

AUTOMATIZACE PLÁNOVÁNÍ PŘESUNŮ

Major Miroslav Škop,

nadporučík Jan Červinka, promováný matematik



Dosavadní metody práce štábů při plánování a řízení přesunů s využitím zastaralých pomůcek jsou málo efektivní a časově příliš náročné. Řízení přesunů mnohdy pak ztroskotává na nedostatku informací o jeho průběhu.

Dosavadní experimentální práce prokázaly možnost a efektivnost využití samočinných počítačů pro plánování a řízení přesunů, jako jedné z činností štábů, která postupně rozšířená na plánování a řízení všeho pohybu v zájmové oblasti může vytvořit ucelenou oblast v perspektivním systému automatizace ve velení vojskům.

Jeden ze základních úkolů mechanizace a automatizace plánování přesunu je správně zplánovat přesuny na velké vzdálenosti za složitých podmínek přesunu (zničené mosty, osady, složitá radiální situace, zamořené prostory) a doručit tento úkol podřízeným jednotkám.

Plánování přesunů ovlivňují tyto faktory:

- **úkol** stanovený velitelem a zpracovaný štábem,
- **jednotky** — řízený objekt, tj. proudy vozidel charakterizované názvem nebo číslem, které mají určitou délku, složení a pochodovou rychlost,
- **prostor** tj. komunikační, železniční nebo vodní síť v prostoru, ve kterém se jednotky přesunují,
- **čas**, ovlivňující jak činnost jednotek, tak i prostor.

Formulace úlohy

Uvedené údaje, které byly podrobeny analýze, byly podkladem pro formulaci úlohy a sestavení komplexního programu.

Úloha byla formulována takto:

Plánování přesunů pomocí samočinného počítače, s možností plnit tyto úkoly:

- vyhledat, zavést a uchovat v paměti počítače údaje o stavu a vytížení komunikační sítě, průběžně doplňovat a pozměňovat;
- na základě vstupních údajů o startu, cíli, době zahájení přesunů a údajů,

uložených v paměti počítače, nalézt optimální osu ze startu do cíle nebo osu podle určení mezicílů a vypočítat základní časové údaje pro průjezd křižovatkami;

— zaneprázdnění křižovatek a spojnic, způsobené plánovaným přesunem, zaznamenávat do paměti počítače a využívat toto při plánování dalších přesunů.

Způsob řešení

Úlohu plánování přesunů pomocí samočinného počítače řešíme komplexním programem.

Komplexní program sestavený jako celek by byl velmi rozsáhlý. V praxi budeme často potřebovat jen jeho určitou část. Proto byl komplexní program sestaven jako soustava podprogramů, spojených navzájem řídicím programem, který na základě zvoleného vstupního parametru určí správný typ úlohy a zapojí do činnosti jen podprogramy, potřebné k řešení daného typu úlohy.

Řídicí program „přidělí“ zpracování těchto vstupních údajů příslušnému podprogramu, který pak vydá výsledky své práce nebo je uloží do paměti, aby je mohly zpracovat jiné podprogramy.

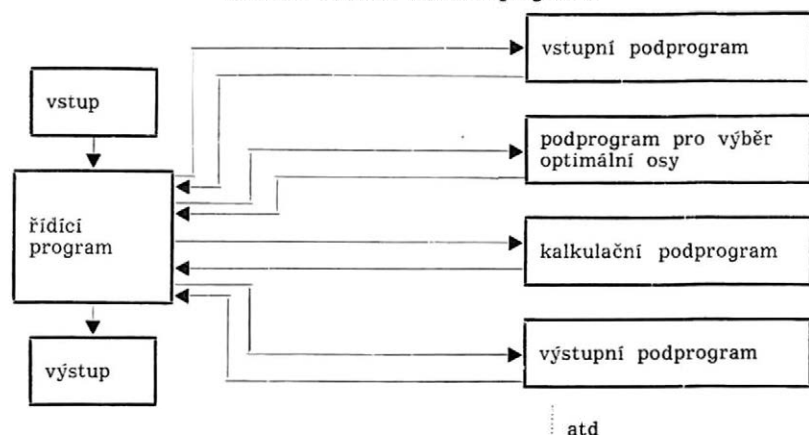
Komplexní program pro plánování přesunů skládá se zatím z 20 podprogramů. Popisovat všechny podprogramy by bylo příliš obsáhlé. Popíšeme proto pouze dva nejdůležitější podprogramy a to výběr **optimální osy** a **časové kalkulace**, které zhruba dají představu o práci celého programu.

Jeden z hlavních podprogramů je podprogram pro výběr optimální osy. Pro tento podprogram bylo použito Dijkstrový metody, která pracuje tak, že po zadání startu a cíle, rozdělí křižovatky do tří skupin:

I. skupina — křižovatky, do nichž už známe nejkratší cestu ze startu,

II. skupina — křižovatky, ze kterých při dalším kroku přidáme některou do skupiny I (tedy křižovatky „sousedící“ s křižovatkou skupiny I.),

Schéma činnosti řídicího programu



III. skupina — ostatní křižovatky.

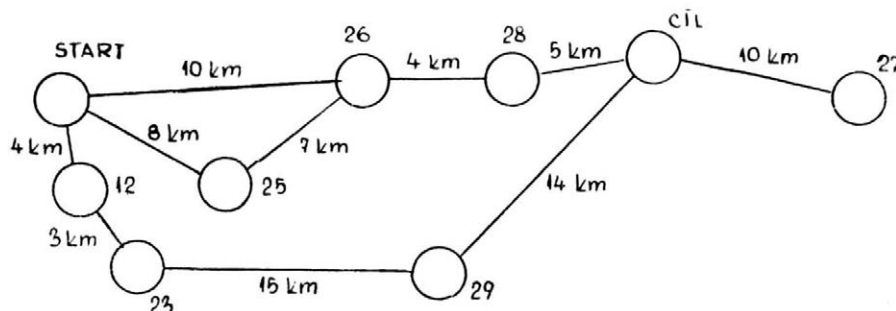
Vycházíme z předpokladu, že ve skupině I je pouze start, ve skupině II křižovatky, do nichž vedou ze startu spojnice a ve skupině III ostatní křižovatky.

Křižovatku ze skupiny II, do které vede nejkratší cesta ze startu, vyjmeleme ze skupiny II a dáme do skupiny I. Křižovatky „sousedící“ s ostatními křižovatkami,

které jsou ve skupině III, dáme do skupiny II.

Není-li právě přidaná křižovatka cílem, opakujeme postup dále. Dospějeme-li až k cíli, najdeme tak posloupnost křižovatek, určující nejkratší cestu do cíle v množině I.

Příklad:



Optimální osu můžeme hledat ze čtyř stanovisek:

1. ohodnocení osy je čas
2. ohodnocení osy je spotřeba PHM
3. ohodnocení osy je radiální situace
4. ohodnocení osy je – log. pravděpodobnosti, že spojnice není uzavřena

Hledat optimální osu jen z jednoho tohoto hlediska není správné. V různých

situacích a při různých prouděch nabývají uvedená kritéria různé důležitosti.

	Skupina I	Skupina II	Skupina III
začátek	start	12, 25, 26	23, 29, 28, cíl, 27
1. krok	start-12	23, 25, 26	29, 28, cíl, 27
2. krok	start-12-23	25, 26, 29	28, cíl, 27
3. krok	start-12, 23 start-25	26, 29	28, cíl, 27
4. krok	start-12-23 start-25 start-26	28, 29	cíl, 27
5. krok	start-12-23 start-25 start-26-28	29, cíl	27
6. krok	start-12-23 start-25 start-26-28-cíl	29, 27	—

O důležitosti a významu jednotlivých kritérií nemůže rozhodnout počítač, ale velitel.

K řešení tohoto úkolu jsme použili tyto údaje:

Tij — čas potřebný k přemístění čela z i-tého uzlu do j-tého uzlu

Hij — množství PHM spotřebované proudem k přemístění čela proudu z i-tého do j-tého uzlu

Rij — ozáření proudu při přemístění z i-tého do j-tého uzlu

Pij — log pij, kde je pravděpodobnost, že spojnice (i, j) nebude uzavřena

$$\rho_{ij} = a T_{ij} + b H_{ij} + c R_{ij} + d P_{ij}$$

Nalezneme-li nyní minimální osu v grafu s ohodnocením ρ , dostaneme osu, která bude optimální (podle volby konstant a, b, c, d) vzhledem ke všem čtyřem kritériím. Pro tuto osu jsou definována jistá čísla.

T — čas potřebný k přemístění ze startu do cíle

H — spotřebované množství PHM

R — celkové ozáření proudu během cesty

P — záporný logaritmus pravděpodobnosti, že proud pojedí plánovanou cestou

Význam konečné hodnoty funkce ρ je pak:

$$\rho = \Sigma(h) = aT + bH + cR + dP$$

takže důležitost jednotlivých kritérií je dána poměry čísel a, b, c, d.

Na několika příkladech ukážeme způsob práce s touto hodnotící funkcí:

1. proud má dojet v co nejkratší době, na ničem jiném nezáleží,

$$a = 1, b = c = d = 0;$$

2. proud má dojet co nejbezpečněji s nejmenším zamořením

$$a = b = 0, c = d = 1;$$

3. přibližně stejná váha se klade na všechna čtyři kritéria

$$a = b = c = d = 1;$$

4. proud má dojet v co nejkratší době, ale tak, aby celkové ozáření nepřekročilo 50 rentgenů

$$a = 1, b = d = 0, c = R > 50$$

Počítač v tomto případě pracuje takto:

a) vyřeší úlohu pro $a = b = c = d$, $c = 1$ a zkusí, zda $R > 50$. Není-li tomu tak, pak úloha nemá řešení.

V opačném případě pracuje takto:

b) vyřeší úlohu pro

$a = 1, b = c = d = 0$;

c) vypočte R a zkusí, zda $R > 50$. Ne-li tomu tak, potom zvětší o 0,1 a opět řeší bod b).

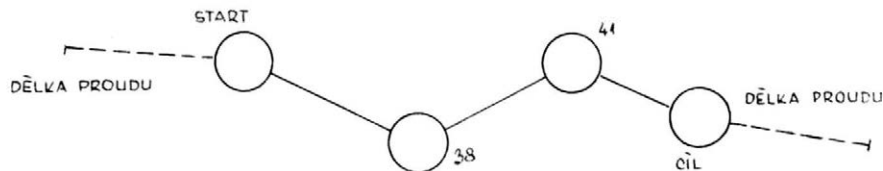
V opačném případě je úloha vyřešena.

Protože počítač nemůže rozhodovat o kritériích, podle kterých hledat optimální osu, byla vypracována tabulka různých kombinací čísel a, b, c, d s vysvětlením významu a velitel se rozhodne pro určitou kombinaci.

Jiné řešení pro výběr optimální osy přesunu

K výběru optimální osy přesunu bylo dříve použito metody „myš v labyrintu“, kterou popisuje pplk. Hradecký ve VM č. 6/62 v článku „Teoretické základy automatizace v oblasti plánování a řízení přesunů“.

Sestavený program byl jednoúčelový (řešil jen určení osy a časovou kalkulaci)



a využíval modifikované metody k hledání cesty v labyrintu, která však nezaručovala optimalitu. Mohlo se totiž stát, že tento algoritmus nešel nejhorší možnou cestou. Program nebyl časově schopen řešit některé situace (předjíždění, zastávky) v souladu se zásadami a předpisy pro organizaci přesunů. Pracovní doba programu byla příliš dlouhá, pro 1 proud až 10 minut. Jeho význam tkví v tom, že jako první ukázal možnosti použití samočinného počítače pro plánování přesunů.

Kalkulační podprogram

Vychází ze situace, kdy je pevně stanovena osa přesunu a řeší časovou kalkulaci přesunu, tzn. vypočítává činnost proudů v jednotlivých časových okamžicích. Kalkuluje v závislosti na pohybu vlastního proudů a respektuje i zane-

prázdňení křižovatek a spojnic od proudů vyšší důležitosti, tzn. že plánuje i možné čekání před křižovatkou neb uvolnění vozovky.

Při sestavování tohoto programu se bral v úvahu charakter komunikační sítě v ČSSR, tj. počítalo se s hustou sítí poměrně krátkých a úzkých spojnic.

Kalkulační podprogram plánuje vždy jen jeden přesun. Potřebné informace má uloženy v paměti ve formě nejrůznějších tabulek.

Pohyb proudů

Přesun pomocí počítače chápeme jako pohyb po spojnici. Přitom před první — počáteční spojnici přidáváme nultou spojnici, která je fiktivní, znázorňuje výchozí prostor (seřadiště), její kvalita v běžných případech je stejná jako kvalita nejhorší spojnice (zadání je možno změnit) a má délku stejnou jako délka proudů. Poslední spojnici je opět fiktivní, představuje rozchodiště a je stejná jako nultá spojnici.

Rychlost čela proudů nemusí odpovídat kvalitě hrany, po které jede čelo. Celý proud se pohybuje takovou rychlostí části proudů, která jede po spojnici s horší kvalitou. Na jedné spojnici se tedy čelo může pohybovat až čtyřmi různými rychlostmi.

Čekání

Zaneprázdněné křižovatky způsobují čekání proudů. K vydání správných a přesných podkladů je třeba dobu čekání vyznačit.

Pod názvem uzlu vytiskne se „ČEKÁNÍ“, vyznačí se vzdálenost za uzlem, z kterého proud vyjel a čas čekání čela proudů.

Příklad

POPRADEK — 18	21.01	21.42	63.8
ČEKÁNÍ	4.6	21.08	21.32

Tabulka čekání je upravena formálně tak, aby doba čekání byla ihned patrná, tzn. vytiskne se mimo sloupce plánovaných příjezdů čela a odjezdů zádě.

Na konci příkladu vyznačí se celková doba čekání.

b) mapu spolu s podprogramy pro hledání optimální osy přesune z vnější paměti do operační.

c) určí optimální osu ze startu do cíle přes všechny dané mezicíle, vyhýbající se zakázaným uzlům.

Zápis spojnice mapy v buňce

[illegible]

Vybraná osa přesunu je zapsána tak, že spojnice následují po sobě v přirozeném pořadí a pro každou spojnici je vyhrazena jedna buňka.

Spojnice je v buňce zapsána takto:

znaménkový bit	1
délka spojnice ve 100 m	12
kvalita spojnice	2
šířka spojnice	1
neobsazené bity	11
čísla uzlu	12

39 bitů.

P o z n á m k a : spojnice může být dlouhá maximálně 409.5 km.

Popis zpracování úloh

a) po zavedení děrné pásky do snímače u samočinného počítače, čtecí podprogram vyčte všechny potřebné údaje o proudu (číslo proudu, kategorie důležitosti, délka proudu, start mezicíle a cíl a čas startu) a příkaz naplánovat celý daný přesun předem s ohledem na zaneprázdnění.

d) přesune z vnější paměti do operační paměti masiv zaneprázdnění, vybere zaneprázdnění, která mají vliv na plánovaný přesun a vytvoří příslušné tabulky,

e) rozepíše spojnice a časovou kalkulaci.

f) vypočte časy odjezdů plánovaného přesunu z křižovek.

g) z vnější do operační paměti převede masív skutečných názvů křížovatek a výstupní podprogram,

h) výstupní podprogram na základě výsledných informací vyděruje plán přesunu v požadovaném tvaru.

i) připraví program pro další úkol.

Vytištění výsledků

Po provedeném průzkumu a analýze byla navržena formální úprava výsledků:

Výpočet přesunů pro jednotlivé proudy

Příklad:

Číslo proudu: 2612

Plánovaný začátek přesunu:

20.00 16. 11. 1964

Skutečný začátek přesunu:

20,00 16. 11. 1964

Konec přesunu:

01,00 17. 11. 1964

Trvání přesunu:

5,00

Osa: Příjezd Odjezd Vzdál.

Brezno — 166 20,00 20,45 15,0

Helpa — 168 21,05 21,35 25,0

Červ. Skála — 169 21,35 22,05 40,0

Švermovo — 170 21,45 22,42 45,0

Švermovo — 171 21,57 22,54 51,0

ČEKÁNÍ: 6,1 22,09 22,36

Vernar — 48 22,38 23,06 58,0

Poprad — 18 23,09 23,35 74,8

Spiš. Štvrtok — 19 23,33 23,59 88,8

Levoča — 25 23,52 00,19 100,0

Sp. Podhradie — 26 00,15 01,00 113,7

Celkové čekání 0,27

Podklady

Podkladem k plánování přesunů pomocí samočinného počítače je:

— požadavek na zplánování přesunů

Soupis klíčů a číselníků:

K práci na počítači bylo nutno sestavit potřebné klíče a číselníky a převést je do kódu stroje.

Klíč je číselná sestava, kterou vyjadřujeme a odlišujeme jistou řadu pojmů. V řešené úloze zahrnujeme mezi tyto pojmy pořadí důležitosti jednotek, kvalitu spojnice a složení proudu.

Číselník je organizační pomůcka ve formě tabulky nebo seznamu, ve které jsou zachyceny pojmy a k nim přiřazené číselné znaky. Tento číselník byl použit pro seznam křížovatek a spojníc v prostoru plánovaného přesunu.

Kód je technický způsob zachycení čísla nebo písmen na děrnou pásku. V našem případě používá se kódu ELLIOTT. Plánování přesunu rozdělujeme na tyto tři základní faktory.

a) **Jednotky** — řízený objekt, chápeme jako proudy s určitým číslem, pořadím důležitosti, délkou a pochodovou rychlostí, závislou na druhu proudu.

Klíč pro kategorizaci jednotek:

Délka proudu v hm	Číslo proudu	Kategor. proudu	Klas. dél.	Čas průjezdu VM					Výchozí místo	Osa přesunu	rozchoďště
				hod.	min.	den.	měs.	rok			
150	2612	1	1	20	00	16	11	1964	Brezno	Červená Skála – Poprad	Spiš. Podhrad.

Tuto tabulku upravíme podle požadovaného pořadí vstupních dat do samočinného počítače.

Číslo proudu:

Určujeme jednomístné až čtyřmístné číslo.

Údaje oper.	Délka proudu v hm	Čís. proudu	Kat. proudu	Klas. dél.	Časové údaje					Počet bodů	Start	Mezicíle čís.						Cíl	Údaje operat.
					hod.	min.	den.	měs.	rok			1.	2.	3.	4.	5.	6.		
75	150	2612	1	1	20	00	16	11	1964	4	166	169	18					26	—15

Po sestavení této tabulky přeneseme údaje do děrné pásky.

- mapový podklad ve formě číselníků křížovatek a spojníc
- programy a podprogramy pro výpočet přesunů.

Pořadí důležitosti:

určujeme podle celkového zámyslu při přesunu v rozmezí čtyř čísel 0, 1, 2, 3.

- 0 — Proudů prvořadě důležitosti, které mají přednost před všemi proudy

(v některých případech přesuny zvláštních jednotek, operační přesuny svazků, odsuny raněných do týlu).

- 1 — Proudý druhohradé důležitosti (taktické přesuny útvarů, druholedových divizí apod.).
- 2 — Proudý třetího pořadí důležitosti (týlové přesuny armád)
- 3 — Proudý s nejnižším pořadím důležitosti (odsuny, týlové přesuny menší důležitosti).

b) **prostor** v němž se vojska pohybují — je dán komunikační sítí, která je složena ze spojnic a křižovatek. Pro potřeby počítače bylo nutno parametrizovat každou spojnici a křižovátku.

Spojnice byly identifikovány

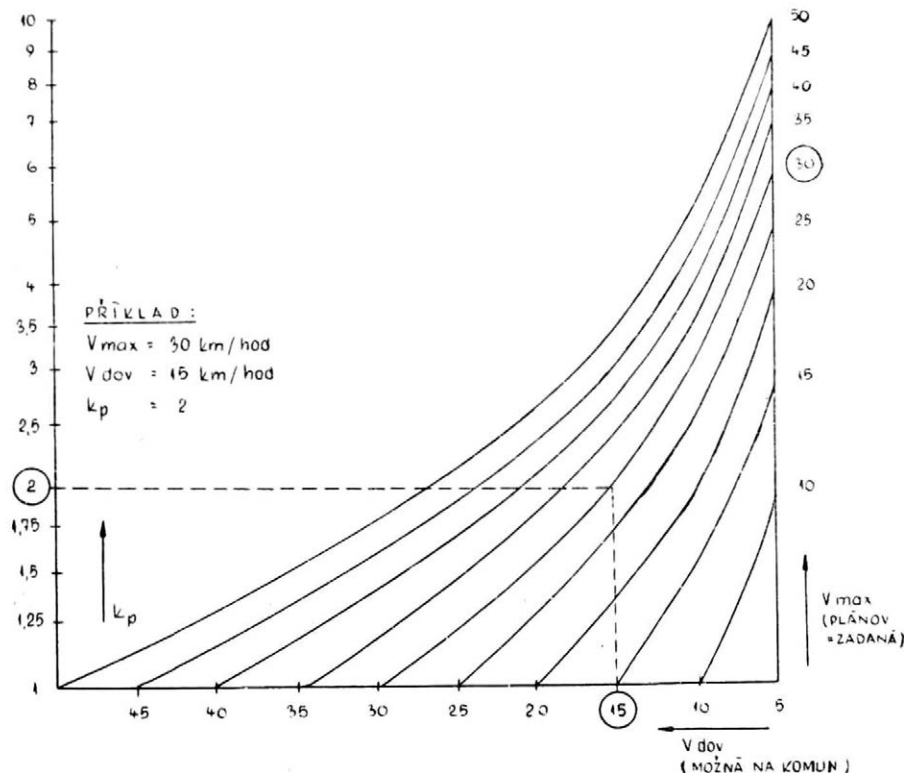
- číslem uzlu, ze kterého spojnici vede a k číslu uzlu kam vede,
- délkou spojnice v hm, měřenou po povrchu komunikace; do délky spojnice

je zahrnuto stoupání, klesání, poloměr a počet zatáček a o to se prodlužuje délka spojnice,

- kvalitou spojnice (rozlišení na 5 kvalit spojnic)
- 0 — nejlepší komunikace, neb vyhrazené pro přesun, dálnice nebo státní silnice 1. třídy
- 1 — silnice 2. třídy — zpevněný povrch
- 2 — okresní silnice bez zpevněného povrchu
- 3 — polní a lesní cesty
- 4 — nesjízdné komunikace.

Křižovatky byly identifikovány číslem uzlu a bližším označením.

Délka proudu je jeden ze základních údajů a je určena předem počtem vozidel a vzdáleností mezi jednotkami a vozidly; zaokrouhluje ji na 100 m. Ve výsledné sestavě je vytištěna ve sloupci vzdál. v prvním řádku.



Pochodovou rychlost stanovíme buď pro každý proud jednotlivě, nebo souhrnně před začátkem plánování na počítači pomocí tabulky neb koeficientu pojízdnosti spojnice.

Pomocí tabulky

40	35	30	25	První část tabulky udá-
35	30	25	20	vá denní rychlosti (4
30	25	25	15	řádky), druhá část ta-
25	20	20	15	bulky udává noční rych-
				losti (4 řádky).

35	30	25	20
30	25	20	20
25	20	15	15
20	20	15	15

Ve sloupcích jsou udávány rychlosti po jednotlivých kvalitách spojníc (silnic):
 první sloupec — nejlepší silnice — státní komunikace, dálnice
 druhý sloupec — silnice se zpevněným povrchem
 třetí sloupec — okresní silnice
 čtvrtý sloupec — polní a lesní cesty.

V řádcích jsou udávány rychlosti proudů podle složení

první řádek — proudy osobních vozidel, proudy vozidel s vysokou pochodovou rychlostí
 druhý řádek — proudy se smíšenou technikou (osobní i nákladní vozidla)

Závěr

Automatizované zpracování plánů přesunů odstraňuje zdoluhavou výpočetní, kalkulační a opisovací práci, která představuje u příslušníků vyšších štábů velký počet pracovních hodin.

Při experimentálních zkouškách bylo dosaženo těchto časů:

— výpočet jednoho proudu na vzdálenost 300 km i s natištěním trval 1,5 — 2 minuty.

Časy dosažené při použití počítače jsou ve srovnání s dosud nepřesným manuálním způsobem 4 — 5× kratší.

V sestaveném komplexním programu pro plánování a řízení přesunů se již nyní počítá s těsnou návazností s jinými programy (program pro vyhodnocování radiální situace, program registrace informací o nepříteli, o vlastních vojácích). Po vzájemném spojení těchto programů se zvýší kvalita všech uvedených programů, což bude dalším krokem ke konečnému cíli, tj. k vybudování systému automatizace ve velení vojskům.

Hlavním přínosem automatizace není jen zvyšování rychlosti a operativnosti práce velitele a štábů, ale zvýšení kvality v procesu řízení. Není účelné získávat staré výsledky novým způsobem (třeba mnohokrát rychleji), ale je žádoucí novým způsobem získat lepší výsledky a při využití samočinných počítačů ve všech odvětvích v zásadě změnit metodu práce.

Rozhodující je, aby výsledky zjištěné počítačem byly ihned doručeny k vykonavateli, tj. do vojsk. To předpokládá vybudovat dokonalý systém spojovacích cest pro přenos informací a systém jejich sběru. Pokud budou samočinné počítače izolovány od procesů, které mají řídit, bude docházet informace zpožděná nebo zkreslená.

třetí řádek — proudy s pásovou technikou

čtvrtý řádek — proudy speciální techniky.

Pomocí koeficientu pojízdnosti:

Koeficient pojízdnosti spojnice zahrnuje všechny úseky „zpomalení“ ve spojnících, tj. zatáčky, stoupání, klesání, průjezd měst apod. Každou spojnici, která má tyto „úseky“ nutno ohodnotit a stanovit jí koeficient pojízdnosti.

Koeficient pojízdnosti určujeme podle grafu zvlášť pro každý druh proudu (který je klasifikován určitou rychlostí). Takto zjištěné koeficienty pojízdnosti jsou uloženy ve zvláštním masivu buněk ve formě tabulky pro 8 druhů rychlostí.

Koeficient pojízdnosti byl určen z poměru plánované rychlosti k rychlosti skutečné na spojnici (vmax : vdov = kp). Koeficient pojízdnosti používáme tak, že s ním násobíme skutečnou délku spojnice nebo výsledný čas.

c) čas je proměnná veličina, ovlivňující činnost jednotek i stav prostoru. Čas určujeme datem s přidáním příslušné denní a noční doby. Za noční dobu považujeme dobu 30 minut po západu slunce a 30 minut před východem slunce.

Program je připraven tak, že má rozsah 1 roku.