

# VYUŽITIE DIGITÁLNYCH MODELOV TERÉNU PRE PODPORU PLÁNOVANIA RÁDIOVÉHO SPOJENIA V PÁSMACH VKV A UKV

plk. Ing. Martin MARKO, CSc., kpt. Ing. Marián BABJAK, PhD.

mjr. Ing. Milan GOTTSTIEN, PhD.

Fakulta zabezpečenia velenia, Vojenská akadémia v Liptovskom Mikuláši

## 1. ÚVOD

V pásmach VKV a UKV je dosah rádiokomunikačných systémov výrazne limitovaný vplyvom terénu na šírenie rádiových vln. Pre automatizáciu plánovania a riadenia spojenia v týchto pásmach je potrebné použiť nejakú formu informácií o teréne vhodnú pre počítačové spracovanie.

V tomto príspevku sú, po stručnom úvode venovanom digitálnym modelom terénu a histórii vývoja v oblasti ich využitia pre plánovanie spojenia, prezentované výsledky vývoja v tejto oblasti, ktoré boli dosiahnuté na Katedre rádiokomunikačných systémov Fakulty zabezpečenia velenia Vojenskej akadémie v Liptovskom Mikuláši. Záver je venovaný diskusií problémov spojených s rozvojom tejto oblasti v spojení s Vojenským informačným systémom o území.

## 2. DIGITÁLNE INFORMÁCIE O TERÉNE

Prvým digitálnym modelom terénu bol digitálny model reliéfu prvej generácie (DMR-1). Jeho elementom je charakteristická nadmorská výška štvorca so stranou 1 km. Poloha každého štvorca je určená kódom jeho juhozápadného rohu. Sieť štvorcov zodpovedá sieti pravouhlých súradníc systému S-1942/83.

Digitálny model reliéfu druhej generácie (DMR-2) [1] obsahuje informáciu o nadmorskej výške reliéfu rastru 100 x 100 m. Je organizovaný do súborov, obsahujúcich 10 000 16-bitových slov, binárne vyjadrujúcich nadmorskú výšku, t.j. celočíselné hodnoty výšok v štvorci 10 x 10 km. Pre územie SR je týchto súborov 617, t.j. 12 MB dát.

Digitálny model územia (DMÚ-200) [2] obsahuje informácie o geografických objektoch s rozlišovacou úrovňou a stupňom generalizácie topografickej mapy mierky 1:200 000. Základné dáta sú rozčlenené do 7 vrstiev: reliéf, vodstvo, sídla, komunikácie, vedenia, hranice, pôdny a rastlinný kryt. Dáta sú organizované ako body, línie a oblasti s viac či menej podrobným popisom. Uložené sú vo forme textových súborov pre oblasti mapových

listov mierky 1:100 000. Vzhľadom na uvedený systém uloženia dát a chyby v týchto dátach (nenadväzujúce vektory línií a oblasti a pod.) je práca s takouto bázou dát veľmi obtiažna a zdĺhavá. Pre územie Slovenskej republiky je DMÚ-200 tvorené 444 textovými súbormi, t.j. 18 MB dát.

Programové dielo PALCÁT bolo prvým programovým dielom pre plánovanie spojenia využívajúcim digitálne informácie o teréne. Predstavovalo súhrn programov pre plánovanie rádioreléových sietí. Programové dielo bolo výsledkom práce niekoľkých generácií absolventov VKVŠ, čo sa odrazilo v nekompaktnosti celého diela a problémoch s jeho inštaláciou. Priame prevzatie programového diela nebolo vhodné a bolo potrebné vytvoriť nové, kompaktnejšie programové dielo pre potreby spojovacieho vojska armády SR tak, aby prevzalo klady programového diela PALCÁT.

V roku 1992 bolo na Katedre rádiokomunikačných systémov vytvorené programové dielo nazvané TERÉN. Jedná sa o súbor programov PROFIL, VÝHLAD, HELPTOPO a MAPA. Program PROFIL umožňuje užívateľovi zobrazenie terénneho profilu medzi dvoma zvolenými bodmi s vykreslením spojnice antén, prvej Fresnelovej zóny pre dolnú a hornú frekvenciu frekvenčného pásma rádioreléového prostriedku. Súčasne podáva informáciu o azimute a nadmorských výškach celej trasy. Program VÝHLAD umožňuje zobrazenie rádiovej viditeľnosti zo zvoleného stanoviska vo zvolenej kruhovej výseči v zadanom azimute a vzdialenosti. Program HELPTOPO poskytuje užívateľovi základné služby spojené so spracovaním súradníc, ako prepočty pravouhlých súradníc systému S-1942/83 medzi poludníkovými pásmi tak i ich prepočet na zemepisné súradnice a na základe zadaných súradníc určenie mapového listu v mierke topografickej mapy 1: 25 000, 1: 50 000, 1: 100 000 a 1: 200 000. Program MAPA umožňuje dvojrozmerný pohľad na digitálny model reliéfu s optickým rozlíšením jednotlivých výškových úrovní pre výber vhodných terénnych dominánt. Umožňuje v dynamickom prepojení s programom PROFIL rýchly výber vhodných rádioreléových trás s kontrolou terénneho profilu.

K ďalšiemu pokroku došlo v roku 1996, kedy na základe požiadavky VLSTÚ v Košiciach boli na Katedre rádiokomunikačných systémov započaté práce na programe pre určovanie dosahov rádionavigačných prostriedkov Λ SR. Výsledkom bol program DOSAHY a úprava dát DMR-2 a DMÚ-200 do novej štruktúry, umožňujúcej rýchlejší prístup k dátam.

Pri návrhu novej štruktúry dát DMR-2 a DMÚ-200 sa vychádzalo zo skutočnosti, že informácia o nastavbových prvkoch reliéfu predstavuje len sekundárnu informáciu pre používateľa, ktorá nahrádza prácu s mapovými podkladmi. Pre zobrazenie tejto informácie a výpočty je postačujúca informácia o prítomnosti určitej vrstvy na danej súradnici.

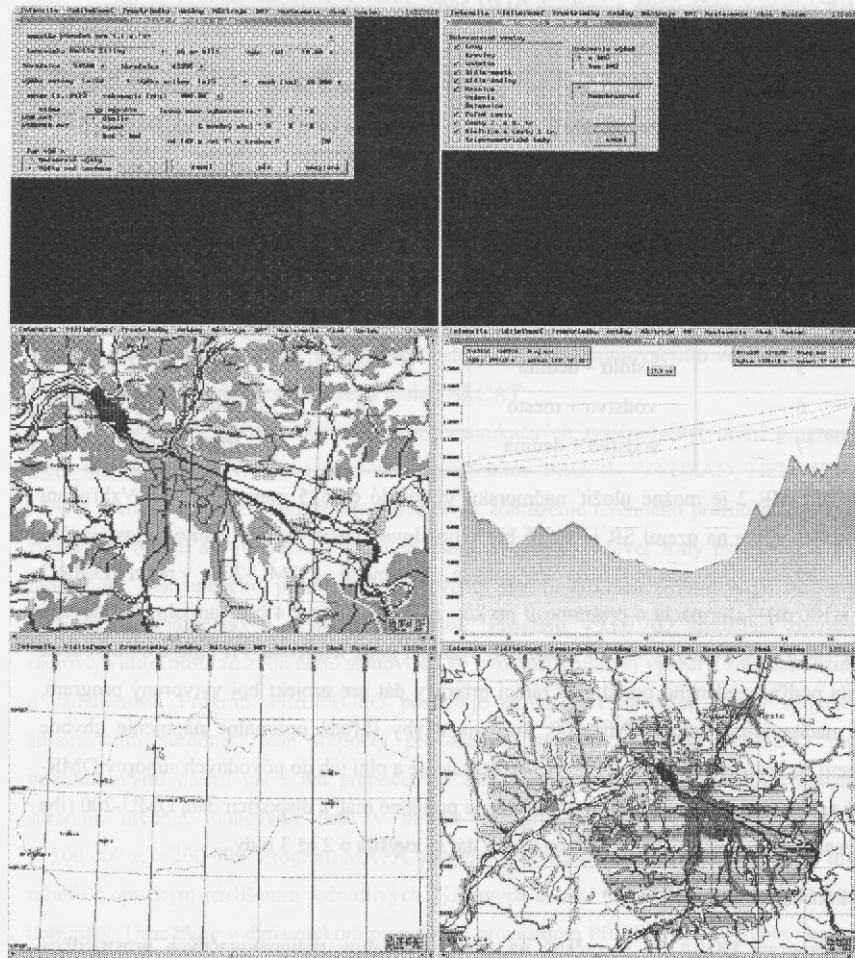
Tab.1. Kódovanie informácie o prvkoch DMÚ-200 v 4 bitoch s najvyššou významnosťou v upravenom DMR-2

Dekadická hodnota 4 bitového slova	Prvok DMÚ-200	Dekadická hodnota 4 bitového slova	Prvok DMÚ-200
0	žiadny	8	hranice
1	les	9	vodstvo + hranice
2	zakrslý les,krovie,sady	10	vysokonap. vedenie
3	vodstvo	11	železnice
4	sídlo mestského typu	12	poľné cesty
5	sídlo – dedina	13	cesty 2. a 3. triedy
6	vodstvo + mesto	14	cesta 1.triedy, diaľnica
7	vodstvo + dedina	15	trigonometrický bod

V DMR-2 je možné uložiť nadmorskú výšku do 65 535 metrov ( $2^{16}-1$ ). Vzhľadom k najvyššej výške na území SR je zo 16 bitového slova využitých len 12 bitov. Zostávajúce 4 bity sme využili pre uloženie niektorých informácií z DMÚ-200 v rastri DMR-2 (100 x 100 m). Informácia o prítomnosti prvkov z DMÚ-200 je v 4 bitovom slove kódovaná podľa Tab.1. Z uvedených vrstiev môže byť v danom bode len jedna. Pri plnení bola použitá priorita podľa uvedeného poradia. V rámci prípravy dát pre projekt bol vytvorený program, ktorý načíta informácie z DMÚ-200, koriguje chyby (hľadá optimálne napojenie chybné naplnených vektorov), filtruje a rasterizuje tieto údaje a plní ich do pôvodných súborov DMR-2. Pre samotný aplikačný program potom nie je potrebné mať k dispozícii dáta DMÚ-200 (iba upravené dáta DMR-2) a rýchlosť zobrazenia dát sa zvýšila o 2 až 3 rády.

### 3. PROGRAM „DOSAHY“

Program DOSAHY je určený na analýzu dosahov rádionavigačných prostriedkov pracujúcich predovšetkým v 1. a 2. leteckom pásme a pre oblasť Slovenskej republiky. Program je možné využiť aj pre iné rádiové prostriedky vo frekvenčnom pásme 100 až 3000 MHz. Pre výpočet intenzity elektromagnetického poľa v mieste príjmu je použitá metóda určenia súčiniteľa zoslabenia na základe analytického vyjadrenia [3, 4].



Obr. 1. Ukážky výstupov programu DOSAHY

Program DOSAHY umožňuje (obr.1) :

- zobrazit' informácie z upraveného DMR-2 (informácie o nadmorských výškach, informácie o vybraných nadstavbových prvkoch reliéfu);
- zobrazenie užívateľom definované užívateľské vrstvy, popisy miest, dedín, štátnych hraníc SR, obrysov a názvov krajských miest;
- identifikáciu miest a dedín;
- podporuje vstup a výstup súradníc v troch súradnicových formátoch (S42/83 -

3.zobrazovací pás, S42/83 -4.zobrazovací pás, zemepisná dĺžka a šírka);

- definovanie databáz rádiových prijímačov a vysieláčov;
- plnenie a zobrazenie smerových charakteristík použitých antén;
- výpočet rozloženia intenzity elektromagnetického poľa vysielача;
- ak je definovaný prijímač, určenie časovej pravdepodobnosti zabezpečenia spojenia;
- určovanie priamej rádiovkej viditeľnosti, voľnosti minimálnej Fresnelovej zóny a voľnosti 1. Fresnelovej zóny zo zvoleného stanoviska;
- organizovať výsledky výpočtov a analýz vo forme databáz,
- zobrazenie a analýzu terénneho profilu medzi dvomi zvolenými bodmi;
- zobrazenie jedného alebo viacerých výsledkov výpočtov súčasne s možnosťou ich vizuálneho rozlíšenia a ich identifikácia;
- analyzovať plošné pokrytie oblasti sústavou vysieláčov,
- podpora výstupu výsledkov vo formáte A4 alebo v mierkach topografických máp 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000 a 1:1 500 000 na ploter, 9 alebo 24 ihličkovú tlačiareň, na laserovú alebo atramentovú tlačiareň.

Program môže byť prevádzkovaný na počítači s nasledujúcim minimálnym hardvérom:

- procesor 386 a vyššie,
- 4 MB RAM (16 MB optimálne),
- SVGA grafická karta s minimálnym rozlíšením 640 x 480 x 256 farieb,
- disková kapacita 15 MB,
- pracuje pod operačným systémom MS DOS.

#### 4. PROGRAM „RRLNET“

V roku 1997 boli na Katedre rádiokomunikačných systémov započaté práce na riešení vedeckej úlohy „Optimalizácia systémov rádiového a rádioreléového spojenia Armády SR“. Úloha je zameraná na návrh a realizáciu programového nástroja umožňujúceho vytvoriť integrovaný systém pre podporu projektovania rádiokomunikačných systémov pre Armádu SR. Úloha je interne rozdelená na päť častí:

- výber formy digitálneho modelu terénu a optimalizácia štruktúry dát vzhľadom na kapacitu dát, výškovú presnosť a rýchlosť spracovania;
- podpora projektovania rádioreléových a troposferických sietí;
- podpora projektovania VKV a UKV rádiových sietí a hromadných rádiových sietí;
- podpora riešenia elektromagnetickej kompatibility;

- podpora frekvenčného plánovania a správy frekvenčného spektra.

Výsledkom riešenia vedeckej úlohy by malo byť modulárne programové dielo umožňujúce plánovanie a projektovanie rádiového a rádioreléového spojenia v pásmach VKV a UKV, frekvenčné plánovanie a správu frekvenčného spektra pre uvedené pásma. Hlavným cieľom je výrazne automatizovať proces plánovania spojenia na všetkých stupňoch velenia, čo sa prejaví hlavne v zväčšení efektívnosti využitia spojovacej techniky a vo zvýšení flexibility celej spojovacej sústavy. Presentovaný program pre podporu projektovania rádioreléových sietí RRLNET (obr.2) je dielčím výsledkom riešenia tejto úlohy.

Samotný problém plánovania a navrhovania rádioreléového spojenia je veľmi obsiahly a preto je nutné rozdeliť túto činnosť na postupnosť úkonov, ktoré sa skladajú z niekoľko častí:

- 1.) výber vhodných stanovišť v teréne a zadávanie prevádzkových údajov;
- 2.) návrh topológie siete (RRLS) a overenie možnosti spojenia;
- 3.) návrhu kanálového prepojenia;
- 4.) spracovanie potrebnej dokumentácie o navrhovanej RRLS.

#### 1.1. Výber vhodných stanovišť v teréne

Digitálne informácie o teréne zohrávajú dôležitú úlohu hlavne pri výbere vhodných stanovišť. Táto úloha je pomerne zložitá tiež preto, že topológie RRLS môžu byť rôzne. Navrhovaná RRLS môže byť zložitou sieťou veľkého rozsahu s mnohými odbočeniami kanálov k iným komunikačným prostriedkom, ale môže to byť tiež jednoduché spojenie medzi dvomi bodmi.

Z pohľadu voľby vhodných stanovišť pre umiestnenie RRL staníc v teréne musíme zabezpečiť, aby na trase medzi dvoma RRL stanicami neboli terénne prekážky. Pri manuálnom návrhu RRLS predstavuje táto časť časovo náročnú úlohu, pretože je potrebné zostrojiť terénne profily. Automatizáciou tejto činnosti môžeme ušetriť veľmi veľa času.

Rádioreléové spojenie sa uskutočňuje z bodu do bodu. Je charakteristické značnou smerovosťou antén a umiestňovaním rádioreléových pojítok na vhodné terénne vyvýšeniny, kopce alebo na miesta, kde sa nachádzajú aj civilné rádiové a rádioreléové prostriedky.

Súčasne je nutné podotknúť, že umiestnenie staníc na tieto miesta prináša značnú zraniteľnosť spojovacích prostriedkov, hlavne vo zvýšenej bojovej pohotovosti alebo v bojovom konflikte. V bojovej situácii tiež vzniká väčšia požiadavka na množstvo

rádioreléových spojení, ktoré sú ovplyvnené konkrétnou bojovou situáciou. Práve táto situácia ovplyvňuje rozmiestnenie prostriedkov, pritom sa nemusí umiestňovať prostriedok na vyvýšeniny, ale môže sa umiestniť v dolinách alebo na zakrytom úbočí hôr.

Výber týchto rozmiestnení možno automatizovať použitím DMR-2. Takáto automatizácia výrazne zvýši pružnosť a rýchlosť prípravy – plánovania rádioreléového spojenia a umožní veliteľom a štábom účinne riadiť rádioreléové spojenie aj pri vysokej dynamike bojovej činnosti.

Návrh rádioreléového spoja začína voľbou stanovišť bez ohľadu na to akú funkciu bude stanica zabezpečovať. Pri tom je potrebné zohľadniť možnosť využitia externých zdrojov energie, príjazdové komunikácie, blízkosť osád, železnice, vysokonapäťové vedenia a pod.. Aj keď problém výberu vhodného stanovišťa je značne zložitý a nie je možné ho plne automatizovať s využitím DMR-2, je možné vybrať niekoľko vhodných miest pre umiestnenie staníc.

Výber najvhodnejšieho stanovišťa pre spojenie medzi viacerými rádioreléovými stanicami je veľmi zdĺhavý. Výber stanovišťa môže byť realizovaný niekoľkými spôsobmi:

- 1.) Programový prostriedok predstavuje klasický spôsob výberu vhodného stanovišťa. Užívateľ môže informácie o uzloch alebo stanicách mať predpripravené, vyčítať z topografickej mapy popri prípade pomocou zobrazených údajov na monitore a zadať tieto údaje o uzloch a stanicách do databázy s ich bližším popisom, určením a základnými prevádzkovými údajmi atď.. Pri predpoklade opätovného rozmiestnenia stanice v budúcnosti na to isté miesto je možné tieto informácie uložiť do databázy dominant. Opätovné použitie týchto dominant užívateľovi v konečnom dôsledku uľahčí a urýchli prácu pri výbere vhodného stanovišťa v budúcich návrhoch RRLS.
- 2.) Prostriedok umožňuje užívateľovi zvoliť oblasť, kde sa bude nachádzať navrhované umiestnenie rádioreléovej stanice. Oblasť pre umiestnenie môže byť zadaná ako kruh alebo ako polygón. K zadanej oblasti je nutné zadefinovať minimálne jednu vzťažnú stanicu. Vzťažná stanica v kruhovej oblasti je predstavovaná stredom kruhovej oblasti. Tento spôsob sa využije pri hľadaní vhodného stanovišťa v blízkosti stredu pre umiestnenie profajšej stanice. V prípade zadania polygónu môže byť zadaná jedna alebo viac vzťažných staníc. Hlavné využitie je pri hľadaní vhodného stanovišťa pre umiestnenie retranslačnej stanice vzhľadom k vzťažným stanovišťom na smere alebo v malej oblasti. Vzťažná stanica môže byť zadaná z topológie siete, z databázy dominant alebo ako ľubovoľný bod z mapy. Zároveň je nutné zadať výšku antény v

počítanej oblasti a tak isto i výšku antény vo vzťažnom bode - stanovišti. Po zadani potrebných informácií je realizovaný výpočet. Tento výpočet je vykonávaný z bodu (v zadanej oblasti) do bodu (vzťažného). V prípade, že sú zadane dve a viac vzťažných staníc, je výpočet realizovaný z jedného bodu zo zadanej oblasti do vzťažných bodov. Z toho vyplýva že výpočet je realizovaný po smere. V tomto smere je implementovaný algoritmus pre overenie voľnosti 1. Fresnelovej zóny. [1,2,3] Po výpočte oblasti si užívateľ túto oblasť môže uložiť do databáz spolu so vzťažnými stanovišťami.

3.) Prostriedok umožňuje užívateľovi zadeňovať minimálne jednu vzťažnú stanicu. Vzťažnou stanicou sa v tomto prípade rozumie umiestnenie rádioreleovej stanice v teréne, ktorá je považovaná ako stacionárna. Vzťažná stanica môže byť zadana z topológie siete, z databázy dominant alebo ako ľubovoľný bod z mapy. Zároveň je nutné zadať výšku antény v každom vzťažnom bode - stanovišti. Po zadani vzťažných stanovišť užívateľ vloží hľadaný bod - stanovište. Následne po vložení hľadaného stanovišťa sa zobrazia profily k vzťažným bodom. Posúvaním hľadaného stanovišťa sa automaticky obnovuje profil k zmeneným súradniciam. V profiloch je zobrazená spojnica vysielacej a prijímacej antény, prvá a minimálna Fresnelova zóna. Po nájdení vhodného stanovišťa je možné uložiť informácie o hľadanom bode, vzťažných bodov a smeroch medzi nimi do navrhovanej rádioreleovej siete – projektu do databáz.

## 1.2. Návrh topológie siete (RRLS) a overenie možnosti spojenia

Následne po výbere vhodných stanovišť, zadani informácií o uzloch a staniaciach môže užívateľ prístupit' k definovaniu rádioreleových skokov a návrhu topológie siete. [7,8] Prístup k tvorbe topológie siete možno riešiť dvoma spôsobmi :

1.) Program predstavuje klasický spôsob projektovania rádioreleovej siete. Užívateľ použije informácie o uzloch a staniaciach, ktoré si predtým zadal štandardnou metódou výberu vhodných stanovišť. Vyberie uzol a k nemu podriadenú stanicu, analogicky k vybranej stanici vyberie prot'ajšiu stanicu. Týmto spôsobom môže užívateľ zadávať ďalšie rádioreleové smery a tým vytvoriť požadovanú RRLS.

2.) Pri prípadnom použití niektorých uložených údajov v databázach preverených smerov alebo vypočítaných oblastí je možné za istých predpokladov tieto podklady využiť pre tvorbu novej topológie siete. Základný predpoklad pri použití týchto údajov je, že musia byť použité rovnaké rozmiestnenia vzťažných staníc alebo vybraného smeru. Užívateľ musí údaje bližšie špecifikovať na súčasnú požiadavku na skok alebo topológiu siete.



### 1.3. Návrh kanálového prepojenia

Po skončení tvorby topológie siete je možné pristúpiť k tvorbe kanálového prepojenia. Nutným predpokladom pre použitie prostriedku je zadanie vstupných požiadaviek. Vstupné požiadavky v tomto prípade znamenajú požiadavky na jednotlivé relácie so svojim číslom relácie, počiatočným a koncovým uzlom, druhom prevádzky atď. Až po zadaní aspoň jednej relácie je možné využiť prostriedok kanálového prepojenia.

Tento prostriedok umožňuje automaticky navrhnuť kanálové prepojenie. To značí optimálne navrhnuť cestu kadiaľ budú vedené relácie z počiatočného do koncového uzlu. Pritom treba brať ohľad na kapacitu RRL skoku, ktorá je určená konkrétnym použitím rádioreléovým prostriedkom a požadovanou rezervou na jednotlivých rádioreléových skokoch.

### 1.4. Spracovanie potrebnej dokumentácie o navrhovanej RRLS

Slúži ako základný podklad pre jednotlivé obsluhy RRL staníc. Vo výstupnej dokumentácii sú obsiahnuté základné informácie súvisiace s konkrétnym spojovacím uzlom a jemu podriadených rádioreléových staníc, smeroch, reláciách atď..

Výstupná dokumentácia o navrhovanej RRLN, ktorá môže obsahovať :

- ❖ schému navrhovanej RRLS, ktorá obsahuje informácie o topológii, o jednotlivých RRLs, atď. v grafickej a tabuľkovej forme;
- ❖ prehľad relácií v tabuľkovej forme;
- ❖ prevádzkové údaje pre jednotlivé RRLs a obsahujúce informácie o hlavných a záložných frekvenciách, azimutoch pre smerovanie antén, polarizáciu, volacie znaky, atď.;
- ❖ nariadenie pre smer s kanálovým prepojením;

Ak sa zmenia požiadavky na RRLN, program je schopný v krátkom čase navrhnuť nové kanálové prepojenie. Toto umožňuje veľmi rýchlu rekonfiguráciu RRLN podľa situácie a veľmi rýchlu zmenu topológie RRLN v prípade výpadku jednej alebo viacerých RRLN.

Program je vyvíjaný v Delphi Pascale a pracuje pod operačným systémom Microsoft Windows 95 alebo Microsoft Windows NT.



zaradenia tejto problematiky do štúdijských programov jednotlivých špecializácií v rámci vysokoškolského štúdia. Požiadavka takéhoto riešenia je v dnešnej dobe viac než intenzívna. Množstvo finančných prostriedkov investovaných do vývoja a realizácie VISÚ je príliš veľké nato, aby bol využívaný iba úzkou skupinou špecialistov.

Druhá skupina problémov je spojená s otázkami prípravy programových produktov pracujúcich v rámci VISÚ. Len ťažko si je predstaviť využitie informačného obsahu geografických dát bez existencie programových prostriedkov umožňujúcich používateľom všetkých druhov vojsk riešiť problémy vhodného nasadenia bojovej techniky a plánovania bojovej činnosti. Preto je zarážajúce, že s vedecko-pedagogickou kapacitou Vojenskej akadémie sa vo VISÚ nepočíta. Ťažko si je totiž predstaviť vývoj takýchto programových prostriedkov bez existencie vývojových softvérových nástrojov a hardvérových prostriedkov.

Vzhľadom na vyššie uvedené plánujeme v budúcnosti rozvíjať problematiku automatizácie plánovania rádiového a rádioreléového spojenia na báze programového balíka MapObjects firmy ESRI. Rozhodnutie pre MapObjects určené je hlavne finančnými problémami. Takéto riešenie nie je síce optimálne, ale v súčasnej dobe najlacnejšie. Oveľa efektívnejšie by bolo vytvoriť nástroje pre analýzy v procese plánovania rádiového a rádioreléového spojenia a riešenie otázok elektromagnetickej kompatibility ako rozšírenie systému ArcInfo, čím by sa riešenie týchto problémov presunulo zo strany používateľov na stranu vysoko výkonných serverov. Takéto riešenie však je v dnešnej dobe nereálne vzhľadom na obrovské finančné náklady spojené so získaním vývojových nástrojov.

## 6. LITERATÚRA

- [1] Smernice pre užívateľov projektu "Digitálny model reliéfu", FMO, Praha, 1990.
- [2] Dokumentácia DMU - 200.
- [3] BORODIČ, S. V.: Spravočník po radiorelejnej svjaz, Radio i zvjaz, Moskva, 1984.
- [4] KLIMA, J.- KLIMEŠ, J.: Výpočet intenzity elektromagnetického poľa v pásmach VKV a UKV, NADAS, Praha, 1988.
- [5] GOTTSTEIN, M.: Způsoby zvýšení spolehlivosti stálé radioreléové sítě, budované na bázi radioreléového komplexu TEMPO. Kandidátská dizertačná práca, Vojenská akadémia, Liptovský Mikuláš, 1993.
- [6] ADAMJAK, PIROH: VISÚ Konečný projekt, Topografický ústav Armády SR, Banská Bystrica, 1997.