

DR. BUGYA TITUSZ – DR. TRÓCSÁNYI ANDRÁS – DR. PIRISI GÁBOR
– DR. FÁBIÁN SZABOLCS ÁKOS

A magyarországi mentőellátás térbeli hatékonyságjavításának modellezése – egy lehetséges térinformatikai alkalmazás segítségével

Bevezetés

Jelen sorok szerzői közül már e lap hasábjain (Kemkers et al. 2010, Pirisi–Trócsányi 2011) is adtak közre gondolatokat a mentőellátás területi kérdéseivel kapcsolatban, abban a fázisban azonban a mentőellátás területi tervezésére – azaz hol érdemes új mentőállomásokat létrehozni – fókuszáltunk. Az akkor vázolt gondolatok Magyarország elérendő népességét statikus tényezőként, a mentés által áthidalandó távolságokat homogén térben létezőnek tekintették. Külföldi (Andersson 2005, Andersson et al. 2005, Brotcorne et al. 2003, Peters–Hall 1999, Rajagopalana et al. 2008) és hazai (Trócsányi et al. 2011) tapasztalatok bizonyították, hogy a mentési esetkoncentrációk, adott forgalmi helyzetek, illetve időjárási viszonyok felülírják az elméletet, azaz egy dinamikus modell közelebb vihet a napi helyzetek leképezéséhez, a mentés napi körülményei közepette adódó valós szituációk megoldásához. Az általunk ismert vizsgálatok nem érintették a mentés szempontjából ugyancsak fontos kulcskérdést sem: az esethez érkezés után melyik ellátóhelyre tudja a leggyorsabban eljuttatni a beteget/sérültet a mentőautó. A kérdések összetettsége új megközelítést igényelt. Eszközként a térinformatika adódott, ami mint eljárás ma már meglehetősen széles körben ismert és használt. A témával csak érintőlegesen foglalkozók számára azonban valószínűleg leginkább csak egy (vagy legfeljebb néhány) szoftvert jelent, amely segítségével tematikus térképeket készítenek (vagy azok alapjait). Valószínűleg sokaknak eszébe jut a térinformatikáról valamilyen internetes alkalmazás, amivel térképen lehet helyeket, településeket megkeresni, a térképüket megnézni, útvonalat tervezni; és persze az autóban használt navigációs eszköz is általánosan ismert.

És valóban: a térinformatika ilyesmire is jó. Mindazonáltal ennél sokkal szélesebb körben használható, például modellezésre is (Bugya–Kiss 2013). A térinformatikai alapú modell olyan, mint a többi tudományos modell. A vizsgálandó jelenséget különféle mennyiségekkel jellemezzük, amiket igyekszünk minél pontosabban meghatározni és megmérni. A vizsgált jelenség működésére vonatkozó feltételezéseket valamilyen módon formalizálni kell – jellemzően matematikai vagy programozási eszközökkel – és a mért adatokon ezeket a formalizmusokat felhasználva műveleteket végezni.

Az alábbi példa is ilyen. Arra alkalmas, hogy a valós településállományt figyelembe véve megmutassa, várhatóan mennyi idő alatt érhető el egy-egy település mentővel, illetve mennyi idő alatt érhető el a legközelebbi – kiválasztott rendű – kórház egy-egy településről, akár szabadon megállapított sebességeket, mentőállomás és kórház allokációkat tekintve is.

Mivel cikkünk egy megvalósított modell sajátosságait ismerteti, így nem törekedtünk tudományos eredmények hangsúlyozására – ilyen eredmények a modellben nincsenek, maga az alkalmazás az újdonság. Mindazonáltal modellünk – mint valóban futó, működő

modell – alkalmas olyan további vizsgálatok, összevetések elvégzésére, feltételezések igaz vagy hamis voltának eldöntésére, amelyek már bizvást tekinthetők tudományos eredménynek. Írásunk így inkább egy megvalósult projekt és annak közvetlen eredményei ismertetésének tekinthető. További erénye lehet a modellnek, hogy az eredeti terveken túl – kisebb átalakításokkal –, sok más hasonló jelenség (pl. egyéb társadalmi szolgáltatások térbeli tervezése) modellezésére alkalmas lehet.

Célkitűzés

A geográfia és az alkalmazott térinformatika ebben az esetben döntés-előkészítő és -támogató szerephez jutott: a mentőellátás térbeli és időbeli hatékonyságának a növelése volt a „megrendelő” igénye. A megrendelő az Országos Mentőszolgálat (OMSZ), akikkel a szerzők többéves szakmai kapcsolatot alakítottak ki a területi tervezés területén. A munka célja eredetileg az volt, hogy kidolgozzunk egy számítógépes modellt, amelynek alkalmasnak kell lennie arra, hogy megfelelő paraméterek esetén választ kapjunk az alábbiakra:

- melyek azok a települések, amelyek mentővel való elérése kritikusan hosszú időt vesz igénybe;
- melyek azok a települések, amelyekről a kórházba érés kritikusan hosszú időt vesz igénybe;
- melyek azok a települések, amelyekről a kórház elérése a mentő kieriési idővel együtt kritikusan sok időbe kerül;
- melyek azok a települések, amelyek fentebbi mutatóin a legtöbbet javítana a mentő- és kórházi ellátás területi kapcsolatának módosítása;
- újabb mentőállomások létrehozása mennyiben változtatná meg a kialakult képet;
- a különféle kórházi átszervezések miként változtatják meg a kórházba jutás időszükségletét, településenként vizsgálva;
- a vizsgált problémák mekkora népességet és milyen módon érintik annak egyes csoportjait.

A kérdések megválaszolásakor alapvető kitétel volt, hogy a feltett kérdésekre extrém rövid időn belül választ kaphassunk, lehetőség szerint akár fél órán belül. Tekintettel arra, hogy az ország kiterjedt részei az általunk az OMSZ részére javasolt új mentőállomások (Kemkers et al. 2010) megépülte esetén sem válnának költséghatékonyan (alacsony átlagos települési népességszám, szórt településstruktúra, tagolt domborzat következtében) ellátottá, a földi mentés kérdését a távoli helyeket is gyorsan elérő légimentés térbeli újragondolásával egészítettük ki. Különös és egyszerűbben megoldható térbeli racionalizációs kérdések merülnek fel a helikopteres mentés esetében, hiszen az egységek száma érdemben nem bővíthető, míg a beavatkozási körzet (tulajdonképpen rádiusz) gyakorlatilag homogén felszínként kezeli a meglehetősen strukturált földrajzi teret, így az ország területének optimális lefedése egyszerűbb kihívásnak tűnik. Ennek fényében később a célokat bővítettük és a légi mentésre vonatkozóan is kidolgoztunk egy modellt, amely választ ad arra, hogy egyetlen, szabadon választott légi bázis (település) esetén:

- mekkora terület (km²) fedhető le egy szabadon megadott időtartamon belül;
- e terület mekkora hányada (%) esik Magyarország területére;
- e területen mennyien lagnak;
- e területen mekkora az úthálózat (úttípusonkénti) hossza.

Több település mint potenciális (vagy valós) helikopterbázis együttes megadása esetén az egyes bázisokra vonatkozóan külön-külön is megadja a fenti, valamint az összevont eredményeket is, figyelembe véve az átfedéseket is.

Fontosnak tartjuk megjegyezni, hogy bár a megvalósult modell a célkitűzésben megfogalmazottakat teljesíti, ezen írásunkban nem térhetünk ki mindegyik rész-cél eredményének ismertetésére. Ennek természetesen tartalmi-terjedelmi oka van, de meglátásunk szerint a bemutatott példák jól illusztrálják a térinformatikai modellünk eredményeit, azok sajátosságait, konkrét megjelenését. A légi mentés területén megvalósítható területi racionalizáció igen látványos eredményeket hozhat (és a gyakorlatban hozott is), mindazonáltal a földi mentés tervezése kapcsán szembesültünk olyan megoldandó problémákkal és eredményekkel, amelyek miatt példáink csak erre a szegmensre koncentrálnak.

A használt szoftverkörnyezet

A Magyarországon elterjedt gyakorlattól eltérően a munka alapját nem kereskedelmi, hanem kizárólag szabad szoftverek képezik (Pirkhoffer et al. 2014). Ezen szoftverek teljes körű használatáért semmilyen ellenszolgáltatást nem kell adni a felhasználónak, ugyanakkor a programot korlátozás nélkül, tetszőleges módon és célra használhatja, annyi gépen és felhasználóval, ahogyan az tudja (Bugya 2011). Az ilyen programok forráskódja is nyílt, vagyis a felhasználó – vagy az általa felkért programozó – a programon tetszőleges változtatást tud végezni – mégpedig teljesen jogszerűen –, így azt teljesen a felhasználási körülményekhez igazíthatja. További sajátosságuk, hogy a szabad szoftverekkel készült munka már nem kell, hogy szabadon elérhető legyen, az lehet kereskedelmi forgalomban elérhető termék vagy szolgáltatás is (ugyanakkor a megváltoztatott szabad szoftver a változtatás után is szabad marad!).

Ez a mi esetünkben egyszerűen fogalmazva azt jelenti, hogy mindenféle költség nélkül, teljesen ingyen használható, professzionális térinformatikai környezetben lehet modellt készíteni. Ez az adottság a fejlesztői oldal költséghatékonysága mellett tekintettel van a rendszerint forráshiányos felhasználói környezetre is, a modell használata a célpiac közszolgáltatóknál (mentők, katasztrófavédelem stb.) sem jelent beruházási igényt. A bemutatott modell a GRASS térinformatikai rendszer 6.4-es verzióján fut, Linux operációs rendszer alatt. A modell Bash nyelven készült és a GRASS-szon kívül még néhány kisebb kiegészítő szoftvert használ, valamint a Linux alatt elérhető számos eszköz némelyikét.

Érdemes röviden szólni magáról a GRASS-ról is, hiszen Magyarországon nem számít közismert térinformatikai rendszernek. Olyan, szabadon felhasználható professzionális térinformatikai programrendszer, amely a napjainkban elterjedt számítógépek és operációs rendszerek legtöbbször ugyanolyan – de legalábbis nagyon hasonló – felhasználói felülettel és munkaállományokkal futtatható (UNIX-ok, Linux, MS Windows, OSX). A GRASS további sajátossága a modularitás, valamint az automatizálás igen magas szintű lehetősége. A GRASS az internetről (<http://grass.osgeo.org>) egyszerűen letölthető Linux, MS-Windows és Apple OSX környezetekre is.

A modellt erre a környezetre fejlesztettük, ami azt jelenti, hogy Linux-környezetben futó GRASS szükséges hozzá. A modellt a GRASS indítása után annak termináljából indítható a „`mento`” parancs begépelésével. Innentől kezdve a program különféle moduljai interaktívan

vezetik végig a felhasználót a munkán, célzott, egyértelmű kérdéseken és választható paramétereken keresztül. Ez azért lényeges elem, mert a felhasználó szervezetnél nem igényel (tér)informatikai végzettségű szakembert, a modell kezelése rövid betanulási időszak alatt elsajátítható. Sebességére jellemző, hogy a mai felhasználói környezetben elterjedt „általános” laptopon 4–5 percen belül kiszámolja egy megye területére a mentőelérés különféle eseteit, amihez térképeket és vizuálisan egyszerűen értelmezhető táblázatokat is készít. A sebességet a hardver fejlesztésével lehet fokozni, ugyanakkor ennek a gyakorlat szempontjából már semmiféle látványos további hozadéka nincs.

A bemeneti adatokról

A modell futtatásához alapvetően nyilvános adatbázisokban fellelhető (nyílt forrású) adatforrás is elegendő, amely a felhasználó konkrét kérései mentén tovább finomítható. A jelen esetben hasznított nem szabadon hozzáférhető adatok (pl.: MKH 2005-ös kiadása) is kiválthatók szabadon hozzáférhető adatokkal. Esetünkben az alábbi forrásokat használtuk:

- Magyarország úthálózata (Openstreetmap.org);
- mentőállomások helye (OMSZ adatai, valamint a mentok.hu nyilvános adatbázisa);
- mentőállomások típusa (OMSZ adatai, valamint a mentok.hu nyilvános adatbázisa);
- kórházak helye (az internetről szabadon elérhető adatok alapján);
- kórházak típusa (az internetről szabadon elérhető adatok alapján);
- települések helye (Openstreetmap.org, és az MKH 2005-ös kiadása alapján).

A nyílt forrású adatokból való munka további előnye, hogy egyszerűen bővíthető a szomszédos országok megfelelő adataival, így a modell érvényessége kiterjeszthető külföldi területekre, határ menti körzetekre is. E kérdésnek különösen a mentőellátás, illetve a katasztrófavédelemben lehet jelentősége, ahol a határok átjárhatósága esetén további térbeli hatékonyságjavulás érhető el.

A *települések* adatait vektoros térinformatikai modellben tároljuk, ahol a településeket egy-egy pont reprezentálja és az alábbi adatok vannak minden egyes ponthoz hozzárendelve:

- helye,
- neve,
- megyei hovatartozása,
- régió szerinti besorolása,
- egyedi azonosítója (a GRASS generálja).

A *mentőállomásokat* egy-egy pont reprezentálja önálló vektoros modellben. A térképhez tartozó adattáblában minden egyes mentőállomáshoz rögzítettük az alábbiakat:

- a település nevét,
- a megye azonosítóját (megyekód),
- a régió azonosítóját (régiókód),
- egyedi azonosítót (a GRASS generálja),
- a rohamkocsik számát,
- az összes mentőautó számát,
- egész napos szolgálatot teljesít-e a mentőállomás,
- a mentőállomás típusát.

Ez utóbbi kétféle lehet:

1. amennyiben a mentőállomás rohamkocsival is rendelkezik, illetve oxiológus szakorvos vagy mentőtiszt is van az állományában;
2. amennyiben az adott mentőállomás csak esetkocsival van felszerelve, és nincs oxiológus szakorvos az állomáson.

A kórházakat is egy-egy pont reprezentálja önálló vektoros térképen. A kórházak térképéhez tartozó adattáblában az alábbi adatokat rögzítettük:

- a kórház nevét,
- a település nevét,
- a megye azonosítóját (megyekód),
- a régió azonosítóját (régiókód),
- a kórház típusát.

Ez háromféle lehet:

1. kiemelt kórház vagy országos intézet vagy klinika;
2. megyei kórház, de nem kiemelt kórház vagy azzal megegyező szintű intézet;
3. amennyiben városi kórház, vagy azzal megegyező szintű intézmény.

A települések adattáblája meglehetősen részletes. A települések alapadatain kívül ide írja be a program a kiszámolt eredményeket is, minden egyes településre vonatkozóan többet is. A modell – pontosabban: ennek megvalósulása, a program – alapesetben a GRASS térinformatikai rendszerben használható vektoros és raszteres állományokat hoz létre (amelyek a GRASS-ból azután nagyon sokféle vektoros vagy raszteres formátumba exportálhatók), másrészt pedig általánosan használható képekként (png formátumba) exportálja a térképeket. Ez utóbbi formátumú képek egyszerű képnézegetővel is megtekinthetők. Az adatokat a dbf formátumú adattáblákban helyezi el a program.

A települések, kórházak és mentőállomások ponttal való reprezentációja elvileg a modell használhatóságát nem csökkenti. A mentőállomások és kórházak ponttal történő reprezentációja könnyen belátható: térbeli kiterjedésük a vonatkozó területhez és megteendő távolsághoz képest a valóságban is csakugyan pontszerű. A települések azonban már lényegesen nagyobb valós méretűek. A probléma forrása az, hogy amennyiben egy adott objektumra hivatkozunk, azt egy referencia ponttal kell jelölnünk. Ha a kérdés például az, hogy mennyi idő alatt lehet eljutni Pécsre, akkor erre csak akkor adható válasz, ha azt is megmondjuk, hogy Pécs melyik pontjára gondoltunk, hiszen a két vége között – forgalomtól, útviszonyoktól függően – akár fél óra távolság is lehetséges. Ha azonban nem definiáljuk szorosabban az elérendő pontot, akkor kénytelenek leszünk egy önkényesen kiválasztott referenciapontot kijelölni és Pécs elérését ennek a pontnak az elérésével azonosítani. Ez a megoldás persze nagy hibával jár, mert nem áll módunkban a város különböző részeihez a valós elérési időt kiszámolni. A probléma úgy oldható meg, hogy a modell tartalmazza Pécs összes utcáját is és az elérési idő kalkulációjakor ezekre az utakra is elvégzi a számításokat. Ez a módszer jelentősen megnöveli a szükséges adatok mennyiségét. Ekkor minden egyes út(típus)ra vonatkozóan tudnunk kell az elérhető átlagsebességet, ami adott esetben domborzati terepmodellt, illetve az utak egyéb paramétereit (pl. többsávos kialakítás, egyirányúság) is igényli. Összességében tehát elmondható, hogy ez a kísérlet csak aránytalanul több beviteli adattal és munkával visz közelebb a pontos eredményhez, érdemben lényegesen pontosabb eredményt nem ad, mert a bizonytalanságot növelő tényezők számát nem tudjuk nullára csökkenteni. Az eredeti módszer alkalmazása mellett szölt

az a tény is, hogy a nagyobb (kiterjedésű) városok lakosságának túlnyomó többsége olyan helyen lakik, ahová jó minőségű, télen-nyáron jól járható szilárd burkolatú út vezet, a mentőállomások pedig jellemzően ezek közelében, a városok belsejében vannak. Így mindenképpen kijelenthetjük, hogy a város lakosságának legnagyobb része gyorsabban elérhető, mint a városon kívüli területek általában. Hogy a hibát mégis korlátok között tartsuk, a modellünk által használt úthálózati térkép tartalmazza a nagyobb települések főútvonalait. Annak, hogy a térképünk települések összes útját tartalmazza, elvi akadálya nincs, gyakorlati szempontból viszont a fentiek miatt nem látjuk értelmét. A kisebb települések esetében ez a probléma teljességgel figyelmen kívül hagyható, mert a település egyetlen ponttal való reprezentációja is elég kis hibával leírja település a valamely utcájának elérhetőségét. Például az 1 kilométer hosszú és szélességű település esetében a referenciapont a település közepe, tehát onnan a település legtávolabbi pontja csak 500 méterre van. Ezt a távolságot a megkülönböztető jelzéssel, 50 km/h-val haladó mentőautó mintegy 36 másodperc alatt teszi meg. Belátható, hogy már ez a pontosság is illuzórikus, hiszen a modell által megadott elérési idő sok perccel is módosulhat, mondjuk egy különösen jeges vagy felázott útszakasz, egy felelőtlen autós vagy éppen a hibásan működő navigáció miatt.

Felvetődhet, hogy azért sem jó pontos megoldás a települést egyetlen ponttal reprezentálni, mert így nem kapunk jó képet az adott időn belül elérhető népességről. Sajnos a nyilvánosan rendelkezésre álló adatok többsége csak települési bontásban hozzáférhető. A térképi megjelenítésben azonban lehetőség van az utcák figyelembevételére, amit meg is teszünk – a fentebb kifejtett határokon belül. A probléma feloldása lehet a nagyobb városok mentőtérképének egyedi előállítás. Erre a modell elvileg alkalmas, de a gyakorlatban ehhez egy újabb modult kell írni.

Mire alkalmas a fejlesztett modell?

Folyamatos célirányos konzultációink a mentőszolgálat vezetőivel olyan fejlesztést eredményeztek, amely mentén a modell alkalmas arra, hogy pontként leképezhető objektumok közötti hálózaton meghatározzuk pontok egy kiválasztott csoportjához tartozó elérési időket. Ennek eredményeképpen például alkalmas arra, hogy kiszámoljuk minden településre vonatkozóan, hogy mennyi idő alatt érhető el mentővel, amennyiben ismerjük a települések (pontoszerűnek tekintve), illetve a mentőállomások helyét (szintén pontként reprezentálva) is.

A fejlesztés során kiderült, hogy a modell egyszerűen alkalmassá tehető arra, hogy a fentieknél is több információval szolgáljon a felhasználó számára. Így mai formájában már bármely kiválasztott megyére vonatkozóan képes meghatározni, hogy mennyi idő alatt érhető(k) el

- a megye települései, amennyiben csak az adott megye mentőállomásait vehetjük figyelembe;
- a megye települései, amennyiben a legközelebbi mentőállomást vehetjük figyelembe, függetlenül attól, hogy az esetleg másik megyében van;
- a legközelebbi kórház a megye településeiről, amennyiben csak az adott megye kórházait vehetjük figyelembe;
- a legközelebbi kórház a megye településeiről, amennyiben az adott megyén kívüli kórházakat is figyelembe vehetünk;

- a legközelebbi kórház mentővel, amennyiben a mentő csak az adott megyéből indulhat, és csak az adott megye kórházaiból választhatunk célintézményt;
- a legközelebbi kórház, amennyiben a mentő másik megyéből is indulhat, de csak az adott megye kórházaiból választhatunk;
- a legközelebbi kórház, amennyiben a mentő másik megyéből is indulhat, és másik megye kórházába is szállíthat sérültet/beteget.

A fentiek meghatározásán túl „fordított” területi logika mentén is képes kikalkulálni, hogy

- az egyes kiválasztott típusú (pl. ügyelet vagy speciális igény esetén) kórházakat mely településekről lehet leghamarabb elérni, vagyis melyek azok a települések, amelyekről nézve a definiált kórház érhető el leghamarabb;
- az egyes mentőállomásokról mely településeket lehet gyorsabban elérni, mint más állomásokról, másként fogalmazva: melyek azok a települések, amelyeket ugyanazon mentőállomásról lehet a leggyorsabban elérni.

Sajátos szolgáltatása a modellnek, hogy képes a megadott településekre vonatkozóan olyan pontokat megadni az úthálózaton, amelyekről a kiválasztott települések közül a legtöbb érhető el egy szabadon választott időkorláton belül. Vagyis lehetőség van arra, hogy kijelöljünk olyan pontokat, amelyekre – például rendkívüli időjárás esetén – mentőautót kihelyezve (Veen et al. 2001), onnan a legtöbb település érhető el egy adott időn pl. 20 percen belül.

Az összes esetre igaz, hogy a modell az időbeli elérést a felhasználó által megadott – úttípusonként különböző – átlagsebességek alapján számolja ki. Ez az eljárás teszi lehetővé azt, hogy modellezzük a különböző időjárási helyzetek vagy más egyéb, a közlekedés sebességét befolyásoló további tényezők hatását a megadott időn belül elérhető települések csoportjára vonatkozóan.

A program képes kezelni a különböző úttípusokat is, ennek megfelelően lehet hozzájuk egyénileg különböző sebességeket rendelni. Így lehetőség nyílik a téli viszonyok modellezésére is, hiszen ilyenkor csak viszonylag lassan lehet haladni az alacsonyabb rendű utakon, míg a magasabb rendű utakat már általában letakarították és így azokon a megszokott sebesség (vagy ahhoz közeli) érhető el. Ennek fordítottja is igaz lehet: a rendszerint zsúfolt autópálya-bevezető szakaszok a mentés szempontjából alsóbbrendű, alacsonyabb sebességgel járható útként paraméterezhetők.

Alkalmas a program továbbá arra is, hogy meghatározzuk az úthálózat azon pontjait, ahonnan valamilyen szempont szerint kiválasztott települések közül a legtöbb érhető el. Természetesen azt is megmutatja az alkalmazás, hogy az úthálózat bármely kiválasztott pontjáról hány település érhető el.

Miként válik dinamikussá a korábbi statikus ábrázolás és tervezés helyett (Kemkers et al. 2010) a jelen alkalmazás? Tegyük fel, hogy a mentőegységtől – a hazai normarendszernek megfelelően (www.mentok.hu) – elvárjuk, hogy 15 percen belül érjen el bármely települést. Elkészítve a mentőtérképet világosan kiderül, hogy vannak olyan települések (és térségek), amelyekre ez nem teljesül. Amennyiben paraméterként az úthálózatra vonatkozóan alacsonyabb sebességet adunk meg (például ködös időt vagy csúcsforgalmi szituációt modellezendő), akkor egyre több ilyen település lesz (Fábián et al. 2011). Ebben az esetben hasznos lehet tudni, hogy hova érdemes mentőegységet kirendelni, melyek azok a részei az úthálózatnak, ahonnan a legtöbb település érhető el adott időn (például 15 percen) belül.

A bemeneti (elvárt) idő hosszát (rövidségét) másodpercben adjuk meg, majd kapjuk eredményül, az eredményeket pedig térképeken ábrázolva menti ki a program, minden megyére külön-külön. Miután valamely megyére vonatkozóan lefuttattuk a számításokat, az is lekérdezhető, hogy egy szabadon megadott időhatár esetén az adott megye lakosságából mekkora népesség él a normaidőn belül történő ellátáson túl. Vagyis például megtudható, hogy hány olyan lakosa van a megyének, akik – elvileg – például 2700 másodpercen (háromnegyed órán) túl juthatnak kórházba, amennyiben a mentő ugyan bárhonnán indulhat, de csak a lakóhely szerinti megye valamelyik kórházába viheti a beteget/sérültet. A fenti példa segítségével egyértelműen definiálhatók például azok a körzetek, ahova bizonyos betegségi típusok (Fábián et al. 2011) esetén nem érhet oda időben a földi mentés, így más megoldást (pl. intézményt vagy légi mentést) kell keresni, tervezni.

A program indításakor a felhasználó kiválaszthatja, hogy megyére vagy régióra kívánja-e elvégezni a számításokat. A régiókra vonatkozóan ugyanezeket a kimeneteket kapjuk eredményül, értelemszerűen a régió egészére kalkuláltan, illetve megjelenítetten.

A program futása – egy megye esetében – alapesetben a feldolgozandó adatmennyiségtől függően jellemzően mintegy öt percet vesz igénybe. Amennyiben a legbonyolultabb eseteket is kéri kimenetként a felhasználó, akkor a futási idő több órára nyúlhat, de ez erősen hardverfüggő. Értelemszerűen a nagyobb (területi) léptékű és összetettebb számításoknál már komoly sebességnövekedést érhetünk el nagyobb teljesítményű számítógép alkalmazásával.

Fontos, sőt alapvető sajátossága (erénye) a modellnek, hogy képes kezelni a különböző úttípusokat és hozzájuk egyénileg is lehet különböző sebességeket rendelni. Így lehetőség van a változó út- és forgalmi viszonyok modellezésére is. Az időszakos forgalmi helyzeteket (pl. hétfégi csúcsforgalom az autópályák ki- és bevezető szakaszain vagy nagyrendezvények közelében), valamint a szokásostól eltérő időjárási viszonyokat (pl. ónos eső, hó, jég, orkánerejű széllesek stb.) ma már elég nagy valószínűséggel előre lehet jelezni, aminek függvényében a mentés szervezeti rendszere célirányosan készülhet fel. A program segítségével a szokásostól eltérő esemény bekövetkezése előtt időben modellezhető a helyzet, ennek segítségével a mentőgépjármű-állomány térbeli és belső struktúrája (eset- és rohamkocsik, négykerékű járművek) átrendezhető. Nagyobb időléptékben a program segítségével a mentés évszakos szolgálata is kiválóan tervezhető, amely adott esetben más szállítási útvonalakat, más készenléti struktúrát hasznosíthat.

Példák a modellből

Az alábbiakban arra teszünk kísérletet, hogy néhány példa segítségével konkrétan szemléltessük a fentebb elméletben leírtakat. Az összes mentőállomást figyelembe vettük függetlenül attól, hogy milyen szintű ellátást tud nyújtani, viszont csak a magas szintű ellátást nyújtani képes kórházakat, tehát a klinikákat, kiemelt kórházakat és a megyei kórházakat vontuk be az elemzésbe.

Első példa

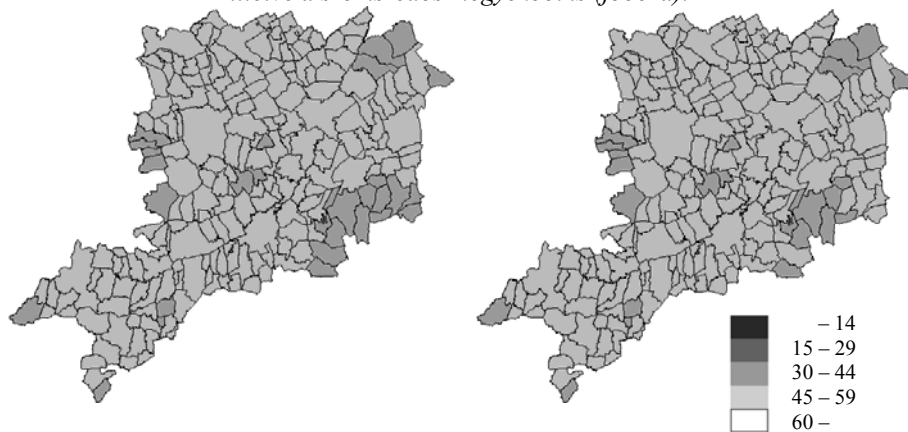
Vas megye mentőkiérési és kórházba érési térképei nyáron (1. ábra).

Az adott esetben az úthálózaton az alábbi átlagsebességekkel számolt a modell:

- elsőrendű főút: 80 km/h,
- másodrendű főút: 75 km/h,
- harmadrendű út: 70 km/h,
- negyedrendű út: 60 km/h,
- ötödrendű út: 60 km/h.

1. ábra

*Mentőautó kiérési ideje, ha a kocsit csak a megyéből indulhat (balra),
illetve a szomszédos megyékből is (jobbra).*



Megjegyzés: Nyári állapot. Az árnyalatok értékei percben értendők.

Ebben az esetben nem az a lényeges, hogy mennyire jól megválasztottak a megadott sebességértékek, hanem az, hogy akár öt különböző, tetszőleges átlagsebességgel is kalkulálhatunk, amely szabadon módosítható, sőt ugyanazon érték rendelhető különböző hierarchiaszintű úthoz is.

Jól látható, hogy a mentőellátás a megye egészét tekintve jónak mondható, a települések zömébe 30 percen belül kiér a mentő, 15 percen belül pedig a lakosság nagy többsége is elérhető. Ebben az esetben csak keveset javít a helyzeten, ha a szomszédos megyékből is indulhat mentőautó. A kórházba éréshez szükséges összes idő is viszonylag kedvezően alakul, hiszen csak a megye határai mentén haladja meg az egy órát (2. ábra). A szomszédos megyék bevonása Vas megye ellátásába csak a megye délnyugati részén eredményez számottevő javulást, vagyis igazándiból csak Zala megye bevonása hoz érdemleges pozitív változást (Lenti és Zalaegerszeg mentőállomásai, valamint a zalaegerszegi megyei kórház).

2. ábra

A kórházba érés összes elvi időszükséglete (tehát a helyszíni ellátás időszükségletét figyelmen kívül hagyva) a mentő indulásától számítva a kórházba érésig. Balra: a mentő csak a megyéből indulhat és a megyébe vihet, középen: a mentő bárholonnan indulhat de csak a megyébe vihet, jobbra: a mentő bárholonnan indulhat és bármelyik megyébe vihet



Megjegyzés: Nyári állapot. Az egyes szürkeségi fokozatok értékei (percben) az előző ábrával megegyeznek.

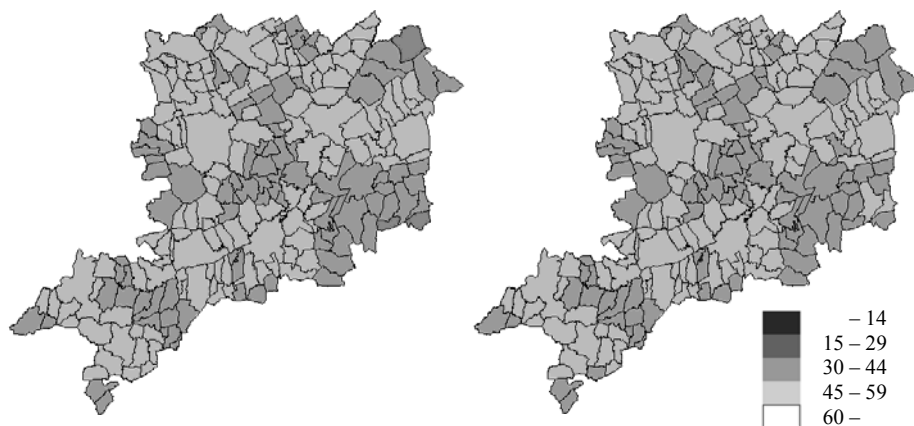
Második példa

Mentőkiérés és kórházba érés időszükséglete Vas megyében téli útviszonyok esetén (3. ábra). Használt sebességértékek:

- elsőrendű főút: 60 km/h,
- másodrendű főút: 60 km/h,
- harmadrendű út: 50 km/h,
- negyedrendű út: 40 km/h,
- ötödrendű út: 40 km/h.

3. ábra

Mentőautó kiérési ideje, ha a kocsí csak a megyéből indulhat (balra), illetve a szomszédos megyékből is (jobbra)



Megjegyzés: Téli állapot. Az árnyalatok értékei percben értendőek.

A mentők kiérkezési ideje – érdekes módon – nem sokkal rosszabb, mint nyári viszonyok között. Ez mindenképpen üdvözlendő jelenség, noha a különbség észrevehető, különösen a megyehatárok mentén. A teljes kórházba érési idő már számottevően rosszabbul,

a megye területének mintegy harmadán egy órán túl alakul (4. ábra). Komolyabb hatása itt már csak Zalaegerszegnek van, mert megyei kórháza viszonylag gyorsan elérhető Vas megye déli részéből is.

4. ábra

A kórházba érés összes elvi időszükséglete (tehát a helyszíni ellátás időszükségletét figyelmen kívül hagyva) a mentő indulásától számítva a kórházba érésig. Balra: a mentő csak a megyéből indulhat és a megyébe vihet, középen: a mentő bárhonnán indulhat, de csak a megyébe vihet, jobbra: a mentő bárhonnán indulhat és bármelyik megyébe vihet



Megjegyzés: Téli állapot. Az egyes szűrkeségi fokozatok értékei (percben) az előző ábrával megegyeznek.

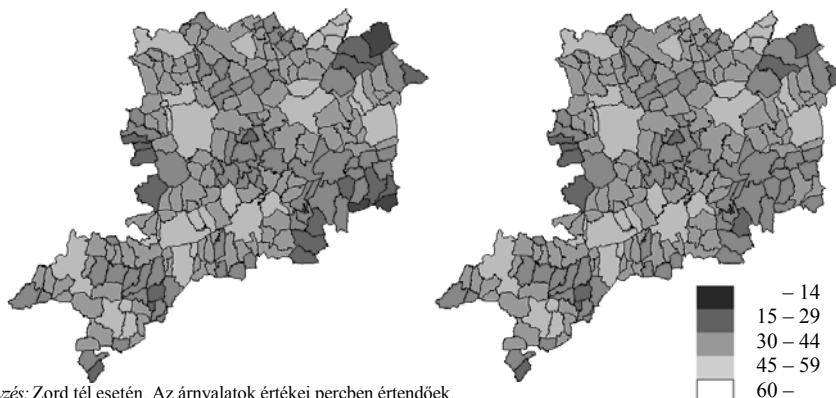
Harmadik példa

Vas megye mentőkiérési és kórházba érési térképe téli, zord útviszonyok esetében (5. ábra). Ekkor az alábbi sebességekkel számoltunk:

- elsőrendű főút: 40 km/h,
- másodrendű főút: 30 km/h,
- harmadrendű út: 30 km/h,
- negyedrendű út: 20 km/h,
- ötödrendű út: 20 km/h.

5. ábra

Mentőautó kiérési ideje, ha a kocsit csak a megyéből indulhat (balra), illetve a szomszédos megyékből is (jobbra)



Megjegyzés: Zord tél esetén. Az árnyalatok értékei percben értendők.

Jelentős a változás, ha viszonyok markánsan rosszabbra fordulnak (mint például 2013 márciusában). Ilyenkor már a mentő kiérési ideje csak az állomások közvetlen közelében

marad 15 percen belül és csak a legmagasabb rendű – legjobban takarított – utak mentén marad fél órán belül. A szomszédos megyék hatása nem számottevő, hiszen már néhány kilométer távolság is nagyon sokat jelent ilyen körülmények között. A kórházba érés teljes időszükséglete a megye túlnyomó részén meghaladja az egy órát (6. ábra), kizárólag Szombathely közvetlen közelében marad ez alatt. Ezen a térképen is jól kivehető a főutak hatása és a zalaegerszegi kórház pozitív szerepe a megye déli részén.

6. ábra

A kórházba érés összes elvi időszükséglete (tehát a helyszíni ellátás időszükségletét figyelmen kívül hagyva) a mentő indulásától számítva a kórházba érésig. Balra: a mentő csak a megyéből indulhat és a megyébe vihet, középen: a mentő bárhonnán indulhat, de csak a megyébe vihet, jobbra: a mentő bárhonnán indulhat és bármelyik megyébe vihet



Megjegyzés: Zord téli állapot. Az egyes szürkéségi fokozatok értékei (percben) az előző ábrával megegyeznek.

Végül, a 7. ábrán mutatjuk be az egyes mentőállomásokhoz tartozó településeket, pontosabban a hozzájuk vezető utakat. Minden „bokor” egy-egy mentőállomásból indul ki és azokat a településeket érinti, amelyeket az adott állomásról lehet a leggyorsabban elérni, figyelembe véve az útviszonyokat is. Érdeemes a képet alaposan megszemlélni, így látható, hogy bár az alapvető mintázat mindhárom esetben azonos, kisebb-nagyobb különbségek találhatók az időjárás függvényében. Ez azt mutatja, hogy adott körülmények között az ellátott terület is változhat, ha nem is nagymértékben – persze az ott lakók számára ez már éppen elég nagy mérték lehet, például egy stroke vagy légzési roham esetében...

7. ábra

A mentőállomások települései, balra a nyári, középen a téli, jobbra a zord téli esetben (minden „bokor” egy-egy mentőállomásból indul ki és azokat a településeket érinti, melyeket az adott állomásról lehet a leggyorsabban elérni, figyelembe véve az útviszonyokat is)



Megjegyzés: Az egyes pontok a megye mentőállomásait jelölik, Szombathely állomása fekete középponttal jelölve.

Összefoglalás

A fentiek alapján felmerül a kérdés, hogy miként járulhat hozzá egy ilyen modell a mentőellátás hatékonyabbá tételéhez. A modell használatával egyrészt lehetőség van a gyenge pontok feltérképezésére (szó szerint is), ami a távlati tervezést segíti. Legalább ilyen fontos azonban az is, hogy lehetőséget ad az ad hoc helyzetek sikeresebb kezelésére. Egy-két nap távlatában a szokottnál zordabb vagy kedvezőtlenebb időjárást (pl. sűrű köd) a meteorológusok nagy biztonsággal képesek előre jelezni. Ugyanilyen módon tervezhetők a periodikus, szezonális csúcsgazdálkodási helyzetek, amikor is a mentőszolgáltatónak lehetősége lenne az előre jelzett körülmények hatását percek alatt(!) modellezni és a szükséges intézkedéseket időben megtenni. Ilyen lehet például az ad hoc kalkuláció szerint rosszul ellátott területté váló körzetekbe egy mentőkocsi kirendelése, ami jelentősen csökkentené az érintett települések elérési idejét és ezen keresztül a teljes kórházba érési időt is. De nem csak a mentőszolgálat részéről képzelhető el intézkedés: a gyengén ellátott területek ellátása akár sürgősségi központ felállításával is jelentősen javítható lenne (ilyen például Tolna megye északnyugati része).

Összefoglalóan megállapítható, hogy a modell sajátosságaiból fakadóan – kisebb átalakításokkal – alkalmas minden hasonló jelenség kezelésére. A fenti analógia mentén a katasztrófavédelem, a tűzoltóság, a rendőrség is hasznosíthatja (Swersey 1994), de például alkalmazható iskolai ellátási körzetek vagy éppen szállítási-elosztási útvonalak tervezésére is. Eredményeink általánosságban jól alátámasztják azt a megállapítást, hogy a korszerű térinformatikai eszközök a tematikus térképek készítésén túl még számos egyéb feladatra is kiválóan alkalmazhatók, mi több, valójában itt teljesedhetnek ki a lehetőségeik. Fontos – és még nem eléggé kihasznált – lehetőség továbbá, hogy térinformatikai eszközökkel olyan modellek készíthetők, amelyek valamely jelenség térbeli sajátosságainak megértését nagyban megkönnyítik és lehetővé teszik ezen sajátosságok hatékony tervezését is.

Köszönetnyilvánítás

A cikk elkészítéséhez nyújtott segítségért köszönet illeti az Országos Mentőszolgálat területi szervezésében is érdekelt munkatársait.

IRODALOM

- Andersson, T. (2005): *Decision support for dynamic fleet management* Department of Science and Technology, Linköping University Electronic Press, Linköping.
- Andersson, T.–Pettersson, S.–Värband, P. (2005): *Decision support for efficient ambulance logistics* Department of Science and Technology (ITN), Campus Norrköping, Linköping University, Linköping.
- Bugya Titusz (2011): Open source applications in the research and the higher education – GIS based experiences. In: Turčáni, D. (ed.): *Young Researchers 2011: PhD Students, Young Scientists and Pedagogues Conference Proceedings* pp. 31–32., Nitra, Slovakia.
- Bugya Titusz–Kiss Kinga (2013): A hazai mentőellátás területi optimalizációjának geoinformatikai megközelítése *Térületfejlesztés és Innováció* 7 (2): 32–39.
- Fábián, Szabolcs Ákos–Bugya Titusz–Radvánszky Bertalan–Trócsányi András (2011): The impacts of meteorological factors on the morbidity in Southern Transdanubian Region, Hungary. In: *Annual Meeting. Geography: Your World as a European Perspective* p. 48., Athens.

A MAGYARORSZÁGI MENTŐELLÁTÁS TÉRBELI HATÉKONYSÁGJAVÍTÁSÁNAK MODELLEZÉSE 369

- Fábián Szabolcs Ákos–Pirisi Gábor–Radvánszky Bertalan–Trócsányi, András (2011): Human Factors behind the territorial differences in the mortality of Southwest-Hungary. In: *Annual Meeting. Geography: Your World as a European Perspective* p. 49., Athens.
- Brotcorne, L.–Laporte, G.–Semet, F. (2003): Ambulance location and relocation models *European Journal of Operational Research* 147 (3): 451–463.
- Kemkers, Robert–Pirisi Gábor–Trócsányi András (2010): A mentőellátás területi jellemzői Magyarországon *Térületi Statisztika* 50 (4): 420–437.
- Peters, J.–Hall, G. B. (1999): Assessment of ambulance response performance using a geographic information system *Social Science and Medicine* 49 (11): 1551–1566.
- Pirisi Gábor–Trócsányi, András (2011): Spatial aspects of the ambulance service in Hungary *Regional Statistics* 1 (1): 44–54.
- Pirkhoffer Ervin–Czigány Szabolcs–Bugya Titusz–Balassa Bettina–Bötkös Tamás–Lóczy Dénes–Fábián Szabolcs Ákos–Varga Gábor–Kovács Mónika–Rábay Andor–Nagy Gábor–Jancskárné Anweiler Ildikó–Falmann László (2014): PTETHYS, a térinformatika és fizikai kisminta modellezés újszerű megközelítése. In: Balázs Boglárka (szerk.): *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában* pp. 271–279., V.: Térinformatikai konferencia és szakkiallítás, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen.
- Rajagopalana, Hari K.–Saydamb, Cem–Xiaoc, Jing (2008): A multiperiod set covering location model for dynamic redeployment of ambulances *Computers & Operations Research* 35 (3): 814–826.
- Swersey, A. J. (1994): The deployment of police, fire, and emergency medical units. In: Pollock, S. M.–Rothkopf, M.H. – Barnett, A. (eds.) *Operations Research and the Public Sector* pp. 151–200., North Holland, Amsterdam.
- Trócsányi András (2011): *Egészségföldrajzi kutatócsoport/Health Geography Research Team* Pécsi Tudományegyetem, Science, Please! Projektiroda, Pécs.
- Veen, van der A. A.–Zwakhals, S. L. N.–Hazelzet-Crans, B.–Manen, J. W. eds. (2001): *Niet zonder zorg – Een onderzoek naar de doelmatigheid en kwaliteit van de ambulancezorg* Houten: Bohn Stafleu Van Loghum. RIVM, Bilthoven, Nederland.
- www.mentok.hu

Kulcsszavak: térinformatika, modell, mentőellátás, területi elemzés, területi tervezés.

Resume

Within the framework of the present paper authors introduce a GIS based model, developed in the Institute of Geography at Pécs University. The model can support decision-makers – primarily in ambulance service – with data analysis and mapping. The fundamental goal of the development was to provide an easy access tool for the service, with the help of which they can improve the general response time, the number of settlements and residents within the standardised reach of 15 minutes. It can help not only in long- or mid-term planning activities, but as a quick tool it offers support for ad hoc decisions. Both dynamic fleet management and occasional, seasonal spatial reorganisations can be planned carefully on the basis of the GIS application. Based on open source software it is a costless investment for any kind of delivery, collection or intervention services.