

DAVID SUMPTER

# A GONDOLKODÁS NÉGY MÓDJA



DAVID SUMPTER

# A GONDOLKODÁS NÉGY MÓDJA

Fordította Vassy Zoltán

  
TYPOTEX

A könyv megjelenését a Nemzeti Kulturális Alap  
a kiadói program keretében támogatta.



Nemzeti  
Kulturális  
Alap

A mű eredeti címe:

*Four Ways of Thinking*

Copyright: © David Sumpter, 2023

Hungarian translation © Vassy Zoltán, 2024

Hungarian edition © Typotex, Budapest, 2024

ISBN 978 963 493 324 3

# TARTALOM

Négy mód	9
Kezdődik az utazás	15

## I. STATISZTIKAI GONDOLKODÁS

Ifjú titánok	19
Átlagos londoniak	23
A legvalószínűbb válasz	29
A statisztika ereje	33
Tizenkét év többlet	37
Hogyan issza ön a teáját?	41
Egy boldog világ	48
A boldog egyén	56
Egy zsémbes öregúr	63
A fa és az erdő	69
Valami több	73

## II. INTERAKCIÓS GONDOLKODÁS

Az élet körforgása	79
Nyulak és rókák	83
Társadalmi kémia	89

Járványok és divatok	92
Több, mint a részek összege	103
Indíts be edzésmániát!	108
A harmadik főtétel	113
Sejtautomaták	116
A jó érvelés művészete	124
Fentről lefelé, lentől felfelé	133

### III. KAOTIKUS GONDOLKODÁS

Lépésről lépésre	139
Ösztökélés	143
Az El Farol-probléma	147
A káosz csokitortája	152
A hiba	159
A pillangóhatás	162
A csillagos ég, első rész	166
A csillagos ég, második rész	169
Egy tökéletes esküvő	174
Káosz a sejtek világában	179
Üzenet B-ből C-be	184
Az információ találkozik a véletlenszerűséggel	188
Húsz kérdés	194
Jól hallgatni jó kérdésekkel lehet	200
Az entrópia soha nem csökken	203
Élni egy eloszlásban	207
Játék a szavakkal	212
Kerülő út	216
Szavak tengere	220

## IV. KOMPLEX GONDOLKODÁS

A Nemzetközi Matematikai Világkongresszus	229
A mátrix	233
Négy ember egy autóban	238
Annyira komplex, amennyire a legrövidebb leírása	240
London utcái	245
I, II, III, IV	249
Az élet játéka	254
Társasági mintázatok	265
Az ember mások által ember	273
Itt van!	278
Ez bizony bonyolult	282
Majdnem mindig bonyolult	284
Ki vagyok én?	287
Egy élet rövid jelenetekben	293
Leírhatatlan magyarázat	300
Az utolsó szavak a legmélyebbek	306
Négy mód	309
Egy értékes élet	311
Köszönetnyilvánítás	314
Jegyzetek és felhasznált irodalom	316





## NÉGY MÓD

Van valami, amit egyetlen óra egyetlen másodpercében sem tudunk soha abbahagyni: a gondolkodást. Gondolataink néha utasítanak, néha bátorítanak bennünket, olykor ráébresztenek egy-egy jobb megoldásra, olykor pedig megértetik múltbeli tetteinket, és azt, hogy mit érdemes tennünk a jövőben. Általuk folyamatosan a körülöttünk lévő világ megértésére törekszünk.

Mégis, gondolkodásunk módszereit ritkán tesszük elemzés tárgyává. Nem vizsgáljuk, hogy eszmefuttatásaink mely folyamatai válnak be, és melyek nem. Túl ritkán foglalkozunk azzal, hogy miképp gondolkodhatnánk a lehető legjobban.

Pedig a feladat ismerős lehet, hiszen azzal bezzeg foglalkozunk – vagy legalábbis próbálunk –, hogy a testünk jól működjön. Edzünk a konditeremben, reformétrendet követünk, és olyan ígéretetek betartására buzdítjuk magunkat, amelyek hasznosak az egészségünkre nézve. Ha elfáradunk, szünetet iktatunk be a munkában, és általában igyekszünk a körülményeinket úgy alakítani, hogy minél kevesebb feszültségnek legyünk kitéve. Ritkán torpanunk meg azonban mindennapi teendőink közben, hogy feltegyük magunknak a kérdést: a világról és benne saját életünkről vajon mennyire észszerűen gondolkodunk?

A gondolkodás észszerű módjainak feltárásával a tudomány és a matematika foglalkozik. Nem kis részben épp erre valók, bár ez nem mindig szembetűnő: ha egy dokumentumfilmet nézünk a világ-mindenség keletkezéséről, a természet csodáiról vagy az emberi agy és test szerkezetéről, felületesen úgy tűnhet, mintha a tudomány csak

a tényekkel törődne. De ez nem így van. Valójában sok tudós – magam is – azt tartja legfőbb feladatának, hogy megpróbálja az emberi elmét olyan működésmódokkal felvértezni, amelyek közelebb visznek az igazsághoz. Ha ennek következtében feltáruznak bizonyos tények, az persze jó, számunkra azonban másodlagos.

Ez a könyv a gondolkodás négy alapmódját írja le; négy lehetséges utat arra, hogy az igazsághoz közelebb jussunk.

A négy alapmódot elsőként egy huszonnégy éves kutató – valamikori csodagyerek –, Stephen Wolfram fogalmazta meg 1984-ben, akkor már elismert elméleti fizikusként. A nem sokkal előbb feltalált és csak a beavatottak számára érthető matematikai modellekkel, az úgynevezett sejtautomatákkal foglalkozott. Miközben vadonatúj, Sun elnevezésű munkaállomásán ezek működését vizsgálta számítógépes szimulációkkal, a létrejött mintázatokban szabályosságokat talált, és azok alapján az összes mintázatot be tudta sorolni négy típus valamelyikébe. Bátor általánosítással feltételezte, hogy e négy típus lefedi a valóságos világ folyamatait is, legyenek azok biológiaiak vagy fizikaiak, egyéniek vagy társadalmiak, természetesek vagy mesterségesek. Eszerint minden, amit látunk vagy teszünk, a következő négy osztály valamelyikbe tartozik: (I) stabil, (II) periodikus, (III) kaotikus vagy (IV) komplex.

Stabil rendszer az, amely előbb-utóbb egyensúlyi állapotba kerül, és azután úgy marad. Gondoljunk álló dominók sorára az asztalon: az elsőt meglökve az ledől, ledönti a szomszédját, és így tovább, míg mind szép nyugodtan fekszenek egymás mellett. Várhatunk akármeddig, maguktól nem állnak fel újra. A lejtőről leguruló golyó megállapodik a völgyben, a mozsárban összetört fűszerkeverék soha nem válik szét eredeti összetevőire. Egy ideig stabil rendszernek számíthat például a kutyánk is egy fárasztó kirándulás után, ahogy szundít a kuckójában.

Periodikus rendszer az, amely ismétlődő változási sorrendet mutat. Járás, biciklizés vagy lovaglás során periodikusan mozog a lábunk, a bicikli kereke vagy a ló lábai. Így mozognak a partra kifutó hullámok, vagy a szakács kése, amikor a séf valamit szeletel. Közelítőleg

periodikus a legtöbb ember napi rutintevékenysége: reggeli, munka, ebéd, ismét munka, vacsora, tévé, alvás, majd másnap az egész kezdődik előlről.

Kaotikus rendszer az, amelynek a változásait nem lehet előre kiszámítani. Tipikus példa az időjárás: holnap vagy esik az eső, vagy nem, ez nálunk Angliában mindig kétesélyes. Ilyen a kockadobás, a fej vagy írás játék, a rulett. A fazékban rotyogó főzővíz buborékai a molekulák szintjén talán követhetők, de a látható eredményhez minden egyes molekula mozgását ismerni kellene. Miközben emberek valahol egy találkozóra gyülekeznek, kiszámíthatatlan, hogy mikor nyílik és csukódik az ajtó.

A komplex rendszer viselkedése elvben meghatározott, de nagyon bonyolult. Példáival főleg a társadalomban találkozunk: áruk és szolgáltatások mozgatása globális léptékben, egy-egy civilizáció felemelkedése és bukása, kormányok és nagy nemzetközi vállalatok szerkezete és még sok más. Saját, szűkebb világunkban érthetetlenül bonyolultak lehetnek személyes viszonyaink barátainkkal és családtagjainkkal, akik némelyike egyszerre vonz és taszít. Még kisebb, egyéni világunkból sem hiányzik a komplexitás, például abban, ahogy életünk folyamán azzá lettünk, aki ma vagyunk. Legbelül pedig ott szorgoskodik agyunk több milliárd idegsejtje, hogy szövevényes kapcsolataikkal lehetővé tegyék többek között saját komplexitásuk felismerését.

Cselekedeteink néha átlendítenek egyik osztályból egy másikba. Vegyük például a vélemények különbözőségét és az ebből eredő vitákat. Be kell vallanom, én magam az a fajta szőrszálhasogató fickó vagyok, aki minden kérdésnek a végére akar járni, könyörtelenül keresve a „helyes” választ. Ha valamit nem értek, vagy a véleményem eltér valaki másétól, a témát gyakran makacsul tovább boncolgatom, hogy megtaláljuk az igazságot. Ez a hajlamom aztán néha konfliktusba kever olyan hozzátartozóimmal vagy munkatársaimmal, akik érthető módon sajnálják az időt arra, hogy a világon mindent megértsenek.

Az ilyen konfliktusok során rájöttem Wolfram elméletének hasznára, vagyis konkrétan arra, hogy a vitákat érdemes az ő osztályai

szerint csoportosítani. Az első osztályba tartoznak azok, amelyekben remélhetőleg stabil megállapodásra jutunk; negyedik osztályúak azok, amelyekben fontos új ötletek vannak terítéken, bár megállapodásra kevés az esély. E két fajtának van értelme. Nincs viszont a második és a harmadik osztályú konfliktusnak, vagyis amikor ismételtelen ugyanazokat az érveket hajtogatjuk, vagy csak értelmetlenül vagdalkozunk. Ha már tudatosítottuk e négy osztály létezését, minden esetben megpróbálhatjuk felismerni, hogy a vita, amelyben épp elmerültünk valakivel, melyik osztályba tartozik, innen már adódik a feladat, hogy átnavigáljunk a második osztályból az elsőbe, vagy a harmadikból a negyedikbe. Egy-egy osztályon belül pedig kidolgozhatunk hatékony érvelési stratégiákat, például az első osztályban arra, hogy a közös álláspont minél gyorsabban kialakuljon. Amikor egy fűszerkeverék megőrlése a cél (ez esetben, hogy a vita nyugvópontra jusson), nem mindegy, hogy milyen mozsarat és milyen mozsártörőt használunk hozzá.

Vegyük észre: Wolfram osztályaiban gondolkodva a vitákon túlmenően egy tágabb nézőpontot kapcsoltunk be, ahonnan az egész folyamatot mintegy felülről látjuk. Remélem tehát, nyilvánvaló, hogy ez a stratégia nemcsak a fenti példában alkalmazható, hanem az élet rengeteg más területén.

Wolfram fő műve *A New Kind of Science* (Újfajta tudomány) címmel 2002-ben jelent meg, ebben a szerző egy új tudományos szemléletet körvonalazott saját sejtautomata-modelljei alapján. Az 1192 oldal terjedelmű, két és fél kiló súlyú könyv nem kevesebbet állít, mint hogy a sejtautomaták tanulmányozásából kiindulva az eddiginél mélyebben érthetünk meg nagyjából mindent az élő és élettelen világ működéséről. A konkrét megértés módjára azonban Wolfram kevés gyakorlati példát hozott, aminek következtében művét a tudóstársadalom soha nem vette komolyan, és nem keltett visszhangot a tágabb köztudatban sem. Amikor a Wikipédián rákerestem Wolfram munkásságára, egyetlen szócikket találtam, a sejtautomaták matematikai tulajdonságairól. Az általa felfedezett négy alaposztály megmaradt a valóságtól elszigetelt, absztrakt fogalomnak.

Ami Wolfram művéből hiányzik, én most megpróbálom pótolni: bemutatom, hogy a brit tudós elmélete miképpen használható az emberi gondolkodás világosabb megértésére és hatékonyabb alakítására. Azt remélem, kiderül majd, hogy Wolfram négy alaptípusa, ahogy a gondolkodásban megjelenik, egyáltalán nem absztrakt. Valójában nagyon is jól alkalmazhatók a mindennapi élet tipikus helyzeteiben. Nem teszem olyan magasra a mércét, hogy a tudomány új, általános szemléletét kínáljam, megelégszem annyival, hogy új módszert ajánlok hétköznapi problémáink kezeléséhez. Például hogy meggyőzzük néhány cimboránkat a közös kocogás hasznáról, hogy képesek legyünk konstruktívan rendezni családi nézeteltéréseiket, hogy legyűrjük készletüket a folyamatos nassolásra, hogy megértsük, miért nincs sikerünk a társaságban, és így tovább. Egyáltalán, hogy új perspektívából fedezzük fel önmagukat, mint egyedi és gazdag személyiségű emberi lényt.

E könyv négy része a gondolkodás négy fajtájával foglalkozik részletesen, összefüggésben a Wolfram-féle elmélet négy osztályával.

Az I. osztályt elméletünkben a *statisztikai* gondolkodás képviseli. Itt olyan kérdések merülnek fel, mint hogy mikor hihetünk a számszerű adatoknak, és mikor célszerű kételkednünk bennük. Vagy ami még fontosabb, hogyan érdemes kezelnünk a tudományos vizsgálatokból levont következtetéseket, legyen szó táplálkozásról, testgyakorlásról, boldogságról, sikerről vagy bármiről, ami épp érdekel bennünket. Noha a statisztikai adatok igen fontosak a társadalmi jelenségek általános megértéséhez, meg fogom mutatni, hogy személyesen önnök ritkán jelenthetnek annyit, mint ahogy a sajtó és a tömegkommunikáció el akarja hitetni.

Hogyan élhet az ember teljesebb életet? E kérdés elvezet a gondolkodás II., *interaktív* osztályához. Ezt vizsgálva elsősorban az emberi világ titkain morfondírozunk majd. Mitől lesz egy csoport működése konstruktív? Mit kell változtatni a kommunikáció módján ahhoz, hogy feloldódjanak az ellentétek? Hogyan érthetjük meg jobban saját tetteink másokra kifejtett hatását, és hogyan viszonyuljunk az érzéseinkhez akkor, ha mások rosszul bánnak velünk? Emberi kapcsolatainkon talán könnyebb javítani, mint ahogy képzeljük.

Van azonban egy csapda: minél jobban törekszünk életünk önálló irányítására, annál kevésbé tűnik irányíthatónak. Egy olyan világban, amelyet lehetetlen teljesen megismerni és kontrollálni, e törekvésünk közben gyakran szembesülünk kiszámíthatatlansággal és az események véletlenszerű kimenetelével. A *kaotikus* dolgokat vizsgáló, III. osztályba sorolható gondolkodás segítségével eldönthetjük, hogy mikor érdemes ragaszkodnunk az irányítás igényéhez, és mikor mondjunk le róla.

Minél komplexebb egy probléma, annál nehezebb megoldani. De mit jelent egyáltalán a komplexitás? Mint később részletesen megindokolom, az észszerű válasz ez: minden rendszer annyira komplex, amennyire komplex a legrövidebb leírása. Ha képessé válunk saját viszonyainkat, gondolatainkat és kétségeinket tömören összefoglalni, esélyünk van rá, hogy a lényegük feltáruljon előttünk. Eltérően az első három osztálytól, amelyek döntően mindennapi problémák megoldását célozzák, a IV. osztály *komplex* gondolkodása inkább befelé irányul: arra való, hogy jobban megértsük önmagunkat, szükségszerű összefüggésben a külvilággal.

Ahogy a gondolkodás négy osztályát sorra vesszük, menet közben feltárulnak majd az utóbbi száz év idevágó tudományos eredményei. Belenézünk a tudomány néhány olyan hőséne (és antihőséne) elméjébe, akik a fejlődést alakították. Tekintetünk néha befelé irányul, néha kifelé; szóba kerülnek egyszerű témák, mint például a háztartás, és a lehető legmélyebbek, mint például hogy mi tesz bennünket azzá, aki vagyunk.

Ha olvasóm megengedi, ennek az utazásnak a történetét összekötöm saját szellemi utazásom történetével: annak elbeszélésével, ahogy könyvünk témáját felfedeztem magamnak, és elmélyedtem benne. E történet szó szerint egy utazással kezdődött fiatal PhD-hallgató koromban...

## KEZDŐDIK AZ UTAZÁS

Kiszálllok a Greyhound buszból, egyenesen Új-Mexikó forró nap-sütésébe. 1997-et írunk, huszonhárom éves vagyok, első napjaimat töltöm az Egyesült Államokban. A Santa Fe Intézet nyári egyeteme nagyon megvágatja, hogy kiket enged az intézmény világhírű falai közé; nekem a témavezetőm ajánlásával sikerült bekerülnöm. Ő maga egyszer részt vett itt egy meghívásos kutatói értekezleten, ahol megismert néhányat a világ legkiválóbb fizikusai, közgazdászai, biológusai és matematikusai közül. Az itt dolgozó tudósok célja, hogy egységes módszert dolgozzanak ki a komplex rendszerek vizsgálatára, összefogva az egyes szakterületek tudását, így kívánnak választ adni alapvető kérdésekre. E kutatók együtt a tudomány új fajtájának megteremtésén fáradoznak.

Ez a nyári egyetemnek nevezett, négyhetes tanfolyam, amelynek a hallgatója lettem, arra jött létre, hogy a gyorsan táguló ismeretanyagot az új nemzedéknek is átadják. A többiekkel együtt – szintén PhD-sek és végzett fiatal kutatók – egy bölcsészettudományi főiskola kollégiumában kaptam szállást, közel az intézethez. Felkészültünk, hogy délelőtt előadásokat hallgatunk majd, délután pedig alkalmunk lesz csoportos projektekben dolgozni az intézet kutatóinak irányításával, az estéket pedig szintén együtt tölthetjük a világ sok részéből érkezett és sokféle szakmai háttérű társunk között.

– Érdekes időszak vár rád – biztatott az érkezésemkor kijelölt, személyes „házigazdám”. – Beszéljess mindenkivel, szívjd magadba ebből a közegből, amit csak lehet. Eleinte úgy tűnik majd, mintha

mindenki más többet tudna nálad, pedig sokan csak blöffölnek. Ne félj feltenni bármilyen csacsi kérdést, mert tapasztalni fogod, hogy azokra is jöhet megfontolásra érdemes válasz!

Első reggel kicsit nehezen találtam meg az előadótermet, és amikor némi késéssel beóvakodtam a leghátsó sorba, már javában beszélt a tanfolyam tudományos koordinátora, dr. Erica Jen.

– Az a célunk, hogy a gondolkodás új módját tanítsuk meg önöknek – mondta –, de ehhez nem kevés háttértudásra van szükség. Érdemes megismerniük a folyamatot, hogyan fejlődött a tudomány szemléletmódja az elmúlt száz év során. Amit erről itt tanulni fognak, azt valószínűleg sehol máshol nem kaphatják meg.

Dr. Jen vázolta az előadások fő vonalát az adatkezelés és a megbízható statisztikai következtetés alapjaitól a kölcsönhatások vizsgálatán át a komplex rendszerek megértéséig. Olyan témákat helyezett kilátásba, mint az agy idegsejtjeinek működése, a ragadozók hatása az ökológiai rendszerek egyensúlyára, az emberi társadalom időbeli változásai, vagy a kaotikus és véletlenszerű folyamatok szerepe abban, hogy milyen nehéz előre látni a jövőt. Mindez elvezet majd a komplexitás legfogósabb kérdéséhez: mit jelent az, hogy komplex társadalomban és kultúrában élünk?

Az előadó tömören összefoglalta az intézet szakmai profilját is. A Santa Fe Intézetben szakterületük legkiválóbb elméi foglalkoznak többek között az emberi agy matematikai modelljeivel, a társas kölcsönhatások szimulációjával, az élőlényekben zajló alapfolyamatokkal; kutatóik közül nem egy Nobel-díjas. Mint tekintélyes tudósok azzal a céllal fogtak össze, hogy a tudományos gondolkodás jövőjének alakításán munkálkodjanak.

– Az elkövetkező négy hét során – mondta a tudományos koordinátor befejezésül – önök egy utazáson vehetnek részt a komplexitás birodalmába. Ígérhetem, a végére egész gondolkodásmódjuk átalakul majd.



I.

# STATISZTIKAI GONDOLKODÁS



# IFJÚ TITÁNOK

Dr. Jen bevezetője után elvezettek bennünket a szállásunkra. Mire megtaláltam a szobámat, ahol négy hétig készültem lakni, már ott várt Rupert, a szobatársam. Eddigre kicsomagolta a holmiját, részben az ablakhoz közelebbi ágyra, részben az egyetlen íróasztalra, amit máris szép nagy halmokban beborítottak a tudományos cikkmásolatok és kézírásos jegyzetfüzetek.

Bemutatkoztunk egymásnak, ahogy illik. Szintén PhD-hallgató volt, és szintén brit: az oxfordi egyetemen tanult közgazdaságtant.

– Nyilván ezért raktak minket össze – jelentette ki magabiztosan, utalva közös nemzetiségünkre. – Szerettem volna amerikai szobatársat kapni, mondjuk, a Harvard híres ifjú titánjai közül. Ha már az ember itt van, lehetőség szerint szélesedjen a látóköre, nem igaz? – Aztán rám mosolygott: – De azért talán így is megfelel...

Rupertet szintén a témavezetője küldte a nyári egyetemre, csak más instrukciókat kapott, mint én otthon. Ő azzal az intéssel érkezett, hogy „derítse fel, mi folyik odaát, de vigyázzon, nehogy tévútra vezessék”. Neki ez a tanács kedvére való volt, mert eleve gyanakodott „erre az egész rizsára a komplex rendszerekről”, nem tartotta olyasminek, amire érdemes túl sok időt szánni. Oké, jár majd az előadásokra, felfogja a lényegét, aztán délutánoként tovább foglalkozik saját tanulmányaival, visszavonulva közös szobánkba. Ezért kell neki az íróasztal, ugye megértem? Ja, és melleleg szeretné, ha eközben nem nagyon zavarnám.

Dr. Jen bevezetője a legkevésbé sem nyugozta le: „Tipikus amerikai reklámszöveg egy tipikus amerikai kereskedelmi ügynöktől. Túl van dimenzionálva, ahogy itt szokás.” A többi hallgatótól se várt sokat, nem számított arra, hogy tanulhat tőlük. Legalábbis messze nem mindegyiktől.

– Biológusok, történészek, szociológusok és hasonlóak vannak itt, talán még filozófusok is! Hát miféle hely ez? Mind odavan a komplex rendszerek ideájáért – a két szakszóhoz idézőjelet mutatott az ujjai-val –, pedig igazából csak lazálni akarnak komoly szellemi munka nélkül. Nekik ez nem nyári egyetem, inkább nyári szünet. Mi ketten viszont – intett, megint felemelt ujjal – jobb, ha nem veszítjük el a fejünket.

Figyelmeztetett, hogy a többiektől ne várják a miénkhez mérhető felkészültséget. Valószínűleg még az alapjaik is hiányosak. Nekünk tehát van egy olyan feladatunk is, hogy oktassuk őket: szemben a kezdeti tanáccsal, miszerint ne féljek csacsiságokat kérdezni, inkább legyek kész válaszolni csacsi kérdésekre.

– Mi itt tulajdonképpen a rációt képviseljük: mi vagyunk azok, akik tudják, hogyan kell észszerűen bánni az adatokkal. Közülük sokan szerintem a legegyszerűbb statisztikai eljárásokat sem ismerik!

Beszélgetésünk ezzel egyelőre véget is ért. Rupert letelepedett az íróasztalhoz – az övéhez, ugye –, aztán lapozgatni kezdett a cikkek között.

Én pedig elindultam a kollégium folyosóin, hogy találjak más hallgatótársakat, feltételezve, hogy nem mind lesz olyan, mint Rupert.

Nemsokára megismerkedtem egy amerikai elméleti fizikussal, aki Max néven mutatkozott be. Érdeklődtem tőle a legközelebbi kocsmáról – mint kiderült, ezeket itt bárnak vagy nemritkán sportbárnak hívják –, és mivel a környéket valamennyire már ismerte, örömmel odavezetett. A bár falain körös-körül meccsközvetítés folyt több tévéképernyőn, kosárlabda és amerikai futball; Max elmagyarázta, hogy iszogatás és beszélgetés közben ők, amerikaiak szeretik ezeket fél szemmel folyamatosan követni, mert szükségük van az állandó ingergazdag környezetre. Ugyanezért minden meccs előtt zene szól,

és kiírják a játékosok fontosabb statisztikai adatait. Meglepte, hogy nálunk az Egyesült Királyság kocsmáiban van ugyan itt-ott tévékészülék, de azokat ritkán kapcsolják be.

– Csak idő kérdése, hogy ti is eljussatok idáig – mondta biztatóan. Aztán megtudtam tőle, hogy az amerikai társadalom fejlődését újabban az egyre növekvő entrópia modelljével írják le. – Gondolom, tudod, mi az entrópia... Szóval a második világháború után néhány amerikai tudós talált egy módszert az információ mennyiségi jellemzésére, és ebből kiindulva arra, hogy az információt egzakt eljárásokkal kezeljék. Mi az ő eredményeiket többek közt arra használjuk, hogy a tömegeknek entrópiát adjunk táplálékul.

Kissé zavart mosollyal megjegyeztem magamnak, hogy még informálódnom kell az entrópiáról, még hozzá minél előbb.

További sörök közben kiderült, hogy Max nemcsak a sport és az entrópia szakértője, hanem nagyjából minden egyébé is. Statisztikus fizikával foglalkozott a Stanford Egyetemen, miután doktori fokozatot szerzett Princetonban. Amikor említettem neki Rupert borúlátó nézeteit az előttünk álló nyári egyetemről, megcsóválta a fejét: inkább Rupertnek lenne szüksége fejtágításra, jelentette ki. Oxford és Cambridge megrekedt a múltban, nem csoda, hogy az onnan érkezők nem látják, milyen fontos a káosz és a nemlinearitás. (Hm, ezeket fel kell írnom az entrópia mellé.) A klasszikus angol egyetemek értékes munkát végeztek sok tudományág megalapozásában, de a szemléletük mára elavult, és tekintélyükkel csak a tudomány mai állapotának konzerválását segítik elő.

Ezért olyan fontos a Santa Fe Intézet, folytatta Max. Nem mintha a legjobb eredmények itt születnének – ebben a Princeton és a Stanford jár az élen –, hanem mert a fejlődés élcsapatának tagjai itt találkoznak egymással. Felsorolt néhány nevet: Philip Anderson, Murray Gell-Mann, Kenneth Arrow, Brian Arthur, Chris Langton, Stephen Wolfram. Ezek fele már kapott Nobel-díjat, de a többi ugyanúgy zseninek számít, ha néha különcknek is. Az európaiak már kezdenek idefelé figyelni. „Amit talán nemsokára Rupert is észrevesz majd”, jegyezte meg befejezésül.

Asztalunk másik végén a társalgás hangadója egy brazil ökológus, Antônio volt. Rövid és pattogós mondatokban beszélt saját új fajkeletkezési elméletéről az ökológiai hézagok körülményei között. Nemsokára egy Madeleine nevű ausztrál biológus, akit a hosszú magánszám szemlátomást bosszantott, javasolta, hogy szép sorjában mutakozzunk be egymásnak rendesen. Közmegegyezéssel végül így is történt.

A Madeleine mellett ülő, francia Zamyá filozófusként Jacques Derrida posztmodern írásait akarta összekapcsolni Ludwig Wittgenstein munkásságával. A következő széken ülő osztrák Alex, aki épp egy rund sört rendelt mindnyájunknak, a káoszelméletet alkalmazta kémiai reakciókra. Esther, egy skandináv informatikus épp a számítógépes világháló szerkezetének feltárásán dolgozott. Enyhén szólva nem mindent értettem, amit mondtak – Derrida? Wittgenstein? –, mindenesetre a magam részéről beszámoltam arról, hogy mint alkalmazott matematikus valami ígéretes témát keresek.

– A ti kutatásaitok nyilván nagyon fontosak – szólt Madeleine mosolyogva, miután a sor visszaért hozzá –, de szerintem az a legfontosabb, amivel én foglalkozom: hogy a hangyák milyen módszerrel építik fel az úthálózatukat. Ez a legkomplexebb rendszer mind közül!

Antóniónak erről eszébe jutott, hogy a hangyáknak az ökológiában is kulcsszerepük van, és ebből az apropóból újrakezdte akadémiai székfoglalóját. Nekem már a sör is eléggé dolgozott a fejemben, szavai összemosódtak a tévé meccsközvetítésével, miközben a hallottakat próbáltam megérteni. Világosan éreztem azonban, hogy mindez mellékes ahhoz a lelkesítő tényhez képest, hogy itt vagyok egy szemlátomást másféle társaságban, mint amihez szokva voltam a hazai (mi tagadás, eléggé szakbarbár) matematikusok között. Itt a következő napok során filozófia, biológia, kémia, fizika, közgazdaságtan, informatika, és ki tudja még, mi minden lesz terítéken. El sem tudtam képzelni, hogy lehetnék ennél jobb helyen.

# ÁTLAGOS LONDONIAK

Santa Fe kilencvenes éveiből most térjünk vissza London jelenébe. Ezen az áprilisi napon itt pillanatnyilag 15 °C van, az ég felhős, szemerkél az eső. A lakosok átlag negyvenkét percet töltenek ingázással a munkahelyükre, ahol a keresetük évenként 40 000 font körüli. Este átlag 183 percig nézik a tévét (szemben a 2011-ben mért 242 perccel). 51 százalékuk naponta egy alkalomnál többször használja a közösségi médiát, 2 százalékuk eszik zöldséget az orvosi javaslat szerint napi öt alkalommal, 64 százalékuk ezen a héten már ivott vagy inni fog alkoholtartalmú italt. Élettartamuk átlagosan nyolcvan év, gyerkeik száma 1,6. Közülük a heteroszexuális párok tipikusan egyszer egy héten közösülnek (közéértékben 7,6 percig), a homoszexuális férfiak átlag másfélszer, a homoszexuális nőkre nincs megbízható adat. Ha megkérdezik őket, hogy minden szempontot figyelembe véve mennyire elégedettek az életükkel, a szokásos egy és tíz közötti skálán a válaszuk átlagosan 6,94.

A londoniak vagy bárhol máshol élők statisztikai adatait még oldalakon át idézhetném. Ezeket számos helyen nyilvántartják, az egyes országok statisztikai hivatalaitól kezdve a globális adatbankokon át (például az OECD, a Gallup Intézet vagy a Világbank kezelésében) a rengeteg specializált gyűjteményig, amelyek az emberek egészségével, életszínvonalával, boldogság szintjével, viselkedési jellemzőivel stb. foglalkoznak. Az adatok és összefüggéseik nemcsak a kormányok, vállalatok és más szervezetek döntéseihez adnak információt, hanem az egyes ember egyéni döntéseihez is; ma a tudományos ala-

pú javaslatokat szinte minden téren szívesen követjük, például hogy mit együnk, mennyit mozogjunk, és általában hogy miként tegyük az életünket minél kielégítőbbé.

Amikor a statisztikai gondolkodást saját viszonyainkra alkalmazzuk, nemcsak az lehet a kérdés, hogy mi az, ami az adatokból megbízhatóan kikövetkeztethető, hanem az is, hogy mi nem. A sok tudományos vizsgálat közül mi érvényes egyáltalán az egyénekre? Vajon oksági kapcsolatból erednek a feltárt összefüggések, vagy csak véletlenül alakultak így? Mennyire lehetnek iránymutatók a statisztikai következtetések abban, ahogy általános világszemléletünket alakítjuk? Mikor érdemes a számokat elhanyagolva inkább másféle támpontokra támaszkodnunk?

Mielőtt nekilátunk a fenti kérdések érdemi tárgyalásának, tisztáznunk kell a statisztika és a mérés elméleti alapjait – legalább annyira, hogy az egyes fogalmakat és módszereket megértve elkerülhessük a félreértéseket vagy esetleg kiszűrhetjük a szándékos csalást. Ezért kezdtem az imént londoni honfitársaim néhány adatának felsorolásával, illusztrációként egy város és az ott élő emberek általános bemutatásához: az időjárás, a közlekedés, a jövedelem, az életmód és a szexuális szokások átlagos adatai mintegy madártávlati képet adnak erről a populációról. Az átlag a legalapvetőbb statisztikai mérőszám, amelyről ösztönösen elfogadjuk, hogy összefoglalóan jellemzi adatok egy csoportját. Mint ahogy olvasóm is biztos tapasztalta már, ösztönös intuíciónk nem mindig száz százalékban megbízható, ezt a mérőszámot és használatát tehát a következőkben egy kicsit kritikusabban is szemügyre vesszük.

Képzeljünk el tíz londoni lakost! Nia reggelenként munkába menet felszűrcsöl egy adag zabtejes kávé, majd pontban tíz órakor a titkárnője hoz neki egy másodikat. Az egyetemista Jennifer a tandíját félállásban végzett munkából fedezi, szereti a tévésorozatok, és azt az egyetlen luxust engedi meg magának, hogy tévézés közben savanyított bébiuborkákat rágcsál. A többi nyolcnak szintén ismerjük a viszonyát a zabtejes kávéhoz és a savanyított bébiuborkához, amit most célszerűen táblázatba foglalva ismertetek:



Név	Életkor	Éves jövedelem fontban	Múlt heti zabtejes kávék száma	Szereti-e a bébiuborkát
Antony	34	12 000	7	igen (1)
Aisha	31	36 000	12	nem (0)
Charlie	29	52 000	0	igen (1)
Becky	29	23 000	0	nem (0)
Jennifer	28	22 000	0	igen (1)
Richard	36	62 000	0	nem (0)
Nia	35	106 000	15	nem (0)
John	34	40 000	0	igen (1)
Sofie	31	31 000	5	nem (0)
Suki	30	34 000	0	nem (0)

Ha a csoport egészéről akarunk állítani valamit, átlagot számítunk. Az életkorra vonatkozóan például ezt:

$$\frac{34 + 31 + 29 + 29 + 28 + 35 + 34 + 31 + 30}{10} = 31,7.$$

Richard, John, Nia és Antony az átlagnál pár évvel idősebb, Becky, Jennifer és Charlie pár évvel fiatalabb, de többnyire mind az 1990-es évtized elején születtek. Van értelme tehát a csoportra azt mondanunk, hogy az ezredfordulós nemzedékbe tartozik.

A jövedelem átlagolásához más módszert javaslok, majd utána megindokolom, hogy miért. Először sorba rendezzük a számokat nagyság szerint:

12 000, 22 000, 23 000, 31 000, 34 000, 36 000, 40 000,  
52 000, 62 000, 106 000

Majd megkeressük a két középsőt (itt 34 000 és 36 000), és kiszámítjuk az átlagukat (itt 35 000). Ez az a szám, amelynél a csoportban ugyanannyi kisebb és nagyobb van (öt-öt), tehát ilyen értelemben ez a csoport közepe. Ha a létszám páratlan, akkor még könnyebb a dolgunk, mert akkor egyetlen középső lévén nem is kell kettőt át-

lagolni. A közepet így jellemző szám neve a statisztikában *medián*. A példabeli tíz barátunké kicsit alacsonyabb az összes londoni lakos jövedelmének mediánjánál, de mivel az átlagnál fiatalabbak, remélhetjük, hogy majd utoléri a magasabb jövedelműeket. Aki esetleg kétli, hogy Antonynak a maga 12 000 fontos évi fizetéséből jut napi egy kávéra, annak elárulom – tehetem, mert úgymint mindnyájukat én találtam ki –, hogy ő Nia házastársa, aki pedig évi 106 000-et keres. Szóval ez a kis társaság egészében elég jómódú ahhoz, hogy nagyobb gondok nélkül élvezze az élet eléjük táruló lehetőségeit.\*

Nincs kötelező szabály arra, hogy az átlag és a medián közül mikor melyiket használjuk. Példacsoporthozunkban az életkor esetében célszerűbb az átlagot alkalmazni, mert ott a tíz szám elég közeli egymáshoz, míg a jövedelmek között Nia 106 000 fontja az átlagot jelentősen fölfelé húzná, és az a csoport egészét nem képviselné reálisan. Az összes londoni lakos esetében az átlag még félrevezetőbb, mert Londonban a Forbes statisztikái szerint él hatvannégy milliárdos, aki a többiekénél aránytalanul gazdagabb; az átlagjövedelem tehát a londoniak többségét igen szegénynek tüntetné fel. A világ nagy városaiban máshol is hasonló a helyzet, az átlag és a medián 25–50 százalékkal eltér egymástól. A két mérőszám közötti választás tehát attól függ, hogy mit akarunk hangsúlyozni az adatokkal. Amikor jövedelemről van szó, célszerűbb a mediánt megadni, mert elkerüljük vele a kevés kiugró adat torzító hatását.

Az átlag és a medián eltérése még feltűnőbb, ha példabeli csoportunk kávéfogyasztását nézzük. Itt a medián 0, az átlag 3,9. Nyilván tévedés lenne a medián alapján azt hinni, hogy a csoport tagjai egyáltalán nem isznak kávékat, és szintén tévedés az átlag alapján azt állítani, hogy majdnem négyet hetenként. Ha a kávéfogyasztásukról összefoglalóan szeretnénk állítani valamit, az átlagot és a mediánt is figyelembe kell vennünk.

\* Az itt szereplő matematikai fogalmakról bővebb kifejtés található (angolul) a <https://www.fourways.readthedocs.io/> weboldalon.

Az átlag és a medián használatának imént látott eltérése szemlélteti, hogy egy adattömeg többféle, statisztikailag egyaránt korrekt módon jellemezhető. Azt jelentené ez, hogy számokkal az ember gátlás nélkül azt csinálhat, amit akar?

Nos, nem: mint mindent, a statisztikát is lehet jól és lehet rosszul alkalmazni. Felmerül persze a kérdés, hogy a kettőt hogyan különböztetjük meg egymástól. Például honnan tudjuk, hogy egy tíztagú csoport átlagéletkorának kiszámításában akkor járunk el jól, ha az egyes tagok életkorát összeadjuk, és aztán elosztjuk tízzel? Az iskolában így tanították, de az régen volt, azóta a statisztika tudománya fejlődhetett. Azt viszont a tudósok ma is állítják, hogy saját tudásunkhoz mindig érdemes kritikával viszonyulni, készen a változtatásra, ha az előbbre visz.

Akkor hát lássunk egy példát a kritikus gondolkodásra épp az átlagról! Tíz londoni barátunk adatainak táblázatából kiderült, hogy kik szeretik a savanyított bébiuborkát, és kik nem. Oda előre beírtam az igenek és nemek mellé egyeseket és nullákat, mert a matematikában a számok testhezállobbak a szavaknál. Most külön kiemelve, a csoport uborkahelyzete így néz ki:

Antony	Aisha	Charlie	Becky	Jennifer	Richard	Nia	John	Sofie	Suki
1	0	1	0	1	0	0	1	0	0

Vajon mi a legjobb becslése ezekből az adatokból az uborkakedvelő londoniak arányának saját ezredfordulós nemzedékükben?

A négy egyesből és hat nullából a legtöbben kapásból rávágják, hogy 4/10, vagyis negyven százalék. Az iskolai átlagszámításból tényleg ez jön ki:

$$\frac{(1 + 0 + 1 + 0 + 1 + 0 + 0 + 1 + 0 + 0)}{10} = \frac{4}{10}.$$

No de ekkor előáll Antony egy ellenvetéssel. Ezt a tíz embert hiba volna azonos súllyal számításba vennünk, mondja. Ő jól ismeri mind-

nyájukat, szerinte csak ő maga, Aisha, Charlie, Becky és Jennifer törődik annyira az egészségével, hogy az étrendjükre is figyeljenek. A többieknek majdnem mindegy, hogy mit tesznek eléjük, talán nem is igazán tudják, mi az a bébiuborka. Az öt megbízható válasznak tehát a képletben dupla súly dukál, az összegük  $(2 + 0 + 2 + 0 + 2) = 6$  lesz, míg a többieké marad  $(0 + 0 + 1 + 0 + 0) = 1$ . Így az egész csoportra vetítve az átlag  $(6 + 1) / 15 = 7/15$ , nagyobb a súlyozatlan átlagnál. Nia nem fogadja el Antony érvelését, ő a csoport összes tagját nagyjából ugyanolyan egészségtudatosnak ismeri. Úgy gondolja viszont, hogy gazdaságtalan figyelembe venniük mind a tíz adatot, elég a fele. Például minden másodikkal számolva, akik közül csak John szereti az uborkát, az átlagos arány  $1/5$ . Charlie még takarékosabb módszert javasol: válasszanak ki egyetlen embert véletlenszerűen, és legyen az ő adata a mérvadó, így elkerülik a további vitákat is. Például legyen ez a névsorban első Antony, és fogadják el, hogy mivel ő szereti a bébiuborkát, átlagosan mindnyájan szeretik. Becky ezek után kijelenti: kilátástalan egyetértésre törekedniük, mert mindenki annyira mást akar. A csoportátlagról egyszerűen nem lehet megállapítani semmit, és kész.

Beckynek abban valószínűleg igaza van, hogy a további vita értelmetlen. De abban nincs, hogy a rendelkezésre álló adatokból nem vonható le értelmes következtetés. Bevált matematikai módszert alkalmazva kiderül, hogy az egyes szubjektív vélemények mennyire felelnek meg az objektív igazságnak. Most ismét visszaugrunk az időben, és megismerjük a matematikust, aki ezt a módszert kidolgozta.

## A LEGVALÓSZÍNŰBB VÁLASZ

Mintha egy film kezdő jelenetét látnánk, rajta felirattal: Cambridge, 1912. Klasszikusan mértéktartó stílusú, elegáns egyetemi épületek csoportja totálban, felülről. Mikor a felirat eltűnik, a kamera lassan ráközelít egy ablakra, amelyen át szobabelsőt látunk. Benne kaotikus összevisszaságban könyvek és kéziratlapok hevernek mindenfelé, még a padlón is. Belengi a pipafüst.

Lakója, Ron, magában ül az íróasztalnál, és valamit szorgalmasan ír. Jó idő óta szemlátomást nem tisztálkodott, és nem váltott ruhát, de amúgy szabályos arcú, élénk szemű, rokonszenves fiatalember. Néha felnéz az irományából, hogy valamit megkeressen a papírok között.

A vizsgáig már csak két hete van. Ez pedig nem akármilyen vizsga, hanem az egyetem legkiválóbb doktoranduszainak kiírt, Mathematical Tripos nevű tanulmányi verseny záróeseménye, amely nemcsak Angliában, hanem az egész világon az egyik legnehezebb matematikai próbatételnek számít. Ronald A. Fisher eddig is évfolyamának eltanulója volt, és most nemsokára valószínűleg felkerül a kitüntetettek névsorára, akiket a Cambridge-i Egyetem helyi hagyománya szerint Wranglereknek hívnak. (Öltözékén az ehhez illő elegancia még egyáltalán nem látszik.)

Noha a srác mindig örömmel tesz tanúságot kivételes matematikai képességéről, és nem szégyelli bevallani, hogy zseninek tartja magát, ezúttal a rá váró vizsga hidegen hagyja, igazából alig készül rá. Lényegesebb dolgok foglalkoztatják. A körülötte felhalmozott forrásmunkák sem saját jegyzetei, hanem alapvető matematikai és biológiai

művek, matematikából például Carl-Friedrich Gausstól és Thomas Bayestől, biológiából többek közt Charles Darwintól *A fajok eredete* című klasszikus. Ez utóbbi épp nyitva van az asztalán. A padlón heverő különféle műfajú írások pedig leginkább arról szólnak, hogy irányított tenyésztéssel és kiválasztással hogyan lehet jobb tulajdonságokat kifejleszteni az állatokban (beleértve az embereket).

A Ront izgató témakörnek egyelőre nincs neve, ő maga sem definiálja pontosan. De a lényege világos: meggyőződése szerint létezik olyan módszer a biológiai és a társadalomtudományi adatok becslésére, amellyel valódi értékük megbízhatóan kiszámítható. Erős gyanú él benne arról, hogy e módszert pillanatnyilag mindenki rossz irányban keresi, saját tanárai is.

Az általa választott irány érzékeltetésére mi most térjünk vissza másik képzeletbeli filmünkhöz a mai Londonba, tíz fiatal középosztálybeli cimborával és bébiuborkáikkal. Ha ők Ron 1912-es gondolatmenetét követnék, vajon milyen eredmény jönne ki nekik? Emlékezzünk rá, a feladat, hogy értelmesen jellemezzük a csoport átlagos viszonyát a savanyított bébiuborkákhoz. Matematikai nyelven fogalmazva: ha közülük valakit véletlenszerűen kiválasztva egy külső érdeklődő megkérdezné, szereti-e a savanyított bébiuborkát, milyen arányban kapna „igen” választ?

Annyi eleve biztos, hogy a keresett arány nulla és száz százalék – vagy matematikailag kezelhetőbb formában 0 és 1 – között van. Mint láttuk, Antony módszerével  $7/15$  jött ki, Aisha módszerével  $1/5$ , Charlie módszerével 1, a többiek spontán átlagszámításával  $4/10$ . Próbáljuk ki először, mondjuk, Aisha módszerét! Ha igaza van, akkor az igenek valószínűsége  $1/5$ , a nemeké  $4/5$ . Eszerint Antony várhatóan  $1/5$  valószínűséggel válaszol úgy, ahogy a valóságban válaszolt, maga Aisha  $4/5$ -del, Charlie  $1/5$ -del, és így tovább:

Antony	Aisha	Charlie	Becky	Jennifer	Richard	Nia	John	Sofie	Suki
$1/5$	$4/5$	$1/5$	$4/5$	$1/5$	$4/5$	$4/5$	$1/5$	$4/5$	$4/5$

A válaszok kombinált valószínűségét úgy kapjuk meg, hogy az egyedi valószínűségeket összeszorozzuk:

$$\frac{1}{5} \times \frac{4}{5} \times \frac{1}{5} \times \frac{4}{5} \times \frac{1}{5} \times \frac{4}{5} \times \frac{4}{5} \times \frac{1}{5} \times \frac{4}{5} \times \frac{4}{5} = 0,000419.$$

Ne ijedjünk meg ettől a kis valószínűségtől, egy hosszú esemény-sorozat valamelyik egyedi kombinációja szükségképp ritkán fordul elő. Ha például a fej vagy írás játékra gondolunk, ahol az egyes fejek és írások  $1/2$  valószínűségűek, két feldobásból valamelyik konkrét fej-fej, fej-írás, írás-fej és írás-írás kombináció már csak  $1/4$  valószínűségű lesz, a hármas kombinációk  $1/8$  valószínűségűek, és így tovább. A mi  $0,000419$ -ünk tehát önmagában még nem jelenti azt, hogy Aisha módszere hibás; majd ha a többi javasolt módszerrel is kiszámoljuk a szerintünk várható válaszok kombinált valószínűségét, akkor derül ki, hogy *egymáshoz képest* ezek a módszerek mennyire válnak be.

Nézzük most Charlie módszerét. Ha a csoport minden tagja várhatóan igennel válaszol, akkor a megvalósult válaszok valószínűsége

$$1 \times 0 \times 1 \times 0 \times 1 \times 0 \times 0 \times 1 \times 0 \times 0 = 0.$$

Aisha módszere tehát nyilvánvalóan jobb, mint Charlie-é. Antony  $7/15$ -ös arányából a következő valószínűséget kapjuk:

$$\frac{7}{15} \times \frac{8}{15} \times \frac{7}{15} \times \frac{8}{15} \times \frac{7}{15} \times \frac{8}{15} \times \frac{8}{15} \times \frac{7}{15} \times \frac{8}{15} \times \frac{8}{15} = 0,00109.$$

Most ő vezet, de még hátravan a köznapi józan ész javaslata, a szokásos átlagszámítással kapott  $4/10$ :

$$\frac{4}{10} \times \frac{6}{10} \times \frac{4}{10} \times \frac{6}{10} \times \frac{4}{10} \times \frac{6}{10} \times \frac{6}{10} \times \frac{4}{10} \times \frac{6}{10} \times \frac{6}{10} = 0,00119.$$

Megvan a győztes! Negyvenszázalékos átlag adja a maximális valószínűséget arra, hogy a mérés várható eredménye a ténylegesen kapott eredmény legyen. Ami azt jelenti, hogy ez esetben a szokásos átlagszámítás jobb a kipróbált riválisainál.

Ronald Fisher 1912-ben az imént szemléltetett módszert alkotta meg annak eldöntésére, hogy versengő hipotézisek közül melyik van leginkább összhangban a tapasztalati adatokkal. Ha az előző film kamerája beállt volna a válla fölé, amint a képleteket rója készülő tudományos cikkének lapjaira, a kipöfentett füstadagok közben hallanánk elégedett mormolását: „Ez az! Igen! *A maximális valószínűség módszere!*”

Több mint száz éve ez a cambridge-i diák olyan dologra jött rá, amire előtte senki más, még Gauss, Laplace vagy Bayes kaliberű matematikusok sem. Fishernek sikerült az absztrakt matematikát összekapcsolnia a világ konkrét tényeivel. A maximális valószínűség módszere lehetővé teszi, hogy a mérési adatokból az elérhető legmegbízhatóbb következtetéseket vonjuk le, legyen szó bármiről: a politikai pártok népszerűségétől kezdve a növények fejlődési üteméig, vagy nem utolsósorban a savanyított bébiuborka jelenlétéig a londoniak étrendjében.

Nem garantálom, hogy a felfedezés körülményeit képzelt filmünk valóságként adta vissza, de tény, hogy új módszerének első változatát Ronald A. Fisher mint végzős egyetemi diák jelentette meg. Utána még tizenkét évig dolgozott az elméleten annak teljesen kifejlett formájáig, ahogy a mai statisztikában alkalmazzák. Mindenesetre már első cikkéből látszott, hogy a maximális valószínűség módszerével nemcsak az átlagot lehet egyedülálló pontossággal felbecsülni, mint a mi szemléltető példánkban, hanem bármilyen adathalmazhoz illesztett görbe alakját is. Szó szerint mindenre alkalmazható, ezért számít máig a matematikai statisztika egyik alappilléreinek.



## A STATISZTIKA EREJE

A Santa Fe Intézet nyári egyetemének első hetében az alkalmazott statisztika előadásait Elina Rodriguez professzornő tartotta. Az adat-elemzés legjobb módját példákon mutatta be: emberi testmagasság átlagának és szórásának becslése, vagy annak meghatározása, mennyire szoros egy-egy összefüggés, például a torokrák és a dohányzás között. Őszintén szólva nem ezt vártam Erica Jen bevezetője alapján, amelyben forradalmian új elképzeléseket ígért, Rodriguez tanárnő szerint azonban a különböző szakmai előéletű hallgatóknak minde nélkülött egy közös alaptudást kellett megszerezniük.

A második napi előadás után együtt ebédeltem Estherrel, a svéd informatikussal. Ő kissé elkülönült a többiektől, mintha tudott volna valami olyat, amit mi nem. Diplomamunkáját nem sokkal előbb fejezte be Parker professzor témavezetésével, akire a következő hét előadójaként számítottunk. Parker professzor a híres princetoni Institute for Advanced Study\* munkatársa volt, köztudottan eredeti gondolkodó, aki matematikai modelleket dolgozott ki valóságosan létező rendszerek megértéséhez.

Diplomamunkájában Esther a gyorsan bővülő internet felhasználóinak kapcsolatait elemezte. Sejtése szerint mély analógia áll fenn aközött, ahogy egy számítógépes hálózat fejlődik, és aközött, ahogy

\* Az 1930-ban Princetonban alapított intézet Einsteintől Oppenheimeren át Neumannig és Gödelig számos tudósnak biztosított háttérrel a kutatásaihoz – *a szerk.*

az emberi agy struktúrája kialakul. Mindkettő igen komplex rendszer, és ő fel akarta tárni alapvető belső kölcsönhatásaikat. Mondanom sem kell, ez nekem sokkal izgalmasabbnak tűnt a statisztika alapjainál, amiről délelőtt hallhattunk.

Mivel az ebédnél nem volt idő belemenni a részletekbe, egy újabb beszélgetés reményében másnap újra találkozni akartam Estherrel. Rupert társaságában találtam rá, aki valamit magyarázott neki, képleteket írva egy A4-es papírlapra. Esther figyelmesen hallgatta, néha bólintott, és olykor ő is hozzáírt valamit a képletekhez.

– Min dolgoznak? – kérdeztem Maxet és Antôniót, akik együtt ültek az ebédlő egyik asztalánál.

– Rupert azt magyarázza, hogyan lehet elkerülni a leggyakoribb hibákat a gazdasági adatok statisztikai elemzésében. A maximális valószínűség módszere, tudod. Korreláció és ok-okozati kapcsolat összetévesztése, ilyesmik... – felelt Max.

– Úgy látszik, mintha Esthert ez igencsak érdekelné!

Antônio elmosolyodott:

– Nocsak, talán féltékeny egyik angol kollégánk a másikra?

– Dehogy – jöttem kissé zavarba –, csak azt hittem, Esther ezekkel már tisztában van.

Tájékoztattam Antôniót, hogy a lány témavezetője Parker professzor volt, aki nemsokára a statisztika alapjainál sokkal többre fog bennünket tanítani. Amit Esther most Ruperttől hallhat, az neki nyilván túl egyszerű.

Antônio ismét elmosolyodva nézett rám.

– Hát, nem hiszem, hogy csak mert itt vagyunk Santa Fében, megfedkezhetünk a statisztika alapjairól...

Elmondta, hogy a maga részéről a pontos adatelemzést alapvetően fontosnak találja az esőerdők dinamikájának vizsgálatában. Ahogy mi, többiek, ő is azért van itt, hogy kölcsönhatásokról, káoszról és komplexitásról tanuljon, mert ezek segíthetnek megérteni az ökoszisztémák működését, de az alapokra mindnyájunknak szükségünk van. Nem tudunk futni, mielőtt meg ne tanulnánk járni.