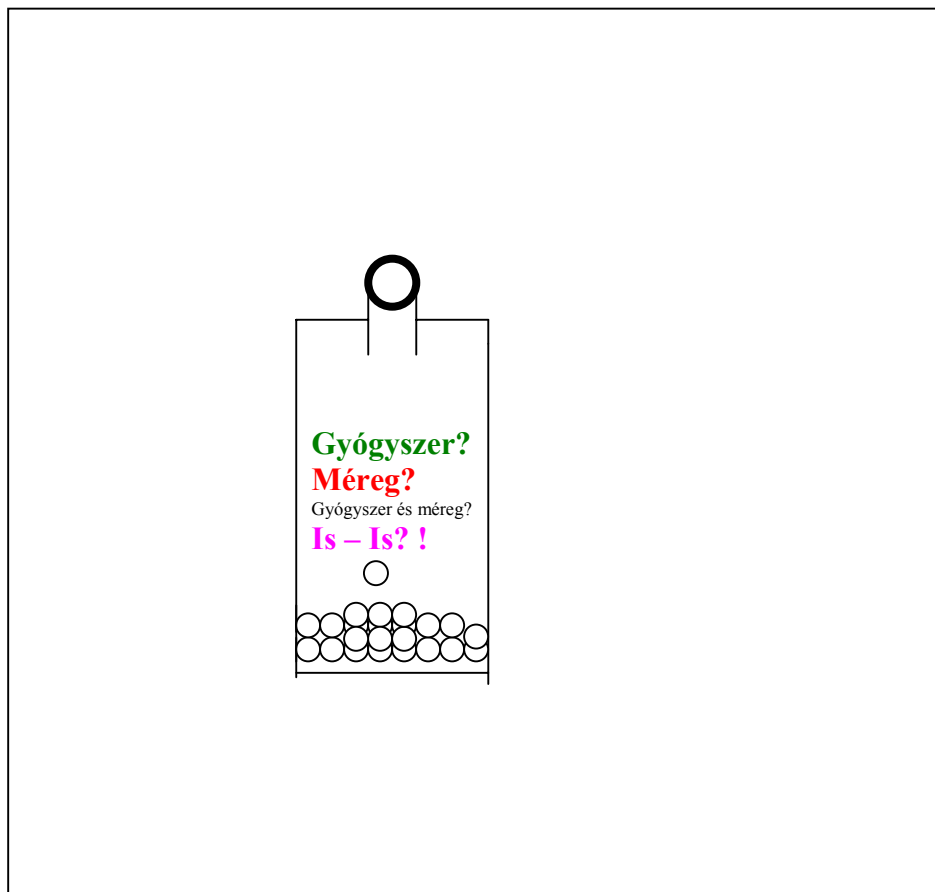


Dr. Tóth Emese – Dr. Tóth József

Gyógyszeradagolás optimalizálásának matematikai modellje és automatizált rendszere



**Debrecen
2008**

Tartalomjegyzék:

Előszó

- 1. A gyógyszerekről**
- 2. A betegekről, és a betegségekről**
- 3. A gyógyító intézményrendszerről**
- 4. A matematikai modell**
- 5. Az automatizált rendszer**
- 6. Diagnosztizálás szervezése**

Irodalom

Előszó

Tudjuk, hogy nagy fába vágtuk a fejszénket, amikor elhatároztuk egy matematikai, modell és automatizált rendszer kidolgozását, amely lehetővé teszi egy olyan számítógépes program megírását, mely alkalmas arra, hogy hatékonyabbá tegyük a betegek gyógyítását és megkönnyítsük az orvosok munkáját is.

Lehetnek, akiknek nem érdeke, az általunk megfogalmazott elméleti kérdések, illetve az általunk felvázolt matematikai modellrendszer és automatizált rendszer megvalósításának a sikeressége. Lehetnek, akik anyagi érdekeik miatt ellenzik. Másokat hitetlenségük késztet ellenvéleményre, illetve ellenállásra. Ismét mások esetleg nem értik meg alkotásunk lényegét, vagy túl nehéznek, bonyolultnak tartják megvalósítását. Sorolhatnánk még!

Mivel azonban, a matematikai modell és az automatizált rendszer koncepciója alapvetően kész, s más területen hasonló rendszert már sikerült megvalósítani, számítástechnikai szempontból, a számítógépes program elkészítése tekintetében, nem is olyan nagyon bonyolult problémát kellene megoldani.

A nagyobb gondot valószínűleg az adatbázis megteremtése jelentheti, bár ma már e területen is nagyon sok információ fellelhető, vagyis bizonyos területeket tekintve, már ma is működőképes rendszert lehetne megvalósítani, ami természetesen – mint később erről szó lesz – állandóan fejleszthető, tökéletesíthető, mind teljesebbé tehető.

Valamikor nagy ellenállást váltott ki, amikor a mezőgazdaságban elkezdődött az egyszerűbb, majd bonyolultabb, a gyakorlati felhasználásra alkalmas matematikai modellek és automatizált rendszerek kidolgozása. Aztán a siker meghozta az irigységet és a másolást, a plagizálást. Ez gyakran olyan másolásokhoz vezetett, amelyek az addigi alkotások hírnevét is ronthatták.

Hasonló helyzetek megakadályozására, valamint annak elkerülésére, hogy alkotásainkat kizárólag a profitszerzés, vagy bármilyen más, elveinkkel ellenkező, helytelen célból alkalmazzák, kikötjük, hogy a most közreadásra kerülő alkotásaink, elméleti kérdések, matematikai modellek, rendszerek és az automatizálás kérdései, csak az általunk adott írásbeli hozzájárulások, s ezekben meghatározott feltételek és körülhatárolások alapján lehetséges. Minden ettől eltérő felhasználás, szerzői jogainkat sérti.

Hozzájárulásunk kérhetők a következő email címeken:

Dr. Tóth József: cadmas@chello.hu

Dr. Tóth Emese: dr.toth.emese@eos.hu

Magunk sem szeretnénk bárkinek a szerzői jogait megsérteni. Nincs tudomásunk arról, hogy valakinek hasonló alkotása volna. Igaz, nem vagyunk birtokában a gyógyszerfelhasználással kapcsolatban megjelent összes publikációnak. Éppen ezért, ha mégis korábban az adott témában, az általunk leírtakhoz hasonló alkotás jelent volna meg, kérjük az alkotót, hogy értesítsen bennünket, hogy a jelen tanulmányunkat átdolgozhassuk, visszavonhassuk, vagy munkásságára korrekt módon hivatkozhatunk.

Természetesen helyzetünk jelenleg nem teszi lehetővé, sem pedig célszerűvé, hogy az elméleti kérdéseket, a matematikai modellrendszert, illetve annak lehetséges változatait, valamint az automatizált rendszert teljes mértékben és tökéletesen kifejtjük. Arra pedig különösen nincs lehetőségünk, hogy a számítógépes rendszert a szükséges információbázissal feltöltsük, s a gyakorlatban teszteljük. Ennek megvalósítása, több szakember, több szakma, több évig végzendő, kitartó és összehangolt munkáját kívánná meg. Még inkább sikeres lehetne ez a munka széleskörű nemzetközi összefogással, megfelelő szervezéssel, anyagi és erkölcsi támogatásokkal.

A betegeknek – véleményünk szerint – mindenképpen érdeke lenne a tanulmányunkban foglaltak kifejlesztése, a szükséges információkkal való feltöltése, gyakorlati megvalósítása és széleskörű alkalmazása. Márpedig munkánkkal elsősorban a betegek érdekeit tartjuk szem előtt.

Valószínűleg az orvosoknak is érdeke lenne, mert felszabadítaná őket, sok haszontalan, felesleges teendőtől, és az érdemi munkára koncentrálhatnának, valamint biztonságosabbá tenné munkájukat is.

Véleményünk szerint hosszú távon a gyógyszergyártó cégeknek is érdekében állhatna alkotásunk kifejlesztése, megvalósítása és gyakorlati alkalmazása. Természetesen, akkor, ha megértik a rendszerben lévő lehetőségeket, s vállalják az ezzel járó – esetenként többlet – költségeket és feladatokat.

Az országoknak, valamint az egészségbiztosítóknak bizonyosan érdekükben állna rendszerünk, illetve az erre épülő számítógépes program és adatbázis megvalósítása, különösen azért, hogy az emberek egészségesebbek, kevésbé veszélyeztetettek lehetnének, de azért is, mert a rendszer – véleményünk szerint – értékesíthető lehetne más országok felé is, ami jelentős devizabevétellel járhatna. Másrészt, egy ilyen rendszer kidolgozása és az ezzel kapcsolatos nemzetközi munka és összefogás szervezése, irányítása szintén jelentős erkölcsi és anyagi haszonnal is járhatna.

Az eddigi munkásságunk és az irodalom tanulmányozása során felmerült bennünk a kérdés, hogy ha a matematikai modellezést, és az optimum számítási eljárásokat, valamint az automatizált rendszereket sikeresen lehet alkalmazni a növényvilágban és az állatvilágban, a társadalmi-gazdasági problémák és a mezőgazdaság bonyolult problémáinak a vizsgálatában, és még sok más területen, miért ne lehetne eredményesen felhasználni, az orvostudományban, a gyógyszerfelhasználás optimalizálására és a különböző orvosi döntések megalapozására?

Aztán megszületett az elhatározás, hogy megkísérljünk egy kezdeti, de véleményünk szerint éppen ezért jelentős lépést tenni, egy távlatilag elérhető cél megvalósítása irányába, felkeltvén az érdeklődést a téma iránt, hátha előidézhetjük, hogy szélesebb tudományos körrel, s megfelelő anyagi támogatással, lehetőség legyen egy elméletileg megalapozott, rendszer kialakítására, s erre építve egy hatékony számítógépes programcsomag megalkotására. Ha esetleg néhol túl távolra néznénk, ami ma fantáziának tűnik, az esetleg a közeli, vagy a távoli jövőben megvalósulhat, s véleményünk szerint a tudomány fejlődése előbb-utóbb elvezethet a megvalósulásához.

Annakidején, a matematika és a számítástechnika mezőgazdasági alkalmazásával történő foglalkozás kezdetén, sokan megkérdőjelezték annak sikerességét, mondván, hogy „a mezőgazdaságot nem lehet a matematikába és a számítástechnikába belegyömöszölni”. Most bizonyosan lesznek, akik hasonlóan fognak mondani „az ember egészségi és gyógyítási problémáira”.

Akkor az volt a felelet, hogy valóban igaz, hogy a mezőgazdaságot, az élő természetet, nem lehet a matematikába és a számítástechnikába beleerőszakolni, de a matematika és a számítástechnika igen jól felhasználható, eszköz lehet a mezőgazdaság hatékonyabbá tételében.

Most pedig az lehet a válasz, hogy ugyanez igaz az ember egészségi és gyógyítási problémáira is, s a matematika és a számítástechnika igen jól felhasználható eszközként szolgálhat, az ember egészségének a megvédésében, és a beteg ember hatékonyabb gyógyításában.

A matematika és a számítástechnika alkalmazása a mezőgazdaságban nem csak a könyvelésben és a nyilvántartásban, az információk tárolásában, hanem a gazdaság hatékonyságát elősegítő döntések megalapozásában is igen célszerűen alkalmazhatónak mutatkozott.

Véleményünk szerint az egészségügyben ugyanúgy, nem csak a könyvelésben, a nyilvántartásban, a betegirányításban és az információk tárolásában lehet szerepe a matematiká-

nak és a számítástechnikának, hanem a hatékonyabb betegség megelőzésben és a hatékonyabb gyógyítás biztosításában, a gyógyítási döntések megalapozásában is.

Könyvünk első fejezetében a gyógyszerekről, második fejezetében a betegekről és a betegségekről, majd a harmadik fejezetben a gyógyító intézményrendszerről írunk röviden. Ezután kerül sor a negyedik fejezetben a matematikai modell, az ötödikben pedig az automatizált rendszer kifejtéséről, s végül foglalkozunk röviden a diagnosztizálás szervezésének a kérdéseivel. Törekszünk arra, hogy a kérdéseket röviden, leegyszerűsítve tárgyaljuk, hiszen nem tarthatunk igényt arra, hogy egy rövid tanulmányban a bonyolult problémát teljességében kifejtjük.

1. A gyógyszerekről

A mérleg egyik serpenyőjében legyenek a gyógyszerek.

A gyógyszereket, függetlenül attól, hogy folyékony állapotban, tablettákban, kenőcsökben, vagy injekciókban, illetve bármilyen formában kerülnek felhasználásra, az jellemzi, hogy valamilyen hatóanyagot, vagy hatóanyagokat, valamint segédanyagot, vagy segédanyagokat tartalmaznak, bizonyos betegséget, vagy betegségeket gyógyítanak, vagy akadályozzák annak súlyosabbá válását, de sajnos a gyógyítás mellett mellékhatásként, problémákat, esetenként súlyos betegségeket is okozhatnak.

Nincsenek könnyű helyzetben az orvosok, ha több száz gyógyszer hatását, és mellékhatásait kell ismerni. Kevésbé jelent problémát az általuk megállapított betegség kezelésére alkalmas (esetleg csak néhány) gyógyszer hatásának és mellékhatásainak a számontartása, bár néha (a sokféle mellékhatás miatt) ez sem könnyű. Viszont a betegek általában egyidejűleg más betegségekkel is küzdenek, más orvos, vagy szakorvos által felírt gyógyszereket is szedhetnek, s ilyen szempontból az lenne a kívánatos, hogy minden orvos, (különösen a recepteket végső soron felíró háziorvos) minden gyógyszer, összes jellemzőivel, hatásával és lehetséges mellékhatásaival tisztában legyen. Ilyen orvos pedig aligha létezik! Arra pedig az orvosnak nincs ideje és lehetősége, hogy egy gyógyszerkönyvből, vagy az Internetről a recept felírása előtt minden betegnél tájékozódjon az összes gyógyszer hatásairól és mellékhatásairól, s ezeket egymással is összevetve döntsön. Milyen nagy segítséget nyújthatna e téren is egy jól felépített és megfelelően működő számítógépes rendszer, amely egybevetné a sok ezer gyógyszer jellemzőit és felhívna a figyelmet azok komplex hatásaira és mellékhatásaira, stb.

Tapasztalatból is tudjuk, hogy a beteg gyakran kap olyan gyógyszereket, amelyek egymás jó hatásait ronthatják, vagy rossz hatásait, káros mellékhatásait, felerősíthetik. Erről azonban majd később.

A gyógyszerek legfontosabb jellemzői megtalálhatók a gyógyszer mellé adott tájékoztatókban, valamint az Interneten is. Mi a továbbiakban az utóbbit vegyük alapul.

A gyógyszerek Interneten is megtalálható legfontosabb jellemzői a következők:

A gyógyszer megnevezése:

A gyógyszer egységnyi tömege (pl. mg):

Kiszerelése (pl. egy csomagban hány tableta található):

Rendelhetősége (kizárólag orvosi rendelvényre, vagy szabad fogalomban is kapható?):

Bruttó fogyasztói ára:

Normatív TB támogatás van-e? (Azaz támogatja-e a biztosító?):

Normatív támogatás bruttó összege (ha van támogatás):

Normatív TB támogatással a beteg által fizetendő térítési díj:

EÜ tér. Köt. Támogatásra adható-e?

EÜ tér. Köt. Támogatás bruttó összege:

EÜ tér. Köt. Támogatással a beteg által fizetendő térítési díj:

EÜ 100 % támogatással adható-e:

Hatóanyag, vagy hatóanyagok: (Egy, vagy több hatóanyag.)

.

.

Segédanyagok: (Adott gyógyszerben általában több segédanyag van.)

.

.

.

A tájékoztatókból részletes ismereteket kapunk arról, hogy az adott gyógyszer milyen betegségek gyógyítására, súlyosbodásának a megakadályozására, vagy gátlására, fékezésére, vagy megelőzésére alkalmazható.

A továbbiakban számunkra igen fontos az is, hogy az adott gyógyszer szedése milyen mellékhatásokkal, károsodásokkal járhat?

Azt tapasztalhatjuk, hogy a gyógyszergyárak a gyógyszerhez adott tájékoztatóban rémítően sokféle, gyakran súlyos (akár halálos) mellékhatásokat sorolnak fel. Nem tudjuk, hogy ezek a mellékhatások milyen mértékben lettek tudományos alapon, vagy a tapasztalat alapján megállapítva, vagy a gyógyszergyárak saját védelmük érdekében sorolják fel a sok-sok rémítő mellékhatást. („Mi jeleztük a lehetséges mellékhatásokat, mossuk kezeinket!”). Hasznosak azonban mindenképpen ezek a tájékoztatók, hiszen (ha a beteg elolvassa) tartalmazzák azt is, hogy ha a beteg ezeket a mellékhatásokat tapasztalja, forduljon orvosához, vagy gyógyszerészéhez.

Csak hogy amennyiben a beteg többféle gyógyszer szedésére kényszerül, akkor kérdés, hogy a különböző gyógyszerek által kiváltható azonos mellékhatások, egymástól függetlenek, vagy halmozódnak, s felerősíthetik, esetleg ronthatják, kompenzálhatják, egymás hatását? Vannak-e (biztosan vannak) olyan gyógyszerek, amelyek egymást kizárják, azaz együtt nem szedhetők? Ezeket a kérdéseket elsősorban az orvosoknak kell tudni, de nem haszontalan az sem, (sőt nagyon hasznos), ha a betegek is tudhatják. A gyógyszerek mellé adott tájékoztatók ilyen vonatkozásokban is adnak hasznos útmutatást.

Tapasztalataink szerint azonban a betegek általában megbíznak az orvosukban, gyakran el sem olvassák, még kevésbé hasonlítják össze a különböző gyógyszerek mellékhatásait, vagy kételyük esetén sem szólnak, s talán az orvosok sem tartanak a gyógyszerek kölcsönhatásainak, különösen a mellékhatások kölcsönhatásának olyan jelentőséget, mint amilyent ez a kérdés megérdemelne.

Találkoztunk olyan emberekkel, aki bevallották, hogy soha nem olvassák el a gyógyszerekhez adott tájékoztatókat. Pedig ez szükséges lenne. Magunk is tapasztaltuk, hogy az orvos jóindulattal újabb gyógyszert is felírt, az addig használt és valóban hatékony gyógyszerek mellé, ami aztán olyan mellékhatásokat eredményezett, amelyek megnehezítették a beteg életét. Szerencsére az illető beteg elolvasta (mindig el szokta olvasni) a gyógyszer tájékoztatót, s abban le voltak írva a kiváltott mellékhatások, s a gyógyszer szedését azonnal abbahagyta. Helyre is állt a közérzete. Az orvos nyilvánvalóan jót akart, talán gyorsítani akarta a beteg gyógyulását. De ha a beteg nem olvassa el a gyógyszer mellé adott tájékoztatót, biztosan tovább szedi az adott gyógyszert, és ki tudja, mi lett volna az eredménye.

Nem tudni, hogy a gyakorlatban milyen károkat okoznak ezek a problémák? Nem tudni, hogy az egyik betegség meggyógyítása, vagy súlyosbodásának a megakadályozása, illetve kifejlődésének az akadályozása, milyen más bajokat, problémákat idéz elő a gyakorlatban. Utólag sajnos ezeket nem, vagy nem mindég lehet megállapítani, illetve nem is vizsgálják.

Vegyük például néhány gyógyszer mellékhatásait, nem teljes felsorolással. (Csillaggal jelölve, ha a mellékhatás a gyógyszer tájékoztató szerint lehetséges.) Hat gyógyszert hasonlítunk össze, s a gyógyszerek neve helyett ezeket Gy1, Gy2, Gy3, Gy4, Gy5, Gy6 szimbólumokkal jelöljük.

Néhány gyógyszer mellékhatásai

Sorsz.	Mellékhatások megnevezése	Gy1	Gy2	Gy3	Gy4	Gy5	Gy6
1	Agyvérzés	*					
2	Álmatlanság		*			*	*
3	Allergiás reakciók		*		*		*
4	Rendellenes vérzések (orr, gyomor, bél, vizelet)						*
5	Arc kipirulása	*			*		
6	Arcüreggyulladás	*					
7	Bél-elzáródás	*					
8	Bizsergés	*					
9	Bokatóji szöveti vizenyő	*			*		
10	Bőrkiütés	*	*	*		*	
11	Csalánkiütés	*			*		
12	Depresszió	*		*			
13	Egyensúlyzavarok	*					
14	Emésztési zavarok	*	*				*
15	Epepangás	*					
16	Érgörcsök	*					
17	Érgyulladás	*					
18	Érzékszavarok		*				*
19	Eszméletvesztés	*			*		
20	Étvágytalanság	*	*	*			*
21	Fáradtság	*		*		*	*
22	Fehérvérsejtek csökkenése	*					*
23	Fejfájás	*	*	*	*	*	*
24	Feledékenység	*					
25	Félelemérzés	*					
26	Fényérzékenység	*					
27	Férfiaknál emlőnagyobbodás						
28	Fokozott fehérjeürítés	*					
29	Gyengeség	*	*		*		*
30	Gyomorpanaszok	*					
31	Gyors szívverés	*					
32	Hajhullás	*	*			*	
33	Hallászavar (pl. fülzúgás)	*				*	
34	Hallucináció			*		*	
35	Hányás	*	*	*	*	*	*
36	Hányinger	*		*	*	*	*
37	Has felső részén kialakuló kellemetlen érzés	*					
38	Hasfájás		*			*	*

39	Hasmenés	*	*	*		*
40	Hasnyálmirigy-gyulladás	*	*			*
41	Hematokrit csökkenés	*				
42	Hemoglobin koncentráció	*				
43	Hidegérzés a végtagokon	*				
44	Hideg végtagok				*	
45	Homályos látás	*				
46	Hörgőgyulladás	*				
47	Hörgők görcsös	*		*	*	
48	Idegesség	*				
49	Impotencia		*			
50	Ízlelési zavarok, vagy íz érzés átmeneti elvesztése	*			*	
51	Izom- és ízületi fájdalmak, vagy láz	*	*			*
52	Izom és ízületi fájdalom	*		*		*
53	Izomgörcsök			*	*	*
54	Izomgörcsök	*				*
55	Izomgyulladás		*			
56	Izzadás	*				*
57	Kábultság	*			*	*
58	Koncentrációs zavarok	*				
59	Kopaszodás					*
60	Körömleválás	*				
61	Kötőhártya gyulladás	*				
62	Látási zavarok	*			*	*
63	Láz, hőemelkedés	*		*	*	*
64	Légszomj	*				
65	Májgyulladás	*	*		*	*
66	Májsejtek elhalása	*				
67	Mellkasi fájdalom	*			*	
68	Nátha	*				
69	Nyugtalanág	*		*		*
70	Ödéma					
71	Puffadás		*			
72	Remegés	*				*
73	Ritmuszavar	*		*		
74	Rovarcsípés következtében túlérzékenységi reakció	*				
75	Sárgaság	*	*	*		
76	Súlyos bőrreakciók (pikkelysömørszerű elváltozások)	*				
77	Szagérzés zavarai	*				
78	Száj, nyelv, gyomor, bélrendszer nyálkahártya gyulladása	*				
79	Szájszárazság	*			*	*
80	Száraz bőr			*		

81	Száraz ingerköhögés	*					
82	Szédülés	*	*	*	*	*	*
83	Székrekedés	*	*	*		*	*
84	Szexuális zavarok	*					*
85	Szívdobogás-érzés	*			*		*
86	Szívinfarktus	*					
87	Szomjúság	*					
88	Szorongás			*			*
89	Szöveti vizenyő	*					
90	Szöveti vizenyő (arc, karok, lábak)	*					
91	Végtagmerevség						*
92	Vércukorszint emelkedés v. csökkenés						
	Valamennyi vérsejt elvesztése						
93	(csontvelő működés gátlása következtében)	*					
94	Vérlemezkek számának csökkenése	*	*				*
95	Vérnyomás csökkenése	*			*	*	
96	Vérsejtek számának kóros csökkenése	*					
97	Vese:	*					
98	Veseelégtelenség	*					
99	Viszketés	*	*	*		*	
100	Vizelet visszatartási és vizeletürítési nehézség						*
101	Zavartság	*		*			*
102	Zsibbadás	*					*

A felsorolás nem tartalmazza a tájékoztatókban fellelhető összes mellékhatást. Látjuk azonban, hogy vannak olyan káros mellékhatások, amelyeket mind a hatféle, vagy ezek közül legalább három-négy-öt fajta gyógyszer kiválthat.

Hogy aztán jelentkeznek-e ezek a mellékhatások és milyen mértékben, milyen gyakorisággal, az valószínűleg a betegek szervezetétől, ellenálló képességétől, illetve életerejétől is függ.

A tájékoztatók figyelmeztetnek arra is, hogy a laboratóriumi értékeket a kezelés előtt, és közben is rendszeresen ellenőrizni kell.

Találkoztunk betegekkal, akik évek óta szednek ezek közül a gyógyszerek közül többet is, (és még másokat is,) a nélkül, hogy a laboratóriumi ellenőrzés, a gyógyszer szedése előtt, vagy a közben, bármikor, illetve rendszeresen megvalósult volna.

A mellékhatások egy részét, ha nem is súlyos formában, a betegek gyakran tapasztalják. Tekintve azonban, hogy többféle gyógyszert is szednek, s a mellékhatások egy (gyakran jelentős) része több gyógyszer tájékoztatójában is fel van sorolva, fogalmuk sincs, hogy az adott mellékhatásokért melyik gyógyszer, milyen mértékben felelős.

A beteg emberek példája természetesen azt is mutatja, hogy a gyógyszerek mellékhatásai nem mindig, és nem mindenkinél egyformán jelentkeznek. Megfontolandó azonban, hogy milyen gyógyszereket szabad, vagy nem szabad egyidejűleg a beteggel szedni, és meddig, milyen hosszú ideig szabad egy adott gyógyszert szedni, vagy gyógyszereket együtt szedni?

Célszerűnek tartjuk e helyütt röviden egy, a gyakorlatban megtörtént esetet leírni.

A beteg súlyos operáción esett át. A szakorvos felírt gyógyszereket, amelyeket a beteg lelkiismeretesen szedett. Kontrol alkalmával – tekintve, hogy a beteg állapota szépen javult – a gyógyszerek számát a szakorvos jelentősen lecsökkentette. Ugyanakkor – nyilván jó szándékkal a háziorvos – belgyógyász hozzájárulásával – újabb gyógyszert is felírt a betegnek. (Ez a Gy6 gyógyszer).

A beteg elolvasta a gyógyszer mellé adott tájékoztatót, s csodálkozott, hogy miért kapja ezt a gyógyszert. A tájékoztatóban ugyanis elolvasta, hogy milyen betegségek esetén alkalmazható ez a szer?

Milyen betegségek esetén?

Depresszió, kényszer és pánikbetegség, trauma utáni stressz, szociális fóbia.

A továbbiakban a tájékoztató felvilágosítást adott arról is, hogy mi fán teremnek ezek a problémák?

A depresszió: amikor a beteg szomorú, rossz a hangulata, rosszul alszik vagy képtelen az életet élvezni, mint azt korábban tette. A depressziót szorongás kísérheti. A gyógyszer segíthet ezeken a panaszokon, jóllehet nem altató és nem is nyugtató. Az orvos azért is felírhatja, hogy megelőzze a depresszió visszatértét.

Kényszerbetegségben szenvedőknek kényszeres cselekedetei és gondolatai vannak. Ezen is segít a gyógyszer.

A pánikbetegség nagyfokú szorongással, pánikkal jellemezhető roham, ami megismétlődik.

A trauma utáni stressz tünetei hasonlóak a depresszió tüneteihöz.

A szociális fóbia jellemzője a félelem (pl. idegenekkel való találkozástól, kritikától, megalázó helyzetektől).

A beteg ámuldozott! Ezekkel a problémákkal soha nem találkozott. Nem volt depressziós, nem szenvedett kényszerbetegségben, pánikbetegségben, nem volt szociális fóbiája, sőt idegileg a súlyos műtétnek is belenyugvóan, félelem nélkül, a szakorvosban bízva ment neki. A felsoroltak közül egyedül az alvással volt problémája, általában kevés (fél tabletta) altatóval aludt. Mégis úgy gondolta, hogy ha az orvos felírta ezt a gyógyszert szednie kell, valószínűleg az orvos arra gondolt, hogy a műtét után talán szükséges lehet ez a gyógyszer. Egyébként is csupán reggel fél tablettát kellett szednie, ez remélhetőleg nem okoz gondot.

Néhány napig szedte, aztán jelentkeztek is a mellékhatások, mégpedig elég erősen. Nyak és váll izmai megmerevedtek, s fájdalmasak voltak. Fejfájás, szédülés, vizeleti nehézségek, hajhullás, rossz közérzet, stb. A beteg arra gyanakodott, hogy ezeket a szokatlan dolgokat a Gy6 gyógyszer okozza, hiszen annak szedése előtt jobban érezte magát.

Újra elolvasta a tájékoztatót, s rájött arra, hogy minden problémája fel van sorolva a mellékhatások között. Abbahagyta a gyógyszer szedését, s már másnap sokkal érezte magát, a következő napokban pedig már teljesen helyreállt az eredeti állapot, a viszonylag jó közérzet.

Ha valaki nem olvassa el a gyógyszerek mellé adott tájékoztatókat, esetleg nem tudja, hogy mi okozza a problémáit, a rossz közérzetét, tovább szedi a gyógyszert, s ki tudja, mi lehet annak a kimenetele. Nagyon fontos lenne tehát annak a tudatosítása a betegek között, hogy olvassák el a tájékoztatókat, ne hagyatkozzanak csupán az orvosra, hiszen a beteg érzi, ha valamely gyógyszer jelentősebb mellékhatásokat okoz!

Kérdés, hogy nem volna-e lehetőség arra, hogy az egyes gyógyszerekhez adott tájékoztatókban a mellékhatások érvényre jutásának a lehetőségét, esetleg akár csak megközelítőleg is, valamilyen mérőszámmal jellemezzük, esetleg a beteg egyedi jellemzőit is (szintén valahogyan számszerűsítve) figyelembe véve adagoljuk a gyógyszereket? Tekintve, hogy ma még a gyógyszerészeti és az orvosi tudományok erre nem képesek, nem volna-e szükséges, ilyen irányban jelentősebb, nemzetközileg is összehangolt tudományos kutatási tevékenységet folytatni? Vajon az orvosoknak a sok feleslegesen végzett munka helyett nem volna-e célszerűbb érdemi, tudományos tevékenységet folytatni?

A gyógyszerek általában valamilyen, a természetben (ásványi anyagokban, növényekben, állatokban, emberekben) található élő, vagy élettelen objektumokból kivont anyagokból, vagy mesterségesen előállított kémiai vegyületekből állnak, mind hatóanyagukat, mind segédanyagukat tekintve. Ezek az anyagok általában mennyiségileg mérhetőek, mennyiségileg meghatározhatók. Ha adott anyag, illetve anyagok több betegség esetén is alkalmazhatók, szabad-e az ugyanolyan hatást kifejtő anyagot egyidejűleg több betegségre többféle gyógyszerrel egyszerre szedni, ezáltal hatásukat, és természetesen mellékhatásukat megtöbbszörözni?

Például ha a beteg olyan szívgyógyszert szed, amelyik vérnyomáscsökkentőkkel együtt szedve erősíti a vérnyomáscsökkentő hatását, szedheti-e egyidejűleg a szívgyógyszert és a vérnyomáscsökkentőket? Melyiket, milyen dózisban és mennyi ideig? Nem is beszélve az altatókról, és a nyugtatókról! Ha a gyógyszer tájékoztatóban azt olvassuk, hogy a gyógyszer álmosággal, a reflexek lassulásával, idegességgel, agresszivitás kiváltásával járhat, stb. akkor melyik az igaz? Álmosak, leszünk, vagy idegesek?

A kardiológus felírja a szívgyógyszereket, vérnyomáscsökkentőket. A belgyógyász felírja a gyomorproblémák megoldására szükségesnek tartott gyógyszereket, az ideggyógyász az idegi problémákra javasolt gyógyszereket, a háziorvos az altatót, a nyugtatót, stb. De ki mérlegeli ezek kölcsönhatását, komplex hatásukat? Egyáltalán a tudomány jelenlegi szintje lehetővé teszi-e a kölcsönhatások, a komplex hatások egzakt meghatározást?

A későbbiekben kifejtésre kerülő matematikai modell feltételezi, hogy a gyógyszerek jellemzői és hatásai, mellékhatásai is, vagy azok nagy része, valamilyen formában számszerűsíthetők.

A fent leírtak valódiságáról kívántunk meggyőződni, amikor felvettük a kapcsolatot az EGIS NyRT-vel. Ezúton is köszönetet mondunk Dr. Szentpéteri Imre igazgatóhelyettes úrnak, hogy az információt kérő levélre érdemi választ adott, s hogy hozzájárult ahhoz, hogy leveleinket tanulmányunkban közreadjuk.

A leveleket tehát e helyütt szó szerint közöljük:

Az információt kérő levél a következő volt:

pr@egis.hu

Tisztelt Cím!

Tudományos kutatási vizsgálatokhoz szeretnék kérni az Önök hozzáértő szakembereitől néhány információt.

1. A tablettában megjelenő gyógyszerek hatóanyaga, vagy a segédanyagok, vagy is-is, okoznak káros mellékhatásokat?

2. A tablettában lévő hatóanyag nem adható-e úgy, hogy vízben oldva vegye be a beteg, tehát segédanyag nélkül, mint ahogyan a folyékony gyógyszereket, hogy elkerülje a mellékhatásokat?

3. Ha többfajta, ugyanazon mellékhatást kiváltó gyógyszert szed a beteg, nem halmozódnak a káros mellékhatások?

Válaszukat megköszönöm

Tisztelettel:

Dr. Tóth József
ny. egyetemi tanár
MTA Doktora

A válasz:

Tisztelt Professzor Úr!

2007. július 25-i levelében feltett kérdéseire az alábbiakban próbálom válaszolni:

1. A tablettában megjelenő gyógyszerek hatóanyaga, vagy a segédanyagok, vagy is-is, okoznak káros mellékhatásokat?

A mellékhatások túlnyomó többségéért kétségtelenül a gyógyszerek hatóanyaga tehető felelőssé, hiszen a segédanyagoknak az alkalmazott mennyiségben nincs vagy nagyon minimális a biológiai hatásuk (éppen ezért használhatók gyógyszeripari segédanyagként), míg a hatóanyag adásának célja egy biológiai hatás elérése. Az is kétségtelen azonban, hogy túlérzékenységi reakció, intolerabilitás egyes segédanyagokkal kapcsolatban is előfordulhat, részben azok mennyiségétől is függően. A formulációk fejlesztésekor a gyártók igyekeznek a segédanyagokat, illetve azok mennyiségét úgy megválasztani, hogy azok a várható mellékhatások szempontjából a lehető legközömbösebbek legyenek. Ennek ellenére főleg allergiás típusú reakciók előfordulhatnak segédanyagokkal szemben is, különösen hasonló reakciókra amúgy is hajlamos betegek esetében (pl. egyes azo-festékekre asztmás betegeknél asztmás roham indukálódhat).

2. A tablettában lévő hatóanyag nem adható-e úgy, hogy vízben oldva vegye be a beteg, tehát segédanyag nélkül, mint ahogyan a folyékony gyógyszereket, hogy elkerülje a mellékhatásokat?

Ez a bevételi mód elvileg kétségtelenül kiküszöbölheti a segédanyagok által okozott mellékhatásokat. Gyakorlati szempontból gátat jelenthet az ilyen adagolást illetően a hatóanyag vízzoldékonysága, illetve stabilitása tiszta vizes oldatban, illetve sok esetben az oldat íze (amit egy oldatos gyógyszerforma esetében legtöbbször ízanyagokkal igyekeznek maszkírozni). Ha ezek javítására (esetleg egy egyszerű pufferrendszeren túlmutató módon) egyéb segédanyagokat, ideértve a mikrobiológiai tartósítószereket is kellenek alkalmazni, akkor már nem sokkal lennének szerintem jobb helyzetben, mint egy szokásos összetételű tablettá esetében. További problémát jelenthet a gyakorlat szempontjából az oldat általában kényelmetlenebb / pontatlanabb adagolhatósága (klinikai vizsgálatokban a terápiahűség kérdése, kinetikai vizsgálatokban az általában megkívánt dozírozási pontosság reprodukálható biztosítása).

3. Ha többfajta, ugyanazon mellékhatást kiváltó gyógyszert szed a beteg, nem halmozódnak a káros mellékhatások?

A felvetés teljesen reális, ilyenkor az adott mellékhatás szempontjából a toxicitás elvileg összegződik, de a mechanizmustól függően akár pozitív szinergizmus is elképzelhető. Ez megnyilvánulhat gyakoribb és/vagy súlyosabb mellékhatások formájában. Ezért általában a klinikai gyakorlatban célszerű úgy megválasztani egy kombináció elemeit, a mellékhatás profilok

különösen a kritikus elemek tekintetében minél kevésbé fedjék egymást (kerülendő, pl. két jellemzően ulcerogén hatású vagy csontvelő depressziót okozó szer együttes adása, noha egy-egy 'veszélytelen' mellékhatás átfedése általában nem aggályos).

Remélem, a fentiek segítségére lehetnek munkájában. További kérdés esetén állok szíves rendelkezésére.

A kissé késedelmes válaszáért elnézést kérek, kollégáim által továbbított levelét szabadságomról visszatérve csak ma olvastam.

Tisztelettel,

Dr. Szentpéteri Imre
igazgatóhelyettes
Orvostudományi főosztály
EGIS NyRT.

Véleményünk szerint a levélre adott válasz lényegében alátámasztja a fentebb leírtakat, s meggyőz arról, hogy érdemes az általunk célul kitűzött feladattal foglalkozni.

A mellékhatásokat tehát alapvetően a hatóanyagok váltják ki, bár nem kizárt a segédanyagok káros hatása sem. Tehát az sem kizárt, sőt feltételezhető, hogy a segédanyagoknak is lehetségesek káros mellékhatásaik.

Munkánk szempontjából különösen lényeges a válasznak az a része, amelyet arra a kérésre kaptunk, hogy ha többfajta, ugyanazon mellékhatást kiváltó gyógyszert szed a beteg, nem halmozódnak-e a káros mellékhatások?

A válasz tehát úgy szól, hogy „**A felvetés teljesen reális**, ilyenkor az adott mellékhatás szempontjából a toxicitás elvileg összegződik, de a mechanizmustól függően akár pozitív szinergizmus is elképzelhető. Ez megnyilvánulhat gyakoribb és/vagy súlyosabb mellékhatások formájában. Ezért általában a klinikai gyakorlatban célszerű úgy megválasztani egy kombináció elemeit, a mellékhatás profilok különösen a kritikus elemek tekintetében minél kevésbé fedjék egymást (kerülendő, pl. két jellemzően ulcerogén hatású vagy csontvelő depressziót okozó szer együttes adása, noha egy-egy 'veszélytelen' mellékhatás átfedése általában nem aggályos).”

Munkánk egyik lényeges kérdésének éppen azt tekintjük, hogy hogyan lehetne, a gyógyszer hatékonyságának a fokozása mellett, a mellékhatásokat kiküszöbölni, vagy a minimálisra csökkenteni, azáltal is, hogy a különböző szakterületen dolgozó orvosok munkáját megkönnyítsük, a tévedések lehetőségeit minimalizáljuk.

Igaz, hogy az ételeknél és gyógynövényeknél is hasonlóan jelentkezhetnek mellékhatások.

Nemrég kezünkbe került a halmozottan sérült gyermekek és fiatalok segítségét és szociális ellátását végző Fény Felé Alapítvány kiadásában megjelent, Dr. Suller Attila által szerkesztett „Legjobb gyógymód a megelőzés” című (életmód tanácsadó és szakácskönyv) könyv. A könyvben sok érdekesség mellett olvasható Dr. Szkopincev Dmitrij által írt Ajurvéda c. fejezet. („Az ajurvéda a létező legősibb egészségmegőrző módszer, az ősi INDIA hagyatéka” írja.) Ebben taglalja az édes, a savanyú, a sós, a csípős, a keserű, a fanyar ízek hatásait, leírva kedvező hatásuk mellett, azokat a kedvezőtlen mellékhatásokat is, amelyeket kiválthatnak, különösen túlzott fogyasztásuk esetén.

Ebből kitűnik, hogy nem csak a gyógyszereknek, de **az élelmiszereknek is lehetnek káros mellékhatásaik**. Mint írja „Az étel gyógyszer, a gyógyszer étel.” Leírja, hogy a különböző ízek (édes, savanyú, sós, csípős, keserű, fanyar) milyen hatással vannak a szervezetre.

Ismeretes az is, hogy az erős illatú gyógynövények (pl. a menta) kerülendők, ha homeopátiás készítményeket használunk, mert módosíthatják a homeopátiás készítmények hatását.

De ha „Az étel gyógyszer, a gyógyszer étel.”, akkor minden ételnek van, vagy lehet kedvező és káros hatása.

Ismeretes egyes ételek puffasztó hatása, más ételek szorulást előidéző, vagy hashajtó hatása, stb. (E tekintetben felvetődhet az a kérdés is, hogy vajon a hashajtó hatású ételek esetenként nem kedvezőek-e a belek kitisztítása, vagy az epe működése tekintetében?)

Ugyancsak felvetődik a kérdés, hogy amikor egy adott ételben savanyú (pl. ecet), sós (a só) és az édes (cukor, vagy méz) íz egyidejűleg létezik, hogyan összegződik ezek hatása? Milyen esetben és milyen mértékben erősítik, vagy kompenzálják egymás hatását?

Másképp, ha az ízek különböző hatásokat váltanak ki, akkor, pl. citrom nem csak vitamin tartalmával hat a szervezetre, hanem íz hatásával is. Hasonlóképpen vetődhet fel a többi gyümölcsfélék hatása is. Sőt a különböző gyümölcsök egyidejűleg édes és savanyú, esetleg keserű íz hatással is rendelkeznek, természetesen különböző arányban. Melyik gyümölcsfélése, milyen íz hatással, illetve hatásokkal, hogyan hat a szervezetre, a mellett, hogy vitaminokat és ásványi anyagokat tartalmaz?

A háziállatok esetében már rendelkezünk a takarmányadag optimalizálásának a modelljével, amely a legfontosabb anyagokat, energiát, fehérjét, vitaminokat, ásványi anyagokat, stb. veszi figyelembe az állat ez irányú szükségleteinek kielégítését tűzve ki feladatul. Esetenként ezt a gyakorlatban is alkalmazzák, különösen a takarmánykeverékek összeállítása során. Az ember esetében sajnos ehhez még messze vagyunk.

Nem arról van szó, hogy az ember számára optimalizált menüket állítsunk össze, nem tekintve annak ízét. De jó lenne figyelemmel kísérni, hogy milyen anyagok hiányoznak az ember szervezetéből, vagy milyen anyagok vannak feleslegben, s a különböző ételeket ezek figyelembevételével állítanák, illetve válogatnák össze.

A felvetett kérdések között még sok a probléma, a tisztázatlanság, amelyekre a tudomány sem tudott ez ideig kielégítő választ adni. Kérdés, hogy elegendő energiát fordítunk-e ezeknek a kérdéseknek a tudományos vizsgálatára, a legfontosabbnak, az ember egészségének a tudományosan megalapozott megóvására, segítésére?

Az előbbieknél során mi általában a betegségek gyógyítására, vagy súlyosbodásának a megakadályozására, illetve lassítására alkalmas anyagokkal, gyógyszerekkel, készítményekkel, élelmiszerekkel, foglalkoztunk. Modellünket azonban beteg gyógyításával, vagy a betegség súlyosbodásának a megakadályozásával, lassításával, illetve egészségének a megóvásával kapcsolatos valamennyi gyógymódra kiterjeszthetjük. Beleérthetjük tehát a későbbiekben definiálásra kerülő gyógyszerváltozók fogalmába a fizioterápiás gyógymódokat, a természetgyógyászati, alternatív gyógymódokat, pszichológiai kezeléseket, stb., tehát mindenféle jelenleg ismert, vagy a jövőben megismerésre kerülő terápiát, amely a beteg gyógyítására, a betegség súlyosbodásának a megakadályozására, vagy lassítására alkalmas.

Modellünket olyan nyílt és állandóan fejleszthető, korszerűsíthető, a tudományok fejlődésének követését lehetővé tevő, rugalmas modellként tekintjük, amely követi az állandóan változó világot, a változó emberi szervezetet és annak környezetét, s a tudomány fejlődését.

Változhat a modell adatbázisa, a modellváltozók és a modell feltételrendszere, struktúrája. Változhat az automatizált rendszer szerkezete. Változhat üzemeltetés rendszere és változhatnak az üzemeltetés feltételei.

A lényeg az, hogy a rendszer az embert, az ember egészségét, egészséges életét, az ehhez szükséges tanácsokat és gyógymódokat, az egészségfejlesztést szolgálja.

2. A betegekről, és a betegségekről

A mérleg másik serpenyőjében vannak a betegek és a betegségek. Ez az oldal sem kevésbé bonyolult, mint a gyógyszerek.

Ami a beteget illeti, nem kétséges, hogy minden beteg egyéni, egyedi jellemzővel rendelkezik, minden beteg másként éli meg egy-egy betegség lefolyását, még akkor is, ha általános jegyeikben – hiszen emberek – nem is különböznek lényegesen. Van olyan, hogy valaki úgy esik át egy kisebb infarktuson, hogy észre sem veszi, nem is tud róla addig, amíg a szakorvosnál ki nem derül, hogy volt egy infarktusa. Van, akit az első, másokat a második, vagy a többedik infarktus visz el az élők soraiból, s van olyan, aki sok évvel az infarktus után is él, vagy más betegségben halálozik el.

Adott ember betegségek iránti fogékonysága, és a betegségekkel szembeni reagálása és ellenállása sem konstans, hanem állandóan változó lehet. Függ a kortól, az eddigi betegségeitől, az eddig szedett gyógyszerektől, egyéni adottságaitól, sőt változik az időjárás hatására is (frontérzékenység).

Az embert sokféle betegség támadhatja meg. Ezek lehetnek baktériumok, vagy vírusok által kiváltott betegségek, vagy más eredetű betegségek, sérülések, vesekő, vagy epekő, stb. stb. betegségek.

Általában egy-egy embernek egyidejűleg több egészségügyi problémája, többféle betegsége van. A különböző betegségeknek vannak (lehetnek) azonos és lehetnek eltérő, egymást erősítő, vagy gyengítő tünetei. Ezek érzékelése nem mindig egyszerű. Különösen jellemző lehet ez az idősebb emberekre, bár a fiatalok sem kivételek.

„Tudnunk kell, hogy az idős egyéneknek négy-hat krónikus betegsége van, melyre átlagosan hat-nyolc gyógyszert szed, és ezek együttesen időnként váratlan mellékhatást okoznak. Ám a sok-sok nehézség ellenére ugyanakkora szigor indokolt a vérnyomás célértékének beállításánál, mert szorosabb az összefüggés a vérnyomásérték és a bekövetkezett szövödmények között, mint fiatalok esetén.” (Magas vérnyomás, kérdezz-felelek. Családi Lap 2008.04. száma. Dr. Barna István. Magas vérnyomás, Springmed Kiadó)

Az orvos mindenképp előtt a beteg panaszait hallgatja meg. Ez önmagában is sok hibalehetőséget rejt magába, tekintve, hogy gyakran az egyes embereknél a különböző betegségek tünetei sem egyformán jelentkeznek, vagy az adott betegség más és más betegségekkel társul, s maguk az emberek, a szubjektumok is különbözőképpen érezhetnek betegségeket, különböző intenzitással és jellegzetességgel élhetik meg ugyanazokat a tüneteket.

Segít az orvosnak a beteg szemrevételezése. A bőr, a szem, a nyelv, stb. megfigyelése, a test hőmérsékletének megállapítása, a napszak és az időjárás, stb. hatására is változó vérnyomás, a pulzus megtapintása, a tüdő és a szív meghallgatása, has és egyéb testtájak kikapintása.

Ha az orvos ezekből sem tudja megállapítani a betegséget, akkor következik a műszeres és a laboratóriumi vizsgálat. Röntgen, EKG, ultrahang, CT, vér, vizelet, széklet vizsgálatok, vagy a betegségtől függően a hallás vizsgálatok, idegi vizsgálatok, szemvizsgálatok, urológiai vizsgálatok, endoszkópos vizsgálatok, doppler, szövetminta vizsgálatok, stb.

Az orvosnak tehát sokféle lehetősége van arra, hogy a beteget megvizsgálja, megvizsgálta, és a betegséget, illetve a betegségeket felderítse. Ennek ellenére, éppen a dolog bonyolultságából adódóan, vannak, lehetnek problémák.

Elgondolkodtató az is, hogy az orvostudományok általában egy-egy betegség megállapítására koncentrálnak, s a gyógyszerek is egy-egy betegség meggyógyítására, vagy súlyosbodásának a megállítására összpontosítanak, s ma még kevésbé van lehetőség az ember egészségének a komplex feltérképezésére, amikor valamennyi, vagy legalábbis a jelenleg ismert lényegesebb betegségek komplex feltérképezésére megvalósítható, bár tagadhatatlan, hogy e

terén is jelentős a fejlődés. Talán éppen az ember egészségi problémáinak komplex feltárása terén mutatkozó hiányosságok következtében is indultak virágzásnak az ősi keleti gyógy-módok, a természetgyógyászat különböző válfajai, az akupunktúra, stb.

Az ember egészségi helyzete komplex feltérképezésének a hiánya annál inkább érdekes, mert a 21. században olyan csodálatos eredményeket ért el az emberiség a világűrku-tatásban, a föld méhének a kutatásában. A műholdak segítségével a föld felszínéről készített fényképek néhány centiméter eltérést is ki tudnak mutatni. A helymeghatározó rendszerek, a műholdak segítségével térképen és hanggal is vezérelni tudják az embert, hogy mikor, hol van, milyen közlekedési akadályokra számíthat, merre kell fordulnia, stb. hogy célját elérje.

Az Internet segítségével el lehet jutni a világ minden tájára, levelezni, beszélgetni, sőt videó beszélgetéseket folytatni, stb. Ugyanakkor az ember egészségi állapotáról, csak részle-tekben kaphatunk, nem is mindig pontos képet.

Valószínűleg az emberi test egy bonyolult, biológiai adó-vevő készülékként is felfog-ható. Az emberi test állandóan információkat bocsát ki, többek között a saját egészségi állapo-táról is. Tehát nem csak egy-egy jelenség, (lényegében szintén információt, ha úgy tetszik felerősödött információt megjelenítő) a vér, a vizelet, röntgen, ultrahang, EKG, DOPPLER, stb. vizsgálat alapján nyert információkból lehet megállapítani az ember (egyébként állandóan változó) egészségi állapotát, hanem az emberi test által kibocsátott igen sokoldalú komplex és részletes információból.

Sajnos, ma még ezeket az információkat nem tudjuk kellőképpen érzékelni, nem tudjuk megfelelően olvasni, ezért kénytelenek vagyunk egy-egy jelenség vizsgálatából követ-keztetni az ember egészségi állapotára. Ez önmagában sem kevés! Sok mindenre enged következtetni. Sőt ezek az információk egy központi számítógépben komplexebb információ formájában is rögzülhetnek. De milyen jó lenne, ha az emberi test által kibocsátott informá-ciók mind nagyobb részét, le tudnánk olvasni, a részek, az egyes jelenségek vizsgálata nélkül, vagy a részletek vizsgálatának összegzésével. Vannak ilyen jellegű próbálkozások. Például az emberi testről készített hő-térkép, a Samatoinfra vizsgálat, amely a szervezet által kibocsátott elektromágneses hullámok érzékeléséből kíván következtetni a szervezet problémáira, a természetgyógyászat különböző eljárásai stb. Különösen jelentősek lehetnek e tekintetben a génvizsgálatok, a géntérkép. „Ha erőfeszítéseink valóra válnak, a páciensek géntérképének vizsgálatával pár nap alatt megállapíthatjuk, hogy ki milyen betegségekre hajlamos” mondja Dr. Fésüs László professzor (Kácsor Zsolt: Az Úristen és a sejthalál. Népszabadság 2008. május, 19) De ha meg tudjuk állapítani a hajlamot, miért ne tudnánk megállapítani a meglévő, vagy közelgő problémákat? S ha, mint Fésüs László professzor mondja a haldokló sejtek „jelző-molekulákat küldenek az őket később felfaló sejtek felé, hogy azok felkészülhessenek az eltakarítói feladatra.” (ugyanott.) S a felfaló sejtek ezt érzékelni képesek, az ember nem lehet-e képes felfogni a test üzenetét?

S ha eddig eljutunk, miért ne tudnánk továbblépni, s tanácsot adni, esetleg éppen az Interneten keresztül, a páciensnek életviteléhez, a gyógyszereszedéshez, stb.? A Népszabadság 2008. május, 19-i számában Szöcs László: Nem elég elektronikus a magyar orvos c. cikkében például a következőket olvashatjuk: „Az adatátviteli lehetőségekkel a magyar orvosok mind-össze tizenkét százaléka él laboratóriumi eredmények lekérdezésénél (az EU átlag 40 százalék), és elhanyagolható azok aránya, akik klinikákkal, szakorvosokkal is cserélnek a betegeikre vonatkozó információkat, illetve elektronikus recepteket írnak fel. Ez utóbbi csak a dánoknál, a svédeknel és a hollandoknál elterjedt, az országokon átnyúló orvosi együttműkö-dés pedig lényegében csak a hollandoknál. Még a gazdag északiaknál is lemaradásban van a telemonitoring, amely lehetővé teszi az orvos számára, hogy távolról kövesse nyomon a betegség lefolyását, és krónikus betegségeknel távolról folytassa magát a kezelést is.”

Aligha véletlen, hogy egyre nagyobb az igény arra, hogy az orvos-beteg kapcsolatban a számítógép a jelenleginél sokkal nagyobb szerephez jusson, s ez az igény a napilapokban is teret kap.

Szintén a Népszabadság 2008. május, 19. számában olvashatjuk Pócs Balázs: Életet menthet a klikkelés, c. cikkét. Ebben többek között a következőket olvashatjuk: „Meglepő dolgokra képes az elektronikus egészségügy (trendibb nevén e-egészségügy). Dániában például kietlen tájakon élő alkoholistákat távkezelnek vele.”

„Házhoz megy tehát a kezelés. Helyi kórházakat és rendelőintézeteket szereltek fel videokonferenciák megtartására szolgáló berendezéssel”

„A páciens időpontot beszél meg a Funenben lévő központ terapeutájával, de maga a terápia már a képernyőn keresztül történik. Az eredmények annyira biztatóak, hogy a módszert másutt – például börtönökben – is szeretnék bevezetni.”

„Máskor is segít a diszkrét távolság. Svédországban olyan honlapot hoztak létre, amellyel – egyelőre négy megyében – odahaza is bárki kiderítheti, nincs-e klamídiainfertőzése.”

„Nem csak a trombózisos betegek kényelmét, hanem a kezelés hatékonyságát is növelte egy hollandiai home-monitoring (otthoni ellenőrző) rendszer. A páciensek – speciális berendezéssel, amelynek költségét az egészségbiztosítók visszatérítik – odahaza elvégzik a vérvizsgálatot, majd az eredményt külön weboldalon beküldik a trombózisközpontba. Itt ellenőrzik, kell-e módosítani a gyógyszerkezeltet, és csak szükség esetén rendelik be a betegeket.”

Ma még igen távol vagyunk attól, hogy az emberi test állapotát, a test által kibocsátott információk alapján komplexen és biztonsággal tudjuk érzékelni.

Ha azonban az emberi test nem bocsátana ki információt, s a kibocsátott információ nem lenne felfogható és értelmezhető, akkor hogyan lehetne megmagyarázni a telepátiát, a távérzékelést, azt, hogy valaki a gondolatait, érzéseit, vagy a vele történt dolgokat a tőle távol lévő egyén érzékelheti. Nyilvánvalóan a telepátiához szükség van arra, hogy az információt kibocsátó elég intenzíven bocsássa ki az információt, az azt felfogó pedig elég érzékeny legyen az információra, hogy azt be tudja fogadni. Valószínűleg ebből adódik, hogy általában a hozzátartozók, vagy közeli ismerősök érzik meg, ha valakivel valami rendkívüli, pl. tragikus esemény történik.

A beteg gyógyításához azonban nem minden esetben elegendő a teste által kibocsátott információ érzékelése és olvasása. Szükség van arra is, hogy be is tudjunk táplálni információt a beteg testbe.

Ennek legegyszerűbb és legkézenfekvőbb megoldása, ami a mindennapok gyakorlatában megvalósult, hogy az orvos tanácsokkal és gyógyszerekkel látja el a beteget, valamint a gyógyszerek mellé adott tájékoztatók. Esetenként azonban pszichoterápiás kezelés, fizioterápia, hipnotizálás, stb. alkalmazása szükséges, és még ki tudja, mit hoz a jövő a biológiai és az elektronikai tudományok fejlődése során. Tulajdonképpen a gyógyszerekkel és általában a terápiákkal információt (is) viszünk be az emberi testbe.

Gondolták volna valamikor elődeink, hogy a rádióadó állomások, vagy a TV adók jeleit fel tudjuk fogni, és a lakásainkban úgy látjuk, mintha otthonunkban lennének a műsorok, a riporterek, stb.? Gondolták volna valamikor, hogy vezeték nélkül tudunk távoli országokban is egymással mobiltelefonon beszélgetni? De ha a rádió és televízió adók jeleit távolról, esetleg még távolabbról, a műholdak közvetítésével fel tudjuk fogni, nem lehet azt elképzelni, hogy valamikor majd azokat a részletes információkat is fel tudjuk fogni, és olvasni tudjuk, amelyeket az emberi test bocsát ki?

Ki gondolt valamikor a géntérkép, gensebézet, összejt kutatás által feltárt lehetőségekre. Arra, hogy az összejtek is különbözőek. Vannak, amelyek csak bizonyos szerv kifejlését képesek megoldani, s vannak, amelyek többfélét is. (Az embrió és csontvelő sejtek általánosak.) A tudomány újabb eredményei szerint felnőtt korban is lehet összejtet venni az

embertől, s már nem csak a csontvelőből, hanem a vérből is, így nem kell a csontot átszűrni. Sőt már nem csak az őssejtből lehet érett sejtet nyerni, hanem fordítva is, érett sejtből őssejtet

Ha fantáziánkat szárnyalni engedjük, elképzelhető, hogy az emberek valamikor rendelkezni fognak olyan, (talán nem is nagyméretű, és nem is drága), elektronikai berendezéssel, amellyel esetleg saját otthonukban, vagy a háziorvosnál, bármikor részletesen ellenőrizhetik saját testük állapotát? Sőt ennek során automatizált rendszerben tanácsot is kaphatnak arra, hogy mit célszerű tenni, milyen orvosságot kell szedni, milyen dózisban, esetleg mit célszerű enni, milyen mennyiségben és adagokban, stb.

Nagyon messze vagyunk még ettől?

Ki tudja?

Valamikor oly messze voltunk a jelenlegi életünk mindennapjaiban használt lehetőségektől és eszközöktől, hogy eszünkbe sem jutott arra gondolni, hogy ezek valamikor megvalósulhatnak.

Régen az idősebb nemzedék nem hitte, hogy a rádió valóság. Aztán lehetett hallani, hogy már nem csak hallgatni lehet azt, „aki a készülékben beszél”, hanem külföldön már olyan rádiók is vannak, amelyekben látni is lehet a beszélőt. Ki gondolhatott akkor még a mobiltelefonra? A GPS-re? A műholdakra? Stb.

De a biológiában végbement fejlődésre sem mertek volna akkor gondolni. Ki gondolhatott, akkor a szervátültetésekre? A szív átültethetőségére? A mesterséges megtermékenyítésre? A gyerek nemének a megválaszthatóságára? A klónozásra, stb.

Ami tehát ma még csak fantázia, holnap már valóság lehet.

Ha ezt tekintjük, akkor nem tartjuk indokolatlannak, ha megeresztjük a fantázia szárnyalását, s – talán nagyon hosszú távon – elképzelhetőnek tartjuk, az egészségünket feltérképező és még tanácsot adó esetleg nem is nagyméretű és nem is drága elektronikus szerkentyű megvalósítását.

Tulajdonképpen egy, az orvosok és a betegek által is használható tanácsadó rendszer megvalósításának az irányban kíván lépést tenni ez a dolgozat, azzal, hogy a tanácsadás lehetőségeinek egzakt megalapozására kísérel meg kidolgozni, matematikai modellt és automatizált rendszert.

Rögtön és nyomatékkal meg kell jegyezni, hogy az egészséget feltérképező és még tanácsot is adó kisméretű elektronikus szerkentyű nem feltétele a lentebb kifejtésre kerülő matematikai modell és automatizált rendszer megalkotásának és széleskörű gyakorlati alkalmazásának.

A matematikai modell és automatizált rendszer kifejlesztését, és hatékony, széleskörű gyakorlati alkalmazását a jelenlegi körülmények és vizsgálati eljárások is lehetővé teszik, de a tudomány és a technika fejlődésével még teljesebbé és hatékonyabbá tehető!

A különböző vizsgálati eljárások (laboratóriumi adatok, röntgen, CT, stb.) eredményei egy számítógépben komplex tanácsadó rendszerré állhatnak össze. A vizsgálati eszközök és lehetőségek bővülésével ez a rendszer állandóan korszerűsíthető, stb.

3. A gyógyító intézményrendszeréről

A gyógyító intézményrendszer fogalmába beleértjük a gyógyító intézményt, az ott dolgozó, a gyógyítással foglalkozó személyeket, valamint az intézmény működését meghatározó, szabályozó, törvényeket, rendeleteket, szabályzatokat, működési elveket.

A betegnek először a háziorvosát kell felkeresni, még akkor is, ha esetleg biztosan tudja, hogy melyik szakrendelőhöz fogja beutalni. Ez önmagában is, talán nem feltétlenül szükséges megterhelést jelent a betegnek, de különösen a háziorvosoknak.

Bár megvan a lehetősége annak, hogy a beteg a háziorvosától időpontot kérjen, ezt a lehetőséget talán a legtöbb háziorvos és a legtöbb beteg nem használja ki. Így aztán általában a rendelési idő kezdetére megtelnek a rendelők várakozó helyiségei, s (jobb esetben) érkezési sorrendben történik a bemenetel.

Az orvosi szobában a beteg előadja panaszait, vagy kéri, hogy milyen gyógyszereket írjanak fel számára.

Az orvos panasz esetén egyszerűbb vizsgálatok elvégzése után megmondja a számítógép mellett ülő asszisztensnek, hogy melyik szakrendelőbe, vagy laboratóriumi vizsgálatra írjon beutalót, vagy egyszerűbb esetekben diktálja, hogy milyen gyógyszereket írjon fel a betegnek.

Ez alatt az orvos haszontalan időtöltéssel tétlenkedik, vagy telefonál, esetleg intézi magánügyeit.

Rosszabb esetben egyszerre több beteget is beengednek a rendelőbe. Ezáltal sérülnek a betegek személyiségi jogai, hiszen nem szívesen teregetik ki betegségüket mások előtt. Esetenként szemérmességből el is hallgatnak intim problémákat, s inkább magánrendelőkhöz fordulnak.

Nincsenek mérőszámaink, hogy a háziorvos rendelési idejének hány százaléka megy így veszendőbe, de tapasztalatokon alapuló becsléseink szerint legalább 50 %. De az orvoshoz forduló betegek is sok haszontalan időt töltenek el a váróban, holott megfelelő szervezettséggel ez megtakarítható lenne.

Ha a háziorvos nem tudja megállapítani a betegséget, illetve a pontosabb diagnózishoz szakterületeken dolgozó orvosok, vagy laboratóriumi vizsgálatok, műszeres vizsgálatok szükségesek, akkor a háziorvos a beteget beutalja a szakrendelőbe, vizsgálatokra, vagy laboratóriumi, esetleg műszeres vizsgálatokra.

Itt aztán kezdődik az orvos, és a beteg kálváriája újra. Szerencsére vannak már intézetek, ahol időpont kérhető és akkor általában nem kell sokat várakozni, legfeljebb 15-20 percet. Sajnos ez még nem általános. Rossznyelvek szerint vannak szakorvosok, akik anyagi, vagy politikai okokból nem szeretik a betegeket megadott időpontra hívni, hanem minden beteget a rendelési idő kezdetére (mondjuk 8 órára) hívnak be, akkor is, ha a rendelési idő az adott szakorvosnál, pl. délután 14 óráig tart. A beteg aztán órákig várakozhat, s a tapasztaltabbak már gyakran étellel, itallal felvértezve mennek, vagy megkísérelnek elintézni, hogy soron kívül hívják be a rendelőbe. Nagy problémát jelent azonban az előre történő bejelentkezéseknél, hogy sokszor heteket, néha hónapokat kell várni arra, hogy a beteg bejusson a vizsgálatra.

A szakorvos a vizsgálat során megírja, hogy milyen betegséget állapított meg, és milyen gyógyszereket javasol, milyen dózisokban, majd gyakran újra indul a betegek és a háziorvosok kálváriája.

Vajon miért nem tudja a szakorvos minden esetben felírni a gyógyszerreceptet, hogy ne legyen szükséges a betegnek ismét a háziorvoshoz fordulni. Lehet ezt magyarázni, pl. azzal, hogy célszerű, ha a háziorvos tud a beteg sorsáról, de ma már az Interneten is megtalálhatók ezek az adatok, vagyis a háziorvosnak lehetősége van, kell, hogy legyen arra, hogy

betege sorsát követhesse. Természetesen követhetné, ha lenne rá ideje! Ha idejének jelentős részét nem vinné el a haszontalan tevékenység. Az pedig még problémásabb, ha a krónikus, vagy már nem is gyógyítható, a betegséget viszont enyhítő, súlyosbodását hátráltató gyógyszer a háziorvos nem írhat fel, csak a szakorvos.

Ha ugyanis azt tételezzük fel, hogy a háziorvos idejének 50 %-a haszontalanul elvész a rendelések során, akkor a kétszeri betegfordulót számítva, már a háziorvos idejének mintegy 75 %-a megy veszendőbe.

Célszerű szervezéssel és megfelelő számítógépes rendszer alkalmazásával véleményünk szerint, a háziorvosok idejének 60-70 %-a, a szakorvosok idejének 25-40 %-a, a beteg diagnosztizálással és gyógyszerfelírással kapcsolatosan felhasznált idejének pedig 80-90 %-a megtakarítható volna. (Milyen okos dolog, hogy az okmányirodákból már Interneten lehet időpontot kérni az ügyek intézéséhez!)

Rögtön felvetődhet a kérdés, hogy ez esetben mivel foglalkoznának az orvosok? Kevesebb orvosra lenne szükség? Ez is lehetséges! De nem ez lenne a lényeg, hanem az, hogy az orvosok idejüket érdemi munkára fordíthatnák. Sőt mindenképpen célszerű volna a kutató orvosok számának a növelése.

Már ma is nagymennyiségű adat halmozódik fel a számítógépeken. Ezeknek az adatoknak a megfelelő rendezése, szelektálása egy nagykapacitású számítógépen, központi helyen, s ennek alapján számítások elvégzése és elemzése igen közel vihetne bennünket a későbbiekben kifejtésre kerülő automatizált rendszerhez szükséges adatbázisok megalkotásához és törvényszerűségek feltárásához. Ehhez természetesen hasznos lenne széleskörű nemzetközi összefogás, jó szervezéssel. Ez annál inkább hasznos lehetne, mert az EU pályázatok során is a több országban átívelő, összefogással megvalósítható kutatásokat preferálják.

Képzeljük csak el, hogy a világon, vagy annak egy részében mennyi információ halmozódik fel, illetve halmozható fel számítógépeken. Ezeknek a célszerű rendezése, adatbázisok létrehozása, számítási eljárások kidolgozása, számítások elvégzése és elemzése, milyen mértékben vihetné előre az egészség megőrzés, illetve a gyógyítás ügyét.

Kérdés azonban, hogy a mai egészségügyi rendszer alkalmas-e arra, hogy egy ilyen sokoldalú komplex kutatás kezdeményezője és irányítója, meghatározó tényezője legyen? Kérdés, hogy van-e Magyarországon olyan személy, intézmény, vállalat, aki/amely felvállalná egy ilyen rendszer kezdeményezését, menedzselését, stb.?

A Népszabadság 2008. május 16. számában olvasható Dr. Erdős Attila orvos, MBA „Székely Tamás és a gomb” c. igen érdekes cikke. Érdemes ebből idézni néhány kiragadott részt.

„Ha bevezetjük közellátásban a mérőszámokat, amivel egyúttal számonkérhetővé is válnak a kormányzati intézkedések, akkor nem kellene ennek a számonkérhetőségnek megjelennie a doktorok és az intézetek szintjén is?”

„Nem vagyok ugyanis hajlandó elfogadni, hogy mindenki azonos mértékben érti és műveli a szakmát. Ilyen nincs, mindig vannak rosszabbak és jobbak. Tudni akarom, kik a jók, hogy rájuk bízam magam”

„Kikérem magamnak, hogy a beutalási rend olyan rendelőbe kényszerít, amelynek minőségi paramétereiről semmit sem tudok.”

Ezek szerint tehát a gyógyításban nincs mérőszám, amely megmutatná, hogy hol, melyik orvos milyen tudással, milyen eredményességgel dolgozik. Sőt esetenként, (vagy gyakran?) a diagnózisok sem megbízhatóak, s ezt maguk az orvos kollégák is tudják. Mint írja:

„Igaz, hogy az osztályról továbbkerülő betegek minden vizsgálatát meg kell ismételni, és a kiíró diagnózisokat el sem olvassák a kollégák, annyira rossz a találati arány...”

„Nagyon udvariasan azt szeretném mondani, hogy rengeteget lehet és kell még fejlődni a gyógyítás színvonalának. Ideje lenne már kezdeni valamit azzal a ténnyel, hogy az orvosi tevékenység a nyolcadik a vezető halálokok közül, és a diagnózisok 10-15 százaléka nem stimmel.”

Még a szakmai protokollokat sem tartják be. Igaz, hogy ezek „java részét is újra kellene írni, mert nem egyértelműek, nem elég részletesek, nem betarthatók”

„Az OEP is szigoríthatna szabálykönyvén, és a finanszírozás feltételül szabhatná a protokoll betartását.”

„Ha már itt tartunk, szerintem az OEP legfontosabb feladata – a valóban szektor semleges finanszírozás megteremtése mellett – annak kitalálása lenne, miként lehetne a beteg kezelése helyett annak meggyógyítását finanszírozni. Ma ez abszolút jóindulatú, túl sokat nem kérdeznek, csak fizetnek, hisz minden egyes kezeléssel elhiszik, hogy megfelelő volt, és minden beteg jobban is lett tőle. A klinikai audit másutt már jól bevált intézmény, itthon is lehetne használni.”

„Bár a klinikák befolyásolására az egyetemi autonómia miatt a minisztérium eszközei korlátozottak, mégis foglalkozni kell az egyetemek és az oktatás kérdéseivel, hiszen egy időzített bomba ketyeg a mélyben. Ha még csak az lenne az egyetlen probléma, melyet az általam nagyon tisztelt Csernay professzor úr úgy jellemzett, hogy „az egyetem magán-pecsenyésütők laza szövetsége” (és sajnálhatják, hogy a hangszínt papíron nem lehet visszaadni), de vannak még hasonló jelentőségű feladatok jó számban.”

„Minden normális országban az egyetemi klinikák jelentik a gyógyítás csúcsát, ott számíthat a beteg a kor színvonalának leginkább megfelelő ellátásra. A orvosok megfelelő elméleti és gyakorlati képzést kapnak; a szakvizsga előtt állók olyan betegségeket is látnak, amelyek a mindennapi gyakorlatban ritkák. Nálunk bezzeg még az is előfordul, hogy az egyik klinika dolgozói egy másik városban kezeltetik magukat, mert nem mernek befeküdni a társintézménybe.”

Mint írja volt olyan hallgató, aki „a teljes szigorló évét az egyetemen töltötte, de műtőt belülről még nem látott.” „A külföldi diákok harmadév végén elpályáznak máshová, mert a gyakorlati képzés mélyen a béka feneké alatt van.”

„A tanszékvezetői kinevezések urambátyámalapon történnek, a vezetői alkalmasság maximum véletlenül számít.” (E tekintetben nem vigasztaló az sem, ha ilyen esetek más egyetemeken, illetve egyetemi karokon, más tudományterületeken is előfordulnak.)

„Ha egy kicsit aggódnak a jövőért, akkor a minisztérium és az egyetemek vezetőinek ki kell találniuk valamit, mert különben 10 év múlva jobban járunk, ha az Interneten nézünk utána a bajunknak, magunkat próbáljuk kúrálni, minden orvost messze elkerülve, és a benzinkútnál vesszük meg hozzá a gyógyszert.”

Az idézett mondatok is igazolják – véleményünk szerint -, hogy célkitűzésünk, egy objektív, automatizált rendszer létrehozására szükséges.

4. A matematikai modell

Tekintsük feladatunknak egy olyan matematikai modell megalkotását, amely lehetővé teszi, hogy optimalizálással, az ismert és rendelkezésre álló gyógyszerek olyan kombinációját határozzuk meg, amely az adott beteg valamennyi diagnosztizált betegségét figyelembe véve a leghatékonyabb gyógyulását, vagy/és a nem meggyógyítható betegség, illetve betegségek súlyosbodásának a leghatékonyabb akadályozását, illetve lassítását eredményezi. További követelményünk, hogy a gyógyszerek káros mellékhatásai egy általunk meghatározott szintnél nem lehetnek súlyosabbak, vagy a minimálisak, vagy a legolcsóbb gyógyítást biztosítják, illetve általunk meghatározott szempontból a legkedvezőbbek.

A feladat egy optimum számítási matematikai modellel oldható meg. A modell részletes kifejtésétől – a terjedelmességet is kerülve – tekintsünk el, csupán vázlatos ismertetésre szorítkozzunk.

A konkrét modell ismertetése előtt azonban célszerű utalnunk néhány általános és speciális modellezési kérdésre, annak érdekében, hogy a konkrét modell megértését megkönnyítsük.

Általános és speciális modellezési kérdések.

Azok számára, akik a matematikai programozásban némileg járatosak ismeretes, hogy a matematikai programozási modell a következő egyszerű formában írható le:

Adva vannak a matematikai modell változói, $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$.

Adva van egy függvény (célfüggvény), amelynek a maximumát, vagy minimumát tehát szélső (extrém) értékét keressük, azaz

$$Z = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) = \text{extrém!}$$

miközben kielégítünk bizonyos mellékfeltételeket, amelyeket egyenletek, vagy egyenlőtlenségek alakjában fogalmazunk meg, tehát

$$\Phi_r(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) = b_r,$$

vagy

$$\Phi_r(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \leq b_r,$$

$$\Phi_r(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \geq b_r,$$

s a változóknak még ki kell elégíteniük az úgynevezett határfeltételeket, vagyis a nemnegativitási feltételeket, azaz

$$(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \geq 0.$$

Amennyiben mind a célfüggvény, mind a mellékfeltételek lineáris függvények, akkor a matematikai programozás legegyszerűbb esetével, a lineáris programozással állunk szemben. Ez esetben modellünk a következőképpen írható fel:

$$z = p_1x_1 + p_2x_2 + \dots + p_nx_n = \text{extrém!}$$

és

$$a_{r1}x_1 + a_{r2}x_2 + \dots + a_{rn}x_n = b_r,$$

illetve

$$a_{r1}x_1 + a_{r2}x_2 + \dots + a_{rn}x_n \leq b_r,$$

vagy

$$a_{r1}x_1 + a_{r2}x_2 + \dots + a_{rn}x_n \geq b_r,$$

valamint

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n \geq 0.$$

A p_j skalárokból képezhetjük a \mathbf{p} vektort, az x_j skalárokból az \mathbf{x} vektort, az a_{rj} skalárokból az \mathbf{A} mátrixot, a b_r skalárokból a \mathbf{b} vektort, s akkor a modellt a következő egyszerű alakban írhatjuk fel:

$$\mathbf{p}\mathbf{x} = \text{extrém!}$$

$$\mathbf{A}\mathbf{x} = \mathbf{b}, (\leq, \geq)$$

$$\mathbf{x} \geq \mathbf{0}$$

Az eddig vizsgált modell egy klasszikus matematikai programozási, illetve klasszikus lineáris programozási modell. Jellemzője, hogy a feltételrendszer egyik oldalán egy (vektorokból álló) mátrix és egy vektor szorzata, a másik oldalán egy vektor van adva.

A mezőgazdasági tervezés modellezésekor vetődött fel annak a szükségessége, hogy olyan speciális modellt alkalmazzunk, ahol a feltételrendszer mindkét oldalán mátrix és vektor szorzata áll. Az így megalkotott modell aztán a klasszikus programozási modellhez képest más problémákat is megoldott. Különösen nagy jelentőséggel bír, hogy az így megalkotott modell a célfüggvény reális kezelését tette lehetővé. Ez alapozta meg, hogy az adott speciális modell a „célrealisztikus modell” elnevezést kapta. (A modellről, s annak elméleti megalapozásáról részletesen lehet olvasni az Interneten is, Tóth József: Mezőgazdasági vállalatok automatizált tervezése. Mezőgazdasági Kiadó, 1981. <http://mek.oszk.hu/05200/05296>)

A klasszikus lineáris programozási modellel legfeljebb azt lehetne megoldani, hogy egy adott betegséghez optimalizáljuk a gyógyszeradagolást. Csakhogy – mint arról már szó volt – egy embernek általában egyidejűleg több egészségi problémája, betegsége is lehet, s ha csak egy betegségre, vagy a betegségekre egymástól elszigetelten külön-külön optimalizálunk, akkor éppen azt nem valósítanánk meg, amit célul tűztünk ki, a komplexitást, hogy valamennyi ismert gyógyszert és a beteg valamennyi problémáját együttesen, komplexen kezeljük, s így határozzuk meg az optimális gyógyszeradagolást.

A modellünket tehát úgy kell megváltoztatni, hogy bevezetünk betegségváltozókat (az elnevezés tőlünk), s a betegségváltozókhoz, illetve a betegségváltozók vektorához rendelünk egy mátrixot, amely a különböző ismert betegségek paramétereit (hatóanyag igényét, mellékhatás tűrőképességét, stb.) tartalmazza.

Reprezentálja most az \mathbf{A} mátrix a betegségparamétereket, \mathbf{B} mátrix a gyógyszerparamétereket. Legyen \mathbf{x} vektor a betegség, \mathbf{y} vektor a gyógyszerváltozók vektora.

Ebben az esetben modellünk:

$px-cy = \text{extrém!}$

$Ax-By = b (\leq, \geq)$

$x, y \geq 0$

Ahol:

p és **c** az **x** és az **y** vektorokhoz tartozó célfüggvény vektorok. Ezekről később szó lesz. A **By** mátrixszorzat tulajdonképpen a **b** vektor helyett belépő mátrixszorzat, amely a feltételrendszer jobboldaláról került át, átrendezéssel, ellenkező előjellel, a baloldalra.

A további részletezést mellőzzük, az a fentebb megadott könyvben megtalálható. E helyett nézzük inkább a konkrét téma megoldására megalkotott modellünket, amely – mint látni fogjuk – az előbbieken tárgyalt specialitásokon is túl lép, igazodva a témában megfogalmazandó feladatokhoz.

A matematikai modell változói:

x – vektor a betegségváltozatok vektora, melynek x_{jh} – eleme a j-edik betegség h-adik változatát jelöli. E szerint célszerű rendben, valamennyi lehetséges, gyógyszerrel, vagy/és gyógynövénnyel, gyógyszernek nem minősülő bármilyen készítménnyel, stb. kezelhető (gyógyítható, vagy enyhíthető), betegséget számba vesszük, de ezen belül is megkülönböztetünk, illetve megkülönböztethetünk változatokat, pl. a betegség súlyossági foka szerint, vagy a beteg erőnléti állapota, a betegséget kiváltó mikroorganizmus változata, stb. szerint.

y – vektor a gyógyszer, gyógynövény, illetve gyógyszernek nem minősülő készítmény stb. változók vektora, amelynek az y_{jh} – eleme a j-edik gyógyszer, (gyógynövény, készítmény) h-adik változatát jelöli. Számításba vesszük tehát célszerű rendben, az összes lehetséges gyógyszerféleséget, és ezek változatait, pl. a milligramm méret szerint, kiszerelés szerint, stb.. A gyógyszerek adagolhatók tablettában, injekcióban, cseppekben, porokban, vagy lehetnek kanalas, vagy mérőkanalas mennyiségben, stb.. (Meggjegyezhetjük, hogy az **y** vektor elemei között szerepeltethetők bármilyen élelmiszerek, ásványvizek, stb., azaz bármilyen anyagféleségek, amelyek az egészségünkkel, illetve betegségünkkel, annak gyógyításával, vagy enyhítésével valamilyen formában kapcsolatba hozhatók.)

z – vektor az egyéb változók vektora, melynek z_{jh} – eleme célszerű sorrendben jelölje az egyéb (segéd) változókat. Ide sorolhatók bármilyen szempontból szükséges kiegészítő változók is.

c – vektor a célfüggvény változók vektora. A célfüggvény változók modellbe építése azért szükséges, mert akkor egy szűkített modellben (erről később lesz szó) egy célfüggvény figyelembe vétele esetén csupán egyetlen egységvektor szélső értékének a meghatározására van szükség, illetve több célfüggvény egyidejű alkalmazása esetén annyi egységvektor valamilyen kombinációjának a szélső értékét kell meghatározni, ahány célfüggvénnyel kívánunk egyidejűleg dolgozni.

Az **A** – mátrix egy hipermátrix, amely tartalmazza a fentiekben meghatározott változókhoz rendelve, a matematikai modellhez szükséges paramétereket. Ennek a_{ij} eleme jelöli a mátrix i-edik sorának j-edik elemét. Természetesen a hipermátrix több száz, illetve több ezer sort, és/vagy több száz, illetve több ezer oszlopot tartalmazhat. Az oszlopok számát a matematikai modell változóinak (**x**, **y**, **z**, **c** vektorok elemeinek) összes, együttes száma, sorainak számát pedig a matematikai modellen alkalmazott feltételek száma határozza meg.

A matematikai modell feltételrendszere:

Határfeltételek, vagy nemnegativitási feltételek:

$$1. \mathbf{x, y, z, c} \geq 0$$

vagyis mindenek előtt előírjuk, hogy a változók vektorainak elemei nem vehetnek fel negatív értéket, tehát azok értéke csak nulla, vagy pozitív szám lehet. Nulla az értékük, ha pl. az adott betegség nem áll fenn, vagy az adott gyógyszert, gyógynövényt, gyógyszernek nem minősülő készítményt, élelmiszert, vagy bármilyen anyagot és az adott segédváltozót, vagy célfüggvény változót nem használjuk, pozitív szám az értékük, ha az adott betegség fennáll, vagy az adott gyógyszert, gyógynövényt, készítményt, élelmiszert, stb. illetve az adott segédváltozót, vagy célfüggvény változót használjuk.

Az természetes, hogy változók negatív értéket nem vehetnek fel, hiszen az azt jelentené, hogy pl. az adott gyógyszert nem csak nem használjuk, hanem azt a nonszensz eredményt kapjuk, hogy azt a gyógyszert ki kell venni a betegből, holott a beteg azt még be sem vette. Hasonlóan furcsa eredményhez vezetne, ha adott betegség nemcsak, hogy nem fordul elő, hanem negatív méretben fordul elő. A segédváltozók is ellentétes értelmet nyernének.

A hatóanyagokra, mellékhatásokra és más tényezőkre vonatkozó feltételek:

Az \mathbf{A} hipermátrix particionálással minormátrixokra, azaz mátrix blokkokra bontható, az alábbiak szerint:

\mathbf{A}_{11} – a betegség gyógyításához szükséges hatóanyagok mátrixa. A mátrixnak annyi oszlopa van, ahány eleme van az \mathbf{x} vektornak, és annyi sora, ahányféle a betegségeket gyógyító hatóanyagok összes száma. Elemei között sok a nulla elem, azaz eléggé üres mátrix.

\mathbf{A}_{12} – a gyógyszerek, gyógynövények, készítmények, élelmiszerek, stb. hatóanyag-tartalmának a mátrixa. A mátrixnak annyi oszlopa van, ahány eleme van az \mathbf{y} vektornak, és annyi sora, ahányféle a betegségeket gyógyító hatóanyagok összes száma, vagyis sorainak a száma pedig megegyezik az \mathbf{A}_{11} mátrix sorainak a számával. Elemei között szintén sok a nulla, tehát szintén elég üres mátrix, bár valószínűleg nem olyan mértékben üres, mint az \mathbf{A}_{11} mátrix.

\mathbf{A}_{13} – a matematikai modell egyéb változóinak (segédváltozóknak) a gyógyszer hatóanyagaihoz tartozó feltételekre vonatkozó elemek mátrixa. A mátrixnak annyi oszlopa van, ahány eleme van a \mathbf{z} vektornak, és annyi sora, ahányféle egyéb feltétel modellbe építése szükséges lehet a gyógyszerek szedésével kapcsolatban, vagyis sorainak a száma megegyezik az \mathbf{A}_{11} mátrix sorainak a számával. Tekintve, hogy ez a mátrixblokk nem kapcsolatos a hatóanyagokra vonatkozó feltételrendszerrel, ennek a mátrixnak az elemei általában nullák, vagyis az \mathbf{A}_{13} mátrix általában zérus-mátrix.

\mathbf{A}_{14} – a matematikai modell célfüggvény változóinak a hatóanyagokra vonatkozó mátrixa. A mátrixnak annyi oszlopa van, ahány eleme van a \mathbf{c} vektornak, vagyis ahány célfüggvényt kívánunk vizsgálni, és annyi sora, ahányféle a hatóanyagokra vonatkozó feltételünk, vagyis sorainak a száma megegyezik az \mathbf{A}_{11} mátrix sorainak a számával. Ez a mátrix is általában zérus mátrix, vagyis elemei általában nullák.

\mathbf{A}_{21} – a hatóanyag felhasználás és a célfüggvény esetleges kapcsolatát kifejező mátrix. Oszlopainak száma megegyezik az \mathbf{x} vektor elemeinek a számával, sorainak száma annyi ahány feltételt a hatóanyag és a célfüggvény változók kapcsolatára vonatkozóan a modellbe kívánunk építeni. Általában egyetlen sort sem tartalmaz, vagy csak néhány sorból áll, tehát legtöbbször nem kell vele számolni.

A_{22} – zérus mátrix, tehát legtöbbször nincs rá szükség. Ha mégis szükséges, akkor oszlopainak száma megegyezik az y vektor elemeinek a számával, sorainak száma pedig az A_{21} mátrix sorainak a számával.

A_{23} – szintén zérus mátrix, tehát legtöbbször szükségtelen. Ha mégis szükséges, akkor oszlopainak száma megegyezik az z vektor elemeinek a számával, sorainak száma pedig az A_{21} mátrix sorainak a számával.

A_{24} – csak akkor létezik, ha az A_{21} létezik. Ilyenkor oszlopainak száma megegyezik az c vektor elemeinek a számával, sorainak száma pedig az A_{21} mátrix sorainak a számával.

A_{31} – beteg gyógyszerekkel, gyógynövényekkel, készítményekkel, élelmiszerekkel, stb. kapcsolatos érzékenységeinek mátrixa, amely kifejezi, hogy a beteg mennyire érzékeny, illetve mennyire tűrő képes, azok mellékhatásai tekintetében. A mátrixnak annyi oszlopa van, ahány eleme van az x vektornak, és annyi sora, ahányféle mellékhatás a gyógyszerek és más anyagok szedésével kapcsolatban előfordulhat.

A_{32} – a gyógyszerek és más anyagok mellékhatásainak erőségét, erősségének a fokát kifejező mátrix. A mátrixnak annyi oszlopa van, ahány eleme van az y vektornak, és annyi sora, ahányféle mellékhatás a gyógyszerek és egyéb anyagok szedésével kapcsolatban előfordulhat, vagyis sorainak a száma megegyezik az A_{12} mátrix sorainak a számával.

A_{33} – a matematikai modell egyéb változóira (segédváltozókra) és a gyógyszerek, valamint más anyagok mellékhatásaira vonatkozó feltételek elemeinek mátrixa. A mátrixnak annyi oszlopa van, ahány eleme van a z vektornak, és annyi sora, ahányféle egyéb feltétel modellbe építése szükséges lehet, a gyógyszerek szedésével kapcsolatban, vagyis sorainak a száma megegyezik az A_{31} mátrix sorainak a számával. Tekintve, hogy ez a mátrixblokk nem kapcsolatos a gyógyszer mellékhatásaira vonatkozó feltételrendszerrel, ennek a mátrixnak az elemei is általában nullák, vagyis az A_{33} mátrix általában zérus-mátrix,

A_{34} – a matematikai modell célfüggvény változóinak a gyógyszerek mellékhatásaira vonatkozó mátrixa. A mátrixnak annyi oszlopa van, ahány eleme van a c vektornak, vagyis ahány célfüggvényt egyidejűleg kívánunk vizsgálni, és annyi sora, ahányféle a gyógyszer mellékhatásokra vonatkozó feltételünk, azaz a sorainak a száma megegyezik az A_{31} mátrix sorainak a számával.

A_{41} – A betegségváltozók és a célfüggvény változók kapcsolatára vonatkozó mátrix.

A_{42} – A gyógyszerek, gyógynövények és más anyagok, valamint a célfüggvény változók kapcsolatának a mátrixa.

A_{43} – Az egyéb változók és a célfüggvény változók kapcsolatát kifejező mátrix.

A_{44} – A célfüggvény változókra vonatkozó mátrix.

Az A_{41} , A_{42} , A_{43} , A_{44} mátrixok oszlopainak száma megegyezik a hozzájuk tartozó változók számával, soraik száma változatos lehet.

A_{51} – a betegségre vonatkozó egyéb feltételek mátrixa. A mátrixnak annyi oszlopa van, ahány eleme van az x vektornak, és annyi sora, ahányféle egyéb feltétel modellbe építése szükséges lehet a gyógyszerek szedésével kapcsolatban.

A_{52} – a gyógyszerre és egyéb anyagokra vonatkozó egyéb feltételek mátrixa. A mátrixnak annyi oszlopa van, ahány eleme van az y vektornak, és annyi sora, ahányféle egyéb feltétel modellbe építése szükséges lehet a gyógyszerek szedésével kapcsolatban, vagyis sorainak a száma megegyezik az A_{51} mátrix sorainak a számával.

A_{53} – a matematikai modell egyéb változóira (segédváltozókra) vonatkozó, egyéb előírásokat meghatározó feltételek mátrixa. A mátrixnak annyi oszlopa van, ahány eleme van a z vektornak, és annyi sora, ahányféle egyéb feltétel modellbe építése szükséges lehet a gyógyszerek szedésével kapcsolatban, vagyis sorainak a száma megegyezik az A_{51} mátrix sorainak a számával.

A_{54} – a matematikai modell célfüggvény változóinak az egyéb feltételekre vonatkozó mátrixa. A mátrixnak annyi oszlopa van, ahány eleme van a c vektornak, vagyis ahány

célfüggvényt egyidejűleg kívánunk vizsgálni, és annyi sora, ahányféle egyéb feltételt vettünk figyelembe a modellben, vagyis sorainak a száma megegyezik az A_{51} mátrix sorainak a számával.

A b vektor az egyenletek, illetve egyenlőtlenségek jobboldalán lévő komponensek vektora, amely b_1, b_2, b_3, b_4, b_5 vektorokra particionálható. Ezek értéke általában 0, de esetenként nullától különböző értékük is lehetséges.

A célfüggvény, illetve célfüggvények:

A matematikai modellek lehetővé teszik, hogy a modellben megfogalmazott feltételeket valamilyen célfüggvény, illetve célfüggvények maximalizálása, vagy minimalizálása mellett elégtűsük ki.

A gyógyszerfelhasználás optimalizálása során több célfüggvény jöhet számításba. Így például lehetséges, hogy a gyógyszerfelhasználás bruttó fogyasztói árát, vagy a normatív TB támogatás bruttó összegét, a beteg által fizetendő térítési díj összegét, vagy éppen valamely hatóanyag felhasználását, valamely mellékhatást kívánjuk minimalizálni.

E szerint tehát gyógyszerfelhasználás optimalizálása során többféle célfüggvény vehető figyelembe. A matematikai modellek szokásos leírása során tehát egy célfüggvény mátrixot kellene képeznünk, ami azonban esetünkben azért sem szükséges, és amit azért is célszerű megspórolni, mert a számításba vehető célfüggvények nagy része (a hatóanyagok, valamint a mellékhatások) a modell feltételrendszerében rendelkezésre állnak, másrésztük, (a költségmutatók) pedig a feltételrendszerbe beépíthetők. Elegendő tehát csupán egy (vagy több) célfüggvény változó beépítése a c vektorba, amelynek (vagy amelyeknek) csupán két, zérustól különböző elemük van, a többi elemük nulla. Mégpedig a zérustól különböző elemük a minimalizálni kívánt feltételnél 1, valamint a célfüggvény elemük szintén 1, vagyis a zérustól különböző elemeik egységek, azaz ezek egységvektorok, amelyek értékét minimalizálni (vagy maximalizálni) kívánjuk.

Minimum feladat esetén tehát (márpedig a gyógyszerfelhasználás optimalizálása során általában minimumfeladattal van dolgunk), amennyiben egy célfüggvénnyel kívánjuk vizsgálni a modellt, csupán az a feladat, hogy az adott célfüggvény változó értékét minimalizáljuk. Természetesen adott célfüggvény esetén felmerülhet a maximalizálás szükségessége is, ami csupán azt jelenti, hogy az adott célfüggvény változót reprezentáló egységvektor értékének nem a minimumát, hanem a maximumát keressük.

Felmerülhet annak szükségessége is, hogy több célfüggvény egyidejű vizsgálatát végezzük el. Ekkor például, több olyan célfüggvény változónk van, amelynek csupán két, zérustól különböző eleme létezik, egyik az adott problémát tartalmazó feltételrendszerénél, a másik pedig a célfüggvényben. Ebben az esetben a célfüggvény változókat kifejező egységvektorok összegét, vagy a célfüggvény változókból, valamilyen megoszlási viszonyszám, vagy összehasonlító viszonyszám alapján képezett célfüggvény szélső értékét (maximumát, vagy minimumát) meghatározva kívánjuk a matematikai modellt megoldani. Utóbbi esetben természetesen a célfüggvény változók, a modell célfüggvényében nem egységeket, hanem attól eltérő értékeket tartalmazna. Lehetséges természetesen az is, hogy a modellt az egyes célfüggvény értékekkel oldjuk meg, majd az így nyert megoldásokat alternatív optimumoknak tekintve, célszerűen megválasztott megoszlási viszonyszámok alkalmazásával keverjük.

A matematikai modell feltételrendszerét kifejező matematikai formulák részletezése helyett az alábbiakban a modellt táblázatos formában vázlatosan fogalmazzuk meg, s ennek alapján próbáljuk megvilágítani a modell lényegét.

A modell mérlegfeltételeinek vázlatos megfogalmazása:

A matematika modell általában igen sok mérlegfeltétel tartalmazhat, tehát az **A** hipermátrix és a **b** hipervektor igen nagyméretű, azonban mind az **A** mátrix, mind a **b** vektor – mint erről már szó volt, igen üres mátrix, illetve vektor, vagyis elemeiknek nagy része nulla értéket vesz fel, tehát Az A_{ij} mátrixblokkok és a **b** vektor elemeinek nagy része zérus elemekből áll. Ez viszont megkönnyíti a modellszerkesztés automatizálását, a számítások elvégzéséhez előállítandó modell méretének a csökkentését (szűkítését), valamint – esetleg – a sorok és az oszlopok átrendezésével, megkönnyíti és meggyorsítja a modell megoldásához szükséges matematikai számítások elvégzését is. (Ezzel a kérdéssel e helyütt, a terjedelmeséget kerülvén, nem foglalkozunk részletesebben. Az érdeklődők a részletesebb kifejtését megtalálják Dr. Tóth József „Egy speciális mátrix költségtakarékos megoldása”, szakcikkében, vagy az Interneten is megtalálható könyvében.)

A matematikai modellt csoportokba szedve, a hipermátrixot és a hipervektort particionálással minormátrixokra, illetve minorvektorokra, azaz blokkokra bontva foglaljuk táblázatba:

A matematikai modell táblázatrendszer.

Megnevezés	Betegség-változók X	Gyógyszer-változók y	Egyéb változók z	Célfüggvény változó(k) c	Relációk	b vektor
Hatóanyag mérlegfeltételek	A_{11}	$-A_{12}$	A_{13}	A_{14}	< = >	b_1
Hatóanyag felhasználás és a célfüggvény kapcsolata	A_{21}	A_{22}	A_{23}	$-A_{24}$	< = >	b_2
Mellékhatások mérlegfeltételei	A_{31}	$-A_{32}$	A_{33}	A_{34}	< = >	b_3
Mellékhatások és a célfüggvény kapcsolata	A_{41}	A_{42}	A_{43}	A_{44}	< = >	b_4
Egyéb mérlegfeltételek	A_{51}	A_{52}	$-A_{53}$	A_{54}	< = >	b_5
Célfüggvény	0	0	0	C	→	Minimum (maximum)

(A mátrixoknál az első index a sor, a második az oszlop indexet jelenti.)

Mindenek előtt biztosítani kell tehát, hogy az alkalmazott gyógyszerek hatóanyag tartalma és a betegségek gyógyításához, vagy súlyosbodásának a megakadályozásához, illetve gátlásához, lassításához szükséges gyógyszerek között a szükséges összhang meglegyen.

Az \mathbf{A} hipermátrix \mathbf{A}_{11} blokkja tehát a modellben figyelembevett betegségek és azok változatainak igénye a gyógyulást elősegítő, vagy a súlyosbodást megakadályozó, vagy lassító hatóanyagok iránt. A betegségek változatainál és azok paramétereinek a meghatározásánál természetesen figyelembe vehető a beteg kora, előző betegségei, kondíciója, stb.. Esetleg külön megadhatók koefficiensek, amelyekkel a mátrix paramétereit a beteg korához, előző betegségeihez, kondíciójához, stb. igazíthatjuk. E tekintetben is különböző alternatív lehetőségek vannak.

Az \mathbf{A}_{12} mátrixblokk pedig azt tartalmazza, hogy ezekből a hatóanyagokból a különböző gyógyszerek mennyit tartalmaznak.

Nyilvánvaló hogy

$$2. \quad \mathbf{A}_{11} \mathbf{x} = \mathbf{A}_{12} \mathbf{y}$$

Esetén a beteg a hatóanyagokból pontosan annyit kap, amennyire igénye van a betegség meggyógyulásához, illetve a betegség súlyosodásának a megakadályozásához, vagy lassításához.

A formulát egy oldalra rendezve kapjuk, hogy

$$3. \quad \mathbf{A}_{11} \mathbf{x} - \mathbf{A}_{12} \mathbf{y} = \mathbf{0}.$$

Természetesen a feladat úgy is megfogalmazható, hogy a beteg az adott hatóanyagból legalább annyit, vagy legfeljebb annyit kaphat, (illetve egy alsó és felső határ közé eső mennyiséget kaphat), mint amire a gyógyulásához, vagy a betegség súlyosbításának akadályozásához szüksége van, vagyis a 2. helyett az

$$5. \quad \mathbf{A}_{11} \mathbf{x} - \mathbf{A}_{12} \mathbf{y} \leq \mathbf{0},$$

vagy az

$$6. \quad \mathbf{A}_{11} \mathbf{x} - \mathbf{A}_{12} \mathbf{y} \geq \mathbf{0},$$

formulát alkalmazzuk.

Másrészt megfogalmazhatunk egy intervallumot, az adott hatóanyag legalább és legfeljebb milyen mennyiségi viszonyban legyen a szükséglettel. Ez eseten az adott hatóanyagra vonatkozóan az 5. és a 6. formulát is alkalmazzuk.

Az \mathbf{A}_{11} és \mathbf{A}_{12} formulákra előírható feltételek között sokféle feltétel típus szerepelhet, pl. előírhatjuk, hogy adott anyagféleségek egymással megfelelő arányban legyenek, vagy egymást kizárják, stb.

Egyszerűbben írhatjuk fel az előbbi formulákat a következőképpen:

$$7. \quad \mathbf{A}_{11} \mathbf{x} - \mathbf{A}_{12} \mathbf{y} \leq \mathbf{0}, \quad (=, \geq)$$

Itt a formulát kisebb-egyenlő relációval adtuk meg, de jelöltük, hogy a formulában egyenlet, vagy nagyobb-egyenlő reláció is alkalmazható, vagy – ami ugyanezt jelenti – alkalmazzuk a táblázat reláció oszlopában megadott jelölést is. (A továbbiakban a \leq relációt fogjuk alkalmazni, s minden esetben hozzáértjük az egyenlő és a nagyobb-egyenlő lehetőséget is, ha ezt külön nem is jelöljük.)

Természetesen az A_{13} és az A_{14} mátrixok zérus mátrixok, amelynek minden eleme. A feltételek jobboldala általában szintén 0 értékeket tartalmaz, (bár esetenként előfordulhat nullától különböző érték is), ezért azokat is 0 vektorként jelöltük.

A 7. formula helyett alkalmazhatjuk a 8. formulát is, amikor az egyenlet valamelyik tagjához egy szorzó koefficienszt rendelünk, pl.

$$8. \quad A_{11} x - \gamma A_{12} y \leq 0, \quad (=, \geq)$$

Most tehát az egyik tag, másik tag γ -szorosával van kapcsolatban.

A rövidség kedvéért a továbbiakban nem taglaljuk részletesen a feltételrendszereket, csupán a leglényegesebb jellemzőiket írjuk le.

Ez előtt azonban a részletesebb kifejtés nélkül megjegyezzük, hogy az egyes mátrixblokkokon belül, a változók, mind a változókhoz tartozó értékek között is be kell, illetve be lehet építeni összefüggéseket.

Így pl. meghatározhatjuk két változó arányát, azaz

$$9. \quad a_{ij}^{11} x_j - a_{ij}^{12} y_j \leq 0, \quad (=, \geq), \text{ vagy}$$

a feltételt kiterjeszthetjük egyidejűleg változó csoportokra is. (Erről bővebben az irodalomban.)

Az A_{21} , és a $-A_{24}$ feltételek csak akkor, és csak azokra az anyagokra vonatkozóan szerepelnek a modellben, amely anyagok felhasználását a célfüggvényben meg kívánjuk jelentetni, azaz minimalizálni, (vagy maximalizálni) akarjuk, illetve más anyagok és egyéb feltételekkel bizonyos arányban figyelembe kívánjuk venni a célfüggvényen.

Az A_{31} és az A_{32} feltételekkel azt írhatjuk elő, hogy a beteg állapota és a gyógyszerek mellékhatása között milyen viszonyoknak kell lenni. Itt tehát a betegnél diagnosztizált valamennyi betegséget és a beteg állapotát és az általa szedhető összes gyógyszerek mellékhatásait, vagy mellékhatásokat kiváltó anyagok összességét állítjuk szeme egymással, előírva azok egymáshoz való viszonyát. Természetesen most is különböző relációk és különböző feltételek jöhetnek számításba, mind a két mátrixblokkban megfogalmazott feltételeket, mind pedig adott mátrixblokkon elüli változók közötti feltételeket illetően.

Az A_{41} és az A_{44} feltételekkel azt írhatjuk elő, hogy adott káros mellékhatást a célfüggvényben is figyelembe kívánjuk venni, például minimalizálni akarjuk, vagy valamely más hatással arányban minimalizálni akarjuk, stb.

Az egyéb mérlegfeltételek között szintén sokféle előírást megfogalmazhatunk. Itt építjük be a modellbe mindazokat az előírásokat, amelyek az előbbiekben nem szerepeltek, de a betegség, a betegségek közötti kapcsolatok, a gyógyszerek és a gyógyszerek közötti kapcsolatok, a költségfeltételek, stb. szempontjából fontosak. A célfüggvény blokkot itt általában zérus mátrixblokk, de lehetségesek ebben a mátrixblokkban is zérustól eltérő elemek.

Végül a matematikai modell célfüggvényéről röviden.

A célfüggvény kezelésének kétféle lehetőségét vegyünk számba:

1. Az egyik lehetőség, amikor a matematikai modellt egy célfüggvény változó minimalizálásával (vagy maximalizálásával) oldjuk meg.

A matematikai modell táblázatos rendszeréből kitűnik, hogy a c célfüggvény változó, vagy célfüggvény változók kivételével a célfüggvényben zérus értékek szerepelnek.

Lehetséges, hogy a modellben csak egyetlen célfüggvény változó van, s ennek megfelelően egyetlen célfüggvény érték szerepel, amelynek értéke 1. Ez eseten egyetlen célfüggvény értékét minimalizáljuk (vagy maximalizáljuk). Ha ez például a beteg által térítendő

költség, akkor a célfüggvény változóhoz tartozó vektor úgy fog kinézni, hogy annak, a beteg által térítendő feltétel sorában 1, a többi sorban 0 érték szerepel, s a célfüggvényként szintén 1 értéket írunk be, s azt minimalizáljuk. Vagyis itt egy olyan egységmátrixszal van dolgunk, amelyben az 1 érték a minimalizálandó tényező feltételrendszeréhez van rendelve, s amelynek célfüggvény értéke is van.

Természetesen az adott egységvektorban az 1 érték egyszerűen áttehető ez másik feltétel rendszerhez, s ebben az esetben máris másik tényező szerepel a célfüggvényen. Ezzel a módszerrel végigvizsgálhatjuk a modellt sokféle célfüggvénnyel, s elemezhetjük a különböző célfüggvények hatását. Az így nyert megoldások aztán felhasználhatók az egészségpolitikában és a gazdaságpolitikában a döntések megalapozására, de felhasználhatók a tudományos kutatásban is.

2. A másik lehetőség az, amikor a matematikai modellben egyidejűleg több célfüggvény változó szerepel, s ezek összegét, vagy valamilyen megoszlási viszonyszám, vagy összehasonlító viszonyszám alapján képezett valamilyen kombinációját kívánjuk minimalizálni, vagy maximalizálni. (A vektormaximum alapján történő optimalizálási probléma taglalásától most eltekintünk.)

Ebben az esetben általában kétféle módon járunk el. (Természetesen más lehetőségek is vannak.)

Az egyik mód az lehet, hogy a célfüggvény változók mindegyikét beépítjük a matematikai modellbe, egységvektorként, tehát úgy, hogy az adott feltételek megfelelő modellfeltétel sorában 1, a többi sorban 0 szerepel.

Az adott egységvektorokhoz tartozó célfüggvény koefficienseket úgy adjuk meg, hogy azok összege 1 legyen (megoszlási viszonyszámok), vagy a legfontosabb célfüggvény változó célfüggvény koefficiense 1, a többi ehhez viszonyítva, a fontosságának megfelelően valamilyen 1 alatti érték, vagy fordítva, a legkevésbé fontos célfüggvény változó kap 1-es célfüggvény koefficiens, a többi pedig ehhez viszonyítva 1-nél nagyobb számot.

Megoldható még a probléma úgy is, hogy a matematikai modellbe beépítünk egy újabb célfüggvény változót (nevezhetjük ezt, például célfüggvény összesítő változónak), valamint beépítünk a modellbe (mondjuk) egy célfüggvény kapcsolati feltételt, s ehhez a feltételhez rendelünk a modellbe 1-est, s a célfüggvény sorban szintén 1-est. Most aztán a célfüggvény kapcsolati feltételben határozhatjuk meg, megoszlási viszonyszámok, vagy összehasonlító viszonyszámok alapján a célfüggvények fontossági helyzetét, súlyát.

Az ismertett modell lineáris programozási modell, tehát az egyszerűség kedvéért mind a modell feltételrendszerét, mind célfüggvényét tekintve lineáris kapcsolatokat tételezünk fel. Lehetséges azonban, hogy a feltételrendszer egy része, vagy a célfüggvények a valóságban, nemlineáris kapcsolatot mutatnak. Ez esetben nemlineáris programozási modell alkalmazása szükséges. Szóba jöhet még a szakaszosan lineáris megoldás, vagy a diszkrét (egészértékű) programozási modell alkalmazásának a szükségessége, vagy más lehetőségek alkalmazása is, ezekkel azonban e helyütt nem foglalkozunk, tekintve, hogy alkalmazásuk szükségessége nem bizonyított, illetve az alkalmazandó függvény mibenléte nem ismert.

Nem kívántuk az olvasót matematikai problémák további részletezésével, a modell részletes matematikai leírásával terhelni, csupán érzékeltetni kívántuk, hogy a probléma megoldható.

Ne riasszon el bennünket a matematika, vagy a modell igen nagy mérete, hiszen az orvosnak és a betegnek ezekkel nem kell foglalkozni, csak megoldásuk eredményeit élvezhetik, illetve elemezhetik, értékelhetik.

5. Az automatizált rendszer

Az ismertett matematikai modell igen nagyméretű. Ha például feltételezzük, hogy ezer fajta betegség, illetve betegségváltozat fordul elő, akkor ezer betegség változóval kell dolgoznunk. Ha ezer fajta gyógyszer, illetve gyógyszerváltozat fordul elő, akkor ezer gyógyszerváltozóval kell dolgoznunk. Ha még ezer fajta egyébváltozóval és célfüggvény változóval is számolnunk kell, akkor máris háromezer ismeretlenes matematikai modellt kell felépítenünk és megoldanunk.

Ha ugyancsak háromezer feltételt kell a modellbe beépítenünk, akkor tehát egy háromezer ismeretlenes, háromezer egyenlőségből, illetve egyenlőtlenségből álló feladatot kell adatbázissal megtölteni, és azt egy (vagy több) célfüggvény szélső értékének (minimumának, vagy/és maximumának) a meghatározásával megoldani.

Márpedig több ezer betegség, illetve betegség változat, (rákbetegségből is közel másfélszáz változat lehetséges) több ezer gyógyszer, gyógynövény, egyéb anyag és élelmiszer létezik, tehát több ezer ismeretlenes és több ezer egyenletből, vagy egyenlőtlenségből álló modellre van, lenne szükségünk, ha mindezeket egy modellben kívánnánk összefoglalni.

Ma már, a jelenlegi számítástechnikai eszközkapacitás és szoftverek, illetve programozói kapacitások mellett egy ilyen méretű (akár tízezerszer tízezres, vagy még nagyobb kiterjedésű) matematikai modell megoldása nem jelent problémát. A nagyobb problémát az információbázis megteremtése és modellbe rendezése jelentheti, ha csak a modellszerkesztés automatizálását nem oldjuk meg.

Szerencsére ma már a modellszerkesztés automatizálása is megoldható.

Ugyanis kevésbé jelent problémát, az elméletileg lehetséges igen terjedelmes modellméret, ha az információkat, a továbbiakban kifejtésre kerülő adattárakban tároljuk, s egy-egy modellváltozathoz azok közül, automatizáltan, csak a szükséges információkat vesszük alapul, ezzel igen jelentősen lecsökkentve, minimalizálva a modell méretét.

A továbbiakban tehát a matematikai modell információbázisának a megteremtésével és a matematikai modell megszerkesztésének automatizálásával foglalkozunk.

Az információ tárolásának és a modellszerkesztés automatizálásának megteremtési lehetőségére állítsuk magunk elé példaként a mezőgazdasági vállalatok automatizált tervezése megalkotását.

Ennek során adattárakat képeztünk a tervezéshez szükséges adatok tárolására és felhasználására. A megalkotott szoftver lehetővé tette az adattárak feltöltését, módosítását, felhasználását. A módosítás lehetősége megteremtette annak feltételét, hogy az adattárat folyamatosan lehetett feltölteni és korszerűsíteni.

A következő adattárakat hoztuk létre:

Növénytermesztési ágazatok törzsadattára. Tartalmazta a mezőgazdaságban termelhető összes növénytermesztési ágazatot.

Munkaműveleti törzsadattár. Magába foglalta a mezőgazdaságban lehetséges összes munkaműveleteket.

Gépek és eszközök törzsadattára. A mezőgazdaságban használatos összes gépeket, eszközöket, s ezekhez tartozó paramétereket foglalta magába.

Teljesítmény és költségformula tár. Tartalmazta a mezőgazdaságban lehetséges teljesítményeket és számítási módszereket.

Anyagfélések törzsadattára. A mezőgazdaságban használatos összes anyagokat és azok paramétereit tartalmazta.

Takarmányok beltartalmi értékeinek a törzsadattára. A mezőgazdaságban használható takarmányok beltartalmi értékeit, paramétereit foglalta magába.

Mezőgazdasági termékek árának törzsadattára. Az összes lehetséges termék árát foglalta magába.

Állattenyésztési ágazatok törzsadattára. Az összes lehetséges állattenyésztési és állattartási változatot tartalmazta.

Tápanyag-szükségleti törzsadattár. Az összes állatfaj tápanyagszükségletét foglalta magába, természetesen korcsoport, tenyésztési irány és hasznosítási változatok szerint.

Ezek az adattárak tehát folyamatosan alakíthatók ki és korszerűsíthetők, s felhasználhatók a vállalat komplex tervezéséhez szükséges matematikai modell automatizált megalkotásához.

Mindenek előtt a számítógép a konkrét vállalati feltételek megadása után, az adattárak felhasználásával részletes technológiai változatokat készített a különböző növények termesztéséhez, illetve állatok tartásához. A technológiai változatok adatai képezték a modell oszlopvektorait, tehát azokat az adatokat, amelyek bekerülnek a matematikai modellbe.

Ezután a számítógép megadott instrukciók alapján elkészítette a konkrét vállalat matematikai modelljét, s azt a kívánt célfüggvény, vagy célfüggvények alkalmazásával megoldotta.

Lehetőség van többféle megoldási változat előállítására, illetve a modell megoldása során nyert árnyékárak (duális változók) elemzése alapján újabb és újabb modellváltozatok előállítására és megoldására.

A részletek ismertetése és a felhasználási lehetőségek további részletezése helyett térjünk vissza a mi problémánkra, a gyógyszerfelhasználás optimalizálásának automatizálására. Ennek során természetesen felhasználtuk az előbb ismertetett rendszer tapasztalatait.

Mindenek előtt le kell szögeznünk, hogy az információbázis megteremtését, modellberendezését és megoldását nem lehet és nem is szabad, a háziorvosokra, szakrendelőkre, vagy kórházakra bízni. Egyrészt erre sem idejük, sem számítástechnikai kapacitásuk, sem információbázisuk nincs, s ha mindezek meg is lennének, ez az út kevésbé hatékony és nagyon drága lenne.

A célszerű megoldás az volna, ha a feladat megvalósítása egy (országos, esetleg nemzetközi) központban történne.

A feladat megoldására nyilvánvalóan több eljárás is lehetséges. E helyütt egyféle módozattal foglalkozunk.

Mindenek előtt, egy jól felszerelt tudományos intézetben, vagy tudományos háttérrel rendelkező intézetben, létre kellene hozni egy központi információbázist, és meg kellene alkotni egy információbázist kezelő, és egy matematikai modellszerkesztő számítógépes programot. Az információbázist kezelő rendszernek az alábbi funkciókat kell tudni, ellátni:

1. Az információbázis feltöltése, módosítása.

Ennek a funkciónak meg kell valósítania, hogy az információbázisba mind az alfabetikus, mind a numerikus információkat a számítógépbe betáplálhassuk. Hibás, vagy hiányos információ bevitelt jeleznie kell.

Ugyancsak biztosítani kell az információbázis módosítását, mind az újabb és újabb információk bevitelével, mind pedig a számítógépben lévő információk változtatásával, vagy törlésével.

Az információk módosítását a rendszernek praktikus szempontok szerint, elő kell segítenie. Például árváltozások esetén adott gyógyszercsoportoknak megadott szempontok szerint átárazását el kell végezni, stb.

2. Az információk tárolása, rendezése.

Ennek a funkciónak biztosítani kell, a számítógépbe táplált információk biztonságos tárolását, s szükség szerint megadott szempontok szerinti rendezését.

3. Az információk hozzáférése és felhasználása.

Ennek a funkciónak biztosítania kell, bármely információ, vagy információ csoporthoz történő gyors hozzáférést és az adott információk adott céloknak megfelelő felhasználását.

A következő központi információbázisok létrehozása szükséges, melyeket a helyi információbázisoktól való megkülönböztetés érdekében törzsinformáció bázisnak fogom nevezni:

1. A betegségek törzsinformáció bázisa

Ez az információbázis tartalmazza az ismertbetegségek neveit (a laikusok kedvéért a latin elnevezés mellett a magyar megfelelő nevet is), a betegség változatait, súlyosságát, különböző gyógyító hatóanyagok iránti igényeit, más anyagokkal (segédanyagokkal) szembeni viselkedését, esetleg bizonyos anyagok használatának a kizárását, stb. tehát tulajdonképpen minden olyan jellemzőt, ami lényeges lehet a gyógyszer optimalizálás szempontjából. Egyszerűbben fogalmazva, a betegségek törzsinformáció bázisának minden olyan jellemzőt tartalmaznia kell, amelyeket a matematikai modellben figyelembe kívánunk venni.

Könnyítést jelent az információ törzsadattárának a feltöltésénél, hogy elegendő csak azokat az információkat a számítógépbe betáplálni, amelyek értéke nem nulla. Például azokat az adatokat, amelyek értéke nulla, nem kell bevinni a számítógépbe, hiszen ha nem vittünk be adatot, akkor a számítógép azt nullának veszi.

2. Gyógyszerek, gyógynövények, élelmiszerek és egyéb készítmények, törzsinformációs bázisa.

A betegség törzsinformáció bázisához hasonlóan tartalmazza a gyógyszerek, gyógynövények, élelmiszerek, egyéb készítmények nevét, változatait, mellékhatásait, illetve ezek erősségét, bizonyos betegségekkel, vagy egészségjellemzőkkel szembeni kizárandóságát, más gyógyszerekkel szembeni kölcsönhatásának a jellemzőit, gyógyszerek egyidejű szedésének a kizárását, stb., vagyis minden olyan jellemzőt, ami a matematikai modellezés szempontjából szükséges lehet. Természetesen a nullaértékű információkat most sem kell a számítógépbe bevinni, mert, ha egy jellemzőre nem adunk információt, akkor azt a számítógép úgy értékeli, hogy nulla.

3. Egyéb törzsinformációk bázisa

Ide soroljuk azokat az információkat, amelyek az előbbiek nem tartalmazzak, de a matematikai modell felépítéséhez szükségesek. Ezek részletezésétől eltekintünk.

4. A célfüggvények törzsinformáció bázisa:

Ide soroljuk a matematikai modell célfüggvénye szempontjából szükséges információkat.

A törzsinformáció bázis felhasználásával az általunk megadott követelmények figyelembevételével a számítógép megszerkeszti a szükséges matematikai modellt.

Tekintve, hogy most a számítógép csak az általunk meghatározott betegségeket, illetve azok változatát, vagy változatait veszi figyelembe a modell összeállításánál, valamint az ezekhez kapcsolódó, a szükséges hatóanyagokat és mellékhatásokat tartalmazó gyógyszereket, gyógynövényeket, élelmiszereket és készítményeket, így viszonylag kisméretű, néhány tíz, vagy legfeljebb néhány száz változót és feltételt tartalmazó (viszonylag üres, tehát sok zérus elemet tartalmazó) matematikai modellt kell összeállítani és megoldani. Ennek időigénye pedig megfelelő számítógép kapacitás esetén jelentéktelen.

Célszerű lenne, ha a törzsinformációk egy központi számítógépen lennének. Ott biztosabb lenne azok tárolása és állandó karbantartása, s ezeket az információkat tudnák az egészségügyi intézmények és háziorvosok felhasználni a modellezéshez. Ez nem jelentene az orvosok számára terhet, hiszen csak a betegségeket, illetve azok változatait kell a számító-

gépnek megadni, s a modellezés automatizáltan történne, majd az orvos feladata lenne a megoldás elemzése, értékelése, esetleg a számítógép utasítása újabb modellváltozat, vagy modellváltozatok megoldására. Ugyanis természetesen, a modell megoldásként nyert eredményt a megfelelő szaktudással és tapasztalattal rendelkező orvos felülbíráhatja, s ennek alapján módosíthatja, vagy a matematikai modell feltételrendszerét, vagy adatait, újabb modell-megoldásokat állítatva elő.

6. Diagnosztizálás szervezése

A Népszabadság 2008. március 21.-i számában „A koncentráció a gyógyír a klinikák bajára” c. cikkben Fésűs László professzor, akadémikus, a Debreceni Egyetem rektora a következőket nyilatkozta: „A Debreceni Egyetem klinikáit integráló egészségtudományi centrum viszont nem szenved adósságoktól... A klinikák jelentős része – korábbi beruházásoknak köszönhetően – egy tömbben működik, az elmúlt négy év mindegyikében leépítettek 100-200 embert. A debreceni klinikákon, a betegellátáson kívül valamennyi tevékenységet külső vállalkozók végzik.”

A fenti néhány mondat csak annak illusztrálására szolgál, hogy célszerű szervezéssel nagymértékben javítható az egészségellátás hatékonysága.

Ugyancsak az olvasó figyelmébe ajánlom Molnár Réka: „Számítógépes munkahelyi rendszer tervezése” könyvét, amely az Interneten megtekinthető a <http://mek.oszk.hu/01100/01197> helyen. A könyv képekkel illusztrálva, a gyakorlatban is megvalósult példákon keresztül mutatja be a munkahelyi rendszer tervezését. A könyv a stressz helyzetek, és ergonómiai szempontból vizsgálja a különböző irodai, számítógépes munkahelyek kialakításának szempontjait.

Induljunk ki abból a feltételezésből, hogy a szakrendelők, vagy klinikák orvosi vizsgálat céljára kialakított helyiségei egy (vagy több, esetleg egymás mellett lévő, egymáshoz kapcsolódó) várakozó teremhez kapcsolva célszerűen vannak megtervezve és megszervezve. Kérdés azonban, hogy a diagnosztizálási sorrend megtervezése, illetve megszervezése célszerűen van-e megoldva?

Tételezzük fel, hogy a beteget (mint ez a gyakorlatban is így van), egyidejűleg több helyen kell diagnosztizálni, pl. Vérnyomás- és pulzus- mérése, EKG, ultrahang vizsgálat, doppler vizsgálat, laboratóriumi vizsgálatok (vér és vizelet minta), stb.

A különböző vizsgálatok eltérő időtartalmúak. Kérdés, hogy hogyan kell irányítani a beteget, milyen sorrendben kell elvégezni a diagnosztizálást.

A betegnek igen sok felesleges időpazarlást jelent, ha minden beteget 8 órára rendelnek be, s órákat töltenek el haszontalanul a betegekkel megtelt váróban ülve (vagy hely hiányában állva). De a diagnosztizálási sorrend rossz megszervezése a diagnosztizálóknak is jelentős idővesztést okozhat, időnként várni kell a betegre, máskor torlódás lehetséges.

Példaképpen tételezzük fel, hogy a rendelési idő reggel 8 órakor kezdődik, s 14 óráig, azaz összesen 360 percre tart. Tegyük fel, hogy egy-egy beteg a diagnosztizálásnál átlag 10 percet tölt, beleszámítva az esetenkénti szüneteket (a diagnosztizáló egyéb feladatainak és természetes szükségleteinek elvégzésére, illetve kielégítésére, a műszer pihentetésére, stb.).

Ez azt jelenti, hogy a diagnosztizálóknak a rendelési időben 36 beteget képes diagnosztizálni.

A 36 beteg egymás után 10-10 percet tölt a diagnosztizáló helyiségben.

A betegeknek megvan az a tulajdonságuk, hogy általában jóval az előírt idő előtt érkeznek a rendelésre. Tegyük fel, hogy ez az idő átlagosan 15 perc, s tételezzük fel azt is, hogy a rendelés 8 órakor pontosan kezdődik.

Az első betegnek szerencséje van, mindössze 25 percébe került a diagnosztizálása (nem számítva most az oda-vissza úton eltöltött időt.)

A második beteg időigénye már 35 perc, a harmadiké 45 perc, és így tovább, míg végül az utolsó betegnek 375 percébe, azaz 6 óra 15 percébe került a diagnosztizálás elvégzése. Ez alatt az idő alatt szinte el sem mer mozdulni a diagnosztizáló szoba ajtajának a közeléből, hátha éppen akkor szólítják Őt be, diagnosztizálásra. Az utolsó beteg számára a vizsgálatok egy része, ha egyidejűleg több vizsgálatra is szüksége van, mint ahogyan ez általában szokás, már a délutáni rendelésre, vagy másnapra marad.

Mi van tehát akkor, ha a betegeknek egyidejűleg többféle vizsgálaton kell részt venniük?

Nyilvánvaló, hogy amennyiben nincs összehangolt betegirányítás, akkor a beteg és a diagnosztizáló feleslegesen eltöltött várakozási ideje is jelentős lehet.

A probléma megoldható lenne egy számítógépes szoftverrel, amely lehetővé tenné az aznapi betegek mindegyikének nyomon követését a diagnosztizálás folyamatában.

A betegek érkezésekor a számítógépbe táplálják, hogy milyen diagnosztikai vizsgálatokra van szükségük. A számítógép a célszerűen megalkotott szoftver segítségével „szólítja” be a betegeket diagnosztizálásra, érzékeli a diagnosztizálás megtörténtét, optimalizálja, hogy mi legyen a következő diagnosztizálás, s szólítja a beteget, hogy melyik (hányas számú) diagnosztizáló helyiségben kell megjelennie.

Egy ilyen számítógépes rendszer képes lenne minimalizálni mind a betegek, mind a diagnosztizáló műszerek és kezelőszemélyzet várakozási idejét.

Irodalom:

- Dr. Barna István. Magas vérnyomás, (Springmed Kiadó) Családi Lap 2008.04.
- Dr. Erdős Attila: Székely Tamás és a gomb. Népszabadság 2008. május 16.
- Dr. Fésűs László: A Koncentráció a gyógyír a klinikák bajára Népszabadság 2008. március 21.
- Kácsor Zsolt: Az Úristen és a sejthalál. Népszabadság 2008. május, 19
- Molnár Réka: Számítógépes munkahelyi rendszer tervezése, amely az Interneten megtekinthető a <http://mek.oszk.hu/01100/01197> helyen.
- Pócs Balázs: Életet menthet a klikkelés Népszabadság 2008. május, 19.
- Dr. Suller Attila (által szerkesztett) „Legjobb gyógymód a megelőzés” című (életmód tanácsadó és szakácskönyv). A könyvben sok érdekesség mellett olvasható Dr. Szkopincev Dmitrij által írt Ajurvéda c. fejezet, amelyből, természetesen hivatkozással, idéztem.
- Szőcs László: Nem elég elektronikus a magyar orvos. A Népszabadság 2008. május, 19.
- Dr. Tóth József: A takarmánygazdálkodás matematikai tervezése. Akadémiai Kiadó. 1969.
- Dr. Tóth József: A célfüggvény néhány problémája a matematikai tervezésben. A Debreceni Agrártudományi Egyetem Tudományos Közleményei. 1972.
- Dr. Tóth József: Technológiai tervezés számítógéppel. Operációkutatás és számítástechnika a mezőgazdaságban. Tudományos Konferencia előadásai. 1976. ápr. 8-9. Agrártudományi Egyetem Kiadványa. Gödöllő 1976.
- Dr. Tóth József: Mezőgazdasági vállalatok automatizált tervezése. Mezőgazdasági Kiadó, 1981 (Interneten a <http://mek.oszk.hu/05200/05296> alatt olvasható)
- Dr. Tóth József: Egy speciális elrendezésű modell költségmegtakarító megoldása. Statisztikai Szemle, 1978. 10. sz.
- Dr. Tóth József: Gazdasági matematika és számítástechnika. 1-2. kötet. Egyetemi jegyzet. GATE Gödöllő. 1974. (403 p.) (Utánnnyomások: Gödöllő. 1975. Debrecen. 1979, 1984.)

A kézirat lezárva: 2008.05.20.