejednokrotnie wywrzeć decydujący wpływ na osiągnięcie założonych celów operacji.

Siły Powietrzne w nowym kształcie, nie mogą być zatem używane jedynie do działań ostonowych. Zawężenie bowiem charakteru OP wyłącznie do osłony wojsk i obiektów, co należy zaakcentować - wypacza sens tej obrony, gdyż jej cel zdecydowanie łatwiej jest osiągnąć na wskroś manewrowymi działaniami zaczepnymi. Oznacza to w praktyce, że „obronca” posiadać będzie możliwość wyboru zarówno celów, jak i kolejności ich niszczenia, aby w możliwie krótkim czasie zmienić niekorzystną dla siebie sytuację, niekorzystny stosunek sił i środków, uzyskać przewagę i przejść do działań ofensywnych. Tylko one bowiem prowadzą do zwycięstwa. Właśnie ten cel można swobodniej, łatwiej osiągnąć, nadając OP charakter aktywny, zaczepny. O zaczepnym charakterze OP decydować będą jej trzy części składowe: walka z lotnictwem przeciwnika na ziemi i niszczenie jego infrastruktury lotniczej; walka z samolotami w powietrzu; łagodzenie skutków uderzeń ŚNP, a więc maskowanie, rozśrodkowanie, manewr i ukrycie sprzętu.

Aby zwalczać przeciwnika na ziemi i niszczyć jego wojskową, a szczególnie lotniczą i raketową infrastrukturę, trzeba osiągać do 250-400 km w głąb jego ugrupowania. Na tej głębokości walkę z lotnictwem przeciwnika mogą podjąć siły i środki lotnictwa rozpoznawczego, myśliwskiego oraz myśliwsko-bombowego, wojska powietrzno-desantowe, grupy dywersyjne oraz pododdziały grup rajdowych. Wykorzystanie zatem Sił Zbrojnych RP, w tym głównie lotnictwa, jedynie w granicach terytorium kraju - jak często się mówi - należy uważać za świadomą rezygnację z ich poważnych możliwości bojowych, przynajmniej części tych możliwości.

Zmiany w sytuacji polityczno-militarnej w Europie wskazują na potrzebę budowy narodowego systemu OP, współpracującego z systemami przychylnymi nam sąsiadów

i w przyszłości NATO. Kierowanie tym systemem pozostawać winno w rękach dowództwa narodowego. Jaka zatem powinna być konstrukcja tego systemu w naszym położeniu geograficznym i trudnej sytuacji ekonomicznej?

Ocenia się, że wprawdzie na żadnej z naszych granic nie odczuwa się aktualnie zagrożenia, jednak w wyniku gwałtownego przebiegu prognozowanych zmian w sytuacji geopolitycznej istnieje - choćby teoretycznie, ale istnieje możliwość zarysowania się takiego zagrożenia. Taka choćby pobieżna tylko i mało precyzyjna ocena sytuacji skłania do budowy systemu OP uniwersalnego, zdolnego do natychmiastowej reakcji na rysujące się zagrożenie, przy tym z możliwością skupienia wysiłku, możliwie na każdym azymucie. Dochodzenie do takiego systemu widziane jest w dwóch etapach.

W etapie I uznano za konieczne:

- a) Poprawę konfiguracji radiolokacyjnego pola wykrywania i naprowadzania, głównie we wschodniej części kraju, poprzez wykorzystanie manewrowych batalionów radiotechnicznych. Aby zapewnić pełne wykorzystanie możliwości bojowych lotnictwa myśliwskiego w systemie OP, za konieczne uważa się utrzymanie sieci punktów naprowadzania zapewniających wprowadzenie załóg myśliwskich do walki, w dowolnym miejscu i czasie, ale także zapewnienie informacji radiolokacyjnej o sytuacji powietrznej każdemu manewrującemu elementowi systemu OP, na przykład dywizjom lub bateriom rakiet przeciwlotniczych.
- b) Utrzymanie odpowiedniej konfiguracji sieci lotniskowej i drogowych odcinków lotniskowych.

- c) Budowę raketowej obrony obiektowej siłami wojsk raketowych SP z jej wzmocnieniem ugrupowaniami OPL i możliwością manewru operacyjnego i taktycznego tymi jednostkami wewnątrz ugrupowania bojowego wojsk OP.
- d) Zastosowanie daleko idącej integracji szkoleniowej wszystkich sił i środków, wchodzących w skład systemu OP.

W etapie II postuluje się:

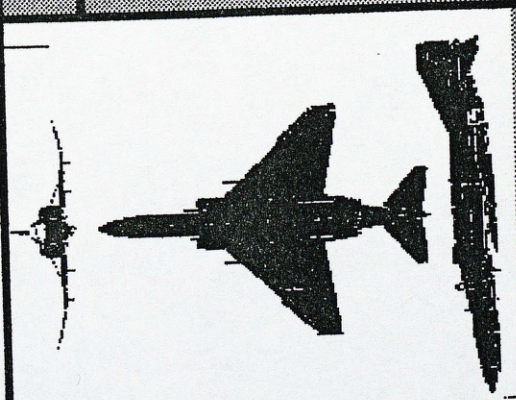
- a) W zależności od kondycji ekonomicznej państwa, od możliwości budżetowych Sił Zbrojnych RP, jakościową zmianę lotnictwa myśliwskiego, z uwzględnieniem wyposażenia w nowoczesną broń precyzyjną. Dotychczas prowadzone rozmowy z wybranymi dostawcami sprzętu lotniczego wskazują na bardzo poważne koszty tego przedsięwzięcia.
- b) Zmianę przynajmniej 50% wyeksploatowanych, mało mobilnych zestawów raketowych na nowe, manewrowe i wielokanałowe. W przypadku braku środków na zakup nowych zestawów, rozpatrzenie możliwości podjęcia produkcji w kraju.
- c) Wyposażenie systemu dowodzenia w nowe, krajowej konstrukcji i produkcji zautomatyzowane systemy dowodzenia. Muszą one uwzględnić rozwiązania techniczne i możliwości bojowe importowanego sprzętu bojowego, techniczną kompatybilność z systemami OP państw z nami sąsiadujących, głównie NATO.
- d) Dotychczasowe metody identyfikowania obiektów powietrznych nie odpowiadają wymaganiom. Jest to dziedzina, którą w badaniach i wdrożeniach należy traktować priorytetowo.

BIBLIOGRAFIA

1. Jerzy B. Cynk „*Samolot bombowy PZL P-37 Łoś*”. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Warszawa 1990 r.
2. Dwight D. Eisenhower „*Krucjata w Europie*”. MON, 1959 r.
3. Heinz Guderian „*Wspomnienia żołnierza*”. Bellona 1991 r.
4. D. Halliday, R. Resnick „*Fizyka*”. Warszawa 1974 r.
5. R. Kaczyński, S. Mroczek, J. Sanecki „*Rozpoznanie obrazowe*”. MON, 1982 r.
6. Tadeusz Mirowski „*Materiał studyjny z zakresu obrony przeciwlotniczej*”. Sztab Generalny WP 1995.
7. Przegląd Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej. 1/1994 r.
8. Przegląd Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej 12/1994 r.
9. Przegląd Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej 5/1995 r.
10. Marian Romeyko „*Przed i po maju*”. MON, 1976 r.
11. Czesław Sochol, Ludwik Wierciński „*Rozpoznanie wojskowe*”. MON, 1975 r.
12. Albert Speer „*Wspomnienia*”. MON, 1990 r.
13. Waław Świątnicki, Zbigniew Świątnicki *Wojna w Kosmosie?*. Bellona, 1990 r.
14. Waław Świątnicki, Zbigniew Świątnicki „*Branie inteligentne*”. Bellona, 1992 r.
15. Waław Świątnicki „*Rozwój środków rozpoznania powietrznego AL*”. ASG WP, 1977 r.
16. Zbigniew Świątnicki „*Wojskowe systemy eksperckie*”. Bellona, 1995 r.
17. Jędrzej Tucholski „*Cichociemni*”. Instytut Wydawniczy PAX. Warszawa 1988 r.

18. Bubnicki Z.: *Wprowadzenie do systemów ekspertowych*, PWN, Warszawa 1990
19. Glass A.: *Samoloty '85*, NOT-SIGMA, Warszawa 1986
20. Glass A.: *Samoloty '94*, Grupa IMAGE, Warszawa 1994
21. Hayes-Roth F., Waterman D., Lenat D.: *Building Expert Systems*, Addison Wesley 1983
22. Hertz J., Krogh A., Palmer R.: *Introduction to the Theory of Neural Networks*, Addison-Wesley 1991
23. Korbicz J., Obuchowicz J., Uciński D.: *Sztuczne sieci neuronowe - podstawy i zastosowania*, AOW PLJ, Warszawa 1994
24. Maflak R.: *Sieć neuronowa do rozpoznawania obiektów powietrznych*, WAT, Warszawa 1995
25. Świątnicki W., Świątnicki Z.: *Bronie inteligentne*, Wyd. Bellona, Warszawa 1992
26. Świątnicki Z.: *Sztuczna inteligencja na polu walki. Wojskowe systemy eksperckie*, Wyd. Bellona, Warszawa 1995
27. Świątnicki Z., Wantoch-Rekowski R.: *Sztuczna inteligencja na polu walki. Sieci neuronowe w zastosowaniach wojskowych*, Wyd. Bellona (w przygotowaniu)
28. Świątnicki Z., Wantoch-Rekowski R.: *Neural Network as an Object Classifier in Military Systems*, Materiały „5th Microcomputer School Neural Networks - Theory and Applications”, Brno, 18-23 września 1994
29. Tadeusiewicz R.: *Sieci neuronowe*, AOWRM, Warszawa 1993
30. Tadeusiewicz R., Flasiński M.: *Rozpoznawanie obrazów*, PWN 1991
31. Żurada J. M.: *Introduction to Artificial Neural Systems*, West Publishing Company 1992

**PRZYKŁADY PREZENTACJI SYLWETEK
SAMOLOTÓW I ŚMIGŁOWCÓW
W SYSTEMIE EKSPERCKIM DO WSPOMAGANIA
ROZPOZNAWANIA STATKÓW POWIETRZNYCH**



Statok powietrzny : F-4 Phantom II

McDonnell Douglas F-4 Phantom jest amerykańskim samolotem wielosilniko-bombowym. Jest dolnopłatem o skrzydłach w układzie strzały. Posiada napęd odrzutowy - dwa silniki w kadłobie o półokrągłych wlotach powietrza z boku kadłuba. Ubrojenie jest podieszane na dziesięciu węzłach zewnętrznych.
 Prędkość przelotowa : 925 kmh.
 Zasięg : 3550 km.
 Pułap operacyjny : 21640 m.

Główny rozpoznawczy przedstawionego statku powietrznego

napęd	rodzaj	odrzutowy
skrzydła	układ	dolnopłat
silniki	ilość	dwa
silniki	lokalizacja	w kadłobie
skrzydła	kształt	wygięte w tył
stacjonik pionowy	ilość	jeden
wloty powietrza	kształt	półkolisty
wloty powietrza	lokalizacja	z boku kadłuba
usterzenie ogonowe	rodzaj	odrębna litera I
skrzydła	końce	wygięte w górę

SP4030 - Koniec prezentacji

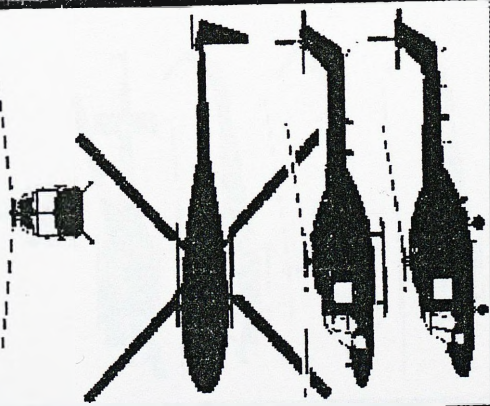
TAB - Ciąg dalszy opisu

Statok powietrzny : LUNA

Mesland-Aerospatiale LUNA jest średnim wielozadaniowym śmigłowcem amfibijnym - francuski m.

Klasyczny układ wirnika i śmigła napędzają silnikowy układ wirnika i śmigła napędzają na kadłubie o półokrągłych błotach powietrza. Ubrojenie poduszane jest na zewnętrznych wspornikach. Posiada także dzióbko 20 mm.

Jego podwozie to koła. Prędkość przelotowa : 284 km/h. Pułap operacyjny : 7600 m. Zasięg 676 km.



Cechy rozpoznawcze przedstawionego statku powietrznego

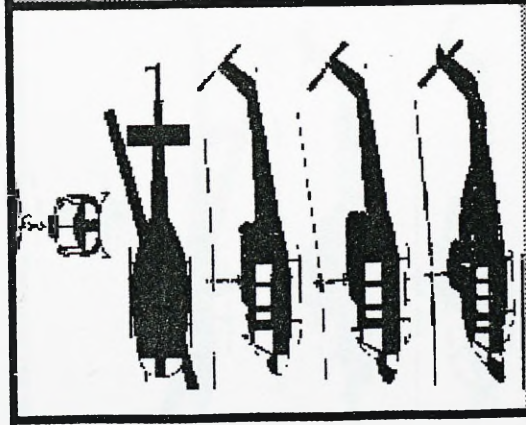
napęd
wirnik
błoty powietrza
błoty powietrza
dziób
kadłub

rośnięty
łłocę
karkalt
karkalt
łotalizacja

śmigłowcom
jeden
wótkolisty
z boku kadłuba
ostry
w części nosowej

SPACJA - Koniec prezentacji

TAB - Głóg dalszy opisu



Statok powietrzny : Bell 214

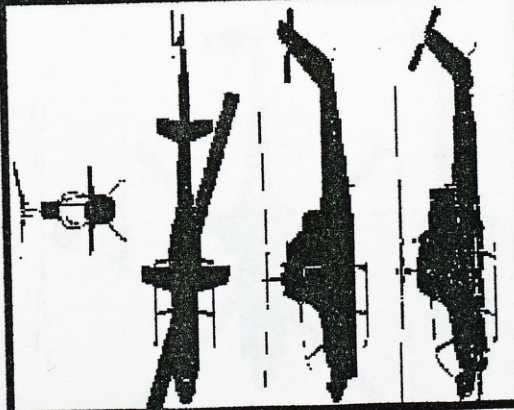
Bell Model 214 jest amerykanakim śmigłowcem o klasycznym układzie wirnika i śmigła ogonowego. Prędkość przelotowa 253 kmh. Zasięg : 485 km. Jęgg podwozie to płozy.

Łechy rozpoznawcze przedstawionego statku powietrznego

naped	rodzaj	śmigłowy
wirnik	ilość	jeden
ułaty powietrza	kształt	prostokątny
ułaty powietrza	lokalizacja	nad kadłubem
kadłub	kształt	owalny
statecznik poziomy	ilość	dwa
usporniki uzbrojania	występuje	nie
dziób	kształt	okrągły
kabina	lokalizacja	w części nosowej
podwozie	rodzaj	płozy

SPACJA - Koniec prezentacji

TAB - Ciąg dalszy druku



Statek powietrzny : AH-1 HumiCobra

Bell AH-1 Huey Cobra jest śmigłowcem amerykańskim o klasycznym układzie wirnika i śmigła ogonowego. Jest używany jako śmigłowiec szturmowy.

Długość : 34,00 m.

Posiada usporniki uzbrojenia z boku kadłuba oraz działko z przodu. Przenosi do 900 kg uzbrojenia.

Prędkość przelotowa : 277 km/h.

Pojazd operacyjny : 3400 h.

Zasięg : 570 km.

Posiada dwa silniki umocowane z boku kadłuba o półokrągłych ułotach powietrza.

Łaski kadłub pochodzi z cienką belką ogonową z dwoma statecznikami poziomymi w środku i uspornikami śmigła.

Jego podwozie to płozy.

Główne rozpoznawcze przedstawione statku powietrznego

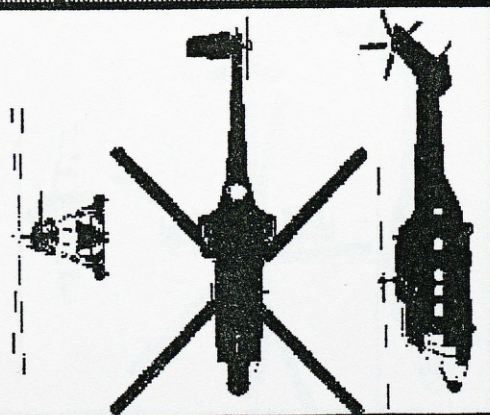
napęd	rodzaj	śmigłowy
wirnik	ilość	jeden
ułoty powietrza	kształt	półokrągły z boku kadłuba
ułoty powietrza	lokalizacja	nie
usporniki uzbrojenia	występnie	ostry w części górnej
dziób	kształt	płozy
kabina	lokalizacja	
podwozie	rodzaj	

SP4GJA - Koniec prezentacji

TAB - Ciąg dalszy opisu

Statek powietrzny : SA.330 Puma

Aerospatiale-Hestland SA.332 Puma jest transportowoczasantowon śmigłowcem francusko-brytyjskim. Kluczowy układ wirnika i śmigła oponowego. Punkt operacyjny : 4800 m. Zasięg : 572 km. Prędkość przelotowa 259 kmh. Załoga : 2-3 ludzi. Desant : 16-20 ludzi z uzbrojeniem.

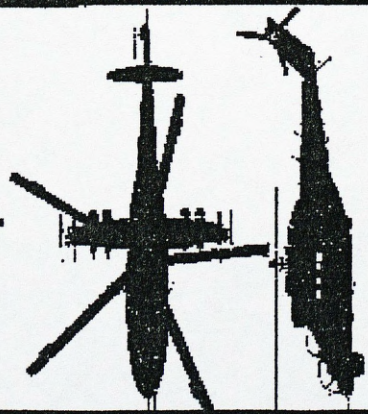


Cechy rozpoznawcze przedstawionego statku powietrznego

nazwa	rodzaj	śmigłowcowy
wirnik	ilość	jeden
wiaty powietrza	kształt	kolisty
kadłub	kształt	owalny
stalecznik poziomy	ilość	jeden
uszczelniki uzbrojenia	występuje	nie
drzwi	kształt	kulisty
podwozie	rodzaj	kofa

SP4026 - koniec prezentacji

TAB - Ciąg dalszy opisu



Statek powietrzny : Mi-24 "Hind"

Mi-24 Hind jest radzieckim śmigłowcem desantowo szturmowym.
 Klasyczny układ wirnika i śmigła ogonowego.
 Uzbrojony w działko oraz rakiety przenoszone na uspornikach.
 Załoga : dwóch ludzi.
 Desant : jedenasto ludzi z uzbrojeniem.

Cechy rozpoznawcze przedstawionego statku powietrznego

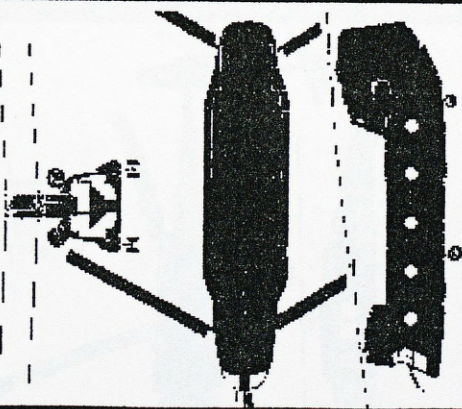
napęd	rodzaj	śmigłowiec
wirnik	ilość	jeden
wloty powietrza	kształt	koliste
wloty powietrza	lokalizacja	nad kadłubem
kadłub	kształt	spłaszczony
statecznik poziomy	ilość	dwa
usporniki uzbrojenia	ustępuje	tak
kabina	lokalizacja	w części górnej

SPRACJA - Koniec prezentacji

TAB - Ciąg dalszy poisu

Statek powietrzny : CH-47 Chinook

Boeing Vertol CH-47 Chinook jest amerykańskim śmigłowcem transportowo-dessantowym. Posiada napęd dwuśmigłowy o układzie podłużnym. Prędkość przelotowa : 280 kmh. Pufan taktyczny 2500h. Posiada dwa silniki turbinowe zamocowane na kadłubie pod tylnym wirnikiem.



Cechy rozpoznawcze przedstawionego statku powietrznego

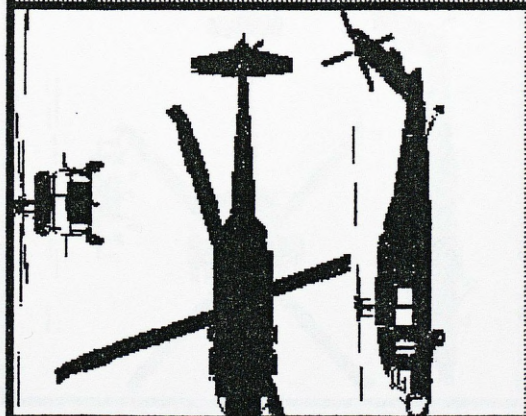
napęd
wirnik
wirnik
śmigło ogonowe
kabina
podwozie

rodzaj
ilość
układ
ustępowe
lokalizacja
rodzaj

śmigłowy
dwa
podłużny
nie
w części nosowej
kole

SPACJA - koniec prezentacji

TAB - Ciąg dalszy opisu



Statek powietrzny : UH-60A Black Hawk

Sikorsky S-70 UH-60A Black Hawk jest śmigłowcem transportowo-desantowym o klasycznym układzie wirnika i śmigła ogonowego.

Jest używany w amerykańskim systemie transportu taktycznego. Może także przenosić uzbrojenie.

Zasięg : 600km.

Prędkość przelotowa : 350kmh.

Poład operacyjny : 5640h.

Członkowie załogi : 2-3.

Zołnierze desantu : 11.

Posiada dwa silniki umocowane nad kadłubem o półokrągłych ułożeniach powietrza.

Szeroki obfity kadłub przechodzi łagodnie w belkę

oporną z dwoma statecznikami poziomymi i wspornikiem śmigła.

Jego podwozie to trzy koła.

Cechy rozpoznawcze przedstawionego statku powietrznego

napęd
wirnik
belka ogonowa
ułożenie powietrza
kadłub
statecznik poziomy
wsporniki uzbrojenia
kabina
podwozie

rodzaj
ilość
konstrukcja
kształt
lokalizacja
kształt
ilość
występuje
lokalizacja
rodzaj

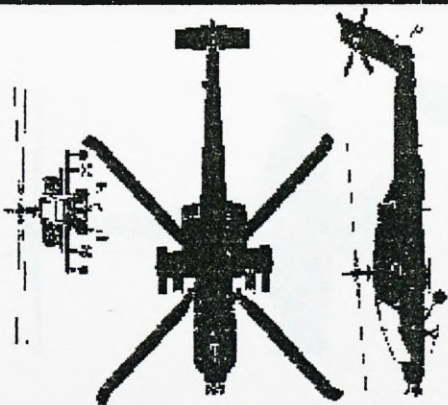
śmigłowcowy
jeden
pełna
półkolisty
nad kadłubem
owalny
dwa
nie
w części nosowej
koła

SFACJA - Koniec prezentacji

TAB - Ciąg dalszy opinii

Statek powietrzny : AH-64 Apache

McDonnell Douglas AH-64 Apache jest dwumiejscowym szturmem śmigłowcem amerykańskim. Posiada dwa silniki zawieszane z boku kadłuba pod wirnikami o okrągłych łopatkach powietrza. Jego uzbrojenie to autonomiczne działko oraz rakietę podwieszoną na wirnikach. Jego podwozie to koła.

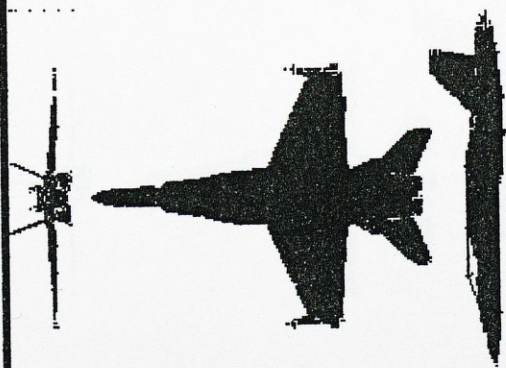


Cechy rozpoznawcze przedstawionego statku powietrznego

Nazwa	rodzaj	śmigłowiec
skrzydła	ilość płatów	brak
wirnik	ilość	jeden
silniki	ilość	dwa
belka ogonowa	konstrukcja	pełna
łody powietrza	kształt	koliste
łody powietrza	lokalizacja	z boku kadłuba
Kadłub	kształt	spłaszczony
statcznik poziomy	ilość	dwa
wirniki uzbrojenia	występnie	tak
Kabina	lokalizacja	w części śród
podwozie	rodzaj	koła

SPACJA - koniec prezentacji

TAB - Ciąg dalszy opisu



Statek powietrzny : FA-18A Hornet

McDonnell Douglas-Northrop FA-18A Hornet jest samolotem amerykańskim (niemiecko-bombowym używanym w marynarce wojennej).

Jednowielocowy.

Napęd odrzutowy - dwa silniki w kadłubie o półokrągłych wlotach powietrza.

Skrzydła trapezowe o układzie śrenioplata.

Uzbrojony w sześciolufowe działko Gucan oraz inne uzbrojenie podwieszane na 9 węzłach zewnętrznych.

Prędkość przelotowa 890 kmh.

Pułap operacyjny : 19800 m.

Zasięg : 3750 km.

Cechy rozpoznawcze przedstawionego statku powietrznego

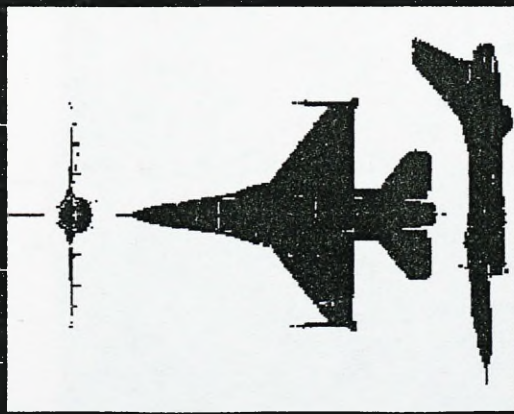
napęd
skrzydła
silniki
silniki
skrzydła
statecznik pionowy
skrzydła
wloty powietrza
wloty powietrza

rodzaj
układ
ilość
lokalizacja
kształt
ilość
uznios
kształt
lokalizacja

odrzutowy
średniopłat
dwa
u kadłubie
proste
dwa
brak
półkolisty
z boku kadłuba

SPACJA - koniec prezentacji

TAB - Ciąg dalszy opisu



Statek powietrzny : F-16 Fighting Falcon

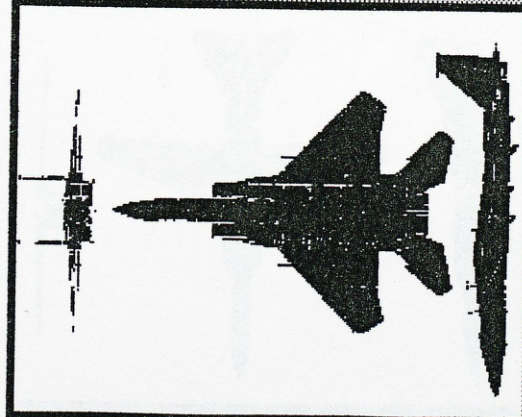
General Dynamics F-16 Fighting Falcon jest samolotem amerykańskim wylotu 1980 - bombowcem.
 Napęd odrzutowy - jeden silnik umieszczony w kadłubi półkryłowym wlocie powietrza pod kadłubem.
 Jest samolotem o konstrukcji typu delta.
 Posiada jeden statecznik pionowy.
 Uzbrojony w sześciolufowe działko M61A1 oraz inne uzbrojenie podwieszane na 11 węzłach zewnętrznych.
 Prędkość przelotu 1 980 kmh.
 Pułap operacyjny 15240 m.
 Zasięg przelotowy 3730 km.

Gechy rozpoznawcze przedstawione są w tabeli

napęd	odrzutowy
skrzydła	średniopłat
silniki	jeden
silniki	w kadłubie
skrzydła	delta
statecznik pionowy	jeden
skrzydła	brak
włoty powietrza	półkryłowy
włoty powietrza	pod kadłubem
statecznik pionowy	trapezowy

SPACJA - Koniec prezentacji

TAD - Ciąg dalszy opisu



Statek powietrzny : F-15 Eagle

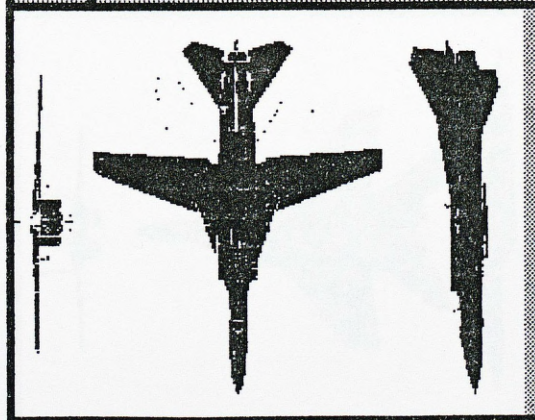
McDonnell-Douglas F-15 Eagle jest amerykańskim taktycznym samolotem myśliwskim. Posiada napęd odrzutowy. Silniki umieszczone w kadłubie o prostokątnych wlotach powietrza. Jest górnopłatem ze skrzydłem trapezowym. Posiada dwa stateczniki pionowe. Jego uzbrojenie to działo 20mm oraz inne uzbrojenie przenoszone na węzłach podkadłubowych i podszytkowych. Pułap operacyjny : 18900 m. Prędkość przelotowa : 900 kmh. Zasięg : 5560 km.

Cechy rozpoznawcze przedstawionego statku powietrznego

napęd	rodzaj	odrzutowy
skrzydła	układ	górnopłat
silniki	ilość	dwa
silniki	lokalizacja	z boku kadłuba
skrzydła	kształt	wygięte w tył
statecznik pionowy	ilość	dwa
skrzydła	wznios	brak
wloty powietrza	kształt	prostokątny
wloty powietrza	lokalizacja	z boku kadłuba
statecznik pionowy	kształt	trójkątny
usterzenie ogonowe	rodzaj	odwrócona litera T

SPACJA - Koniec prezentacji

TAB - Ciąg dalszy opisu



Statek powietrzny : MiG-23 "Flogger"

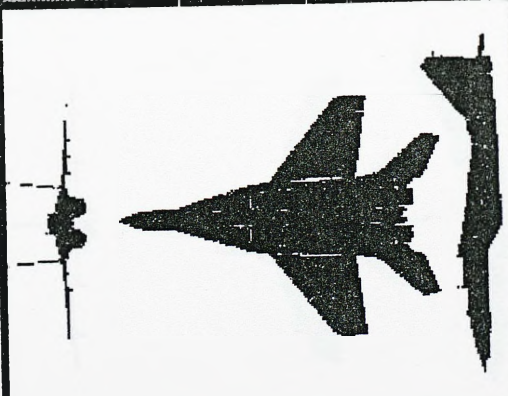
Mikojan MiG-23 Flogger jest radzieckim samolotem myśliwskim.
 Napęd odrzutowy - dwa silniki w kadłubie o pół-okrągłych płotach powietrza z boku kadłuba.
 Skrzydła zmiennej geometrii.
 Uzbrojenie podwieszane na pięciu węzłach.
 Pułap : 18500 m.
 Prędkość max : 1400-2500 kmh.

Cechy rozpoznawcze przedstawionego statku powietrznego

napęd	rodzaj	odrzutowy
skrzydła	układ	górnopłat
silniki	ilość	dwa
statecznik pionowy	ilość	jeden
skrzydła	wznios	brak
wloty powietrza	kształt	prostokątny
skrzydła	lokalizacja	z boku kadłuba
statecznik poziomy	geometria	zmienne
dziób	kształt	trójkątny
	kształt	wygięty u dołu

SPACJA - Koniec prezentacji

TAB - Ciąg dalszy opisu



Statok powietrzny : MiG-29 "Fulcrum"

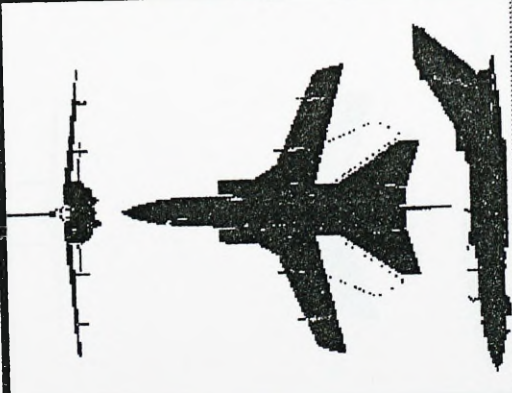
Mikojan MiG-29 Fulcrum jest radzieckim samolotem myśliwskim.
 Napęd odrzutowy - dwa silniki u kadłubie w ułotach prostokątnych podwójnie.
 Skrzydła w układzie strzały.
 Uzbrojenie : działko 30 mm oraz rakiety Bombu poduszkowe na sześciu wyrzłach.
 Pułap : 17200 m.

Cechy rozpoznawcze przedstawionego statku powietrznego

napęd	radzial	odrzutowy
skrzydła	układ	delta
silniki	ilość	pod kadłubem
silniki	lokalizacja	wymiata w tył
skrzydła	kształt	delta
statecznik pionowy	ilość	brak
skrzydła	wzmiot	prostokątna
ułoty powietrza	lokalizacja	pod kadłubem
ułoty powietrza	kształt	trójkątna
statecznik pionowy	kształt	ostry
działko	rodzaj	odporowa litera U
ustalenie ogonowe		

SPRACJA - Koniec prezentacji

TAB - Ciąg dalszy opisu



Statok powietrzny : Tornado

PZL Mielnik Tornado jest samolotem myśliwsko-bombowym rozpoznawczym produkcji RFN w Anglii. Jest to dwumiejscowy samolot o zmiennej geometrii skrzydeł. Napęd odrzutowy - dwa silniki w kadłubie w prostokątnych wlotach powietrza z boku kadłuba. Uzbrojenie - dwa działka 27 mm oraz podwieszane na trzech podkadłubowych i czterech podskrzydłowych uzbrojeniach.
 Prędkość przelotowa : 900 km/h.
 Pułap operacyjny : 18000 m.
 Zasięg : 4830 km.

Geometria rozpoznawcza przedstawionego statku powietrznego

napęd	rodzaj	odrzutowy
skrzydła	układ	górny
silniki	ilość	dwa
silniki	lokalizacja	z boku kadłuba
skrzydła	kształt	wygięte w tył
statecznik pionowy	ilość	jeden
skrzydła	wznios	ujemny
wloty powietrza	lokalizacja	z boku kadłuba
skrzydła	geometria	zmienna
statecznik pionowy	kształt	trapezowy
dziób	kształt	ostry
ustrojenie ogonowe	rodzaj	odwrócona litera I
skrzydła	koniec	proste

SPACJA - koniec prezentacji

TAB - Ciąg dalszy opisu



Statok powietrzny : Su-27 "Flanker"

Sukhoi Su-27 "Flanker" jest samolotem odrzutowym, jednomiejscowym produkcyj i radzieckim. Bazywany jest jako samolot myśliwski. Posiada jedno działo 30mm oraz może przenosić rakiety i bomby podłożone na pylonach. Jest doposażony o wysiętych u tył skrzydłach. Posiada dwa silniki zamocowane u kadłubie o prostokątnych wlotach powietrza pod kadłubem. Posiada dwa trapezowe stateczniki pionowe i dwa poziome zamocowane w cząści ogonowej.

Cechy rozpoznawcze przedstawionego statku powietrznego

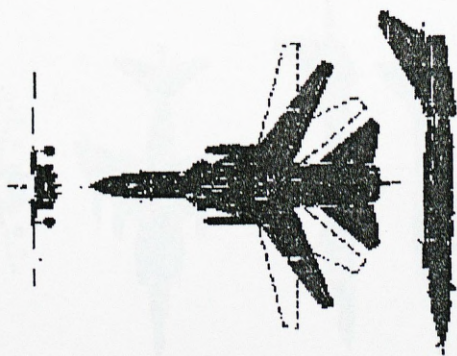
napęd	rodzaj	odrzułowy
skrzydła	układ	dolnołot
silniki	ilość	dw
silniki	lokalizacja	pod kadłubem
skrzydła	kształt	wysięte u tył
statecznik pionowy	ilość	dwa
skrzydła	uznios	brak
wloty powietrza	kształt	prostokątny
wloty powietrza	lokalizacja	pod kadłubem
statecznik poziomy	kształt	trójkątny
działo	kształt	ostre

SPACJA - Koniec prezentacji

TAB - Ciąg dalszy opisu

Statek powietrzny : Su-24 "Fencer"

Sukhoi Su-24 "Fencer" jest samolotem odrzutowym, dwukojłowym produkcyjnej radzieckiej. Używany jest jako samolot szturmowy. Posiada dwa działka 30mm oraz może przenosić rakiety i bomby podwieszane na pylonach lub w kadłubie. Jest górnopłatem o zmiennej geometrii skrzydeł. Posiada dwa silniki zamocowane w kadłubie o prostokątnych wlotach powietrza z boku kadłuba. Posiada jeden trapezowy statecznik pionowy i dwa poziome zamocowane w części ogonowej.



Gechy rozpoznawcze przedstawionego statku powietrznego

napęd	rodzaj	odrzutowy
skrzydła	układ	górnopłat
silniki	ilość	dwa
silniki	lokalizacja	z boku kadłuba
skrzydła	kształt	wąskie w tył
statecznik pionowy	ilość	jeden
skrzydła	uzmieszczenie	brak
dziób	kształt	ostry
usterzenie ogonowe	rodzaj	odwrócona litera T
wloty powietrza	kształt	prostokątny
skrzydła	geometria	zmienna
wloty powietrza	lokalizacja	z boku kadłuba
statecznik poziomy	kształt	trójkątny

SPAC3A - Koniec prezentacji

TAB - Ciąg dalszy opisu

Statok powietrzny : Harrier GR5

McDonnell Douglas - BAW Harrier GR5 jest samolotem odrzutowym, jedynym istniejącym produktem amerykańsko-brytyjskiej.

Użytkownik jest jako samolot szturmowy. Posiada dwa silniki 30 mm oraz noże przenosić rakiety i bombę podwieszoną na szkieletach. Jest samolotem o skrzydłach wysięgłych w tył, a ujemnym wzniosie.

Posiada dwa silniki zamocowane w kadłubie z półokrągłych otworach powietrza z boku kadłuba.

Posiada jeden krótki statecznik pionowy i dwa poziome zamocowane w części ogonowej.

Wzrost operacyjny : 1600 m

Zasięg : 3930 m

Prędkość przelotowa : 800 km/h.



Cechy rozpoznawcze przedstawionego statku powietrznego

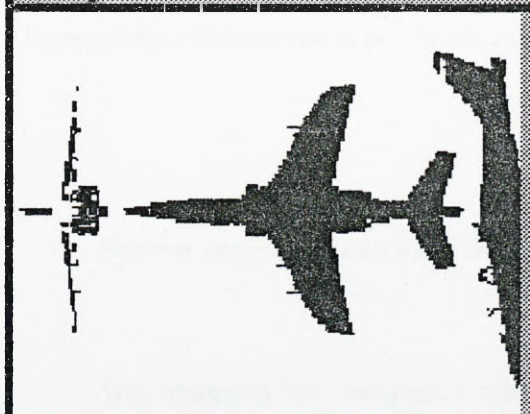
napęd
skrzydła
silniki
silniki
skrzydła
statecznik pionowy
skrzydła
dziób
ustarzenie ogonowe
wloty powietrza
wloty powietrza
skrzydła

rodzaj
układ
ilość
lokalizacja
kształt
ilość
wznios
kształt
rodzaj
kształt
lokalizacja
konce

odrzutowy
samolot
dwa
z boku kadłuba
wloty w tył
jeden
ujemny
ostry
odwrócona litera T
półkolisty
z boku kadłuba
proste

SPACJA - Koniec prezentacji

TAB - Ciąg dalszy opisu



Statek powietrzny : Alpha Jet

Dassault-Breguet Dornier Alpha Jet jest samolotem czterosilowym, dwumiejscowym produkcji niemiecko-francuskiej.
 Używany jest jako samolot treningowy oraz samolot bliskiego wsparcia taktycznego oraz rozpoznania.
 Ciężar : 2400w.
 Średni promień działania : 900 km.
 Pułap taktyczny : 14000m.
 Posiada jedno działo 30mm oraz 5 miejsc do podwieszenia innego rodzaju uzbrojenia.
 Jest samolotem o skrzedziach wzniesłych u tyłu, o ujemnym wzniesieniu.
 Posiada dwa silniki zamocowane u kadłubie o półokrągłych wlotach powietrza z boku kadłuba.
 Może startować z lotnisk trawiastych.
 Posiada jeden krpeczony statecznik pionowy i dwa poziome zamocowane u dzięci ogonowej.

Bechy rozpoznawcze przedskryjonego statku powietrznego

narząd	rodzaj	odrazutowy
skrzydła	układ	górnopłat
silniki	ilość	dwa
silniki	lokalizacja	z boku kadłuba
statecznik pionowy	ilość	jeden
skrzydła	kształt	wysięte u tyłu
skrzydła	wznies	ujemny
statecznik pionowy	kształt	trapezowy
dziób	kształt	ostry
ustarżenie ogonowe	rodzaj	odwrócona litera T
wloty powietrza	lokalizacja	z boku kadłuba
skrzydła	kształt	półkolisty
	koniec	zakrąglone

SPACJA - Koniec prezentacji

TAB - Ciąg dalszy pisu

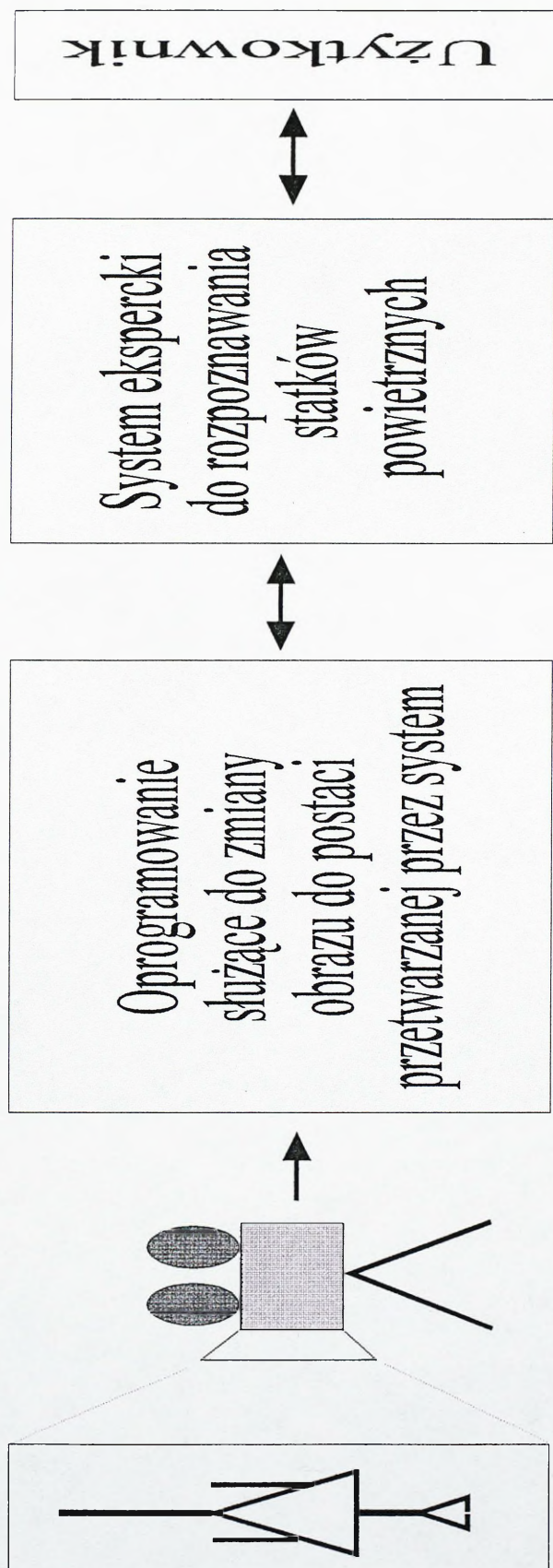
ORYGINALNY SYSTEM EKSPERCKI DO WSPOMAGANIA ROZPOZNAWANIA STATKÓW POWIETRZNYCH

Podstawowym zadaniem systemu eksperckiego jest wspomaganie rozpoznawania statków powietrznych. System jest w zasadzie przeznaczony dla wzrokowych obserwatorów przestrzeni powietrznej. Umożliwia identyfikację typu przelatującego statku powietrznego na podstawie cech zauważonych przez obserwatora (na przykład: układ i kształt skrzydeł, liczba silników).

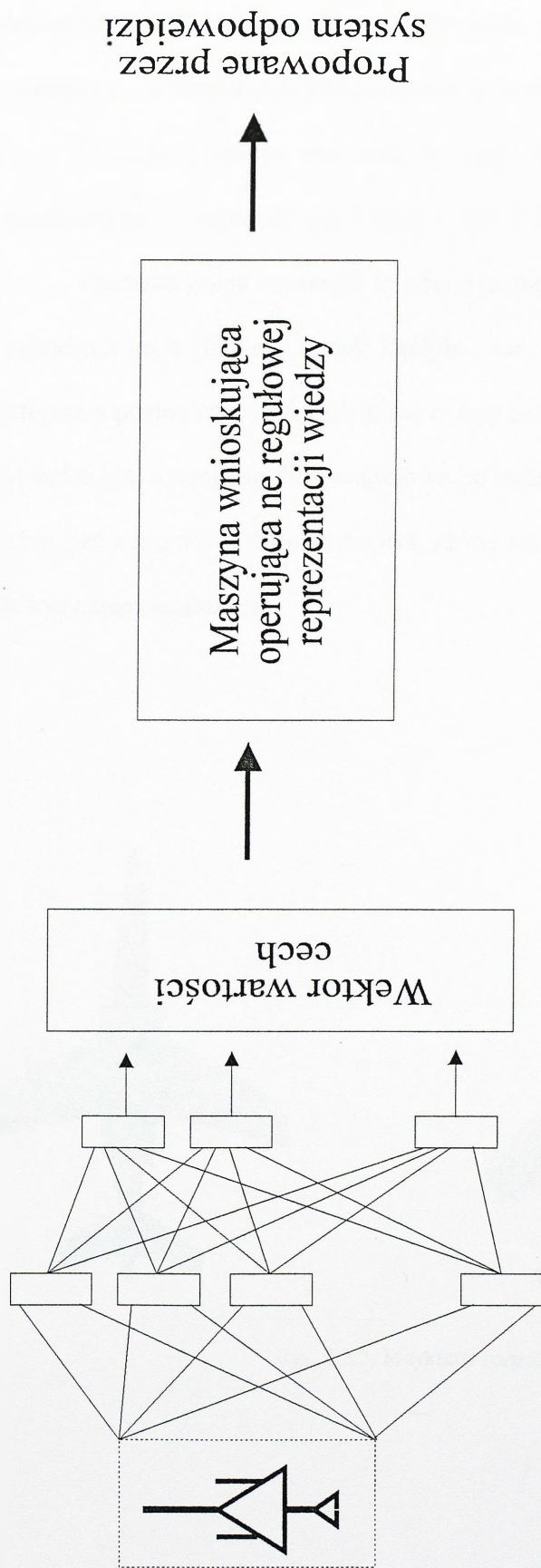
Dodatkowym zadaniem systemu eksperckiego jest szkolenie obserwatorów wzrokowych. Odbywa się to z wykorzystaniem zawartych w bazie wiedzy sylwetek statków powietrznych. Jako pomocnicze informacje przy nauce rozpoznawania typów obiektów powietrznych wykorzystywane są zbiory ich cech rozpoznawczych (tak, jak przy wykorzystywaniu systemu do wspomagania rozpoznawania statków powietrznych). Umiejętności obserwatora są poddawane ocenie.

System ekspercki jako narzędzie do rozpoznawania

Wspomaganie lub zastąpienie człowieka eksperta w procesie identyfikacji możliwe jest poprzez pozyskanie wiedzy na temat sposobu obserwacji i identyfikacji statków



Rys. Z.2.1. System obserwacji i rozpoznawania zawierający elementy komputerowego wspomaganie



Etap I
wyznaczanie wartości
wybranych cech obrazu

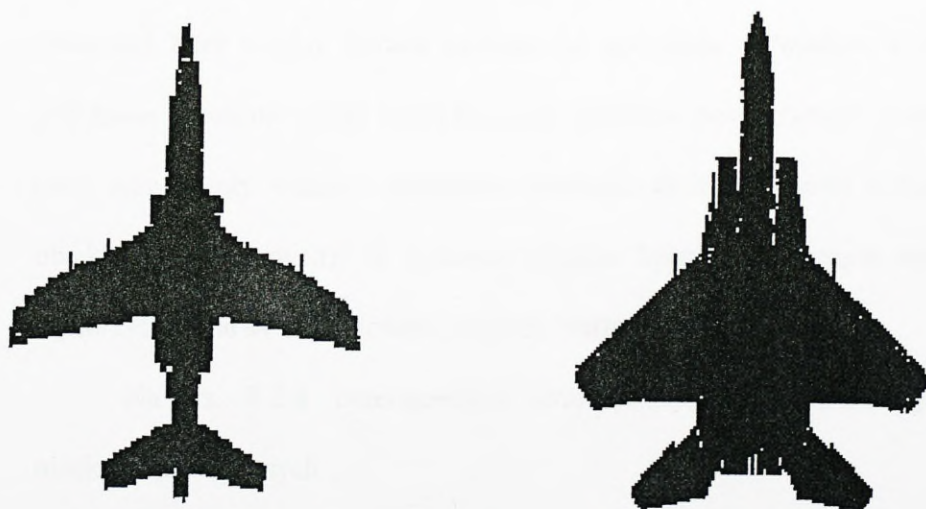
Etap II
identyfikacja obiektu
z wykorzystaniem
wartości cech

Rys. Z.2.2. Etapy przetwarzania i identyfikacji obiektów

powietrznych. Wiedza taka stanowi zasadniczą część takiego systemu i stanowi zbiór doświadczeń nabytych przez lata pracy wielu ekspertów. Schemat systemu obserwacji i rozpoznawania zawierający komputerowe wspomaganie pokazany jest na rys. Z.2.1.

Omawiany system ekspercki w celu dokonywania identyfikacji wykonuje dwie zasadnicze grupy czynności (dwa etapy) - rys. Z.2.2.

Pierwsza grupa czynności to operacje mające na celu wydzielenie z obrazu wartości wybranych cech (m. in. kształt kadłuba, zakończenie kadłuba, kształt skrzydeł, kształt usterzenia poziomego, liczba silników, rodzaj uzbrojenia). Rys. Z.2.3. zawiera przykładowe sylwetki, które stanowią dane wejściowe do systemu. Powyższe czynności wykonywane są przez sieć neuronową dwuwarstwową, której struktura i zasady funkcjonowania opisano w dalszej części załącznika.



Rys. Z.2.3. Przykłady rozpoznawanych obrazów

Druga grupa czynności związana jest z identyfikacją obiektu powietrznego na podstawie wartości ustalonych cech. Wiedza na ten temat (pozyskana od eksperta) zapisana jest w postaci reguł i przetwarzana zgodnie z przyjętymi zasadami i związana z tą metodą reprezentacji wiedzy.

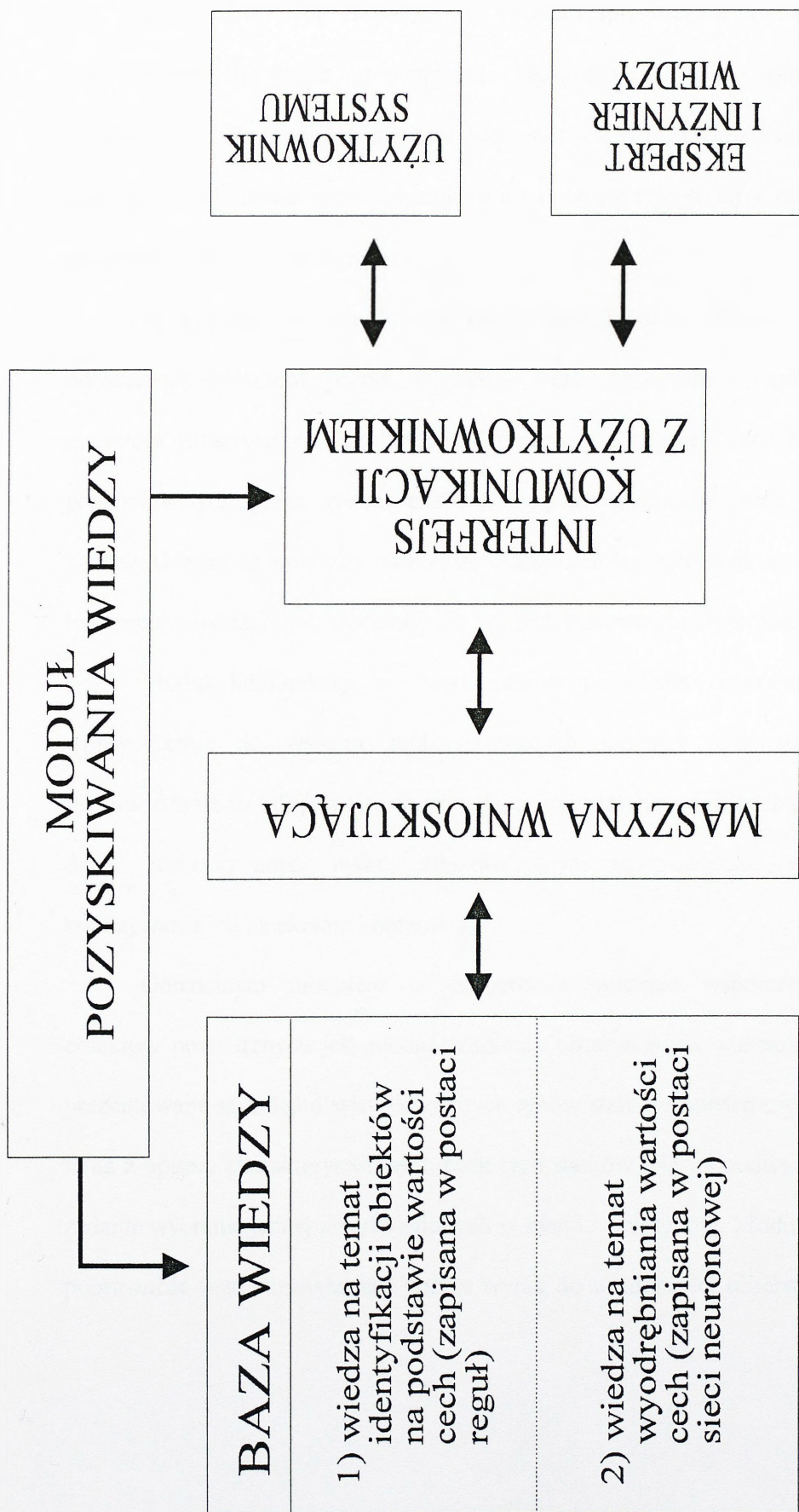
Struktura systemu eksperckiego

W związku z powyższymi założeniami o podziale procesu identyfikacji na dwie części baza wiedzy systemu podzielona jest także na dwie części. Wiedza o sposobie wydzielania z rysunku wartości cech zapisana jest w postaci sieci neuronowej. W drugiej części bazy wiedzy zapisana jest wiedza o sposobie identyfikacji obiektów na podstawie wartości wybranych cech i zapisana jest w postaci reguł.

Podstawą działania systemu jest wiedza zgromadzona w bazie wiedzy. Początkowa zawartość bazy wiedzy została ustalona na podstawie wywiadów z ekspertami. Na ich podstawie określono cechy identyfikacyjne obiektów powietrznych, możliwe wartości tych cech oraz reguły wiążące przesłanki (wartości cech obiektów) z konkluzjami (typami obiektów powietrznych). W systemie przyjęto hybrydową metodę reprezentacji wiedzy; wykorzystywane są trójki <obiekt, atrybut, wartość> i reguły.

Na rys. Z.2.4. przedstawiono strukturę systemu eksperckiego do identyfikacji obiektów powietrznych.

Moduł wnioskowania zbudowany jest w oparciu o odwrotne łańcuchy wnioskowania. Przyjmowane są hipotezy dotyczące typów obiektów powietrznych, a następnie poszukuje



Rys. Z.2.4. Struktura systemu eksperckiego do identyfikacji obiektów

się potwierdzenia tych hipotez na drodze sprawdzania prawdziwości przesłanek (wprowadzonych przez obserwatora zauważonych przez niego cech obiektów powietrznych). Rozpoznanie systemu podawane jest w postaci listy typów, uszeregowanych według wiarygodności reguł wskazujących na podane typy statków powietrznych oraz wagi zidentyfikowanych cech obiektu.

W systemie jest wbudowany moduł pozyskiwania wiedzy. Pozyskiwanie wiedzy odbywa się półautomatycznie, w trakcie pracy operatora systemu. Wszelkie decyzje operatora (obserwatora wzrokowego), dotyczące akceptacji bądź odrzucenia rozpoznań proponowanych przez system ekspercki, są uwzględniane przez moduł pozyskiwania wiedzy. Decyzje te wpływają na zmianę wiarygodności reguł istniejących w systemie lub też tworzenie nowych reguł, wcześniej nie znanych systemowi eksperckiemu.

Moduł komunikacji z użytkownikiem umożliwia obserwatorowi wzrokowemu wprowadzanie do systemu zaobserwowanych wartości cech statków powietrznych. Wprowadzanie to odbywa się, co prawda, z wykorzystaniem klawiatury, ale jest ułatwione dzięki rozbudowanym menu, umożliwiającym wprowadzanie wartości cech przez wskazywanie ich na ekranie komputera.

Oddzielnym modułem w eksperckim systemie wspomagania rozpoznawania obiektów powietrznych jest moduł szkolenia obserwatorów wzrokowych. Obserwatorom prezentowane są kolejno sylwetki różnych typów statków powietrznych (w trzech rzutach) wraz z opisem charakterystycznych cech tych statków. Na tej podstawie obserwator ma za zadanie wybranie jednej z wyświetlonych w menu nazw typów. Moduł szkolenia weryfikuje poprawność tego rozwiązania i podaje wynik do wiadomości obserwatorowi. Seria takich

rozpoznań stanowi podstawę do oceny obserwatora i jest podawana po zakończeniu seansu szkolenia.

Sieć neuronowa jako sposób reprezentacji wiedzy na temat wyodrębniania wartości cech

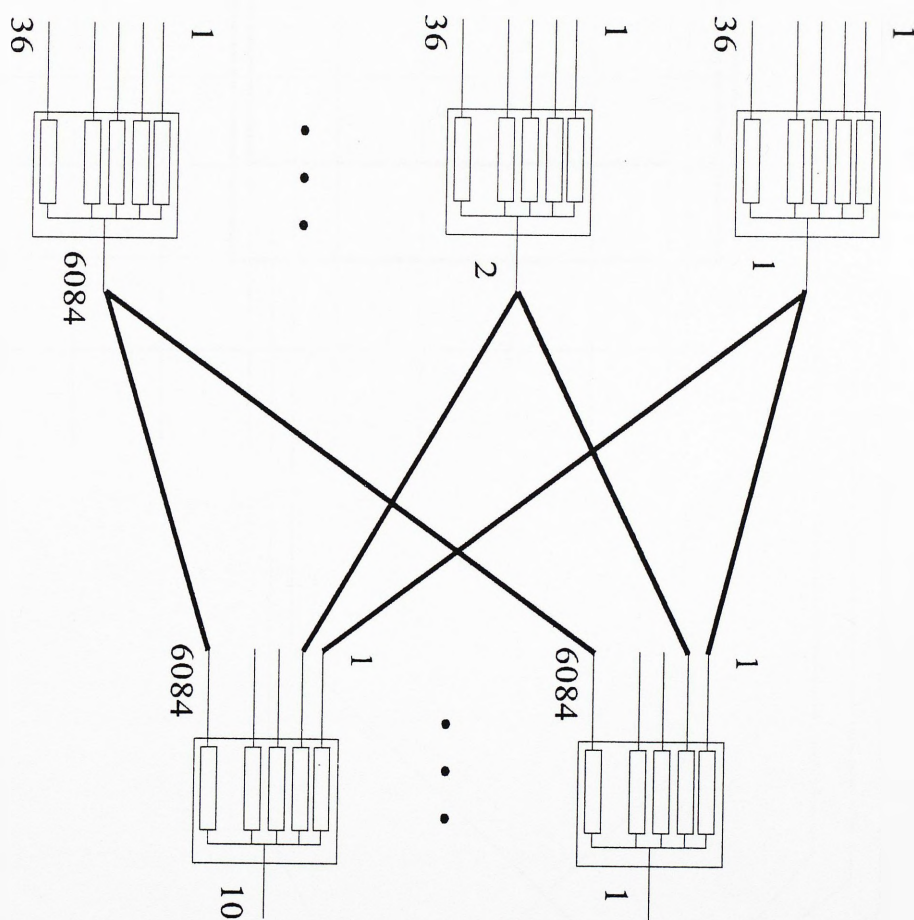
Sieć neuronowa spełnia rolę mechanizmu wyodrębniania wartości cech z obrazu uzyskanego z kamery. Obraz z kamery podlega wcześniejszej konwersji w celu dostosowania go do formy, w jakim może go przetwarzać sieć neuronowa. W strukturze sieci znajdują się dwie warstwy neuronów. Schemat połączeń pokazany jest na rys. Z.2.5.

W pierwszej warstwie sieci znajduje się 6084 neuronów, każdy z 36 wejściami bezpośrednio „podłączonymi” do analizowanego obrazu. Wejścia neuronów w tej warstwie przeznaczone są do analizy wybranych fragmentów obrazu, tak zwanych okienek, które w prezentowanym rozwiązaniu mają rozmiar 6 x 6 punktów obrazu - patrz rys. Z.2.6.

Kolejne okienka przesunięte są w stosunku do siebie o 2 punkty obrazu w prawo, przesunięcie w wierszach także wynosi 2 punkty obrazu. W drugiej warstwie znajduje się 10 neuronów, których wyjścia reprezentują odpowiedź sieci. (wartości cech obrazu). Kolejne wyjścia symbolizują: kształt kadłuba (owalny, wydłużony), kształt skrzydeł (proste, ukośne, trójkątne, delta) i kształt stateczników poziomych (trapezowe ukośne). Neurony warstwy wejściowej są połączone z neuronami warstwy wyjściowej na zasadzie „każdy z każdym”, wynika z tego, że neurony wyjściowe mają 6084 wejść.

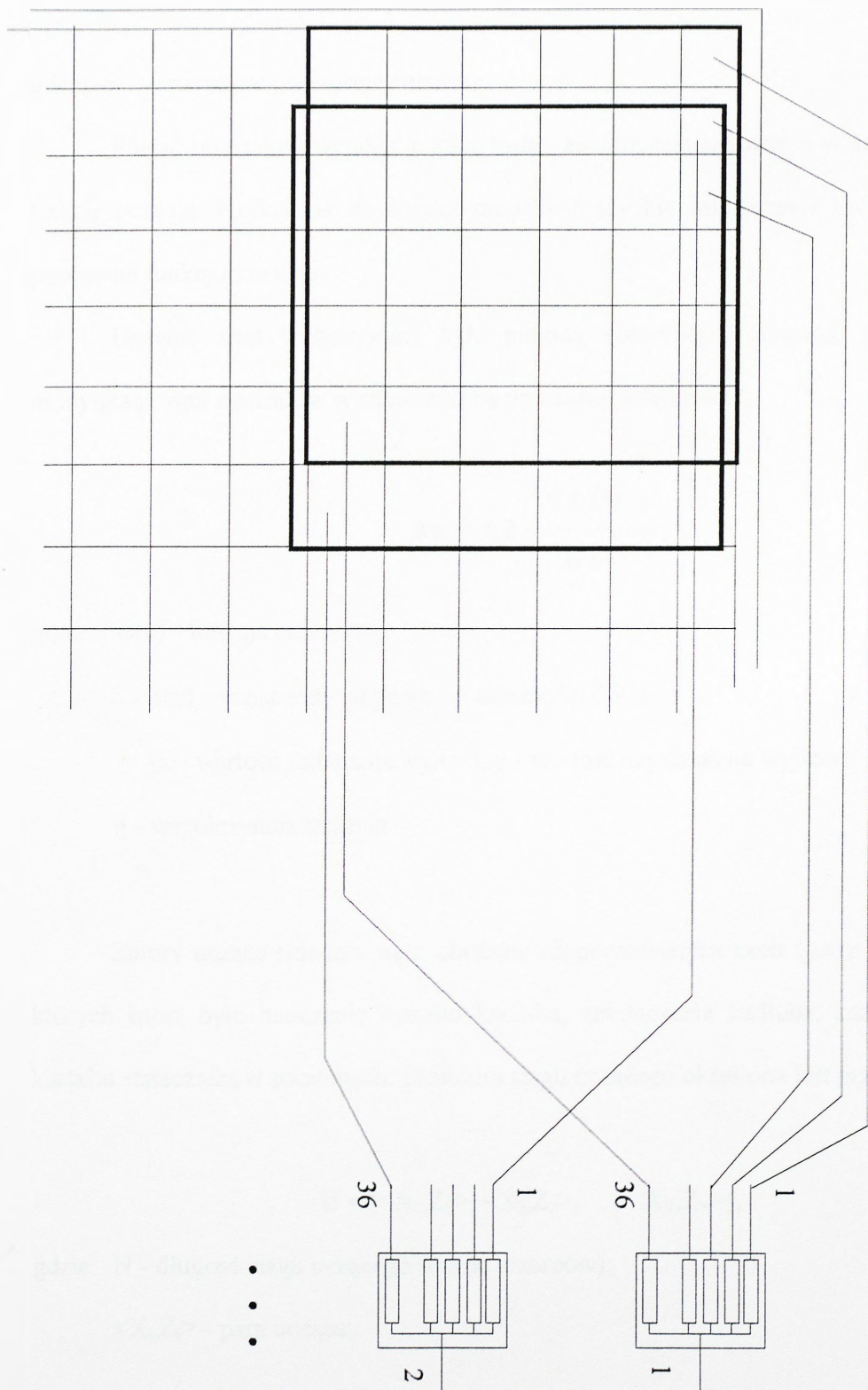
Każdy z neuronów sieci ma identyczną funkcję aktywacji w postaci:

Obraz wprowadzany
na wejście sieci



Wyjście sieci
określające wartości
wybranych cech

Rys. Z.2.5. Struktura sieci neuronowej



Warstwa wejściowa
sieci neuronowej

Rys. Z.2.6. Sposób wprowadzenia obrazu na wejście sieci neuronowej

$$\varphi(e) = (1 + \exp(-0.5 e))^{-1} - 0.5.$$

gdzie: e - sumaryczne pobudzenie neuronu.

Postać tej funkcji wynika z toku badań zachowania się sieci a w szczególności w trakcie uczenia. Funkcja w tej postaci umożliwia szybkie zakończenie procesu uczenia i poprawne funkcjonowanie.

Uczenie sieci wykonywane było metodą wstecznej propagacji, gdzie wielkość modyfikacji wag neuronów wyznaczano na podstawie zależności:

$$\Delta w_i = \eta \delta \frac{\sigma \varphi(\varepsilon)}{\sigma \varepsilon},$$

gdzie: $\varphi(e)$ - funkcja aktywacji;

δ - błąd wyznaczony na podstawie zależności $\delta = z - y$

(z - wartość żądana na wyjściu, y - wartość uzyskana na wyjściu);

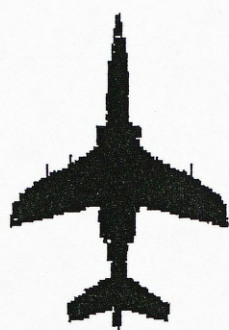
η - współczynnik uczenia.

Zbiory uczące składały się z obrazów rozpoznawanych cech (patrz rys. Z.2.7.), w których istotą było nauczenie kształtu kadłuba, zakończenia kadłuba, kształtu skrzydeł, kształtu stateczników poziomych. Struktura ciągu uczącego określona jest przez zależność:

$$U = (\langle X_1, Z_1 \rangle, \langle X_2, Z_2 \rangle, \dots, \langle X_N, Z_N \rangle),$$

gdzie: N - długość ciągu uczącego (liczba wzorców);

$\langle X_i, Z_i \rangle$ - para ucząca;



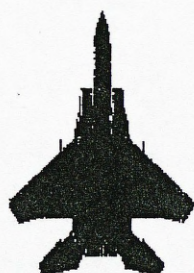
Wzór 1



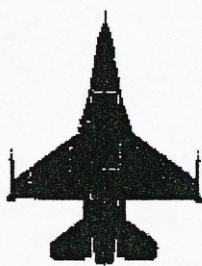
Wzór 2



Wzór 3



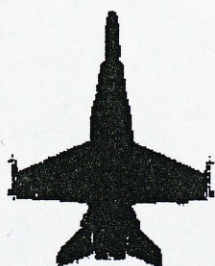
Wzór 4



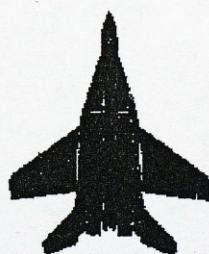
Wzór 5



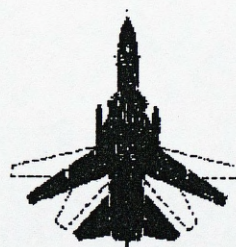
Wzór 6



Wzór 7



Wzór 8



Wzór 9

Rys. Z.2.7. Fragment zbioru uczącego

$X_i = (x_1^i, x_2^i, \dots, x_n^i)$ - wektor opisujący i -ty wzorzec;

n - liczba wejść sieci (długość wzorca, w rozpatrywanym przypadku $n = 160 \cdot 160$ punktów);

$Z_i = (z_1^i, z_2^i, \dots, z_n^i)$ - wektor żądanych wartości wyjściowych;

k - liczba wyjść sieci (liczba cech, w rozpatrywanym przypadku $k = 10$).

Do uczenia sieci metodą wstecznej propagacji użyto ciągu uczący zawierający $N = 216$ par uczących.

Z postaci ciągu uczącego wynika, że wartości cech wyodrębniane są na podstawie rzutu pionowego obiektu (tak zwany rzut „z góry”).

Reguła reprezentacji wiedzy o sposobie identyfikacji obiektów powietrznych na podstawie wartości cech

Reguły, obok sieci neuronowej, stanowią drugą zasadniczą część bazy wiedzy systemu. Wiedza zapisana w tej części bazy wiedzy wykorzystywana jest (poprzez maszynę wnioskującą) w drugim etapie identyfikacji. Na podstawie wypracowanego przez sieć neuronową wektora wartości cech i wiedzy systemu przeprowadzane jest wnioskowanie oparte na odwrotnym łańcuchu wnioskowania. W wyniku, system proponuje rozwiązanie (lub rozwiązania), które mogą być zatwierdzone przez użytkownika systemu. Poprzez taki dialog pomiędzy systemem a użytkownikami lub ekspertami uzupełniana i poprawiana jest

wiedza systemu. Poniżej przedstawiona jest reguła opisująca wiedzę na temat identyfikacji obiektu:

jeżeli	kształt-kadłuba	jest	wydłużony	i
	zakończenie-kadłuba	jest	ostre	i
	kształt-skrzydeł	jest	ukośne	i
	kształt-stateczników-poziomych	jest	ukośne	

to

Su - 22

W powyższej formie inżynier wiedzy gromadzi pozyskaną wiedzę i zapisuje ją w systemie. W celu operowania bazą wiedzy stworzono specjalne narzędzie (dla eksperta i inżyniera wiedzy), które umożliwia pełną kontrolę struktury i zawartości bazy wiedzy. Odbywa się to poprzez dopisywanie nowych reguł, usuwanie i modyfikację już istniejących. Do kontroli zawartości bazy wiedzy opracowano następujące algorytmy:

- sprawdzający redundancję
- sprawdzający sprzeczność
- uogólniający posiadaną wiedzę.

Istnieje możliwość kontroli pochodzenia reguł oraz przyczyn ich wprowadzenia do systemu - przez eksperta (lub inżyniera wiedzy) albo użytkownika systemu.

Wnioski

Z zaprojektowanym systemem eksperckim do rozpoznawania obiektów powietrznych prowadzone były liczne próby. W rozwiązaniach przyjętych w systemie dokonano zasadniczego podziału w całym procesie identyfikacji statków powietrznych. Wynika to z możliwości zastosowania różnych metod reprezentacji i przetwarzania wiedzy dla wybranych problemów szczegółowych. W związku z tym po zastosowaniu różnych metod reprezentacji i przetwarzania (system hybrydowy) istnieje możliwość efektywniejszego wykorzystania właściwości tych metod. Pomimo zadowalających wyników identyfikacji dla wybranej grupy obrazów istnieje problem transformacji obrazu uzyskiwanego bezpośrednio z kamery na obraz, który może zostać wprowadzony na wejście systemu, czyli na wejście sieci neuronowej.

