

POTE Egészségügyi Szervezéstan Intézet és PTE Közgazdaságtudományi Kar Módszertani Tanszék

Rendelőintézeti betegforgalom digitális szimulációja

Buda József és Csébfalvy György

Az idő kihasználatlanságból adódó várakozás az élet sok területén kellemetlenségeket okoz. A rendelőintézeti szakellátás során általánosan fellelhető a várakozás, ami sokszor meghaladja az ellátási idő többszörösét. Kaufmann (1964) szerint a sorbanállás korunk betegsége. Elfogadjuk, hogy sok esetben csaknem elkerülhetetlen a várakozás, de fel kell használnunk azokat a javító eszközöket, melyek ára csekély a gyorsabb kiszolgálás haszná- hoz viszonyítva. Amikor a biztonság, vagy más szükséglet a gyors kiszolgálást követeli meg úgy, hogy a várakozást egy meghatározott érték alá kell szorítanunk, akkor belátjuk a felhasználható eszközök fontosságát és szívesen megfizetjük azok költségeit. Mindezek alapján érthető, hogy az egészségügyi szervezés irodalmában igen jelentős helyet foglal el a várakozás, a sorbanállás problematikája.

A sorbanállás irodalmának első összefoglalását 1957-ben Doig közölte, aki 1955-ig bezáróan már 642 irodalmi adatot sorolt fel. Azóta eltelt időben a tudományos munka ezen a területen is olyan mértékű előrehaladást mutatott, hogy a közlemények száma szinte áttekinthetetlen. Az irodalomban egyre erősebb az igény a matematikai módszerek felhasználására a tudományos kutatómunkában, a modellezésben, a kísérletek kiértékelésében, az intézmények, szolgálatok működési adatainak feldolgozásában az egészségügy területén is. Különösen a valószínűségszámításnak lesz egyre nagyobb szerepe az egészségügyi szervezéstudományban is. A valószínűségi változókat tartalmazó ugynevezett sztochasztikus modellek mindjobban kiszorítják a mutatók rendszerét, ugyanis sokkal tökéletesebben jellemzik a folyamatokat, mint valamely mérőszám, mutató. Míg a jól megalkotott modell minden lényeges ismérvet tartalmaz, a mutatók a jelenségeket csak egy meghatározott szempontból jellemzik, így nem alkalmasak arra, hogy segítségükkel reálisan írjuk le a folyamatokat.

Csak egy modell alkalmas erre, amely a vizsgált jelenséget - a maga komplexitásában - a lehető legtökéletesebben adja vissza.

Ilyen sztochasztikus modell az ugynevezett sorbanállási modell is. Ennek segítségével próbálunk választ adni arra, hogy az ambuláns betegellátásban mi az az optimális orvosszám, amely esetén a betegeknek sem kell sokat várakoznia és az orvosoknak sem számottevő a kieső ideje. Ha túl sok az orvos, akkor már nem a betegek állnak sorba, hanem maguk az orvosok várnák tétlenül az olykor-olykor betévedő betegeket. Ez a rendszer a rendelőintézet fenntartási költségeit, illetve a gazdasági oldalát tekintve nem közömbös. Ha túl kevés az orvos, akkor a betegek aránytalanul sokat várakoznak, s így a termelésből való kiesés ölt nagy mértéket. Valahol a két extrém érték között van az optimum. A sorbanállásnak azonban nemcsak gazdasági, hanem szociális oldala is van. A kérdést a humánus szempontjából sem szabad figyelmen kívül hagynunk.

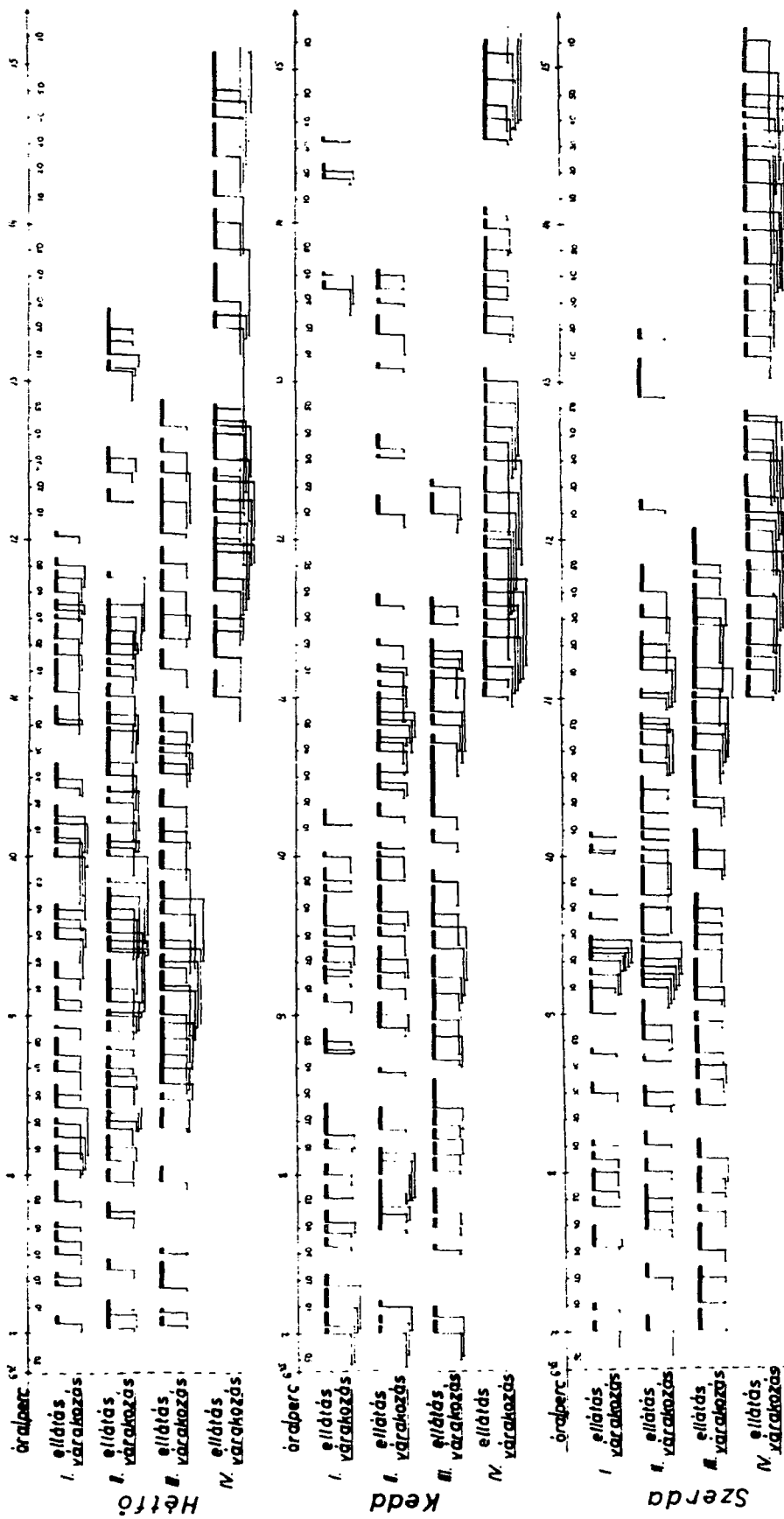
Mindezek alapján a rendelőintézeti betegellátás tudományos munkaszervezése érdekében, helyzetvizsgálat adatai alapján számítógépes modellkísérletet végeztünk. (1. és 2. ábra)

A kísérleti modellek egy rendelő betegforgalmát szimulálják az ellátási idő, valamint a percenkénti beérkezések eloszlásának függvényében. Az adott rendelőt jellemző paraméterek input adatként adhatók meg. A paraméterek igen tág határok között mozoghatnak, ami a modellek alkalmazhatóságát nagymértékben növeli.

A szimulációs modellek a rendelő működésének statisztikai jellemzőit (pl. átlagos várakozási idő, a rendelési idő átlagos kihasználtsága stb.) adják meg. A modellek segítségével a rendelő működése a beteg, ill. a kezelőorvos szempontjából egyaránt vizsgálható.

A SIWA-01 modell a tényleges helyzetnek megfelelő, rögzített ellátási kapacitással számol, tehát a tényhelyzet reprodukálására alkalmas.

VI. 4-6



1. ábra

A BETEGEK ÉRKEZÉSE, VÁRAKOZÁSA ÉS ELLÁTÁSA A RHEUMATHOLOGIAI SZAKRENDELÉSEN PÉCSETT 1973.

VI. 7-9



2. ábra

A SIWA-02 modell az előírt (input adatként megadott) maximális várakozási idő figyelembevételével az ellátási igényeknek megfelelően változó, az igényekhez alkalmazkodó ellátási kapacitást tételez fel, tehát elsősorban tervezési célokra alkalmazható.

A szimulációs modellek programjai FORTRAN nyelven készültek, a DOS operációs rendszer felügyelete alatt 64 K byte kapacitású berendezésen futtathatók. A programok teszteléséhez a II. Rheumatológiai rendelő empirikus adatait használtuk fel.

A programokkal max. 52 hét szimulálható, tehát a rendelő működését jellemző statisztikai paraméterek - határesetként - 52 hét adataiból számíthatók ki. Egy hét szimulációjához szükséges gépidő R-20-as berendezésen: 2 perc. A modellek "belső órája" percenként "ketyeg". Vizsgálataink szerint finomabb időbeosztás (pl. 30 sec) az eredmények értékelhetőségét számottevően nem javítaná, viszont az empirikus adatgyűjtés lényegesen nehezebbé válna.

A programok az egyes időpontokat a (hét, nap, óra, perc) paraméterekkel azonosítják. A paraméterek egész számok.

A modellek feltételezései:

1.) A betegek ellátása beérkezési sorrendben történik. A modellekben "kartonozó" nem működik, tehát adott időpontra történő berendelés nincs. A beérkező beteg napi sorszámot "szakít", majd az ellátás megkezdéséig várakozik. A SIWA-02 modellben a várakozási idő az előírt maximumot nem lépheti túl.

A programok a beérkező betegeket a napi sorszámmal azonosítják. A két program a rendelő eseményeiről (beérkezés, az ellátás megkezdése, az ellátás vége) a pontos időpont (hét, nap, óra, perc), valamint a kezelő megjelölésével "naplót" vezet. A SIWA-01 modellben egy kezelő működik, a SIWA-02 modellben a pillanatnyi igényektől függően egy vagy több.

A "naplóban" a napi sorszám segítségével az egyes betegek időbeli mozgása nyomonkövethető.

2.) A percenként beérkező betegek száma a beérkezés időpontjától (nap, óra) függő, empirikus, diszkrét valószínűségi változó. A valószínűségi változó eloszlása tetszőleges lehet.

3.) Az ellátás időtartama az adott rendelő ellátási sajátosságait tükröző, empirikus, diszkrét valószínűségi változó. Az ellátás időtartama az ellátás időpontjától (nap, óra) független. A valószínűségi változó eloszlása tetszőleges lehet.

4.) A várakozási idő a beérkezés időpontjától (nap, óra), valamint a rendelőre jellemző ellátási sajátosságoktól függő diszkrét valószínűségi változó. A várakozási idő eloszlását a programok határozzák meg. A SIWA-02 modellben a várakozási idő maximalizálható.

5.) A két modellben a rendelési időben a kezelőorvos az ellátáson kívül egyéb tevékenységet nem folytat, ill. az ellátás zavartalanságát technikai problémák nem akadályozzák.

6.) A napi rendelési idő időtartama a modellben rögzített, és nem léphető túl. A modellek a rendelési idő lejáta után sorra kerülő betegeket nem látják el.

7.) A modellekben a "betegváró" kapacitása, tehát az egy időben várakozó betegek maximális száma input adatként adható meg és tervezési paraméterként vizsgálható, alkalmazható.

A programok által nyomtatott "napló" tartalma:

A programok a beérkezésekről, az ellátás megkezdéséről, illetve az ellátás befejezéséről készítenek feljegyzést. Ennek megfelelően a "naplóban" három, különböző tartalmu scr szerepel:

1. BELÉPÉS

Tartalom:

- az esemény időpontja (hét, nap, óra, perc)
- az esemény megnevezése:
BELÉPÉS
- a beteg sorszáma
- az esemény időpontjában a várakozók száma

2. ELLÁTÁS KEZDETE

Tartalom:

- az esemény időpontja (hét, nap, óra, perc)
- az esemény megnevezése:
KEZELÉS
- a kezelő sorszáma
- a beteg sorszáma
- a beteg várakozási ideje
- a beteg kezelési ideje

3. ELLÁTÁS VÉGE

Tartalom:

- az esemény időpontja (hét, nap, óra, perc)
- az esemény megnevezése:
ELLÁTVA
- a kezelő sorszáma
- a beteg sorszáma

A programok által nyomtatott összesített eredmények:

A programok a futás során a várakozási idők gyakoriságát

- nap,
- óra,
- a várakozási idő hossza

szerinti bontásban, az egyes kezelők kihasználtságát

- nap,
- óra

szerinti bontásban figyelik.

A két táblázat alapján a vizsgált rendelő statisztikai jellemzői meghatározhatók, ill. a legkülönbözőbb szempontok szerint elemezhetők.

A statisztikai paraméterek megbízható becsléséhez viszonylag hosszú időszak szimulációjára van szükség, mivel az eredmények megbízhatósága a szimulált időszak hosszától függ, ha eltekintünk az empirikus kiindulási adatok megbízhatóságától.

Mivel a szimulált időszak hossza - bizonyos határon túl - az eredmények pontosságát csak kis mértékben befolyásolja, ezért a különböző hosszúságú időszakok szimulációs eredményeinek összehasonlításával az optimális szimulációs időszak hossza meghatározható, ill. az összehasonlítás eredménye megállási feltételként megadható.

A percenkénti beérkezések, ill. az ellátási idő generálására alkalmas szubrutinok G.S.FISHMAN (1973) által javasolt eljáráson alapulnak.

Az eljárás lényege a következő:

Legyen $P(X = i) = p_i$, ahol $i = 0, 1, \dots, n$ és

$$\sum_{i=0}^n p_i = 1$$

Jelölje j a p_0, p_1, \dots, p_n valószínűségek szignifikáns jegyeinek számát.

Legyen \underline{X} egy 10^i méretű vektor. Legyen

$$\underline{X}(1), \dots, \underline{X}(10^i p_0) : = 0$$

$$\underline{X}(10^i p_0 + 1), \dots, \underline{X}(10^i / p_0 + p_1 /) : = 1$$

$$\underline{X}(10^i \sum_{i=0}^{n-1} p_i + 1), \dots, \underline{X}(10^i \sum_{i=0}^n p_i) : = n$$

Az eljárás algoritmus:

1. lépés: generálunk a $(0,1)$ intervallumban egy egyenletes eloszlású U véletlenszámot.

2. lépés: $X[10^i U + 1]$, ahol $[10^i U]$ a legnagyobb egész szám $10^i U$ -ban adja a kívánt véletlenszámot.

Mivel a programok a belépések számát nap és óra függvényeként kezelik, és a FISHMAN féle eljárás tárolóigénye meglehetősen nagy, ezért az eredeti eljárást módosítottuk. (A módosított eljárás az azonos értékű vektorelemek elemszámát tárolja.) A módosítás eredményeképpen adódó eljárás tárolóigénye minimális, ezzel szemben időigényesebb. Az egyenletes eloszlású véletlenszámok előállítására az SSP programcsomag RANDU szubrutinját használtuk fel.

Befejezésül megállapíthatjuk, egy vezetőnek módjában áll, hogy csökkent létszámmal nagyobb teljesítményt biztosítson, alkalmazzon a teljesítmény növelése érdekében munkaerőket állandó vagy ideiglenes jelleggel, alkalmazza a legmodernebb technikai eszközöket, ha azok működtetése gazdaságos, de nincs módja a kihasználatlanul elmúlt idő utólagos felhasználására. Az egyetlen lehetőség ami a rendelkezésére áll az a mód, hogy hogyan használhatja ki a rendelkezésére álló megállapított és korlátozott időt.

Irodalom

- (1) Doig, A.: A Bibliography of the Theory of Queues. *Biometrika*, 44, 490-514, 1957.
- (2) Fishman, G.S.: Concepts and methods in discrete event digital simulation, John Wiley and Sons New York, 1973.
- (3) Kaufmann, A.: Az optimális programozás (Módszerek és modellek) Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1964.

