AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

WYDZIAŁ WOJSK LĄDOWYCH

Kpt. mgr inż. Leszek SUFA

EFEKTYWNOŚĆ SYSTEMÓW RADIOKOMUNIKACJI RUCHOMEJ ARMII W OPERACJI OBRONNEJ NA OBSZARZE KRAJU

Rozprawa doktorska

1-2

Biblioteka Główna
Akademii Obrony Narodowej
S/2385
05-002385-001-0

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
Ewid.
54830

WARSZAWA 1994

A K A D E M I A O B R O N Y N A R O D O W E J

WYDZIAŁ WOJSK LĄDOWYCH

BIBLIOTEKA GŁÓWNA-ARCHIWUM
Nr ewid. 54830
Akademii Obrony Narodowej

Kpt.mgr inż. Leszek SUFA

EFEKTYWNOŚĆ SYSTEMÓW RADIOKOMUNIKACJI RUCHOMEJ ARMII W OPERACJI OBRONNEJ NA OBSZARZE KRAJU

Rozprawa doktorska

1-2

BIBLIOTEKA GŁÓWNA
Nr ewid. 5/23/85
Katalog Zbiorów Jawnych-Akademii ON

Opracowana pod kierunkiem naukowym

Płk.prof.dr.hab.inż. Piotra SIENKIEWICZA

WARSZAWA 1994

SPIS TREŚCI

WSTĘP 7

ROZDZIAŁ I - ANALIZA ROZWOJU SYSTEMÓW RADIOKOMUNIKACJI RUCHOMEJ LĄDOWEJ 15

1.1.SYSTEMY CYWILNEJ RRL 15

1.1.1.Wstęp 15

1.1.2.Systemy cyfrowych sieci o strukturze komórkowej .. 15

1.1.3.Systemy cyfrowe dla tzw. komunikacji osobistej ... 21

1.1.4.Systemy zbiorowych sieci typu dyspozytorskiego ... 26

1.1.5..Systemy łączności satelitarnej (globalne sieci komórkowe) 27

1.1.6.Systemy przywoławcze (Paging) 28

1.1.7.Rozwój telefonii komórkowej w krajach Europy Środkowo-Wschodniej 29

1.2.SYSTEMY WOJSKOWEJ RRL 31

1.2.1.Wprowadzenie 31

1.2.2.Systemy czołowych armii NATO 32

1.2.3.Systemy innych armii 36

1.3.ROZWÓJ SYSTEMÓW RRL W POLSCE 37

1.3.1.Systemy cywilne 37

1.3.2.Systemy wojskowe 42

1.4.AKTUALNY STAN PRAC BADAWCZO-ROZWOJOWYCH 45

ROZDZIAŁ II - METODOLOGICZNE PODSTAWY ANALIZY I OCENY EFEKTYWNOŚCI SYSTEMÓW RRL 47

2.1.WPROWADZENIE 47

2.2.PODSTAWOWE ELEMENTY ANALIZY I OCENY EFEKTYWNOŚCI SYSTEMÓW 50

2.3.PODSTAWOWE METODY OCENY EFEKTYWNOŚCI SYSTEMÓW RADIOKOMUNIKACJI RUCHOMEJ LĄDOWEJ (RRL) 61

2.4.KRYTERIA I WSKAŹNIKI OCENY EFEKTYWNOŚCI SYSTEMÓW RRL 66

ROZDZIAŁ III - MODEL OCENY EFEKTYWNOŚCI SYSTEMU RADIOKOMUNIKACJI RUCHOMEJ LĄDOWEJ ZO 73

3.1.WPROWADZENIE 73

3.2.MIEJSCE I ROLA RRL W SYSTEMIE ŁĄCZNOŚCI DZ W OPERACJI OBRONNEJ 76

3.2.1.Wprowadzenie 76

3.2.2. Ogólna charakterystyka systemu łączności DZ 78

3.2.3.Ogólna charakterystyka systemu RRL DZ 87

3.3. MODEL OCENOWY SYSTEMU RRL DZ 91

3.3.1.Wprowadzenie 91

3.3.2.Wpływ efektywności systemu łączności na efektywność działań bojowych 92

3.3.3.Projekt metodyki wielokryterialnej oceny RRL 93

3.3.4.Przegląd dopuszczalnych wskaźników oceny 99

3.3.5.Funkcjonowanie systemu RRL w warunkach oddziaływania RE przeciwnika 104

3.4.OGÓLNY MODEL KANAŁU RADIOTELEFONICZNEGO Z FLUKTUACJAMI I ZANIKAMI 112

3.4.1.Modele sygnałów radiotelefonicznych 114

3.4.2.Uogólniony model kanału radiotelefonicznego 116

3.4.3.Projektowanie systemów RRL w terenie przyszłych działań 120

3.5.MODEL SYMULACYJNY OCENY EFEKTYWNOŚCI SYSTEMÓW RRL DZ 122

3.5.1.Wprowadzenie 122

3.5.2.Identyfikacja procesów informacyjnych w systemach RRL DZ 123

3.5.3.Opis modelu symulacyjnego 126

ROZDZIAŁ IV - OCENA EFEKTYWNOŚCI WARIANTÓW SYSTEMÓW RRL ZO 135

4.1.ZDEFINIOWANIE WARIANTÓW SYSTEMÓW RRL ZO (warianty organizacyjne i funkcjonalne) 135

4.1.1.Analiza obecnie eksploatowanego systemu łączności radiotelefonicznej 135

4.1.2.System RRL - opracowywany (wariant II) 136

4.1.3.System perspektywiczny (wariant III) 141

4.2.ANALIZA WYNIKÓW OCENY EFEKTYWNOŚCI WARIANTÓW 144

4.2.1.Analiza wyników oceny efektywności metodą symulacji komputerowej 144

4.2.2.Analiza wyników oceny efektywności z wykorzystaniem modeli analitycznych 150

4.2.3.Ocena porównawcza przedstawionych wariantów 152

ZAKOŃCZENIE 157

BIBLIOGRAFIA 161

Załączniki 165

WSTĘP

Okres transformacji ustrojowej cechuje poszukiwanie racjonalnych wyznaczników polskiej polityki obronnej, stanowiących układ wymagań i ograniczeń struktury sił zbrojnych. Poszukiwanie to w okresach przełomowych charakteryzuje się znacznym stopniem niepewności wynikającym z analizy alternatywnych rozwiązań systemowych.

Warunki te spowodowały, że w rozprawie musiały zostać poddane badaniom i ocenie różne opcje (warianty), w sposób racjonalny, uzasadniony podstawami metodologicznymi analizy systemowej. Wpływ na badania miała przede wszystkim, ograniczoność bazy informacyjnej, brak jasnego stanowiska niektórych organów decyzyjnych, a także naturalne ograniczenia metodologiczne w zakresie badań (perspektywicznych) systemów wojskowych.

Obecnie polskie Siły Zbrojne nastawione są na wypełnianie swoich zadań obronnych samodzielnie. Strategia obronna państwa nie zakłada istnienia określonego potencjalnego przeciwnika: wszystkich sąsiadów określa się jako państwa zaprzyjaźnione lub pozostające w stosunkach dobrosąsiedzkich. Zgodnie z doktryną obronną państwa, Wojsko Polskie nie ma żadnych zadań operacyjnych poza granicami kraju, co zdecydowało o konieczności głębokiego przekształcenia struktur i rozmieszczenia potencjału polskiej armii.

W nowych warunkach wystąpiła wyraźna, skrywana wcześniej, świadomość głębokiej "luki technicznej"

szczególnie widocznej w takich dziedzinach jak: rozpoznanie i wykrywanie radiolokacyjne, łączność na wszystkich szczeblach, automatyzacja dowodzenia, systemy kierowania ogniem, systemy walki radioelektronicznej.

Uwzględniając nowe potrzeby i ograniczenie możliwości ekonomicznych uważa się, że racjonalną strategią może być :

1)przejściowe ograniczenie sił zbrojnych, polegające na utrzymaniu wybranych, silnych, wysoce mobilnych, jednostek wojskowych w wymaganej gotowości do działania, a jednocześnie przesunięcie środków ekonomicznych na techniczną modernizację armii;

2)utrzymanie wysokiej sprawności armii (w stanach przejściowych), a więc zachowanie niezbędnego poziomu szkolenia i ćwiczeń;

3)utrzymanie maksymalnej sprawności posiadanego przez wojsko uzbrojenia i sprzętu;

4)zatrzymanie odpływu ze służby stałej kadr, zwłaszcza technicznych;

5)utrzymanie podstawowych zdolności produkcyjnych polskiego przemysłu zbrojeniowego i jego zaplecza techniczno-konstrukcyjnego na drodze zakupów najlepszych polskich wzorów broni i sprzętu.

Zmiana charakteru doktryny wojennej wpłynęła w znacznym stopniu na modyfikację potrzeb oraz możliwości organizacji, eksploatacji i wykorzystania systemów łączności. Jak wskazano [65] najważniejszym problemem w chwili obecnej jest operacyjne przygotowanie kraju pod względem łączności, tzn. dostosowanie systemów łączności do potrzeb i wymagań

wynikających z założeń doktryny.

Na tym tle rysuje się potrzeba badania efektywności już istniejących (działających) i perspektywicznych (wprowadzanych) systemów łaczności.

Ważną rolę w systemie bezpieczeństwa państwa odgrywa podsystem łączności radiotelefonicznej - tak wojskowej jak i cywilnej. Sprawnie działający system radiotelefoniczny jest nieodzowny do zabezpieczenia łączności w ruchu, między innymi w trakcie mobilizacyjnego rozwijania wojsk, prowadzenia i przechodzenia do operacji, ewakuacji sprzętu i ludności. Wymagania dotyczące mobilności wojsk na współczesnym polu walki będą powodowały gwałtowny wzrost liczby abonentów radiotelefonicznych i związany z tym wzrost znaczenia podsystemów łączności radiotelefonicznej. Ocenia się, że około 30% wszyskich abonentów zintegrowanego systemu łączności będzie abonentami radiotelefonicznymi.

Zaawansowane metody analizy i syntezy sieci radiokomunikacji ruchomej lądowej nie znalazły dotychczas w literaturze światowej dostatecznie pełnego i kompleksowego potraktowania. W ostatnich latach daje się zauważyć wzrost zainteresowania tym problemem, głównie za sprawą zastosowania do badań tego typu systemów symulacji komputerowej.

Mając na względzie istniejące luki w literaturze przedmiotu oraz potrzeby w prognozowaniu rozwoju wojskowych systemów łączności, autor pragnie dokonać oceny efektywności łączności obecnie eksploatowanego i zaproponowanych wariantów systemów radiotelefonicznych.

Cele badawcze przyjęto po gruntownej analizie zasadniczych problemów wynikających z tematu rozprawy.

Celem niniejszej pracy jest:

1/ analiza rozwoju cywilnych i wojskowych systemów radiotelefonicznych w kraju i w głównych państwach NATO;

2/ przedstawienie wariantów organizacyjnych i funkcjonalnych systemów radiotelefonicznych (eksploatowanego i perspektywicznych);

3/ opracowanie modelu ocenowego systemu radiotelefonicznego;

4/ ocena efektywności przedstawionych wariantów;

5/ wypracowanie wniosków dla rozwoju wojsk łączności.

Dla osiągnięcia powyższych celów konieczne będzie, zdaniem autora, rozwiązanie następujących problemów:

1/ określenie potrzeb informacyjnych w zakresie wykorzystania systemów radiotelefonicznych w obronie na obszarze kraju;

2/ określenie miejsca i roli podsystemu radiotelefonicznego oraz charakteru procesów , zjawisk i czynników wpływających na jego funkjonowanie w systemie łączności armii;

3/ skonstruowanie modelu ocenowego systemu łączności radiotelefonicznej (SŁR) najpełniej odzwierciedlającego jego funkcjonowanie;

4/ wybranie istotnych cech charakteryzujących SŁR i przyjęcie kryteriów oceny jego efektywności;

5/ wykorzystanie wyników oceny systemów radiotelefonicznych w celu wskazania kierunku ich rozwoju;

Rozwiązanie powyższych problemów stanowi podstawę do

postawienia przez autora następującej hipotezy roboczej:

- eksploatowany obecnie "system" łączności radiotelefonicznej nie spełnia wymagań współczesnego pola walki. Zasadnicze niedomagania dotyczą między innymi niedostatecznego stopnia automatyzacji procesów i pokrycia obszaru działania, małej przepustowości i pojemności oraz niezadawalającej odporności na zakłócenia i niekorzystnego wykorzystania widma elektromagnetycznego.

Ponadto należy założyć, że:

- braków tych w znacznym stopniu nie posiada planowany do wprowadzenia system radiotelefoniczny;
- efektywność systemu radiotelefonicznego można zwiększyć poprzez zapewnienie mu współpracy z cywilnymi systemami radiotelefonicznymi a w dalszej perspektywie poprzez budowę w pełni zautomatyzowanego systemu;
- skonstruowany model ocenowy (symulacyjny) pozwoli dokonać poprawnej oceny efektywności systemów radiotelefonicznych;
- wyniki oceny pozwolą na opracowanie wniosków istotnych z punktu widzenia eksploatacji i rozwoju systemów radiotelefonicznych.

Do rozwiązania powyższych problemów autor zastosował podejście systemowe oraz wykorzystał następujące metody badawcze :

- analizę systemową, w szczególności ocenę efektywności;
- analizę i syntezę systemów informacyjnych;
- analizę porównawczą;

- symulację komputerową;
- krytyczną ocenę literatury.

Treść rozprawy przedstawiono w IV rozdziałach.

Rozdział I obejmuje analizę rozwoju cywilnych i wojskowych systemów RRL. Przedstawiono najważniejsze kierunki rozwoju tych systemów oraz wskazano miejsce jakie radiotelefoniczne systemy komórkowe zajmują w systemach radiokomunikacji ruchomej.

Rozdział II zawiera metodologiczne podstawy analizy i oceny efektywności systemów RRL. Przedstawiono podstawowe metody oraz kryteria i wskaźniki oceny ich efektywności.

Zasadniczą część rozprawy stanowią rozdziały III i IV-ty.

W rozdziale III przedstawiono model oceny efektywności systemu RRL. Przedstawiono budowę modelu symulacyjnego oraz projekt metodyki oceny wielokryterialnej z algorytmami ich wyznaczania. Zidentyfikowano także podstawowe procesy informacyjne oraz dopuszczalne wskaźniki oceny.

Rozdział IV zawiera zdefinowanie wariantów systemów RRL oraz analizę wyników oceny z wykorzystaniem modeli symulacyjnych i analitycznych. Przedstawiono także ocenę porównawczą zaproponowanych wariantów.

W końcowej części przedstawiono wnioski płynące z dokonanych badań oraz określono kierunki dalszych prac.

Za troskliwą pomoc oraz kierownictwo naukowe przy opracowaniu niniejszej pracy pragnę złożyć najserdeczniejsze podziękowania memu Promotorowi płk.prof.dr.hab.inż. Piotrowi Sienkiewiczowi.

Pragnę również podziękować Komendantowi Wyższej Szkoły

Oficerskiej Wojsk Łączności płk prof.dr.hab.inż. Andrzejowi Barczakowi za stworzenie warunków umożliwiających prowadzenie badań oraz sprzyjających przygotowaniu rozprawy.
Szczególnie podziękowania kieruje Autor do Recenzentów, panów profesorów Wojciecha OSZYWY i Henryka PIEKARSKIEGO za przychylne i inspirujące uwagi krytyczne.
Wszystkim przełożonym, kolegom i bliskim dziękuje Autor za przyjazny klimat i wszechstronną pomoc w przygotowaniu rozprawy.

R O Z D Z I A Ł I

ANALIZA ROZWOJU SYSTEMÓW RADIOKOMUNIKACJI RUCHOMEJ LĄDOWEJ (RRL)

1.1.SYSTEMY CYWILNEJ RRL

1.1.1.Wprowadzenie

Tempo rozwoju RRL (zwłaszcza w ostatnich latach) jest tak wielkie, że znacznie wyprzedziło nawet najśmielsze prognozy. Możemy się jednak pokusić o wyodrębnienie, wskazywanych najczęściej w literaturze światowej i krajowej, głównych kierunków rozwoju. Będą to [73]:

a) systemy cyfrowe pierwszej generacji typowych sieci o strukturze komórkowj (w tym system GSM);
b) systemy cyfrowe dla tzw. komunikacji osobistej;
c) systemy zbiorowych sieci typu dyspozytorskiego (np.systemy Chekker w Niemczech);
d) systemy łączności satelitarnej (np.system Iridium);
e) systemy specjalistyczne do transmisji danych;
f) następne planowane systemy RRL.

1.1.2.Systemy cyfrowych sieci o strukturze komórkowej

W przodujących krajach świata rozpoczęto wprowadzanie nowoczesnych komórkowych systemów RRL. I tak:

- system GSM wprowadzają rozwinięte kraje europejskie;

- system ADC uruchamiają Stany Zjednoczone;
- system JDC Japonia.

Podstawowe dane zaprezentowano w tabeli 1.1.[73].

Tabela 1.1.

Podstawowe parametry standardowych komórkowych systemów cyfrowych RRL

Parametr	GSM	ADC	JDC
Metoda dostępu	TDMA	TDMA	TDMA
Odstęp pomiędzy kanałami w.cz.	200 kHz	30 kHz	25 kHz
Liczba użytkow.jednej nośnej	8(16)	3	3
Przepływność na kanał	13 kbit/s 6,5kbit/s	8 kbit/s	8 kbit/s
Przepływność sumaryczna dla nośnej	270 kbit/s	48 kbit/s	42 kbit/s
Szerokość pasma na kanał	25 kHz	10 kHz	8,3 kHz
Wymagany stosunek nośna/zakłóc.	9 dB	16 dB	13 dB

Obraz korzyści, w zakresie gospodarki widmem radiowym, płynących z wprowadzenia tego typu systemów w odniesieniu do eksploatowanego systemu AMPS podano w tabeli 1.2.[73]
Pokazuje ona wyraźnie korzyści (tylko niektóre) wynikające z wprowadzenia systemów cyfrowych, zwłaszcza w sytuacji zawężania się pola manewru w zakresie zaspokajania rosnącego zapotrzebowania na usługi RRL i jednoczesnego braku wolnych pasm częstotliwości radiowych.

Tabela 1.2.

Możliwości obsługi trafiku różnych systemów RRL

Parametr	System analogowy AMPS	GSM przepływność		ADC	JDC
		pełna wersja 1	połowkowa wersja 2		
Szerokość pasma	25 kHz	25 kHz	25 kHz	25 kHz	25 kHz
Szerokość pasma na kanał rozmówny	30 kHz	25 kHz	25 kHz	10 kHz	8,33 kHz
Liczba kanałów rozmównych	833	1000	2000	2500	3000
Liczba węzłów siatki	7	3	3	7	4
Liczba kanałów w węźle	119	333	666	357	750
Erlangów/km^2 (odstęp międzywęzłowy 3 km)	12	40	84	41	91
Zysk w stosunku do AMPS	1	3,4	7,1	3,5	7,6

Krótki opis rozwoju tych nowoczesnych systemów przedstawiono poniżej.

System GSM

Kraje zrzeszone w CEPT w roku 1991 podpisały porozumienie o uruchomieniu systemu komórkowego GSM, którego

założenia opracował zespół specjalistów (Group Mobill System) [24].

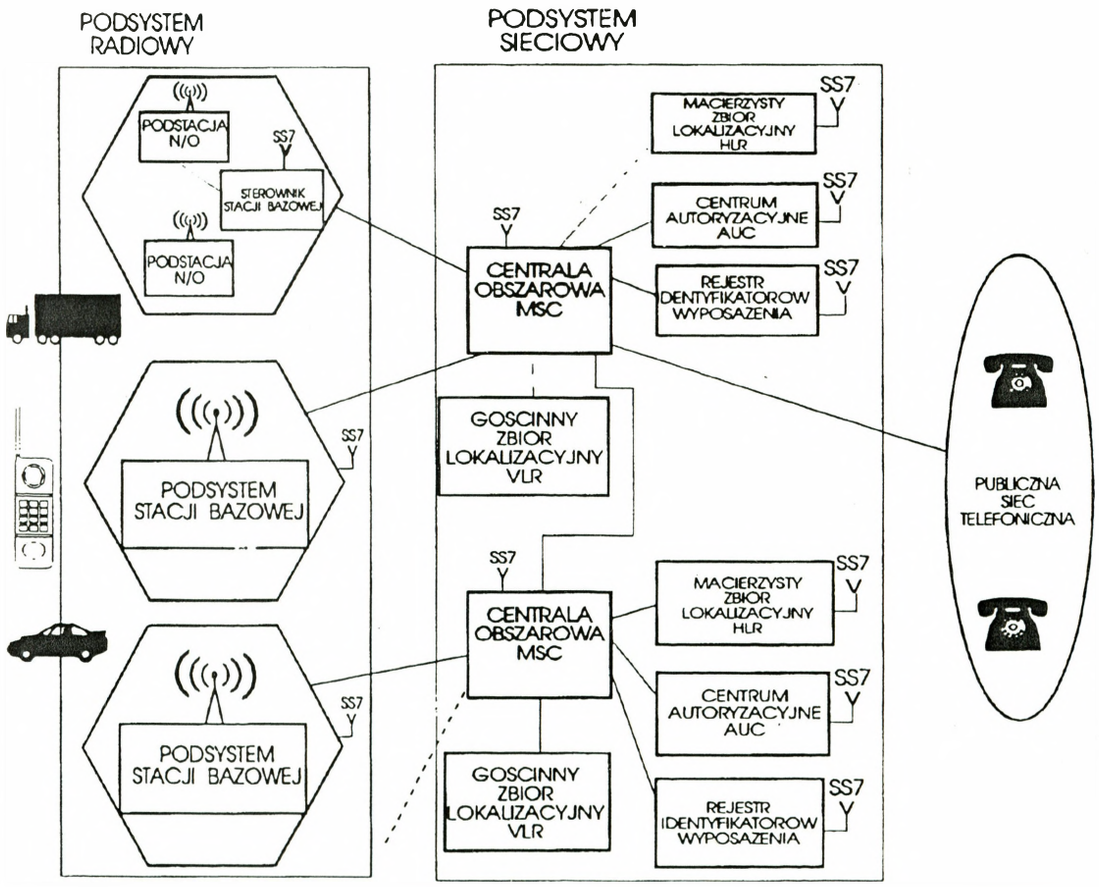
Pierwsza wersja tego systemu miała być uruchomiona w lipcu 1991 roku. Jednak powstałe w trakcie realizacji problemy, głównie dotyczące spełnienia wymagań współpracy z istniejącymi systemami analogowymi, spowodowały opóźnienie tego terminu. Obecnie w wielu krajach pracują już sieci doświadczalne systemu GSM, są ustalane parametry pierwszej wersji tego systemu (patrz tabela) i w ciągu roku ma być rozpoczęta pełna eksploatacja komercyjna.

Podstawowa wersja systemu GSM jest przewidziana do pracy w zakresie częstotliwości 890-915 MHz (nadajnik stacji ruchomych) i 935-960 MHz (nadajnik stacji bazowych). Częstotliwości nośne mają być równe dla kanału "n":

$$F_a(n) = 890{,}2 + 0{,}2\,(n-1)\ [\mathrm{MHz}] \qquad (1 < n < 124)$$

$$F_b(n) = F_a(n) + 45\ [\mathrm{MHz}]$$

Odstęp międzykanałowy jest równy 200 kHz, przy czym za pośrednictwem każdej nośnej można transmitować w jednym kierunku 8 rozmów (wersja 1 - przepływność 13 kbit/s), względnie 16 rozmów (wersja 2 - przepływność 6,5 kbit/s). Schemat paneuropejskiego systemu GSM przedstawiono na rys.1.1.1.



Rys.1.1.1.Struktura systemu GSM

SYSTEM ADS

Całkowicie inna sytuacja niż w Europie, jest w USA. Brak wolnych pasm częstotliwości dla nowego systemu oraz konieczność utrzymywania w eksploatacji istniejącego systemu AMPS narzuca inny sposób jego wprowadzania.
Odbywa się to poprzez stopniową wymianę systemu dla pojedyńczych kanałów radiowych, a ponieważ odstęp międzykanałowy w stemie AMPS jest 30 kHz, więc ten sam odstęp został zastosowany w systemie ADC.
Należy także wspomnieć, iż przygotowano także udoskonaloną wersję pod nazwą NAMPS, w ktorym odstęp międzykanałowy zmniejszono do 10 kHz.

SYSTEM JDC

System JDC został opracowany i jest wdrażany w Japonii w sytuacji analogicznej jak w USA, z tą jednak różnicą, że w Japonii stosowano do tej pory odstęp 25 kHz i taki musiano wprowadzić w nowym systemie.

Powstanie systemu GSM było konsekwencją trudności jakie kraje pragnące wprowadzać swoje autonomiczne systemy napotykały na swojej drodze. Były to przede wszystkim:

- duża pracochłonność i trudności przy opracowywaniu nowych systemów;
- zbyt mały rynek jednego kraju do uzyskania taniej produkcji urządzeń abonenckich;
- zawężenie usług oferowanych do obszaru jednego kraju itp.

Ponieważ przy tworzeniu systemu paneuropejskiego nie uwzględniono wymogów USA i Japonii, kraje te zbudowały własne systemy ADC i JDC. Obecnie przy możliwości seryjnej produkcji miniaturowych radiotelefonów (kieszonkowych), posiadających wszystkie cechy i parametry dotychczasowych, występuje coraz większa potrzeba wprowadzenia systemu o zasięgu ogólnoświatowym.
Prace nad tego typu systememami zostały już podjęte [41].

1.1.3.Systemy cyfrowe dla tzw. komunikacji osobistej

Równolegle rozwijane są inne koncepcje cyfrowego systemu komórkowego tzw. systemy komunikacji osobistej PCN (Personal Communications Network).

Systemy analogowe telefonów bezsznurowych CT 0 i CT 1

Jedne z pierwszych telefonów bezsznurowych CT (Cordless Telephone 0 - telefon bezsznurowy typu 0) pracowały (w części nadawczej) w jednym z 8 kanałów pomiędzy 1,642 a 1,782 MHz leżących w odstępach co 20 kHz, oraz (w części ruchomej) w jednym z 8 kanałów leżących co 12.5 kHz pomiędzy 47,45625 a 47,54375 MHz. Wiele tego typu urządzeń pracuje również w Polsce lecz pracują one nielegalnie. Wadą tego typu urządzeń jest możliwość łatwego podsłuchu i popełnienia nadużyć np. rozmów na cudzy koszt. Ze względu na te mankamenty w niektórych krajach wydano zakaz stosowania tego typu urządzeń.

W ramach działalności CEPT została opracowana udoskonalona wersja telefonu bezsznurowego CT 1.
Wydzielono dla niej 40 kanałów częstotliwościowych z odstępem międzykanałowym 25 kHz i odstępem dupleksowym 45 MHz, zawartych w paśmie:

914,000 do 915,000 [MHz] (nadajniki ruchome)
959,000 do 960,000 [MHz] (nadajniki stacjonarne).

Urzadzenia CT 1 muszą być wyposażone w automatyczne wyszukiwanie wolnego kanału oraz co najmniej sześciosyfrowy numer, przesyłany pomiedzy urządzeniami - w celu wyeliminowania podsłuchu i nadużyć. Zmiany te spowodowały dopuszczenie tych urządzeń do pracy w wielu krajach Europy w tym i Polsce. W związku z budową systemu GSM, zajmujący to samo pasmo, użytkownicy tego systemu zostali powiadomieni o konieczności wyłączenia swoich urządzeń do 1995 roku. W zamian wprowadzono urządzenia CT 1+ różniące się tylko zakresem częstotliwości poniżej i pomiedzy zakresem systemu GSM (885-887 i 933-935 MHz).

Systemy cyfrowe telefonów bezsznurowych CT 2

Telefony bezsznurowe zdobyły sobie duże powodzenie na rynku ze względu na możliwość swobodnego przemieszczania wraz z abonentem. Skłoniło to konstruktorów brytyjskich do opracowania nowego systemu łączności i nowej normy CT 2.
System ten zgodnie z założeniami ma zapewnić tanią,

powszechnie dostępną telefoniczną łączność ruchomą. Istotą jego jest przekształcanie sygnałów mowy na sygnały cyfrowe i transmisja ich w postaci skompensowanej w czasie, na zmianę przez ten sam kanał radiowy tzw.TDD (Time Devision Dupleks - dupleks z podziałem czasowym).

System tego typu miał rozwijać się w kierunku budowy sieci użyteczności publicznej, która pozwalałaby na korzystanie z tego samego urządzenia: w domu (własna stacja bazowa), na ulicy i miejscach użyteczności publicznej (małe stacje bazowe o zasięgu rzędu stu metrów), w pracy. Wprowadzono w związku z tym normę CAI (Common Air Interface - ujednolicony interfejs radiowy), jednak ze względu na brak sprecyzowania wszystkich niezbędnych parametrów dla prawidłowej współpracy urządzeń różnych firm, projekt budowy takiej sieci upadł. W oparciu o ten projekt powstał nowy sytem łącznosci Telepoint.

Trwają także prace nad znormalizowaniem systemu CT 2 w skali europejskiej. Norma ta nosi nazwę I-ETS (Interim - European Telecommunication Standard - Przejściowa Europejska Norma Telekomunikacyjna). Celem tej normy jest umożliwienie użytkownikowi przemieszczanie się z obszaru działania jednej sieci telefonii bezsznurowej do innej (publicznej lub prywatnej systemu Telepoint, sieci domowej itp), bez potrzeby stosowania dodatkowych urządzeń radiowych.
Oprócz wspomnianej sieci Telepoint, interfejs CT 2 zastosowano w sieci Pointel (Francja) i Birdie (Niemcy).

Systemy cyfrowe telefonów bezsznurowych CT 3 i DECT

Firma Ericsson opracowała konkurencyjny do CT 2, bardziej nowoczesny, system CT 3. Został on lepiej przystosowany do obsługi większej liczby abonentów, a także umożliwia transmisję danych. Mimo, iż system nie został przyjęty w Europie, ze względu na brak odpowiedniego wolnego pasma częstotliwości, to na jego podstawie opracowano najbardziej nowoczesny, ujednolicony (dla krajów CEPT) system DECT.

Podstawowe dane systemu DECT przedstawia tabela 1.3. [73]

Tabela 1.3.

Podstawowe dane systemu DECT

Parametr	Wielkość
zakres częstotliwości radiowych	1880 MHz do 1900 MHz. (10 częstotliwości nośnych co 1728 kHz)
odstęp sąsiedniokanałowy (pomiędzy nośnymi)	1,728 MHz
szczytowa moc nadawania	250 mW
zwielokrotnienie nośnej	TDMA (24 szczeliny w ramce)
długość ramki	10 ms
sposób pracy dupleksowej	TDD (dupleks czasowy)
sumaryczna wypadkowa przepływność	1152 kb/s
przepływność netto kanałowa	32 kb/s pole B (kanał trafiku) na szczelinę 6,4 kb/s pole A (sygnalizacja i sterowanie) na sz czelinę

Porównanie podstawowych parametrów systemów CT 2, CT 3 i DECT przedstawiono w tabeli 1.4.

Tabela 1.4.

Porównanie parametrów systemów CT 2, CT 3 i DECT

Parametr	CT 2	CT 3	DECT
Metoda dostępu	FDMA/TDD	TDMA/TDD	TDMA/TDD
Częstotliwości pracy [MHz]	864-868	800-1000	1880-1900
Szerokość pasma kanału radiowego	100 kHz	1 MHz	1,728 MHz
Maksymalna liczba kanałów radiowych	40	8	10
Liczba rozmów transmitowanych równocześnie przez kanał rad.	1	8	12
Sumaryczna liczba rozmów transmitowanych przez całe pasmo (bez powtarzania kanałów)	40	64	120
Możliwość inicjowania rozmów w obu kierunkach	ograni - czona	jest	jest
Możliwość wędrowania	brak	jest	jest
Możliwość automatycznej zmiany komórki w czasie wędr.	brak	jest	jest

Systemy tego typu są nastawione na abonentów, dla których dotyczasowe systemy są za drogie i zbyt rozbudowane, jak na potrzeby użytkowników tzw. aparatów noszonych. Istotną rolę w tego typu systemach odgrywają więc koszty.

W tym celu rezygnuje się z np."widmooszczędnych" metod kodowania mowy, kosztem zmniejszenia rozmiaru komórek. W systemie CT 2 wprowadzono wiele uproszczeń, nawet kosztem ograniczenia usług. Chociaż system CT 3 ma mniej uproszczeń, to jego konstruktorzy twierdzą, że będzie on tańszy od CT 2. Twórcy systemu DECT uważają, że wyprze on pozostałe systemy. Wersja ta ma pracować w paśmie 1710-1785 MHz (nadajnik stacji ruchomych) i 1805-1880 MHz (nadajnik stacji bazowych). Częstotliwości nośne mają być :

$$F_a(n) = 1710{,}2 + 0{,}2\,(n-512)\ [\mathrm{MHz}] \qquad (512 < n < 885)$$

$$F_b(n) = F_a(n) + 95\ [\mathrm{MHz}]$$

1.1.4.Systemy zbiorowych sieci typu dyspozytorskiego

Zbiorowe systemy dyspozytorskie budowane i eksploatowane są przez wyspecjalizowane przedsiębiorstwa telekomunikacyjne lub jednostki resortu łączności. Ze względu na ich dużą dochodowość kanały są obsługiwane przez państwowe instytucje lub wystawiane do przetargu.
Kraje w których działają tego typu systemy w różny sposób rozwiązują problemy związane z ich budową i eksploatacją. W USA dla sieci dyspozytorskich wydzielono ponad 1000 kanałów w paśmie 800 MHz, ustalając równocześnie warunki jakim powinny te sieci odpowiadać. Systemy te, zwane SMR (Specjalized Mobile Radio - wyspecjalizowana radiokomunikacja ruchoma) obsługują ponad milion abonentów i są budowane i eksploatowane oddzielnie dla każdego obszaru

miejskiego. Bardziej rozbudowane i bardziej nowoczesne są systemy europejskie.

Jedną z pierwszych w pełni automatycznych sieci zbiorowych jest sieć MOBITEX firmy Ericsson. Obecnie system ten działa w Wielkiej Brytanii, Norwegii, Szwecji i będzie uruchomiona wersja zmodyfikowana w USA.

We Francji zastosowano inne rozwiązania przy tworzeniu systemu R 2000, który składa się z dwóch systemów składowych: systemu typowej publicznej łączności radiotelefonicznej o strukturze komórkowej i systemu zbiorowej łączności dyspozytorskiej. Każdy z tych systemów wykorzystuje inny zakres częstotliwości i obejmuje cały obszar kraju.

Podstawową normą dla systemów dyspozytorskich zwanych też PMR (Private Mobile Radio) stały się brytyjskie wymagania MPT 1327, na których opiera się większość użytkowników tych systemów.

1.1.5..Systemy łączności satelitarnej (globalne sieci komórkowe)

Systemy radiowej łączności satelitarnej już od dłuższego czasu służyły w komunikacji morskiej (INMARSAT). W ostatnim okresie nasiliły się tendencje wykorzystania tej metody do budowy globalnej sieci komórkowej. Projekt takiej sieci pod nazwą IRIDIUM, w zakresie komunikacji personalnej PCN, opracował koncern MOTOROLA.

Oparty jest on na wykorzystaniu 77 satelitów niskoorbitowych

o orbitach polarnych. Mają one pełnić zarówno funkcje retransmisji sygnałów pomiędzy stacjami naziemnymi, jak i funkcję węzłów komutacyjnych sieci satelitarnej (tworzą 11 łańcuchów tranzytowych na orbitach)[19].

System ten ma zapewnić łączność z dowolnym terminalem na ziemi, morzu i w powietrzu do wys. 160 km nie będzie jednak stanowił konkurencji dla naziemnych systemów PCN, a jedynie uzupełnienie dla rejonów słabo zaludnionych, komunikacji morskiej i powietrznej. Proponuje się wykorzystanie pasma 1610,0 - 1626,5 MHz do komunikacji terminali oraz zastosowanie modulacji QPSK.

1.1.6.Systemy przywoławcze (Paging)

Oprócz wyżej opisanych systemów rozwijane są tzw. systemy przywoławcze. Zasada ich pracy polega na przesyłaniu do abonenta (posiadacza peagera) informacji o potrzebie kontaktu, numeru telefonu pod który należy przedzwonić, krótki komunikat słowny . Zakresy częstotliwości wykorzystywane przez systemy przywoławcze są różne, w zależności od kraju. I tak w USA wykorzystuje się pasmo 150,450 i 800,000 MHz, w Wielkiej Brytanii, Australii i Chinach 150 MHz. Systemy przywoławcze należą do systemów łączności jednokierunkowej i mogą stanowić uzupełnienie systemów PCN. Jednak w miarę rozwoju systemów komórkowych i PCN, a zwłaszcza ich kosztów, należy się spodziewać spadku zainteresowania systemami przywoławczymi.

W celu ujednolicenia systemów przywoławczych w skali

międzynarodowej opracowywany jest standard europejski ERME (Pan-European Alphanumeric Paging System).

1.1.7.Rozwój telefonii komórkowej w krajach Europy Środkowo-Wschodniej

Wprowadzanie nowoczesnych systemów komórkowych, w krajach Europy Srodkowo - Wschodniej napotyka na szereg trudności. Główne związane są z ograniczeniami w ramach CoCom (sukcesywnie znoszone), brakiem infrastruktury telekomunikacyjnej, trudnościami finansowymi i brakiem odpowiednich regulacji prawnych .
Sytuację istniejącą w tych krajach przedstawiono, w dużym skrócie, poniżej [23]:

WĘGRY

Państwo to może być przykładem dynamicznego wprowadzania systemów radiotelefonii komórkowej. Powodem tego było m.in. skreślenie (jako pierwszego kraju byłego Układu Warszawskiego) z listy CoCom. Budowa sieci oparta na skandynawskim systemie NMT 450 została rozpoczęta w 1990 roku i po dwóch latach zawierała 20 000 abonentów. Operatorem sieci jest firma Westel (spółka jv).

Czechosłowacja

Na terenie byłej Czechosłowacji operatorem systemu jest spółka jv Eurotel, założona przez US West/Bell i miejscową administrację łączności (PTT). Przewidując przyszły podział

kraju zaplanowano dwa odrębne węzły łączności: w Pradze i Bratysławie. W 1992 roku system posiadał 6000 abonentów.

Chorwacja i Słowenia

Działania wojenne w krajach b.Jugosławi spowodowały znaczne zniszczenia w infrastrukturze telekomunikacyjnej. Mimo to, usługi telefonii komórkowej są świadczone i korzysta z niej ponad 4000 użytkowników w Chorwacji oraz 5000 w Słowenii (mniej dotknięta działaniami wojennymi). Stało się to możliwe dzięki podjęciu przez operatora (Mobitech) systemu NMT 450 nietypowych działań np.montowanie stacji bazowych na samochodach ciężarowych i regularne przemieszczanie ich w celu uniknięcia zmieniających się obszarów działań wojennych.
Doświadczenia te są niezwykle istotne z punktu widzenia wykorzystania systemów cywilnych w trakcie prowadzenia operacji wojennych.

Kraje bałtyckie

Sytuacja krajów bałtyckich jest inna niż w pozostałych krajach regionu, ze względu na ścisłe powiązania z krajami skandynawskimi.
I tak, na terenie Łotwy jest obecnie pona 1000 uzytkowników systemu skandynawskiego NMT 450, w Estonii przewiduje się się do końca 2000 roku 50 000 - 60 000 użytkowników .

Rosja

Rozwój systemów komórkowych w Rosji jest zależny przede

wszystkim od pokonania trudności biurokratycznych i braków w infrastrukturze telekomunikacyjnej. Obecnie działają systemy obsługujące rejon Moskwy i ST. Petersburga.

Pozostałe państwa są również zainteresowane wprowadzeniem tych usług, jednak nie ma na razie informacji o rozpoczęciu przygotowań.

1.2.SYSTEMY WOJSKOWEJ RRL

1.2.1.Wprowadzenie

Rozwój cywilnych systemów łączności był silnie uwarunkowany kierunkami rozwoju systemów wojskowych. Wiązało się to przede wszystkim z zapotrzebowaniem jakie narzucał rynek wojskowy. Sytuacja zmieniła się, gdy lawinowo zaczęły rosnąć zapotrzebowania na usługi cywilnej radiotelefonii ruchomej, co spowodowało ich bardzo szybki rozwój. Efektem tego jest coraz bardziej widoczna zmiana kierunku przepływu nowoczesnych rozwiązań, z wojskowo- -cywilnego na cywilno-wojskowy, oraz tendencja integracji tych systemów. Ta ostatnia cecha pojawiła się dzięki rozwojowi systemów cywilnych pod względem ochrony informacji, odporności na zakłócenia itd. Poniżej przedstawiono najważniejsze systemy wojskowe przodujących państw, natomiast w załączniku nr 7 podstawowe dane systemów wojskowych i cywilnych. .

1.2.2.Systemy czołowych armii NATO

MSE - system amerykańskich sił lądowych.

MSE (Mobile Subscriber Equipment) jest systemem łączności telefonicznej, telegraficznej, fototelegraficznej oraz transmisji danych [4] i stanowi uzupełnienie systemu łączności TRI TAC. Pozwala on na włączanie się do wspólnej sieci łączności użytkownikom z dowolnego miejsca, położonego w granicach strefy odpowiedzialności korpusu armijnego (37.500 km^2).

System MSE dostarczony był przez firmę amerykańską GTE oraz francuską Thomson CSF. Jest to wynik zakupu przez armię amerykańską licencji francuskiego systemu RITA, wskutek wstrzymania kosztownego programu budowy amerykańskiego odpowiednika tego systemu (zaoszczędzono 2 mld dol.). Dodatkowa korzyścią jest rozszerzenie możliwości współdziałania z armiami Francji, Belgii, Anglii (SCRA), Niemiec (system analogiczny jak MSE).

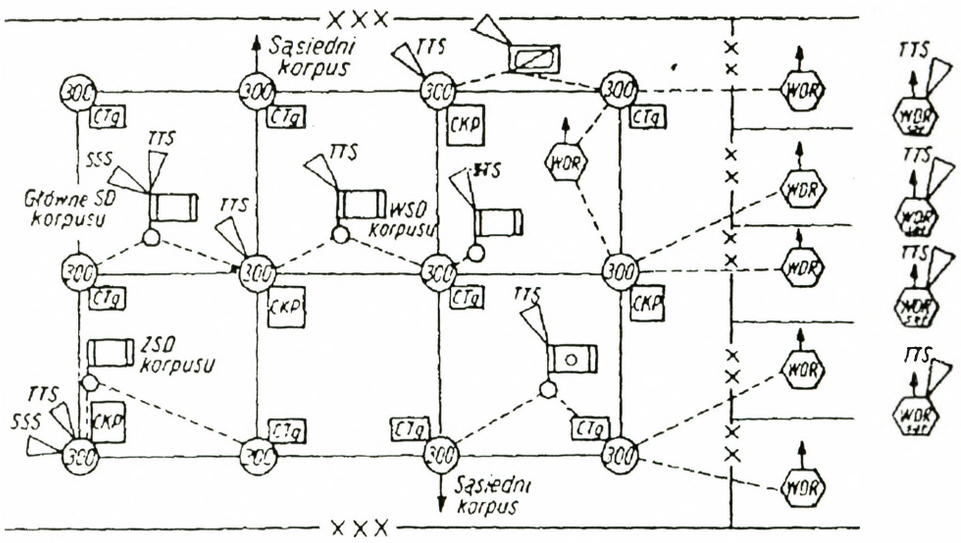
Powszechność stosowania tego systemu (odpowiedników) sprawia, że omówienie jego części składowych pozwoli na scharakteryzowanie najważniejszego systemu radiotelefonicznego NATO.

Szkieletem systemu MSE dla korpusu armijnego w składzie 5 dywizji jest sieć komunikacyjna z 48 węzłami, w której występują następujące elementy (rys.1.2.1):

1. stacje węzłowe obsługujące abonentów ruchomych i stałych,

z których każda zawiera stację komutacyjną i koncentrator radiotelefoniczny,

2. Stacja dyspozytorska, kierująca pracą i konfiguracją sieci. Wykorzystując urządzenia i instalacje stacji, żołnierze wojsk łączności zarządzają pracą systemu MSE w skali całego korpusu armijnego,
3. Mobilne terminale radiowe abonentów oraz centrale radiotelefoniczne, montowane na pojazdach,
4. Węzły pomocnicze przeznaczone dla dodatkowej służby komutacji.



300 - bazowy węzeł łączności z centralą o pojemności 300 kanałów podstawowych. Może zawierać w swym składzie centralę telefoniczną;

CTg - centrala telefoniczna niższego szczebla;

CKP - centrala komutacji pakietów;

WDR - węzeł dostępu radiofonicznego z centralą telefoniczną;

WDR sat - węzeł dostępu radiofonicznego z centralą raditelefon i satelitarnym podłączeniem do sieci bazowej;

TTS - taktyczne trakty satelitarne;

SSS - strategiczny system satelitarny;

XXX - korpus;

XX - dywizja.

Rys.1.2.1.Struktura systemu MSE w ramach systemu TRI-TACK

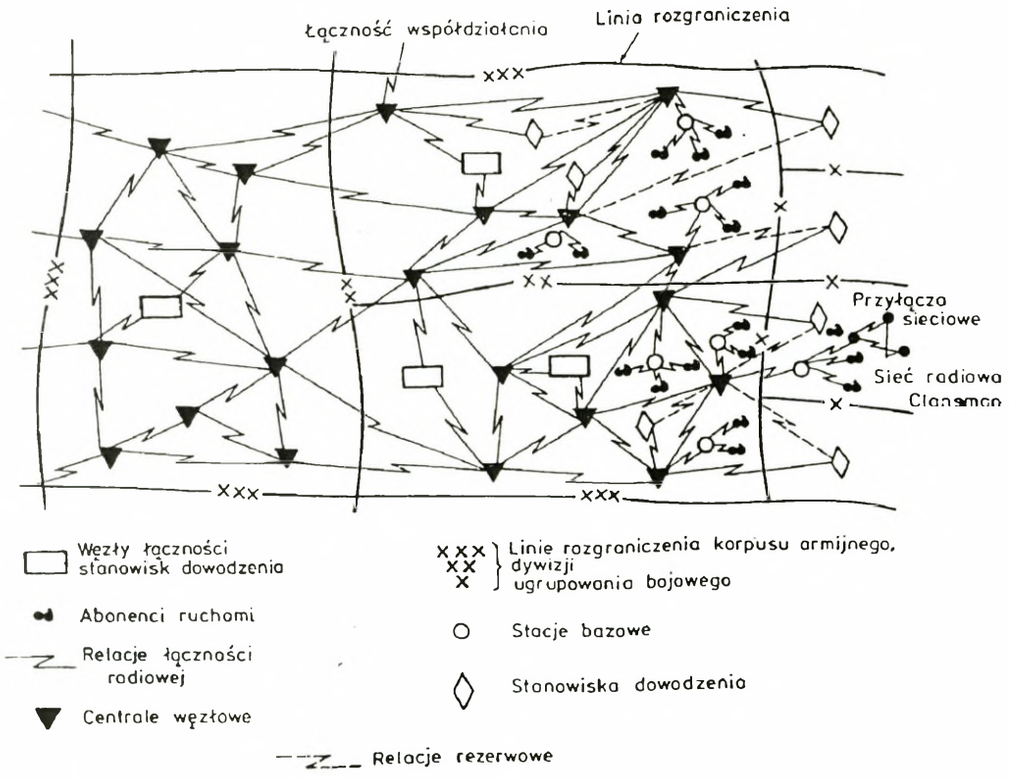
Stacje węzłowe rozwija się w oddaleniu 24-26 km jedna od drugiej i łączy z czterema sąsiednimi.
System MSE rozwijany jest siłami brygady łączności a w miarę rozwijania powodzenia i ruchu wojsk jego elementy są przebazowywane. Funkcjonuje on jako zintegrowana sieć łączności, tzn.bez rozróżniania granic korpusu i wchodzących w jego skład dywizji.

SCRA - system brytyjski

Drugim systemem charakteryzującym się dużym zaawansowaniem technicznym jest brytyjski system SCRA (Single Channel Radio Access). Jest to podsystem dupleksowej łączności ruchomej szczebla taktycznego, stanowiący przedłużenie dalekosiężnej kratowej sieci PTARMIGAN [70].

Budowa podsystemu SCRA (rys.1.2.2.) jest oparta na siatce stacji bazowych SB stanowiacych węzły dostępu radiowego. Istnieje także możliwość zestawienia tandemu dwóch stacji rozstawionych terenowo i połączonych kablem w celu zwiększenia żywotności sieci. Szczebel strukturalny zespołów stref jest realizowany poprzez połączenie maksymalnie sześciu stacji bazowych z węzłem komutacyjnym (łącznicą - pełniącą rolę centrali obszarowej CO) nadrzędnej sieci kratowej. Każda stacja bazowa powinna być rezerwowo dołączona do jeszcze jednego węzła kraty. Transmisja między SB i CO może się odbywać przewodowo lub radioliniowo. Pojemność jednej strefy SCRA (25 lub 60) świadczy o dużej nadmiarowości obciążenia wiązek kanałów w warunkach

przeciętnych. W warunkach różnych sytuacji bojowych lub w GNR umożliwia to natychmiastową realizację połączeń priorytetowych .



Rys.1.2.2.Struktura systemu SCRA (w ramach PTARMIGAN)

Charakterystyczne cechy systemu PTARMIGAN i podsystemu SCRA takie jak:

- dynamiczna zmienna konfiguracja sieci,
- możliwość autonomicznej pracy fragmentów sieci,
- nadmiary obciążalności ruchowej pól komutacyjnych i wiązek kanałów,
- centralna synchronizacja i wysokostabilna synteza

częstotliwości,

- udogodnienia komutacyjne (priorytety, wybieranie skrócone, połączenia po zwolnieniu),
- wbudowane elementy automatycznej diagnostyki urządzeń i łączy, w znaczny sposób podnoszą efektywność systemu.

Poniżej, w tabeli 1.6 przedstawiono podstawowe dane wojskowych systemów państw zachodnich [54].

Tabela 1.6

Podstawowe dane wojskowych systemów państw zachodnich

Państwo	Nazwa systemu	Łącza abonen.	Łącznice	Przepływ. w kanale	Rodzaj modulacji
USA	MSE (TRI-TAC)	cyfr.	hbryd.	16 kbit/s	mod.delta CVSD
W.Brytania	SCRA (PTARM.)	cyfr.	cyfr.	16/32 kbit/s	delta
Francja	LIRSAC (RITA)	*	*	*	delta
Niemcy	SEM 70/80/90	cyfr.	cyfr.	*	*
Włochy	SCRA (CATRIN)	analog.	cyfr.	16/32 kbit/s	delta

* - brak danych

1.2.3.Systemy innych armii

Rozpoczęte w państwach byłego Układu Warszawskiego (UW) prace nad nowoczesnymi systemami łączności prawie wszystkie uległy załamaniu na etapie projektu lub realizacji.

Konsekwencją tego jest brak tego typu systemów praktycznie we wszystkich krajach byłego UW.
Nadrobienie tego będzie niezmiernie trudne ze względu na konieczność zmiany praktycznie całej struktury systemu łączności a także zakup licencji, technoligii itp. (ograniczenia CO-COM).

1.3.ROZWÓJ SYSTEMÓW RRL W POLSCE

1.3.1.Systemy cywilne

SYSTEMY PMR (DYSPOZYTORSKIE)

Budowa zbiorowych sieci dyspozytorkich wymaga wydzielenia dla nich odpowiednich pasm częstotliwości. Ze względu na duże znaczenie tych systemów dla gospodarki kraju zwalniane są coraz to nowe pasma nawet kosztem innych systemów.
Urządzenia radiowe polskiej sieci radiotelefonicznej pracują w paśmie 160 MHz.Stacje abonenckie pracują na jednym z dziesięciu ustalonych kanałów dupleksowych. Jeden z tych kanałów jest ogólnokrajowym kanałem wywoławczym, a drugi kanałem wywoławczym wielkich miast.
Automatyzacja w sieci krajowej obejmuje tylko wywołanie selektywne i identyfikację abonentów.Współpraca sieci radiotelefonicznej z publiczną siecią telefoniczną odbywa

się poprzez punkty stuku w centralach międzymiastowych. Sieć ta obsługuje tylko abonentów ruchomych w pojazdach.

W krajach zachodnioeuropejskich sieci tego typu są już zamknięte ze względu na min:

- małe liczby obsługiwanych abonentów (mała liczba kanałow);
- bardzo duże koszty eksploatacji takich systemów (obsługa łącznic ręczna),
- trudności w nawiązaniu połączenia z abonentem o nieznanym położeniu.

Systemy te także w Polsce są zastępowane przez inne systemy radiotelefoniczne.

SIECI I SYSTEMY RSŁA

Radiotelefoniczne stacjonarne łącze abonenckie zastępuje linię przewodową pomiędzy centralą radiotelefoniczną, a aparatem telefonicznym. Możemy wyróżnić systemy jedno i wielokanałowe.

Systemy tego typu mają zastosowanie głównie w miejscach gdzie trudno o szybką budowę nowych linii centralowych lub gdy są one bardzo kosztowne np.obszary wysokogórskie, wiejskie .

Zakres pracy tego typu urządzeń mieści się w paśmie 160 MHz (11 kanałów) i 300 MHz (4 kanały).

POLSKA TELEFONIA KOMÓRKOWA - CENTERTEL

Polska telefonia komórkowa budowana jest na bazie skandynawskiego systemu NMT 450, produkcji firmy NOKIA. Operatorem sieci jest firma CENTERTEL, która jest spółką jv zawartą pomiędzy AMERITECH, FRANCE TELECOM i Telekomunikacją Polską SA. Budowę systemu rozpoczęto w 1992 r. i zgodnie z harmonogramem realizacji uzyskano w I etapie 2000 abonentów. Etap II obejmuje miasta: Warszawę, Kraków, Łódź, Poznań, Szczecin, Wrocław (zał.1) oraz dołączenie co najmniej 8 tysięcy stacji ruchomych. Etap III (3 lata od chwili uruchomienia) powinien obejmować 50% terytorium kraju i minimum 50 000 abonentów. W etapie IV (5 lat) działaniem systemu powinien być objęty cały obszar kraju [67].
Podział kraju na strefy numeracyjne i rejony obsługi central obszarowych przedstawiono w załaczniku 2.
Zakres częstotliwości polskiej wersji systemu NMT 450 wynosi:

452.525 - 457.0 MHz (nad.)

462.525 - 467.0 MHz (odb.)

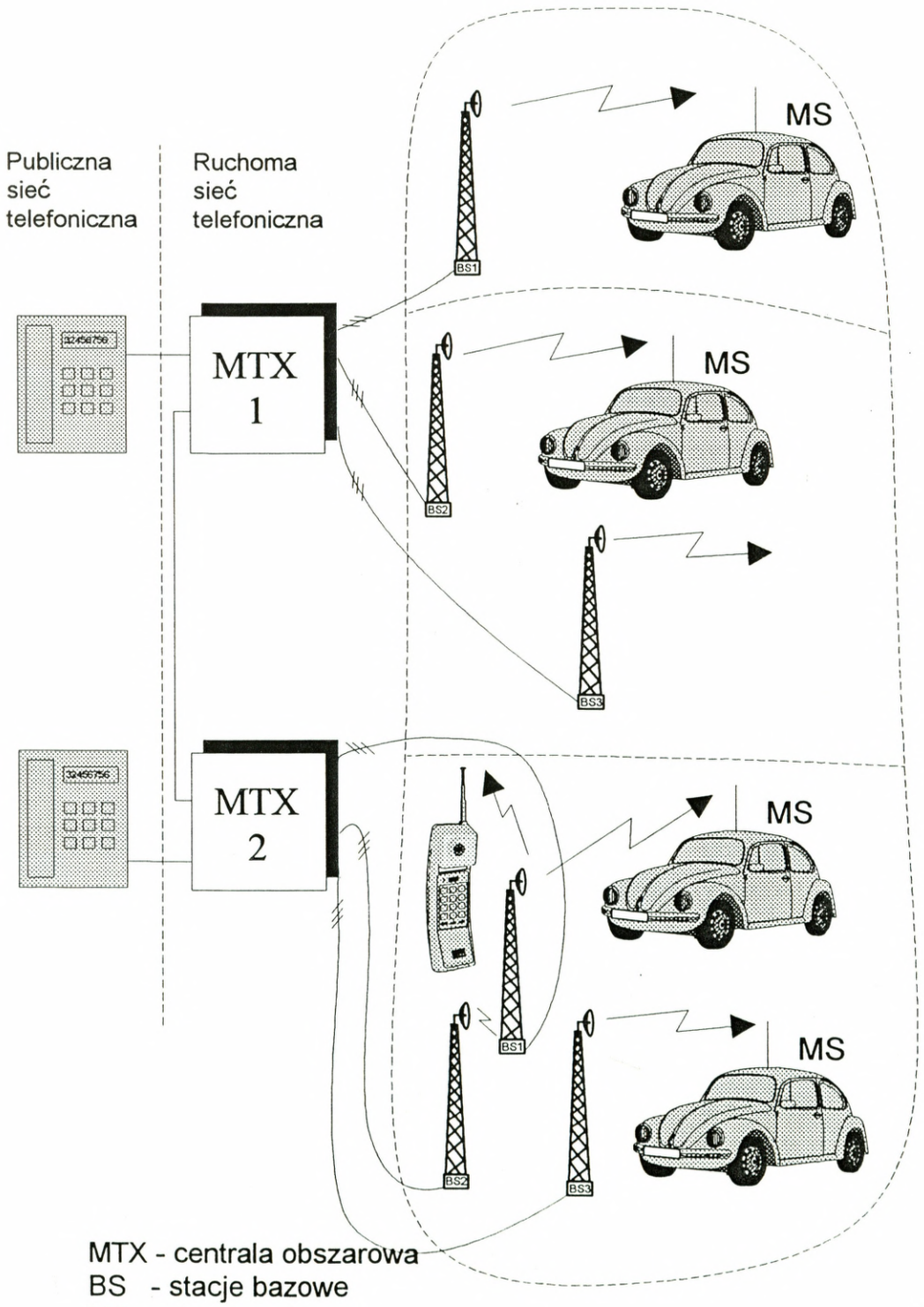
i jest przesunięty o 19 kanałów niżej niż system skandynawski. Nie przeszkadza to jednak w korzystaniu abonentom z obydwóch systemów. Niektóre parametry systemu przedstawiono w tabeli 1.7.[67].

Tabela 1.7.

Wybrane parametry systemu

Parametr	Wielkość
zakres częstotliwości radiowych	452 MHz do 467 MHz. (180 kanałów)
odstęp sąsiedniokanałowy	25 MHz
szczytowa moc nadawania	0.1 - 50 W (stacja bazowa) 1.5 W (hand-held) 7 W (transportable)
rodzaj modulacji	FFSK

Strukturę sieci komórkowej przedstawia rysunek 1.3.1. W trakcie przygotowywania jest przetarg na budowę nowoczesnego systemu komórkowego GSM. Biorąc pod uwagę jakość usług oferowanych przez ten system a zwłaszcza, istotne z punktu widzenia wykorzystania go przez służby specjalne (MON, MSW itp.), zabezpieczenie przekazywania informacji, można sądzić, że istniałaby możliwość wydzielenia grupy numerów do dyspozycji tych służb. Należałoby jednak, wykorzystując doświadczenia z budowy i funkcjonowania systemu NMT 450, określić wstępne wymagania co do rozmieszczenia stacji bazowych, central obszarowych itp. Przedstawiona w załączniku 2, mapa rozmieszczenia central obszarowych i stref numeracyjnych systemu NMT 450, uwidacznia możliwość powiązania np. danej strefy z okręgiem wojskowym, a SB z garnizonowymi węzłami łączności.



Rys.1.3.1.Struktura sieci komórkowej NMT 450i - wersja polska

1.3.2.Systemy wojskowe

Obecnie nasza armia nie posiada w pełni atomatycznego systemu łączności radiotelefonicznej, który byłby odpowiednikiem nowoczesnych systemów państw NATO.
Eksploatowany ponad 20 lat system oparty na radiotelefonach K-1, charakteryzuje się bardzo dużymi niedomaganiami z których najważniejsze to:

- brak automatyzacji,
- brak pokrycia obszaru działania,
- niska przepustowość,
- mała pojemność,
- mała odporność na zakłócenia,
- słabe wykorzystanie widma elektromagnetycznego.

Podstawowe parametry radiotelefonów przedstawiono w rozdz.4.1.

Sprzęt o tak niskich parametrach nie spełniał rosnących coraz bardzej wymagań współczesnego pola walki. Nie znaczy to jednak, że w WP nie dostrzegano potrzeby zmiany takiego stanu rzeczy. Jednak wpływ czynników zewnętrznych takich jak min:zobowiązania i ograniczenia doktrynalne i układowe (UW), brak dostępu do nowoczesnych technologii, charakter narzuconej doktryny wojennej, nie pozwalały na rozwój w Polsce nowoczesnych systemów łączności.
Niezależnie od tego prowadzone były badania (m.in. w WAT, WIŁ, SzWŁ) mające na celu śledzenie kierunku rozwoju nowoczesnych systemów. W momencie słabnięcia wpływu czynników ograniczających, aż do momentu ich całkowitego

zaniku, prace te nabierały tempa zmierzając w kierunku opracowania własnych rozwiązań.

Efektem tego było opracowanie założeń do wprowadzenia systemu radiotelefonicznego o budowie komórkowej [49].

Przewidywano budowę sieci r-telefonicznej składającej się z:

- stacji bazowych o zasięgu ok. 20 km;
- stacji ruchomych (po 30 abonentów na jedną SB) i pracującej w zakresie częstotliwości 80-120 MHz z odstępem dupleksowym 10 MHz, oraz szybkością transmisji 16 lub 32kb/s.

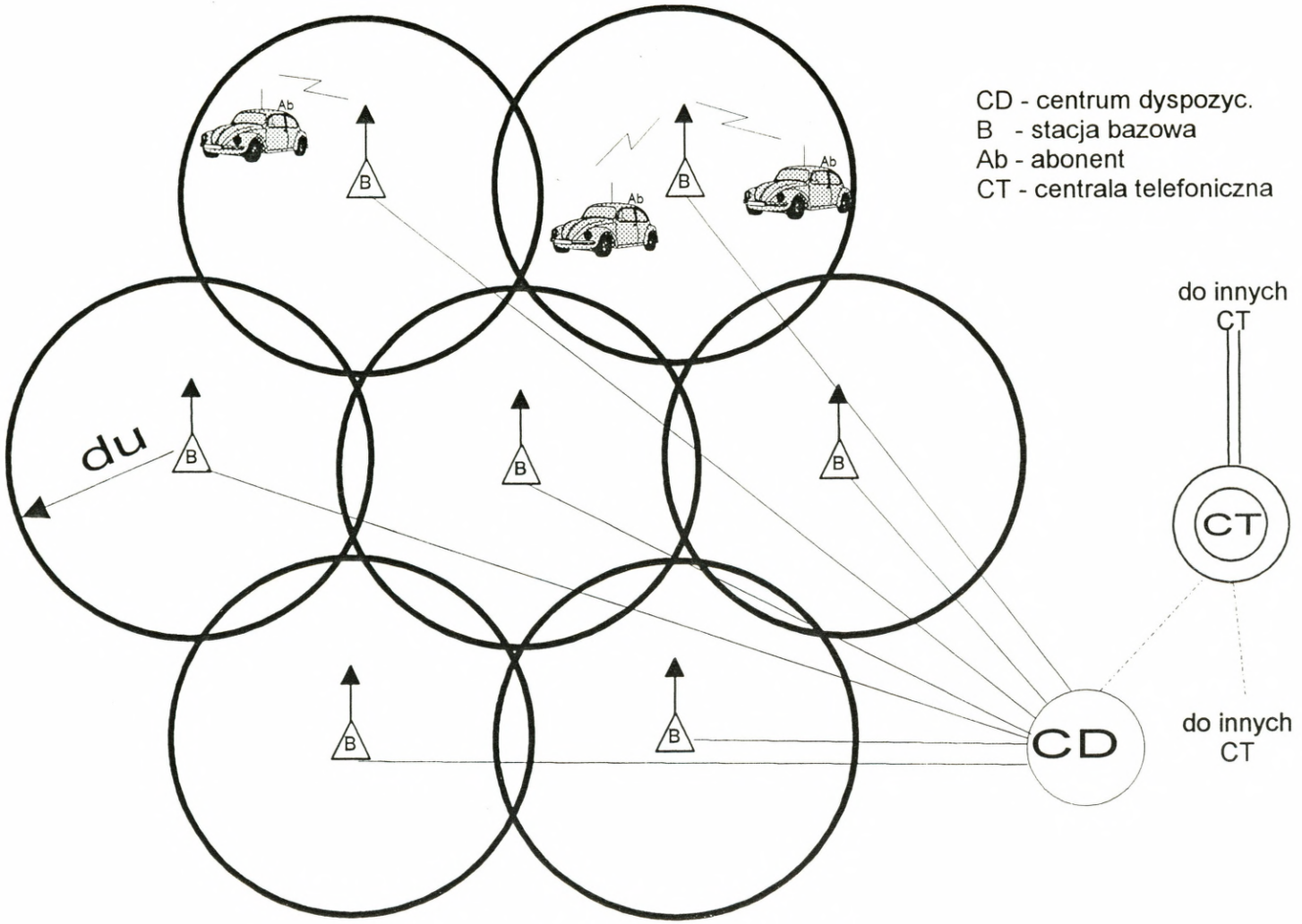
System ten powinien pozwalać na zorganizowanie autonomicznych, dupleksowych sieci i kierunków radiowych oraz dostępu swoim abonentom do:

- polowej sieci radioliniowo-przewodowej;
- garnizonowej sieci łączności;
- terminali satelitarnych, r-stacji KF/UKF;
- innych systemów cyfrowych lub analogowych.

Zakładano, iż system będzie posiadał:

- możliwość priorytetowania (6 poziomów);
- połączenia konferencyjne;
- połączenia po zwolnieniu;
- numerację skróconą;
- identyfikację abonentów po zestawieniu połączenia.

Na rysunku 1.3.2. przedstawiono strukturę proponowanej wersji systemu RRL.



Rys. 1.3.2. Struktura systemu RRL - wariant.

1.4.Aktualny stan prac badawczo-rozwojowych

Analiza wojskowwych programów badawczo-rozwojowych państw NATO oraz założeń doktrynalnych wskazuje na dążenie do ewolucji systemów wszystkich szczebli w kierunku modelu C^3I. Przy czym, zakres pojęciowy systemu C^3I ulega systematycznemu poszerzaniu. W strukturze funkcjonalnej systemów C^3I ukształtowały się względnie autonomiczne obszary, w których państwa NATO dokonują ogólnie rozumianej standaryzacji (struktury, języków programowania itp.). Jednym z tych obszarów, są radiowe sieci wymiany informacji dla obsługi abonentów ruchomych .Działania te, oprócz względów operacyjno-strategicznych (ujednolicenie systemów w ramach NATO), mają także podłoże finansowe (oszczędności).
Jako przykład, może posłużyć amerykański system radiotelefoniczny MSE, który został zakupiony we Francji i zmodyfikowany do potrzeb amerykańskich [4]. Badania prowadzone nad wojskowymi systemami RRL są ze zrozumiałych względów okryte tajemnicą. Powoduje to duże trudności w dotarciu do materiałów na ten temat. Jednak dogłębna analiza dostępnej literatury, a także tendencji polegających na coraz większym wykorzystywaniu opracowań cywilnych, pozwala na szacunkowe wnioskowanie kierunków rozwoju wojskowych systemów RRL.
Jak wspomniano powyżej rozwój systemów RRL musi zmierzać w kierunku struktury C^3I, jako jej podsystem. Nieunikniona staje się więc pełna cyfryzacja tych systemów.

Zgodnie z tendencjami standaryzacji i maksymalnych oszczędności finansowych (nakłady na badania, produkcja wielkoseryjna itp.), jednocześnie biorąc pod uwagę ogromny rozwój systemów cywilnych w zakresie odporności na zakłócenia, przechwytywanie wiadomości, lokalizacji abonenta ruchomego itp. (patrz system GSM), należy się spodziewać adoptowania do celów militarnych stosowanych z powodzeniem nowoczesnych systemów cywilnych.

Systemami, które od pewnego czasu wykorzystywane są w krajach zachodnich, są systemy przywoławcze (policja, służby specjalne itp). Należy przypuszczać, że ze względu na niskie koszty tych systemów ich zastosowanie będzie rosło i to tak w skali ogólnokrajowej (np. mobilizacja, informacje o zagrożeniach), jak i rejonowym np. rozwijanie bardzo prostych systemów w rejonach zgrupowania wojsk, na węzłach łączności, w miejscach stałej dyslokacji.

Największa z istniejących w Polsce sieci przywoławczych Polpeager obejmuje już swym zasięgiem większość obszaru kraju (zał.3) i posiada możliwość współpracy ze służbami specjalnymi.

Innym kierunkiem rozwoju są systemy komórkowe z antenami kierunkowymi, adaptacyjnymi (śledzenie abonenta), czy też z protekcją przeciwzakłóceniową. Wykorzystanie takich anten może znacznie uodpornić system na zakłócenia i zniszczenie (żywotność). Propozycje takiej wersji przedstawiono do badań w jednym z wariantów.

Nietrudno prognozować na temat wojskowego wykorzystania globalnego systemu satelitarnej łączności komórkowej.

R O Z D Z I A Ł II

METODOLOGICZNE PODSTAWY ANALIZY I OCENY EFEKTYWNOŚCI SYSTEMÓW RRL.

2.1.WPROWADZENIE.

Teoria oceny efektywności (w szerszym znaczeniu- teoria funkcji celu) znajduje zastosowanie w badaniach systemowych, związanych z procesami podejmowania decyzji i nakierowanych na realizację następujących problemów [47]:

- wybór lepszego systemu z istniejących;
- określenie optymalnego projektu nowego systemu;
- ocena poziomu opracowania systemu w porównaniu do współczesnych krajowych i zagranicznych;
- uzasadnienie zasadności tworzenia nowego systemu itp.

Podejście systemowe do rozwiązywania rozlicznych zadań wymaga porównania systemów wg. oddzielnych parametrów, a w szczególności(w RRL) w zakresie szybkości transmisji informacji, zajmowanego pasma częstotliwości itp. Jednak podejście takie, prowadzi do zadawalających rezultatów tylko w niektórych szczególnych przypadkach, na przykład wtedy, kiedy porównuje się dwa systemy i jeden z nich po porównaniu wszystkich parametrów (lub większości istotnych parametrów) jest lepszy od drugiego.

W ogólnym przypadku, kiedy porównuje się kilka systemów, przy czym każdy z nich opisuje się wieloma parametrami, i system lepszy po porównaniu jednych parametrów okazuje się

gorszy po porównaniu innych, to podejście takie nie pozwala na wybranie najlepszego systemu. Pozwala jedynie wydzielić ogół tzw. nienajgorszych systemów charakteryzujących się tym, że nie istnieje żaden system, którego wszystkie parametry byłyby lepsze niż u innego. W związku z tym, istnieje potrzeba, przy ogólnej ocenie systemu łączności,dokonania tego za pomocą jednej wielkości liczbowej, w pełni charakteryzującej jego efektywność. Jest to jedna z podstawowych cech podejścia systemowego do oceny efektywności, polegająca na porównaniu systemów, nie w zależności od oddzielnie wziętych parametrów, ale w całości za pomocą ogółu parametrów. Nie znaczy to jednak, że badanie (ocena) poszczególnych cech cząstkowych jest niekonieczne. Znajomość oddzielnych cech systemu sprzyja dokładności realizowania podejścia systemowego.

Podejście takie znajduje najpełniejsze odbicie w teorii efektywnosci potencjonalnej systemów złożonych. W teorii tej, proste modele opisane niewielką liczbą parametrów otrzymuje się drogą dekompozycji systemu na podsystemy wg różnych kryteriów: niezawodności, odporności na zakłócenia, sterowalności, itd. Ocena efektywności wg. oddzielnych kryteriów dokonuje się przy założeniu, że systemy są idealne w pozostałych kryteriach.

Wraz z całościowym rozpatrywaniem systemów, podejście systemowe wymaga uwzględnienia zasady hierachiczności w budowie systemów. Oznacza to, że z jednej strony porównanie systemów odbywać się powinno na jednym i tym samym poziomie hierarchiczności, a z drugiej strony na wyniki porównania

wpływ powinien wywierać system o najwyższym poziomie hierarchicznym. Np. nie powinno się porównywać pojedyńczej komórki systemu RRL ze zbiorem komórek . Jednak wybór do badań pojedyńczej komórki nie powinien odbywać się bez uwzględnienia właściwości systemu RRL, w skład którego wchodzi.

Konieczność uwzględnienia hierarchiczności w konstrukcji systemów łaczności przy ocenie uwarunkowana jest tym, że struktura systemów jest ściśle związana z ich funkcjonowaniem. W wielopoziomowych systemach hierarchicznych wraz ze wzrostem ilości poziomów wzrasta złożoność struktury.

Jak już wspomniano, efektywność charakteryzuje stopień osiągnięcia celu przez system. Jednak cel ten nie może być sformułowany w oderwaniu od innych systemów, z którymi współpracuje, a wszczególności od systemu najwyższego poziomu hierarchicznego.

Wybór jednoznacznego rozwiązania z wielu możliwych odbywa się na podstawie analizy ich efektywności, która definiuje funkcję celu. Wynika stąd podstawowa rola oceny efektywności w teorii badań operacyjnych. Przy zadanej funkcji celu, proces poszukiwania optymalnego rozwiązania sprowadza się do znalezienia wartości argumentu dostarczającego maksimum (lub minimum funkcji celu). Tym samym proces przyjęcia rozwiązania z podłoża heurystycznego przenosi się na matematyczny i zamienia się w procedurę obliczeniową. Tak więc przyjmując rozwiązanie w przypadku tego lub innego systemu należy [47]:

- zbudować model ogólnej (całościowej) oceny efektywności z punktu widzenia funkcji celu;
- wyznaczyć i rozpatrzyć (obliczyć) dane wprowadzone do modelu;
- obliczyć efektywność porównywanych systemów;
- przeanalizować wyniki obliczeń i sformułować zalecenia, konieczne dla przyjęcia rozwązań.

Nie należy jednak utożsamiać uogólnionej oceny efektywności przy porównywaniu systemów łączności z aktem przyjęcia rozwiązania. W obszarze badań operacyjnych, jak wyrażają się specjaliści, formalne rozwiązania otrzymane metodami matematycznymi, dają tylko zgrubną bazę do rozważań o tym, jakie przyjąć rozwiązania w rzeczywistości. Zadaniem specjalisty systemowca jest, by ta baza była naukowo uzasadniona.

2.2. PODSTAWOWE ELEMENTY ANALIZY I OCENY EFEKTYWNOŚCI SYSTEMÓW

W ogólnym ujęciu system działania jako całość charakteryzują następujące cechy systemowe: spójność struktury, stabilność, sterowalność; - obserwowalność, adaptacyjność, efektywność, kreatywność (rozwojowość).

Najbardziej naturalnym kryterium analizy i oceny systemów z punktu widzenia ich przeznaczenia, zdolności zaspokajania określonych potrzeb jest kryterium efektywności. Jest ono cechą systemową, wiążącą cele systemu z pozostałymi cechami systemowymi.

Zgodnie z [59] "efektywnością systemów działania nazywamy cechę systemową, która wyraża racjonalne zdolności systemów do zaspokojenia określonych potrzeb (osiągania zamierzonych celów działania, funkcjonowania zgodnie z przeznaczeniem i wymaganiami)".

Zakłada się, że system S charakteryzuje w każdej chwili $t \varepsilon [t_o, T]$ wielkość wyrażająca możliwości systemu realizowania określonych zadań (osiągania zamierzonych celów, działania zgodnie z przeznaczeniem). Wielkość ta, określana jest jako potencjał systemu P_S w chwili t.

Efektywność potencjalna systemu jest cechą wyrażającą relację, między potrzebami a potencjałem systemu:

$$E_S^P(t) = f[V_S(t), P_S(t)], \quad t_o < t < T \tag{2.2.1}$$

Jako wskaźnik oceny efektywności potencjalnej F_S^P systemu można przyjąć funkcję:

$$F_S^P(t) = \frac{P_S(t)}{V_S(t)} \tag{2.2.2}$$

lub inaczej

$$F_S^P(t) = \frac{W_S(t)}{V_S(t)} \tag{2.2.3}$$

gdzie: $W_S(t)$ - wartość, jaka może zostać zaspokojona dzięki użyciu potencjału $P_S(t)$ w warunkach uważanych za normalne,

$V_S(t)$ - wielkość potrzeb (strumień potrzeb), które

mają być zaspokojone do chwili t

a wtedy ocenę efektywności potencjalnej systemu można przedstawić w sposób następujący:

$$\Omega[F_S^P(t)] = \begin{cases} 1 & \text{dla } F_S^P(t) > 1 \\ 0 & \text{dla } F_S^P(t) < \end{cases} \qquad (2.2.4)$$

Można też przyjąć inną skalę ocen zawierającą się w zakresie $0<\Omega<1$, gdy system zabezpieczy potrzeby w zakresie

$$F_S^P pr < F_S^P \qquad (2.2.5)$$

gdzie: $F_S^P pr$ - wartość progowa.

W analizie efktywności systemu wyróżnić można (obok potencjalnej) efektywność zrealizowaną, rozumianą jako całokształt rezultatów działania związanego z osiąganiem zamierzonych celów przez system dysponujący określonym potencjałem w danych warunkach.

Istotne znaczenie podczas oceniania systemów ma wybór kryterium (kryteriów) oceny efektywności. Ogólnie biorąc, powinno ono wyrażać cele działania, przeznaczenie systemu i stawiane mu wymagania.

Podczas wyboru kryteriów należy zwracać uwagę na to aby [59]:

- rzeczywiście wyrażały stany ocenianego systemu;
- uwzględniały wartości istotnych cech systemu i jego otoczenia;
- krytycznie reagowały na zmiany podstawowych parametrów systemu i otoczenia;

- były efektywne w sensie statystycznym;
- cząstkowe kryteria umożliwiały konstruowanie globalnej kompleksowej oceny systemu;
- były zrelatywizowane do przyjętych wartości bazowych i czasu, w którym dokonywana jest ocena, a także by ilość kryteriów nie była zbyt duża.

Efektywność systemu może być rozpatrywana z różnych punktów widzenia, a zatem różne mogą być kryteria oceny. Według [59] można wyróżnić następujące kryteria oceny efektywności:

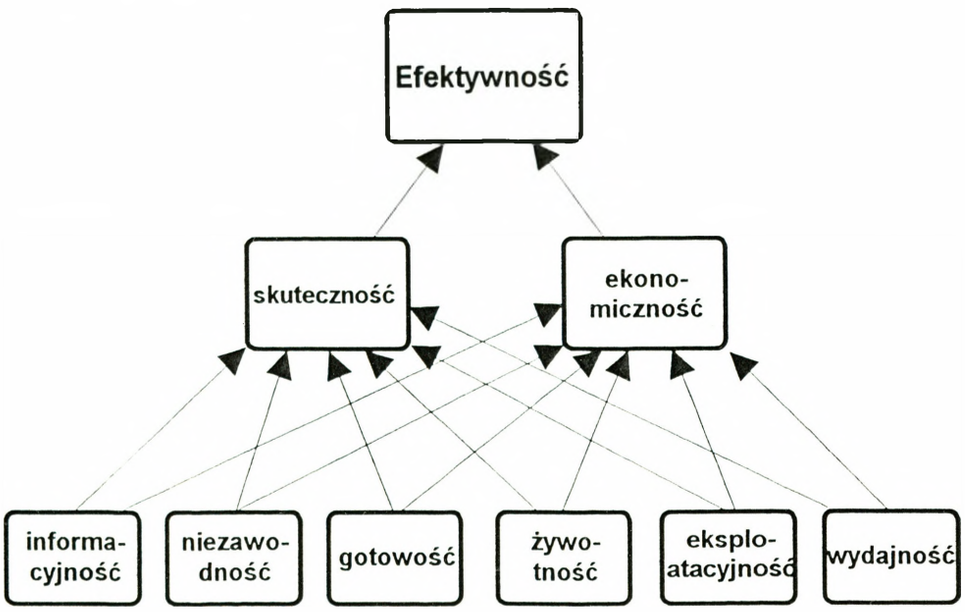
1) **operacyjne** - związane z organizacją i przebiegiem działania, oraz wyrażające ich powodzenia, czyli fakt osiągania zamierzonych celów lub realizacji określonych potrzeb;
2) **ekonomiczne** - związane z wielkoćią (wartością) efektów dodatnich (korzyści) i ujemnych (nakładów), oraz wyrażających najogólniej, korzystność działalności inwestycyjno-finansowej w systemie;
3) **informacyjne** - związane z organizacją i przebiegiem procesów informacyjnych, wyrażające wpływ tych procesów na powodzenie systemu;
4) **techniczne** - związane ze sprawnością elementów systemu, a w szczególności środków technicznych i wyrażające najogólniej, wpływ techniki na działanie;
5) **eksploatacyjne** - związane z funkcjonowaniem elementów i środków działania, oraz wyrażające ich wpływ na zdolność systemu do sprawnego funkcjonowania w określonym czasie.

Można także przyjąć jako podstawowe kryteria efektywności systemów:

- **skuteczność**, czyli efektywność rozumianą, jako stopień zgodności między rezultatem a celem działania ("cel za wszelką cenę");
- **ekonomiczność**, czyli efektywność rozumianą, jako relację między rezultatem działania (w ujęciu rzeczowym), a nakładami użytymi do jego osiągnięcia ("oszczędność przede wszystkim").

Wpływ wyróżników kryterialnych na skuteczność i ekonomiczność będzie się przedstawiał następująco [59] (rys.2.1.1).

Funkcja efektywności systemu, łacząc w sobie cechy skuteczności i ekonomiczności, określa stopień osiągnięcia zamierzonego celu działania i stopień racjonalności użycia jego potencjału.



Rys.2.1.1.Wpływ wyróżników kryterialnych na skuteczność i ekonomiczność.

Z pojęciem kryterium związana jest jego ocena. Formułuje się ją wówczas,gdy stwierdza się pewną zgodność (lub niezgodność) danego stanu rzeczy z określonym kryterium. Istotną cechą oceny jest jej obiektywność. Mówimy, że ocena jest obiektywna wtedy, kiedy jest oparta na kryterium (kryteriach) wyrażającym wartości odpowiadającym potrzebom obiektywnym, tj. niezależnym od podmiotu oceniającego.

Najogólniej można wyrazić oceny:

1) **zwykłe**, które dotyczą wewnętrznych właściwości systemu;orzekające, że system jest poprostu dobry lub zły bezwzględnie;

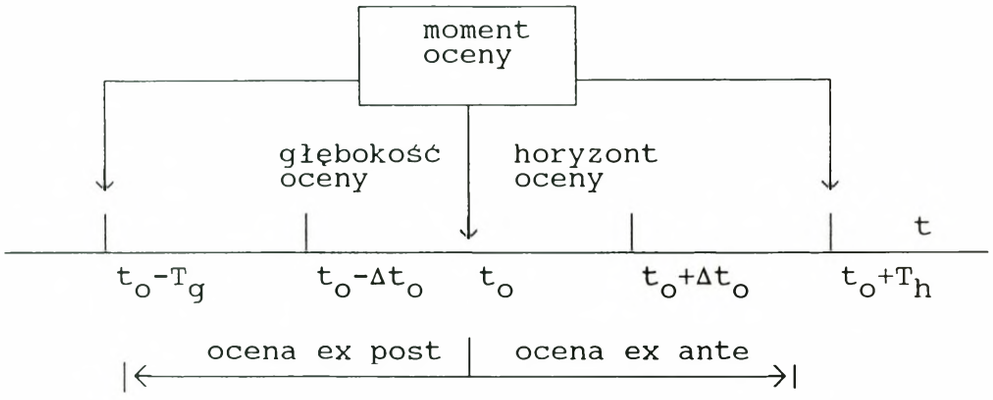
2) **utylitarne**, które dotyczą zewnętrznych wartości systemu;orzekające, że system jest dobry lub zły do czegoś, z uwagi na coś itp.

Ze względu na wspomniany wyżej aspekt potrzeb i wartości, uwagę koncentrować będziemy na ocenach utylitarnych.

Biorąc pod uwagę uwarunkowania czasowe, wyróżnia się oceny:

- **retrospektywne** (ex post), czyli oceny formułowane dla przeszłych (w stosunku do chwili, w której dokonywana jest ocena) stanów system;
- **prospektywne** (ex ante), czyli oceny formułowane dla przyszłych stanów systemu.

Parametry czasowe oceny, przedstawiono na rys. 2.1.2



Rys.2.1.2. Proces oceny ze względu na parament czasu.

Możemy wyróżnić:

- moment oceny t_o (przedział czasu $[t_o-\Delta t_o, t_o+\Delta t_o]$);
- głębokość oceny (dla ocen ex post) T_g lub horyzont oceny (dla ocen ex ante) T_h.

Obie te grupy ocen (ex post ,ex ante) dotyczą dwóch aspektów badania systemów - historycznego i prognostycznego - i są niezbędnym elementem procesu sterowania.

Ze względu na liczność zbioru kryteriów wyróżnia się oceny:

- **jednokryterialne**, czyli oceny formułowane na podstawie jednego kryterium oceny;
- **wielokryterialne**, czyli oceny formułowane na podstawie dwóch i więcej kryteriów oceny.

Natomiast, ze względu na ilość elementów podmiotu oceniającego możemy wyróżnić:

- oceny indywidualne (podmiot jednoelementowy);
- oceny grupowe (podmiot wieloelementowy).

W procesie oceniania (dla danego systemu wartości)

najważniejsze czynności to:

- dokonanie wyboru rodzaju skali, wspólnej dla wszystkich cech systemu;
- ustalenie rodzaju oceny;
- ustalenie sposobu dokonywania oceny, a w przypadku dokonywania oceny kolektywnej (grupowej) ustalenie zasady agregacji poszczególnych ocen cząstkowych w jedną ocenę kolektywną.

Wiąże się z tym konieczność odpowiedniej konstrukcji wskaników oceny.Tworzenie wskaźnika oceny powinno wiązać wartość cechy systemowej, charakteryzującej oceniany stan systemu, z pewną wartością "bazową" tej cechy, będącą wartością "szczególnie pożądaną" (w szczególności minimalną lub maksymalną).Jako "bazowymi" (najczęściej w fazie wstępnej procesu decyzyjnego) posługujemy się takimi wartościami cech, które są rezultatem zastosowania odpowiedniej reguły wyboru.

Aby przedstawić kilka z możliwych reguł, przyjmijmy funkcję postaci [59]:

$$f(x_i,y_i)=f_{ij} \; ; \; x_i \varepsilon X, \; y_i \varepsilon Y \qquad (2.2.6)$$

a jej wartość uzyskaną w rezultacie pomiaru wartości oznaczmy f_{ij}. Jako wskaźnik oceny konstruuje się funkcję

$$\Lambda_f=\Lambda(f_{ij},f^*_{ij}) \qquad (2.2.6)$$

gdzie f^*_{ij} jest wartością bazową uzyskaną dzięki

zastosowaniu jednej z reguł decyzyjnych, np:

- reguły maksyminowej Walda, a wtedy

$$f^*_{ij}=\max_i(\min_j f_{ij}) \qquad (2.2.7)$$

co może oznaczać najkorzystniejszą wartość danego kryterium przy najmniej korzystnych warunkach;

- reguły maksymaksowej, a wtedy

$$f^*_{ij}=\max_i(\max_j f_{ij}) \qquad (2.2.8)$$

co może oznaczać najkorzystniejszą wartość kryterium w najkorzystniejszych warunkach;

- reguły Hurwicza, a wtedy:

$$f^*_{ij}=\max_i[(1-\alpha)(\max_j f_{ij})+\alpha(\min_j f_{ij})] \qquad (2.2.9)$$

gdzie ...- wskaźnik preferencji (optymizmu);

- reguły Savage`a, a wtedy:

$$f^*_{ij}=\min_i(\max_j V_{ij}) \qquad (2.2.10)$$

gdzie $V_{ij}=\max_k f_{kj}-f_{ij}$

co może oznaczać przyjęcie jako "bazowej" wartości zapewniającej minimalizację strat.

Opierając się na powyższym należy stwierdzić , iż wskaźnik oceny powinien wyrażać stopień osiągnięcia wartości pożądanej ("bazowej"), czyli może to być np. funkcja:

$$\Lambda_f=|f_{ij}-f^*_{ij}| \qquad (2.2.11)$$

lub

$$\Lambda_f=\frac{f_{ij}}{f^*_{ij}}$$

W sytuacji oceniania wielokryterialnego tzn. gdy dane są funkcje:

$$f=<f_1,f_2.....f_N>$$

przy czym zakłada się, iż im większa wartość poszczególnych wskaźników oceny, tym ogólna ocena systemu będzie "lepsza". Najskuteczniejszym sposobem postępowania jest podanie w przestrzeni kryteriów punktu f_w, który najlepiej odpowiada wyobrażeniom podmiotu oceniającego o optymalności, czyli stanie zasługującym na najwyższą ocenę (wyrażającą "doskonałość" systemu).Współrzędne tego punktu są maksimami poszczególnych wskaźników, tzn.: $f_{wk}= \max_x f_k(x)$.
Biorąc pod uwagę, iż nie wszystkie wskaźniki oceny są jednakowo ważne dla podmiotu oceniającego , należy przypisać im pewne wagi $\lambda_k>0$.Uzyskuje się wtedy zmodyfikowane kryterium o postaci:

$$f= \sum_{k=1}^{N} \lambda_k(f_k-f_{wk})^2 \qquad (2.2.12)$$

W sytuacji gdy $f_k=f_{wk}$, dla k=1 stan systemu jest "doskonały", i wtedy wartość "bazowa" wynosi

$$f=\sum_{k=1}^{N}\lambda_k \qquad (2.2.13)$$

Syntetyczny wskaźnik oceny wielokryterialnej jest wtedy następujący:

$$\Lambda_f^k=\Lambda_f^k(f,f^o) \qquad (2.2.14)$$

Ponieważ $f>f^o$ za najprostszy wskaźnik oceny można przyjąć stosunek tych wartości

$$\Lambda_f^k=\frac{f^o}{f}\text{ , przy czym }\Lambda_f^k<0 \qquad (2.2.15)$$

jeśli $\Lambda_f^k=1$ to stan systemu jest "doskonały".

Jako wskaźniki oceny w warunkach probabilistycznych, jeżeli cechy systemowe są zmiennymi losowymi X_o o znanym rozkładzie prawdopodobieństwa, przyjmuje się najczęściej:

- wartość oczekiwaną $E(X)=m_x$;
- wariancja $V(X)=v_x$;m
- średnie odchylenie od wartości zadanej (np. planowanej, najbardziej pożądanej) $E(X-x_o)=m_{(x-xo)}$;
- średnie odchylenie kwadratowe $E(X-x_o.)$ od wielkości

żądanej;

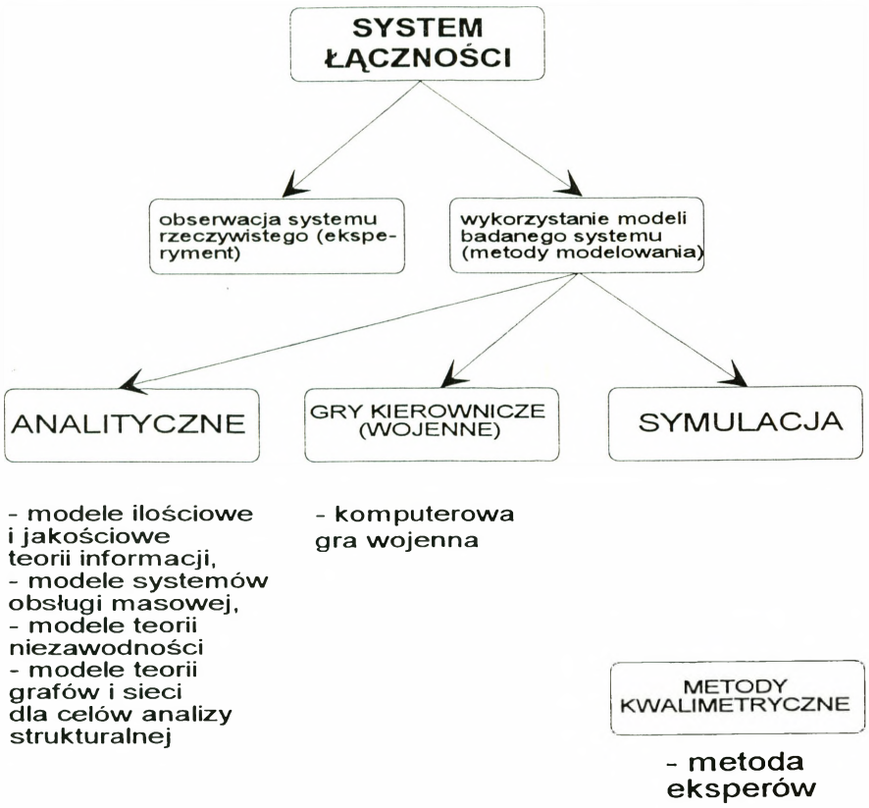
- kwantyl określonego rzędu;
- prawdopodobieństo uzyskania przez cechy systemowe wartości nie mniejszej (większej) od zadanej: $Pr\{X>x_o\}$ lub $Pr\{X<x_o\}$.

2.3.PODSTAWOWE METODY OCENY EFEKTYWNOŚCI SYSTEMÓW RADIOKOMUNIKACJI RUCHOMEJ LĄDOWEJ (RRL).

Metody oceny (badania) systemów RRL w zasadzie nie odbiegają od metod stosowanych do oceny ogólnych systemów łączności (SŁ). Wyróżniamy wśród nich: metody eksperymentalne i metody modelowania (oparte na wykorzystaniu określonych rodzajów modeli) badanego systemu. Zastosowanie metody eksperymentalnej jest możliwe w stosunku do systemów rzeczywistych, wiąże się to jednak z długim czasem realizacji i znacznymi kosztami. Nie ma natomiast możliwości oceniania (badania) systemów hipotetycznych tzn. perspektywicznych, na etapie projektowania itp..Istotnym problemem jest także niemożliwość przeprowadzenia obserwacji funkcjonowania systemu w rzeczywistych warunkach pola walki. Ograniczeń tych, w znacznej mierze nie posiadają metody modelowania, a w śród nich, zwłaszcza metody wspomagane komputerowo.

Strukturę metod oceny SŁ przedstawiono na rysunku 2.3.1[13]. W ocenie systemów RRL, metody analityczne są najliczniej reprezentowane w literaturze, a także szeroko

wykorzystywane w praktycznej działalności inżynierskiej.



Rys.2.3.1.Metody oceny systemów RRL.

Jednak, ze względu na swoje ograniczenia w możliwości pełnego opisu analizowanej rzeczywistości, pozwalają one oceniać tylko określone cechy systemu jak np.:

- odporność systemu na zakłócenia ;
- jakość transmisji ;
- wykorzystanie zasobów widmowych ;
- obciążalność ruchowa ;
- niezawodność ;
- przepustowość ,

oraz bardziej ogólne jak :

- prawdopodobieństwo dostarczenia wiadomości w zadanym czasie ;
- prawdopodobieństwo odmowy obsługi abonenta ruchomego itp.

Znacznie szersze możliwości wykorzystania stwarza metoda symulacji komputerowej, która wolna jest od wielu ograniczeń charakterystycznych dla metody analitycznej. Pozwala to, na zastosowanie jej w sytuacjach, gdy rozwiązania analityczne stają się niemożliwe.

Jednak stosowanie tej metody, jest silnie uwarunkowane stopniem znajomości "mechanizmów" funkcjonowania systemu, a co się z tym wiąże, prawidłowego ich opisu.

Oznacza to , że najważniejszym problemem w metodzie symulacji komputerowej jest prawidłowe opracowanie modelu ocenowego (symulacyjnego).

Metodą pozwalającą najpełniej oddać istotę oceny efektywności wojskowego systemu RRL, jest komputerowa gra wojenna. Zawierałaby ona w sobie ocenę wpływu charakterystyk funkcjonowania systemu RRL, na efektywność dowodzenia wojskami w określonym rodzaju działań prowadzonych w zadanych warunkach [16].

Jest to jednak metoda perspektywiczna, i jej rozwój zależy silnie od rozwoju technik symulacyjnych, a zwłaszcza symulacji pola walki oraz możliwości ścisłego określenia związku między parametrami systemu RRL a parametrami systemu dowodzenia, zadaniami wykonanymi przez system a osiągniętym rezultatem walki itp.

Jak wynika z [59], metody kwalimetryczne są preferowane w ocenie systemów wojskowych, gdyż pozwalają one na

dostarczenie decydentom, już na etapie koncepcji czy projektu wstępnego, zobiektywizowanych danych dotyczących wartości poszczególnych cech oraz uogólnionych miar jakości i efektywności rozpatrywanych wariantów systemu. Są one trudne w realizacji, gdyż wymagają dysponowania dobrze przygotownanym (zawodowo i metodologicznie) zespołem ekspertów.

Dokonując przeglądu literatury dotyczącej analizy i oceny efektywności systemów RRL, trudno znaleść opracowania, które w sposób syntetyczny i dostatecznie uogólniony opisywałyby ten problem. Ze znanych autorowi polskich opracowań, jedynie prace [70,13] reprezentują dostatecznie szerokie ujęcie problematyki analizy ,syntezy i modelowania systemów RRL.
W pracach tych przedstawiono dwie metody podejścia do problemu analizy i syntezy RRL - tradycyjne i kompleksowe (zaawansowane).
Podejście tradycyjne , przedstawione na rys.2.3.2.[70], zaliczane do metod analitycznych,

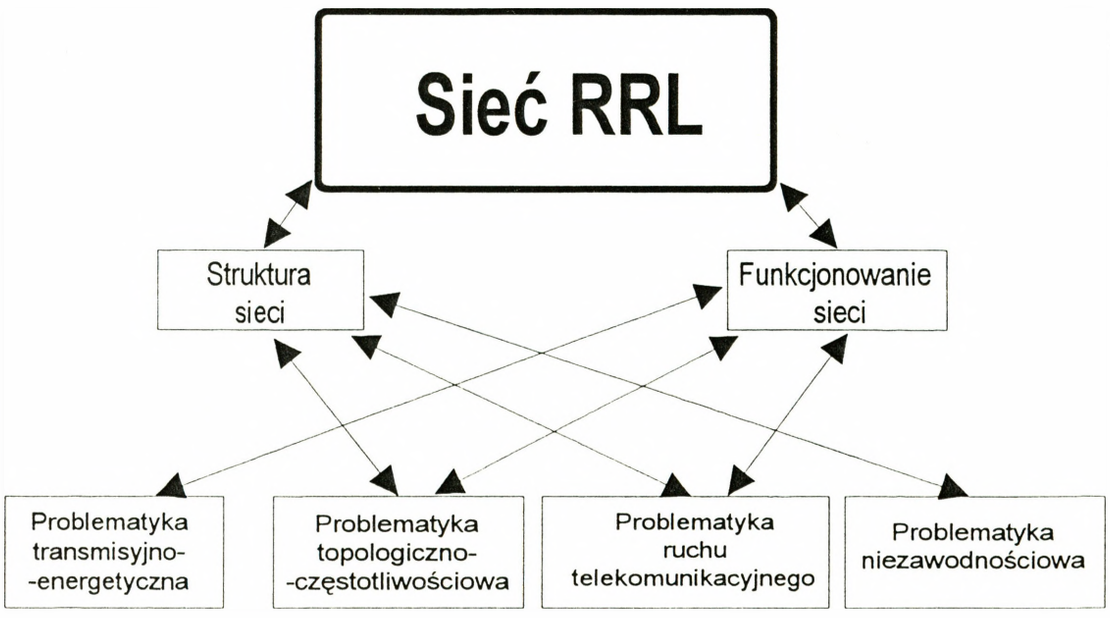


Rys.2.3.2 Tradycyjne ujęcie problemu analizy i syntezy

w swej istocie polega na rozłącznym rozpatrywaniu czterech grup problemów, a mianowicie:

- transmisyjno-energetycznych;
- topologiczno-częstotliwościowych;
- ruchowych;
- niezawodnościowych.

Taki sposób podejścia do problemu, pociąga za sobą ograniczenia co do możliwości poznania ogólnych, całościowych właściwości sieci oraz zakresu i rodzaju wzajemnych oddziaływań poszczególnych jej elementów. Mimo tych ograniczeń istotną zaletą tej metody jest posługiwanie się prostymi modelami prowadzącymi do analitycznych rozwiązań. Zostało to wykorzystane w drugiej metodzie, gdzie modele te są cząstkowymi składnikami modelu uogólnionego (rys.2.3.3.).

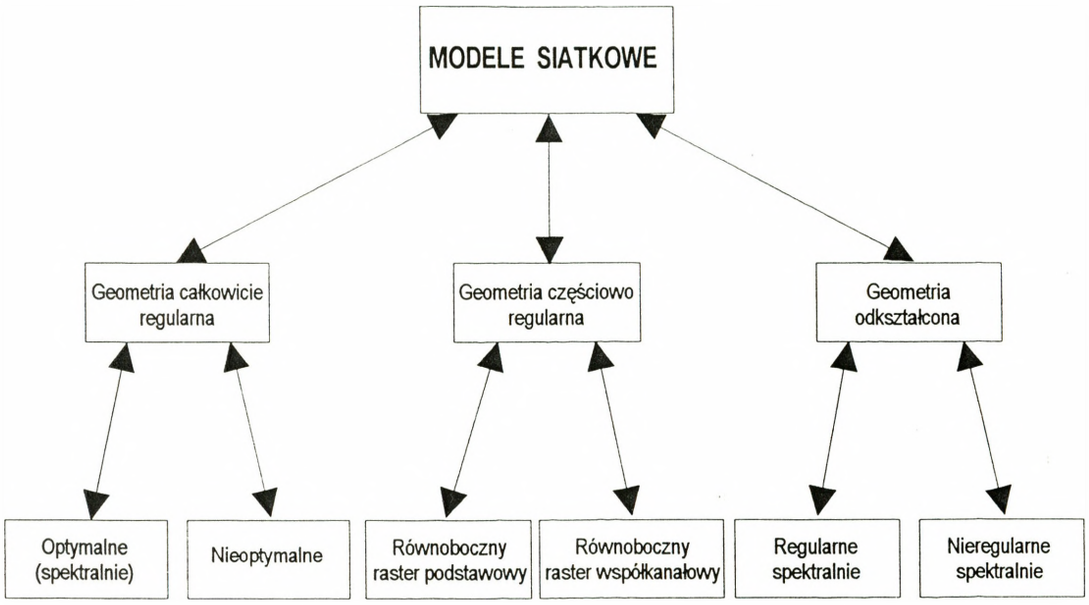


Rys.2.3.3.Kompleksowe ujęcie analizy i syntezy

W podejściu kompleksowym, system RRL rozpatrywany jest jako zbiór urządzeń technicznych wraz z ich właściwościami tworzącymi materialną strukturę systemu.
Między elementami tego zbioru zachodzą określone relacje, wynikające z przyjętych zasad funkcjonowania.
Struktura i funkcjonowanie sieci stanowią płaszczyzny, na których poszczególne zagadnienia cząstkowe podlegają uogólnieniu oraz wzajemnemu powiązaniu.

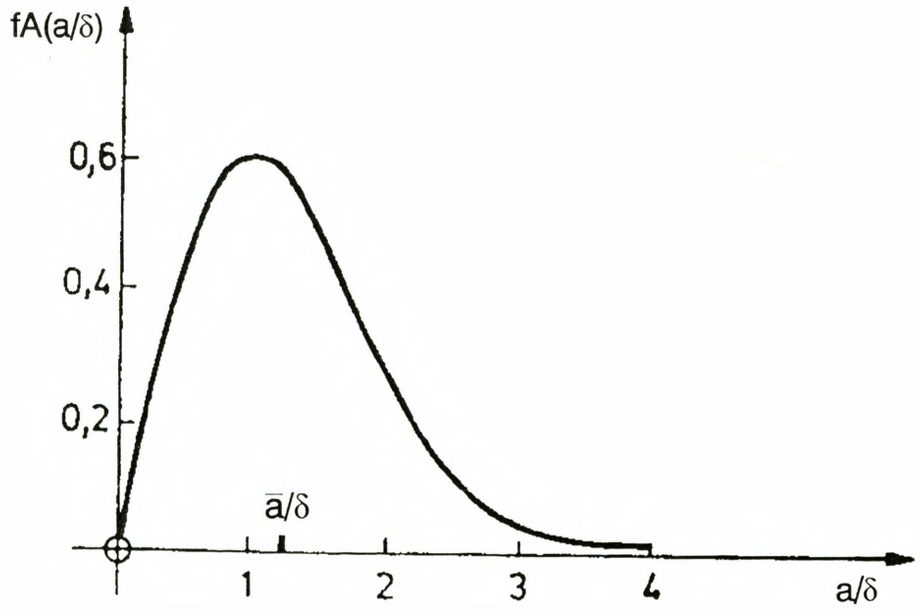
2.4.KRYTERIA I WSKAŹNIKI OCENY EFEKTYWNOŚCI SYSTEMÓW RRL

W procesie projektowania i eksploatacji systemów RRL istnieje konieczność oceny ich efektywności.
Istotny problem stanowi duża złożoność funkcjonalno-strukturalna i wynikające z tego wielostronne zależności między parametrami systemowymi.
W ujęciu tradycyjnym stosuje się analityczną metodę oceny systemu,co pokazano na rys. 2.3.2.
Tworzone modele cząstkowe , odnoszące się do poszczególnych aspektów sieci , pozwalają na uzyskanie wyników przy pomocy tradycyjnych środków analitycznych.Przykładami takich modeli mogą być :
a)model siatkowy - do analizy przestrzenno-spektralnej (rys.2.3.4) [70]



Rys.2.3.4.Model siatkowy do analizy przestrzenno-spektralnej

b)model log-normalny,Rayleigha - do analizy sygnałów z fluktuacjami i zanikami (rys.2.3.5)



Rys.2.3.5.Rozkład Rayleigha - model sygnału z zanikami

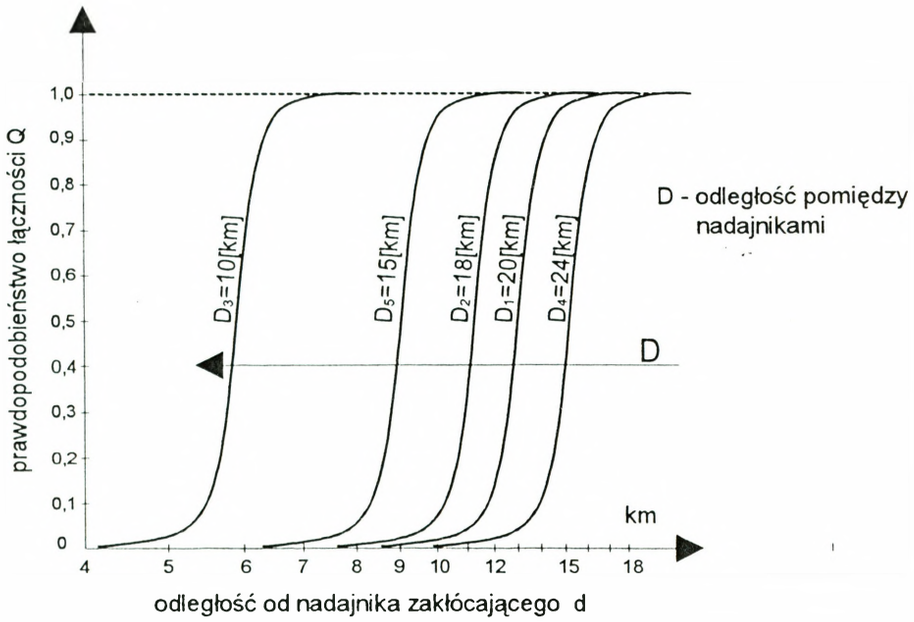
Zastosowanie komputerów do badań pozwala na rozwój i w tej dziedzinie. Autor przedstawił w rozdziale 3.4. zastosowanie zaawansowanego modelu kanału radiotelefonicznego tzw."rzeczywistego" i dokonał obliczeń komputerowych.

Modele analityczne niewpełni opisują analizowaną rzeczywistość i pozwalają w zasadzie na ocenę tylko niektórych cech systemu,najcześciej są to:

- odporność systemu na zakłócenia ;
- jakość transmisji ;
- wykorzystanie zasobów widmowych ;
- obciążalność ruchowa ;
- niezawodność;
- przepustowość ;

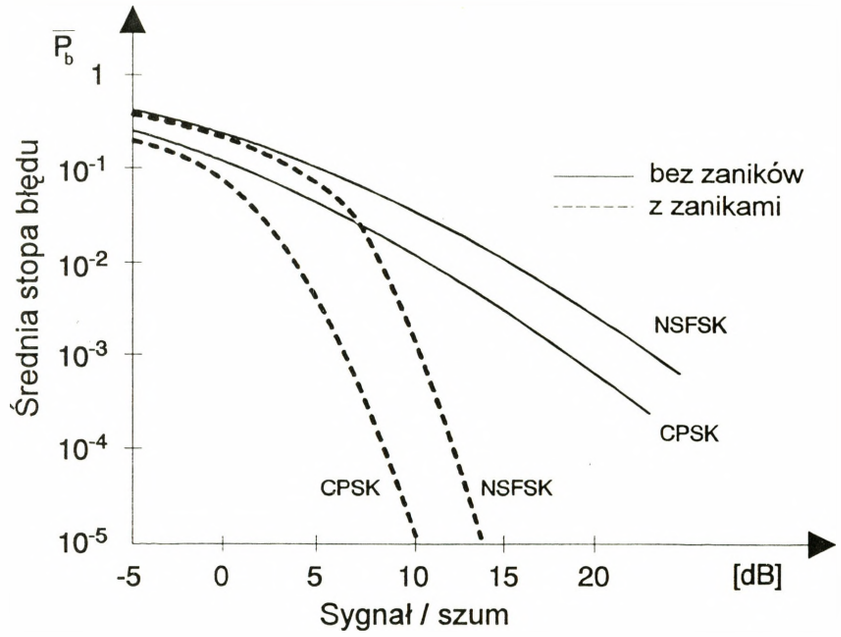
Stosowane miary oceny to między innymi:

- prawdopodobieństwo łączności(lub interferencji), (rys.2.3.5);



Rys.2.3.6.Prawdopodobieństwo łączności w funkcji odległości od nadajnika

- elementowa stopa błędu;(rys.2.3.6)



Rys.2.3.7.Elementowa stopa błędu dla sygnałów binarnych

- efektywność ruchowo-widmowa:

$$\eta = \frac{\text{natężenie ruchu rtlf. w systemie}}{\text{zajęta przestrzeń elektromagnetyczna}}$$

$$\eta = \frac{A[Erl]}{\Delta F[MHz]\ S[km^2]} \qquad (2.4.1)$$

Jak już wspomniano wcześniej ,tradycyjne podejście nie pozwala na tworzenie dostatecznie uogólnionych modeli systemów, a co się z tym wiąże na globalną ich ocenę.
W systemach wojskowych jest to problem szczególnie ważny, ze względu na bardzo mocną zależność od systemu nadrzędnego oraz szeroko rozumianego otoczenia.

Zaawansowane metody oceny systemu, dzięki wykorzystaniu do badań symulacji komputerowej, pozwalają ująć ten problem w sposób kompleksowy (patrz rys.2.3.3). W zależności od przyczyn , dla których ma być dokonana ocena, rodzaju rozważanego systemu, a także sposobu i zakresu wykorzystania wyników , formułowane są różnorodne miary efektywności oraz przyjmowane metody wyznaczania ich wartości liczbowych. Jako zasadnicze cechy wojskowych systemów łączności i samego procesu łączności występują stawiane im wymagania odnośnie gotowości bojowej, trwałości, mobilności, przepustowości, bezpieczeństwa systemu łączności oraz terminowości, wierności i skrytości.

Najczęściej stosowane wskaźniki oceny wojskowych systemów RRL przedstawiono w tabeli 2.1.[62]

Tabela 2.1.

Cecha (kryt.)	Wskaźnik
Terminowość	- prawdopodobieństwo przekazania wiadomości (realizacji połączenia) w czasie nie przekraczającym dopuszczalnej wartości dla różnych rodzajów łączności i kategorii pilności, przy zadanej intensywności obciążenia;
Wierność	- prawdopodobieństwo skażenia znaku kombinacji kodowej w czasie przekazywania sygnałów dowodzenia, danych i informacji teleg. - zrozumiałość sylabowa (logatomowa) mowy dla rozmów telefonicznych; - prawdopodobieństwo identyfikacji elementarnego sektora zobrazowania podczas przekazywania wiadomości telekopiowych; - prawdopodobieństwo niewłaściwego zaadresowania i straty wiadomości;

Cd.Tab.2.1.

Cecha (kryt.)	Wskaźnik
Skrytość	- współczynnik utajnienia kanałów łączności; - prawdopodobieństwo wykrycia obiektu; - wartość oczekiwana ilości wykrytych obiektów;
Gotowość bojowa	- prawdopodobieństwo terminowego wykonania wymaganych przedsięwzięć w zakresie przejścia systemu do zadanego poziomu (stopnia) gotowości w ustalonym czasie; - czas przejścia systemu łączności do zadanego stopnia gotowości bojowej;
Zdolność przepustowa	- maksymalna szybkość transmisji sygnałów; - ilość standardowych kanałów w relacji łączności; - wartość oczekiwana ilości kanałów w relacji łączności;
Trwałość	- współczynnik sprawnego działania i średni czas poprawnej pracy relacji łączności; - prawdopodobieństwo tego,że czas przerwy w łączności nie przekroczy zadanej (dopuszczalnej) wartości; - prawdopodobieństwo przeżycia relacji łączności; - wartość oczekiwana ilości kanałów zdatnych do pracy (zachowanych) wrelacji łączności - prawdopodobieństwo połączenia pomiędzy parą węzłów w sieci;
Mobilność	- prawdopodobieństwo terminowego wykonania działań w zakresioe zmiany struktury systemu (elementów systemu) łączności; - graniczny (dopuszczalny) czas wykonaia zadań z zadaną niezawodnoścla;
Bezpieczeństwo	- wartość oczekiwana ilości elementów systemu łączności, które w określonym czasie zostaną wykryte przez techniczne środki rozpoznania nieprzyjaciela; - prawdopodobieństwo rozpoznania elementów systemu łączności; - czas ujawniania (wykrywania) określonej ilości elementów systemu łączności z zadanym prawdopodobieństwem; - współczynnik bezpieczeństwa systemu łączności.

Ze spotykanych w literaturze miar efektywności można wyróżnić cztery podstawowe rodzaje (grupy) :

- **wskaźniki operacyjne** - związane z oceną wpływu systemu telekomunikacyjnego na rezultat działania systemu

zabezpieczanego (nadrzędnego);

- **wskaźniki informacyjne** - związane z oceną ilości i jakości produktu wytworzonego przez system z punktu widzenia zaspokajanych potrzeb i wymagań organu kierowania;
- **wskaźniki techniczno-eksploatacyjne** - związane z oceną skuteczności działania systemu, z punktu widzenia stopnia wykorzystania potencjalnych możliwości technicznych ;
- **wskaźniki ekonomiczne** - związane z oceną rezultatów działania systemu, z punktu widzenia kosztów i nakładów finansowych.

Wskaźniki tych czterech grup opisują zarówno zewnętrzne charakterystyki, jak i wewnętrzne treści systemu.

R O Z D Z I A Ł III

MODEL OCENY EFEKTYWNOŚCI SYSTEMU RADIOKOMUNIKACJI RUCHOMEJ LĄDOWEJ ZO

3.1.WPROWADZENIE.

W trakcie realizacji pracy, autor napotkał szereg trudności spowodowanych głównie występującymi ograniczeniami, z których najważniejsze dotyczą:

- braku dokładnie sprecyzowanych i ostatecznych następstw obowiązującej obecnie doktryny obronnej w zakresie ustaleń organizacyjnych struktury ZO i niektórych jednostek organizacyjnych będących w jego składzie;
- braku jednoznacznych ustaleń odnośnie struktury technicznej tak systemu stacjonarnego WP, jak i sieci polowej (topologia i system komutacji);
- braku pełnego dostępu do opracowań literaturowych, dotyczących wojskowych systemów RRL armii państw zachodnich.

W związku z tym, przyjęto zgodnie z [49] oraz [55] założenia, które zdaniem autora pozwolą na dokonanie oceny systemów RRL mimo występowania tych ograniczeń.

Przyjmujemy zgodnie z koncepcją rozprawy, iż podstawowym RODZAJEM działań jest operacja obronna armii.
OBSZAREM działania jest terytorium kraju wraz z całą infrastrukturą telekomunikacyjną.
Biorąc powyższe pod uwagę, ocenę prowadzić będziemy w oparciu o podzielony pas obrony ZO na dwie strefy:

- taktyczną, obejmującą ugrupowanie bojowe dywizji zmechanizowanych (DZ) pierwszego rzutu tzn. na głębokość do 30 km. od linii styczności wojsk;

- operacyjną, stanowiącą obszar (poza strefą taktyczną) zajmowany przez elementy ugrupowania operacyjnego ZO*.

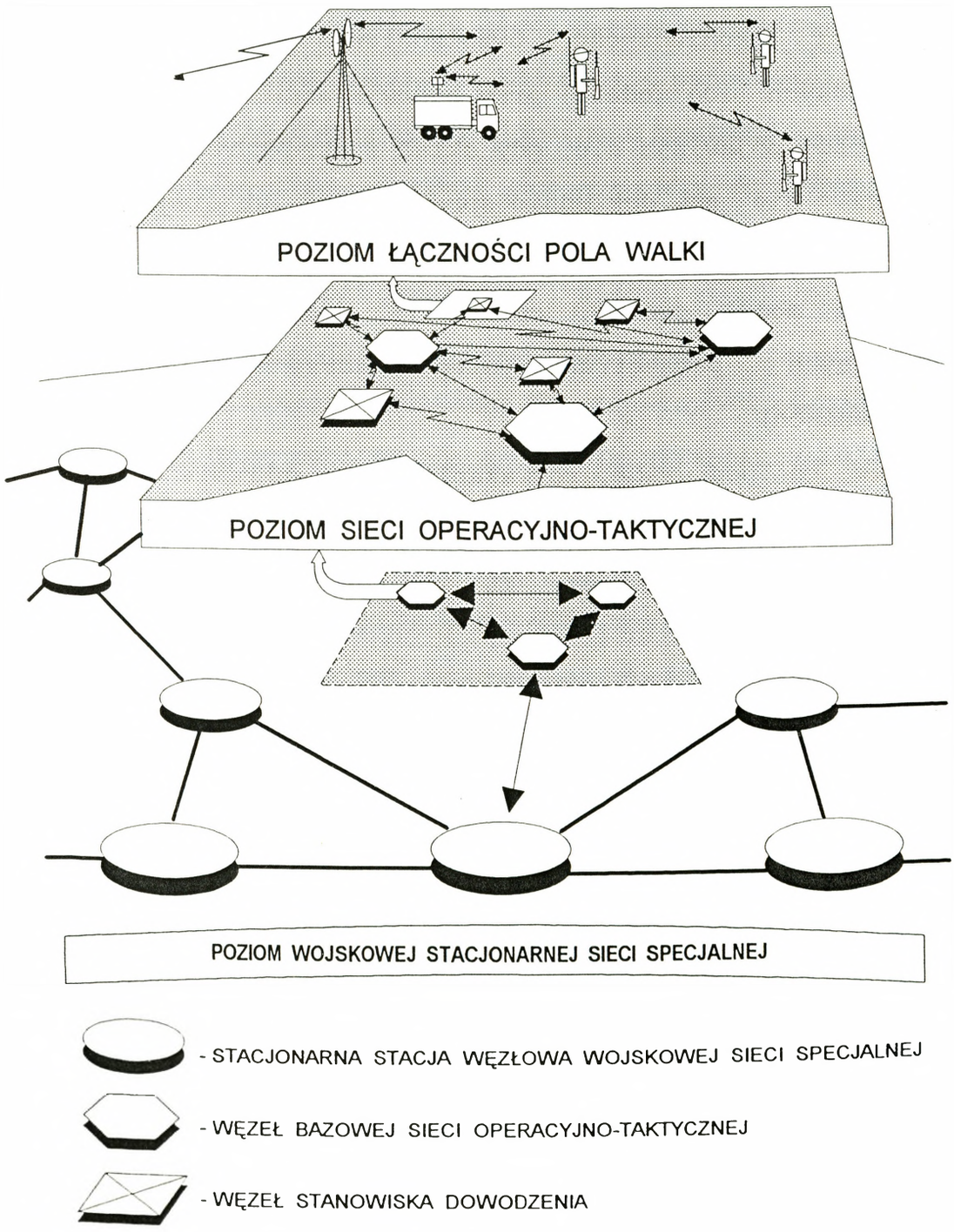
W opracowaniach NATO przyjmuje się trzy poziomy dla, których zabezpieczana jest łączność (rys.3.1.1), są to [40]:

- combat level (poziom walki);
- tactical level (poziom operacyjno-taktyczny);
- nationwide leve (poziom sieci stacjonarnej).

Poziomy te zabezpieczane są w różnego rodzaju systemy łączności, i tak poziom walki (bezpośrednia styczność z nieprzyjacielem) ,charakteryzujący się dużą dynamiką działań , zabezpieczony jest głównie w systemy radiowe (np.radiostacje FH -frequency hopping, systemy RRL-komórkowe,DART - data reporting terminal). Poziom operacyjno-taktyczny tworzy sieć opartą głównie o systemy radiolinowo-przewodowe i radiowe, pozwalające na dowiązanie systemów pierwszej grupy; poziom trzeci to systemy C^3I, centra analizy danych, zabezpieczające przepływ informacji między różnymi systemami np. cywilnymi i wojskowymi, sił powietrznych, morskich.

---

1)Uwzględniając wnioski z analizy dotyczących budowy systemów RRL zasadnicze rozważania dotyczyć będą strefy taktycznej



Rys.3.1.1.Podział systemów łączności na poziomy.

System radiokomunikacji ruchomej lądowej jest podsystemem systemu łączności , który jest częścią składową systemu dowodzenia Sił Zbrojnych. Takie usytuowanie systemu RRL, narzuca konieczność uwzględnienia wymagań systemów nadrzędnych (ich modeli) przy budowie modelu ocenowego.
Trudności pojawiają się, gdy skład i struktura tych systemów (model) nie są dokładnie sprecyzowane lub ulegają ciągłym modyfikacją. Chcąc rozwiązać powyższy problem ,należy budować model ogólny, oparty na podstawowych, w miarę stabilnych , parametrach systemów nadrzędnych (potrzebach i wymaganiach).
Biorąc to pod uwagę, rozważania w tym zakresie oparto na w miarę nowoczesnych opracowaniach, dotyczących systemu łączności(w tym systemów RRL) Sił Zbrojnych WP [49,55].

3.2.MIEJSCE I ROLA RRL W SYSTEMIE ŁĄCZNOŚCI DZ W OPERACJI OBRONNEJ

3.2.1.Wprowadzenie

Skład, struktura i właściwości systemu łączności są kształtowane w ogromnej mierze przez charakter zagrożenia militarnego.
Największe militarne zagrożenie Polski, może wystąpić ze strony państw dysponujących znacznie większym potencjałem militarnym, czyli od wschodu lub zachodu.
Każdy z tych przeciwników dysponuje takimi siłami, iż może

rozpocząć działania wojenne bez ich uprzedniej koncentracji nad zagrożoną granicą (granicami).

Siły te, funkcjonujące w stałych siedzibach (miejscach stałej dyslokacji podczas pokoju) będą w stanie między innymi: sparaliżować elementy systemu kierowania państwem i siłami zbrojnymi, a także elementy stacjonarnego systemu łączności. Przeciwdziałanie temu, wymaga posiadania i utrzymywania w gotowości , w warunkach zagrożenia i wojny, polowych elementów systemu kierowania państwem i siłami zbrojnymi, w tym również polowych elementów systemu łączności.

Obronna strategia militarna RP sprawia, że stacjonarna część systemu łączności ma znaczącą rolę w zapewnianiu łączności w czasie przeciwdziałania wszelkim zagrożeniom jak i w czasie wojny. W czasie pokoju, w jej skład wchodzą przede wszystkim garnizonowe węzły łączności (węzły rozmieszczone w budynkach lub w innych pomieszczeniach stałych) i sprzęgające je łącza międzygarnizonowego systemu łączności. W czasie zagrożenia i wojny, mogą do niej być dodatkowo włączane zwłaszcza garnizonowe węzły łączności innych jednostek i instytucji wojskowych znajdujące się w pasie (rejonie odpowiedzialności) dywizji oraz łącza międzygarnizonowego systemu łączności, a także elementy innych specjalnych systemów łączności, np. MSW, PKP oraz publicznej sieci telekomunikacyjnej (w tym tworzace się systemy radiotelefonii komórkowej).

W warunkach przeciwdziałania zagrożeniom i w czasie wojny może zaistnieć również sytuacja, w której dywizja będzie prowadziła działania taktyczne na obszarze kraju znacz-

nie oddalonym od miejsc stałej dyslokacji jej dowództwa oraz oddziałów i pododdziałów, co uniemożliwi wykorzystanie związanych z nimi garnizonowych węzłów łączności.
Stąd też większość zadań związanych z zapewnieniem łączności abonentom może być zlecona do wykonania w polowej części systemu łączności.

Wykorzystanie polowej części systemu łączności dywizji w powyższej sytuacji będzie zależał od wielu czynników, zwłaszcza jednak od:

- stanu i możliwości wykorzystania funkcjonujących na tym obszarze elementów stacjonarnych systemów łączności: Sił Zbrojnych (garnizonowych węzłów łączności i łączy międzygarnizonowego systemu łączności), innych specjalnych systemów łaczności (MSW, PKP itp.) oraz publicznej sieci telekomunikacyjnej (radiokomunikacyjnej);
- charakteru działań operacyjnych i taktycznych, przede wszystkim stopnia manewrowości;
- organizacji dowodzenia;
- stanu i możliwości pododdziałów łączności przeznaczonych do tworzenia (budowy) polowej części systemu łączności dywizji.

3.2.2. Ogólna charakterystyka systemu łączności DZ

Na podstawie analizy literatury i wyników badań - przytoczonych we wstępie - należy stwierdzić, że polowy system łączności dywizji w obecnym stanie strukturalnym i materialnym (technicznym), nie jest zdolny do zaspokojenia pot-

rzeb organów dowodzenia i kierowania uzbrojeniem w ewentualnej walce. Stąd konieczne jest jego unowocześnienie i to zarówno w sensie strukturalnym, jak i technicznym.

Analiza taktycznych systemów łączności przodujących armii, uczestniczących w konfliktach zbrojnych i wojnach w ciągu ostatnich lat wskazuje[55], że systemy te składają się z podsystemów:

- w pełni mobilnego, zdolnego do świadczenia szerokiej gamy usług telekomunikacyjnych abonentom znajdującym się w ruchu, np. podsystemu radiokomunikacji ruchomej lądowej (RRL);
- znacznie mniej mobilnego, który może świadczyć usługi telekomunikacyjne tylko wtedy, gdy jego elementy funkcjonują na postoju.

Można założyć,że takie podsystemy będą również występować w systemie łączności WP. System łączności dywizji powinien mieć strukturę modułową, wielodostępną i kompatybilną elektromagnetycznie w swojej strefie działania i strefach przyległych. System ten, ponadto winien być zdolny do autonomicznego wykonania zadania, jak również włączać się jako podsystem do systemu łączności szczebla operacyjno-taktycznego i innych systemów funkcjonujących na obszarze kraju. System łączności powinien dostarczać terminowo i skrycie wiarygodną informację wysłaną do dowolnego użytkownika systemu. Informacja powinna przechodzić w kanałach sterowanych przez operatora zgodnie z zapotrzebowaniem użytkownika jak i w kanałach wybieranych programem systemu (bez pośredniczenia operatora). System powinien być

"przezroczysty" dla różnych postaci informacji, a czynności użytkownika powinny sprowadzać się do umiejętności obsługiwania terminala abonenckiego. System powinien eliminować pośrednictwo żołnierzy łączności we wprowadzaniu informacji użytkowych do systemu. Ich rola powinna sprowadzać się do nadzoru nad stanem technicznym urządzeń i poprawnym funkcjonowaniem programu nadzorującego eksploatację (pośrednictwo tylko we współpracy z podsystemem analogowym lub w sytuacjach zaplanowanych).

Ze względu na charakter przewidywanych do wykonania zadań, za najmniejszy funkcjonalny system (moduł) należy przyjąć system łączności oddziału ogólnowojskowego.

System łączności oddziału ogólnowojskowego powinien składać się z pododdziałowych podsystemów łączności, przy czym podsystem batalionu musi mieć możliwość oderwania się od części zasadniczej systemu łączności oddziału ogólnowojskowego na odległość około 20 km bez zmiany jego parametrów użytkowych.

System łączności dywizji należy zbudować wg tych samych zasad, przy czym jego funkcje nie powinny ulegać zmianom, gdy podsystem oddziału ogólnowojskowego oddali się na odległość do 35 km lub podsystem pododdziału bezpośredniego podporządkowania - do 30 km.

Zatem, w każdym podsystemie powinna być uwzględniona rezerwa przyłączy dla innych elementów lub do innych podsystemów.

Przyszłościowy system łączności dywizji powinien być całkowicie cyfrowy i mieć budowę siatkową. Ze względów ekonomicznych, istnieje potrzeba, by w okresie przejściowym

(analogowo-cyfrowym) wykorzystywać dotychczasowy sprzęt łączności, a nad systemami przyszłości dywizji prowadzić badania modelowe i prace projektowe, wprowadzajac sukcesywnie rozwojowe elementy tej struktury. .

Przewidywany charakter przyszłej wojny zakłada znaczną dynamikę działań. Wobec ciągle zmieniających się sytuacji w tego rodzaju walce, organa nią kierujące powinna cechować wysoka mobilność. Nie można więc planować trwałych miejsc pracy, ani czasów ich pobytu w tych miejscach. Można natomiast oszacować wielkość zapotrzebowania organów dowodzenia na wymianę informacji. Te właściwości walki rzutują, w głównej mierze, na model systemu łączności zapewniającego kierowanie walką.

Analiza wyników badań [55] wskazuje na potrzebę wyposażenia organów dowodzenia tylko w niezbędne środki łączności, które zapewnią im dostęp do szkieletowego systemu łączności w pasie działania dywizji. Takim systemem wydaje się być system siatkowy związku taktyczno-operacyjnego, siłami i środkami pododdziałów dowodzenia dywizji wydłużony w kierunku styczności z przeciwnikiem.

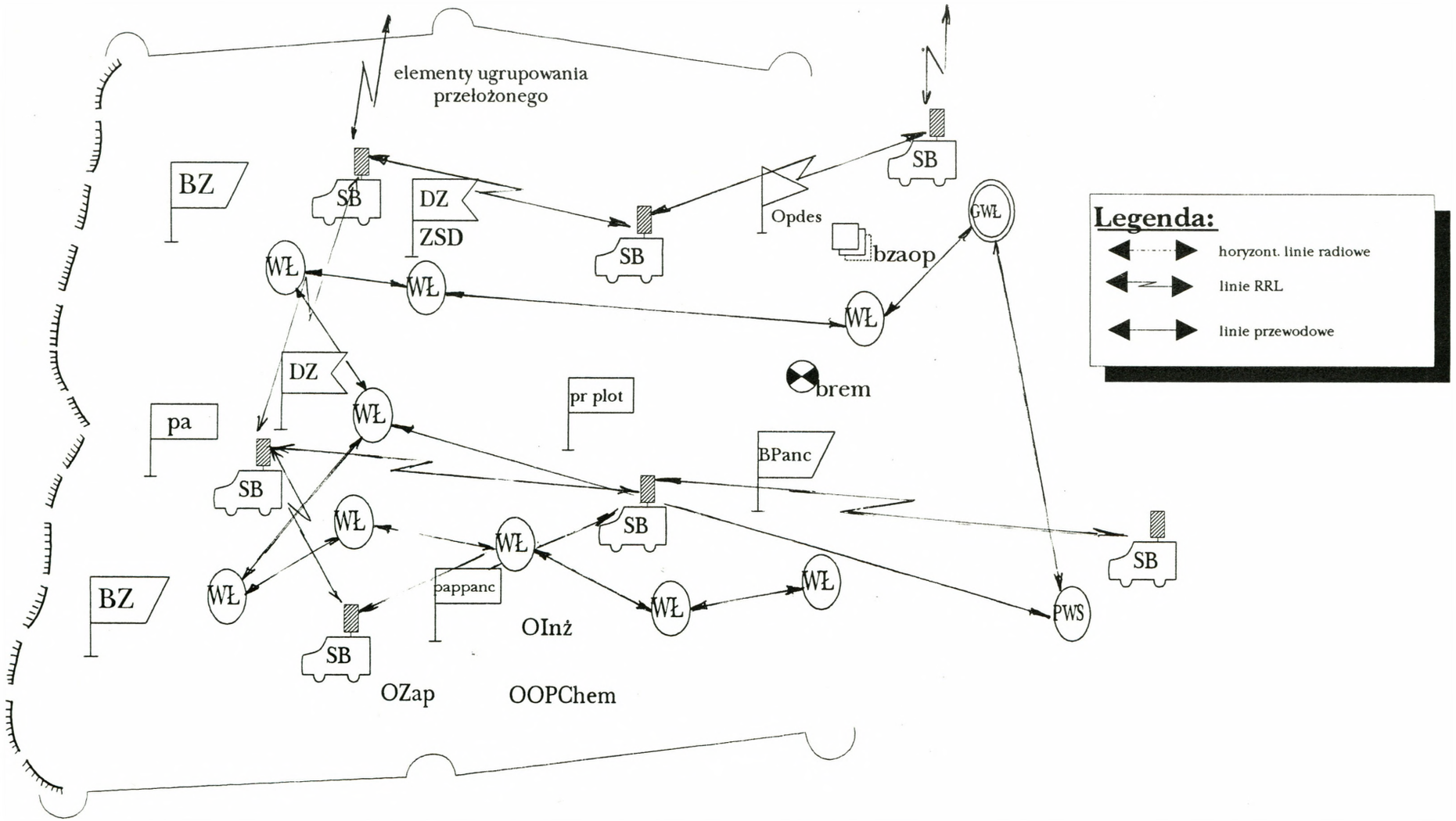
Wydaje się rownież słusznym, wzmocnienie tak powstałej architektury systemu poprzez dołączenie kompatybilnego z nią systemu łączności komórkowej.

Docelowym systemem łączności dywizji zmechanizowanej (jako podsystemu systemu łączności związku taktyczno-operacyjnego) jest model umożliwiający dynamiczną zmianę miejsca pobytu organów dowodzenia, wynikającą z charakteru walki. Jak pokazano w [55], można wyróżnić dwa wa-

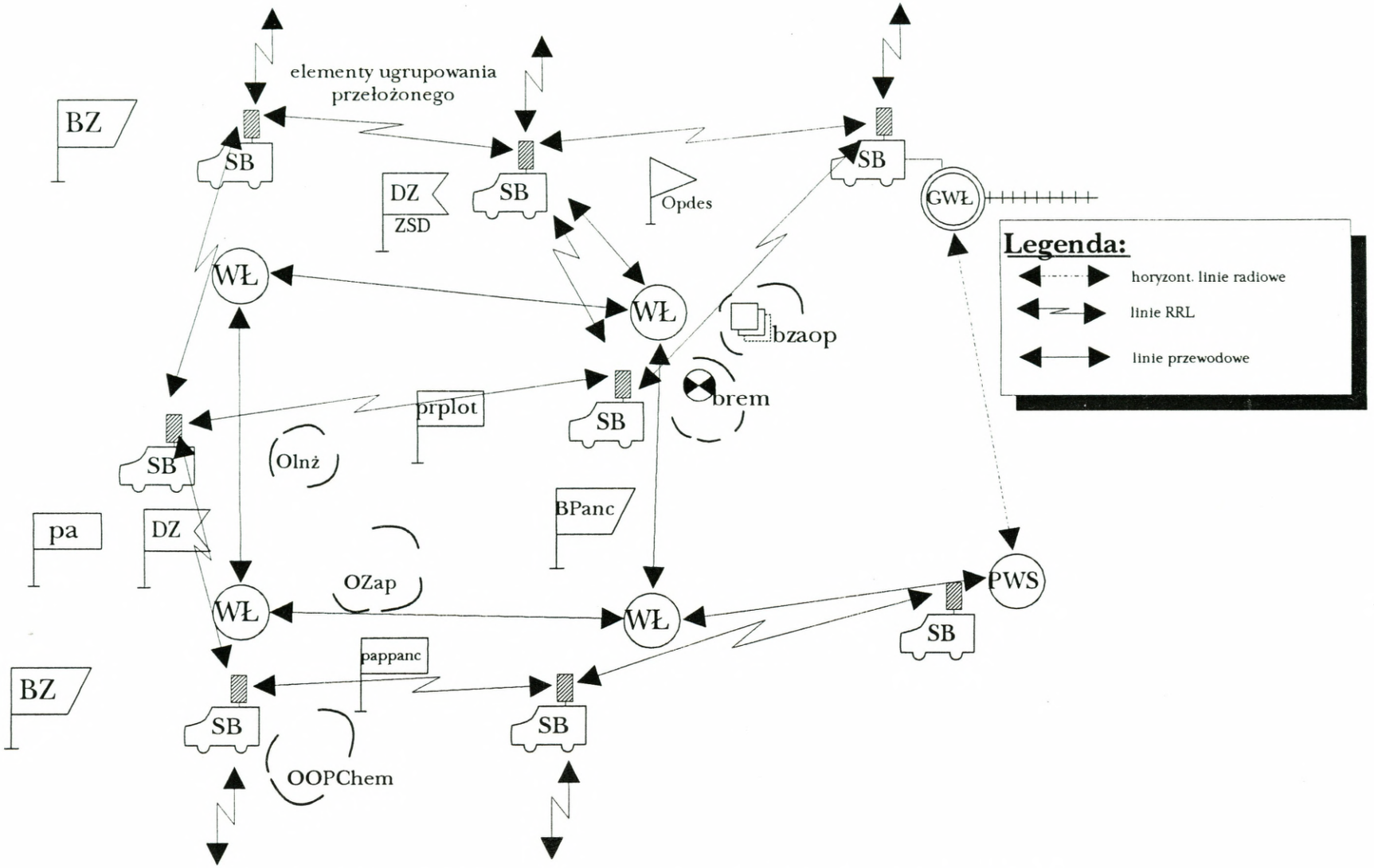
rianty systemu łączności DZ.

Wariant I-szy (rys.3.2.2) uwzględnia sytuację, w której każdy znaczący (istotny) element ugrupowania bojowego dywizji w obszarze swojego działania rozwija własnymi siłami i środkami węzeł łączności. Jego organ dowodzenia może korzystać z usług tego węzła w całym rejonie swojego działania. Przy tym założeniu, w obszarze walki dywizji należy rozwinąć 10 polowych (analogowych) węzłów łączności.

Wariant II-gi wykorzystuje znaczne możliwości centrum komutacji RWŁC nowego typu. Przy znanej ilości abonentów i uśrednionym rozkładzie ich potrzeb informatycznych, w obszarze walki dywizji powinny być rozwinięte cztery węzły łączności. Kompatybilny z nim system łączności komórkowej powinien zawierać 6 stacji bazowych (dywizyjnych), rys.3.2.3.

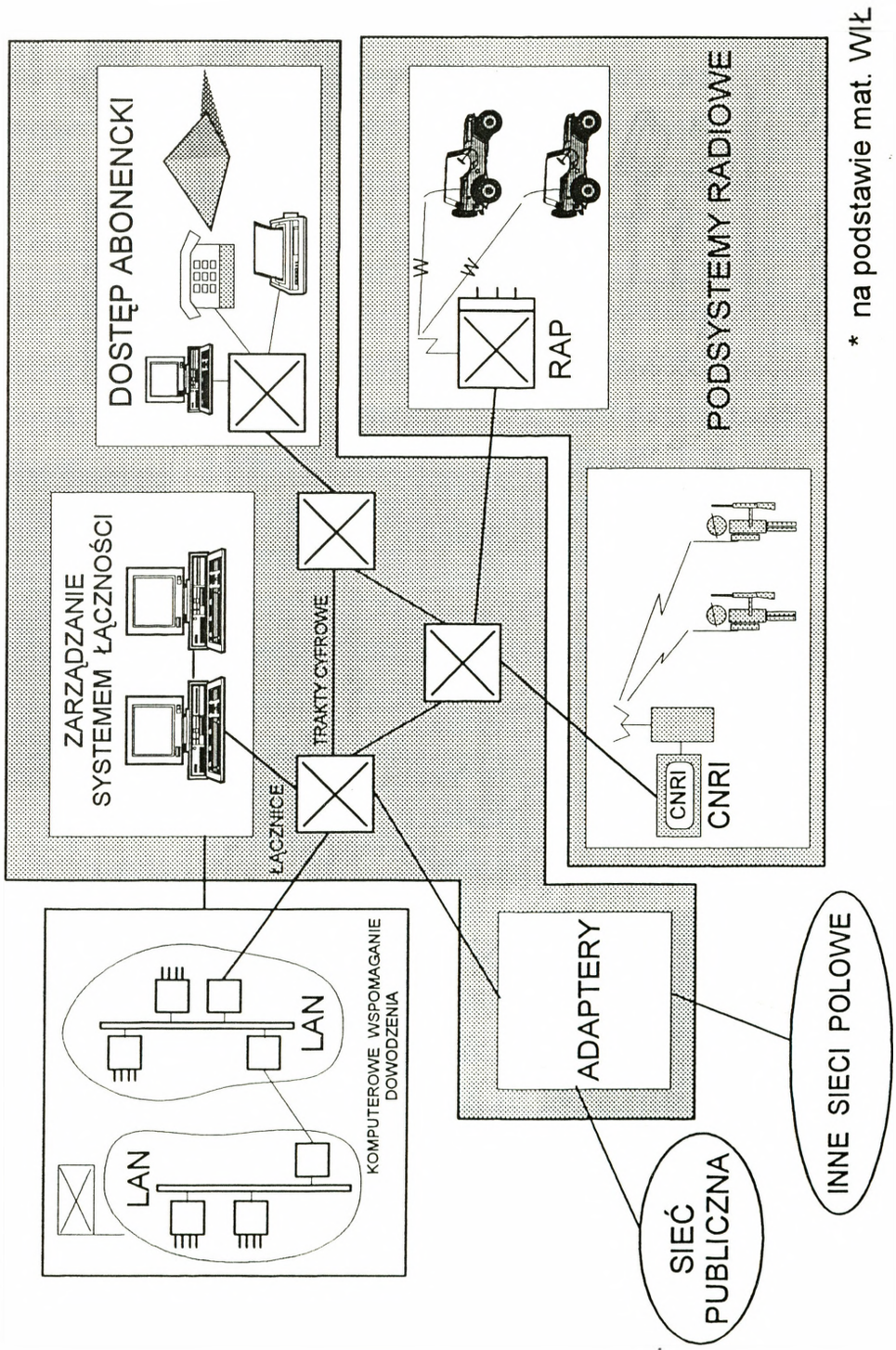


Rys. 3.2.2. Uproszczony model systemu łączności DZ - wariant I



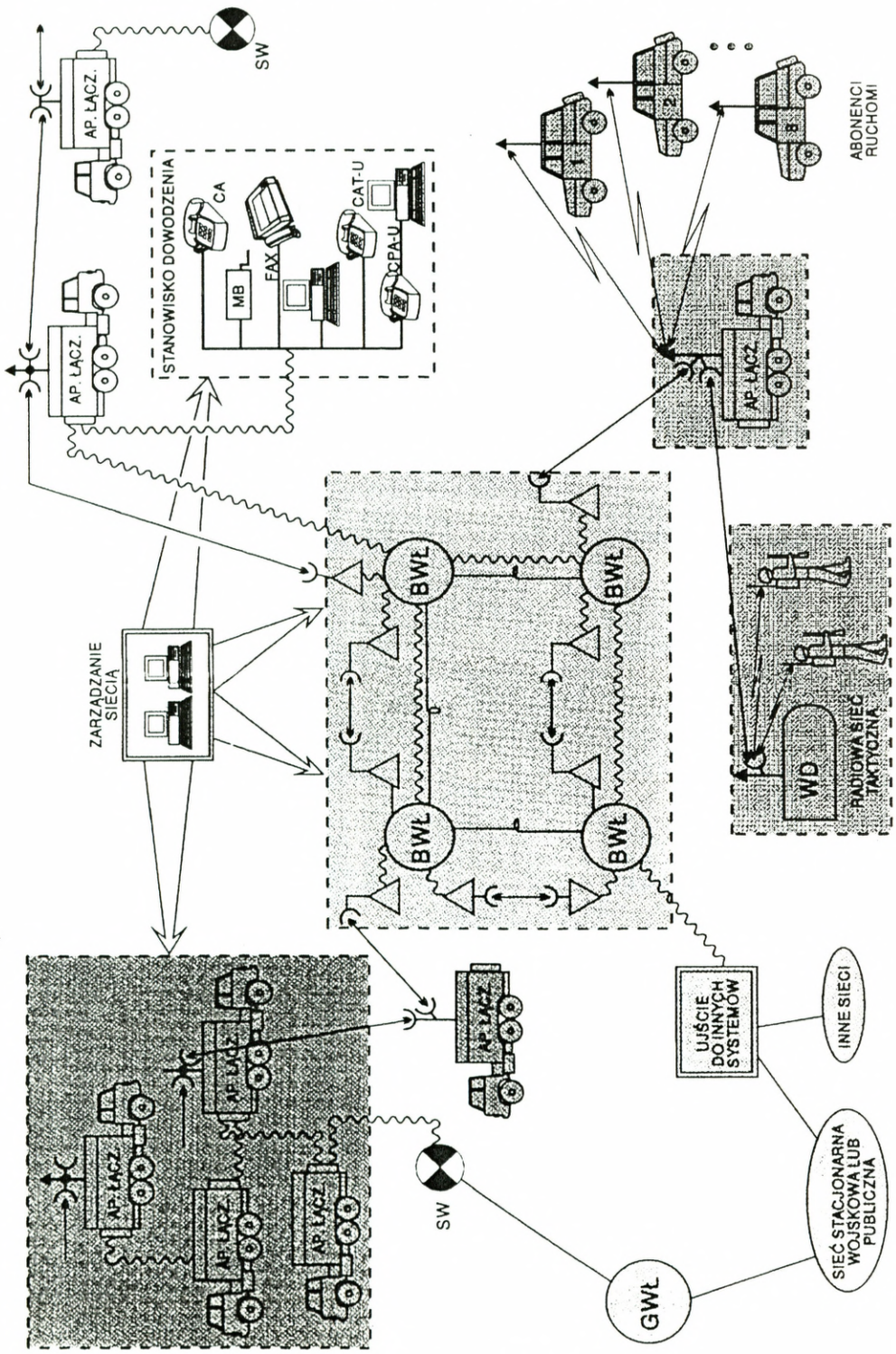
Rys. 3.2.3. Uproszczony model systemu łączności DZ z wykorzystaniem RWŁC

Opartą na wykorzystaniu RWŁC, architekturę polowej sieci łączności , przedstawia rys.3.2.4.[54]



Rys.3.2.4.Podstawowa architektura polowej sieci łączności

Natomiast architekturę zintegrowanego systemu łączności cyfrowej (ZSŁC) przedstawiono na rys.3.2.5.



Rys.3.2.5.Podstawowa architektura ZSŁC

*na podstawie mat. Wił

ZSŁC zapewnia automatyzację połączeń między abonentami i integrację usług telekomunikacyjnych polegającą na możliwości transferu informacji z różnych terminali (telefon. telefax, komputer itp.) oraz wysoki poziom ochrony przesyłanej informacji. System ten charakteryzuje się następującymi właściwościami:

- przepływność w kanale podstawowym 16 kbit/s,
- transmija mowy z modulacją delta,
- transmisja danych,
- zwielokrotnienie od 3 do 120 kanałów (64 do 2048 kbit/s),
- węzły komutacyjne wyposarzone w automatyczne łącznice o pojemnościach do 240 kanałów,
- dwupoziomowe utajnianie informacji (na poziomie kanału i grupy kanałów),
- standaryzacja Eurocom.

3.2.3.OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU RRL DZ

Jak już wspomniano system łączności Państwa, a w tym system łączności WP, jest w trakcie przeobrażeń, wynikających z historycznych zmian sytuacji międzynarodowej.

Analiza współczesnych systemów RRL sugeruje, by na potrzeby wojska polskiego wprowadzić system o następującym składzie:

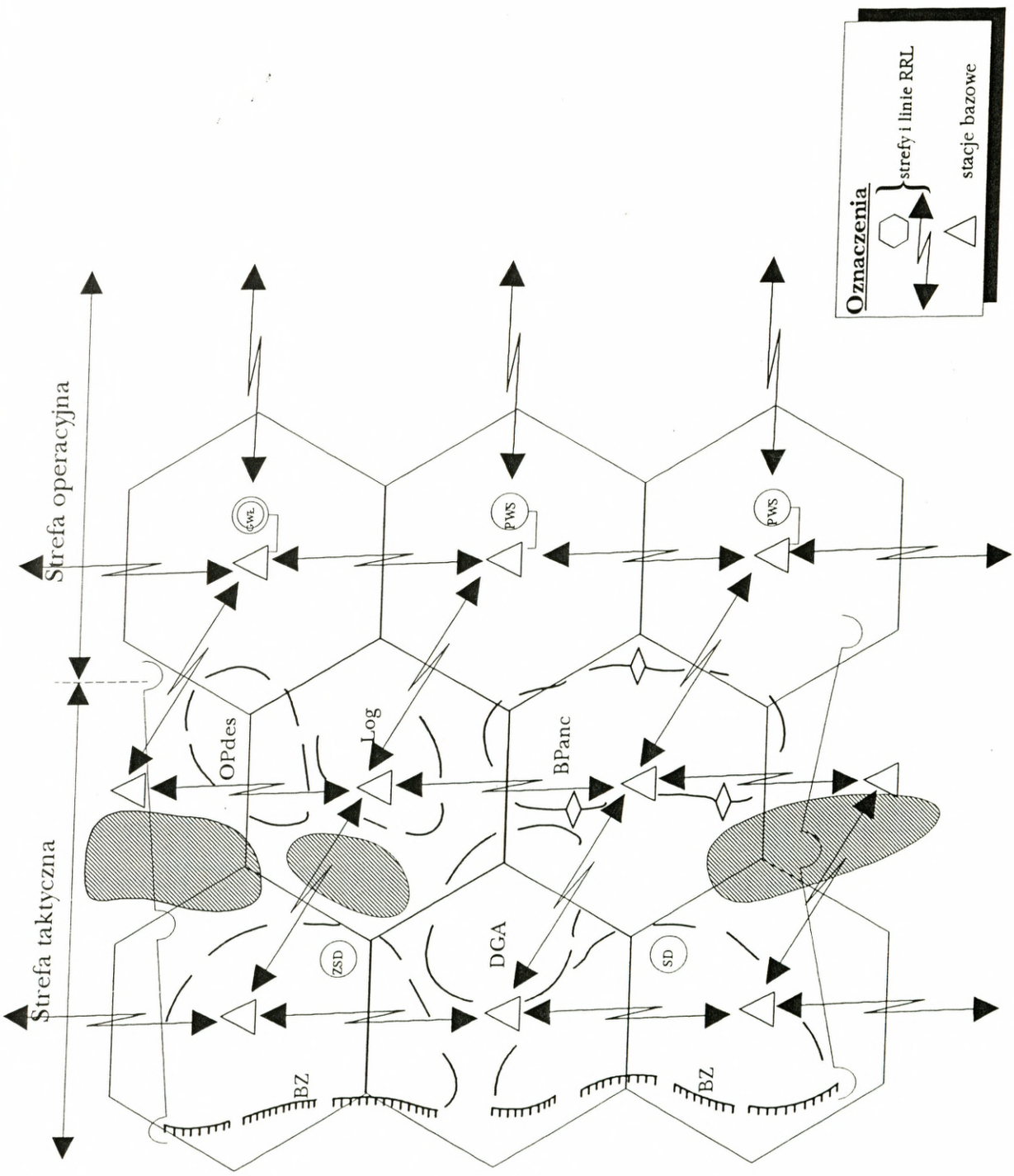
- automatyczna centrala radiotelefoniczna obszarowa (ACR), zarządzająca konfiguracją i funkcjonowaniem sieci systemu (jedna lub kilka zależnie od przyjętej konfiguracji sieci);

- stacje bazowe (SB), stanowiące centrum strefy systemu;
- aparaty końcowe (terminale) abonentów, zainstalowane w wozach dowodzenia w miejscach pracy, środkach lokomocji i obiektach latających;
- punkty dostępu, tzn. specjalne przystawki zainstalowane w wozach dowodzenia ważniejszych osób funkcyjnych, umożliwiające dowiązanie dowolnego abonenta do systemu RRL.

Konfigurację takiego systemu przedstawiono na rys.3.2.5.

Systemy RRL pozwalają na realizację w trybie natychmiastowym (rzędu kilku sekund) połączeń (telefonicznych, telegraficznych, transmisji danych) i różnego rodzaju usług dla abonentów wyposażonych w odpowiednie urządzenia końcowe, zarówno w ruchu jak i na postoju. Ponadto systemy te powinny umożliwiać współpracę nie tylko abonentom naziemnym, w obszarze walki dywizji, ale także poza nim i z obiektami latającymi. Ponadto powinien on być kompatybilny z systemami cywilnymi.

Intensywny rozwój cywilnych systemów RRL na obszarze RP oraz zakładane koncepcje obrony kraju sugerują, by "cywilne" i "wojskowe" systemy RRL powszechnie wykorzystywać zarówno w okresie poprzedzającym konflikt zbrojny, jak i w toku walk. Przykładem może być, wykorzystanie w trakcie wojny w byłej Jugosławii, cywilnego systemu NMT 450. Jak już wspomniano w 1.1.6 , sytuacja wojenna, a zwłaszcza jej dynamiczne zmiany, wymusiła na operatorze systemu umieszczenie stacji bazowych (SB) na pojazdach , co w praktyce pozwoliło na przemieszczanie się systemu wraz ze zmianą tej sytuacji.



Rys.3.2.5. Model systemu RRL DZ (strefa taktyczna).

Zrealizowaniu tej idei sprzyja tzw. polska wersja systemu skandynawskiego, znana pod nazwą NMT 450i (patrz pkt 1.1.3.) a zwłaszcza GSM , którego właściwości przedstawiono w rozdziale I.

Analiza wyników badań [49,55]pozwala na wnioskowanie, że na usługi systemu RRL oczekuje ok.230 abonentów - przy jednoczesnym założeniu, że (podobnie jak w krajach zachodnich) system ten będzie wypierał radiostacje zakresu UKF, porządkując widmo elektromagnetyczne.

W zależności od składu ZO, w strefie operacyjnej będzie znajdowało się około 600 abonentów . Zarządzanie systemem RRL będzie odbywało sie na poziomie ZO, w skład którego wchodzić powinno ok. 24 stacji bazowych.

3.3. MODEL OCENOWY SYSTEMU RRL DZ

3.3.1.Wprowadzenie

Systemem radiokomunikacji ruchomej lądowej nazywamy, zespół środków technicznych rozmieszczonych na określonym obszarze, zapewniającym świadczenie usług telekomunikacyjnych abonentom (użytkownikom urządzeń końcowych systemu), którzy z racji wykonywanych zadań lub innych uwarunkowań znajdują się w ruchu i /lub na postoju.
System RRL, ze względu na swe specyficzne właściwości takie jak:

- swoboda przemieszczania się abonentów aktywnych (prowadzących rozmowę) i nieaktywnych;
- ograniczone moce i zasięgi łączności radiostacji stałych i ruchomych;
- brak indywidualnego przyłącza abonenckiego;
- ograniczone zasoby wykorzystywanego widma częstotliwości;
- niska i zmienna jakość transmisji,

traktowany jest jako szczególny rodzaj systemu telekomunikacyjnego o dużym stopniu złożoności.
Złożoność ta w znacznym stopniu warunkuje dotychczasowe tempo i zakres prowadzonych prac badawczych.

3.3.2.Wpływ efektywności systemu łączności na efektywność działań bojowych

Jako system złożony system łączności działa w ramach systemu dowodzenia wojskami i w miarę swojego docelowego przeznaczenia wpływa na jakość dowodzenia i efektywność działań bojowych. Związana jest z tym możliwość oceny efektów działania systemu łączności na różnych poziomach wskaźników efektywności:

- bojowej;
- systemu dowodzenia wojskami;
- własnej (wewnętrznej).

Powiązania różnych poziomów oceny znajdują odbicie w złożonym systemie wymagań operacyjnych, które obejmują:

- wymagania w stosunku do systemu dowodzenia wojskami;
- wymagania w stosunku do łączności, jako procesu zapewnienia wymiany informacji w systemie dowodzenia wojskami;
- wymagania w stosunku do systemu łączności, jako obiektu materialnego, który realizuje proces wymiany informacji.

Ocena systemu łączności poprzez efektywność bojową i efektywność systemu dowodzenia, nie znalazły szerszego zastosowania w praktyce, co jest związane z brakiem lub niedoskonałością modeli matematycznych, nadających się do oceny wskaźników skuteczności działań bojowych wojsk w zależności od jakości łączności i określenia "udziału", który wnosi system łączności do rezultatów operacji.

Dlatego najczęściej oceniamy efektywność systemu łączności,

rozumianą jako stopień przystosowania do potrzeb dowodzenia w zakresie przekazu informacji z zadaną jakością.

3.3.3. Projekt metodyki wielokryterialnej oceny RRL

Podejście systemowe do oceny efektywności systemu łączności polega na takim konstruowaniu tych ocen i w takiej formie, by obejmowały one wszystkie zasadnicze parametry (cechy) systemu. Jednocześnie powinny one odzwierciedlać zdolność systemu do wypełnienia podstawowych zadań na odpowiednim poziomie hierarchicznym.

Jak już wspomniano, zasadnicza właściwość metodologii badań przy ocenie efektywności SŁ, wyraża się przedstawieniem ocen efektywności w postaci funkcji celu. Charakteryzuje ona ilościowo stopień osiągnięcia przez system postawionych mu celów, w zależności od rezultatów wykonania zadań funkcjonalnych.

W rozdziale II, przedstawiono różne metody badań systemów RRL. Jako jedne z preferowanych, w ocenie systemów wojskowych, uznano metody kwalimetryczne, gdyż pozwalają one na dostarczenie decy - dentom, już na etapie koncepcji czy projektu wstępnego, zobiektywizowanych danych dotyczących wartości poszczególnych cech oraz uogólnionych miar jakości i efektywności rozpatrywanych wariantów systemu. Są one w znaczący sposób stosowane do oceny systemów wojskowych w armiach państw zachodnich. W rozdziale tym przedstawiono także wykorzystanie różnych metod do oceny systemów RRL. Do tej pory wykorzystywane były przede wszystkim dwie metody, **analityczna** i **symulacyjn**a.

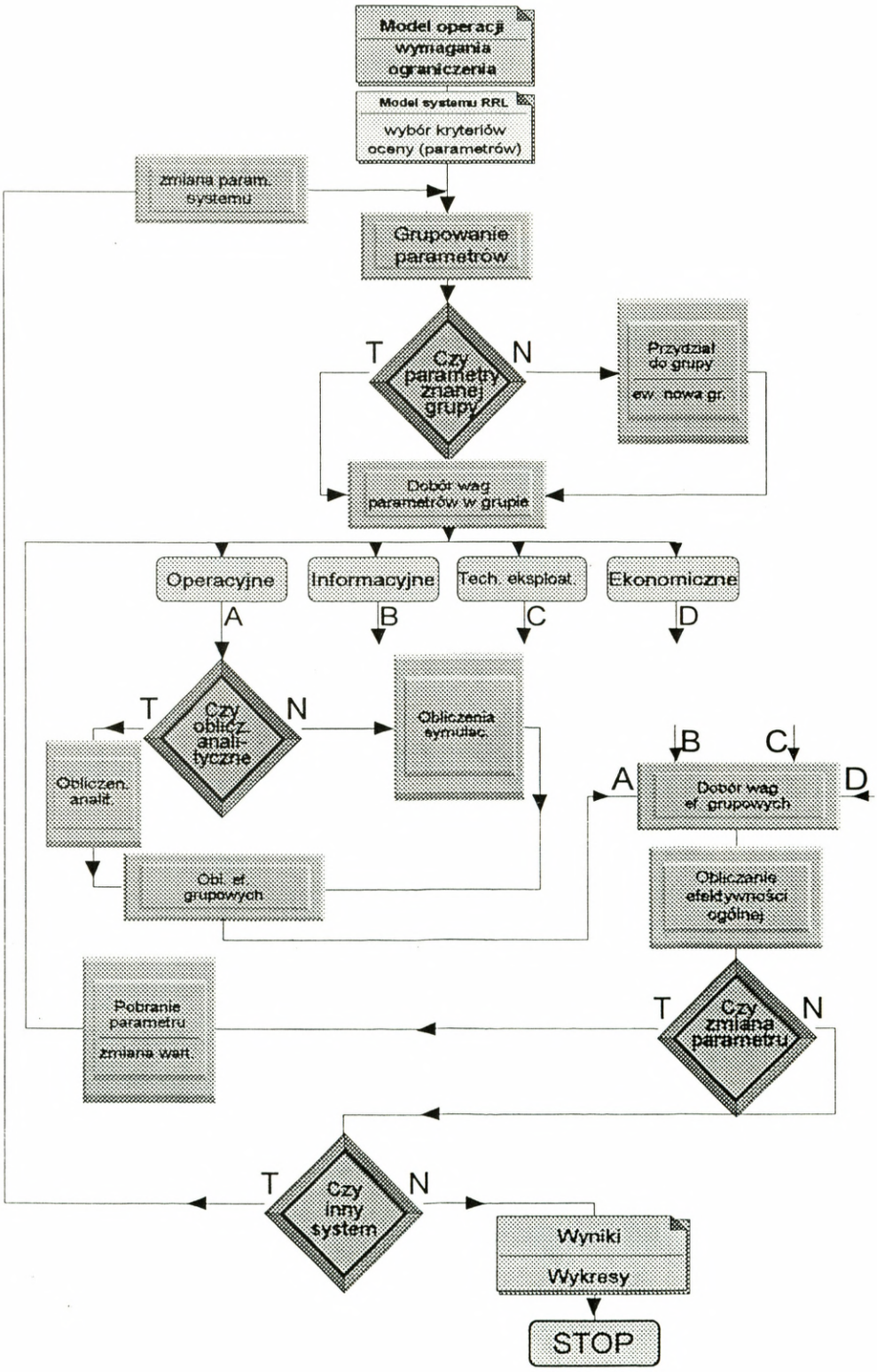
Obok szeregu zalet obie posiadają ograniczenia: pierwsze ze względu na niemożność pełnego opisu analizowanej rzyczywistości (ocena tylko pewnych cech systemu), drugie ze względu na silny wzrost nakładów finansowych i czasowych w miarę wzrostu dokładności i wielkości modelu co narzuca konieczność uproszczeń.

Wady te stają się istotne w momencie, gdy na wynik oczekuje decydent dla którego ważny jest czas, dokładność (uwzględnienie możliwie "wszystkich" parametrów) i czytelność oceny, przedstawionej najlepiej przy pomocy jednej miary liczbowej.

Możliwości takie może dać metoda wyznaczania efektywności ogólnej, uzupełniona o metody analityczne i symulacji komputerowej.

Algorytm uogólnionej wielokryterialnej oceny systemu RRL

Biorąc pod uwagę powyższe uwarunkowania ,na podstawie analizy literatury zwłaszcza [13,47,59] a także własnych badań i doświadczeń autor zaproponował algorytm uogólnionej oceny systemu RRL (obliczania efektywności ogólnej) rys.3.3.1. Algorytm ten uwzględnia kwalimetryczną metodę ekspertów do obliczenia efektywności ogólnej systemu oraz metody (modele) analityczne i symulacji komputerowej do obliczeń parametrów i efektywności grupowych.

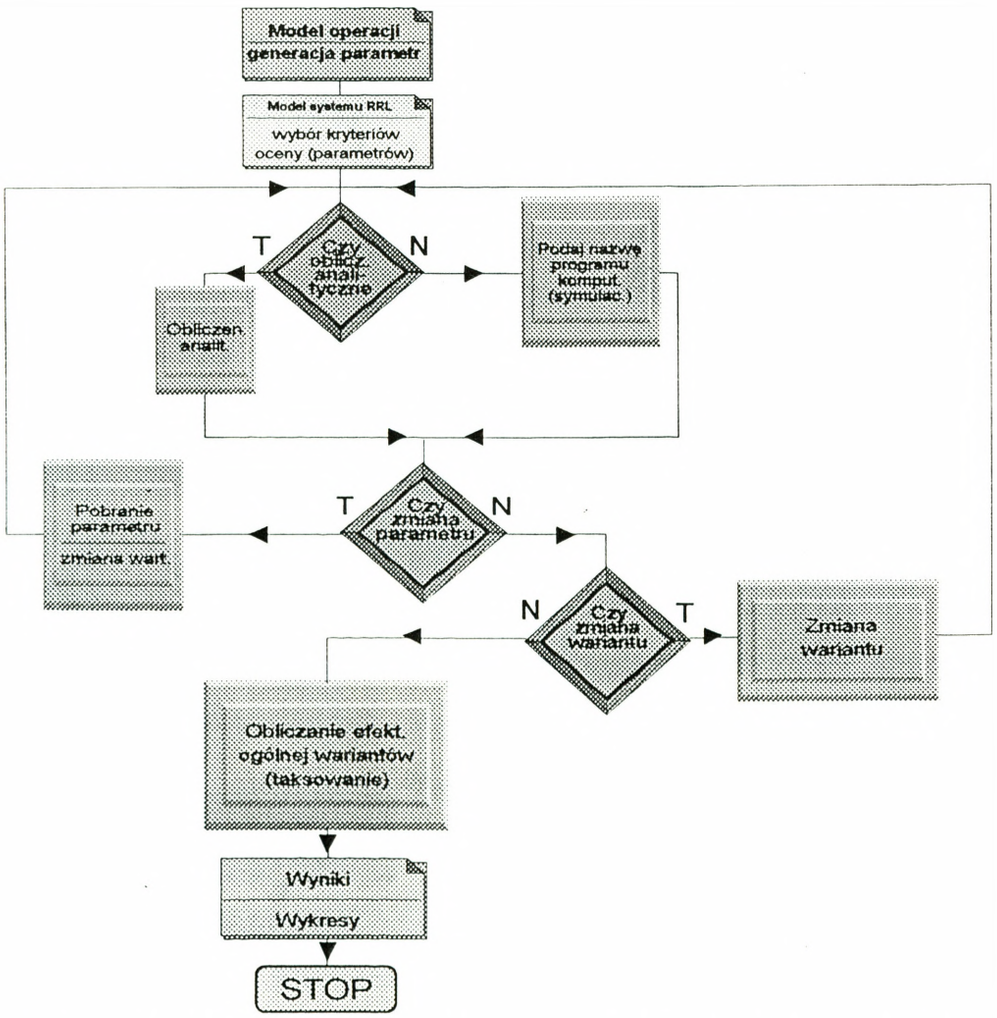


Rys 3.3.1.Algorytm wyznaczania ogólnej oceny efektywności systemów.

Mimo dużych zalet metoda ta stwarza wiele problemów przy wyborze współczynników wagowych (np.metodą ekspertów). Wyznaczenie tych współczynników wymaga dysponowania, bardzo dobrze przygotowanym pod względem merytorycznym, odpowiednio przeszkolonym zespołem specjalistów [47].

Dlatego też ocenę globalną, zwłaszcza przy porównywaniu wariantów systemów, wyznacza się zakładając addytywność wskaźników cząstkowych.

Algorytm takiej oceny, przedstawiono na rys.3.3.2.



Rys.3.3.2.Algorytm wyznaczania efektywności ogólnej, przy porównywaniu wariantów .

W celu wprowadzenia jednorodności miar zachodzi konieczność standaryzacji wskaźników oceny. Standaryzowana wartość i-tego wskaźnika n-tego wariantu $\tilde{w}_{in}$ może być obliczana z zależności

$$\tilde{w}_{in} = \frac{w_{in} - \tilde{w}_i}{S_i} \qquad (3.3.1)$$

gdzie:

w_{in} - wartość i-tego wskaźnika wariantu n;

$\tilde{w}_i$ - wartość średnia i-tych wskaźników wszystkich N wariantów obliczona z zależności:

$$\tilde{w}_i = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N} w_{in} \qquad (3.3.2)$$

S_i - odchylenie standardowe i-tego wskaźnika od wartości średniej

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N} (w_{in} - \tilde{w}_i)^2} \qquad (3.3.3)$$

Łatwo zauważyć, że standaryzowane wskaźniki oceny mają zerową wartość średnią i jednostkową wariancję.

Następnym krokiem jest określenie najmniejszej sumy różnicy kwadratów wartości standaryzowanych wskaźników $\tilde{w}_{in}$ i najlepszej wartości standaryzowanych wskaźnikow (hipotetycznej) RRL w_{hi}:

$$D_{ni} = \sum_{n=1}^{N} (\tilde{w}_{in} - w_{hi})^2 \qquad (3.3.4)$$

dla i = 1 ... i; n = 1 ... N

Odległość d_{on} między uwzględnianymi wariantami a najlepszym (hipotetycznym) wynosi;

$$d_{on} = \sqrt{D_{ni}} \tag{3.3.5}$$

W celu oszacowania oceny ogólnej wariantów RRL sprowadzonej do przedziału <0,1> konieczne jest określenie wartości przeciętnej $\bar{d}_o$ i wariancji D^2 w zbiorze odległości za pomocą zależności:

$$d_o = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N} d_{on} \tag{3.3.6}$$

$$D_o^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N} (d_{on} - \bar{d}_o)^2 \tag{3.3.7}$$

Graniczna wartość odległości d_{ogr} od wartości przeciętnej wynosi:

$$d_{ogr} = \bar{d}_o + 3\sqrt{D_o^2} \tag{3.3.8}$$

Ogólna ocena efektywności poszczególnych wariantów RRL względem hipotetycznej RRL jest określana z zależności:

$$E_{og\ warRRL} = 1 - \frac{d_{on}}{d_{ogr}} \tag{3.3.9}$$

3.3.4.Przegląd dopuszczalnych wskaźników oceny

Z dużej liczby spotykanych wskaźników charakteryzujących efektywność systemu RRL, z których część przytoczona została w rozdziale 2.4, autor pracy wybrał te, które mimo ograniczeń i niepełnych danych o systemach , można było zidentyfikować (wyznaczyć) . Co pozwoliło na dokonanie oceny porównawczej wariantów.

1.Terminowość łączności.

Wskaźnikiem charakteryzującym terminowość łączności, której definicje przedstawiono w tabeli 2.1., jest prawdopodobieństwo terminowego przekazania wiadomości (Q_{ter}) definiowanej jako:

$$Q_{ter}=\frac{\lambda_{ter}}{\lambda} \qquad (3.3.10)$$

gdzie:

$\lambda=\lambda_{ter}+\lambda_{str}$

λ - intensywność strumienia zgłoszeń;

λ_{ter}- intensywność terminowej obsługi strumienia zgłoszeń;

λ_{str}- intensywność straconego strumienia zgłoszeń Wielkość strat definiujemy (Q_{str}), jako prawdopodobieństwo nieobsłużenia terminowego ,napływających wiadomości. I przedstawiamy w postaci dopełnienia jedności Q_{ter}:

$$Q_{str} = 1 - Q_{ter} \tag{3.3.11}$$

Biorąc pod uwagę wykorzystanie czasu użytkownika, prawdopodobieństwo terminowego przekazania wiadomości przedstawimy w postaci:

$$Q_{ter}(t_d)=Pr\{(t_o + t_n) \leq t_d\} \tag{3.3.12}$$

gdzie:

t_o- czas efektywnego przekazywania wiadomości;

t_n- straty czasu wynikające z poszukiwania abonenta oczekiwaniem w kolejce, przerejestrowanie itp.

2.Jakość obsługi

Wskaźnikiem jakości obsługi, definiowanej jako stosunek liczby wywołań nieobsłużonych do wszystkich wywołań generowanych przez abonentów, jest prawdopodobieństwo nieobsłużenia wywołania (straty wywołania).

Wielkość ta może być wyznaczona przy pomocy symulacji komputerowej lub, jak pokazano w [13], w przypadkach gdy celem modelowania jest uzyskanie ogólnej oceny skuteczności świadczonej przez system usługi czy pojemności strefy, przy pomocy modelu analitycznego:

$$Q_{str}= (1-\alpha)\frac{\frac{(M-1)!a^C}{(M-1-C)!C!}}{\sum_{i=1}^{c}\frac{(M-1)!a^i}{(M-1-i)!i!}} \tag{3.3.13}$$

gdzie:

M - ilość abonentów ruchomych zarejestrowanych w danej SB;

C - ilość dupleksowych kanałów radiowych SB;

$a=a_w+a_z$ - sumaryczne natężenie ruchu oferowanego przez wolnego abonenta w Erl;

$\alpha=a_z/a$ - współczynnik obciążenia ruchem wewnętrznym;

3.Skrytość

Charakteryzowana może być min.przez współczynnik utajnienia kanałów:

$$K_u=\frac{N_u}{N_o} \qquad (3.3.14)$$

gdzie:

N_o- ogólna liczba kanałów (linii) łączności;

N_u- liczba kanałów (linii) utajnionych,

4.Efektywność widmowo - ruchowa.

Jednym z istotnych wymagań dla systemów RRL, wynikających min. z dużej dynamiki współczesnych działań wojennych jest by abonent miał do niego dostęp na jak największym obszarze (strefa taktyczna).

Wskaźnikiem odzwierciedlającym zajętość widma, ilość możliwych kanałów oraz powierzchnię obsługiwaną przez system, jest współczynnik EWR [70]:

$$EWR=\frac{A}{\Delta FS_z} \qquad (3.3.15)$$

$$\Delta F=CN\Delta f$$

gdzie:

A[erl] - natężenie ruchu radiotelefonicznego,

ΔF[MHz] - zajęta przestrzeń elektromagnetyczna,

Δf[kHz] - odstęp międzykanałowy,

C - liczba kanałów w strefie (w wiązce),

N - liczba komórek w zespole,

S_z[km^2]- powierzchnia "zajęta" przez system,

5.Odporność na zakłócenie

Może być scharakteryzowana przez prawdopodobieństwo zakłócenia [69]:

$$Q_z=\exp[-q(d/d_o)^4/k_a] \qquad (3.3.16)$$

$$q=-\ln Q_o$$

gdzie:

Q_o - zakładane prawdopodobieństwo przy odległości d_o;

k_a - współczynnik zależny od rodzaju anteny (zorientowanie w stosunku do linii styczności z przeciwnikiem),

d - odległość od nadajnika zkłócającego,

lub bardziej czytelnym wskaźnikiem jakim jest prawdopodobieństwo łączności:

$$Q_i = 1 - \exp[-q(d/d_o)^4/k_a] \qquad (3.3.17)$$

6.Wskaźnik funkcjonowania sieci

Charakteryzuje on możliwości czasowe efektywnego wykorzystania sieci w zakresie przekazywania wiadomości w warunkach oddzialywania czynników destrukcyjnych:

$$K_e = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_p}{\sum_{i=1}^{n} t_p + \sum_{i=1}^{n} t_s} \qquad (3.3.18)$$

gdzie:

t_p[s]- czas efektywnego przekazywania widomości;

t_s[s]- straty czasu w trakcie wymiany;

n - ilość czynnych kanałów w sieci,

7.Przepustowość systemu

Stopień zaspokojenia potrzeb w zakresie wymiany informacji, w stosunku do potrzeb systemu, możemy wyrażić przy pomocy wskaźnika efektywności wymiany informacji:

$$E_{wi} = \frac{Y_w}{Y_p} \qquad (3.3.19)$$

gdzie:

Y_w- ilość informacji przekazanych przez dany wariant w jednostce czasu w zn./słow./godz.

Y_p- potrzeby w zakresie wymiany inf.zn/słow/godz.

3.3.5. Funkcjonowanie systemu RRL w warunkach oddziaływania RE przeciwnika

Obszar walki związku operacyjnego charakteryzuje się dużym nasyceniem urządzeń radioelektronicznych, które w istotny sposób wpływają na wykonanie zadań bojowych.
Znaczna część tych urządzeń jest przeznaczona do rozpoznania i przeciwdziałania jako podsystemy WRE. Wnioskując, że w podobny sposób będzie wykorzystywał urządzenia radioelektroniczne potencjalny przeciwnik, istotnym staje się dokonanie oceny zagrożenia radioelektronicznego (RE).
Dokonać tego można w trzech płaszczyznach:

- **ilościowej** , czyli intensywności oddziaływań RE przeciwnika;
- **energetycznej**, rozumianej jako dostępność elektromagnetyczną systemu RRL dla środków rozpoznania i WRE przeciwnika;
- **czasowej**,czyli czasu reakcji systemu rozpoznania i WRE przeciwnika.

Biorąc pod uwagę bazę materialną systemu WRE potencjalnego przeciwnika , przyjmując kierunki największego zagrożenia, zgodne z założeniami rozdz.3.2.1., ze wschodu lub zachodu ocenia się [55], że będzie on w stanie (w ciągu godziny) w PSŁ DZ (w obronie w rejonie głównego wysiłku ZO):

-kierunek wschodni- rozpoznać 75-150, zlokalizować 51-150, obezwładnić 81-124 linii radiowych UKF;

- **kierunek zachodni-** rozpoznać 77-180, zlokalizować 67-75 (niepełne dane), obezwładnić 101-122 linii radiowych UKF,

we wszystkich relacjach 100% ważnych linii.

Podstawowe dane techniczne stacji zakłócających przeciwnika przedstawiono w tabeli 3.2.

Tabela 3.2.

Podstawowe dane techniczne stacji zakłócających

Nazwa	Zakres [MHz]	Moc[kW]	Typ	Szczebel
MLQ-34	20-180	3-4	naziemna	dyw.-KA
GLQ-3a	20-230	1.550	- II -	- II -
TLQ-17a	1.5-80	0.55	- II -	- II -
ALQ-99E	64-20000	30	lotnicza	KA-A-GA
R-330P	20-100	0.5	naziemna	dywizja-A
LQ 102	30-20000	kilka do kilku-set W, zasięg do 20km	NZJU	bryg.-A
T 1468	- II -			
EXJAM	- II -			
Stryszeł	20-100			

Intensywność oddziaływań RE przeciwnika definiujemy jako średni czas odstępu między zakłóceniami (t_{oz}). Wymagane jest by był on równy lub większy od średniego czasu przekazu wiadomości (t_p), czyli $(t_{oz}) > (t_p)$.

Warunkiem zakłócenia systemu łączności jest spełnienie przynajmniej trzech punktów:

1. pasmo sygnału zakłócającego musi pokrywać całkowicie lub częściowo pasmo sygnału zakłócanego;
2. sygnał zakłócający musi być odbierany przez odbiornik wraz z sygnałem zakłócanym ;
3. sygnał zakłócający musi spełnić w punkcie odbioru warunek:

$$k_z = \frac{P_z}{P_s} > k_s \qquad (3.3.20)$$

gdzie:

k_z- współczynnik zakłóceń,

k_s- współczynnik ochronny,

P_s, P_z[W]- moc sygnału użytecznego i zakłócającego mierzonych na wyjściu odbiornika,

Biorąc pod uwagę rozpatrywany model operacji, należy stwierdzić , że systemy radiotelefoniczne organizowane w strefie taktycznej są w zasięgu horyzontu radiowego zgodnie z zależnością:

$$d_h = 4.12 \cdot 10^3 (.h_s + h_z) \qquad (3.3.21)$$

gdzie:

h_s[m]- wysokość zawieszenia anteny r-stacji ;

h_z[m]- wysokość anteny stacji rozpoznawczej,

będą więc podlegać skutecznemu rozpoznaniu RE.
Jednocześnie wynika z tej zależności (przyjmując typowe wzniesienia anten rozpoznawczych), iż środki UKF znajdujące się poza strefą taktyczną (drugi rzut) nie będą narażone na oddziaływanie naziemnych systemów rozpoznania RE.

W celu określenia wielkości współczynnika zakłóceń, można zastosować proste obliczenia analityczne wychodzące z analizy zasięgów dla tras przedhoryzontowych [70].
Ponieważ stacje zakłócające wykorzystują z reguły takie same

rodzaje propagacji* wzór ten będzie miał postać:

$$k_z=\left(\frac{d_s}{d_z}\right)^2 \cdot \sqrt{\frac{P_z \cdot G_z}{P_s \cdot G_s}} \qquad (3.3.22)$$

gdzie:

P_s, P_z[W]- moc sygnału użytecznego i zakłócającego mierzonych na wyjściu odbiornika,

d_s, d_z[km}- odległość od nadajnika użytecznego i zakłócającego;

G_s, G_z[dBμ]- zyski anten.

Zależność ta przedstawia czynniki wywierające wpływ na skuteczność obezwładniania RE. Jest to jednak model uproszczony, gdyż nie uwzględnia losowego charakteru zjawisk zachodzących w kanałach radiowych, istotnych z punktu widzenia rodzaju terenu działań bojowych (zaniki i fluktuacje sygnałów) .

Uwzględnia to metodyka oparta o modele probabilistyczne, w której miarą określającą skuteczność zakłóceń jest prawdopodobieństwo zakłócenia Q_z (dopełnienie do jedności prawdopodobieństwa łączności Q), które definiujemy [70]:

---

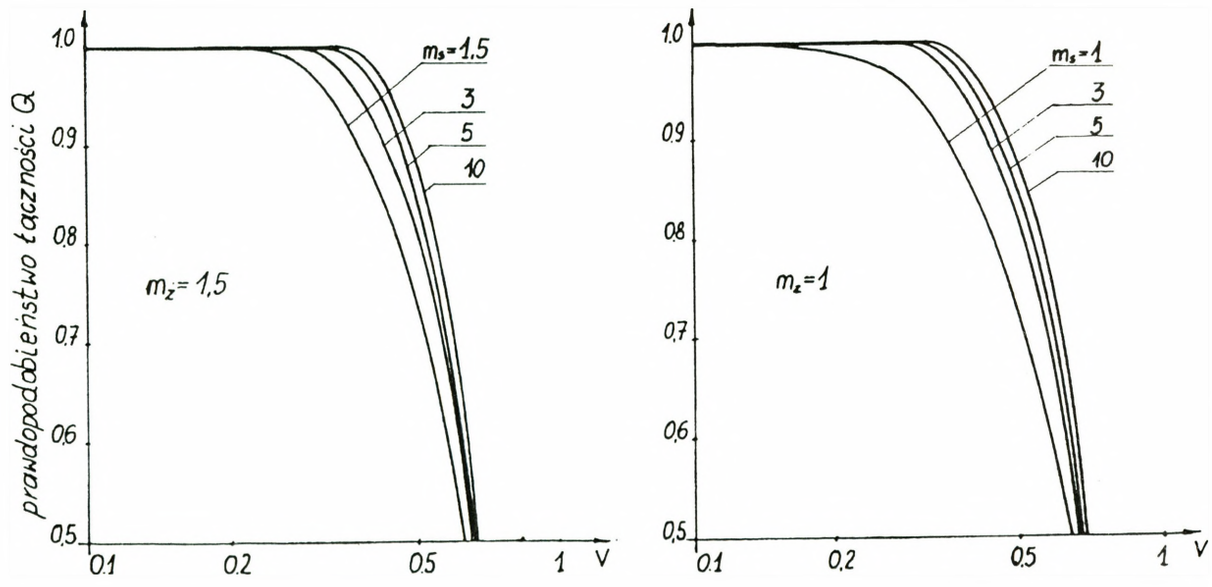
* w innych przypadkach wzór ten będzie bardziej rozbudowany (uwzględniał będzie min.wzniesienie anten)

$$Q_z = Pr\{k_s < \frac{P_z}{P_s}\} \qquad (3.3.23)$$

czyli prawdopodobieństwo, że sygnał jest słabszy od zakłócającego k_s razy (współczynnik ochronny).

Trudności z wyznaczeniem tego wskaźnika rosną w miarę wzrostu ilości uwzględnianych parametrów.

Autor dokonał komputerowych obliczeń prawdopodobieństwa łączności w funkcji odległości odbiornika od nadajnika dla różnych wartości odległości nadajnika zakłócającego, w przypadku występowania zaników sygnału (rys.3.3.3).

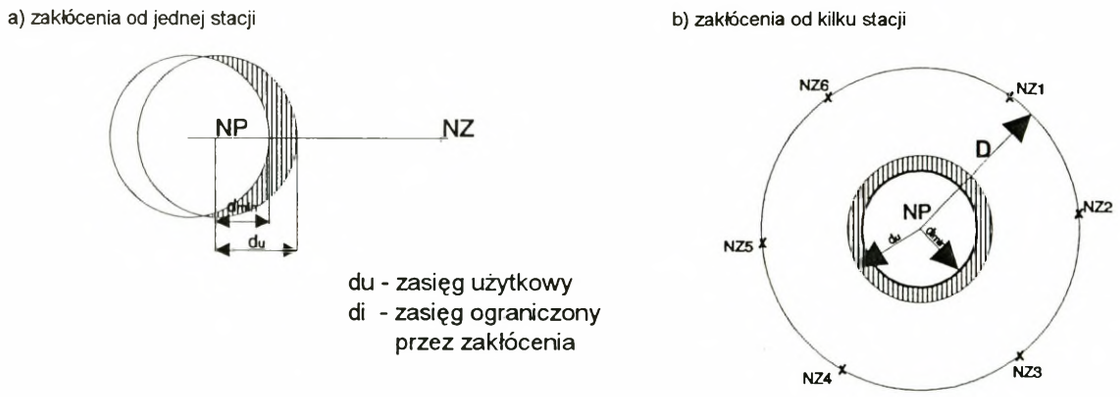


Rys.3.3.3. Prawdopodobieństwo łączności w funkcji odległości od nadajnika dla różnych odległości nadajnika zakłócajacego.

Z wykresu tego widać, iż ze wzrostem zaników sygnałów, przy stałej odległości nadajnika zkłócającego, maleje prawdopodobieństwo łączności.

Rozpatrzono także sytuację, gdy zakłócenie następuje z kilku stacji jednocześnie. Na wejściu odbiornika następuje wtedy sumowanie się sygnałów zakłócających [61].

Wychodząc z twierdzenia granicznego - suma niezależnych sygnałów o nieznanym rozkładzie ma rozkład normalny - możemy obliczyć prawdopodobieństwo łączności dla tego przypadku, co pokazano na rys.3.3.4.



Rys.3.3.4. Prawdopodobieństwo łączności przy zakłócaniu przez jeden oraz kilka nadajników

Z przeprowadzonych badań wynika, że zakłócanie stacji abonenckiej z kilku NZ nie powoduje drastycznego ograniczenia zasięgu w stosunku do zakłócania jednym NZ. Dla celów obliczeniowych wystarczy przyjąć poprawkę rzędu 10 dB. W sytuacji gdy istnieje potrzeba porównania systemów, które mają różne anteny (dookólne, kierunkowe) prawdopodobieństwo

zakłócenia można przedstawić, przy założeniu obowiązywania prawa 4 potęgi (stosunek mocy sygnałów odwrotnie proporcjonalny do czwartej potęgi odległości), w postaci [69]:

$$Q_z=\exp\{-q(d/d_o)^4/k_a\} \qquad (3.3.24)$$

gdzie:

$q=-\ln Q_o$

Q_o - zakładane prawdopodobieństwo przy odległości d_o;

k_a - współczynnik zależny od rodzaju anteny (zorientowanie w stosunku do linii styczności z przeciwnikiem),

d_o[km]- odległość od SB do abonenta zakłócanego (max=d_u);

d[km]- odległość abonenta do stacji zakłócającej.

Rozpatrywane są trzy przypadki:

1) anteny dookólne lub kierunkowe promieniujące w kierunku linii styczności;
2) anteny kierunkowe promieniujące równolegle do linii styczności
3) posiadające dodatkowe zabezpieczenia przeciwzakłóceniowe (współczynnika przód-tył anteny)

Dla tych przypadków współczynnik k_a przyjmuje wartości:

$$k_1=1 > k_2 > k_3 > 0$$

najczęściej $k_2=0.1$ a $k_3=0.003$.

Przy badaniu przyjmuje się warunek najgorszy, że abonent jest na granicy zasięgu i wtedy $d_o=d_u$.

Rozpoznanie, namierzanie i zakłócanie odbywa się w sposób zautomatyzowany (synchroniczny), co powoduje, że czas lokalizacji źródeł promieniowania jest rzędu 1 sek.

Istotną cechą systemu zakłócającego jest czas reakcji rozumiany jako czas od momentu rozpoczęcia transmisji do momentu emisji sygnału ją zakłócającego. Analiza systemów WRE przeciwnika wskazuje, że czasy te są rzędu kilku sekund do 1 minuty, w zależności od stopnia automatyzacji.

Biorąc pod uwagę średnie czasy wymiany informacji oraz konieczność stosowania dodatkowych procedur (lokalizacja abonenta, sprawdzanie jakości kanału itp.) transmisyjnych, należy stwierdzić, że są one dłuższe od czasów reakcji systemów zakłócających.

Przeprowadzona ocena zagrożenia radioelektronicznego systemu RRL nasuwa następujące wnioski:

- możliwości oddziaływania potencjalnego przeciwnika są bardzo duże,
- nasilenia tych działań należy się spodziewać (zakres UKF) głównie w strefie taktycznej,
- należy poszukiwać rozwiązań systemowych i technicznych do przeciwdziałania tym zjawiskom*,
- efekt oddziaływania przeciwnika (na 1 SA) kilkoma stacjami zakłócającymi nie pogarsza drastycznie jakości odbioru (w porównaniu z zakłóceniami od 1 NZ).

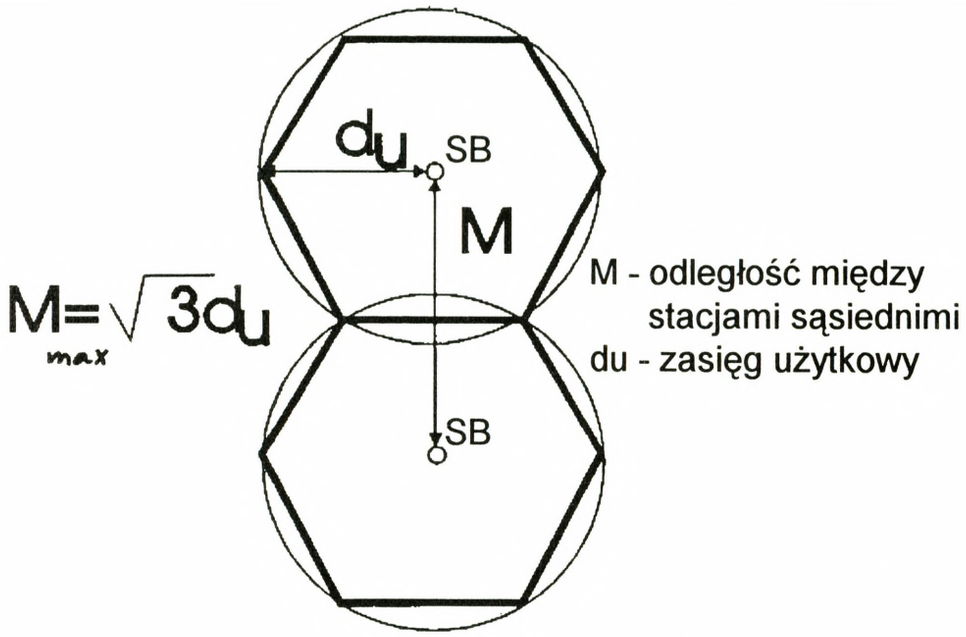
---

* propozycje zostaną przedstawione w rozdziale IV.

3.4.Ogólny model kanału radiotelefonicznego z fluktuacjami i zanikami.

W systemach wojskowych, które działają w warunkach dynamicznie zmieniającego się środowiska , wraz ze zmianą położenia wojsk, istotne znaczenie ma ciągłe planowanie (projektowanie) rozmieszczenia środków radiowych .
Uwzględnić przy tym należy , nieraz radykalnie, zmieniające się warunki propagacyjne, zależne od rodzaju terenu (głównie dla systemów RRL). I tak przegrupowanie wojsk z terenów płaskich - lekko pofałdowanych w teren miejski lub wysokich lasów drastycznie pogarsza jakość kanału radiotelefonicznego (zmniejszenie się zasięgów użytkowych).
Biorąc pod uwagę , iż najczęściej występuje sytuacja braku możliwości wstępnego (próbnego) rozmieszczenia stacji bazowych i sprawdzenia systemu (teren przyszłego rozmieszczenia zajęty przez nieprzyjaciela), istotnym problemem staje się posiadanie narzędzia do teoretycznego planowania rozmieszczenia systemu RRL.

Przy projektowaniu przestrzenno-spektralnym systemów RRL podstawowe znaczenie ma zasięg użytkowy d_u , który pozwala na wyznaczenie podstawowych parametrów modelu siatkowego. Graficzną interpretację tych parametrów pokazano na rys.3.4.1.



Rys.3.4.1.Podstawowe parametry modelu siatkowego systemu RRL

W propagacji ultrakrótkich fal przyziemnych obowiązuje na ogół prawo czwartej potęgi, zgodnie z którym zasięg użytkowy stacji nadawczej jest proporcjonalny do pierwiastka czwartego stopnia z zastępczej mocy promieniowania izotropowego [70]:

$$d_u = \left[\frac{P_n G_n G_o}{P_{omin}\, \Delta L . \Delta L_r(f)} . h_1^2 h_2^2 \right]^{1/4} \qquad (3.4.1)$$

gdzie:

P_n [W]- średnia moc na wyjściu nadajnika;

P_{omin}[μW]- czułość odbiornika;

G_n, G_o[dBμ] - zysk energetyczny anteny nadawczej i

odbiorczej;

ΔL[dB] - wsp.korekcji trasy pozahoryzontowej;

$\Delta L_r(f)$[dB] - poprawka na rozproszenie sygnału (zal.od częst.);

h_1, h_2[m] - skorygowane wzniesienie anteny nadawczej i odbiorczej;

Wyznaczenie tego zasięgu zwłaszcza w obecności fluktuacji i zaników sygnału jest niezmiernie trudne, głównie ze względu na duży poziom komplikacji modeli opisujących kanał radiotelefoniczny.

3.4.1.Modele sygnałów radiotelefonicznych

W rzeczywistych warunkach funkcjonawania systemu RRL sygnały podlegają losowym zmianą związanym z istnieniem obiektów rozpraszających, refrakcją i absorpcją oraz ruchem stacji abonenckich. Zjawiska te, a zwłaszcza wpływ obiektów rozpraszających, powodują , iż mamy do czynienia z tzw.odbiorem wielodrogowym interferujących sygnałów o różnych amplitudach i fazach. Występuje wtedy, na tle fluktuacji powolnych groźne zjawisko zaniku sygnału (powyżej 30 dB) katastrofalnie pogarszające jakość odbioru a w konsekwencji zmniejszające zasięg użytkowy stacji.

W zależności od rodzaju terenu, charakteru zjawisk oraz stopnia ich odwzorowania tworzone są różne modele sygnałów losowych - rozkłady gęstości prawdopodobieństwa.

I tak dla terenu:

A) płaskiego - rozkład normalny;

B) lekko pofałdowanego - rozkład log-normalny;

C) wielkomiejskiego,górskiego - rozkład Rayleigha, Ricea,

W przypadku metod bardziej zaawansowanych stosuje się różne kryteria dla określenia rodzaju terenu ,np. współczynnik gładkości Rayleigha [70]:

$$g=\frac{4\Pi\sigma_n\Delta}{\lambda} \qquad (3.4.2)$$

gdzie:

g - bezwymiarowy współczynnik kryterialny;

σ_n[m]- odchylenie standardowe nierówności ;

Δ - kąt padania fali,

λ[m]- długość fali.

a także metody oparte na odczycie z wykresów empirycznych, zawarte w sprawozdaniach CCIR [ ].

Przedstawione modele sygnałów nie są zbyt skomplikowane i służą do zgrubnej analizy zjawisk przy pomocy prostych metod analitycznych.

Bardziej zaawansowane, zwane czasami "rzeczywistymi", modele odzwierciedlają łączne oddziaływanie fluktuacji i zaników sygnału. Dokładność odwzorowania okupiona jest jednak wzrostem złożoności modelu a co się z tym wiąże komplikacją obliczeń (metody numeryczne).

W publikacjach na ten temat prezentowany jest model łącznego rozkładu logarytmiczno-normalnego i Rayleigha (L+R), który odzwierciedla kanał radiowy z zanikami (o stałej głębokości) i fluktuacjami powolnymi [27]:

$$f_{L+R}(s) = \frac{}{\sqrt{2\Pi\sigma^2}} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{s}{\bar{s}^2} \exp\left[- \frac{s^2}{2\bar{s}^2} \right] \cdot \qquad (3.4.3)$$

$$\exp\left[- \frac{(\bar{s}_d - m_d)^2}{2\sigma^2} \right] ds_d$$

gdzie:

s - obwiednia odbieranego sygnału;

s_d - $20\log_{10} s$;

$\bar{s}$ - lokalna wartość średnia s;

$\bar{s}_d$ - $20\log_{10} s_d$;

m_d - obszarowa wartość srednia s_d;

σ [dB]- odchylenie standardowe rozkładu normalnego s.

Mimo dużych zalet model ten charakteryzuje tylko środowisko o stałej głębokości zaników (Rayleigha).

W trakcie analizy tego problemu autor podjął próbę budowy i obliczenia podstawowych wskaźników uogólnionego modelu , który pozwalałby na analizę szerokiej gamy kanałów radiotelefonicznych (zależnych min.od rodzaju terenu).

3.4.2.Uogólniony model kanału radiotelefonicznego

Jako najbardziej odwzorowujący zjawiska w kanale radiowym przyjęto model łącznego rozkładu log-normalny plus Nakagami (L+N). Gęstość prawdopodobieństwa takiego modelu przedstawia funkcja:

$$f_{L+N}(s)=\frac{s^{(2m_z-1)}}{\sqrt{2\Pi\sigma^2}\,\Gamma(m_z)}\int_{-\infty}^{\infty}\exp\left[-\frac{(s_d-m_d)^2}{2\sigma^2}\right]\cdot \qquad (3.3.4)$$

$$\cdot\exp\left[-\frac{m_z s^2}{2\cdot 10^{sd/10}}\right]\cdot\left[\frac{m_z s^2}{2\cdot 10^{sd/10}}\right]^{m_z} ds_d$$

gdzie:

s - obwiednia odbieranego sygnału;

s_d- $20\log_{10}s$;

$\bar{s}$ - lokalna wartość średnia s;

$\bar{s}_d$- $20\log_{10}s_d$;

m_d- obszarowa wartość srednia s_d;

σ - odchylenie standardowe rozkładu normalnego s.

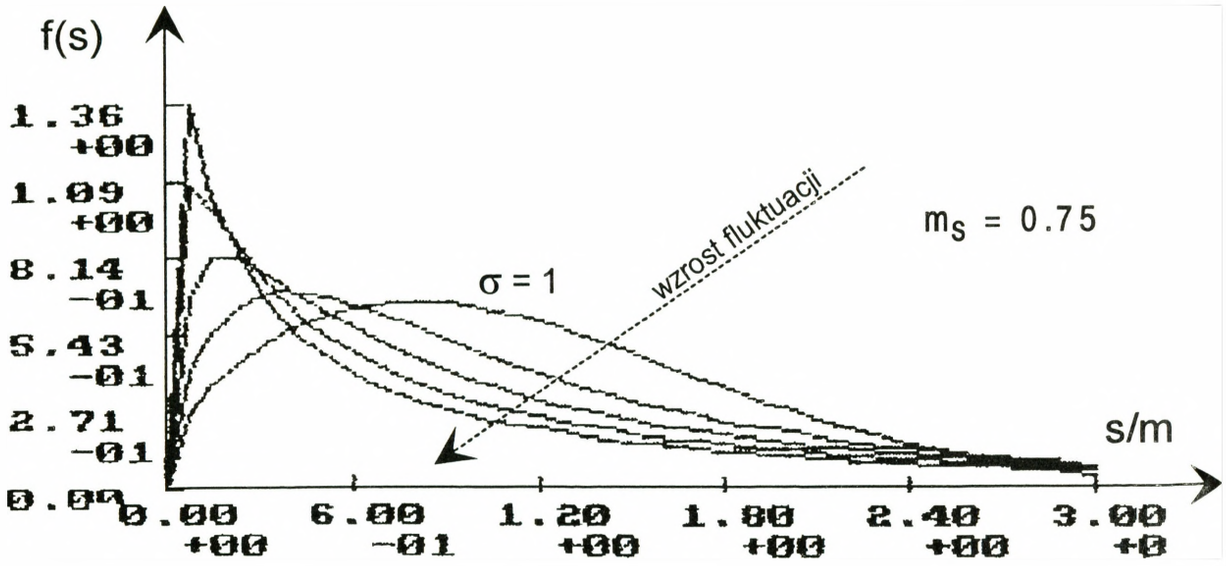
m_z- współczynnik głębokości zaników

Przedstawiona postać funkcji nie pozwala na dokonanie obliczeń metodami analitycznymi. Analizujac różne metody numerycznych obliczeń tego typu równań (metoda Monte Carllo) autor zastosował metodę 16 punktowej kwadratury Gaussa.

Uniwersalność tego modelu polega na tym , że w zależności od wielkości przyjętych parametrów m_s (miara odwrotności głębokości zaników) i σ (miara głębokości fluktuacji) może on odwzorować szeroką skalę sygnałów radiotelefonicznych (rodzaj terenu).

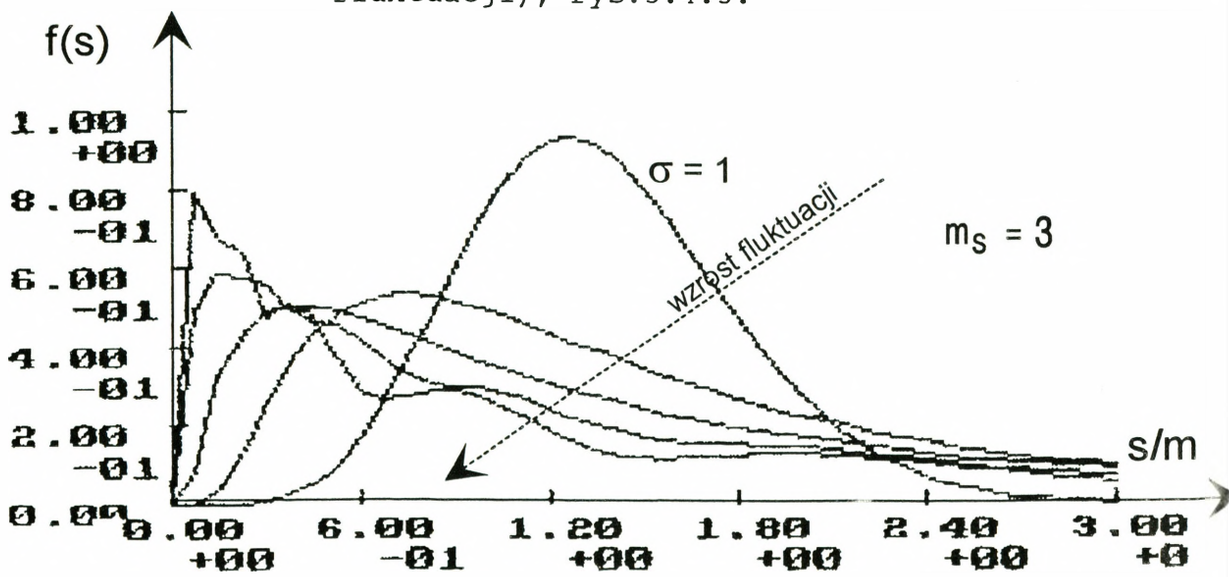
I tak dla:

- m_s=0.75 - mamy model sygnału z fluktuacjami lognormalnymi i zanikami większymi niż Rayleigha (teren b.mocno zurbanizowany, górzysty)(rys.3.4.2);



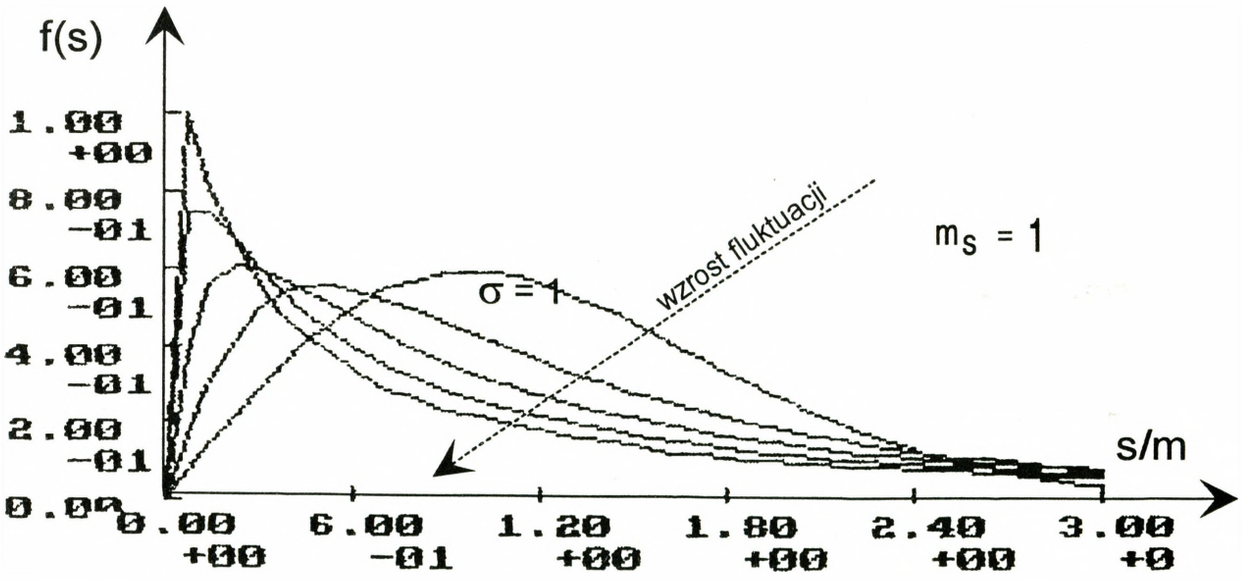
Rys.3.4.2.Gestość p-stwa rozkładu L+N

- $m_s>1$,$\sigma=1$ - w miarę wzrostu m_s(2,3,..6..) funkcja zbliża się do rozkładu normalnego (bez zaników i fluktuacji), rys.3.4.3.



Rys.3.4.3.Gestość p-stwa rozkładu L+N

Dokonując weryfikacji przyjętej metody porównano uzyskane wyniki z obliczeniami dokonanymi przez Frentcha[27]. Dla wartości głębokości zaników m_s=1 rozkład L+N (rys. 3.4.4.) powinien być zgodny z rozkładem L+R.



Rys.3.4.4.Gestość p-stwa rozkładów L+N

Porównanie wyników uzyskanych przez autora z obliczeniami dokonanymi innymi metodami pozwala wnioskować o poprawności dokonanych obliczeń.

Należy zaznaczyć, że w dostępnych materiałach nie znaleziono dotychczas rozwiązań opartych o model L+N, co wskazywołoby na oryginalność tych rozwiązań.

W załączniku 9 przedstawiono program komputerowy, wykorzystany do obliczeń w oparciu o model L+N.

3.4.3.Projektowanie systemów RRL w terenie przyszłych działań.

Złożoność problemu, a także fakt, że nie jest to główny cel pracy ,nie pozwoliło autorowi na dokonanie (umieszczenie w pracy) wszystkich obliczeń wskaźników , przedstawionego wyżej modelu, niezbędnych do scharakteryzowania jakości kanału radiotelefonicznego (np.p-stwo łączności,p-stwo błędu elementowego). Wykonanie dalszych prac i badań , umożliwi zdaniem autora, wykorzystanie zaproponowanego modelu do projektowania systemów RRL.*

Należy sądzić, że można wyznaczyć przy pomocy komputerowej mapy terenu , obrazującej wzniesienia obiektów, terenu, gęstość lasów itp., współczynnik głębokości zaników - zależny od morfologii terenu (mapa hipotetycznych zaników) . Wykorzystanie tych współczynników w wyżej prezentowanym modelu pozwoliłoby na wstępne zaprojektowanie (przy pomocy komputera) przestrzennej struktury systemu w terenie (np.terenie przyszłych działań). Na rysunku 3.4.6 pokazano przykład naniesionych na mapę terenu współczynników i wstępne rozmieszczenie stacji bazowych systemu RRL DZ.

---

* przykład służy do zobrazowania możliwości wykorzystania modelu



Rys.3.4.6.Rozmieszczenie komórek w zależności od współczynników zaniku (i fluktuacji)

3.5.MODEL SYMULACYJNY OCENY EFEKTYWNOŚCI SYSTEMÓW RRL DZ

3.5.1.Wprowadzenie

Metoda symulacji komputerowej, mimo posiadania niewątpliwych zalet, wymaga uwzględnienia wymogów związanych z efektywnościa jej stosowania. Ujmowanie zbyt wielu szczegółów może prowadzić do obniżenia efektywności badania, a nawet uniemożliwić osiągniecie zamierzonego celu. Wynika stąd potrzeba eliminowania z opisu systemu tych elementów i relacji, które - z punktu widzenia celu badań - nie wykazują istotnego wpływu na jego właściwości.

Realizuje się to najczęściej poprzez wprowadzenie w opisie modelu symulacyjnego pewnych ograniczeń, wynikających z przyjętego celu.

Celem modelowania z wykorzystaniem symulacji komputerowej jest, zgodnie z koncepcją rozprawy, ocena efektywności wariantów systemów RRL.

Opracowany model symulacyjny, nowoczesnych systemów RRL, nie może być wykorzystany do oceny obecnie eksploatowanego systemu radiotelefonicznego, ze względu na znaczną różnice w charakterze zjawisk zachodzących w tych systemach.

Ocena porównawcza obecnie ekspoloatowanego systemu radiotelefonicznego zostanie przeprowadzona przy pomocy innych dostępnych metod w rozdz.IV

(min. z wykorzystaniem cząstkowych modeli analitycznych).

3.5.2.Identyfikacja procesów informacyjnych w systemach RRL

Istotnym, z punktu widzenia oceny systemu RRL, jest problem znajomości jakościowych oraz ilościowych charakterystyk strumieni zapotrzebowań informacyjnych.
Zmienność położenia abonentów powoduje, że w systemach RRL obserwujemy (oprócz zmienności w czasie obciążenia informacyjnego) nie spotykaną w innych, zmienność w przestrzeni.
O rzeczywistej wielkości obciążenia informacyjnego, w systemach RRL, decyduje nie tylko skala i charakter potrzeb jego użytkowników. Niezmiernie ważnym, jest stopień dapasowania do tych potrzeb struktury technicznej i przyjętych rozwiązań funkcjonalnych oraz czynniki zewnętrzne- niezależne od systemu.
W automatycznych systemach RRL połaczenia są realizowane według procedury (off air setup) "bez zajmowania widma", gdyż analiza stanu sieci i adresata są dokonywane przed zajętością kanału.
Dlatego w badaniach, jako obciążenie dla kanałów rozmównych przyjmujemy obok wywołań skutecznych tylko te wywołania nieskuteczne, których obsługa została przerwana.
Trudności w wyznaczeniu danych ruchowych w systemach RRL są spowodowane szeregiem obiektywnych przyczyn, do których należą min.:

- zmienność rozmieszczenia w czasie i przestrzeni nie tylko źródeł i ujść wiadomości, ale również pozostałych elementów systemu;

- gwałtowne zmiany wielkości potrzeb informacyjnych;
- brak konwencjonalnej godziny największego ruchy (GNR);
- ograniczenia w uzyskiwaniu wiarygodnych danych empirycznych o przebiegu procesów informacyjnych w systemie.

Mimo tych ograniczeń autor pracy, wykorzystując analizę literatury [72] i wyniki badań symulacyjnych przedstawionych w [13], oraz z ćwiczeń [55], przyjął następujące założenia, przy określeniu wielkości procesów informacyjnych :

- system działa w warunkach statycznych tzn.abonenci nie zmieniają SB w trakcie badania,
- czasy związane z lokalizacją, rejestracją i poszukiwaniem abonenta są pomijalnie małe w porównaniu z czasem trwania rozmowy,
- pojedyńczy niezajęty abonent generuje strumień wywołań o rozkładzie wykładniczym,
- sieć stacji bazowych ma strukturę siatki regularnej o parametrach zapewniających kompatybilność wewnętrzną systemu.

Do określenia zapotrzebowań informacyjnych przyjęto, że - podobnie jak w systemach RITA czy SCRA [70] - systemy RRL będą wypierały radiostacje UKF (osobiste).

W załaczniku nr 4 przedstawiono tabelę, kierunków i sieci, radiowych i radiotelefonicznych (zakres UKF) organizowanych w DZ wraz z ich przepustowościami eksploatacyjnymi i ilością przesyłanych informacji, oraz ich wartości średnie.

Można obliczyć średni czas przekazywania informacji (1,6 min), oraz biorąc pod uwagę dane, zawarte w tabeli

nr 3.4.[62], dotyczące przeliczania na standardowe znaki, słowa (grupy), depesze (telegramy, kodogramy) w różnych jednostkach czasu (słów/s, słów/min, depesz/s, depesz/h itd.)

Tabela 3.4.

Rodzaj łączności	KE	CE [słów/s]
Telegraf ręczny (50 bit/s)	0.25*	0.4**
Telegraf automatyczny	0.5	0.8**
Transmisja danych (1200 bit/s)	0.8 - 1.0	10.0 - 20.0***
Telefon	0.2 - 0.6*	0.4
Telekopia, telefaks (kanał akustyczny)	0.25	0.4

Uwagi:
* - zależy od kwalifikacji operatora, kategorii abonentów i systemu (protokołu) obsługi;
** - dla kodu pięcioelementowego;
*** - dla Kpr = 0.5 - 0.75 i kodu ośmioelementowego

można wyznaczyć np.dla łączności telefonicznej intensywność wywołań dla danej relacji.

Porównanie danych zawartych w opracowaniach [72] (badania empiryczne) oraz [55],[13], pozwoliło na przyjęcie, zdaniem autora, racjonalnych wielkości charakterystyk informacyjnych, istotnych z punktu widzenia badań symulacyjnych. Dane te przedstawiono w rozdz.IV.

3.5.3.Opis modelu symulacyjnego

Jak wspomniano powyżej, system RRL charakteryzuje się dużym stopniem złożoności. Ocena tego typu systemów wymaga dysponowania dostatecznie dokładnymi i efektywnymi modelami. W zależności od celu badania oraz dostępnych metod, tworzone są różne modele tego samego systemu. Dokładność tych modeli narzuca konieczność uwzględniania znacznej ilości parametrów systemu, które nierzadko są zmiennymi losowymi. Sprawia to, iż badanie niektórych z nich jest możliwe jedynie przy pomocy komputera, głównie metodą symulacji komputerowej.
Model systemu RRL możemy przedstawić w postaci [13]:

$$M_{RRL} = \langle L(t), Z(t), W(t), \phi(t) \rangle : t \in T$$

gdzie: L(t) - model sieci;
Z(t) - model otoczenia;
W(t) - model funkcjonowania;
$\phi(t)$ - relacje zachodzące pomiędzy elementami modelu;
T - zbiór kolejnych chwil działania systemu.

Model sieci RRL.

W celu odwzorowania działania sieci w kolejnych chwilach konieczne jest określenie struktury i parametrów, rodzaju i zakresu oddziaływania zewnętrznych czynników

wymuszających, rodzaju realizowanych zapotrzebowań informacyjnych oraz mechanizmów prowadzących do zmiany struktury systemu.

Strukturę sieci można określić w postaci:

$$\mathbf{L(t) = <G(t), F(t), E(t)>}$$

gdzie: G(t) - graf sieci;

F(t) - jest funkcją wyznaczającą cechy sieci;

E(t) - jest funkcją wyznaczającą cechy kanału radiowego.

Graf sieci:

$$\mathbf{G(t) = <Q(t), U(t)>}$$

gdzie: Q(t) - zbiór reprezentujący stacje abonenckie, bazowe i centrale obszarowe, $t \in T$;

U(t) - zbiór reprezentujący dupleksowe kanały radiowe i połączenia telekomunikacyjne SB z centralami obszarowymi, $t \in T$.

Funkcja wyznaczjąca cechy sieci:

$$\mathbf{F(t) = <F_a(t), F_b(t)>}$$

gdzie: $F_a(t)$ - jest zbiorem funkcji wyznaczającej cechy stacji abonenckich, bazowych i central obszarowych, $t \in T$;

$F_b(t)$ - jest zbiorem funkcji wyznaczjącej cechy dupleksowych kanałów radiowych i połączeń

telekomunikacyjnych SB z centralami obszarowymi, t∈T.

Model otoczenia

Niech będzie dany zbiór czynników zewnętrznych oddziaływujących na pracę systemu łączności takich, że[13]:

$$Z_i(t):i\varepsilon Y_p(t) \text{ i } Z_j(t):j\varepsilon J_d(t)$$

gdzie: $Z_i(t)$ - jest procesem stochastycznym reprezentującym strumień obciążenia kanałów (strumień transmitowanych informacji) wraz z jego parametrami;

$Z_j(t)$ - jest procesem stochastycznym reprezentującym j-ty czynnik oddziałujący w sposób destrukcyjny na normalną pracę sieci radiowej, wraz z jego charakterystykami (miejsce, czas i zakres oddziaływania);

J_d - jast zbiorem numerów uwzględnianych czynników.

W dowolnej chwili czasu t∈T otoczenie RRL znajduje się w stanie $S^t_z \in \mathbf{S}^t_z$. Jest on chwilową realizacją procesów stochastycznych występujących w opisie otoczenia. Zmiany stanu wynikają przede wszystkim z charakteru procesów w nim zachodzących, związanych z zajmowaniem i zwalnianiem kanałów (strumień informacji), pojawianiem się zakłóceń, zaników i fluktuacji, zmian warunków propagacji, zmian warunków terenowych, uszkodzeń.

Zadaniem RRL jest transmisja różnego rodzaju wiadomości przy ustalonych wymaganiach jakościowych określonych przez użytkownika.
Zadanie to jest wykonywane przy wykorzystaniu dostępnych kanałów sieci z uwzględnieniem stanu elementów systemu, zakresu oraz stopnia pilności i aktualności potrzeb informacyjnych abonentów systemu łączności.

Model funkcjonowania systemu RRL

Zadania systemu RRL wynikają z potrzeby przekazania różnego rodzaju wiadomości przy ustalonych wymaganiach jakościowych określonych przez użytkownika.Są one wykonywane przy wykorzystaniu określonych reguł wykrywania i obsługi wywołań z uwzględnieniem stanu elementów systemu, zakresu oraz stopnia pilności i aktualności potrzeb informacyjnych abonentów. Funkcjonowanie systemu jest związane z realizacją określonych działań A, w ramach przyjętych reguł sterowania P, obejmujących badanie i zmianę stanu elementów systemu R, analizę parametrów chwilowych charakterystyk działań.
Stosując zasady przekształceń tożsamościowych można przejść do schematu logicznego algorytmu funkcjonowania systemu łączności. Schemat ten odwzorowuje warunki oraz kolejność wykonywania działań od chwili pojawienia się np. zapotrzebowania na wymianę informacji, aż do chwili zaspokojenia potrzeb informacyjnych użytkowników systemu łączności radiotelefonicznej.

Model funkcjonowania RRL może być przedstawiony w

postaci[a]:

$$W(t) = \langle D, P, p^t, SLA \rangle$$

gdzie:

$D = (A_j: j = 0,K)$ - jest zbiorem działań , A_o działaniem początkowym (inicjacją), zaś A_k działaniem końcowym (stopu);

$P = (P_z: z = 1,N)$ - jest zbiorem warunków logicznych, N - liczba warunków;

p^t - zbiór funkcji określających mechanizm zmian stanów sieci, zmian wartości logicznych zbioru warunków P oraz zmiany charakterystyk działań wykonywanych w sieci;

SLA - schemat logiczny algorytmu.

Związki między modelami

Relacje zachodzące między modelem sieci, modelem jej funkcjonowania oraz modelem otoczenia, wyznacza zbiór funkcji[13]:

$$\Phi(t) = \langle \varphi^t_H , \varphi^t_p, \varphi^t_A \rangle: t \in T$$

gdzie: Φ^t_H - jest funkcją określającą mechanizm zmian stanów sieci;

φ^t_p - określa zmiany wartości logicznych zbioru warunków P;

φ^t_A - wyznacza zmiany charakterystyk działań

zachodzących w sieci

Z powyższego wynika, że funkcjonowanie RRL jest realizacją określonych działań, w ramach przyjętych reguł sterowania, obejmujących zmianę stanów elementów sieci.

Model matematyczny jest wynikiem, formalizacji struktury i procesów zachodzących w analizowanym systemie.Ponieważ budowa systemu łączności nie jest celem samym w sobie lecz wynika z potrzeby zapewnienia wymiany wiadomości między organami dowodzenia, model systemu łaczności powinien odzwierciedlać zarówno właściwości samego systemu, jak i procesów , które są celem jego funkcjonowania.

Badaniu poddane zostaną warianty systemu RRL DZ, których szczegółowy opis przedstawiony zostanie w rozdziale IV-tym.

Dla badanych wariantów wielkościami stałymi są:

- wielkość strefy taktycznej,
- ilość abonentów systemu RRL, a zmiennymi generacja zgłoszeń, czas trwania rozmowy, czas dezaktualizacji, czas między zakłóceniami i uszkodzeniami itd.).

Ilość SB, ilość kanałów rozmównych są stałe dla badanego wariantu. Stacje bazowe są połączone ze sobą liniami radiowymi lub telefonicznymi, umożliwiającymi realizację połączeń między abonentami znajdującymi się w różnych strefach (SB). Abonent chcący zrealizować połączenie musi posiadać dostęp do jednego z kanałów danej komórki w celu przekazania danych o wywołaniu. Oprócz tego, warunkiem

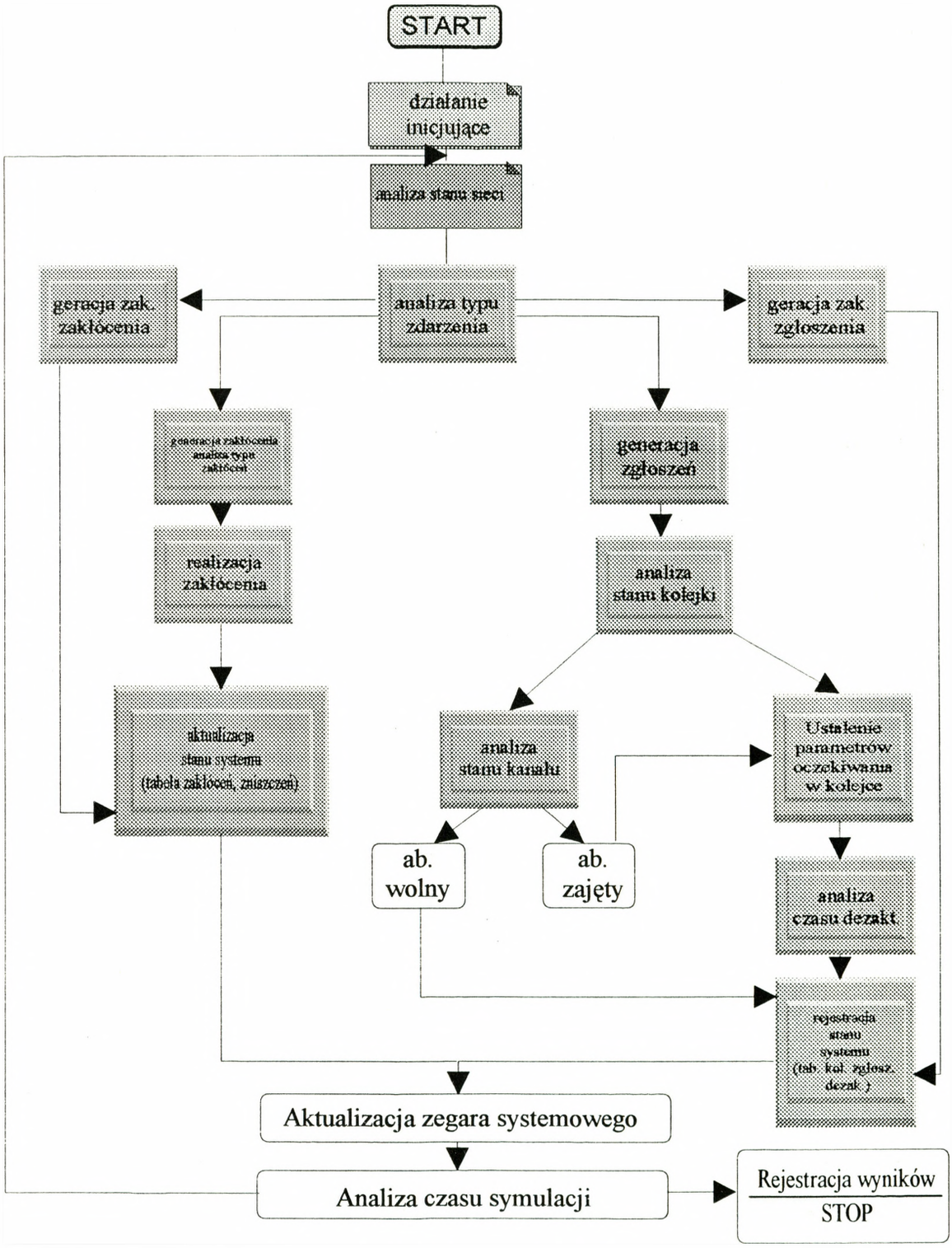
niezbędnym realizacji połączenia jest istnienie wolnego kanału w strefie abonenta wywoływanego, a także jego osiągalość (zajętość, zniszczenie, uszkodzenie).

W modelu uwzględniono oddziaływanie czynników destrukcyjnych takich jak: zakłócenia i zniszczenia. Analizując charakter tych czynników, zbadano wpływ ich zmian na wskaźniki efektywności systemu.

Przy tworzeniu modelu symulacyjnego przyjęto dodatkowo następujące założenia i uproszczenia:

- dla danego wariantu stacje bazowe są tego samego typu i posiadają C kanałów rozmównych,
- wszystkie stacje abonenckie są tego samego typu,
- nie uwzględnia się wpływu zmiennej jakości transmisji na obsługę wywołań abonentów,
- każda pojedyńcza stacja abonencka może być źródłem lub adresatem wywołania,
- obsługa wszystkich wywołań odbywa się wyłącznie za pośrednictwem SB,
- wpływ zakłóceń i zniszczeń jest związany z odległością oraz zastosowanym w danym wariancie rodzajem anten.

Funkcjonowanie tak opisanego systemu odwzorowaliśmy w postaci schematu logicznego algorytmu. Blokową postać algorytmu przedstawiono na rys 3.5.1., a w załączniku nr 6 przedstawiono program komputerowy w języku Turbo Paskal.



Rys.3.5.1.Ogólny algorytm symulacji systemu RRL.

Załącznik nr 8 przedstawia niektóre wyniki modelowania, w postaci tabel. Zostały one opracowane na podstawie wydruków, których objętość uniemożliwia zamieszczenie ich w pracy.

Opracowując model symulacyjny, istotnym problemem jest weryfikacja jego funkcjonowania. Do tego celu pożądane jest dysponowaniem choćby jednym wariantem działania systemu rzeczywistego (wraz z dostępnymi danymi) [16].

W przypadku braku takiego wariantu, zwłaszcza w systemach wojskowych, weryfikacja ogranicza się do sprawdzenia realności przyjętych założeń, ograniczeń i uproszczeń.

W ramach weryfikacji sprawdza się także poprawność reagowania modelu na zmiany wartości parametrów i danych wejściowych.

Ocena adekwatności, polegajaca na sprawdzeniu zbieżności zachowania się modelu i systemu rzeczywistego, sprowadza się do oceny, czy wyniki eksperymentu symulacyjnego mieszczą się w granicach realności i oczekiwań użytkownika.

R O Z D Z I A Ł IV

OCENA EFEKTYWNOŚCI WARIANTÓW SYSTEMÓW RRL ZO

4.1.ZDEFINIOWANIE WARIANTÓW SYSTEMÓW RRL ZO (warianty organizacyjne i funkcjonalne)

4.1.1.Analiza obecnie eksploatowanego systemu łączności radiotelefonicznej (wariant I)

Eksploatowany obecnie system radiotelefoniczny oparty na radiotelefonach typu K-1 pozwala na organizowanie łączności w następujących relacjach:

- bezpośrednio między abonentami;
- z wykorzystaniem radiotelefonu jako stacji retranslacyjnej tzw. mała lub duża stacja przekaźnikowa;
- z wykorzystaniem radiotelefonu w celu wejścia w inne systemy łączności.

Nawiązanie łączności opiera się na znajomości częstotliwości roboczej i zapasowej, które przydzielane są ze zbioru 100 nr. fal, przy pracy simpleksowej i 50 par przy dupleksie. Zakres częstotliwości pracy mieści się w dwóch pasmach: 75,275-77,725 MHZ i 85,075-87,525 MHz. Przy mocy wyjściowej 20 W zasięg użytkowy wynosi 30 km.

Na szczeblu DZ organizuje się relacje łączności, które wraz z niektórymi parametrami systemowymi, przedstawiono w załączniku nr 4.

4.1.2.System RRL - opracowywany (wariant II)

Nowoczesne systemy radiotelefoniczne spełniają znaczącą rolę w systemie łączności wojskowej państw zachodnich. Ich organizacja oparta jest na tzw.komórkowej budowie w pełni zautomatyzowanych systemów.

Prace badawcze nad tego typu systemami prowadzone są także w naszym kraju. Przedstawione poniżej dane oparte są na sprawozdaniu z tych badań [49].

Typowy system RRL składa się z:

- stacji abonenckich (SA), po 30 abonentów na jedną SB;
- stacji bazowych (SB), o zasięgu powyżej 20 km;
- central radiowych (CR);
- centrum zarządzania systemem, i pracującej w zakresie częstotliwości 80-120 MHz z odstępem dupleksowym 10 MHz, oraz szybkością transmisji 16 lub 32kb/s. System ten powinien pozwalać na zorganizowanie autonomicznych, dupleksowych sieci i kierunków radiowych oraz dostępu swoim abonentom do:
- polowej sieci radioliniowo-przewodowej;
- garnizonowej sieci łączności;
- terminali satelitarnych, r-stacji KF/UKF;
- innych systemów cyfrowych lub analogowych.

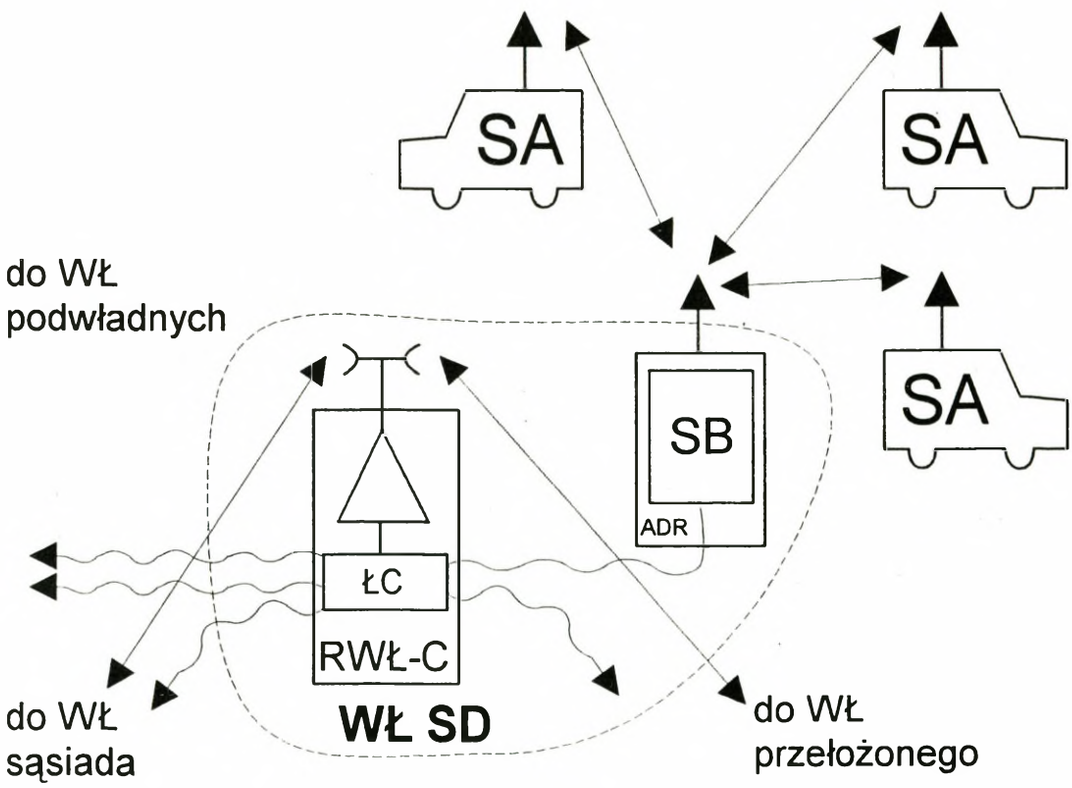
Zakładamy, że SB i CR znajdują się w jednej aparatowni łączności (ADR).

Zgodnie z przedstawionymi w rozdziale 3 założeniami system RRL jest częścią składową (podsystemem) SŁP ZO.

W ramach tego systemu może on funkcjonować w dwóch wariantach strukturalnych [49]:

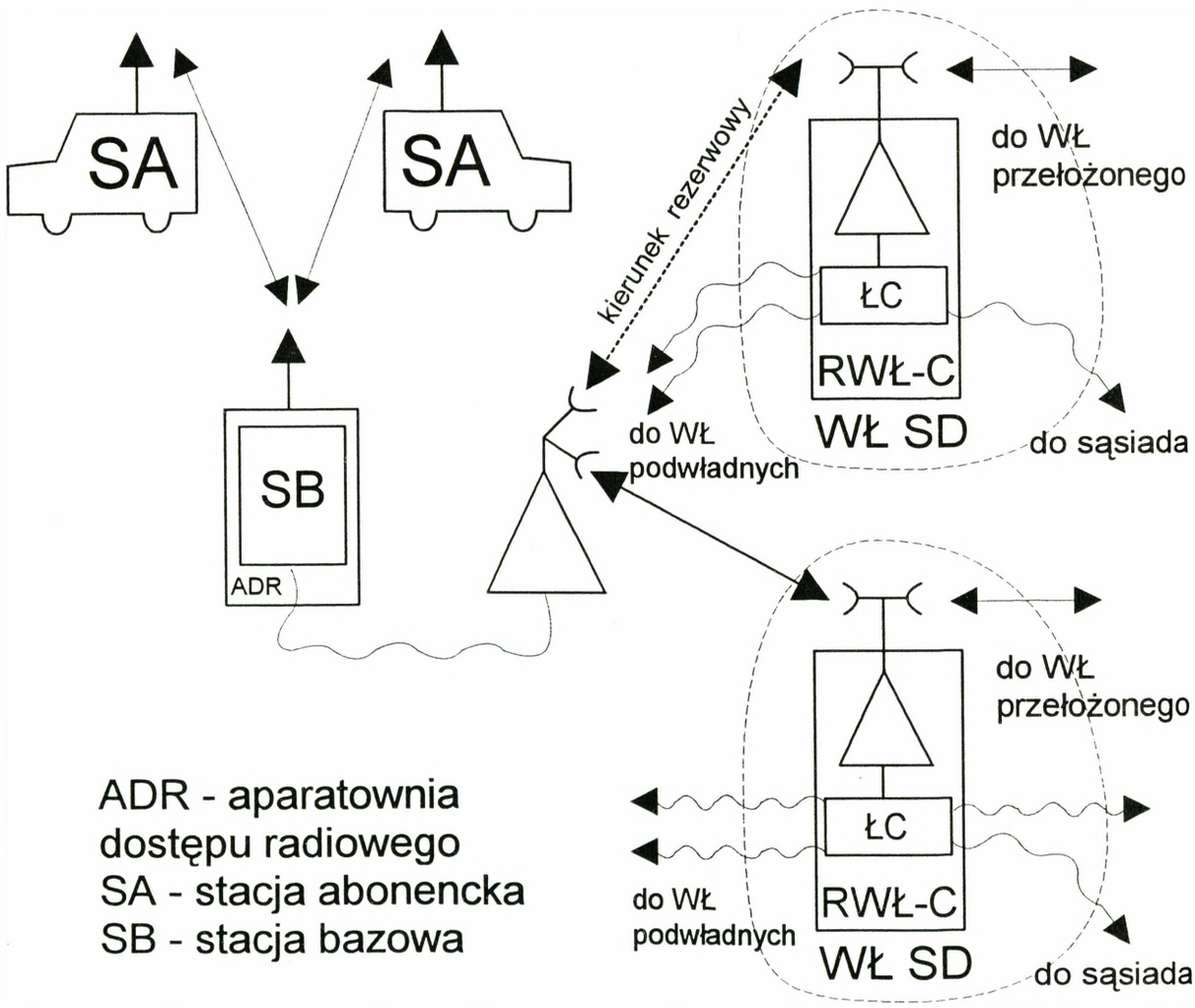
W A R I A N T IIA.

W wariancie tym SB rozwijana jest w ramach węzła łączności punktu dowodzenia. Położenie jej oraz wszelkie parametry związane np. z mobilnością, zakłócaniem, są uzależnione od parametrów elementów węzła łączności. Na rys.4.1.1. przedstawiono wariant rozwinięcia SB w ramach WŁ.



Rys.4.1.1.Struktura systemu RRL DZ (wariant IIA)

W A R I A N T IIB - SB rozwijana jest w zależności od wymagań na pokrycie zasięgiem RRL ugrupowania bojowego DZ. Strukturę tego systemu przedstawiono na rys.4.1.2.



Rys.4.1.2.Struktura systemu RRL DZ (wariant IIB)

Obydwa warianty posiadają charakterystyczne cechy, które przedstawiono w tabeli 4.1.

TABELA 4.1.

Cechy wariantów IIA i IIB

Cecha(wada)	I WARIANT IIA	WARIANT IIB
Rozpoznanie	rozpoznanie miejsca rozmieszczenia SB jest równoznaczne z identyfikacją punktu dowodze-nia (ugrupowania bojo-wego)	rozpoznanie miejsca rozmieszczenia SB nie prowadzi do demaskowania punktu dowodzenia (ugrupowania bojowego)
Pokrycie terenu działania	pokrycie zależne od rozmieszczenia stanowisk dowodzenia	pokrycie całego obszaru działania
Elastyczność	mała	duża
Złożoność (eksploat., zarządzanie, ochrona i obrona)	mniejsza	większa

Ponieważ wariant drugi eliminuje podstawowe wady systemowe pierwszego, przyjęto [ ] go jako rozwiązanie preferowane. Zwłaszcza brak pokrycia terenu działania oraz rozpoznanie jest niezwykle istotne, gdyż w systemie RRL wymagana jest ciągła praca SB (promieniowanie) w celu śledzenia, rejestrowania i łączenia abonentów.

Na rys.4.1.3. przedstawiono uproszczony model wariantu IIB w strefie taktycznej.

Rys. 4.1.3. Model systemu RRL DZ - wariant IIB

4.1.3.System perspektywiczny (wariant III)

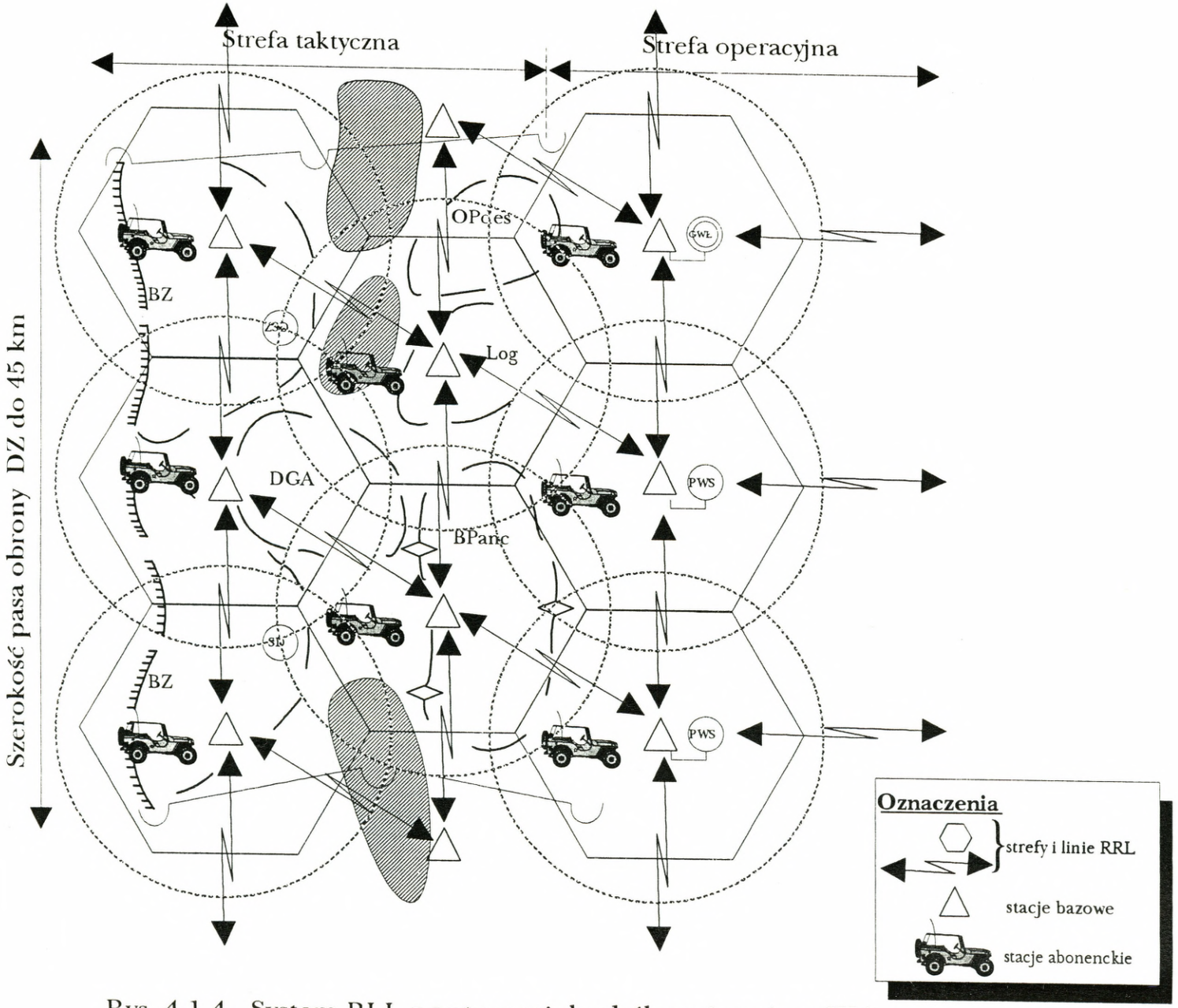
Jako system perspektywiczny, biorąc pod uwagę przedstawione w rozdziale pierwszym tendencje (nasza integracja z NATO, nowoczesność systemów), a także sprawdzenie się tego systemu w realnych warunkach wojennych [6] przyjęto system MSE. Podstawowe dane o systemie przedstawiono w rozdziale I.

W załaczniku nr 7 i 5 przedstawiono podstawowe parametry rozpatrywanych wariantów oraz brytyjskiego SCRA.

System zaawansowany MSE przedstawimy w dwóch wariantach, różniących się głównie rodzajem stosowanych anten. W pierwszym przypadku system posiada anteny o promieniowaniu dookólnym. Stosowany do obliczeń współczynnnik kierunkowości (patrz wzór 3.3.16) k_a=1, przy czym współczynnik ten charakteryzuje promieniowanie względem linii styczności z przeciwnikiem (kierunek nadajnika zakłócającego).

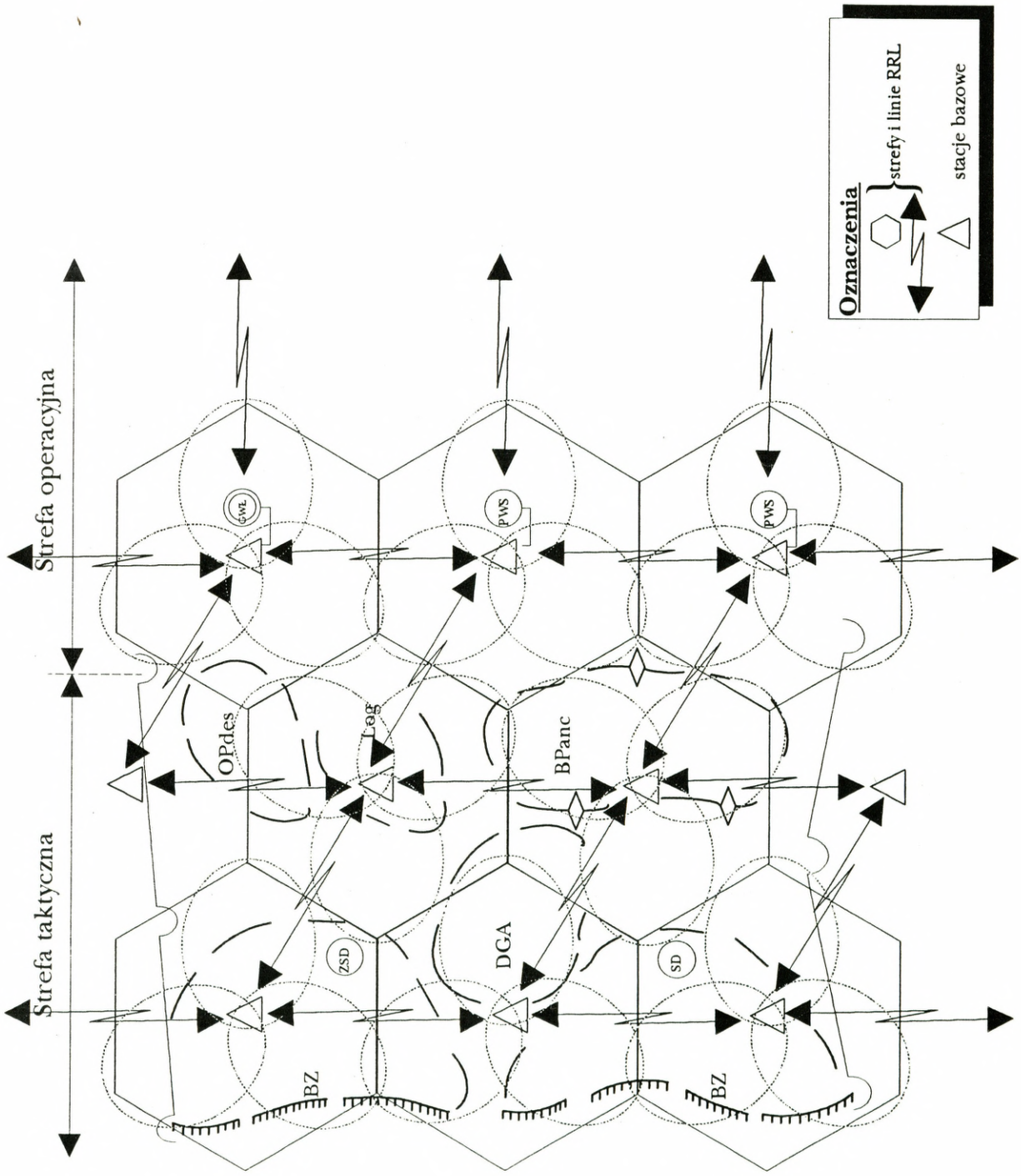
W przypadku anten kierunkowych, ich ustawienie jest zorientowane w maksymalny (możliwy) sposób wzdłuż linii styczności. Współczynnik k_a przyjmuje wtedy wartość 0.1 .

Wariant IIIA - system z antenami dookólnymi został przedstawiony na rys.4.1.4



Rys. 4.1.4. System RLL z antenami dookólnymi wariant IIIA

Wariant IIIB - system MSE z antenami kierunkowymi przedstawia rys.4.1.5.



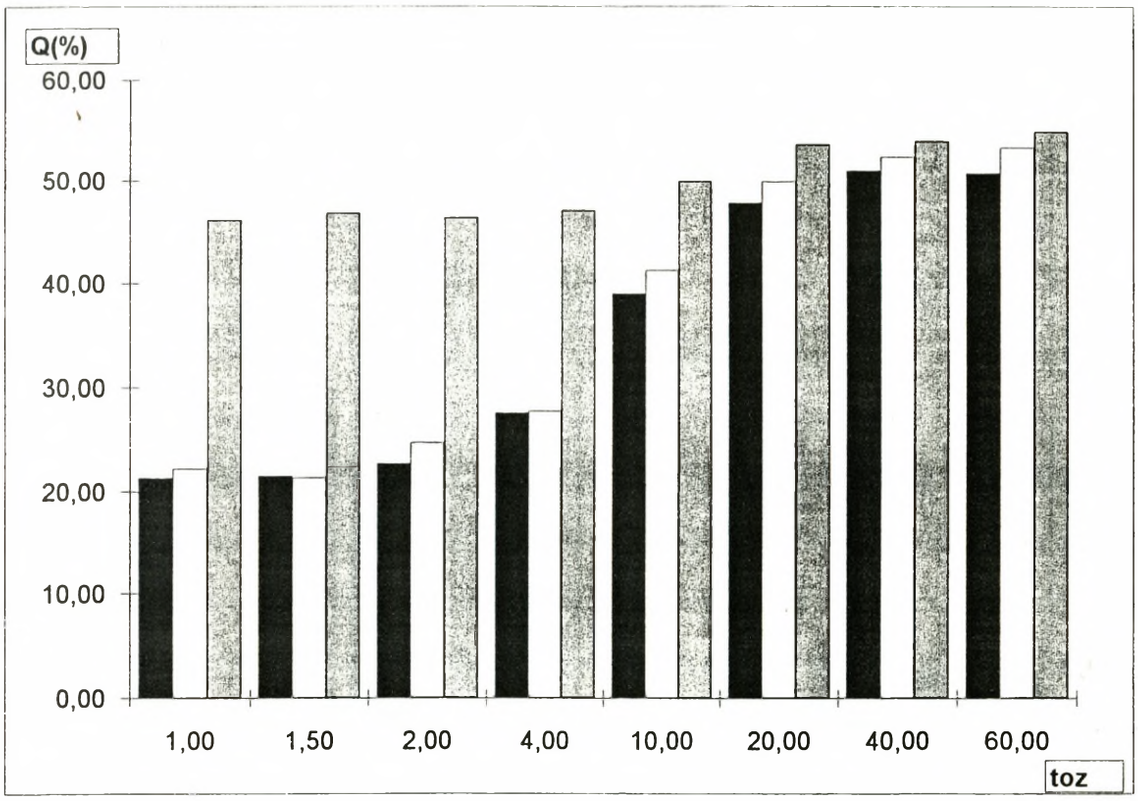
Rys. 4.1.5. System RRL z antenami kierunkowymi - wariant IIIB

Rys. 4.1.4. System RLL z antenami dookólnymi wariant IIIA

4.2.ANALIZA WYNIKÓW OCENY EFEKTYWNOŚCI WARIANTÓW

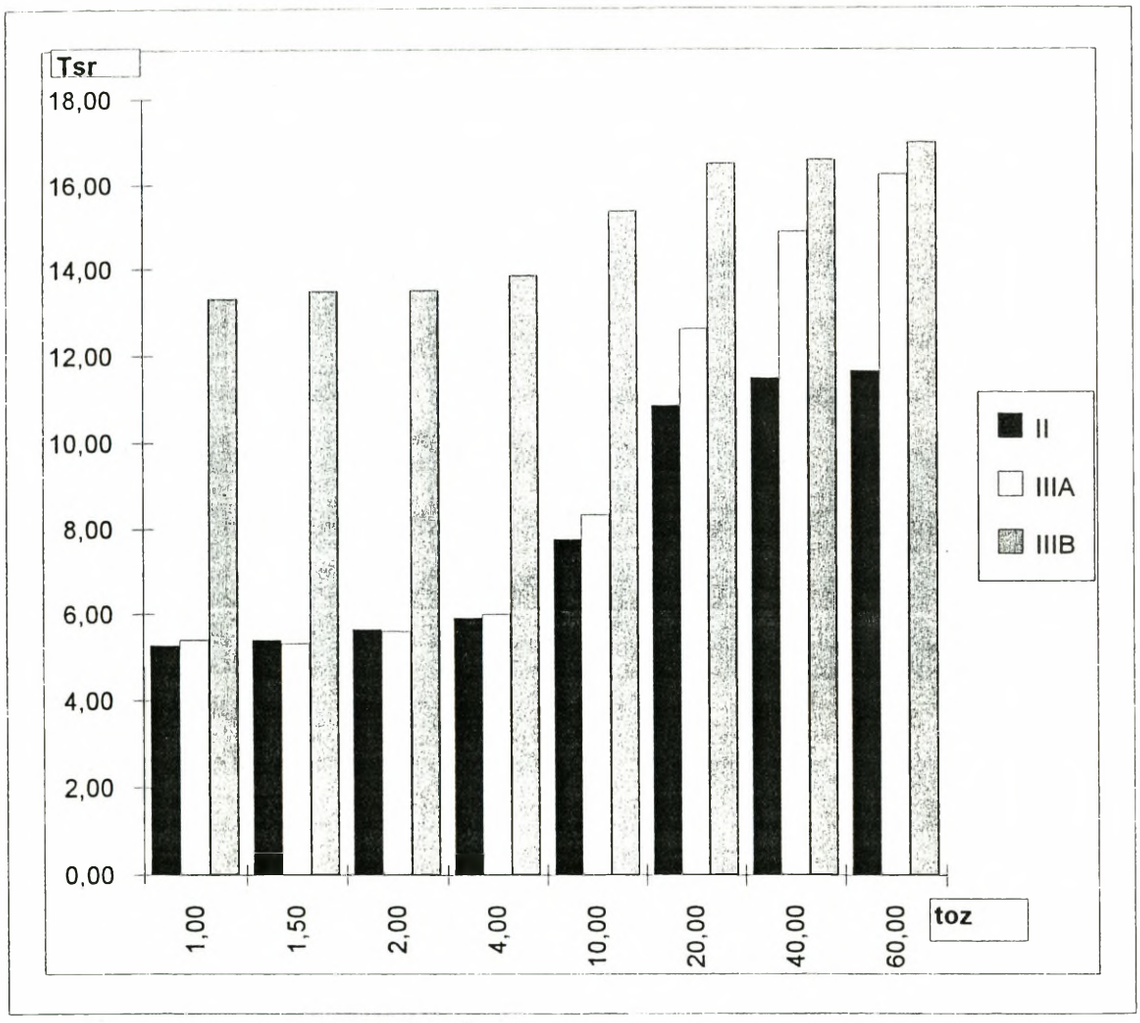
4.2.1.Analiza wyników oceny efektywności metodą symulacji komputerowej

Ocenie poddano nowoczesne systemy RRL - Wariant IIB oraz IIIA i IIIB- zdefiniowane w pkt. 4.2.2 i 4.2.3.
Po przeprowadzeniu eksperymentów uzyskano szereg wyników, których część została przedstawiona w załaczniku nr 8. Analiza wyników pozwoliła na określenie podstawowych wskaźników oceny efektywności w funkcji zmian parametrów technicznych oraz wpływu czynników destrukcyjnych na oceniany system łączności.
Oceniono wpływ zmian czasu między zakłóceniami (t_{oz}), natężenia ruchu (a) oraz zniszczeń (Zn), na efektywność i operatywność oraz średni czas przebywania informacji w systemie .
Zmiana czasu między zakłóceniami wpływa istotnie na pracę systemu łączności. Jak widać z rysunku 4.2.1, zmniejszenie t_{oz} znacznie obniża wskaźnik terminowości systemu (Q).
Badania przeprowadzono przy założeniu wielkości parametrów (czas trwania zakłócenia, dezaktualizacji, intensywność wywołań itp.), które przedstawiono w tabelach.
Najbardziej odpornym na zakłócenia (ich intensywność) jest wariant IIIB. Jest to zgodne z oczekiwaniem, gdyż system ten posiada zabezpieczenie przeciwzakłóceniowe w postaci anten kierunkowych. Pozwala to na stabilności względem czynników destrukcyjnych.



Rys.4.2.1.Wpływ czasu między zakłóceniami na operatywność

Na rysunku 4.2.2. przedstawiono oddziaływanie intensywności zakłóceń na średni czas przebywania wiadomości w systemie. Charakterystycznym zjawiskiem jest zmniejszanie się czasu przebywania wiadomości w systemie wraz ze wrostem intensywności zakłóceń (maleje t_{oz}). Jest to spowodowane tym, że przy ustalonym czasie trwania zakłócenia wzrasta ilość nieczynnych relacji, a tym samym maleje zjawisko natłoku (zajętość abonentów, kolejki itp.).



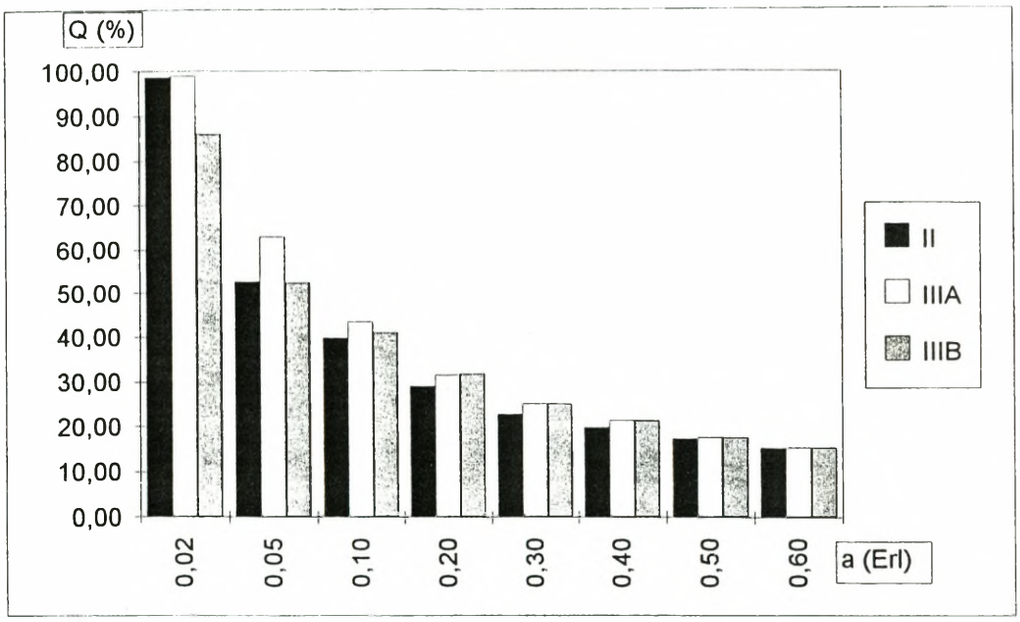
Rys.4.2.2.Wpływ czasu między zakłóceniami na średni czas przebywania wiadomości w systemie

Podobnie jak w przypadku operatywności najbardziej stabilny jest system IIIB, w którym stosunkowo wysoki czas przebywania informacji w systemie jest uzależniony przede wszystkim, od czasu dezaktualizacji i długości kolejki. Istotne są też dwa charakterystyczne punkty, a mianowicie, gdy czas zakłócenia obniża się poniżej czasu trwania wymiany informacji, a także wzrasta powyżej czasu trwania

zakłócenia.

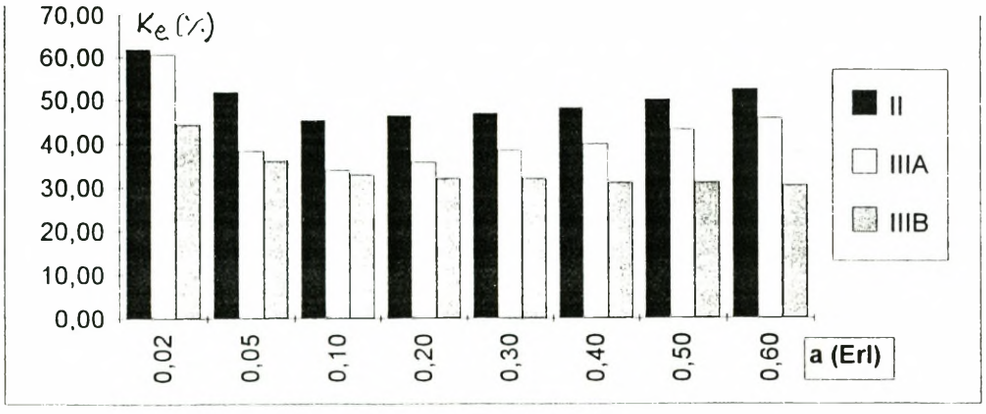
W pierwszym przypadku następuje znaczący wzrost przerywanych połączeń w trakcie wymiany, a w drugim praktycznie zmiana charakteru zakłóceń z wielokrotnych (zakłocanych wielu abonentów) w jednorazowe (zakłócany zawsze jeden abonent). Punkty te charakteryzują w jakimś stopniu walkę radioelektroniczną. Przeciwnik dąży by t_{OZ} był mniejszy od czasu wymiany informacji, przy jednocześnie odpowiednio długim czasie trwania zakłócenia, a druga strona stara się temu przeciwdziałać, poprzez skracanie czasu wymiany informacji oraz wyłączanie relacji zakłócanych z jednoczesnym przełączeniem abonentów na kanał niezakłócony lub do sąsiedniej SB. Istotną rolę w tym procesie odgrywa centrum zarządzania siecią, które w wypadku systemów RRL znajduje się na poziomie ZO.

Na rysunku 4.2.3. przedstawiono zależność operatywności systemu od natężenia ruchu. Charakter zjawisk jest podobny jak poprzednio jednak bardziej głęboki. Wzrost natężenia ruchu powyżej 0.1 Erl obniża operatywność poniżej 40%, co jest wynikiem bardzo niskim. Należy jednak wziąć pod uwagę, iż przyjęto w trakcie badań działanie czynników destrukcyjnych (zakłócanie) o znacznej intensywności i czasie trwania znacznie przekraczającym czas wymiany informacji.



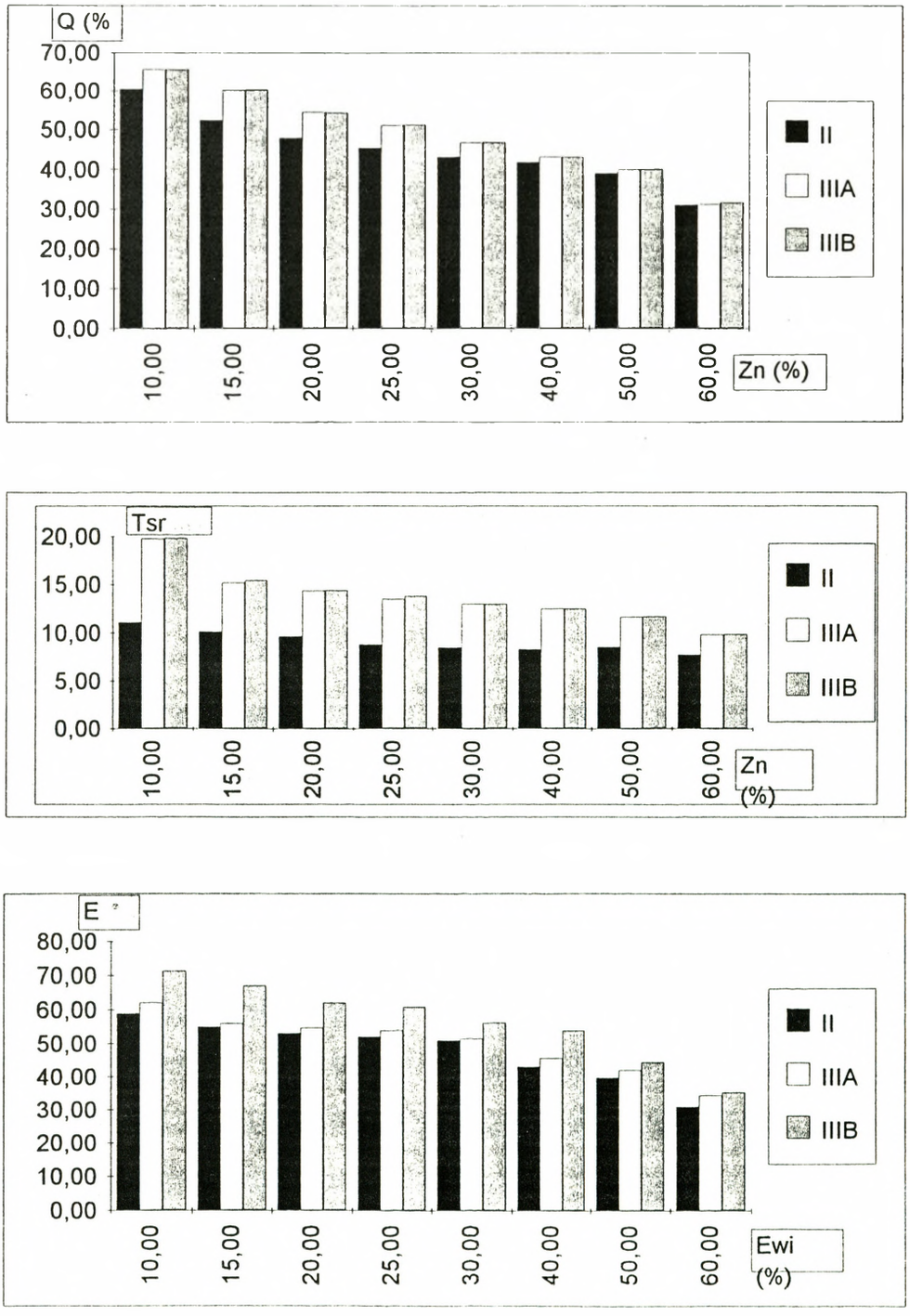
Rys.4.2.3.Wpływ natężenia ruchu na operatywność

Na rysunku nr 4.2.4. przedstawiono zależność współczynnika efektywności sieci od natężenia ruchu. Współczynnik ten rozumiany jako stosunek czasu efektywnej wymiany do czasu wymiany plus straty, obniża swoją wartość lecz bardzo wolno, gdyż systemy te mają charakterystyczną dla systemów wojskowych dużą nadmiarowość (przepustowość, kolejka).



Rys.4.2.4.Wpływ natężenia ruchu na współczynnik K_e

Analizę oddziaływania czynnika zniszczeń na operatywność, średni czas oraz efektywność wymiany informacji przedstawiono na rys. 4.2.5.

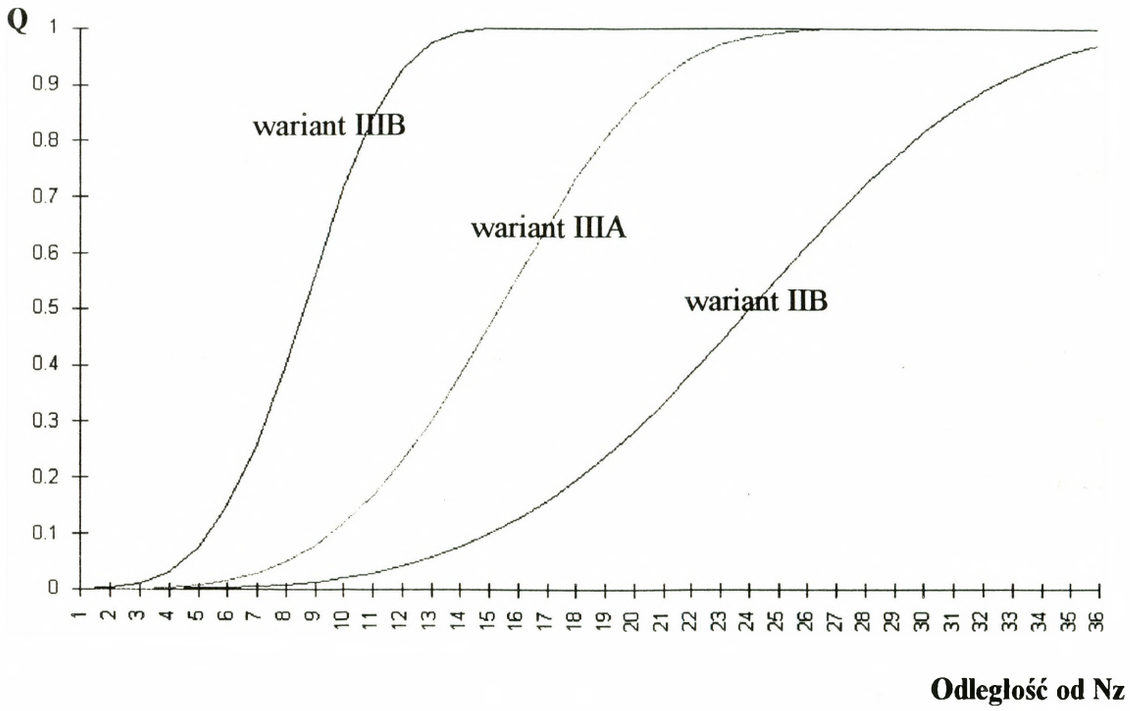


Rys.4.2.5.Wpływ zniszczeń na efektywność i operatywność oraz średni czas wymiany informacji.

Ocena wpływu zniszczeń na parametry systemów wskazuje, że dla wszystkich wariantów obniżają się ich wartości jednak w różnym zakresie. Największą stabilność wykazują warianty IIIA i IIIB. Jest to zrozumiałe, gdyż założyliśmy , że różnica między nimi polega tylko na rodzaju stosowanych anten, a co się z tym wiąże wpływie destrukcyjnym zakłóceń. Z wykresów przedstawionych na rys.4.2.5 wynika, że większa jest, przy tych samych warunkach badań, efektywność niż terminowość, wiąże się to jednak z czasem dezaktualizacji który przy ocenie terminowości powoduje dodatkowe straty w obsłudze zgłoszeń.

4.2.2.Analiza wyników oceny efektywności z wykorzystaniem modeli analitycznych

Do wyznaczenia efektywności wykorzystano analityczne modele wskaźników przedstawione w pkt.3.3.5 . Obliczeń dokonano przy pomocy komputera, badając wpływ zmian parametrów na wskaźniki badanych wariantów.
Na rysuku 4.2.1 przedstawiono wpływ zmian odległości nadajnika zakłócającego na prawdopodobieństwo łączności. Przedstawione na rysunku krzywe wskazują, że zastosowanie w wariancie IIIB anten kierunkowych znacznie polepszyło jego odporność na zakłócenia. Pozwala to na zbliżenie się SB do linii styczności wojsk (stacji zakłócających), gdyż anteny nie są skierowane w jej kierunku.



Rys.4.2.6.Prawdopodobieństwo łączności w funkcji odległości odbiornika od nadajnika zakłócającego.

Istotne znaczenie odgrywa tutaj także możliwość zwiększania żywotności systemu. Zastosowanie anten kierunkowych sprawia, iż w wypadku zniszczenia, czy zakłócenia którejś z relacji (SB), sąsiednia SB może błyskawicznie pokryć zakłóconą powierzchnię swoim zasięgiem, zastosowana nadmiarowość pojemności umożliwia przyjęcie jej abonentów.

Nie wspomniano tutaj o możliwości stosowania anten z zabezpieczeniem przeciwzakłóceniowym - eliminacja zera promieniowania w kierunku stacji zakłóceniowej - jeśli jednak uwzględnimy, iż współczynnik k_a dla takiej anteny

spada o rząd wielkości (0.01), to możemy szacować znaczny wzrost odporności na oddziaływanie RE przeciwnika.

Dokonano także obliczeń efektywności widmowo-ruchowej, (zgodnie ze wzorem 3.3.15) dla wszystkich ocenianych wariantów. Przyjęte do obliczeń parametry oraz wyniki zostały pokazane w tabeli nr 4.2

W oszacowaniu wielkości natężenia ruchu, przyjęto dane zawarte w zał.4 oraz w [70], przyjęto średni czas trwania wymiany informacji t_r=2 min, oraz intensywność zgłoszeń 1 ab λ=5/h. Co daje średnie natężenie ruchu (1 ab) $a=\lambda \cdot t_r=0.2$ Erl.

Tabela 4.2

EFEKTYWNOSC RUCHOWO-WIDMOWA

Wariant	A (Erl)	C	N	Δ	Sz (km2)	Ewr
I	0,25	1	1	0,05	2500	2
II	6,23	7	1	0,1	1300	6,8462
III	8,52	9	1	0,05	1250	15,147

4.2.3.Ocena porównawcza przedstawionych wariantów

Przedstawiona w pkt.3.3.4 analiza metod globalnej oceny porównawczej wskazuje, iż mimo swych ograniczeń, jedną z najbardziej przystępnych metod jest przedstawiona w algorytmie nr 2. Zastosowanie tej metody do porównania wariantów pozwoliło na przedstawienie histogramów ich oceny globalnej rys.4.2.7.

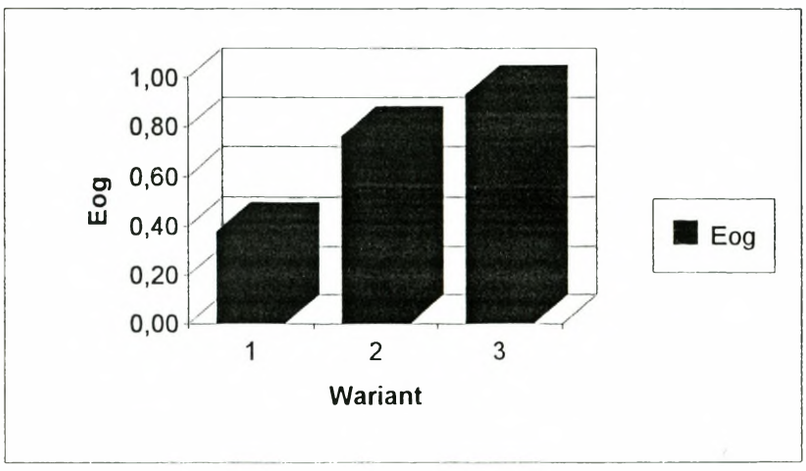
WARTOŚĆ WSKAŹNIKÓW OCENY EFEKTYWNOŚCI WARIANTÓW

	Qter	Qz	Tsr.	Ke	Ew	EWR
War/wskaz.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
IIB	45,34	40,00	8,79	45,50	51,00	6,85
IIIA	51,04	90,00	13,49	34,00	51,60	15,15
IIIB	51,20	100,00	13,80	32,10	56,20	15,15
Wartość średnia	49,19	76,67	12,03	37,20	52,93	12,38
Odchylenie standardowe	2,725500973	26,24669291	2,2921654	5,920023	2,322833519	3,9126575

USTANDARYZOWANE WARTOŚCI WSKAŹNIKÓW

War/wskaz.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
IIB	-1,41	-1,40	-1,41	1,40	-0,83	-1,41
IIIA	0,68	0,51	0,64	-0,54	-0,57	0,71
IIIB	0,74	0,89	0,77	-0,86	1,41	0,71
W Hip.	0,74	0,89	0,64	-0,54	1,41	1,19

Wariant	**Odl. między war.**	**Eog**
IIB	2,223419207	**0,38**
IIIA	0,848460772	**0,76**
IIIB	0,243045977	**0,93**
Wartość przeciętna	1,104975319	
Wariancja	0,686546211	
Graniczna wartość dopr	3,590717844	



Rys.4.2.7.Efektywność ogólna wariantów systemów RRL

W obliczeniach zastosowano arkusz kalkulacyjny Excell co pozwoliło na uzupełnienie wskaźników uzyskanych drogą symulacji o uzyskane przy pomocy modeli analitycznych (efektywności widmowej, p-stwa łączności).

Porównanie tych wykresów wyraźnie wskazuje, iż mimo zbliżonych wartości parametrów systemowych, występuje znaczną przewagę wariantu IIIB. Główne przyczyny tkwią w zastosowanych zabezpieczeniach przed zakłóceniami (anteny kierunkowe) co pozwoliło min. na zmniejszenie mocy nadajników SB, uodpornienie systemu na zniszczenia a także uzyskanie wysokiej jakości łączności niezwykle istotnej z punktu widzenia transmisji informacji (transmisja danych).

Niezwykle ważnym czynnikiem w nowoczesnych (wojskowych) systemach RRL jest odpowienia ich "nadmiarowość". I to tak pod względem natężenia ruchu jak i obsługiwanej powierzchni.

Porównanie na tym tle obecnie eksploatowanego systemu łączności radiotelefonicznej jest niezmiernie trudne gdyż niełatwo znaleść wspólną platformę do takiego porównania.

Jeśli weźniemy wskaźnik efektywności wykorzystania widma lub utajnienia kanałów zobaczymy różnice dzielącą te systemy.

W tabeli 4.3 zestawiono parametry i cechy wariantów ocenianych i obecnie eksploatowanego systemu radiotelefonicznego.

Tabeli 4.3

Parametry i cechy wariantów

Cecha \ Wariant	II	III	R-tel
stopień innowacyjności	dobry	wysoki	niski
bezpośrednia współpraca z siecią	jest	jest	brak
przydział kanałów	automaty-czny	mieszany (zal.od nat	stały
integracja usług	stopniowa	pełna	brak
rodzaj sygnałów	cyfrowe	cyfrowe	analog.
zabezpieczenie przed WRE	dobre	bardzo dobre	słabe
przepustowość ekspl.	150 sł/s	200 sł/s	0.04/s
czas dostępu	sekundy	sekundy	minuty.

Histogram efektywności wariantów zawartych w tabeli 4.3. przedstawiono na rys.4.2.8. Znaczna różnica w efektywności poparta przytoczonymi w tabeli cechami systemów jednoznacznie wskazuje na przewagę systemów komórkowych. Wszystkie przytoczone wskaźniki , dla systemów nowoczesnej RRL , znacznie przewyższają swą wartością wskaźniki systemu K-1.

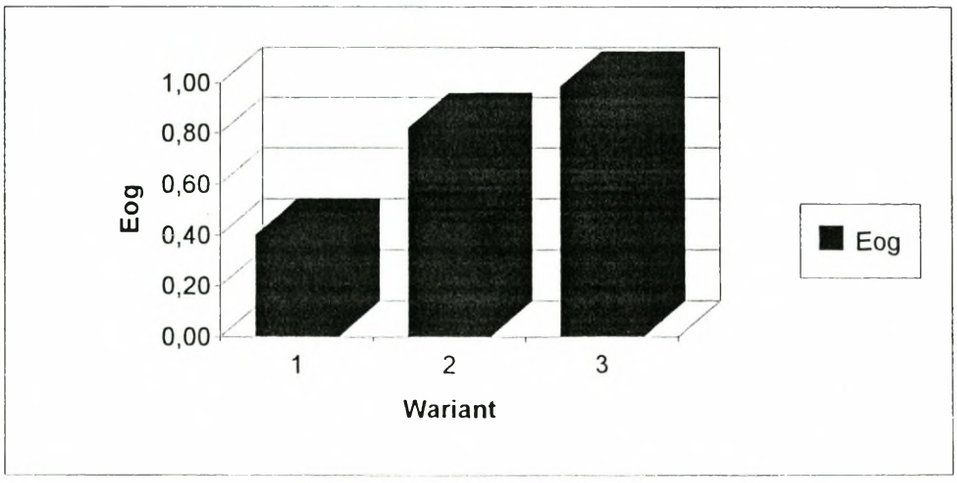
WARTOŚĆ WSKAŹNIKÓW OCENY EFEKTYWNOŚCI WARIANTÓW

	EWR	Ku	Cek	Qz	II.Kanalow	Tgot.
War/wskaz.	1	2	3	4	5	6
I	2,00	0,00	0,40	50,00	1,00	60,00
IIB	6,85	95,00	200,00	90,00	7,00	3,00
IIIB	15,15	100,00	250,00	100,00	9,00	3,00
Wartość średnia	8,00	65,00	150,13	80,00	5,67	22,00
Odchylenie standardowe	5,429702263	46,00724581	107,827187	21,60247	3,399346342	26,870058

USTANDARYZOWANE WARTOŚCI WSKAŹNIKÓW

War/wskaz.	1	2	3	4	5	6
I	-1,11	-1,41	-1,39	-1,39	-1,37	1,41
IIB	-0,21	0,65	0,46	0,46	0,39	-0,71
IIIB	1,32	0,76	0,93	0,93	0,98	-0,71
W Hip.	1,19	0,76	0,93	0,93	0,98	-0,71

Wariant	Odl. między war.	Eog
I	2,265279534	**0,40**
IIB	0,678100817	**0,82**
IIIB	0,051845082	**0,99**
Wartość przeciętna	0,998408478	
Wariancja	0,867847178	
Graniczna wartość dopr	3,793157948	



Rys.4.2.8.Efektywność ogólna wariantów systemów RRL

ZAKOŃCZENIE

Przeprowadzone w pracy badania, analiza literatuty a także prowadzone konsultacje i dyskusje znacznie pogłębiły wiedzę autora na tematy związane z szeroko rozumianymi systemami telekomunikacyjnymi.

Podjęte próby analizy systemów RRL oraz metodyki ich oceny, spowodowane były przekonaniem o wielkim znaczeniu jakie systemy te będą odgrywały w systemach obrony i bezpieczeństwa państwa.

Autor przeprowadził analizę cywilnych i wojskowych systemów radiokomunikacji ruchomej (rozdz. I) oraz metodyki ich oceny z wykorzystaniem różnych technik modelowania systemów (rozdz.II i III).

W rozprawie zostały zawarte elementy stanowiące (całkowicie lub częściowo) oryginalny dorobek autora. Należą do nich przede wszystkim:

- przedstawienie propozycji metodyki (wariantów) wielokryterialnej oceny efektywności wojskowych systemów RRL z wykorzystaniem różnych technik modelowania,
- zastosowanie do obliczeń jakości kanału radiotelefonicznego zaawansowanego modelu "L+N", oraz wskazanie możliwości wykorzystania go w projektowaniu przestrzennym systemów RRL,
- opracowanie modelu symulacyjnego, pozwalającego na badanie niektórych cech wojskowych systemów RRL oraz wyznaczanie wskaźników ich efektywności;

- zastosowanie komputera do obliczeń efektywności ogólnej , co pozwala na szybką ocenę systemów o dowolnej liczbie znanych wskaźników.

Przedstawione metodyki oceny systemów RRL pozwalają, zdaniem autora, na ich analizę, przy czym jej wybór zależy od celu i wymaganej szczegółowości oceny (dostępnych danych o systemach).

W pracy wykorzystano szereg metod oceny, ukazując jednocześnie możliwość ich przenikania i uzupełniania się. Zastosowanie takiego podejścia pozwoliło na przebadanie i ocenę perspektywicznych systemów RRL i na tej podstawie wskazania perspektyw ich zastosowania w systemie łączności ZO i kierunki dalszego rozwoju.

Uzyskane wyniki oceny ogólnej, pozwoliły autorowi na wskazanie wariantu najbardziej efektywnego z dopuszczalnych. Można także przyjąć, że postawiona przez autora główna hipoteza robocza - "aktualny system łączności radiotelefonicznej nie spełnia wymagań współczesnego pola walki. Zasadnicze niedomagania dotyczą między innymi, braku automatyzacji i pokrycia obszaru , małej przepustowości i pojemności, odporności na zakłócenia , słabego wykorzystania widma elektromagnetycznego"- a także hipotezy cząstkowe:

- braków tych w znacznym stopniu nie posiada wprowadzany system radiotelefoniczny ;
- efektywność systemu radiotelefonicznego można zwiększyć poprzez zapewnienie mu współpracy z cywilnymi systemami radiotelefonicznymi a w dalszej perspektywie poprzez budowę w pełni zautomatyzowanego systemu;

- skonstruowany model ocenowy (symulacyjny) pozwoli dokonać oceny efektywności systemów radiotelefonicznych;
- uzyskane wyniki oceny, pozwolą na wypracowanie wniosków istotnych z punktu widzenia eksploatacji i rozwoju systemów radiotelefonicznych, zostały w pełni potwierdzone.

Uzyskane wyniki wskazują, że obecnie eksploatowany system radiotelefoniczny nie spełnia wymagań współczesnego systemu łączności nawet w 50% (Eog=40%). Przy czym nowoczesne systemy mają ten wskaźnik bliski (równy) 100%.

Przeprowadzona analiza pozwala na wysunięcie następujących wniosków dotyczących wykorzystania i rozwoju wojskowych systemów radiotelefonicznych:

1) systemy RRL winny pokrywać swym zasięgiem całą strefę taktyczną DZ;

2) istotnymi czynnikami decydującymi o efektywności systemów RRL - zwłaszcza żywotności- są :nadmiarowość zasięgów (nakładka) i przepustowości kanałów;

3) czynniki destrukcyjne mają ogromne znaczenie przy wykorzystywaniu systemów RRL. Główne zagrożenia dotyczą zakłócania abonentów oraz niszczenia stacji bazowych;

4)wykorzystanie systemów cywilnej RRL jest możliwe poprzez wydzielenie w każdej centrali obszarowej grupy kanałów do dyspozycji służb specjalnych (MON, MSW),

5) obrona przed zagrożeniem RE w systemach RRL jest realizowana poprzez działania systemowe i sprzętowe.

Działania sprzętowe to m.in.:

- radiotelefony ze skaczącą częstotliwością lub rozmytym

widmem;

- zmniejszenie mocy nadajników;
- stosowanie anten kierunkowych lub przeciwzakłóceniowych,;
- stosowanie całkowicie utajnionych kanałów o wysokiej mocy kryptograficznej,

natomiast działania systemowe, to przede wszystkim:

- dynamiczne zarządzanie konfiguracją sieci na poziomie ZO,
- nadmiarowość pozwalająca na przejęcie przez sąsiednią stację bazową abonenetów stacji wyłączonej przez zniszczenie lub zakłócenie.

Posługując się opracowanym modelem oceny lub modelami cząstkowymi, z których każdy posiada możliwość dokonania szybkich obliczeń komputerowych, można wpływać na projektowanie i reorganizację w trakcie eksploatacji systemów RRL. Modele oraz metodyki ich obliczeń można będzie rozwijać w miarę dopływu nowych danych o systemach .

Autor pracy pragnął przedstawić sposób ujęcia problemu badania i oceny efektywności już istniejących i perspektywicznych systemów RRL, a przede wszystkim zaproponować metodę (metody)ich oceny.

Ocena ta , mam nadzieję,może być użyteczna w działaniach projektowo-wdrożeniowych i eksploatacyjnych, a także podczas planowania rozwoju Sił Zbrojnych RP.

BIBLIOGRAFIA

1 ."Conference proceedings" Hagen, Westphalia FRG 1988.

2 ."Developments in cellular radio", Electronics and Wireless World 1984.

3 ."Globalny system radiokomunikacji ruchomej", SAT-Audio-Video 1992.

4 ."Mobile Subscriber Equipment" Royal signals assists industry in defence communications sales.

5 ."Praca naukowo-badawcza", WIŁ 1992 -mat. nie publik.

6 ."The Role of Communications In Operation Desert Storm", IEEE Communications 1992.

7 .ALOKSA W.i inn.:"Niektóre problemy gospodarki widmowej w taktycznej sieci radiotelefonicznej", Informator WIŁ 1992.

8 .AMANOWICZ M., SAMORAJ J.:"Wykorzystanie komputerowych narzędzi wspomagania projektowania sieci telekomunikacyjnych", KNSŁ Zegrze 1993.

9 .AMANOWICZ M.:"Badanie symulacyjne systemu łączności", Biuletyn WAT nr 4, 1982.

10.AMANOWICZ M.:"Ogólny model systemu łącznoSci", Biuletyn WAT nr 4, 1982.

11.AMANOWICZ M.:"Uwarunkowania realizacji narodowego systemu C3I", KNSŁ Zegrze 1993.

12.AMANOWICZ M:"Charakterystyki ruchu telefonicznego w sieci radiokomunikacji ruchomej", Biuletyn WAT 1984.

13.AMANOWICZ M:"Modelowanie profesjonalnych systemów radiokomunikacji ruchomej lądowej", WAT 1989.

14.ANDRACKI H.:"Sposoby ochrony systemów łączności radiowej i radioliniowej przed zakłóceniami", Zeszyt naukowy ASG WP nr 1, 1986

15.BACKRY S.H., ACKROYD M.H.:"Teletraffic analysis for multi-cell mobile radio telephone systems",IEEE Transaction on Communications 1981.

16.BARCZAK A., FILAR W.:"Symulacja i gry komputerowe w zastosowaniach wojskowych", Sztab.Gen. Warszawa 1985.

17.BARCZAK A.:"Systemy C3I a otwarte przetwarzanie rozproszone", KNSŁ Zegrze 1993.

18.BARTON R.:"Wprowadzenie do symulacji i gier", WNT Warszawa 1974.

19.BEM D.J:"Radiotelefoniczne systemy komórkowe",Materiały Krajowego Sympozjum Telekomunikacji, Bydgoszcz 1987.

20.BOHM M.:"Digital cellular radio CD 900 for mobile ISDN," Telecommunications 1986.

21.COX D.C.:"Cochannel interference consideratoins in frequency reuse smal-coverage-area radio systems", IEEE 1982.

22.D'ARIA G.MURATORE F. PALESTINI V.:"Simulation and performance of the pan-European land mobile radio system", IEEE TRANS. 1992.

23.DĄBROWSKI M.:"System abonenckiej telekomunikacji bezprzewodowej", Przegląd Telekomunikacyjny 1992.

24.DUPUIS F.:"The CEPT special group on mobile communication", IEEE 1992.

25.FILIPOWICZ B:"Wybrane metody,modele analizy systemów obsługi masowej.Zastosowania praktyczne", Kraków 1979.

26.Findeisen W.:"Analiza systemowa - podstawa i metodologia", PWN Warszawa 1985.

27.FRENCH.R.C:"The effect of fading and shadowing on channel reuse in mobile radio", IEEE 1979.

28.GAJEWSKI P.:"Organizacja dostępu do kanału w systemach radiokomunikacji ruchomej", KNSŁ Zegrze 1993.

29.GARDINER J.G:"Satellite services for mobile communication", Telecommunication 1986.

30.GORDON G.:"Symulacja systemów", WNT Warszawa 1974

31.GÓRZ A.:"Dlaczego radiotelefony?", Wydawnictwo MON 1960.

32.HILLEBRAND F.:"Global system for mobile communications", Digital cellular mobile communication seminar 1990.

33.JĘDRUSZCZAK S.:"Analiza przepustowości systemu łączności DZ w natarciu", Rozprawa doktorska, ASG WP 1983.

34.KLIMONTOWICZ A:"Generacja i rozpływ zainteresowań w ruchu telefonicznym", Biuletyn Informacyjny IŁ 1977.

35.KONIECZNY J.:"Inżynieria systemów działania", WNT Warszawa 1983.

36.KRENZ R.,WESOŁOWSKI K.:"Ogólnoeuropejski system telefonii komórkowej GSM", Przegląd telekomunikacyjny 1993.

37.LATEK J.:"Analiza oceny jakości systemu łączności", Informator WIŁ nr 6/87, Zegrze 1987.

38.LEE W.C.Y.:"Mobile communications engineering", McGraw - Hill Book Company 1982.

39.Materiały firmy ERICSSON:"Co to jest EDACS"

40.Materiały firmy ERICSSON:"Defence communications"

41.McGEEHAN J.P,YATES K.W.:"High-caparity 60-GHz microcellular mobile radio systems".IEEE TRANS. 1988.

42.MCHITARJAN I,TWJERSKAJA I.W.:"Mjetodika opjedjeljenia ekonomicieskoj effektiwnosti cetiej i priedprjati swjazj", Elektroswjazi 1982.+

43.MIARZYŃSKI Z.: "Otwarte sieci radiokomunikacji lądowej", WPT t.20.nr 7.9, 1987.

44.MILLER M.:"Kierunki rozwoju radiostacji UKF szczebla taktycznego", KNSŁ Zegrze 1993.

45. MUILWIJK D:"On spectrum efficiency of radio transmission schemes for cellular mobile radio", Proceedings of the IEEE International Conference on Communications 1984
46. NAHORSKI Z., CHUDY M., STRASZAK A.:"Modele i decyzje", WAT 1991.
47. OKUNIEW, PŁATNIKOW:"Princypy sistiemnowo podchoda k projektowaniju w tiechnikie swiazi", Izd. Swiadź, Moskwa 1976.+
48. OPAŃSKA B.:"Radiokomunikacja ruchoma", KNSŁ Zegrze 1993.
49. Opracowanie zespołowe:"Sprawozdanie z pracy naukowo-badawczej", Warszawa 1982.
50. OSZYWA W.:"Cyfrowe przekształcenia sygnału mowy", Krajowe Sympozjum Telekomunikacji, Rynia 1986.
51. PAWELEC J.:"Zintegrowany system łączności NATO", WPT
52. PIĘDZIUK E., WOJCIECHOWSKI W.:"Problemy łączności w systemie kierowania obroną państwa i strategicznego dowodzenia SZ RP", KNSŁ Zegrze 1993.
53. PIEKARSKI H.:"Zagrożenie radioelektroniczne w operacji zaczerpanej armii i frontu na północnym i centralnym kierunku strategicznym ZTDW", ASG WP 1983.
54. Praca zbiorowa:"Analiza kierunków rozwoju specjalnej łączności radiowej w odniesieniu do trendów światowych oraz możliwości przedsiębiorstw krajowych", WIŁ 1991.
55. Praca zbiorowa:"Perspektywiczny system łączności związku taktycznego", praca naukowo-badawcza, WSOWŁ 1993.
56. PYSZKIN I.M.:"Sistjemy podwirzchoj radijswjazji", Moskwa 1986.+
57. ROTKIEWICZ W.:"Kompatybilność elektromagnetyczna w radiotechnice", WKiŁ Warszawa 1978.
58. SIENKIEWICZ P.:"Dowodzenie z komputerem", MON Warszawa 1984.
59. SIENKIEWICZ P: "Inżynieria systemów kierowania", PWN Warszawa 1988.
60. SUFA L.:"Analiza efektywności wojskowych systemów radiokomunikacji ruchomej", mat. z konf. BOiS Warszawa 1991.
61. SUFA L.:"Analiza zasięgów w radiokomunikacji ruchomej lądowej", praca magisterska WAT 1985.
62. SYDORUK T.(tłum):"Mietodyki po razczotu i ocenkie poliovych system swjazi", WAZ Leningrad 1987.
63. SYROKA Z.:"Analiza zasięgów kwantylowych w radiokomunikacji ruchomej lądowej", KNSŁ Zegrze 1993.
64. SYROKA Z.:"Kierunki rozwoju systemów łączności straży granicznej", KNSŁ Zegrze 1993.
65. Sztab.Gen.WP-MON: "Biuletyn informacyjny", nr 1,2 Warszawa 1982.
66. Thomson-CSF Division radiocommunications electronique et securite,:"VHF ECCM combat net radio for the Polish defence forces".

67. VANDENBERGHE E,MIELNICZEK M.:"Wprowadzenie do telefonii komórkowej", Polska Telefonia Komórkowa-materiały.

68. WARAKIN L.E,NOWIKOWA O.C,TRUBIN W.I:"Sotowyje sjeti swjazi", Elektroswjazi 1988.

69. WARREN C.S,FOLEY G:"Performance criteria in large tactical defence communication systems", IEE Conference 1978.

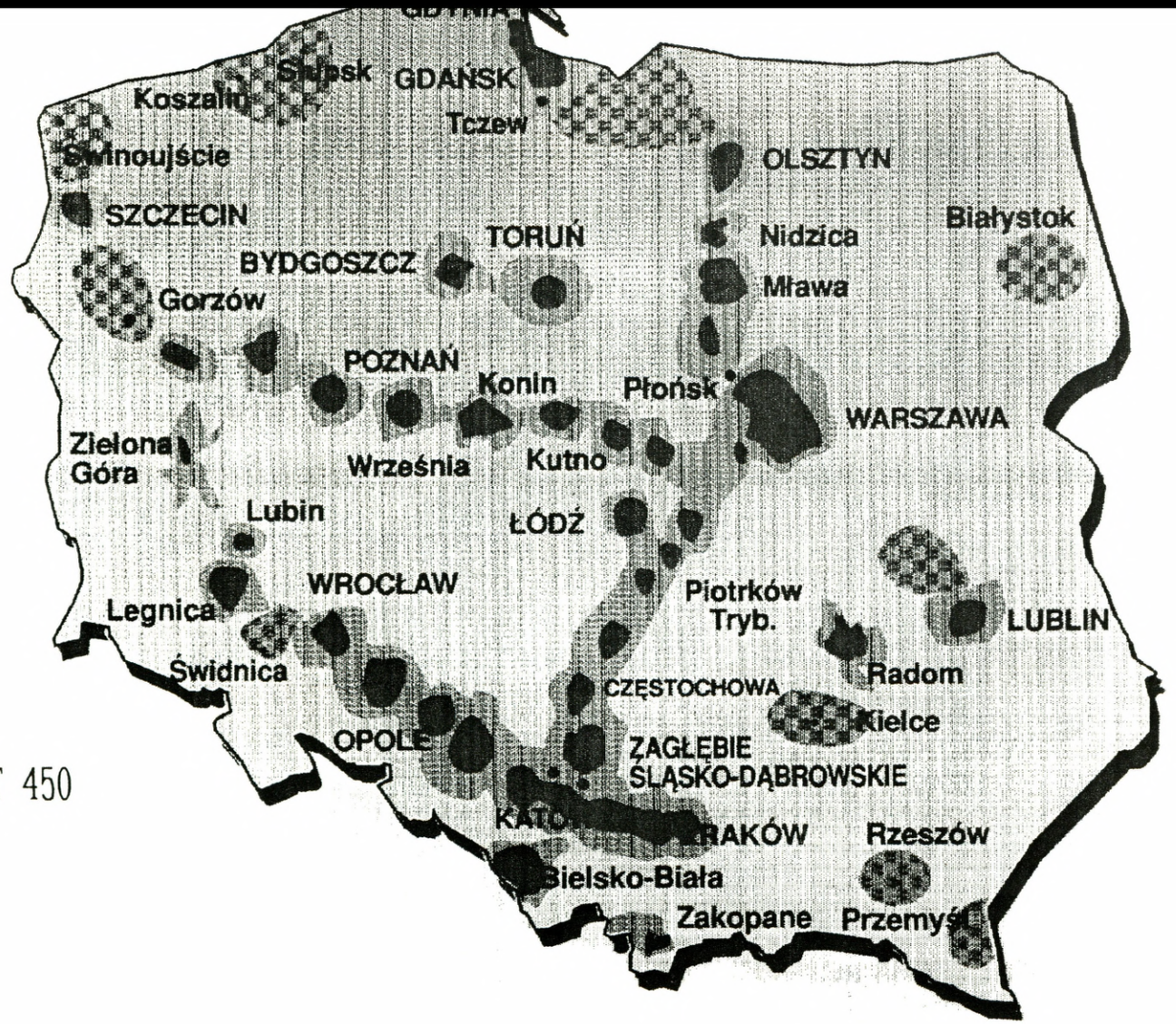
70. WOJNAR A.:"Systemy radiokomunikacji ruchomej lądowej", Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1989.

71. WOŁŁOWA W.N:"Tjeorja sistjem i mjetody sistjemnowo analiza w uprawljenii i swjazi", Radio i Swjazi, Moskwa 1983.

72. ZIELIŃSKI M.:"Analiza ruchu telekomunikacyjnego w polowym systemie radiokomunikacji ruchomej", praca dyplomowa WAT 1983.

73. ZIENKIEWICZ R.:"Sieci radiokomunikacji ruchomej lądowej-radiotelefoniczne i przywoławcze .Charakterystyka ogólnai tendencje rozwojowe", Miedzeszyn 1989.

74. ZJUKO A.:"Pomiechoustojczіwost i effektiwnost sistem pieriedaczi informacji", Radio i Swiaz 1983.



System NMT 450

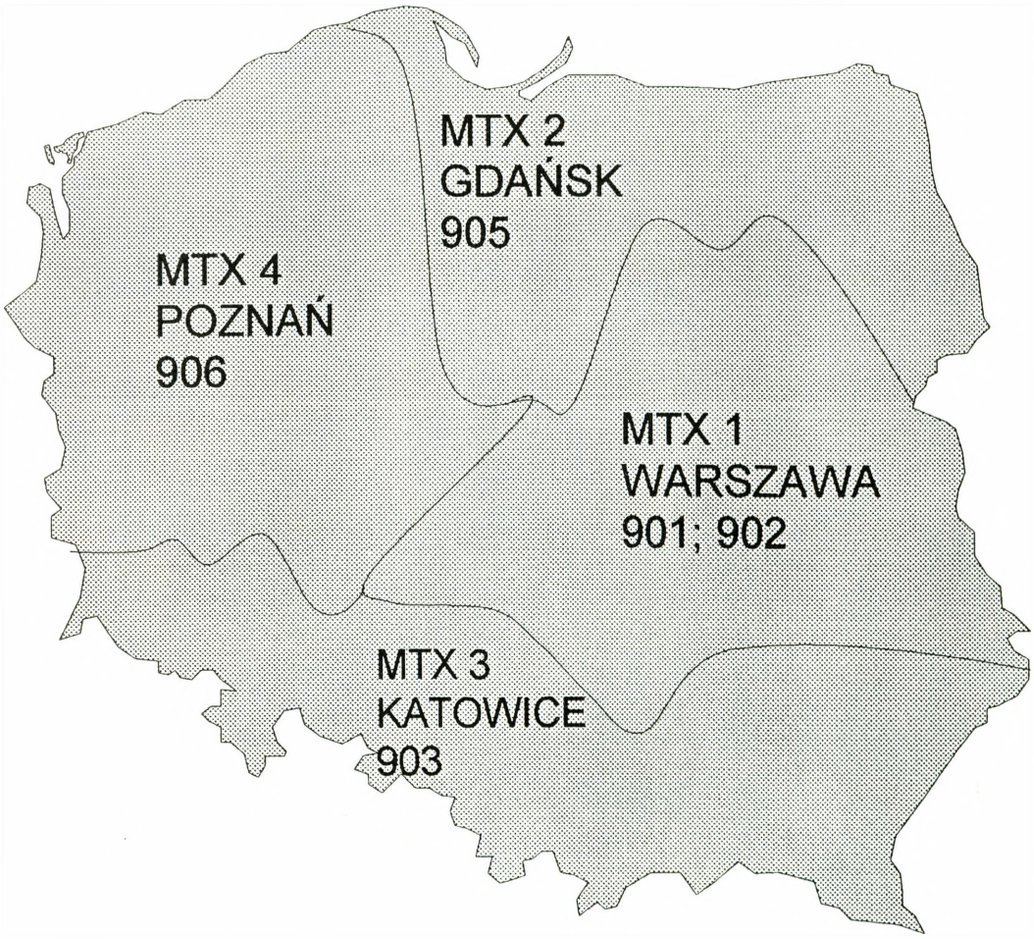
Zasięg dla telefonów dorecznych

Zasięg dla telefonów przewoźnych

Zasięgi planowane do połowy 1994 roku

Załącznik 1.

Załącznik 2.



Strefy numeracyjne systemu NMT 450

Załącznik 3.

"Polpager" ogólnopolski system przywoławczy
gwarantowany odbiór w pomieszczeniach
gwarantowany odbiór na otwartym powietrzu
gwarantowany odbiór z przyjętych samochodówką
uruchomione nadajniki
Szczecin
Koszalin
Gdańsk
Olsztyn
Białystok
Poznań
Bydgoszcz
Zielona Góra
Warszawa
Łódź
Katowice
Opole
Kraków
Rzeszów
Lublin
Zamość

Zał. 4.

TABELA KIERUNKOW I RELACJI ŁąCZNOśCI DZ (fragment)

Rodzaj środka łączności	Nr kierunku łączności	Rodzaj relacji (kierunku) łączności	Cek	Średni czas	Słów / dobę (12h)	Słów / godzinę	Nr linii lacznosci
K-1	3	SD DZ-WSD DZ	1440	0,6667	250	20,83333333	36
	7	SD DZ-SD 1pz	1440	0,6667	414	34,5	36
	8	SD DZ-SD 2pz	1440	0,6667	422	35,16666667	36
	9	SD DZ-SD 3pz	1440	0,6667	285	23,75	18
	10	SD DZ-SD pa	1440	0,6667	449	37,41666667	18
	12	SD DZ-SDO br	1440	0,6667	506	42,16666667	18
Srednia wart.			1440	0,67	387,6667	32,30555556	
R - 111	3	SD DZ-WSD DZ	1440	1,3333	1315	109,5833333	21
	7	SD DZ-SD 1pz	1440	1,3333	1607	133,9166667	21
	7	SD DZ-SD 1pz	1440	0,6315	761	63,41666667	35
	7	SD DZ-SD 1pz	1440	2,4	2892	241	33
	7	SD DZ-SD 1pz	1440	2	2410	200,8333333	45
	7	SD DZ-SD 1pz	1440	1,5	1807	150,5833333	64
	7	SD DZ-SD 2pz	1440	1,5	1807	150,5833333	41
	8	SD DZ-SD 2pz	1440	1,3333	1607	133,9166667	21
	8	SD DZ-SD 2pz	1440	0,6315	761	63,41666667	35
	8	SD DZ-SD 2pz	1440	2,4	2892	241	33
	8	SD DZ-SD 2pz	1440	2	2410	200,8333333	45
	8	SD DZ-SD 2pz	1440	1,5	1807	150,5833333	64
	8	SD DZ-SD 2pz	1440	1,5	1807	150,5833333	41
	9	SD DZ-SD 3pz	1440	1,3333	1510	125,8333333	21
	9	SD DZ-SD 3pz	1440	0,6315	715	59,58333333	35
	9	SD DZ-SD 3pz	1440	2,4	2719	226,5833333	33
	9	SD DZ-SD 3pz	1440	2	2266	188,8333333	45
	9	SD DZ-SD 3pz	1440	1,5	1699	141,5833333	64
	9	SD DZ-SD 3pz	1440	1,5	1699	141,5833333	41
	10	SD DZ-SD pa	1440	1,3333	1537	128,0833333	21
	10	SD DZ-SD pa	1440	0,6315	728	60,66666667	35

	10	SD DZ-SD pa	1440	2	2305	192,0833333	45
	10	SD DZ-SD pa	1440	1,5	1729	144,0833333	41
	11	SD DZ-SD prplot	1440	2	2430	202,5	44
	11	SD DZ-SD prplot	1440	2,4	2916	243	33
	11	SD DZ-SD prplot	1440	0,6314	767	63,91666667	35
	11	SD DZ-SD prplot	1440	1,5	1822	151,8333333	41
	11	SD DZ-SD prplot	1440	2	2430	202,5	45
	12	SD DZ-SDO br	1440	3	3140	261,6666667	51
	12	SD DZ-SDO br	1440	0,6315	661	55,08333333	35
Srednia wart.			1440	1,693817	1956	163	
R - 123	4	SD DZ-SDO bmed	1440	3	1837	153,0833333	43
	5	SD DZ-SDO bzaop	1440	3	2380	198,3333333	43
	6	SD DZ-SDO brem	1440	3	1990	165,8333333	43
	6	SD DZ-SDO brem	1440	4	2654	221,1666667	49
	7	SD DZ-SD 1pz	1440	2	2004	167	70
	7	SD DZ-SD 1pz	1440	2,4	2405	200,4166667	80
	7	SD DZ-SD 1pz	1440	2,1	1202	100,1666667	81
	8	SD DZ-SD 2pz	1440	2	2004	167	70
	8	SD DZ-SD 2pz	1440	2,4	2405	200,4166667	80
	8	SD DZ-SD 2pz	1440	1,2	1202	100,1666667	81
	9	SD DZ-SD 3pz	1440	2	1718	143,1666667	70
	9	SD DZ-SD 3pz	1440	2,4	2062	171,8333333	80
	9	SD DZ-SD 3pz	1440	1,2	1031	85,91666667	81
	10	SD DZ-SD pa	1440	2	1979	164,9166667	70
	10	SD DZ-SD pa	1440	2,4	2374	197,8333333	74
	10	SD DZ-SD pa	1440	3	2968	247,3333333	75
	11	SD DZ-SD prplot	1440	2,4	2658	221,5	80
	11	SD DZ-SD prplot	1440	1,2	1329	110,75	81
	12	SD DZ-SDO br	1440	3	3140	261,6666667	51
Wartosc srednia			1440	2,352632	2070,632	172,5526316	
RAZEM			**1440**	**1,571049**	**1471,433**	**122,6193957**	

Załącznik 5.

Podstawowe parametry wariantów RRL

		II	IIIa	IIIb	SCRA
Zakres częstotliwości	[MHz]	80-120	80-90	80-90	225-300
Odstęp międzykanałow	[kHz]	400	50	50	25
Ogólna liczba kanałów		50	63	63	50
Krotność SB		7	9	9	6
Moc SB	[W]	40	20	20	240
Moc SA	[W	40	20	20	20
Promień komórki	km	20	15	15	15
Przepływność	kb/s	16	19.2	19.2	16
Rodzaj modulacji		QPSK	QPSK	QPSK	QPSK
Dostępność do SB		FDM	FDM	FDM	TDM/FDM
Rodzaj dupleksu		częst.	częst.	częst.	częst.
Ilość ab. na 1SB		30	20	20	25
Liczba kanałów w SB		12	8	8	12
Współczynnik (rodz. ant.)		1	1	0.1	1
Prawdopodobieństwo łączność		0.9	0.95	0.95	0.9

WYDRUK PROGRAMU SYMULACJI KOMPUTEROWEJ SIECI RRL

```
program symulacja_rrl;

uses crt;

var x,x1,x2,y,z1,s    : longint;
    sek,los,i,j,k,m,r : longint;
    l_ab,l_kol,n,tr,da,zak,t_z,w,l_obsl  : longint;
    b             : byte;
    sr_obsl       : real;
    t_obs         : array[1..500,1..2] of longint;
    t_kol         : array[1..1000,1..4] of longint;
    t_zak         : array[1..500,1..2] of longint;
    t_rob         : array[1..500] of integer;
    p             : string;
    plik          : text;           {dekalracja zmiennej plikowej}
                                    {text - standardowy typ plikow}
begin
  clrscr;
  writeln('PODAJ NAZWE PLIKU ZAWIERAJACEGO PRZEBIEG SYMULACJI: ');
  readln(p);
  assign(plik,p);
  rewrite(plik);
  gotoxy(1,4);
  write('PODAJ LICZBE ABONENTOW (2 - 500): ');
  repeat                  {wprowadzenie liczby abonentow}
    {$I-};
    repeat
      gotoxy(46,4);
      readln(l_ab);
      b:=ioresult;
      if b<>0 then
         begin
           write(#7);
           gotoxy(46,4);
           clreol;
         end;
    until b=0;
    {$I+};
    if ((l_ab<=1) or (l_ab>500)) then
       begin
         write(#7);
         gotoxy(46,4);
         clreol;
       end;
  until (l_ab>1) and (l_ab<501);
  gotoxy(1,6);
  write('PODAJ WIELKOSC KOLEJKI (2 - 1000): ');
  repeat                  {wyznaczenie dlugosci kolejki}
    {$I-};
    repeat
      gotoxy(46,6);
      readln(l_kol);
      b:=ioresult;
      if b<>0 then
         begin
           write(#7);
```

```
          gotoxy(46,6);
          clreol;
        end;
  until b=0;
  {$I+};
  if ((l_kol<=1) or (l_kol>1000)) then
     begin
       write(#7);
       gotoxy(46,6);
       clreol;
     end;
until (l_kol>1) and (l_kol<1001);
gotoxy(1,8);
write('PODAJ ILOSC ITERACJI ( > 0 ):      ');
repeat                  {okreslenie liczby iteracji}
  {$I-};
  repeat
    gotoxy(46,8);
    readln(n);
    b:=ioresult;
    if b<>0 then
       begin
         write(#7);
         gotoxy(46,8);
         clreol;
       end;
  until b=0;
  {$I+};
  if ((n<1) or (n>1000000)) then
     begin
       write(#7);
       gotoxy(46,8);
       clreol;
     end;
until (n>0) and (n<1000000);
gotoxy(1,10);
write('PODAJ CZAS OBSLUGI (1 - ',n,'):      ');
repeat                  {wprowadzenie czasu tr}
  {$I-};                {realizacji polaczenia}
  repeat
    gotoxy(46,10);
    readln(tr);
    b:=ioresult;
    if b<>0 then
       begin
         write(#7);
         gotoxy(46,10);
         clreol;
       end;
```

```
  until b=0;
  {$I+};
  if ((tr<1) or (tr>n)) then
     begin
       write(#7);
       gotoxy(46,10);
       clreol;
     end;
until (tr>0) and (tr<n);
gotoxy(1,12);
write('PODAJ CZAS DEZAKTUALIZACJI (1 - ',n,'):      ');
repeat                  {wprowadzenie czasu, po ktorym}
  {$I-};                {polaczenie przestaje byc aktualne}
  repeat
    gotoxy(46,12);
    readln(da);
    b:=ioresult;
    if b<>0 then
       begin
         write(#7);
         gotoxy(46,12);
         clreol;
       end;
  until b=0;
  {$I+};
  if ((da<1) or (da>n)) then
     begin
       write(#7);
       gotoxy(46,12);
       clreol;
     end;
until (da>0) and (da<n);
gotoxy(1,14);
write('PODAJ CZAS MIEDZYZAKLOCENIOWY (1 - ',n,'):      ');
repeat                  {wprowadzenie czasu miedzyzakloceniowego}
  {$I-};
  repeat
    gotoxy(46,14);
    readln(zak);
    b:=ioresult;
    if b<>0 then
       begin
         write(#7);
         gotoxy(46,14);
         clreol;
       end;
  until b=0;
  {$I+};
  if ((zak<1) or (zak>n)) then
     begin
```

```
        write(#7);
        gotoxy(46,14);
        clreol;
      end;
until (zak>0) and (zak<n);
gotoxy(1,16);
write('PODAJ CZAS ZAKLOCANIA (1 - ',n,'):      ');
repeat                  {wprowadzenie czasu zaklocania}
  {$I-};
  repeat
    gotoxy(46,16);
    readln(t_z);
    b:=ioresult;
    if b<>0 then
       begin
         write(#7);
         gotoxy(46,16);
         clreol;
       end;
  until b=0;
  {$I+};
  if ((t_z<1) or (t_z>n)) then
     begin
       write(#7);
       gotoxy(46,16);
       clreol;
     end;
until (t_z>0) and (t_z<n);
gotoxy(1,18);
write('PODAJ WARIANT ZAKLOCANIA (1 - 20):      ');
repeat                  {wprowadzenie wariantu zaklocania}
  {$I-};
  repeat
    gotoxy(46,18);
    readln(w);
    b:=ioresult;
    if b<>0 then
       begin
         write(#7);
         gotoxy(46,18);
         clreol;
       end;
  until b=0;
  {$I+};
  if ((w<1) or (w>20)) then
     begin
       write(#7);
       gotoxy(46,18);
       clreol;
```

```
     end;
until (w>0) and (w<21);
l_obsl:=0;                {liczba obsluzonych)
s:=0;                     {laczny czas obslugi polaczen - parametr roboczy)
sr_obsl:=0;               {sredni czas obslugi polaczenia)
  for i:=1 to l_ab do {zerowanie tablicy obslugi)
    for j:=1 to 2 do
        t_obs[i,j]:=0;
for i:=1 to l_kol do  {zerowanie tablicy kolejki)
    for j:=1 to 4 do
        t_kol[i,j]:=0;
for i:=1 to l_ab do   {zerowanie tablicy zaklocen)
    begin
      t_zak[i,j]:=0;
      t_zak[i,2]:=w;
    end;
sek:=0;                   {czas systemowy)
repeat
  k:=0;
  x:=0;
  y:=0;
  for i:=1 to l_ab do {zerowanie tablicy roboczej)
      t_rob[i]:=0;
  j:=1;
  repeat
    if t_obs[j,2]>0 then    {przygotowanie do losowania:)
       t_rob[j]:=1;         {przegladanie tablicy obslugi)
    j:=j+1;
  until j>l_ab;
  j:=1;
  if t_kol[1,1]>0 then
     begin
       repeat
         k:=t_kol[j,1];
         if t_rob[k]=0 then      {przygotowanie do losowania:)
            t_rob[k]:=1;         {przegladanie tablicy kolejki)
         j:=j+1;
       until (t_kol[j,1]=0) or (j>l_kol);
     end;
     k:=0;
     j:=1;
     for i:=1 to l_ab do         {przygotowanie do losowania:)
         begin                   {obliczenie ilosci abonentow)
           if t_rob[i]<>0 then   {realizujacych lub oczekujacych)
              k:=k+1;            {na polaczenie (k))
         end;
     if k<l_ab then              {czy mozna losowac ?)
        begin
          los:=los+1;
```

```
x1:=0;
x2:=0;
randomize;
x1:=random(l_ab-k)+1; {losowanie abonenta nr 1}
k:=0;                 {wywolujacego}
for j:=1 to l_ab do
    begin
      if t_rob[j]=0 then
         k:=k+1;
      if k=x1 then
         begin
           x1:=j;
           j:=l_ab;
         end;
    end;
x2:=random(l_ab)+1;   {losowanie abonenta nr 2}
while x2=x1 do        {wywolywanego}
      x2:=random(l_ab)+1;
j:=l_kol;             {czy abonent nr 2 jest w kolejce}
while (t_kol[j,1]=0) and (j>1) do
      j:=j-1;
j:=j+1;
repeat
  if (x2=t_kol[j,1]) or (x2=t_kol[j,2]) then
     begin
       x:=1;      {zgloszenie wylosowanej pary}
       y:=j;      {do oczekiwania w kolejce}
       j:=1;      {zapis parametrow}
     end;
  j:=j-1;
until j<1;
if x=1 then
   begin
     if (t_kol[y,4]+tr)<=da then
        begin
          j:=1;
          while (t_kol[j,1]>0) and (j<=l_kol) do
                j:=j+1;
          if j<l_kol then
             begin
               t_kol[j,1]:=x1;  {wpisanie wylosowanej pary}
               t_kol[j,2]:=x2;  {do oczekiwania w kolejce}
               t_kol[j,3]:=1;
               t_kol[j,4]:=t_kol[y,4]+tr;
             end
             else
             begin
               t_kol[j,1]:=x1;  {kolejka jest juz pelna !}
               t_kol[j,2]:=x2;
               t_kol[j,3]:=1;
               t_kol[j,4]:=t_kol[y,4]+tr;
               x:=2;
             end;
```

```
            end;
          end
          else
          begin
            if t_qbs[x2,2]>0 then {abonent nr 2 realizuje juz inne placzenie}
              begin
                if (t_kol[y,4]+tr)<=da then
                  begin
                    j:=1;
                    while (t_kol[j,1]>0) and (j<=l_kol) do
                          j:=j+1;
                    if j<=l_kol then
                      begin
                        t_kol[j,1]:=x1;  {wpisanie wylosowanej pary}
                        t_kol[j,2]:=x2;  {do oczekiwania w kolejce}
                        t_kol[j,3]:=1;
                        t_kol[j,4]:=t_obs[x2,2];
                      end
                      else
                      begin
                        x:=2;            {kolejka jest juz pelna !}
                      end;
                  end;
              end
              else
              begin
                t_obs[x1,1]:=1;  {wpisanie wylosowanej pary}
                t_obs[x1,2]:=tr; {do realizacji w tablicy obslugi}
                t_obs[x2,1]:=1;
                t_obs[x2,2]:=tr;
              end;
          end;
      end
      else
      begin
        x:=3;             {nie mozna losowac}
      end;
  repeat
    sek:=sek+1;           {nastepne losowanie}
    writeln(plik,sek:6,'#',l_obsl/2:6:0,'#',(l_obsl/2)/sek:1:6,'#',sr_obsl:4:(
    gotoxy(1,21);
    writeln('CZAS SYSTEMOWY');
    gotoxy(1,22);
    write(sek);
    clreol;
    if (sek mod zak)=0 then  {losowanie zaklocenia}
       begin
         j:=random(l_ab)+1;
         t_zak[j,1]:=t_z;    {wpisanie do tablicy zaklocen czasu zakl.}
```

```
      t_zak[j,2]:=w;      {wpisanie do tablicy zaklocen wariantu zakl.)
   end;
for j:=1 to l_ab do
    begin
      if (t_zak[j,1]>0) and ((t_zak[j,2] mod w)=0) then
         begin
           z1:=t_obs[j,1];
           for j:=1 to l_ab do
               if t_obs[j,1]=z1 then
                  begin
                    t_obs[j,1]:=0; {zaklocanie w tablicy obslugi)
                    t_obs[j,2]:=0;
                  end;
         end;
    end;
for i:=1 to l_ab do
    begin
      if (t_zak[i,1]>0) and ((t_zak[i,2] mod w)=0) then
         begin
           z1:=i;
          for j:=1 to l_kol do
               begin
                 if (z1=t_kol[j,1]) or (z1=t_kol[j,2]) then
                    begin
                      for m:=1 to 4 do    {zaklocanie w tablicy kolejki)
                          t_kol[j,m]:=0;
                          r:=j;
                      repeat
                        r:=r+1;
                        if t_kol[r,1]>0 then
                            for m:=1 to 4 do
                                t_kol[r-1,m]:=t_kol[r,m]
                            else
                            r:=l_kol+1;
                      until r>l_kol;
                    end;
               end;
         end;
    end;
for j:=1 to l_ab do
    if t_zak[j,1]>0 then
       t_zak[j,1]:=t_zak[j,1]-1;
for j:=1 to l_ab do
    begin
      if t_obs[j,2]>0 then     {aktualizaja parametrow)
         begin                 {w tablicy obslugi)
           t_obs[j,2]:=t_obs[j,2]-1;
           if t_obs[j,2]=0 then
               begin
                 l_obsl:=l_obsl+1;
                 s:=s+t_obs[j,1];
                 sr_obsl:=s/l_obsl;
```

```
                    t_obs[j,1]:=0
                  end
                  else
                  t_obs[j,1]:=t_obs[j,1]+1;
              end;
        end;
      j:=0;
      repeat
        j:=j+1;
        if t_kol[j,1]>0 then
          begin
            t_kol[j,4]:=t_kol[j,4]-1;    {aktualizacja parametrow}
            t_kol[j,3]:=t_kol[j,3]+1;    {w tablicy kolejki}
          end
          else
          j:=l_kol+1;
      until j>l_kol;
        if t_kol[1,3]>0 then
          begin
            if t_kol[1,4]<=0 then  {oczekujaca para w tablicy kolejki}
              begin                {przechodzi do tablicy obslugi}
                x1:=t_kol[1,1];
                x2:=t_kol[1,2];
                y:=t_kol[1,3];
                t_obs[x1,1]:=y;
                t_obs[x1,2]:=tr;
                t_obs[x2,1]:=y;
                t_obs[x2,2]:=tr;
                for i:=1 to 4 do
                    t_kol[1,i]:=0;
                    j:=2;
                    repeat
                      for i:=1 to 4 do
                          begin   {przesun w tablicy kolejki o 1}
                            t_kol[j-1,i]:=t_kol[j,i];
                            t_kol[j,i]:=0;
                          end;
                      j:=j+1;
                    until (t_kol[j,1]=0) or (j=l_kol+1);
              end;
          end;
        if t_kol[l_kol,3]<>0 then   {czy kolejka dalej jest pelna}
          begin
            x:=2;
           end
           else
           x:=0;
    until x<>2;              {wykonuj dopoki kolejka jest pelna}
until sek>n;                 {wykonuj dopoki nie wyczerpano}
                             {czasu systemowego}
```

```
writeln;
writeln(plik,'########################################');
writeln(plik,'WSPOLCZYNNIK SPRAWNOSCI WYNOSI: ',((l_obsl/2)/(los-l_ab+1))*100:3:6,'%');
writeln('WSPOLCZYNNIK SPRAWNOSCI WYNOSI: ',((l_obsl/2)/(los-l_ab+1))*100:3:6,'%');
writeln(plik,'WSPOLCZYNNIK OBSLUGI WYNOSI: ',tr/sr_obsl*100:3:6,'%');
writeln('WSPOLCZYNNIK OBSLUGI WYNOSI: ',tr/sr_obsl*100:3:6,'%');
write(#7);
readln;
close(plik);
end.                          {koniec}
```

Załącznik 7

TABELA PARAMETRÓW SYSTEMÓW RRL

System / własności	LIRSAC	SCRA	GSM	NMT	MSE	CELLSWITCH	AMPS
Rodzaj modulacji fonicznej	CVSD	CVSD	LPC+LTP+RPE Wokoder z predykcją	F3E	CVSD	F3E	F3E
Wykorzystywane pasmo	69,250-72,200	2 pasma w zakresie	890-915	453-457,5	80-90	800-960	825-845
Częstotliwości [MHz]	78,950-81,900	225-300	935-960	463-467,5			870-890
Odstęp dupleksowy	9,7 MHz		45 MHz	10 MHz		45 MHz	45 MHz
Odstęp międzykanałowy	50 kHz	25/12,5 kHz	200 kHz	25 kHz	50 kHz	12,5 kHz	30 kHz
Ogólna liczba kan. dypl.	59	50 (100)	124	190	63	256	666
Moc stacji bazowej	20 W	240 (120)W		50W	20W	50	100W
Moc RA	20 W	20W		15W	20W		6,3W
Promień komórki	20-25 km	15 km	15 km	40 km	8		8 mil
Krotność SB	9	6/12			9	6	
Przepływność cyfrowa	19,2 kb/s	16 kb/s	22,8 kb/s		19,2 kb/s		10 kb/s
Zabezp. protekcyjne	ARQ		kod Viterbiego				BCH
Czas nawiązania łączności	10sek			1sek			
Rodzaj modulacji	QPSK	QPSK	GMSK		QPSK		
Modulacja sygn. służb.	FSK	FSK		FFSK		FSK	FSK
Czułość odbiornika RA	1uV/14dB			1uV/20dB	1uV/14dB	17uV/12dB	
Dostęp do SB	FDM	SB>RA TDM RA>SB FDM	TDMA	FDM	FDM		FDM
Rodzaj dupleksu	częstotliw.	częstotliw.	częstotliw.	częstotliw	częstotliw.		częstotliw.
Prawdopod. łączn.	0,95	0,9	0,95	0,9	0,95		

TERMINOWOŚĆ Q%

Zn%	10,00	15,00	20,00	25,00	30,00	40,00	50,00	60,00
II	60,40	52,30	47,85	45,34	43,17	41,90	39,00	31,00
IIIA	65,48	60,10	54,40	51,02	46,72	43,08	39,95	31,03
IIIB	65,50	60,30	54,30	51,20	46,80	43,10	40,00	31,50

Wynik symulacji komputerowej sieci KRL DZ

ŚREDNI CZAS WYMIANY Tsr min

Zn %	10,00	15,00	20,00	25,00	30,00	40,00	50,00	60,00
II	11,10	10,10	9,64	8,79	8,50	8,32	8,53	7,77
IIIA	19,76	15,20	14,30	13,49	12,98	12,47	11,64	9,85
IIIB	19,80	15,40	14,40	13,80	13,00	12,50	11,70	9,90

EFEKTYWNOŚĆ WYMIANY INFORMACJI Ew %

Zn %	10,00	15,00	20,00	25,00	30,00	40,00	50,00	60,00
II	59,00	55,02	53,03	52,10	51,00	43,08	39,90	31,03
IIIA	62,10	56,00	54,70	53,90	51,60	45,70	42,00	34,50
IIIB	71,30	67,00	62,10	60,80	56,20	54,00	44,50	35,40

ZAŁOŻENIA

- czas trwania : 10000 s;
- il. abonentów : 30 na jedną stację bazową;
- długość kolejki : 21;
- średni czas między zakłóceniami : t_{oz}=10 min;
- średni czas trwania zakłócenia : t_{trz}=15 min;
- średni czas wymiany inf. t_r=2 min ;
- natężenie od jednego abonenta a=0,2 Erl;

TERMINOWOŚĆ Q%

toz	1,00	1,50	2,00	4,00	10,00	20,00	40,00	60,00
II	21,33	21,50	22,73	27,57	39,02	47,78	50,97	50,74
IIIA	22,22	21,31	24,74	27,80	41,24	49,87	52,34	53,34
IIIB	46,06	46,81	46,33	47,05	49,91	53,63	53,96	54,92

ŚREDNI CZAS WYMIANY INFORMACJI

toz	1,00	1,50	2,00	4,00	10,00	20,00	40,00	60,00
II	5,27	5,39	5,64	5,92	7,78	10,86	11,49	11,67
IIIA	5,40	5,31	5,60	6,00	8,35	12,62	14,89	16,25
IIIB	13,31	13,48	13,51	13,86	15,37	16,50	16,60	17,00

WSKAŹNIK FUNKCJONOWANIA SIECI

toz	1,00	1,50	2,00	4,00	10,00	20,00	40,00	60,00
II	56,90	55,59	53,09	50,59	38,51	29,72	27,59	26,09
IIIA	55,45	56,43	53,53	49,41	35,90	23,75	20,13	18,45
IIIB	22,53	22,25	22,20	21,64	19,51	18,17	17,80	17,60

TERMINOWOŚĆ Q%

Erl	0,02	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60
II	98,70	52,70	39,80	29,10	22,80	19,90	17,40	15,30
IIIA	99,00	63,00	43,50	31,60	25,20	21,40	17,70	15,50
IIIB	86,00	52,40	41,10	31,90	25,20	21,40	17,70	15,50

ŚREDNI CZAS WYMIANY INFORMACJI

Erl	0,02	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60
II	9,70	11,50	13,20	12,90	12,70	12,40	11,90	11,40
IIIA	9,90	15,60	17,70	16,70	15,50	14,90	13,80	13,10
IIIB	13,50	16,60	18,20	18,70	18,60	19,20	19,20	19,30

WSKAŹNIK FUNKCJONOWANIA SIECI

Erl	0,02	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60
II	61,80	51,90	45,50	46,50	47,00	48,30	50,10	52,50
IIIA	60,60	38,40	34,00	35,80	38,60	40,00	43,40	45,80
IIIB	44,50	36,20	33,00	32,10	32,10	31,10	31,10	30,40

ZAŁĄCZNIK 9

PROGRAM KOMPUTEROWY DO OBLICZEŃ Z WYKORZYSTANIEM MODELU L+N

```
 1 GOTO 18' DEF FN fs(s) = EXP(-5*s^2)
 2 FOR s=0 TO 3 STEP 0.2
 3 PRINT s;FN fs(s)
 5 NEXT:END
 18 '
 20 DIM zera(50),tabc(51,5),tab2(51,5),as(51),amd(51),sigay(5)
 30 first=1
 90 b$=CHR$(7):a$=CHR$(13)
 120 REM ============== F u n k c j a  ==============
 130 'DEF FN FF(Sd)=EXP(-(Sd-(20 * LOG10(M)))^2/(2*SIG*SIG))  * 2*  (as/(2*10^(sd/10)))^as * s^(2*as-1) * EXP(-as*s/(2*10^(sd/10)))

 132 DEF FN FF(Sd) = s/10^(sd/10) * EXP(-s*s/(2*10^(sd/10))) * EXP(-(Sd-Md)^2/(2*SIG*SIG))
 135 DEF FN fs(s) = EXP(-5*s*s)
 140 REM ====== O K R E S L  O K N A,  K O L O R Y  ========
 155 MODE 1
 160 WINDOW#1,1,40,1,1:WINDOW#2,1,40,2,21:WINDOW#3,1,40,22,25
 162 WINDOW#4,1,40,1,10' uzywane bylko w 1915 i 1929
 164 WINDOW #0,1,40,1,3
 170 x0=100:y0=120:ORIGIN x0,y0
 172 szer=600-x0 ' szerokosc okna w pixelach
 174 wys =250 ' wysokosc okna graficznego
 176 szer5=szer/5 : wys5=wys/5
 200 INK 0,0:INK 1,15:INK 2,26:INK 3,9:INK 4,21:BORDER 0
 210 PAPER#1,0:PAPER#2,0:PAPER#3,0
 220 PEN#1,1:PEN#2,3:PEN#3,3
 222 CLS#1:CLS#3
 225 first=1:ile=9:kroke=2:m=1:ilp=ile-1 :ile=ile:mu=-30:mo=10:xu=mu:xo=mo
 226 DEF FN f(x)=tabc((ile-1)*(mo-x)/(mo-mu)+1,isig)' stablicowana wartosc calki
 230 GOSUB 2200' read isigm,sigay;  amd(im) := punkty z przedzialu (mu, mo)
 235 ' ***** G L O W N A  P E T L A  O B L I C Z E N I O W A  ******                    ( wskok z 1470 po 1 serii obliczen
 )
 240 CLS#1:CLS#3
 241 PRINT#1,"
     G R A F I K A  F U N K C J I"
 242 op=2
 244 PRINT#3,"czy zmazac wykres ?"
 246 zmaz$=UPPER$(INKEY$):IF zmaz$="" THEN 246
 247 IF zmaz$ = "T" THEN CLS#2
 251 PRINT#3,"czy rysowac siatke ?"
 252 rr$=UPPER$(INKEY$):IF rr$="" THEN 252
```

```
255 'INPUT#3,"podaj ms";ms: GOSUB 2500 ' oblicz gamma(ms)
256 ' 255 rem 15.12.87 do liczenia calki podwojnej
260 REM
272 PRINT#3,"czy wczytac wykresy z dysku ?"
274 w$=UPPER$(INKEY$):IF w$="" THEN 274
276 IF w$="T" THEN LOAD "wykresy.ekr" : GOTO 1400
280 PRINT#3,"czy wczytac obliczone calki ?"
282 t$=INKEY$:IF t$="" THEN 282
284 IF t$="t" THEN GOSUB 3200 : GOTO  315
290 REM
292 PRINT#3,"czy  tablicowac ?"
295 t$=UPPER$(INKEY$):IF t$="" THEN 295
300 IF t$="T" THEN GOSUB 1400 'oblicz i stablicuj calke dla ila=9 wartosci xd '  ila=41 stosunkow s/m
302 DEF FN f(x)=tabc((ila-1)*(xo-x)/(xo-xu)+1,isig)' stablicowana wartosc calki
303 '+++ DEF FN f(x)=tabc(ilp*(xo-x)/(xo-xu)+1,isig)' stablicowana wartosc calki
304 ' (xu,xo) --> (1-ils)
306 PRINT#3,"czy skladowac obliczone calki ?"
307 t$=INKEY$:IF t$="" THEN 307
308 IF t$="t" THEN GOSUB 3000
315 '+++PRINT#3,"czy scalkowac jeszcze raz ?"
317 '+++t$=UPPER$(INKEY$):IF t$="" THEN 317
319 '+++IF t$ ="T" THEN GOSUB 2400 ELSE  DEF FN f(x)=tabc(ilp*(xo-x)/(xo-xu)+1,isig)
321 'IF t$ ="T" THEN GOSUB 2400 ELSE  DEF FN f(x)=tabc((ila-1)*(xo-x)/(xo-xu)+1,isig)
325 GOTO 450' zakres funkcji (xu,xo) oraz ilosc punktow ustalony w linii 225
327 PRINT#3,"      Prosze  podac  zakres  badanej funkcji"
360 INPUT#3,"      dolna granica x :";xu
380 INPUT#3,"      Gorna granica x :";xo
390 IF xu<xo THEN 420
400 CLS#3:PRINT#3,"         Dane graniczne falszywe !!";b#
410 FOR i=1 TO 2000:NEXT i:CLS#3:GOTO 327
420 INPUT#3,"w ilu punktach liczyc funkcje";ilp
430 xo=xo : xu=xu : xs=(xo-xu)/ilp
480 CLS#3
485 'IF first=0 THEN 1070' ELSE 960
500 PRINT#3,"      Czy maximum i minimum ";
510 PRINT#3,"      funkcji jest znane t/n  ?"
515 zach$=""
520 z$=INKEY$:IF z$="n" OR z$="N" THEN 610
530 IF z$<>"t" AND Z$<>"T" THEN 520
540 CLS#3
550 PRINT#3,"Czy zachowac stare wartosci max i min:":PRINT#3,ma;mi
553 zach$=UPPER$(INKEY$):IF zach$="T" THEN GOTO 580
555 IF zach$="" THEN 553
560 INPUT#3,"Prosze podac maksimum funkcji   ";ma
570 INPUT#3,"Prosze podac minimum  funkcji   ";mi
```

```
580 IF ma >= mi THEN 960
590 CLS#3:PRINT#3,"        Min/Max-dane falszywe !!";b$
600 FOR i=1 TO 1000:NEXT i:CLS#3:GOTO 560
610 PRINT#3," Min/Max- jest liczone."
630 PRINT#3," Prosze chwile poczekac....."
640 ma=-1.7E+38 ' min real
650 mi= 1.7E+38 ' max real
655 FOR isig=1 TO isigm
660 FOR i=xu TO xo STEP xm
670 z=FN f(i)
680 ma=MAX(ma,z):mi=MIN(mi,z)
690 NEXT i
695 NEXT isig
710 ' ###### pisanie wartosci przy osiach wspolrzednych
720 REM
960 IF first = 1 THEN first = 0 : GOTO 970
965 IF (zach$="T" AND  zmaz$<>"T") THEN GOTO 1050
970 dy=(ma-mi)/5
985 TAG #2
990 FOR j = 0 TO 5
1000 y=mi+j*dy
1010 MOVE -x0,j*wys5:PRINT#2,USING "##.######";y;
1020 MOVER -64,0:PRINT#2,"    ";
1030 MOVE -x0,j*wys5-20:PRINT#2,USING "######";y;:MOVER -96,0:PRINT#2,"   ";
1040 NEXT j
1041 j=0
1042 ilp5=ilp/5:FOR i=0 TO ilp STEP ilp5
1043 z = xu + i * xm
1044 MOVE j*szer5-40,-10:PRINT#2,USING"##.######";z;
1045 MOVE j*szer5+40,-10:        PRINT#2,"    ";
1046 MOVE j*szer5-40,-30:       PRINT#2,USING "######";z;
1047 MOVE j*szer5-40,-30:        PRINT#2,"   ";
1048 j = j + 1
1049 NEXT i ' rysowanie siatki ( 1050-1051 ) i kresek na osiach
1050 IF rr$<>"T" THEN GOTO 1060 ELSE FOR i=0 TO 10:MOVE 0,i*wys5/2:DRAWR szer,0,1:NEXT i
1051 FOR i=0 TO 20:MOVE i*szer5/4,0:DRAWR 0,wys,1:NEXT i
1053 FOR i=0 TO szer STEP szer5:MOVE i,0:DRAWR 0,8,3:NEXT i
1054 FOR i=0 TO wys  STEP wys5 :MOVE 0,i:DRAWR 8,0,3:NEXT i
1060 ' ======== Przygotowanie do kreslenia wykresu =========
1062 CLS#3:PRINT#3," Wykres funkcji w zakresie [";xu;",";xo;"]"
1063 PRINT#3," Maximum funkcji : ";ma
1065 PRINT#3," Minimum funkcji : ";mi
1070 REM ############ rysowanie wykresu ##############
1080 REM
1085 vz1 = 1 / (ma-mi)
```

```
1085 ' ############ Glowna petla obliczen ( linie 1087-1235 ) ##########          ( 1 wykres dla kazdego ISIG, seria wykresow na 1 r
ysunku po wyjsciu z petli )
1087 FOR isig=1 TO isiga
1088 sig = sigay(isig)
1090 gp=gp MOD 3 + 1:GRAPHICS PEN gp
1092 nz=1 : a = FN f(xu)
1095 z=wys$(FN f(xu)-ai)$vzl:PLOT 0,z
1100 x=xu
1110 FOR j=1 TO ilp
1115 x=x+xa
1120 z=FN f(x) : ix = szer * j/ilp : iz = wys * (z-ai)$vzl
1130 IF (a)=0 AND z(=0) OR (a<0 AND z)=0) THEN zera(nz)=i:nz=nz+1
1140 IF nz>50 THEN nz=50:CLS#3:PRINT#3,"Mozna zapamietac nie wiecej niz";nz;"miejsc zerowych."
1150 a=z
1170 IF iz < 0 THEN PRINT b$; : iz=0 ELSE IF iz > wys THEN PRINT b$; : iz=wys
1180 DRAW ix,iz
1200 NEXT j
1235 NEXT isig' #### z linii 1087 ####
1237 GOTO 1390
1240 PRINT#3," Aby podac miejsca zerowe nacisnij dowolny klawisz"
1250 IF INKEY$="" THEN 1250
1260 REM
1280 dz=0
1300 CLS#3:PRINT#3,"      przyblizone miejsca zerowe      .";
1310 FOR i=1 TO nz
1320 PRINT#3,"        ";i;". miejsce zerowe :";zera(i)
1330 IF i MOD 4 <> 0 THEN NEXT i
1340 PRINT#3,"      dalej - dowolny klawisz "
1350 IF INKEY$="" THEN 1350
1380 NEXT i
1390 PRINT#3,"Dalej - nacisnij dowolny klawisz"
1395 IF INKEY$="" THEN 1395
1397 CLS#3
1400 REM
1410 PRINT#3,"   Nowe obliczenia"
1420 PRINT#3,"   nowa Funkcja"
1425 PRINT#3,"   wykres na dysk lub na Drukarke"
1430 PRINT#3,"   Koniec "
1440 z$=UPPER$(INKEY$):IF  z$="K" THEN 1420
1450 IF  z$="F" THEN 1520
1452 IF z$= "S" OR z$ = "D" THEN CLS#3:LINE INPUT#3,"podaj date";dat$:CLS#3:PRINT#3,dat$':  PRINT#3,"as=   ";as:PRINT#3,"sigma=";sig
```

```
1455 IF z$= "S" THEN SAVE "wykresy.ekr",b,&C000,&4000
1457 IF z$="O" THEN GOSUB 4000:GOTO 1397
1460 IF  z$<>"N" THEN 1440
1470 GOTO 240
1480 MODE 2:INK 0,0:INK 1,21:BORDER 0:END
1520 MODE 2:INK 0,0:INK 1,9:BORDER 0
1560 PRINT"  Przy pomocy (copy-Cursor) (Shift+Control) wprowadz nowa funkcje."
1570 PRINT"  Nowy start przy pomocy  run lub goto 120 ":PRINT
1590 LIST 132:LOCATE 12,4
1610 END
1650 REM 16-TO PUNKTOWA KWADRATURA GAUSSA
1690 REM DOKLADNA DLA WIELOMIANOW  DO 31-GO STOPNIA
1700 REM W LINII 132 FN FF(Sd) JEST FUNKCJA PODCALKOWA
1740 REM DEF FN FF(Sd)=(S/(10^(Sd/10)))*EXP(-PI*S*S/(43(10^(Sd/10))))*EXP(-(Sd-(20    * LOG10(M)))^2/(2*SIG*SIG))

1744 '+++ DEF FN FF(Sd)=EXP(-(Sd-(20 * LOG10(M)))^2/(2*SIG*SIG))  * 2*  (as/(2*10^(sd/10)))^as * s^(2*as-1) * EXP(-as*s*s/(2*10^(sd/
10)))
1745 DEF FN FF(Sd) = s/10^(sd/10) * EXP(-s*s/(2*10^(sd/10))) * EXP(-(Sd-Ms)^2/(2*SIG*SIG)) ' = linia 132
1750 DATA 0.494700467,0.013576230
1760 DATA 0.472287512,0.031126762
1770 DATA 0.433815601,0.047579256
1780 DATA 0.377702204,0.062314483
1790 DATA 0.309938122,0.074797594
1800 DATA 0.229068369,0.084578260
1810 DATA 0.140801775,0.091301708
1820 DATA 0.047506155,0.094725305
1830 DATA 0, 0.2, 0.5, 0.7, 1, 1.2, 1.5, 2, 2.5, 3
1833 DATA 12,6,3,1, 0.5,1.77245385, 1,1, 3,2, 9,362880
1835 GOSUB 2200
1840 FOR isig = 1 TO isigm
1843  sig = sigmy(isig)
1848  sd1 = -2.5*sig : sd2 = 2.5*sig
1889 '+++ m=1
1898  CLS#3:PRINT#3," Tablicowanie calek"
1890 '+++ FOR is = 1 TO ils
1892 '@@@@ FOR im = 1 TO ilm
1900 '@@@@ md = mmd(im) '+++  s = ss(is)
1902  poes=0
1905  FOR is = 1 TO ils '@@@@ STEP kroks
1906  md=mmd(is) '@@@@@@
1907    s=ss(is)
1910    GOSUB 1970 ' Zz := calka z FF po sd
1914 '@@@@   poes = poes + FN fs(s) * Zz
1915 '@@@@   PRINT#4,"s=";s;" MD=";md;"suma=";poes
1916 '@@@@ NEXT is
1917 '@@@@ poes = poes * (so-su)/(ils-1) ' calka po s od -2.5*sig d
```

```
                                                                  o 2.5*sig
1918 '@@@@ tabc(ia,isig) = poes / SQR(8*PI*sig*sig)
1920   tabc(is,isig) = Zz '+++@@@@
1925   LOCATE#3,1,2: PRINT#3,is;" wartosc calki dla sigma=";sig;" = "
1927 '  PRINT#3," F(";s;"/";m;") = ";Zz;SPACE$(10)
1929  PRINT#3," F( md=";md;") = ";tabc(is,isig);SPACE$(10):CLS#4
1930 NEXT is '+++ @@@@
1935 '@@@@ NEXT ia
1940 NEXT isig:RETURN
1950 REM
1960 REM procedura calkowania ##################################################
1970 AA=0.5*(Sd2+Sd1)
1980 BB=Sd2-Sd1
1990 YY=0: RESTORE 1750
2000 FOR I1=1 TO 8
2010  READ W1,W2
2020  CC=W1*BB
2030  YY=YY+W2*(FN FF(AA+CC)+FN FF(AA-CC))
2040 NEXT I1
2050 RESTORE 1750
2060 YY=BB*YY
2070 '+++Zz=YY*(1/(2*PI*sig*sig))^0.5 / gamma
2072 Zz = YY ' * (1/(8*PI*sig*sig))^0.5   w linii 1918
2090 RETURN
2099 REM
2100 REM drukowanie wartosci calki ##########################################
2110 PRINT"WARTOSC CALKI OD Sd0= ";Sd1;
2120 PRINT"DO Sd0= ";Sd2;"WYNOSI ";YY;" z =";Zz
2130 RETURN
2200 REM nadanie wartosci s i sigma ##########################################
2205 '+++ isigm=5 : ilgam = 4
2207 isigm=4 ' na razie, potem 5
2209 so=1.01 : su = 0.01
2210 RESTORE 1833:FOR isig = 1 TO isigm:READ sigma(isig):NEXT isig
2215 '+++ FOR gam=1 TO ilgam: READ asy(gam),gamma(gam):NEXT gam
2220 FOR is=1 TO ils : ss(is)= su+(is-1)*(so-su)/(ils-1)  : NEXT is
2230 FOR ia=1 TO ila : mod(ia)= au + (ia-1)*(ao-au)/(ila-1) :NEXT ia':PRINT ia;mod(ia) : NEXT ia
2250 RETURN
2399 ' ##########################################################################
2400 REM obliczenie tab2(is,isig)=calka od 0 do ss(is) z FF(s) ds  oraz          przedefiniowanie funkcji f
2405 PRINT b$
2410 tab2(1,1)=0 : deltas = (so-su)/ilp
2420 FOR isig=1 TO isigm
2440  FOR is =2 TO ils
```

```
2450  tab2(is,isig) = tab2(is-1,isig) + deltas * tabc(is,isiga+1-isig)
2460 NEXT:NEXT
2465 DEF FN f(x)=tab2(ilp%(xo-x)/(xo-xu)+1,isig)' stablicowana wartosc calki
2470 RETURN ' ..............................
2490 DEF FN f(x)=tabc(ilp%(xo-x)/(xo-xu)+1,isig)' stablicowana wartosc calki
2495 RETURN ' ##########################################################################
2500 ' Oblicz Gamma(as)
2510 IF as=0.5 THEN gamma=SQR(PI):RETURN
2512 gamma=1 : FOR am=1 TO as-1 : gamma = gamma * am: NEXT
2515 'PRINT"as,gamma(as)=";as,gamma
2520 RETURN
2999 '#################################################
3000 REM skladowanie wartosci calek z tablicy tabc
3005 INPUT#3,"podaj nazwe zbioru, w ktorym zapiszemy calki";z$
3010 OPENOUT z$
3020 FOR isig=1 TO isiga
3030  FOR ia = 1 TO ila
3040  WRITE#9,tabc(ia,isig)
3050  NEXT ia
3060 NEXT isig
3070 CLOSEOUT
3080 PRINT#3,"wartosci calek skladowane do zbioru     "+z$
3090 RETURN
3199 '#########################
3200 REM pobranie wartosci calek z tablicy tabc
3205 INPUT #3,"podaj nazwe zbioru z calkami";zb$
3210 OPENIN zb$
3220 FOR isig=1 TO isiga
3230  FOR ia = 1 TO ila
3240  INPUT#9,tabc(ia,isig)
3242 ' tabc(1,isig)=0
3243 ' PRINT#2,isig;is;"sigma=";sigma(isig);"s=";ss(is);tabc(is,isig)
3250  NEXT ia
3260 NEXT isig
3270 CLOSEOUT
3280 PRINT#3,"wartosci calek skladowano do zbioru"+zb$
3290 RETURN ' ##################################################
3300 REM testowe nadanie wartosci tablicy tabc
3320  FOR isig=1 TO isiga
3330 FOR ia = 1 TO ila
3340 tabc(ia,isig)=(isiga+1-isig)!ia!ia
3350 NEXT ia
3360 NEXT isig
3380 PRINT#3,"nadano testowe wartosci tabc"
3390 RETURN
3399 ' ########################################################
```

```
4000 PRINT #8,CHR$(27);CHR$(51);CHR$(21)
4002 REM hardcopy by fiolet's coop - zrzut ekranu na drukarke
4003 RESTORE 4010: u=0
4004 REM call &a000
4006 FOR i=&A000 TO &A0BF
4008 READ byte:POKE i, byte:u=u+byte:NEXT
4010 DATA &cd,&ba,&bb,&cd,&e7,&bb,&32,&bd
4012 DATA &a0,&cd,&4c,&a0,&21,&5f,&01,&22
4014 DATA &be,&a0,&11,&00,&00,&3e,&07,&32
4016 DATA &c0,&a0,&cd,&7c,&a0,&0e,&00,&3a
4018 DATA &c0,&a0,&47,&e5,&d5,&c5,&cd,&f0
4020 DATA &bb,&c1,&d1,&21,&bd,&a0,&be,&e1
4022 DATA &37,&20,&01,&a7,&cb,&11,&2b,&2b
4024 DATA &10,&e9,&cd,&af,&a0,&79,&cd,&a6
4026 DATA &a0,&13,&e5,&21,&7f,&02,&37,&ed
4028 DATA &52,&e1,&38,&05,&2a,&be,&a0,&18
4030 DATA &cc,&23,&7c,&b5,&c8,&2b,&11,&00
4032 DATA &00,&22,&be,&a0,&3e,&07,&bd,&20
4034 DATA &b9,&7c,&b4,&20,&b5,&3e,&04,&32
4036 DATA &c0,&a0,&18,&ae,&3e,&1b,&cd,&a6
4038 DATA &a0,&3e,&41,&cd,&a6,&a0,&3e,&07
4040 DATA &cd,&a6,&a0,&c9,&e5,&3e,&42,&cd
4042 DATA &1e,&bb,&e1,&28,&02,&e1,&c9,&3e
4044 DATA &0d,&cd,&a6,&a0,&3e,&0a,&cd,&a6
4046 DATA &a0,&3e,&1b,&cd,&a6,&a0,&3e,&4c
4048 DATA &cd,&a6,&a0,&3e,&7f,&cd,&a6,&a0
4050 DATA &3e,&02,&cd,&a4,&a0,&c9,&cd,&2e
4052 DATA &bd,&38,&f6,&cd,&2b,&bd,&c9,&3a
4054 DATA &c0,&a0,&fe,&07,&c8,&af,&cb,&11
4056 DATA &cb,&11,&cb,&11,&c9,&00,&00,&00
4058 IF u<>23767 THEN RETURN
4060 u=0
4062 FOR i=&A100 TO &A162
4064 READ byte:POKE i,byte:u=u+byte:NEXT
4066 DATA &cd,&78,&bb,&22,&64,&a1,&cd,&11
4068 DATA &bc,&17,&32,&63,&a1,&21,&01,&01
4070 DATA &22,&66,&a1,&3a,&63,&a1,&47,&0e
4072 DATA &14,&c5,&e5,&cd,&75,&bb,&e1,&cd
4074 DATA &60,&bb,&c1,&38,&02,&3e,&20,&cd
4076 DATA &58,&a1,&e5,&c5,&3e,&42,&cd,&1e
4078 DATA &bb,&c1,&e1,&20,&1c,&24,&0d,&20
4080 DATA &e9,&10,&dc,&3e,&0d,&cd,&58,&a1
4082 DATA &3e,&0a,&cd,&58,&a1,&2a,&66,&a1
4084 DATA &2c,&22,&66,&a1,&7d,&fe,&1a,&20
4086 DATA &c2,&2a,&64,&a1,&cd,&75,&bb,&c9
```

```
4088 DATA &c5,&cd,&2e,&bd,&38,&fb,&cd,&31
4090 DATA &bd,&c1,&c9
4092 IF u<>11873 THEN RETURN
4094 CALL &4000
4096 RETURN '????
4999 GOSUB 5000:GOTO 4999
5000 INPUT n:j=1:FOR i=2 TO n : j=j*i:NEXT:PRINT n;"!=";j:RETURN
```


Zakład Metalurgii Proszków Akademii Górniczo-Hutniczej

BIBLIOTEKA GŁÓWNA AKADEMII
Nr inw. 54830
Akademii Ogrodniczej