

VOJENSKÉ ZDRAVOTNICKÉ LISTY

ROČNÍK XLI

BŘEZEN 1972

ČÍSLO 2

311.2:616--082

MATEMATICKO-LOGICKÝ A STATISTICKÝ MODEL ETAPY ODBORNÉ LÉKAŘSKÉ POMOCI

M. PETRÁŠ, A. ŽÁK

Vojenský lékařský výzkumný a doškolovací ústav JEP v Hradci Králové

Po ukončení analýzy struktury a funkce etapy odborné lékařské pomoci (EOLP) a vytvoření logického modelu (výsledky této části práce jsou obsahem sdělení — Modelování činnosti etapy odborné lékařské pomoci na SP, které bylo uveřejněno v prvním čísle tohoto ročníku) jsme přistoupili k druhé etapě výzkumné práce, která spočívala v matematicko-statistické analýze podkladů získaných v první etapě a byla ukončena sestavením podrobného blokového schématu, jako podkladu ke zpracování programu pro samostatný počítač. Touto etapou byly v podstatě ukončeny přípravné práce a byl vytvořen vlastní model činnosti EOLP. Jeho popis tvoří podstatnou část tohoto sdělení.

I

Model v podstatě simuluje reálnou činnost EOLP; logické vazby vycházejí z reálných vztahů a zachovávají v principu příčinnou souvislost v realizaci požadavků, jejich časovou následnost. Činnost jednotlivých funkčních míst není popisována soustavami diferenciálních či algebraických rovnic, protože vlastně neexistují potřebné výchozí údaje. Simulace činnosti právě umožňuje tyto charakteristiky získat a po jejich vyhodnocení posoudit činnost funkčních míst i celou soustavu.

Pro model je vstupní proud zadáván diskrétně, ve shodě s realitou (konkrétní čas a počet raněných). Součástí modelu je blok, který z požadavků čekajících na obsluhu tvoří frontu, a připravuje tak vstup jednotlivých požadavků do celé soustavy. Před vlastním vstupem se k požadavku náhodně přiřadí typ a priorita, čímž vznikne úplný popis jednotlivých požadavků a v integra-

ci se zadanou intenzitou i úplný popis vstupního proudu (jeho kvantitativní i kvalitativní charakteristika). Rozdělení četností takto vytvořeného proudu se dá ex post vyhodnotit.

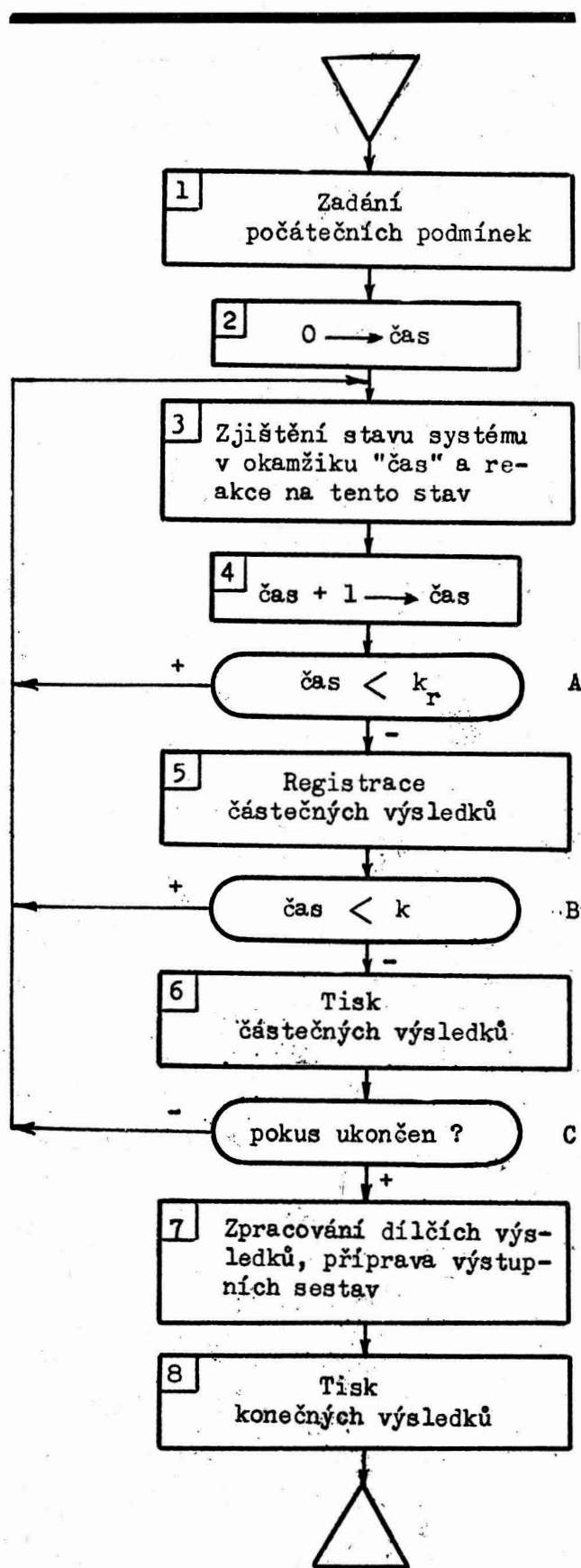
Zavedení stochastických veličin do modelu umožňuje statistické vyhodnocení získaných výsledků a zabezpečí jejich objektivizaci. Náhodné veličiny jsou v modelu generovány na několika místech se dvěma hlavními cíli:

- a) simulovat náhodnost průchodu raněných EOLP,
- b) simulovat náhodnost doby ošetřování tam, kde tato doba úzce závisí na stavu raněného, a tudíž její hodnota kolísá v širokých mezích.

Oba faktory (typ průchodu i doba ošetřování) v principu závisí na objektivním stavu raněného, který je determinován souhrnem mnoha objektivních i subjektivních podmínek. Analýza jednotlivých podmínek a jejich vzájemných vazeb je pro jejich množství a pro objektivní nedostupnost podkladů prakticky nemožná. Z těchto důvodů jsme objektivní stav nemocného charakterizovali jako náhodnou proměnnou s jistým empirickým rozdělením četností. Jednotlivá empirická rozdělení jsme pak použili jako výchozí rozdělení ke generování.

V těch funkčních místech, kde doba ošetřování je méně závislá na objektivním stavu raněného a její hodnota kolísá úzce kolem průměrné hodnoty, volili jsme tuto hodnotu jako konstantní dobu obsluhy, případně ve více variantách.

Empirická rozdělení i hodnoty konstant lze v modelu měnit. Vlastní simulace používá metodu pevného časového kroku. Délka kroku byla stanovena podle nejkratší uvažované doby obsluhy, všechny ostatní doby obsluhy jsou celočíselným násobkem délky kroku. Zpracování



Tabulka 1

části nebo celého vstupního proudu stanoveného typu za stejných podmínek simulace jsme nazvali pokusem. Trvání pokusu modeluje průměrně 24 hodin reálného času, s možností přerušení v libovolném místě i s možností pokračování. To reprezentuje průměrně 1440 kroků, při kterých se registruje asi 5000 údajů; ty jsou však zpracovány a tisknou se jen požadované hodnoty.

Čekání raněných na ošetření v jednotlivých funkčních místech EOLP simuluje model tvorbou front požadavků před funkčními místy, případně uvnitř funkčních míst. Do fronty požadavek vstupuje vždy, jakmile vznikne, ale ve frontě je zařazen na odpovídající místo, přičemž kritériem řazení jsou:

1. priorita,
2. čas vstupu do soustavy.

Při stejné prioritě je už čas vstupu jednoznačným kritériem. Jednoznačný proto, že do soustavy v jediném kroku nemůže vstoupit víc než jeden požadavek.

Simulaci vnitřního manévru v EOLP (např. posílení PTO apod.) zabezpečuje model možností změny počtu linek ve funkčních místech i změn rozdělení generovaných typů průběhů a dob obsluhy.

II

Funkce celého modelu je znázorněna blokovým schématem na tabulce 1. Funkce bloků (1), (3) a (7) bude blíže vysvětlena v další části. Bloky (2) a (4) zabezpečují krok modelu. Podmínka (A) ukončuje k_r kroků, po kterých jsou registrovány dílčí výsledky; podmínka (B) umožňuje výstup okamžitého stavu modelu a podmínka (C) zakončuje pokus.

Blok (5) má zvláštní funkci: jeho zařazení do modelu bylo vynuceno poměrně velkým počtem dat, která je nutno uchovávat. Blok zabezpečuje ukládání dat po určitých celcích do vnější paměti počítače (MP paměť). Jeho funkce je technického charakteru a nemá vliv na vlastní funkci modelu — simulaci funkce EOLP.

V bloku (8) se uskutečňují formální úpravy vystupujících hodnot do přehledných tabulek a grafů.

Na tabulce 2 jsou znázorněny funkce bloků (1), (3) a (7) z tabulky 1.

Blok (1) realizuje zadání počátečních podmínek a skládá se z pěti částí:

1. Zavedení určeného stavu

Stavem může být:

- (a) prázdná soustava (tj. model EOLP připravené k příjmu),
 - (b) stav soustavy po j krocích,
 - (c) konečný stav soustavy po n krocích.
- Stav (a) se realizuje příslušným nulováním, stav (b) a (c) se realizují naplněním příslušných míst požadovanými hodnotami.

2. Zavedení hodnot rozdělení a zavedení konstant

Zadáním různých druhů rozdělení a konstant se zabezpečuje změna kvality proudu požadavků i změna délek obsluh ve funkčních místech.

3. Určení počtu linek

Zobrazuje strukturu modelu a realizuje vnitřní manévr.

4. Určení hodnot k_r , k a způsobu ukončení pokusu

Hodnota k_r limituje počet kroků do registrace výsledků. Hodnota k limituje počet kroků do požadovaného přerušení a tisku částečných výsledků.

Ukončení pokusu je realizováno ve dvou variantách:

- zadáním hodnoty K , která limituje celkový počet kroků (např. 1440 kroků = 24 hod. reálného času),
- zadáním n -tého požadavku, jehož výstup ze soustavy některým výstupním místem ukončí pokus.

5. Zadání vstupního proudu

Zadání se provádí formou posloupnosti dvojic hodnot: času a počtu požadavků (např. 2—12; 3—6; 10—5; 16—15 atd.).

Blok (3) realizuje registraci stavu systému v okamžiku „čas = j “ a reakci systému na tento stav. Skládá se ze dvou hlavních částí:

1. Uvolnění funkčních míst do výstupů

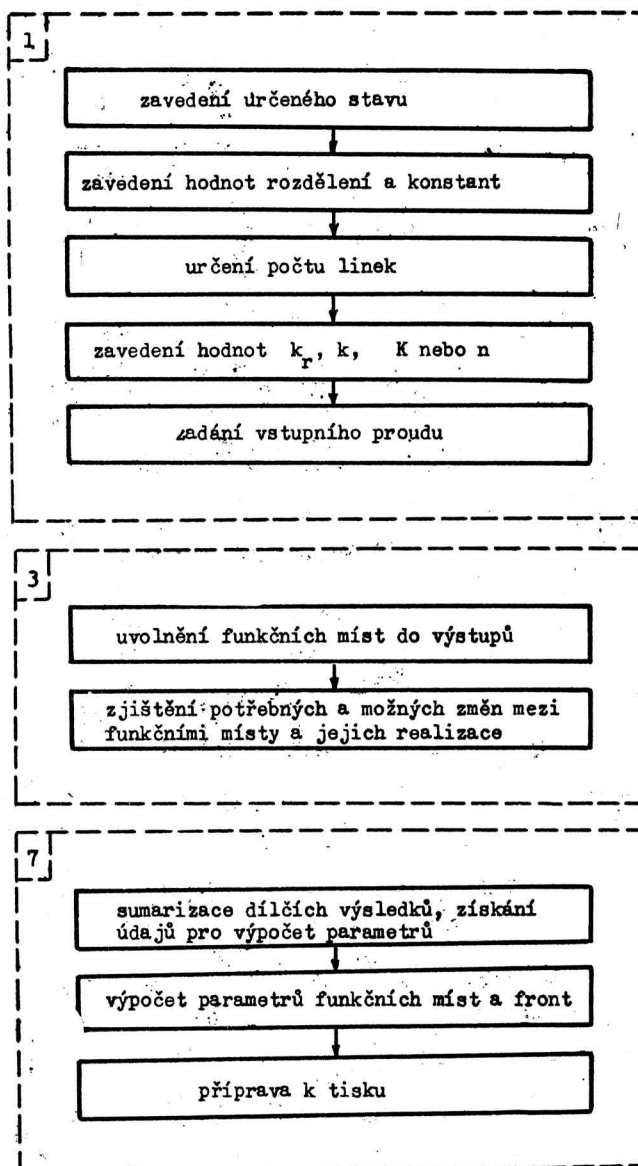
Výstupy představují konečnou fázi průchodu požadavku. Požadavky jsou zde jen registrovány a na výstupech se objeví ihned po jejich vzniku na libovolném funkčním místě.

2. Zjištění potřebných a možných změn mezi funkčními místy a jejich realizace

Tento blok je vlastně nejdůležitější, ale i nejkvalitnější částí modelu. V podstatě modeluje průchody raněných celou EOLP. Obzvláště při tvorbě tohoto bloku bylo nutno integrovat odborné znalosti lékaře-organizátora s jeho znalostmi a zkušenostmi v tvorbě programu SP. Jeho zpracování bylo v našem týmu výhradně záležitostí lékařů a až po jeho vyřešení byl programátorsky „přepsán“ do konkrétních instrukcí pro počítač. Můžeme odpovědně konstatovat, že již vlastní tvorba této části modelu přinesla mnoho zajímavých poznatků i podnětných návrhů, které byly a jsou využívány k další výzkumné práci. V podstatě se blok skládá z poměrně velkého množství menších celků, z nichž každý modeluje činnost jednotlivých funkčních míst, a to ne izolovaně, ale v logické návaznosti na ostatní funkční místa.

Blok zabezpečuje:

- identifikaci vzniku požadavku na příslušnou obsluhu,
- konfrontaci požadavku s možnostmi obsluhy v souladu se zadanými podmínkami,



Tabulka 2

- realizaci potřebných přesunů požadavků a
- realizaci obsluhy.

Navíc jsou v bloku generovány náhodné veličiny, přiřazovány doby obsluhy i typy průchodů požadavků soustavou a registrovány požadované údaje. Podrobněji bude funkce tohoto bloku vysvětlena na příkladech v další části.

Blok (7) zpracovává dílčí výsledky, vypočítává žádané hodnoty a připravuje výstupní sestavy. Skládá se ze tří částí:

1. Sumarizace dílčích výsledků, získávání potřebných údajů pro výpočet parametrů funkčních míst

Z údajů uložených ve vnější paměti tato část seřadí a upraví hodnoty tak, aby z nich bylo

možno vypočítat požadované parametry. Tuto část bylo nutno vytvořit proto, že z velkého množství hodnot je třeba vybrat a sumarizovat jenom hodnoty příslušné určitým funkčním místům, frontám nebo soustavě jako celku.

2. Výpočet parametrů funkčních míst a front

Výsledky této části tvoří v zásadě parametry obsluhy požadavků:

- charakteristika vstupního proudu,
- vytíženost — prostoje,
- počty požadavků po časových úsecích v celém pokusu,
- celkový počet jednotlivých typů průchodů,
- průměrná doba strávená požadavky v soustavě,
- celkový počet požadavků vystupujících na jednotlivých výstupních místech a jejich rozdělení v čase.

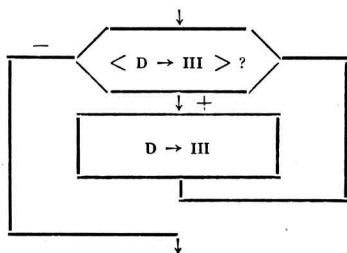
3. Seřazení požadavků, které prošly soustavou, příprava k tisku

V podstatě připravuje výstupní sestavy k tisku výsledků.

Na vybraných příkladech ukážeme teď některé funkce bloku (3). Příklady byly vybrány nejen proto, že jsou zajímavé z hlediska programování, ale hlavně proto, abychom ukázali, jak důsledně jsme se při řešení problémů v tvorbě modelu snažili zobrazit skutečnou činnost při poskytování odborné pomoci na EOLP. Použité symboly na schématech jsou totožné se symboly používanými v předchozím článku autorů — Modelování činnosti etapy odborné lékařské pomoci na SP (VZL, 1972, č. 1).

Příklad I

Uvolnění funkčního místa do výstupu.



Podmínka (D→III)? identifikuje vznik požadavku na přechod z funkčního místa (D) (PTOTR) na výstup III (odsunové oddělení). Jestliže je podmínka splněna, požadavek existuje, realizuje se, jestliže ne, program pokračuje. Vlastní realizační blok D→III zahrnuje v sobě všechny operace související s jeho uskutečněním (tj. odečtení požadavku z (D), přičtení požadavku na výstup III, registrace stavu (D) i III a přiřazení času výstupu vystupujícímu požadavku. Podobně i podmínka JE (D→III)? v sobě zahrnuje vyhledání příslušného požadavku ze všech, které v tom okamžiku jsou v (D), který má vystou-

pit na III, i zjištění, zda požadavku již uplynula doba obsluhy ve funkčním místě (D).

Příklad II

Uvolnění funkčního místa s přechodem požadavku do jiného funkčního místa.

Z tabulky 2 předchozího článku, Modelování činnosti etapy odborné lékařské pomoci na SP, je zřejmé, že z funkčního místa (L) — operační sál může po ukončení obsluhy požadavek vystoupit buď na výstup IV (plocha pro mrtvé) — tento problém však je řešen jiným blokem, identickým s blokem, který byl vysvětlen v prvním příkladě. Nebo může vystoupit do funkčního místa (J) — oddělení dočasné hospitalizace, nebo konečně do funkčního místa (F) — resuscitace. Funkční místo (L) musí být kategoricky uvolněno. Jestliže vznikl požadavek (L→J), je nutno jej vždy realizovat, proto jestliže v (J) není volná linka (lůžko), je nutné provést její uvolnění (např. improvizací), což zaručuje realizační blok (J→JJ). Jestliže vznikne požadavek (L→F) a přitom na (F) není volná linka, je situace složitější. Nutno linku na (F) „uvolnit“. To lze několika způsoby: Buď realizovat nějaký požadavek typu (F→J) nebo typu (F→III). Jestliže však takové požadavky nejsou a počet linek na (F) nelze zvýšit, je třeba změnit typ průchodu a místo požadované realizace (L→F) realizovat náhradní typ (L→J). Tímto postupem je vlastně modelována změna určení raněného, který byl operován na operačním sále, z resuscitace (kde není místo a ani nemůže být vytvořeno) na oddělení dočasné hospitalizace, kde místo být „musí“, a je možné mu poskytnout nutnou resuscitaci.

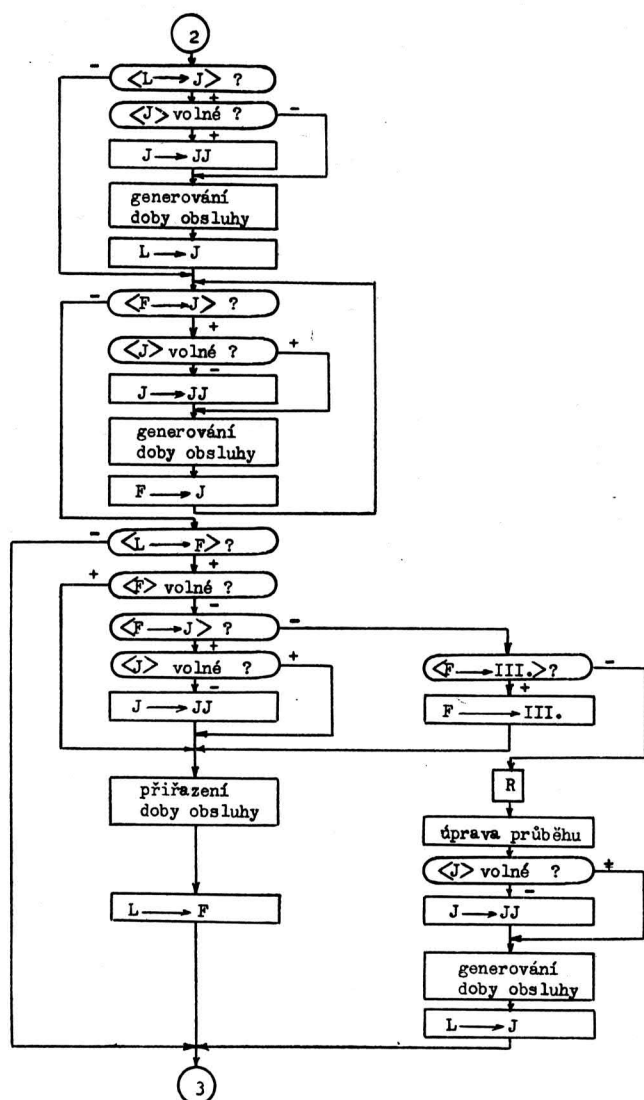
Modelování těchto logických vztahů je znázorněno na tabulce 3.

Příklad III

Naplnění funkčního místa

Naplnění funkčního místa (H) — přípravný před operačním sálem je znázorněno na tabulce 4.

Podmínka (F→H)? zjišťuje, zda z funkčního místa (F) — resuscitace existuje požadavek přecházející do funkčního místa (H). Jestliže existuje, je zařazen do fronty před (H). Do téže fronty jsou však po identifikaci podmínkou (D→H)? řazeny i požadavky z funkčního místa (D) do (H). Řazení do fronty v obou případech respektuje prioritu a první požadavek v této frontě je připraven ke vstupu do (H). Ve skutečnosti se fronta před (H) skládá ze dvou „pofront“, z nichž jedna je tvořena požadavky z (D), které již toto funkční místo opustily, a druhá je tvořena požadavky z (F), které však ještě jsou ve funkčním místě (F) a blokují jeho linky. Další podmínka (H je volné)? zjistí možnost realizace a v kladném případě se realizace provede. Může se však vyskytnout případ, kdy nebude ve frontě před (H) žádný požadavek.



Tabulka 3

V tom případě je nutno zabezpečit, aby takový požadavek byl vytvořen, protože operační sál by neměl zůstat nevytížen. To je zabezpečeno další podmínkou (je absolutní požadavek $F \rightarrow H$), to jest požadavek, kterému ještě neskončila doba obsluhy v (F), ale potenciálně je pro přechod z (F) do (H) určen.

III.

Model byl konstruován tak, aby umožnil:

1. v průběhu jednoho pokusu:

- a) zjistit u každého požadavku (raněného) typ průchodu funkčními místy a celkovou dobu strávenou v soustavě,
- b) zjišťovat vytíženost — prostoje jednotlivých linek obsluhy (pracovních skupin, lůžek),
- c) zjišťovat počet požadavků ve frontě před jednotlivými funkčními místy;

2. po ukončení jednoho pokusu:

a) zjistit ze zpracovaných požadavků:

- celkový počet jednotlivých typů průchodů,
- celkový počet požadavků vystupujících na jednotlivých výstupních místech po jednotlivých časových úsecích v celém pokusu,
- průměrnou dobu strávenou požadavky v soustavě;

b) zjistit a srovnat po jednotlivých časových úsecích v celém pokusu:

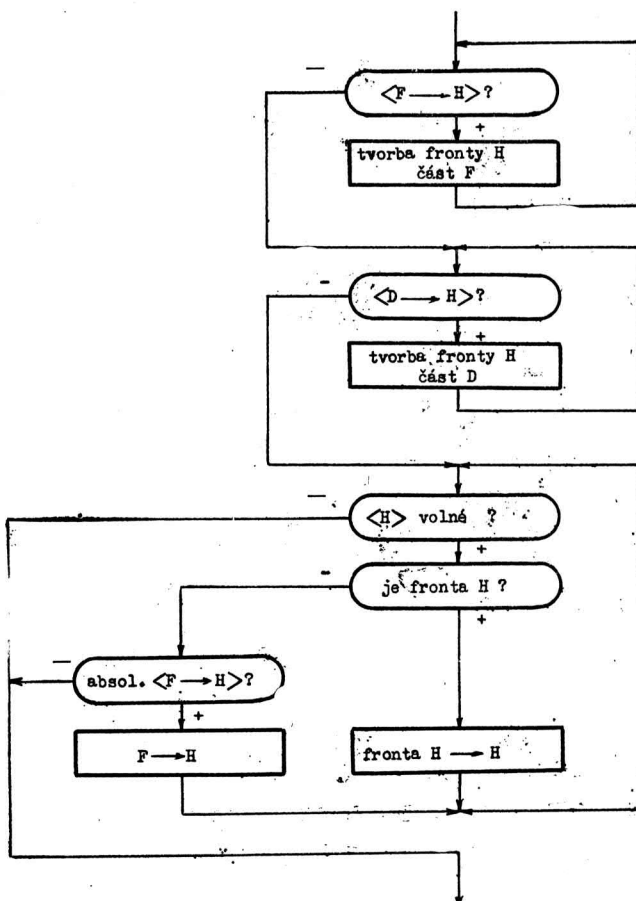
- vytíženost jednotlivých linek obsluhy,
- počet požadavků ve frontě před jednotlivými funkčními místy;

3. po provedení více pokusů:

a) stejného druhu statisticky vyhodnotit parametry funkčních míst i soustavy v celku,

b) srovnávat získané parametry funkčních míst i soustav v celku při:

- různé intenzitě vstupního proudu,
- různé kvality vstupního proudu,
- různém rozsahu poskytované pomoci na etapě,
- různém počtu linek na funkčních místech a při jejich vzájemných kombinacích.



Tabulka 4

IV

Předpokládáme, že z výsledků získaných simulací činnosti EOLP bude možno:

- vyhodnotit efektivnost jednotlivých funkčních součástí a dát podněty k jejich strukturálně-funkční optimalizaci;
- vyhodnotit vstupní a výstupní proudy, a dát tím podklady k zpřesnění takticko-technických dat průchodnosti;
- vybrat vhodná kritéria efektivnosti EOLP jako celku, a umožnit tím podrobnější hodnocení jejich činnosti;
- vyhodnotit vliv uvažovaných podmínek na funkci EOLP a dát tím podklady pro přesnější stanovení zásad řízení EOLP a jejich funkčních součástí.

Souhrnně lze říci, že model, sestavený podle uvedených metodických principů je připraven k praktickému využití v těchto hlavních směrech:

1. pro optimalizaci struktury funkce a řízení EOLP;

2. pro operativní řízení EOLP a jejich funkčních součástí s rychlou a účelnou reakcí na vzniklé situace a s možností vysoce pravděpodobné prognózy očekávaných stavů činnosti etapy;
3. pro zpřesnění a rozšíření kalkulací potřebných pro rozhodování o využití EOLP a pro řízení jejich činnosti;
4. pro zpřesnění a zkvalitnění prognóz o funkční zatíženosti EOLP v každém okamžiku jejich činnosti, což pro náčelníka zdrav. služby i velitele etapy představuje důležitý podklad k plánování i operativnímu řízení.

Písemnictví u autora

Souhrn

Autoři v článku předkládají výsledky plnění druhé etapy výzkumného úkolu — tvorbu matematicko-logické a statistické části modelu etapy odborné lékařské pomoci. Na vybraných blokových schématech je objasněna funkce modelu, zejména v těch částech, kde jsou modelovány složitější funkce etapy. Je uveden výčet výstupních parametrů modelu a závěrem jsou shrnuty předpokládané výsledky, které takto vytvořený model umožňuje získat.