

A tudománymetria törvényalkotó „úttörői”

Schubert András¹ ■ Schubert Gábor²

¹Magyar Tudományos Akadémia, Könyvtár és Információs Központ,
Tudománypolitikai és Tudományelemzési Osztály, Budapest

²Stockholmi Egyetem, Könyvtár, Stockholm, Svédország

A tudománymetria három sokat emlegetett és idézett törvénye a Bradford-, a Lotka- és a Zipf-törvény. A szerzők röviden bemutatják a három törvény névadójának tudományos pályáját, és hogy hogyan jutottak el a róluk elnevezett törvények megalkotásáig. Vázolják a törvények és névadók munkásságának utóéletét is. *Orv. Hetil.*, 2016, 157(2), 74–78.

Kulcsszavak: tudománymetria, Bradford-törvény, Lotka-törvény, Zipf-törvény

Lawmaker “pioneers” of scientometrics

The three much cited laws of scientometrics are the laws of Bradford, Lotka and Zipf. The authors briefly review the scientific career of the men behind the names, and that how they discovered the laws named after them. An outline is also given of the scientific aftermath of the laws and of the oeuvre of their eponym.

Keywords: scientometrics, Bradford’s Law, Lotka’s Law, Zipf’s Law

Schubert, A., Schubert, G. [Lawmaker “pioneers” of scientometrics]. *Orv. Hetil.*, 2016, 157(2), 74–78.

(Beérkezett: 2015. augusztus 15.; elfogadva: 2015. szeptember 12.)

Amikor egy kutatási terület intézményesülni kezd, az első lépések egyikeként megteremtjük a saját történelmét, ha úgy tetszik, mítoszát. Olyan „ősöket”, „úttörőket” találunk, akiknek tiszteletre méltó képét (és tudományos tevékenységét) büszkén teheti közzszemlére; a dicső múlt révén megelőlegezve a még dicsőbb jövőt. Talán nem véletlen, hogy ezeket az ikonikus figurákat általában holtek után éri ez a megtiszteltetés, amikor már semmiképpen nincs módjuk tiltakozni ellene.

Amikor a tudománymetria (illetve az akkor még kizárólagos megnevezésével: bibliometria) az 1960-as években elindult ezen az úton, nem cselekedett másként. Megtalálta azokat a koherensnek látszó alapokat, amelyekre egy erősen kvantitatív tudomány építhet: három matematikailag megfogalmazható törvényt: Lotka, Zipf és Bradford törvényeit. Mindmáig a bibliometria és tudománymetria tankönyveiből és összefoglaló értekezéseiből aligha maradhat ki e három törvény ismertetése és értelmezése [1].

Nem foglalkozunk e helyütt sem e törvények érvényességével, sem a tudománymetria kialakulásában és fejlődésében betöltött tényleges szerepükkel. Szeretnénk viszont nagyon röviden, de annál elfogultabban bemutatni a három törvény névadóját. Elfogultan, mert mind a hárman – bár egymástól igen különböző módon – kivételes személyiségek voltak, bizonyos értelemben akár példaképeink közé is sorolhatjuk őket.

Ezenkívül még arra térek ki, hogy munkásságukból (a tudománymetriai törvényeiket is beleértve, de nemcsak arra szorítkozva) mi az, ami időtállóan bizonyult.

Hárman közül elsőként, 1878-ban, *Samuel C. Bradford* született (1. ábra). Formális könyvtárosi képzésben sohasem részesült (esti tagozaton, vegyészként szerezte PhD-jét Londonban), de 21 éves korától kezdve 1937-es nyugdíjazásáig a Londoni Tudományos Múzeum könyvtárosaként dolgozott. Az Egyetemes Tizedes Osztályozás angliai bevezetésének élharcosa volt; hazai és nemzetközi könyvtárosi társaságok megalapítója és veze-



1. ábra | Samuel Clement Bradford (1878–1948, London)

tője. Már mindig elegáns öltözködése, megjelenése is tiszteletet parancsolt. Gomblyukából sohasem hiányzott egy szál rózsza (sajnos, a róla talált egyetlen fényképen igen).

1934-ben jelent meg a később róla elnevezett törvény első változatát tartalmazó cikk [2] egy kevésbé hozzáférhető helyen, az *Engineering* című folyóiratban. A cikket 1985-ben a *Journal of Information Science* tette a későbbi korok olvasói számára is elérhetővé [3].

Bradfordot az érdekelte, hogy hogyan oszlanak meg egy indexelő szolgálat által feldolgozott tételek a források (folyóiratok) között. Azt találta, hogy ha a forrásokat a feldolgozott tételek száma szerint sorba rendezzük, akkor a legtöbb tételt tartalmazó, a középső és a legkevesebb tételt tartalmazó harmad elemeinek száma $1:n:n^2$ arányban áll egymással, ahol n egy jellemző állandó (Bradford-állandó). Az összefüggést Bradford gyakorlati célra szánta, semmiféle magyarázatát nem adta, és azóta sem találták.

Nyugdíjba vonulása utáni éveit Bradford kedvteléseinek – a rózsák nevelésének és a tudománynak – szentelte. Ekkor írta két könyvét [4, 5]; az előbbit a botanika, utóbbit az információtudomány gyűjteményei tartják számon. Nem álljuk meg, hogy közzé ne tegyük a rózsákkal foglalkozó könyv hangulatos címlapját (2. ábra).

Bradford neve már halála évében eponimizálódott: a „Bradford-törvény” kifejezés valószínűleg Vickery 1948-as cikkében [6] fordult elő először. A törvény látszólagos talajtalanossága és elméleti megalapozatlansága ellenére gyakorlati ökölszabályként jól működik, valamint nagyszámú elméleti és empirikus kutatást generált. 1945 óta a Web of Science Core Collection körülbelül 100 olyan publikációt tart nyilván, amelynek címében vagy kulcs-



2. ábra | Bradford rózsákkal foglalkozó könyvének címlapja

szavai között szerepel a Bradford-törvény, és több mint 600 cikkben idézték Bradford eredeti munkáit.

Alfred J. Lotka (3. ábra) 1880-ban született Lvovban (ma Lviv, Ukrajna), amely akkor Lemberg néven az Osztrák–Magyar Monarchiához tartozott. Magyar kapcsolatot azonban ne keressünk, mert Lotka amerikai állampolgárként született, szülei az Egyesült Államokat képviselve tartózkodtak akkor éppen ott. Tanulmányait Párizsban kezdte, Birminghamben folytatta, majd Lipcsében tanult kémiát. (Itt ismerkedett meg az ostwaldi termodinamikával és energetikával.) 1902-ben tértek vissza az Egyesült Államokba, ahol a Cornell Egyetemen hallgatott és oktatott fizikát. Ezután újból Birminghambe ment, ott szerezte meg PhD-fokozatát is 1912-ben. A háborús évek alatt New Yorkban a General Chemical Companynál dolgozott vegyészként. Egy ideig a biológia iránti érdeklődését helyezte előtérbe, 2 évig a Johns Hopkins Egyetem humánbiológiai csoportjában dolgozott az ellentmondásos megítélésű populációgenetikus, biogerontológus és világfi Raymond Pearl mellett. 1924-ben lépett a Metropolitan Életbiztosítási Vállalat (Metropolitan Life Insurance Company) alkalmazásába, ahol 1948-as nyugalmazásáig a statisztikai osztály felügyelője, majd vezető statisztikusa volt. Emellett a feltehetően nyugalmas állás mellett írta több területen is maradandó tudományos munkáit.

A nevéhez fűződő jelentős eredmények közül az első még egyetemi éveiből származik. 1910-ben megjelent cikkében [7] a periodikus kémiai reakciók egy lehetséges modelljét vázolta fel. A gondolatot biológiai rendszerekre egy évtizeddel később, már Pearllel való kapcsolata idején fejlesztette tovább [8]. Bár az olasz Vito Volterra csak ezt követően publikálta hasonló eredményeit, az



3. ábra | Alfred James Lotka (1880, Lvov – 1949, New York)

utókor Lotka–Volterra- (vagy éppenséggel Volterra–Lotka-) modellként tartja számon mindmáig. A modell leírására szolgáló nemlineáris differenciálegyenletek tanulmányozására szolgáló matematikai eszközök megalkotása és kémiai-biológiai oszcillációk jelentőségének felismerése nyomán az 1960-as, 1970-es években óriási érdeklődés támadt a modell iránt. 1945 óta a Web of Science Core Collection-ben több mint 3000 cikk címében vagy kulcsszavai között szerepel a Lotka–Volterra-modell, és Lotka 1910-es és 1920-as cikkeit körülbelül 300 cikkben idézték. A modell matematikai érdekessége és jelentősége vitathatatlan, de meg kell jegyezni, hogy mindmáig egyetlen olyan természeti jelenséget sem sikerült találni, amelyet a modell adekvát módon leírna.

Lotka élete egyik fő műve, de mindenképpen matematikai, fizikai, kémiai, biológiai és populációelméleti gondolatainak szintézise az 1925-ben megjelent *Elements of Physical Biology* [9]. A könyv iránti érdeklődés nem hogy töretlen, de a 2010-es évekre az addig évtizedekig stabil évi 30–40-es idézetszám 100 fölé emelkedett. Ez a könyv második reneszánszát jelentheti. Az első az 1940-es, 1950-es évekre esett, amikor *Nicolas Rashevsky* a matematikai biológia intézményesítésén fáradozott. Rashevsky nagy becsben tartotta Lotka munkáját, sokat tett népszerűsítéséért, és nagy szerepe volt a könyv 1956-os reprint kiadásában is. Az e cikk bevezetésében említett „mítoszteremtés” jegyében azonban az új kiadás új címet is kapott: *Elements of Mathematical Biology*.

Egyéb tudományos munkásságának ismeretében az őt a tudománymetria úttörőjének minősítő cikke afféle ujjgyakorlatnak tűnik, a vérbeli statisztikusi szemléletmód melléktermékének. Az 1926-ban megjelent cikkben [10] a *Chemical Abstracts* és az *Auerbach's Geschichtstafeln der Physik* kötetének (amelyeket egyéb tudományos kutatásai során nyilván rendszeresen használt) név-

mutatóiból választott egy-egy mintát, és azokon vizsgálta meg a szerzői produktivitás gyakoriságeloszlását, vagyis, hogy hány szerző írt 1, 2, 3 stb. cikket. Tapasztalata szerint az x cikket írt szerzők száma x^n -nel arányos, ahol n egy, az eloszlásra jellemző állandó, amelyet jó közelítéssel 2-nek talált. A jelenség magyarázatával a cikk nem foglalkozott. A gondolatnak Lotka munkásságában sem előzménye, sem következménye nem volt, de mások gondolkodását alaposan megmozgatta. 1945 óta a Web of Science Core Collection-ben közel 1000 cikkben idézték az 1926-os munkát. E cikk első szerzője halkán jegyzi meg, hogy első érdemi tudománymetriai tanulmányát [11] a szerzői produktivitás gyakoriságeloszlása témájában írta, természetesen Lotka munkáját is felhasználva.

A populációdinamika, demográfia iránti érdeklődése már korán megmutatkozott. Ebben a témában jelent meg egyik legelső cikke 1907-ben a *Science*-ben [12]. Matematikai gondolataihoz bőséges empirikus anyagot talált a Metropolitan munkatársaként. Számos cikke mellett az 1930-as években ezekből az anyagokból születtek – részben metropolitenbeli kollégája, *Louis I. Dublin* együttműködésével – azok a könyvei [13, 14, 15], amelyek alapján az utókor a matematikai demográfia atyjaként is tiszteli őt. (Lásd például a [15] citátum angol nyelvű kiadásának előszavát!)

Míg Bradford és Lotka a kortársaik által is általánosan tisztelt és elismert kutatók voltak, ez kevésbé mondható el a harmadik törvény alkotójáról.

George K. Zipf (4. ábra) 1902-ben született az illinoisbeli Freeportban német felmenőkkel rendelkező családban. Ennek bizonyára szerepe volt a német nyelv iránti érdeklődésében (bár otthon csak angolul beszéltek), és – sajnálatosan – Hitler eszméi iránti kendőzetlen rajongásában. Ez utóbbi nyilván hozzájárult kortársai vele



4. ábra | George Kingsley Zipf (1902, Freeport, Illinois–1950, Newton, Massachusetts)

szembeni ellenérzéseihez, bár ehhez szakmai tevékenysége is bőséges alapot szolgáltatott. Tanulmányait a Harvard Egyetemen folytatta (rövid berlini és bonni kitérővel), és ott is dolgozott haláláig. Alapterülete a nyelvészet volt, itt megfogalmazott gondolatait kísérlete meg világmagyarázó elméletté általánosítani.

Munkásságának kutatói és követői szerint Zipf vizsgálta elsőként a szógyakoriságok eloszlását. Doktori disszertációjában [16] és első megjelent kötetében [17] valójában Lotka modelljét alkalmazta a nevek helyett tetsszöveges szövegelemekre anélkül, hogy Lotka évekkel korábban megjelent munkáját ismerte vagy legalábbis idézte volna. Következő munkájában [18] az összefüggés már abban a formájában szerepel, amelyet a kor bibliometria Zipf-törvényként tisztel. E szerint egy gyakoriság szerint csökkenő sorba rendezett szóhalmazban a rangsorban x -edik helyen álló szó előfordulási gyakorisága x^{-n} -nel arányos, ahol n egy, az eloszlásra jellemző állandó, amelyet jó közelítéssel 1-nek talált. A Lotka-törvényhez való hasonlóság feltűnő, de a kapcsolat elméleti háttere közel sem nyilvánvaló. A változtatást Zipf saját könyvbeli megjegyzése szerint egy barátja tanácsára hajtottá végre; a titokzatos barát kilétét a tudománytörténetsek azóta is kutatják. Lotka munkájára csak 1949-ben hivatkozik először; valamelyest kárpótolva az abban az évben elhunyt szerzőt azzal, hogy elsőként ő nevezi a reciprok négyzetes összefüggést Lotka-törvénynek.

A kor nyelvészeit többé-kevésbé hidegen hagyták az eloszlás leírásának matematikai finomságai, annál is inkább, mert a munkákat nyelvészeti szempontból szakmailag elfogadhatatlannak minősítették. Első könyvéről [17] a *Language* című folyóirat számára a kor kiemelkedő germanista nyelvésze, *Eduard Prokosch* írt recenziót. Három oldalon keresztül sorolja szakmai ellenvetéseit, majd így zárja: „Az adekvát vélemény kétszavas lenne: ‘égbekiáltóan értéktelen’, minden más csak helypocskolás.” Prokosch csak másodsorban hibáztatja az ifjú és tájékozatlan (mai szóhasználatlalt azt mondhatnánk, fogalmatlan) szerzőt, elsősorban a Harvard University Presst, amely helyt ad egy ilyen förmedvénynek.

Zipfet nem tántorította vissza a szakma értetlensége, szívesen dolgozott általános elméletén, és egy sor – főként pszichológiai folyóiratokban megjelent – cikk után 1949-ben megjelent főműve: „Az emberi viselkedés és a legkisebb erő kifejtés elve” [19]. Ha arra gyanakodnánk, hogy Prokosch ítéletét az is motiválhatta, hogy ő a Yale professzora volt, akkor olvassuk el, mit írt Zipf főművéről az *American Anthropologist* számára harvardbeli kollégája, *Clyde Kluckhohn*.

Az elismert antropológus és etnográfus nem titkolja, hogy nehéz elfogulatlan kritikát írnia Zipfnek a könyvben is hangoztatott ideológiai és politikai nézetei miatt, de megpróbálja. Taszítónak találja a könyv nagyképűen dagályos stílusát, a megalapozatlan általánosításokat, a kortárs társadalomkutatók eredményeinek semmibevételét. Ugyanakkor elismeri az összegyűjtött kvantitatív anyagok pusztán mennyiségének értékét, és a modellalko-

tás kísérletének merészségét. Így zárja: „A könyv érett, rendszerezett elméletként nem meggyőző. Túl sok benne a félig szerkesztett tények és fogalmak meglepetésszerű, átgondolatlan összeboronálása. A végeredmény: érdekesítő tények és ötletek tárháza – termékeny és szuggesztív, egyszersmind örült és céltalan.”

Az utókor megbocsátóbb. Az ideológiai tévelygések elhomályosulnak, a kortársak értetlensége a meg nem értett zseni sajátja. Az örült ötletek értő kezekben meggyőző eredményeket ihlettek. *Herbert Simon*, *Benoit Mandelbrot*, *Barabási László* új értelmet adott Zipf zavaros elgondolásainak. 1945 óta a Web of Science Core Collection szerint több mint 1500 publikáció címében vagy kulcsszavai között szerepelt Zipf neve, és műveit körülbelül 3000 cikkben mintegy 6000 alkalommal idézték. Sokszor talán indokolatlanul, mert például az inverz hatványfüggvény alakú eloszlásoknak ma már szinte kizárólag a Lotka-féle eredeti alakját használják, de nyilván Zipf egyénisége, szuggesztivitása nagyban hozzájárult a gondolat elterjedéséhez.

Van-e bármilyen általános tanulsága a három történetnek? Az, hogy a három különleges és egymástól gyökeresen különböző személyiség hogyan jutott egy lényegében nagyon hasonló tartalmú összefüggéshez? Az, hogy a kémia (Bradford és Lotka alapképzettsége) milyen stabil és mégis rugalmas alapot szolgáltat a multidiszciplináris kalandozásokhoz? (E cikk szerzői óvatosan jegyzik meg, hogy ők is vegyészmérnökök.) Az, hogy a természettudományos képzettséggel nem rendelkező, és bírálói szerint saját nyelvészeti területén is nagyon felszínes ismereteket tanúsító Zipf munkái bizonyultak a leginkább „termékeny és szuggesztív” hatásának a késői utókor számára? Az, hogy egy intézményesülő tudomány (esetünkben a tudománymetria) hogyan helyez egy-egy, esetleg a szerzőik számára is esetleges, mellékes eredményt alaptörvényi státuszba? A választ az olvasóra bízuk. Számunkra a legnagyobb élményt az adta, hogy a cikk írása során végigkövethettük a három kivételes kutató tudományos pályáját, és ezen keresztül a természet- és társadalomtudományok működésének és a tudományos publikációs rendszernek a csodálatos mechanizmusát. Ennek a mechanizmusnak a megismerése és kvantitatív eszközökkel való leírása a tudománymetria alapvető célja, ez az, amiért érdemes azt tanulmányozni és művelni.

Anyagi támogatás: Az első szerző köszöni az FP7-SSH-2013-2 #613202 (IMPACT-EV) projekt támogatását.

Szerzői munkamegosztás: Sch. A.: Alapötlet, irányítás, a cikk megírása. Sch. G.: Adatgyűjtés, adatfeldolgozás, ellenőrzés. A cikk végleges változatát a szerzők elolvasták és jóváhagyták.

Érdekltségek: A szerzőknek nincsenek érdekltségeik.

Irodalom

- [1] *Diodato, V. P., Gellatly, P.*: Dictionary of Bibliometrics. Routledge, 2013.
- [2] *Bradford, S. C.*: Sources of information on specific subjects. Engineering: An Illustrated Weekly Journal, 1934, 137, 85–86.
- [3] *Bradford, S. C.*: Sources of information on specific subjects. J. Inform. Sci., 1985, 10(4), 173–180.
- [4] *Bradford, S. C.*: Documentation. Crosby Lockwood, London, 1948.
- [5] *Bradford, S. C.*: Romance of Roses. F. Muller, London, 1946.
- [6] *Vickery, B. C.*: Bradford's law of scattering. J. Document. 1948, 4(3), 198–203.
- [7] *Lotka, A. J.*: Contribution to the theory of periodic reaction. J. Phys. Chem., 1910, 14(3), 271–274.
- [8] *Lotka, A. J.*: Analytical note on certain rhythmic relations in organic systems. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 1920, 6(7), 410–415.
- [9] *Lotka, A. J.*: Elements of physical biology. Williams & Wilkins, Baltimore, 1925. Reprint edition: Elements of Mathematical Biology. Dover, 1956.
- [10] *Lotka, A. J.*: The frequency distribution of scientific productivity. J. Washington Acad. Sci., 1926, 16(12), 317–324.
- [11] *Schubert, A., Glänzel, W.*: A dynamic look at a class of skew distributions. A model with scientometric applications. Scientometrics, 1984, 6(3) 149–167.
- [12] *Lotka, A. J.*: Relations between birth rates and death rates. Science, New Series, 1907, 26(653), 21–22.
- [13] *Dublin, L. J., Lotka, A. J.*: The money value of a man. Ronald Press, New York, 1930.
- [14] *Dublin, L. I., Lotka, A. J.*: Length of life: A study of the life table. Roland Press, New York, 1936.
- [15] *Lotka, A. J.*: Théorie analytique des associations biologiques. I. Principes. Hermann, Paris, 1934; II. Analyse Démographique avec Application Particulière à l'Espèce Humaine. Hermann, Paris, 1939. English edition: Analytical Theory of Biological Populations. Plenum, New York, 1998.
- [16] *Zipf, G. K.*: Relative frequency as a determinant of phonetic change. Harvard Studies in Classical Philology, 1929, 40, 1–95.
- [17] *Zipf, G. K.*: Selected studies of the principle of relative frequency in language. Harvard University Press, Cambridge, 1932.
- [18] *Zipf, G. K.*: The psycho-biology of language. Houghton Mifflin, Boston, 1935.
- [19] *Zipf, G. K.*: Human behavior and the principle of least effort. Addison-Wesley Press, Cambridge, 1949.

(Schubert András,
e-mail: schuba@iif.hu)

A rendezvények és kongresszusok híryanagának leadása

a lap megjelenése előtt legalább 40 nappal lehetséges, a 6 hetes nyomdai átfutás miatt.
Kérjük megrendelőink szíves megértését.

A híryanagokat a következő címre kérjük:
Orvosi Hetilap titkársága: Budai.Edit@akkr.hu
Akadémiai Kiadó Zrt.