

681.14:61

## MODELOVÁNÍ ČINNOSTI ETAPY ODBORNÉ LÉKAŘSKÉ POMOCI NA SAMOČINNÉM POČÍTAČI

A. Žák, M. Petráš

Při zkoumání složitých soustav, na jejichž chování působí velké množství zevních a vnitřních vlivů, je velmi těžké zjistit, jak se odrazí změny podmínek na vlastní chování soustavy. Jedinou metodou, která umožňuje objektivní zjištění změn chování, je metoda praktického vyzkoušení funkce soustavy v reálných podmínkách. Tato metoda se však právě u složitých soustav často nedá realizovat.

Proto je třeba použít metodu, která by umožňovala studovat objekty a procesy nepřímou, prostřednictvím studia jiných objektů — modelů, které jsou s nimi analogické v nějakém přesně definovaném směru. Takovou metodou jsou metody modelování, při nichž se abstrahuje od takových vlastností objektů či procesů, jež jsou z hlediska určitého stanoveného zájmu podružné. Poznatky, které se metodou modelování získají, mají povahu relativních pravd, protože analogie mezi objekty nejsou úplné, a to je třeba brát v úvahu při interpretaci výsledků.

Metoda modelování je využívána však nejenom když je nemožné praktické vyzkoušení v reálných podmínkách, ale i tehdy, jestliže studium originálu je z toho či onoho důvodu obtížné, jestliže je spojeno s neúnosnou ztrátou času nebo jinak neekonomické a jestliže naopak studium na modelu je přes omezenou platnost získaných výsledků z nějakého hlediska výhodnější.

### I

Procesy zdravotnického zabezpečení činnosti vojsk za války je možné v době míru studovat výhradně na modelech. K tradičním metodám, jako jsou cvičení na mapách, nácviky rozvíjení polních zdravotnických etap i cvičení v terénu, přibýly v poslední době díky rozvoji matematiky a logiky, vzniku nových vědních disciplín, kybernetiky, operačního výzkumu, a jim odpovídající výpočetní techniky — samočinných počítačů — nové metody modelování. Metody, které dovoluují vytvořit abstraktní model zkoumané soustavy, simulovat na něm její činnost a příslušným zobecněním získat poznatky o pravděpodobné funkci soustavy v reálných podmínkách.

Procesy zdravotnického zabezpečení činnosti vojsk za války jsou složité, náhodné, dynamické procesy, k jejichž řešení zatím není vypracován příslušný analytický matematický aparát.

Modelování činnosti zdravotnických soustav na samočinném počítači má proti jiným metodám řadu výhod:

- může sledovat zkoumaný proces daleko komplexněji z více hledisek najednou,
- postupuje nepoměrně rychleji než při logickém modelování či při cvičeních s lidmi,
- je nesporně levnější než experimentování s lidmi,
- lze při něm lépe docílit dodržování zvolených hodnot sledovaných parametrů,
- zpětně ovlivňuje základní výzkum a nutí k hlubší analýze zkoumaných procesů než jiné metody.

Z těchto důvodů jsme pro zkoumání činnosti etapy odborné lékařské pomoci — EOLP (divizní obvazště, samostatný zdravotnický oddíl) — vybrali takovou metodu.

### II

Etapu odborné lékařské pomoci je možno chápat jako složitý, dynamický systém, v němž probíhá mnoho různorodých, hmotných a informačních procesů. Systém relativně izolovaný vůči prostředí, jehož vlivy působí na něj cestami nazývanými „vstupy“ a na které soustava působí cestami nazývanými „výstupy“. Etapa odborné lékařské pomoci jako každá složitější soustava se skládá z dále diferencovatelných složek — podsystémů až prvků, které tvoří síly a prostředky EOLP.

Složky této soustavy propojeny hmotnými a informačními vazbami plní dílčí funkce k dosažení cílového chování celého systému. Předmětem činnosti jsou ranění, nemocní a zasažení a pracovním programem je poskytování odborné, zdravotnické pomoci.

V první etapě naší práce jsme provedli podrobnou analýzu struktury a funkce EOLP jako celku i jejích funkčních součástí. Jako podklad jsme využili výsledky ukončené výzkumné práce: Karras a spol., „Struktura etapy odborné lékařské pomoci a její začlenění do systému léčebně odsunového zabezpečení“.

Cílem analýzy bylo získání takových poznatků o struktuře a funkci EOLP, které by umožnily vybrat z různých metod operačního výzkumu takovou, která by ji vhodně zobrazovala — modelovala.

Z této analýzy nám vyplynulo, které složky a vazby jsou z hlediska hlavního cíle soustavy — poskytování určitého stupně a rozsahu zdravotnické pomoci — pro vlastní funkci soustavy podstatné, a na které tedy musí být modelem respektovány. Z toho vyplynulo, na jaké rozlišovací úrovni musí být model sestaven. Považovali

jsme proto za podstatné zkoumat průchod raněných, nemocných a zasažených EOLP jako důsledek na jedné straně druhu a tíže poškození zdraví a na druhé straně přijatého postupu třídění a poskytování určitého druhu a rozsahu zdravotnické pomoci. Sledovali jsme a na logickém modelu zobrazovali jen složky a vazby pro tento proces žádoucí.

K sledování průchodu raněných funkcemi součástí EOLP a sledu i způsobu poskytování zdravotnické pomoci jsme se rozhodli, i po dřívějších zkušenostech, použít teorie hromadné obsluhy (THO) a činnost etapy modelovat systémem hromadné obsluhy.

### III

EOLP se z hlediska teorie hromadné obsluhy jeví soustavou se složitým, nehomogenním a neohrazeným počtem paralelně i sériově napojených rovnocenných i různorodých linek obsluhy s náhodnými dobami obsluhy. Je to soustava s vícefázovou obsluhou, s čekáním, tj. bez ztrát. Síly a prostředky EOLP tvoří linky obsluhy, pracovní program určuje typ obsluhy a předmět činnosti je zobrazen požadavky na obsluhu.

Při analýze soustav hromadné obsluhy nás zajímají charakteristiky vstupního a výstupního proudu, jednotlivých funkčních míst a linek obsluhy, doby a způsoby obsluhy, a proto je podrobněji popíšeme.

Vstupní proud do etapy odborné lékařské pomoci je dán raněnými, nemocnými a zasaženými, přivezenými zpravidla po skupinách v různé časové okamžiky z nižších zdravotnických etap. Je to proud náhodný po kvantitativní i kvalitativní stránce. Kvantitativní stránkou rozumíme počet raněných a dobu jejich příchodu na etapu, kvalitativní stránka charakterizuje druh poškození.

Kvantitativní stránku vstupního proudu ovlivňuje mnoho faktorů. Hlavní, vliv na počet raněných, má poměr sil na bojišti a bojová aktivita vlastní i nepříteli. Doba vstupu raněných na etapu je ovlivňována počtem a činností nižších zdravotnických etap, počtem odsunových prostředků na příslušném stupni, délkou ramene odsunu, rychlostí odsunových prostředků a dále celou řadou faktorů, které lze těžko vyjádřit číselně, jako jsou např. sjízdnost odsunových cest, technický stav vozidel, stav řidičů atd. Výše provedený výpočet faktorů ovlivňujících kvantitativní stránku vstupního proudu naznačuje, že modelování takového druhu není snadnou záležitostí. Uvažovaný vstupní proud je proudem nestacionárním, neordinárním, neohrazeným a s částečným následným účinkem. Takovýto složitý proud nelze zatím vyjádřit nějakým analytickým modelem z matematického aparátu THO. Ke statistickému modelování kvantitativní stránky vstupního proudu jsou k dispozici výsledky ze cvičení na mapách i výsledky z cvičení s vojsky v terénu. Jejich počet, který je k dispozici, není tak velký, aby nás opravňo-

val k zobecnění a k přímému použití jako vstupních údajů. Tyto materiály bylo nutno logickou úvahou doplnit a vytvořit celou škálu vstupních proudů, s různou kvantitativní charakteristikou.

Kvalitativní stránka vstupního proudu je ještě složitější. Vzhledem k rozdílnému druhu a stupni poškození vyžaduje každý raněný speciální sled, způsob a rozsah ošetření nebo léčení, což charakterizuje vstupní proud jako proud nehomogenní. Proto celý vektor důsledků poškození (průchod etapou, prioritizace k ošetření, délka ošetřování jednotlivými pracovišti) modelujeme jednak generováním náhodných veličin, jednak přiřazením průměrných hodnot.

Získání podkladů ke stanovení průměrných hodnot i empirických rozdělení ke generování bylo velmi složité a problematické. Rozbory zdravotnických ztrát za druhé světové války a v lokálních válkách po ní nemohly být plně použity pro podmínky předpokládané soudobé války. Proto byly použity podkladové tabulky zdravotnických ztrát zpracované v citovaném předchozím výzkumu metodou logické transformace historických podkladů a vyhodnocením vlastních a dostupných zahraničních zkušeností a experimentů. Zmíněné tabulky jsou v současné době prakticky jediným dostupným uceleným elaborátem, poskytujícím přehled o pravděpodobné profilaci zdravotnických ztrát v soudobé válce. Vytvářený model může dát konkrétní relativně pravdivou odpověď na různé varianty vstupního proudu z hlediska kvalitativního a není tedy závislý na objektivitě vstupních dat tohoto druhu.

Výstupní proud z etapy odborné lékařské pomoci se skládá výhradně z raněných, nemocných a zasažených, kterým byla na etapě poskytnuta zdravotnická pomoc, tj. z požadavků, které byly nějakým způsobem obslouženy. Dají se rozdělit na několik skupin. Na ty, kteří vyžadují poskytnutí pomoci na vyšší etapě, na ty, kteří mohou být vráceni zpět k jednotce, a na zemřelé.

Charakteristiky výstupního proudu, kvantitativní i kvalitativní, nám nejsou zatím známy a jejich získání je jedním z dílčích cílů práce.

V etapě odborné lékařské pomoci existuje jen jedno místo pro vstup požadavku. Funkční součásti EOLP jsou v modelu zobrazovány funkcními místy. Ale ne všechny funkční součásti jsou modelovány funkčními místy, např. oddělení odsunové, oddělení rekonvalescentů, izolátor a plocha pro mrtvé tvoří v našem modelu výstupní místa. Funkční místa pak pro nás znamenají takovou součást modelu, která se uvnitř skládá z „n“ linek stejného typu, z nichž ani jedna nemá v rámci funkčního místa žádnou prioritu.

Za linku obsluhy považujeme jednotlivého pracovníka nebo celý tým, pokud pracovníci tohoto týmu mají k požadavkům současný pracovní vztah, a dále lůžko, na němž je možno po-

žadavek na určitou dobu umístit. Požadavky vstupují do funkčního místa, rovnoměrně obsazují linky obsluhy a v případě, že nejsou na funkčním místě žádné volné linky, tvoří před ním frontu. Při skončení obsluhy požadavku na kterékoli lince opouští tento požadavek funkční místo. O výjimkách tohoto pravidla pohovoříme v další části.

Výstupní místa modelu jsou zobrazením rovněž jakýchsi funkčních součástí EOLP, pro náš model ovšem však již neznamenají funkční místa, protože neobsahují žádné linky obsluhy a tvoří se v nich vstupní proud.

Doba obsluhy požadavku je čas, který stráví požadavek ve funkčním místě (na jedné z jeho linek obsluhy). Doby obsluhy požadavku jednotlivými linkami jsou náhodnými veličinami. Jsou ovlivňovány jednak charakterem poranění, jednak mnoha dalšími faktory (funkční, místní a materiální podmínky etapy, stanovený rozsah pomoci, erudice pracovníků apod.). Analýza těchto faktorů a podmínek, provedení a statistické vyhodnocení reprezentativního souboru, časových a pohybových studií provozu etapy a transformace získaných výsledků do válečných poměrů jsou základní podmínkou dalšího zobektivnění výsledků výzkumu. Doba požadavku strávená v celé soustavě tvoří součet dob obsluhy požadavku, plus  $j$  — násobek konstanty vyjadřující dobu potřebnou na přechod mezi funkčními místy, kde „ $j$ “ je počet průchodů z jednoho funkčního místa do druhého.

Přehled funkčních míst ukazuje tabulka 1.

Tabulka 1  
Funkční místa a linky obsluhy modelu EOLP

| Funkční místo |                            | Linka obsluhy             |       |           |                                         |
|---------------|----------------------------|---------------------------|-------|-----------|-----------------------------------------|
| označení      | název                      | název, popis              | počet | poř. čís. | délka obsluhy                           |
| A             | třídící hlídka             | ZI + CHI                  | 1     | 1         | konstantní                              |
| B             | odd. spec. očišty          | družstvo speciální očišty | 1     | 2         | konstantní dvě varianty                 |
| C             | PTO LR                     | třídící brigáda           | 1     | 3         | konstantní                              |
| D             | PTO TR                     | třídící brigáda           | 2     | 4, 5      | konstantní                              |
| E             | převazovna LR              | ošetřovací brigáda        | 1     | 6         | konstantní                              |
| F             | resusc. oddělení           | lůžko                     | 40    | 7 až 46   | 5 typů; 2 konstantní 3 závisle proměnné |
| G             | přípravna převazovny TR    | lůžko                     | 4     | 47 až 50  | závisle proměnná                        |
| H             | přípravna oper. sálu       | lůžko                     | 4     | 51 až 54  | závisle proměnná                        |
| J             | odd. dočasné hospitalizace | lůžko                     | 40    | 55 až 94  | nezávisle proměnná                      |
| K             | převazovna TR              | malá chir. brigáda        | 2     | 95, 96    | nezávisle proměnná                      |
| L             | operační sál               | velká chir. brigáda       | 1     | 97        | nezávisle proměnná                      |

V prvním sloupci je označení funkčního místa, které budeme používat jako symbol v dalších schématech. V druhém sloupci je uveden název funkčního místa.

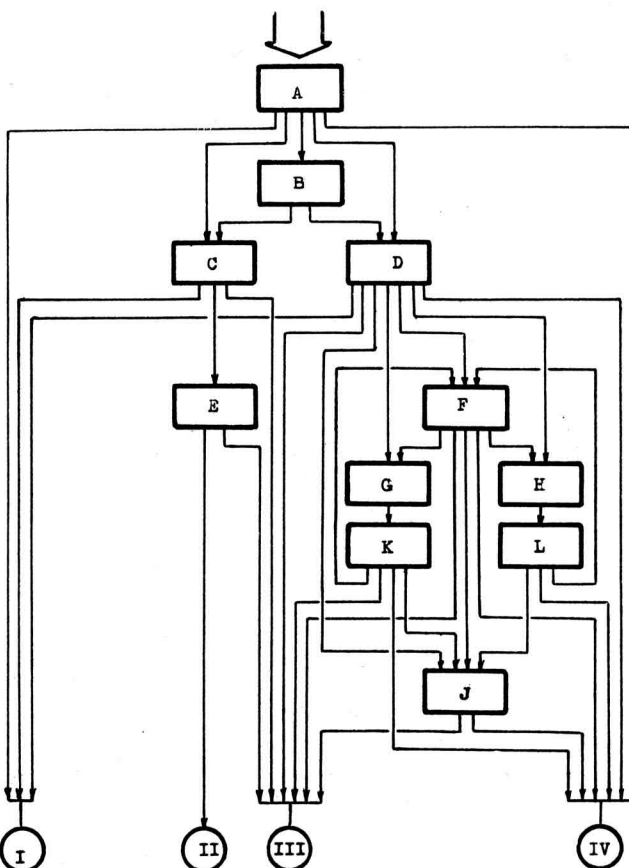
V další části tabulky jsou popsány linky, které se na daných funkčních místech vyskytují, jejich počet a pořadové číslo. Např. na funkčním místě „D“ — přijímací a třídící oddělení těžce raněných jsou jako linky dvě třídící brigády s pořadovými čísly 4 a 5. Na funkčním místě „J“ — oddělení dočasné hospitalizace jsou jako linky uvažovány lůžka v celkovém počtu 40 s pořadovými čísly 55 až 94. V posledním sloupci jsou uvedeny druhy doby obsluhy, přičemž uvažujeme tři druhy doby obsluhy — konstantní, závisle proměnné a nezávisle proměnné, které jsou v modelu generovány.

Výstupní místa jsou v modelu uvažována čtyři a v dalších schématech jsou značena římskými čísly:

- I. izolátor, příprava k odsunu infekčně nemocných,
- II. oddělení rekonvalescentů, u kterých je předpoklad návratu k útvaru, tj. nebudou odsunováni na vyšší etapu,
- III. odsunové oddělení, ranění a nemocní připravení na odsun,
- IV. plocha pro mrtvé.

Na tabulce 2 jsou funkční místa znázorněna

Tabulka 2



bloky označenými písmeny A až L. Výstupy jsou označeny římskými číslicemi I až IV. Vstup raněných do celé soustavy znázorňuje šipka. Pohyb raněných mezi těmito místy je znázorněn orientovanými spojnicemi, které vyjadřují možný způsob přemísťování raněných mezi funkčními součástmi etapy.

Počet šipek vstupujících do funkčního místa nám ukazuje z kolika a kterých míst mohou požadavky do funkčního místa vstupovat, a počet čar vystupujících z funkčního místa nám ukazuje, do kolika a kterých funkčních míst a výstupů mohou požadavky po obslužení být přemístěny.

Průchod jednotlivého raněného etapou můžeme pak znázornit posloupností symbolů označujících funkční místa a výstupy. Přehled všech možných, v našem modelu uvažovaných typů průchodů s označením pořadového čísla (v celkovém počtu 88) nám vyjadřuje tabulka 3.

Tak např. typ průchodu raněného č. 6 nám představuje průchod chodícího raněného (lehce raněného), který je po vytřídění na přijímacím a třídícím oddělení lehce raněných určen k zákroku na převazovně lehce raněných a po ošetření odeslán přímo na odsunové oddělení.

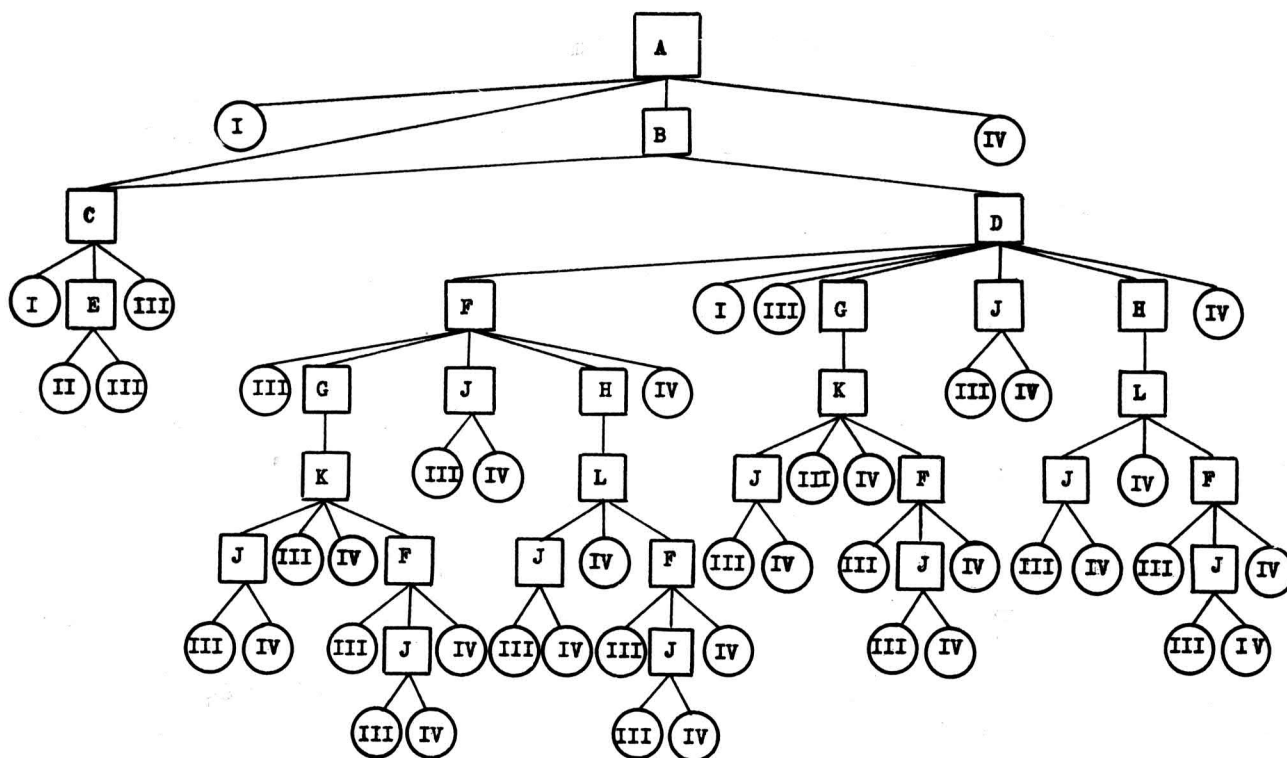
Typ průchodu číslo 21 představuje průchod ležícího raněného, který je po vytřídění na přijímacím a třídícím oddělení těžce raněných určen k zákroku na operačním sále; po zákroku resuscitován a potom jako dočasně neschopen odsunu uložen na oddělení dočasné hospitalizace. Z tohoto oddělení po uplynutí potřebné doby bude předán na odsunové oddělení k odsunu na vyšší etapu.

Tabulka 3  
Typy průchodu funkčními místy

| Poř. čís. | Typ průchodu         | Poř. čís. | Typ průchodu                |
|-----------|----------------------|-----------|-----------------------------|
| 1         | A I                  | 19        | A D H L F III               |
| 2         | A IV                 | 20        | A D H L F IV                |
| 3         | A C I                | 21        | A D H L F J III             |
| 4         | A C III              | 22        | A D H L F J IV              |
| 5         | A C E II             | 23        | A D G K III                 |
| 6         | A C E III            | 24        | A D G K IV                  |
| 7—10      | jako 3—6, ale přes B | 25        | A D G K J III               |
| 11        | A D I                | 26        | A D G K J IV                |
| 12        | A D III              | 27        | A D G K F III               |
| 13        | A D IV               | 28        | A D G K F IV                |
| 14        | A D J III            | 29        | A D G K F J III             |
| 15        | A D J IV             | 30        | A D G F K J IV              |
| 16        | A D H L IV           | 31—49     | jako 12—30, ale po D přes F |
| 17        | A D H L J III        | 50—88     | jako 11—49, ale přes B      |
| 18        | A D H L J IV         |           |                             |

Na tabulce 4 jsou jiným způsobem — větvením znázorněny graficky všechny možné, v našem modelu uvažované typy průchodu požadavku. Jak je vidět, všechny začínají v jediném funkčním místě (A) a opět všechny končí v některém z výstupních míst (I až IV). Tím je jednoznačně určen průchod každého požadavku.

Tabulka 4



### **Závěr**

Tímto postupem byla ukončena první část výzkumné práce, jejímž cílem bylo provedení analýzy struktury a funkce EOLP z hlediska použití metod operačního výzkumu a vytvoření logického modelu.

Původní předpoklad našeho pracovního týmu, že v této fázi je možno předat model k dalšímu rozpracování matematikům analytikům, se ukázal příliš optimistický. Při podrobném rozpracování tohoto logického modelu z hlediska tvorby programu pro samočinný počítač se ukázalo,

že účast odborníků lékařů v této fázi práce je nejenom nutná, ale dokonce rozhodující.

Písemnictví u autora

### **Souhrn**

Autoři v článku předkládají výsledky plnění první etapy výzkumného úkolu, od analýzy struktury a funkce etapy odborné lékařské pomoci z hlediska použití metod operačního výzkumu až po sestavení logického modelu činnosti etapy odborné lékařské pomoci.