

Változó fénysebesség?

New Scientist, 1999. július 24.

Senmi sem szent? kérdezi írásának címében *John D. Barrow*, a cambridge-i Egyetem matematikaprofesszora*. Barrow számára a fénysebesség állandósága sem szent, szerinte éppen a változékony fénysebesség adna magyarázatot a világegyetem történetének több megoldatlan problémájára.

Einstein 1905-ben tette közzé speciális relativitáselméletét, azóta a fénysebesség különleges helyet foglal el a fizikusok gondolkodásában. Vákuumban a fény — kibocsátó forrásának sebességétől függetlenül — állandó, 299 792 458 méter/másodperc sebességgel halad, ennél gyorsabban nem lehet információt továbbítani. A fény véges sebessége nagy szerepet játszik a kozmológiában. Két részre osztja az univerzumot, egy látható és egy láthatatlan világegyetemre. Mindig létezik egy különleges „horizont”, ameddig elláthatunk. Az univerzum méretét az a távolság határozza meg, amelyet a fény a kezdet, az ősrobbanás óta bejárhatott. Az idő múlásával ez a horizont tágul, kiterjedése ma mintegy tizenöt milliárd fényévre tehető. Mivel jel nem mozoghat a fénynél gyorsabban, ezért a fény csak a horizonton

belül alakíthatott ki egyformaságot, nagy méretekben egyenletes sűrűséget és hőmérsékletet. Az univerzum azonban az elvárhatónál egyenletesebbnek tűnik. Erre sokféle magyarázatot próbáltak már adni, talvaly született a legújabb: a fény sebessége nem állandó, hanem változhat. Ez az ellenőrzésre váró feltevés átfogó magyarázatot ígér a kozmológia több alapvető problémájára.

A problémák sorában az első a horizont probléma. Ha az időben visszafelé haladva gondoljuk végig az univerzum történetét, akkor könnyen belátható, hogy volt egy olyan korai időpont, amikor a mai horizonton belüli tér egy része kívül csett az akkori horizonton. Tehát akkor nem volt elég ideje a fénynek ahhoz, hogy a mai horizonton belüli teret bejárja egyik szélétől a másikig. Emiatt nem simíthatta ki a mai horizont két széle közti hőmérséklet- és sűrűség-egyenetlenségeket. Összehangolatlan, szabálytalan eloszlásokat kellene tapasztalnunk, de éppen az ellenkezője a helyzet. A legnagyobb skálákon mérve a mai univerzumban csak néhány százezredrésznyi az eltérés az egyenletességtől.

Az univerzum sorsa a benne megtestesülő tömeg és energia mennyiségétől függ: vagy mindig tágulni fog a jövőben is, vagy a tágulás megáll és az összehúzódás a „nagy recschez” vezet el. A jelenleg ismert értékek szerint a világegyetem ma nagyon közel van

*A szerző egyik kitűnő ismeretterjesztő könyve, A világegyetem születése magyarul is hozzáférhető a Kulturtrade (ma Vince) Kiadó Világ — egyetem sorozatában.

a két lehetőséget elválasztó kritikus értékhez. Ismereteink szerint a kritikus értéktől való eltérésnek az idő múlásával egyre nagyobbá kell válnia, ha a világegyetem csak a ma ismert anyagból és sugárzásokból áll. Ismét visszafelé haladva az időben, a kiinduló értékeknek tehát hihetetlenül közel kellett esnie a kritikus értékhez, amire nincs magyarázat. Ezt nevezik a laposság problémájának, mert a kritikus mértékben táguló tér geometriája inkább lapos, mint görbült.

A világegyetem tágulását Einstein általános relativitáselmélete írja le, ez két tagból álló gravitációs erőhatást enged meg. Az egyik tag a newtoni négyzetes törvény finomított változata, a másik tag másféle viselkedést ír le. A második erő a tárgyak közti távolsággal egyenes arányban nő (az első tag a távolsággal fordított arányban négyzetesen csökken). A második tag erősségét Einstein λ -val jelölte, de az elméletből sem λ nagysága, sem előjele, tehát az erő vonzó vagy taszító jellege nem következik. Részecskefizikusok szerint az erő kiszámítható a korai univerzumban érvényesült kvantumhatásokból, jellege pedig taszító, minden tömeg taszítja a többit. Ez a számszerű becslés azonban 120 nagyságrenddel (!) nagyobb értéket ad meg annál, amit a tapasztalati tények, a csillagászati megfigyelések megengednek. Tehát a λ -probléma is nyitott.

A horizont és a laposság problémájának megoldására 1981-ben vezették be az azóta nagyon népszerűvé vált infláló univerzum modellt. Eszerint röviddel az ősrobbanás után rövid ideig drámai gyorsasággal tágult a világegyetem, ez az infláció. Az említett két probléma tényleg megoldható ebben a világegyetemben. Nyitott kérdés, hogy miért kezdett el az univerzum inflálódni. A nagyon korai, forró világegyetemben léteztek különleges, ismeretlen anyagfajták, amelyek taszítóvá változtathatták az egyébként vonzó gravitációs erőket, a taszító erők miatt lépett fel a gyors tágulás. Később a különleges részecskék átalakultak a ma ismert részecskékké, az infláció megállt, és az univerzum a ma ismert módon, egyre lassuló

mértékben tágult tovább. Ez a hatékony elmélet azonban nem oldja meg a λ -problémát. Újabb kérdések is felmerültek időközben. Egyes mérési adatok szerint a világegyetem tágulása gyorsul, vagyis a λ erő ma is hatással van a tágulásra. Ez még nehezebbé teszi a laposság és a λ -probléma megoldását.

Először *John Moffat* kanadai fizikus vetette fel, hogy a fénysebesség szentként tisztelt állandóságának feladása érdekes kozmológiai következményekkel jár. Tavaly *Moffat* (Torontói Egyetem), *Andreas Albert* (Kaliforniai Egyetem, Davis) és *Joao Magu-eijo* (Imperial College, London) számolta ki, milyen következményekkel járhat, ha a világegyetem korai szakaszában hirtelen megváltozott a fény sebessége, *Barrow*, az ismert cikk szerzője, más feltevessel élt. Olyan világegyetem történetét követte nyomon számításával, melyben a fény sebessége folyamatosan, a világegyetem tágulásával arányos ütemben változott. Az ötletek egyszerűek, de nem volt könnyű ezek alapján kellő szigorúsággal felépíteni az átfogó elméletet, hiszen a fénysebesség állandósága sokféle módon beépült a fizikába. Ha a fény a világegyetem történetének kezdetén a mainál lényegesen gyorsabban mozgott, majd elég gyorsan lelassult, akkor a horizont, a laposság és a λ -probléma egy csapásra megoldódik. Találni olyan fénysebesség lassulási ütemeket, melyek mellett a legújabb tágulási problémák is kezelhetővé válnak.

Az új elmélet megalkotói szerint a tágulás kritikus értékétől való eltérés mértéke és a λ erő nagysága egyaránt a fénysebesség négyzetével arányos, tehát a fénysebesség értékének gyors csökkenésével hosszú távon elhanyagolhatóvá válnak. A változó fénysebességre épített hipotézisnek az a nagy előnye az inflációelmélettel szemben, hogy nem kívánja meg ismeretlen, gravitációs taszító hatású anyagfajta létezését. Csak az univerzumban ma jelenlevő ismert anyaggal és sugárzásokkal számol. Az inflációelmélettel szemben megoldást kínál a λ -problémára is.

A modell egyszerűsége és meglepő eredményessége miatt érdemes további, alapo-

sabb vizsgálatokba kezdeni. Olyan átfogó gravitációs elméletet kellene kidolgozni, amely változó fénysebességgel számol és határesetben, változatlan fénysebességnél visszaadja a mai elméleteket. Olyan részletességgel kell kidolgozni az új elméletet, hogy ellenőrizhető következtetésekre vezessen. Az inflációelmélet már képes erre. A közeljövőben indítandó űrmissziók, a NASA 2000-ben útra kelő MAP szondája, majd az ESA európai űrügynökség Planck Surveyor szondája nagyon pontosan méri majd az univerzum hőmérsékleti fluktuációit. A pontos kísérleti adatok segíthetnek az elméletek ellenőrzésében, a versengő elméletek közti választásban.

Sok elméleti fizikus dolgozik azon, hogy a szuperhúr elmélet keretében egyesítse az alapvető kölcsönhatásokat. A szuperhúr elmélet részeredményei szerint a hagyományos természeti állandók (például a gravitációs, finomszerkezeti, Planck-állandó) állandósága is megkérdőjeleződik. Mások annak nyomát keresik, hogy a fénysebességre épített állandók elemzésével ki lehet-e mutatni a fénysebesség hajdani változékonyságának mai maradványait. Barrow és Magueijo lát erre reményt, ezért például kvazárok spektrumában az atomi átmenetek frekvenciáit elemzik nagy pontossággal. Barrow szavaival ez lehet az az ablak, amely a fizikai valóság következő szintjére nyílik.

Jéki László

Gének és a közvélemény manipulálása

*A Royal Society felülvizsgálati jegyzőkönyve
New Scientist, 1999. október 16.*

1998. elején Nagy-Britanniában nagy nyilvánosságot kaptak egy magyar származású kutató, *Pusztai Árpád* állításai a genetikailag módosított élelmiszerek veszélyeiről. Pusztai a skóciai Rowett kutatóintézetben végzett kísérletei alapján azt álli-

totta, hogy a genetikailag módosított burgonyával etetett kísérleti patkányok immunrendszere károsodott, és ennek okát a géntechnológiával előállított táplálékban látta. A közvélemény jogosan megfogalmazott igénye, hogy bizonyítékát lássa: a genetikai úton előállított élelmiszerek biztonságosak, de az élelmiszerek biztonságának tudományos vizsgálata nélkül erre megnyugtató megoldás aligha születhet. Az 1660-ban alapított, független brit tudományos akadémia, a Royal Society áprilisban munkacsoportot hozott létre az ügy kivizsgálására.

A Royal Society áttekintést adott ki az 1998. szeptemberében természetett, genetikailag módosított (GM) élelmiszernövények alkalmasságáról. Tekintettel az eset ellentmondásaira, a társaság újra megvizsgálta a rendelkezésre álló adatokat, a Rowett kutatóintézet munkájáról a genetikailag módosított burgonya esetleges toxicitásával kapcsolatban. A társaság az alábbi következtetésekre jutott:

1. A genetikailag módosított növények biztonsági vizsgálata kiemelt és összetett terület a tudományos kutatásoknak, és szigorú szabványoknak kell megfelelnie. Ugyanakkor, a Társaság rendelkezésre álló adatok alapján, a Rowett-nél elvégzett kutatás megtervezése, kivitelezése és elemzése több szempontból hiányosnak tűnik, éppen ezért következtetések levonására alkalmatlan.

2. A társaság nem talált elegendő bizonyítékot a genetikailag módosított burgonya káros hatására. A vizsgálat során a normális és a GM burgonyával etetett patkányoknál megfigyelt hatások csekély mértékben különböztek egymástól, és értelmezhetetlenek a kísérletek technikai korlátai és a statisztikai vizsgálatok helytelen használata miatt.

3. A munka során egyetlen állatfajt vizsgáltak, amelynek egyedeit egyetlen fajta élelemmel táplálták, amelybe egyetlen idegen gént illesztettek be a kutatók, egyféle módszer alapján. Bármilyen szakszerűen végezték is el a kísérleteket, ez mégsem elégséges olyan általános következtetések levonására, hogy a genetikailag módosított élelmiszerek károsak-e az emberre vagy sem. Minden GM

élelmiszert külön-külön meg kell vizsgálni ennek megállapítására.

4. Az egész ügy rávilágít arra, hogy kiemelkedően fontos hogy a tudósok kutatásaik eredményeit más kutatókkal megismertessék, szakmai bírálat alá vessék, mielőtt a nyilvánosság elé tárják azokat.

Veszélyes-e a GM burgonya?

A kísérletek arra irányultak, hogy feltárják, milyen hatással van a hóvirág lectin génjét tartalmazó transzgénikus burgonya fogyasztása a patkányok anyagcseréjére és létfontosságú szerveik fejlődésére. Az etetés egy rövid távú (10 napos) és egy hosszú távú (110 napos) szakaszban történt. A kísérletek szerkezete menet közben változott, és ez megnehezítette a természetes és a genetikailag módosított burgonya fogyasztása során jelentkező különbségek értelmezését, mint ahogy az is, hogy *természetes körülmények között* a patkányok a legritkább esetben esznek nyers, vagy akár főtt burgonyát. A nem megfelelő módon megtervezett kísérlet további akadályokat gördített a tudományos értékelés útjába: mivel a GM burgonya 20%-kal kevesebb fehérjét tartalmaz, mint a természetes, a hosszú távon GM kosztot tartott állatok éhezésének elkerülése érdekében étrendjüket ki kellett egészíteni. Így elképzelhető az is, hogy a nem megfelelő fehérjepótlás okozta az észlelt különbségeket.

A kísérlet elemzői szerint a GM burgonya fogyasztása szignifikáns változásokat okozott a patkányok immunrendszerében. A szervezet immunreakciója kiváltható laboratóriumi körülmények között. Az antigén-reaktív fehérvérsejtek osztódó limfoblasztta alakulnak specifikus antigén hatására. Ezt jelenti az immunrendszer tesztelése. A Rowett Intézet által közölt adatok, hogy a beépített gén más immunreakciót okozott, mint a nem módosított burgonya és a lectin együttes hatása, egyszerűen nem helytállóak. Nem megfelelő statisztikai eljárást alkalmaztak az adatok értékelésére, és a megfelelő statisztika alkalmazásakor az előzőleg kiszámított különbség eltűnt.

A felülvizsgálatot végző munkacsoport javaslatot tett a jövőbeli kísérletekre is. Ahhoz, hogy pontosan tisztázni lehessen a helyzetet, a kísérletet finomítani kell. Ez azt jelenti, hogy több különböző nem módosított és többféle GM burgonya fajta vizsgálatát javasolták, összehasonlítható érzékenység és megfelelő korú állatok etetése során, teljes és ellenőrzött kiegészítő táplálás mellett, továbbá a megfelelő statisztikai értékelő eljárás alkalmazását. A közvélemény pontos tájékoztatása érdekében a munkacsoport azt javasolta, hogy jövőben a GM élelmiszer biztonsági vizsgálatának eredményeit csak azt követően tegyék közzé, ha a kísérletek felülvizsgálata is lezajlott.

A folytatás

1999. októberében Pusztai Árpád újabb cikket tett közzé a *The Lancet* brit tudományos folyóiratban. A korábbi kísérletek egy részében, a rövid távú etetés során tapasztaltakat értékelte át. A felülvizsgáló munkacsoport javaslatai ellenére ugyanazokat az adatokat vette alapul, mint korábban, és munkatársával, *Stanley Ewen* belpatológussal közösen arra a következtetésre jutott, hogy a GM burgonya „konstruálása” során a beültetésre kerülő géncsomag, amelyben a beültetett lectin génen kívül karfiol mozaikvírus promóter gén is megtalálható, károsította a patkányok vékonybélének bolyhozatát. Szerintük maga a génátviteli technika okozza a gondot.

Több független szakértő úgy látja, hogy csak akkor vonható le efféle következtetés, ha a kísérletet megismételik a lectin gén nélküli géncsomag bevitelével. Vannak sokkal ésszerűbb magyarázatok a bélrendszer változásaira. Ezek közül a legkézenfekvőbb az, hogy valamennyi GM burgonyán táplált patkányok alultáplált volt, és ez, a manchesteri *Christhi* kórház bél-toxikológusa, *Chris Potter* szerint, a tapasztaltakhoz hasonló károsodásokat idéz elő a bélrendszerben.

Pusztai új közleménye nem tartalmaz olyan eredményeket, amelyek a patkányok szerveinek akadályoztatott növekedését írják le, vagy az immunrendszer károsodását

igazololó bizonyítékokat. Ez meglepő, hiszen februárban tartott londoni sajtókonferenciája óta — ahol bejelentette, hogy következő cikkében részletesen közli az adatokat — a közvélemény kitüntetett figyelemmel várta ezeket a bizonyítékokat.

Virág Katalin

Bizonyítás és esztétikum

New Scientist, 1999. június 26.

Régebben a matematikai bizonyítások rövidek és szellemesek voltak, manapság egyre inkább a Háború és békére kezdenek hasonlítani, vagy ami rosszabb, egy telefonkönyvre. Elveszt-e az elegáns matematikai bizonyítás művészete? — kérdezi, joggal, Ian Stewart.

Az ókori görögöknek elég volt egy pár soros meggyőző, ügyes érvelés egy-egy matematikai állítás igazolására. *Eukleidész* hírnevét is ez alapozta meg. Senki soha nem kérdőjelezte meg, miért is kellene ilyen bizonyítások. Zseniális matematikusunk, *Erdős Pál* is hasonlóképpen vélekedett. Eljátszott a gondolattal, hogy a mennyben Istennek van egy könyve a legszebb bizonyításokból. Ha aztán egy bizonyítás valóban tetszett Pali bácsinak, akkor kijelentette, hogy az biztosan a *Könyvből* van. Szerinte a matematikus munkája abból áll, hogy Isten vállalja fölött bekukucskáljon a *Könyvbe* és továbbadja a többieknek az isteni alkotás szépségét.

Az utóbbi évek legjelentősebb bizonyításai között valóban nem egy hosszú és bonyolult található. Gondoljunk csak a nagy Fermat-tételre, amit 1996-ban bizonyított be a princetoni *Andrew Wiles*. A probléma megoldására — ahogy arról többek között a Magyar Tudomány 1998/845—846. lapján is olvashattunk — Wilesnek hatalmas matematikai apparátust kellett mozgósítania. Bizonyítása gazdag és gyönyörű, de nem novella, mint a *Könyv*beliek, inkább Háború és béke

hosszúságú regény. Wiles több mint száz oldalas bizonyítása határozottan hosszabb annál, hogy egy könyv margóján elférjen, ahogy Fermat három évszázados üzenetében állította. Megérte-e az erőfeszítés? De még mennyire! A tétel bizonyításához Wiles által használt eszköztár segítségével teljesen új területeket tártak fel a számelméletben. Mindenki egyetért vele, hogy a történet, amit el kellett mondania, jó hosszú és csak a terület szakértői érthetik meg részleteit. De ezt felpanaszolni nincs túl sok értelme! Olyan lenne, mintha Tolsztojnál azon szomorkodnánk, hogy könyvének eredetiben történő olvasásához oroszul kellene érteni.

Az utóbbi harminc évben tűnt fel egy harmadik fajta bizonyítás, amelyhez a számítógép segítségét vesszük igénybe. A számítógép precízen elvégzi a munkát, de ebben nincs különösebb gyönyörűség. Az előkészület során még felbukkanak a szellemes ötletek, de ezek általában csak arra szolgálnak, hogy az eredeti problémát leegyszerűsítsék a számítógépen végrehajtható — többnyire nagy mennyiségű — számolásra. Aztán a géppel végrehajtják a számolásokat, és ha a gép szerint a válasz „igen”, akkor az állítást bebizonyították.

Az egyik legkorábbi számítógépes bizonyítást egy *diszkrét* probléma — a négy színsejtés — bizonyítására használták. Hírneve ellenére a négy színsejtés nem tartozik a matematika fő sodrába, legalábbis most nem látszik, hogy megoldása új területeket nyitott volna meg. Másfél évszázaddal ezelőtt *Francis Guthrie*, angol matematikus a következő egyszerűnek látszó kérdést vetette fel: „kiszínezhető-e a síkra rajzolt bármely térkép négy (vagy kevesebb) színnel úgy, hogy a közös határvonalal rendelkező tartományok ne legyenek azonos színűek?” Annak ellenére, hogy megoldásával sokan próbálkoztak, a probléma egészen 1976-ig megoldatlan maradt. Ekkor két matematikus, *Kenneth Appel* és *Wolfgang Haken* megtalálta az egyáltalán nem szokványos megoldást. A bizonyítás azon múlik, hogy mintegy kétezer speciális térkép egy adott módon viselkedik. Appel és Haken először próbálgatással és számolgatással

összeállítottak egy (kétezres) listát az országok lehetséges (különböző) elrendezéseiből egy térképen. Aztán számítógéppel „bebizonyították”, hogy a listájuk tartalmazza az összes lehetséges előfordulást. Ennek ellenőrzése egy gyors számítógépen több ezer órát tartott (manapság valószínűleg egy óra elég). A következő lépésben megmutatták, hogy a listájukban szereplő bármelyik elrendezés „redukálható”. Ez alatt azt értették, hogy bármelyik konfiguráció egy része összezsugorítható mondjuk egy ponttá, és így egyszerűbb térképpel lehet tovább dolgozni. Persze ez a zsugorítás olyan lehet csak, hogy biztossítsa: ha az egyszerűbb térképet négyszínnel kiszínezhetjük, akkor az eredeti is kiszínezhető vele. Most már egy ismert matematikai trükk: az indirekt bizonyítási módszer következik. Tegyük fel, hogy a négyszíntétel hamis, azaz vannak olyan térképek, amelyek kiszínezéséhez kell egy ötödik szín. Vegyük a legegyszerűbb lehetséges térképet — az ún. minimális kriminált (bűnözőt) —, amelyet öt vagy több színnel tudunk csak kiszínezni. Az összes többi térképhez hasonlóan ennek is tartalmaznia kell a kétezzer redukálható elrendezés egyikét. Zsugorítsuk össze ezt a konfigurációt, ekkor a „minimális kriminál”-nál egyszerűbb térképet kapunk, amelynek ezért engedelmeskednie kell a törvénynek, azaz négy színnel kiszínezhetőnek kell lennie. Az ellentmondás egyetlen lehetséges feloldása, ha nem létezik a minimális kriminál. Az eljárás valójában bonyolultabb az egyszerű zsugorításnál, de ez a gondolatmenet lényegén nem változtat.

Felmerül a kérdés, mennyire tekinthető bizonyításnak egy olyan okoskodás, amely óriási mennyiségű, ember által ellenőrizhetetlen számoláson alapul. A matematikusok azonban elfogadják, hogy a négyszíntétel bizonyítása helyes. Ennek az az oka, hogy Appel és Haken bizonyítási stratégiája logikailag értelmes, a részletek összeillenek, senki sem talált benne lényeges hibát és a két tudós hitelt érdemlő. Egyébként is kézzel számolták ki a lehetséges térkép-elrendezések halmazát. Ugyanakkor egy gép sokkal kisebb valószínűséggel téved, mint egy ember.

Egy másik — számítógép segítségét igénylő — bizonyítás, amely ma is izgalomban tartja a matematikusokat, egy *folytonos* probléma — az 1611-ben megfogalmazott ún. *Kepler-sejtés* — igazolása. Képzeljük el, hogy egy narancsokkal megpakolt teherautó rakodófelületéről óvatosan egy kupacba gurítjuk le a gyümölcsöket. Tekintsük a narancsokat egységnyi sugarú gömböknek, kérdés, hogy azok középpontjai milyen struktúrát alkotnak. Kiderült, hogy a narancsok természetes módon úgy helyezkednek el, hogy középpontjaik egy ún. lapcentrált kockarácsban vannak, azaz a tér 22 egységnyi kockájában a gömbközpontok a kocka nyolc csúcspontjában, illetve a hat kockalap centrumában találhatóak. Kepler sejtése, hogy a lapcentrált kockarácsnál nincs sűrűbb elhelyezés a térben. Azt már Gauss bebizonyította, hogy nincs jobb *rácsszerű* elhelyezés, mint a Kepler-féle lapcentrált. Az eddigi bizonyítatlan dolog az, hogy *bármilyen* más (nem *rácsszerű*) elhelyezés nem jobb ennél. *Fejes Tóth László* 1947-ben a síkbeli legsűrűbb elhelyezésre talált ki módszert és annak bizonyítását. Ő adott meg a térbeli probléma megoldására is egy stratégiát, amelyet a bizonyítással próbálkozóak mind felhasználnak. Négy-öt évvel ezelőtt egy neves kínai matematikus kísérlete meg a bizonyítást, de az hibás volt. 1998-ban *Thomas Hales* amerikai kutató bejelentette, hogy számítógép segítségét igénylő bizonyítást talált, amelyhez több száz oldalas okfejtés után jut el. Halesnek formálisan sikerült leírnia, hogy mit jelent a *bármilyen* más elhelyezés. Először a honlapjára tette fel közleményét, majd az egyik legjelentősebb matematikai folyóirathoz az *Annals of Mathematics*-hoz nyújtotta be publikálásra. Bizonyításának ellenőrzése még tart. Egy *J.C. Lagarias* nevű híres matematikus például ötven oldalas munkában tárgyalja, hogyan látja Hales bizonyítását. Egy csoport magyar matematikus pedig azóta rendszeresen összegyűlik a Matematikai Kutatóintézetben és Hales bizonyításának ellenőrzésén dolgoznak, megosztva egymás között a feladatokat. Talán a bizonyítás egyik legnehezebben elfogadható pontja.

hogy mintegy ötezer lineáris programozási modellt kell nagy pontossággal kell megoldani a számítógépen. Eddig ezt senkinek sem sikerült reprodukálnia. A Hales által szolgáltatott négy gigabájtnyi információ alapján még a modellek paramétereit sem tudják generalálni, és még csak ezután következne a megoldás nagypontosságú kiszámítása.*

E részleteket többek között azért tártuk fel az olvasóknak, hogy érzékeljék, milyen problémák merülhetnek fel az új bizonyítási módszerre, ahol a számítógép segítségét is igénybe veszik. Míg a Háború és béke-hosszúságú bizonyítások — amilyen például Wiles nagy Fermat-tétel bizonyítása — ötletekkel teli, új eredmények inspirálói, addig néhányan azt állítják, hogy számítógép segítségét igénylő bizonyítások inkább a telefonkönyvre emlékeztetnek. Mint láttuk, a számítógép használatát is olyan elméleti munka előzi meg, amelyből szintén briliáns ötletek meríthetőek. A hosszú bizonyítások esetében még abban is bízhatunk, hogy idővel találnak majd esetleg rövidet. A matematika fejlődésében komoly szerepet játszhat egy-egy terjedelmes bizonyításban felmerült ötlet: teljesen új területeket indíthat el, vagy reményt adhat addig megoldatlan problémák megoldásának megtalálására.

Ne keseredjenek el, még mindig léteznek rövid, szellemes bizonyítások is — novellák — még nem olvastuk ki a *Könyvet!* Például *J. Milnor* amerikai matematikus megoldott egy 1960-ban először említett problémát: hallhatjuk-e egy dob alakját azaz megkonstruálható-e a tárgy a rezgése mintázata után. 1992-ben Milnor bebizonyította, hogy a válasz, legalábbis magasabb dimenziókban, nem. Talált két 16-dimenziós tóruszt, amelynek azonos lesz a rezgési mintázata. Bizonyítása egy rövid folyóiratoldal!

Strehó Mária

* A Hales-féle bizonyítás a recenzens saját „nyomozó-munkájának” eredménye. Stewart csak megemlíti a cikkében — *A szerk.*

A világvég kezdete

Az I. világháborúnak nemcsak tíz millió harctéri sebesültje volt, hanem egész birodalmak is összeroppantak a következtében. Megszűnt a német, az osztrák-magyar, az orosz és a török birodalom; az I. világháborúnak köszönhetjük a másodikat is, és talán nélküle a század más szörnyüsei is elkerülhetők lettek volna. Nem csoda hát, hogy a történeteszek évtizedek óta kutatják a tanulságait, és főként kitörésének okait. *Niall Ferguson*, a fiatal oxfordi történész — egy sikeres gazdaságtörténeti munkája és a Rothschild-házról írott könyve után — most *A szálnalmas háború* (*The Pity of War*) című új könyvével lépett be az I. világháborúról folytatott viták arénájába. *Ferguson* könyvéről az amerikai *Commentary* 1999. októberi száma *Donald Kagan* tollából közölt terjedelmes kritikát. *Kagan* a Yale Egyetem történész professzora.

Fergusont mindenekelőtt az a két, egymással összefüggő probléma izgatja — írja recenziójában *Donald Kagan* —, hogy milyen okok vezettek az I. világháború kitöréséhez, és hogy miként lehetett volna elkerülni. A kettős főprobléma tárgyalása előtt arról is értekezik, hogy miért húzódtott el oly sokáig ez a háború, és milyen körülmények vetettek véget neki. *Kagan* nagyjából egyetért *Ferguson* főbb idevágó állításaival — noha számos rész kérdésben más véleményre helyezkedik —, a háború kezdetének értékelésében azonban merőben másként vélekedik, mint a monográfia brit szerzője. A következőképpen támasztja alá kritikai észrevételeit:

A versailles-i egyezmény aláírásától számított néhány éven belül, amely a háborúért és az általa okozott károkért a teljes felelősséget a központi (tengely) hatalmakra hárította, Németország új Weimari köztársasága jól szervezett és leplezetlen munkába kezdett Versailles teljes diszkreditálása érdekében. Külügyminisztériumában egész részleg alakult, Kriegsschulreferat néven, azzal a céllal, hogy megcáfolja Németország felelősségére vonhatóságát a háborúért.

A kampány megértő fülekre talált mind Angliában, mind az Egyesült Államokban, ahol a liberálisok keserűen felpanaszolták, hogy az egyezmény elárulta a háborús idők nyugati vezetőinek idealista céljait és elveit. Mások, különösen Nagy-Britanniában, még messzebb mentek. Azok szerint, akik eleve el-leneztek a hadba lépést, a konfliktus valódi okait és az általa okozott szörnyű pusztítást a nyugati imperializmusban és militarizmusban, a nyugati szövetséges rendszerben, a titkos diplomáciában, valamint a lőszergyártók („a halál kufárai”) és a bankárok kapzsiságában kell keresni.

E nézeteket átvették a két háború közötti időszak revizionista történései. Írásaik erőteljesen hatottak az értelmiség véleményére és megerősítették Nagy-Britanniában a megbékélés felé, az Egyesült Államokban az izolacionizmus irányába mutató tendenciákat. A hatvanas években Fritz Fischer német tudós és követői munkája megjelenté- séig (akik Luigi Albertini olasz történész két évtizeddel azelőtti munkájára építettek) nem is kezdték ki és győzték le végül ezeket a revizionista értelmezéseket.

Ma abban van közmegegyezés, hogy a háború mélyebb okait Németországnak az európai kontinens domináns hatalmává, és Angliával egyenlő vagy nála nagyobb világ-hatalommá válása iránti ambíciójában kell keresni. Innen ered a németek döntése, hogy olyan erős hadiflottát kell építeni, hogy az minimum félreállítsa a briteket, ameddig a nemzetközi erőviszonyokban ez az óriási változás lezajlik. Ehelyett persze a megriadt britek költséges (és kelletlen) tengeri versengésbe kezdtek, hogy tengeri fölényüket megőrizzék, és felhagytak kedvenc „splendid isolation”-ként ismert magatartásukkal, szövetséget kovácsoltak Japánnal és egy harmas antantot Franciaországgal és Oroszországgal. Az új nemzetközi konfiguráció miatt viszont a németek attól féltek, hogy féltékeny és ellenséges erők „kerítik be” őket, és ezzel új fegyverkezési verseny kezdődött, ami végül elvezetett az 1914. júliusi végső krízishez.

Ferguson nagyon jól ismeri a legújabb történetírási fejleményeket. A legtöbb mai

történéssel együtt visszautasítja a Németország ártatlansága melletti, vagy az 1914-es háború kitöréséért való legalábbis közös felelősségét hangoztató érveket. De a közmegegyezéstől eltér, amikor arról beszél, hogy a németek miért tettek úgy, ahogy tettek 1914-ben. „Az 1914-es európai háború megkockáztatására vonatkozó német döntés nem hübriszen alapult — írja —, nem volt versengés világhatalomért. Inkább arról van szó, hogy a német vezetőket a gyengeség érzése motiválta.” Röviden, Ferguson azt hiszi, hogy a németek preventív háborút indítottak, főleg attól való féltükben, hogy Oroszország néhány év múlva megtámadhatja őket.

Am ahogy D.C.B. Lieven, a birodalmi Oroszország egyik vezető kutatója fogalmaz: Oroszország azokban az években „területileg jóllakott hatalom” volt, és az orosz kormány komoly belső bajokkal küszködött, amelyek háború esetén katasztrófával fenyegettek volna. Emellett, ha Oroszország meg akarta volna támadni Németországot, a kiegyensúlyozott erőviszonyok önszabályozó mechanizmusa éppen ellene fordult volna. A Németország elleni orosz agresszió, ha lett volna ilyen, lerombolta volna a harmas antantot, amely nélkül az oroszoknak nem lett volna reményük egy ilyen háború megnyerésére.

Mind ezt a németek nagyon is jól tudták. Az ő felelmük, amely kétségtelenül létezett, más forrásból táplálkozott: arra láttak esélyt, hogy egy erősebb Oroszország jön létre erőinek Franciaországgal és valószínűleg Angliával való egyesítésével egy Németország által kiprovokált háborúban. A német elszántságot, már hogy erőnek erejével lépneek előbbre a világban, és hogy erővel fenyegetnek — a Ferguson által elvetett hübriszt — a legtöbb történész nagyon komolyan veszi. Tengernyi bizonyíték támasztja ezt alá, nemcsak a német cselekedetekben, hanem a hatalmon lévő és onnan kikerült német politikai és katonai vezetők, üzletemberek, gyárosok, bankárok és publicisták számtalan megnyilatkozásában, de más országok előrelátó megfigyelőinek nyilatkozataiban is.

Íme, a tapasztalt és ravasz berlini osztrák—magyar követ szavai: „A vezető német államférfiak, és mindenekfölött Vilmos császár a távoli jövőbe pillantottak, és azon igyekeznek, hogy Németország máris gyorsan növekvő világhatalmi helyzetét uralkodóvá tegyék, és ezzel arra számítanak, hogy ebben a tekintetben Anglia valódi örökösei lesznek. Németország máris sebesen és elszántan készülődik a saját maga által kitalált jövőbeli küldetésére. Ebben az összefüggésben hadd engedjem meg magamnak, hogy utaljak a német tengeri haderő növelésével való állandó foglalkozásra.”

Ferguson szerint: az egyetlen valódi kérdés a sokkal szerényebb: vajon a német hatalom által dominált Közép-Európa olyan rossz lett volna? Tegyük fel, hogy Németország „első csapása” 1914-ben nem talált volna ellenállásra, és valóban sikerült volna „német hegemoniát létrehozni Európában”. Az eredmény németek által dominált európai vámunió lett volna, írja Ferguson, ami nem sokkal különbözött volna attól, mint ami most van békésen kialakulóban Európában. Németország európai hatalma nem volt olyan jellegű, amellyel a britek a tengeri birodalmukkal ne tudtak volna együtt élni. Ám 1914. júliusában a krízis csúcspontján (amikor a németek kétségbeesve próbálták a briteket semlegesként megtartani) Nagy-Britannia mégis beugrott a háborúba.

A könyv „Mi lenne ha?” című zárófejezetében Ferguson kifejti, milyen áldásai lettek volna annak, ha Britannia kitért volna — még ha csak hetekre is — a háborúzás elől. Nemcsak a szárazföldi Európa fejlődött volna valami a mai ismereteink szerinti Európai Uniótól nem sokban eltérő alakzattá, hanem Nagy-Britannia sem szenvedte volna el külföldi hatalmának nagyfokú összezsugorodását. Talán Oroszország polgárháborús borzalmai és a bolsevizmusba való zuhanását is el lehetett volna kerülni. Nem lett volna Hitler, Lenin, sem Holocaust, sem Gulag.

Nem csoda tehát, hogy Ferguson Nagy-Britannia döntését, hogy ellenáll 1914-ben, nem tekinti másnak, mint „a modern történelem legnagyobb hibájának.”

Csak az a baj, hogy ennek az értelmének az elfogadásához az kell, hogy mindent figyelmen kívül hagyjunk, amit ezzel ellentétes értelműnek ismerünk, az pedig termérek. Fritz Fischer és mások aprólékosan dokumentálták, és ez megőrkítésre is került Theobald von Bethmann-Hollweg német szenátornak a háború megkezdése után egy hónappal, 1914. augusztusában kidolgozott szeptemberi programjában.

Németország célja az volt, hogy meghódítsa és uralma alá vonja az egész kontinentális Európát a La Manche csatornától Ukrajnáig, hogy kihasználja gazdasági erőforrásait és azokat egy világhatalom alapjaként felhasználja.

A szeptemberi program részletes tervei szerint például Franciaországot annyira le kell gyengíteni, hogy többé ne lehessen belőle nagyhatalom. Oroszországot a német határtól minél messzebbre kell visszaszorítani, és hatalmát a nem orosz népek felett meg kell törni. Preferenciális kereskedelmi szerződés révén Franciaországból exportpiac válna, és a franciáknak olyan kártérítést kellene fizetniük, ami lehetetlenné tenné, hogy fegyvereket gyártsanak legalább húsz évig. Belgium elveszteni Liège-t, Verviers-t és valószínűleg Antwerpent is, továbbá vazallus állammá válna. Hollandia látszólag független, „de gyakorlatilag a mi alárendeltünk” lenne. Luxemburg közvetlen a német birodalom részévé válna. Ezeket a területi rendelkezésektől független, de seppet sem kevésbé fontos az a cél, hogy „kölcsonös vámegegyezményeket” hozzanak létre, amely garantálná Európa német gazdasági dominanciáját.

Keletre vonatkozóan ilyen részletességgel nem készültek tervek, de a Bethmann-Hollweg és mások által dédelgetett gondolatok természetesen vezettek az Oroszország új bolsevik kormányára kényszerített megállapodásra, az 1918-ban kötött Breszt-Litovszki békeszerződésre. Ez megfosztotta Oroszországot Lengyelországtól, Finnországtól és a balti államoktól, Ukrajnától és a Kaukázus egy részétől.

Vajon megváltoztatták volna-e ezeket a terveket a németek, hogy megtartsák Nagy-

Britanniának tett ígéreteiket 1914. júliusában? Aligha. És nem szabad elfelejtenünk, hogy Bethmann-Hollweg mérsékeltnak számított a vilmosi Németországban. Ha Nagy-Britanniát a német ígéretet visszatartották volna, akkor a végén ez olyan Európát eredményezett volna, amely sokkal erősebb és veszélyesebb lett volna, mint II. Fülöp Spanyolországa, vagy XIV. Lajos vagy akár Napóleon Franciaországa.

Ezé a hatalomé lett volna a világ leg-erősebb hadserege, elképzelhetetlenül gazdag gazdasági erőforrásokkal rendelkezett volna, amelyekkel kiépíthette volna máris remek haditengerészetét, továbbá olyan tartalékos állománya is lett volna, amelyhez hasonló állítására a briteknek még reményük se lehetett. Az új Németországnak nemcsak arra lett volna kapacitása, hogy a brit kereskedelmet kiszorítsa a kontinensről, és ezzel félelmetes kárt okozzon a brit gazdaságnak, még meg is szállhatta és le is igázhatta volna a brit szigeteket, ha erre szüksége lett volna. Egy ilyen eshetőséget megkockáztató brit vezető a józan ész határán túl vállalt volna kockázatot.

Niall Ferguson „ténytelenített” történelem iránti vonzódása, amelyet a könyv záró fejezetében ilyen meglepő, még ha félrevezető érvelés is példáz, könyve egyik igazán felfrissítő tulajdonsága. Egy tucat évvel ezelőtt a *The Fall of the Athenian Empire*-ban megvédtem saját gyakorlatomat, miszerint összehasonlítom azt, ami történt, azzal ami történhetett volna, ha az egyének vagy a népek másképpen cselekednek. Nincs mód arra, állítottam akkor, hogy a történész egy cselekedetet vagy politikát okosnak vagy botornak ítéljen meg anélkül, hogy nem mondja ki vagy ne jelezné, hogy az egyik jobb vagy rosszabb volt, mint az egyéb cselekvési lépés, ami végül is így a „ténytelenített történelem”. Még ma is vallom ezeket a nézeteket, de elismerem, hogy e gyakorlatnak igazi veszélyei vannak.

Az egyik veszély az, hogy a ténylegesen követett út ismert, annak minden rondaságával, továbbá negatív következményeire is fény derül. Eközben a nem választott utat úgy képzeljük el, mintha a siker valószí-

nütlen tökéletességével rendelkezne, továbbá nem gondolunk kellemetlen következményeire, és ez még akkor is előfordulhat, amikor az elemzés jól megalapozott. Amikor nem az, akkor csak megnő annak a kockázata, hogy a ténytelenített hipotézisek csúnyán kisiklanak. Ferguson spekulációi mind a két szempontból léket kaptak.

Ha a németek, mondja, napóleoni háborút folytattak volna Európa meghódításáért, és nem terveztek volna semmit Nagy-Britannia ellen, akkor azt kérdezi az ember, miért indították el azt a nagy haditengerészeti versenyt, amely egészen a háború bekezdéséig tartott? Miért fogadták el 1914-ben a Schlifffen tervet egy olyan kétfrontos háborúról, amely először legyőzné Franciaországot, majd megtámadná Oroszországot teljes erővel, ragaszkodva ehhez a tervhez a nyilvánvaló kockázat ellenére, hogy ezzel Nagy-Britanniát is beugrasztják a háborúba? Ferguson nem teszi fel ezeket a kérdéseket, még kevésbé válaszol rájuk, és ezzel az olvasót arra a teljesen elfogadható következtetésre vezeti, hogy a németek vagy hülyék vagy ostobák lehettek. Azt sem kérdezi meg, hogy a brit vezetők a maguk részéről miért ítélték meg tévesen Németországot (ő szerint) mérsékelt szándékait? Ők is biztosan hülyék vagy ostobák voltak. Csak Ferguson látta a helyzetet világosan, utólag.

De tétélezzük fel, hogy a kortársak jól látták volna a Németország felől fenyegető veszedelmet. Talán a Vilmos császári Németország nem volt közönséges nép, amely igyekszik nemzeti érdekeit fenntartani vagy azokat az érdekeket elviselhető módon továbbvinni? Talán alapvetően kielégítetlen hatalom volt, amely készen állt arra, hogy a status quo-t felrúgva expanzionista célokat kövessen, ha kell, háborúval. Ha ez így van, akkor másfajta ténytelenített spekulációkba kezdhet a történész.

„Mi lett volna”, ha például a britek sokkal egyértelműbben szálltak volna szembe Németország ambíciójával és az általa képviselt fenyegetéssel, mint ahogy azt tették? Mi lett volna, ha csak úgy lehetett volna Németországot visszatartani vagy gyorsan

legyőzni, ha nemcsak Oroszországgal és Franciaországgal kötnek szilárd szövetséget, hanem megteszik azt a nehéz lépést is, hogy bevezetik a sorköteles katonai szolgálatot, amely akkora hadsereget és tartalékos állományt eredményezett volna, hogy a Schlifffen-terv egyértelműen képtelenségnek bizonyult volna. Egy ilyen lépés sokkal valószínűbben elkerülte volna a háborút és annak szörnyű következményeit, mint az abban a reményben történt félreállítás, hogy Németország jól fogja magát viselni. De ehhez is kellett volna anyagi kiadás, áldozat, és mindenképp felett a kényelmetlen valósággal való szembenézés.

A demokratikus kereskedő országok, mint Nagy-Britannia és azután ma az Egyesült Államok, jellemző módon nem akarnak a realitásokkal szembenézni, ameddig csak megtehetik — addig, amíg végül olyan háborúba nem keverednek, amelyet nem sikerült elkerülni, és amelyet nehezen és költségesen tudnak csak megnyerni. Azután, ha fennmaradnak, számíthatnak a revizionista történészekre, akik megmagyarázzák, hogy nem is kellett volna háborúzniuk, ha toleránsabbak és megértőbbek lettek volna.

Kovács Ferenc

Brit értékelés a Tudomány Világkonferenciájáról

OMFB — Nemzetközi Hírlevél, 1999. október

A közelmúltban tette közzé a brit Tudományos és Technológiai Hivatal (Office of Science and Technology — OST) a Budapesten megrendezett Tudomány Világkonferenciájának és az ott jelen levő brit delegáció munkájának értékelését. Eszerint a Világkonferencia nemcsak nagyságát tekintve (1800 résztvevő 155 nemzeti delegációból, 30 kormányközi szervezet, 70 NGO, 80 miniszter, 312 újságíró) volt rendkívüli jelentőségű, hanem azért is, mert *egyrészt* a tudományt — a Bécsben közel húsz éve

rendezett hasonló esemény után — ismét az érdeklődés középpontjába helyezte, másrészt pedig olyan időpontban került sor a mostani Világkonferenciára, amikor a köznap emberek körében egyre többen figyelik aggodalommal a tudomány fejlődésének irányait. Ugyanakkor korunkban a politikai és társadalmi döntéshozók egyre komplexebb, globális következményekkel járó kérdésekben kényszerülnek állásfoglalásra.

Az Egyesült Királyság 11 tagú delegációját *George Foulkes*, a Nemzetközi Fejlesztési Minisztérium államtitkára vezette. Ezen belül képviseltette magát a brit UNESCO-képviselő, a Külügyminisztérium, a Tudomány Fejlesztéséért Küzdő Brit Szövetség, a Parlamenti Tudományos és Technológiai Hivatal és a Royal Society is. A brit kormány tudományos főtanácsadója, *Sir Robert May* tartotta az egyik kulcsfontosságú plenáris előadást. Számos kiváló brit tudós és tudományos újságíró is jelen volt.

A Világkonferenciával kapcsolatos eseményeket *Sir Robert May* egy előzetes cikkében úgy foglalta össze, hogy ne a túlzottan nagyralátó célok kijelölése legyen a cél, hanem inkább a gyakorlati értékű eredmények elérése. Fontosnak tartotta, hogy a Világkonferencia ne újabb feladattal megbízott csoportok kialakításához vezessen, hanem a delegátusként jelen levő felelős kormánytisztviselők és szakemberek ott helyben, a maguk nevében és azonnal vállalják fel a rájuk háruló feladatokat.

George Foulkes beszéde a záró plenáris ülésen hangzott el, és érintette a tudomány jelentőségét a szegénység felszámolásában, a kormányzati prioritások kérdését, a nők igényét a tudományban való jelentékenyebb képviselőre, a tudományos tanácsadás hasznosítását a politikacsínálásban, valamint a tudományról és a tudományos kommunikáció javításáról folyó nyilvános vita fontosságát. Tanúságot tett a brit kormány elkötelezettségéről, hogy a tudományt a szegénység felszámolásának, a szegényebb rétegek egészségi állapota javításának, a környezetvédelmi szempontból fenntartható fejlődésnek, valamint a tudományban dolgozó nők kreativitása ösztönzésének érde-

kében akarja használni. Emellett megerősítette a konferencia során korábban fel-szólt Sir Robert May és a londoni Science Museum igazgatója, *John Durant* professzor gondolatait, akik szerint a tudománynak teljes egészében integrálódnia kell a társadalomba.

A színpalak mögött zajló intenzív dokumentumfoglalmozó munkában igen eredményes volt a brit delegátusok tevékenysége, melynek eredményeként kölcsönösen elfogadható kitételek születtek a nőknek és más hátrányos helyzetű csoportoknak a tudományban betöltött szerepéről, a Szellemi Tulajdon Világszervezet (World Intellectual Property Organisation — WIPO) elsődlegességének elismeréséről a szellemi tulajdonjogokkal kapcsolatos kérdésekben. Bekerültek passzuszok a végleges dokumentumba a tudományos tanácsadásnak a politika-csinálásban való felhasználásáról és a tudományos ismeretek hozzáférüléséről az emberek egészségi állapotának javításához.

Egészében véve, a brit értékelés szerint felbecsülhetetlen a jelentősége annak, hogy különféle helyről jött tudós, tudományszervező és politikus számára nyílt lehetőség új kapcsolatok teremtésére és sok régi kapcsolat újjáélesztésére. Ugyanakkor brit részről kritizálják az UNESCO és ICSU

előkészítő munkájában azt a körülményt, hogy a Világkonferencia két záródokumentuma — melyek tartalmilag természetes módon kölcsönhatásban vannak egymással — első tervezeteinek közreadási időpontjai között négy hónap időkülönbség volt, ami még a véglegesítés folyamatában is számos problémát okozott. Kevés lehetőség nyílt a tervezethez való hozzászólásra, az esetleges módosítások átvezetésére.

Előfordulhat, hogy egyesek megkérdőjelezzik egy ilyen konferencia megrendezésének ésszerűségét vagy költség/haszon „mutatóit”. Azonban vitathatatlan a rendkívül széles skálájú részvétel, a sok világhírű és kiváló tudós találkozása és hogy az előkészítő folyamat zökkenői ellenére a Világkonferencia elérte céljait és kibocsátotta a Deklarációt és az Akciótervet. A felvállalt teendőkkel kell most foglalkozni, még ha nem is reális az az elképzelés, hogy minden résztvevő mindent meg fog valósítani, ami az Akciótervben szerepel. Sokkal inkább stratégiai dokumentumnak kell tekinteni, a Világkonferencia csupán kiindulópont a résztvevők számára ahhoz, hogy miképpen realizálják a tudomány fejlesztése és az együttműködés érdekében hozott szakmai és/vagy politikai intézkedéseiket.

Bálint Vera