

KIT YATES

**NE HIDD EL
AZ IGAZSÁGOT!**

Miért (szinte) minden
matematika?

FORDÍTOTTA TÓTH ENIKŐ

KIT YATES

**NE HIDD EL
AZ IGAZSÁGOT!**

Miért (szinte) minden
matematika?

ATHENAEUM

A fordítás alapjául szolgáló mű
Kit Yates: *The Math of Life and Death*
First published in Great Britain in 2019
by Quercus Editions Ltd.

Hungarian translation © Tóth Enikő, 2020

Kiadta az Athenaeum Kiadó,
az 1795-ben alapított Magyar Könyvkiadók
és Könyvterjesztők Egyesülésének tagja.
1086 Budapest, Dankó u. 4–8.
Telefon: 1-235-5030
www.athenaeum.hu
www.facebook.com/athenaeumkiado

ISBN 978 963 293 845 5

Felelős kiadó: Dian Viktória
Felelős szerkesztő: Besze Barbara
Szerkesztette: Jordán Gergely
Műszaki vezető: Drótos Szilvia
Borítóterv: Földi Andrea
Nyomdai előkészítés: Tóth Viktor

Készült az Alföldi Nyomda Zrt.-ben, 2020-ban
Felelős vezető: György Géza vezérigazgató

*A szüleimnek, Timnek és Nancynek,
Marynek, aki megtanított olvasni,
és Lucy nővéremnek, aki megtanított írni.*

BEVEZETÉS

Szinte minden

Négyéves kisfiam kint játszik a kertben. Kedvenc időtöltése, hogy mindenféle csúszómászót, főleg csigákat ás ki a földből, és megfigyeli őket. Ha elég türelme van, a megbolygatott csigák a kezdeti megrázkódtatás után óvatosan előbújnak biztonságos házukból, és síkos nyomot hagyva maguk után, mászni kezdenek a kicsi kezeken. A fiam végül ráun a csigákra, és részvétlenül ledobja őket a komposztdombra vagy a kamra mögötti farakásra.

Tavaly szeptember végén, egy igen mozgalmas napon, miután kiásott öt-hat méretes példányt, majd megszabadult tőlük, odajött hozzám, miközben tűzifát fűrészeltem, és azt kérdezte:

– Apu, hány csigák vannak [sic!] a kertben?

Nem tudtam jó választ adni erre a megtévesztően egyszerű kérdésre. Lehet, hogy száz, de az is lehet, hogy ezer. Hogy őszinte legyek, a kisfiam fel sem fogta volna a különbséget. A probléma azonban felkeltette az érdeklődésemet. Hogyan tudnánk együtt megkeresni a választ?

Elhatároztuk, hogy elvégzünk egy kísérletet. A következő hét végén, szombat reggel kimentünk csigát gyűjteni. Tíz perc alatt összesen 23 példányt fogtunk be. Elővettem egy alkoholos filcet a farzsebemből, és mind-egyik csiga házára egy kis keresztet rajzoltam. Miután az

összeset megjelöltem, kiborítottuk a vödört, és szabadon engedték a csigákat a kertben.

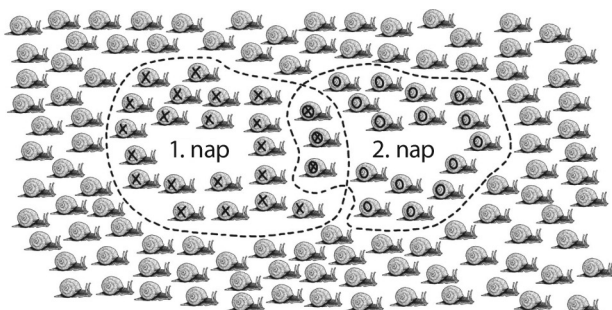
Egy hét múlva megismételtük a műveletet. Ezúttal egy tízperces akció során 18 állatot fogtunk be. Közelebbről szemügyre véve őket azt láttuk, hogy három csigaházon ott volt a kereszt, míg a többi 15 jelöletlen volt. Ennyi információ elég volt a számításunk elvégzéséhez.

Elgondolásunk a következő: az első napon 23 csigát fogtunk. Ez a szám egy bizonyos hányada a kertben található csigák számának, amit szeretnénk meghatározni. Ha a 23 csigának a teljes csigapopulációhoz viszonyított arányát meg tudjuk állapítani, akkor a megfogott csigák számát felszorozzuk ezzel a számmal, és megkapjuk a kertben élő összes csiga számát. Ezért vettünk egy második mintát (a következő szombaton). Ebben a mintában a megjelölt példányok aránya $3/18$ volt, aminek meg kell egyeznie a megjelölt példányoknak a teljes populációhoz viszonyított arányával. Ezt az arányszámot egyszerűsítve azt találjuk, hogy az egész csigapopulációt tekintve a megjelölt példányok alkotják a teljes egyedszámnak nagyjából az egyhatodát (lásd az 1. ábrát). Ezért megszorozzuk az első napon megfogott egyedek számát, a huszonhármattal, hogy meg tudjuk becsülni a kertben lakó csigák teljes számát, így 138-at kapunk.

Miután végeztem a fejszámolással, a fiamhoz fordultam, aki éppen a begyűjtött csigákat „rendezte”. Vajon mit érthetett meg abból, hogy elmondtam neki: durván 138 csiga lakik a kertünkben?

– Apu – mondta, miközben a kezére tapadt csigaház-töredékeket nézte –, ezt meghalasztottam. – Tehát maradt összesen 137.

Ez az egyszerű, fogás-visszafogás módszer néven ismert matematikai eljárás az ökológiából ered, és állatpopulációk nagyságának becslésére használják. Önök



1. ábra. A másodszer is befogott (⊗ jelzésű) csigák arányát (3:18) a második napon megfogott (O jelzésű) csigák teljes számához viszonyítva az arálynak meg kell egyeznie az első napon megfogott (X jelzésű) csigák számának a kertben lakó összes (jelölt és jelöletlen) csigához viszonyított arányával (23:138)

is használhatják ezt a technikát, ha két egymástól független mintát vesznek, és megvizsgálják, mennyi átfedés van köztük. Lehet, hogy inkább megbecsülnék a helyi vásárban eladott tombolajegyek árát vagy a nézőszámot a futballmeccsen, mint hogy fárasztó fejszámolást végezzenek.

A fogás-visszafogás módszert komoly tudományos projektekben is alkalmazzák. Nagyon fontos információt adhat például egy veszélyeztetett faj egyedszámának változásáról. Ha megbecsüljük a tóban élő halak számát,* az alapján a horgászegyesület eldöntheti, hány horgászengedélyt ad ki. Ez az eljárás olyan hatékonynak bizonyult, hogy alkalmazása túlnőtt az ökológia keretein, és a segítségével pontos becslést tudunk adni a népesség körében

* Pollock, K. H. (1991): Modeling capture, recapture, and removal statistics for estimation of demographic parameters for fish and wildlife populations: past, present, and future. *Journal of the American Statistical Association*, (413), 225. <https://doi.org/10.2307/2289733>

található kábítószerfüggők számától* egészen a koszovói háborús áldozatok számáig.** Ilyen nagy gyakorlati haszonnal bírhat egy egyszerű matematikai gondolat. Ilyen és ehhez hasonló fogalmakat fogunk ebben a könyvben tanulmányozni, amelyeket matematikai biológusként a mindennapi munkám során alkalmazok.



Amikor elmondom az embereknek, hogy matematikai biológus vagyok, ezt általában udvarias fejbólintással nyugtázzák, majd kínos csend áll be, mintha legalábbis ki akarnám kérdezni tőlük a Pitagorasz-tételt. Nemcsak hogy zavarba jönnek, de kétségbeesett erőfeszítéssel próbálják megérteni, hogy egy olyan elvont és éterien tiszta tudománynak, mint a matematika, mi köze lehet a biológiához, amelyet általában gyakorlatias, zavaros és pragmatikus tudománynak tartanak. Gondolom, ez az elképzelés abból a mesterségesen létrehozott kettősségből ered, amivel először az iskolában találkozik az ember. Ha valaki szerette a természettudományokat, de az algebra nem volt éppen az erőssége, akkor az élettudományok irányába terelték. Ha – hozzám hasonlóan – szerette a természettudományos tárgyakat, de nem volt hajlandó

* Doscher, M. L.–Woodward, J. A. (1983): Estimating the size of subpopulations of heroin users: applications of log-linear models to capture/recapture sampling. *The International Journal of the Addictions*, 18(2), 167–82.; Hartnoll, R.–Mitcheson, M.–Lewis, R.–Bryer, S. (1985): Estimating the prevalence of opioid dependence. *Lancet*, 325(8422), 203–5. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(85\)92036-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(85)92036-7); Woodward, J. A.–Retka, R. L.–Ng, L. (1984): Construct validity of heroin abuse estimators. *International Journal of the Addictions*, 19(1), 93–117., <https://doi.org/10.3109/10826088409055819>

** Spagat, M. (2012): *Estimating the Human Costs of War: The Sample Survey Approach*. Oxford University Press, <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195392777.013.0014>

hullákat vagdosni (egyszer elájultam órán, mielőtt boncolni kezdtünk volna, mert amikor bementünk a terembe, egy halfej fogadott a padomon), akkor a fizikai tudományok felé irányították. A két dolog végérvényesen elválik egymástól.

Velem is ez történt. Hatodikban leadtam a biológiát, és felvettem az emelt szintű matematikát, fizikát és kémiát. Amikor egyetemre mentem, és tovább kellett szakosodnom, szomorúan vettem tudomásul, hogy örökre el kell búcsúznom a biológiától; úgy gondoltam, hogy ez a tudományág hihetetlen erővel rendelkezik, és képes jobbat tenni az életünket. Óriási izgalommal töltött el a lehetőség, hogy belemerülhetek a matematika világába, mégis aggódtam, hogy olyan tárgyat választok, amelynek vajmi csekély gyakorlati haszna van. Nagyobbat nem is tévedhettem volna.

Miközben végigküzdöttem magam az elméleti matematikán, amit az egyetemen tanítottak, és bemagoltam a Bolzano-tételt meg a vektortér definícióját, az alkalmazott matematikai kurzusok tartották bennem a lelket. Buzgón jegyzeteltem, amikor az előadó bemutatta, milyen matematikai eljárásokat használnak a mérnökök hídépítéskor, nehogy berezonáljon a híd, és leszakadjon a széltől; vagy a repülő szárnyának tervezésekor, nehogy lezuhanjon a levegőből a gép. Megtanultam a kvantummechanikát, amelynek segítségével a fizikusok megértik az atomméret alatti különös történéseket, továbbá a speciális relativitáselméletet, amely a fénysebesség állandóságának elvéből eredő furcsa következményeket vizsgálja. Hallgattam kurzusokat a matematika alkalmazásáról a kémia, a pénzügy és a közgazdaságtan területén. Olvastam arról, hogyan használható a matematika a sportban az élsportolók teljesítményének növelésére, meg a filmgyártásban, ahol olyan jeleneteket hoznak lét-

re számítógéppel, amelyek egyszerűen nem létezhetnek a valóságban. Egyszóval megtanultam, hogy a matematika nyelvén szinte mindent le lehet írni.

Egyetemi tanulmányaim harmadik évében olyan szerencsém volt, hogy felvehettem egy matematikai biológia kurzust. Az előadót Philip Maininek hívták. Ez a negyvenes éveiben járó északír professzor lebilincselő előadó volt. Nemcsak hogy szakterülete kimagasló alakjának számított (később bevásztották a Királyi Természettudományos Társaság tagjai közé), de nyilvánvalóan imádtta a szaktárgyát, és lelkesedése átragadt az előadóteremben ülő hallgatókra is.

Philiptől nem pusztán matematikai biológiát tanultam, hiszen arra is megtanított, hogy a matematikus érző emberi lény, nem pedig egydimenziós automata, aminek oly gyakran lefestik. Ahogy azt a valószínűség-számítással foglalkozó magyar tudós, Rényi Alfréd megfogalmazta, a matematikus nem pusztán „olyan gép, amely kávéból tételeket készít”. Philip irodájában ülve várahoztam, hogy elkezdjük a doktori képzésre való felvételi elbeszélgetésemet, amikor megláttam, hogy jó néhány bekeretezett elutasító levél lóg a falon, amelyeket első osztályú focikluboktól kapott, miután tréfából jelentkezett a megüresedett menedzseri állásokra. Végül többet beszélünk a futballról, mint a matematikáról.

Tudományos pályafutásom szempontjából döntő jelentőséggel bír, hogy Philip segítségével újra meg kellett ismerkednem a biológiával. Az ő irányítása mellett írtam a doktori disszertációm, és közben mindenfélével foglalkoztam: megértettem a sáskák rajzási szokásait és azt, hogyan lehet őket megállítani, valamint az embrió fejlődésének vak baletthez hasonló koreográfiáját, és hogy milyen végzetes következményekkel jár, ha ez a

tánc kiesik a ritmusból. Modelleztem a madártojások gyönyörű színének a kialakulását, algoritmusokat készítettem a szabadon úszó baktériumok mozgásának követésére. Szimuláltam az immunrendszerünkön kifogó parazitákat, modelleztem a halálos betegségek terjedését a populációban. A doktori képzés alatt elkezdett munka vált további pályafutásom szilárd alapjává. Jelenleg is foglalkozom a biológiának e lenyűgöző területeivel és más témákkal is – ma már a saját PhD-hallgatóimmal együtt, akiket az alkalmazott matematika docenseként oktatok a Bath Egyetemen.



Alkalmazott matematikusként a matematikát mindenekelőtt gyakorlati eszköznek tekintem, amelynek segítségével megérthetjük bonyolult világunkat. A matematikai modellek előnyeit élvezhetjük mindennapi élethelyzetekben, és ehhez nem feltétlenül kellene unalmas egyenletek száza vagy számítógépes kódok sorozata. A matematika alapvetően egyfajta minta. Ahányszor csak rátekintünk a világra, saját modellt építünk fel a megfigyelt minták alapján. Ha fraktálmintázatot veszünk észre egy fa ágai között vagy egy hópehely sokszorosán összetett szimmetriájában, akkor a matematika válik láthatóvá. Amikor egy zeneszám ütemére dobolunk a lábunkkal vagy amikor a hangunk visszhangzik és rezonál, ha a zuhany alatt énekelünk, akkor a matematikát halljuk. Ha a labdát becsavarjuk a kapuba vagy parabolikus röppályáján elkapjuk a krikettlabdát, a matematikát alkalmazzuk. Minden új tapasztalat és minden érzékszervi információ tovább pontosítja, alakítja és még részletesebbé, bonyolultabbá teszi a környezetünkről alkotott modellt. Legjobban úgy érthetjük meg a minket

körülvevő világot irányító szabályszerűségeket, ha matematikai modelleket építünk fel, amelyek megragadják a valóság sokszínűségét.

Meggyőződésem, hogy a legegyszerűbb, legfontosabb modellek a történetek és az analógiák. Leginkább azzal szemléltethetjük a matematika láthatatlan, rejtett áramlatának a hatását, ha bemutatjuk az emberek életére gyakorolt befolyását, a rendkívülitől a mindennaposig. Ha megfelelő szemüvegen át nézzük őket, elkezdhetjük kibogozni a hétköznapi tapasztalataink alapját képező, rejtett matematikai szabályokat.

E könyv hét fejezete sorsfordító események igaz történetét mondja el, amelyekben a matematika alkalmazása (vagy helytelen alkalmazása) kulcsszerepet játszott: betegek rokkantak meg hibás gének miatt, ártatlanok estek áldozatul bírói tévedéseknek, vállalkozók mentek csődbe helytelen algoritmusok miatt és mit sem sejtő felhasználók szenvedték meg a számítógépes hibákat. Olyan vállalkozókat követünk nyomon, akik vagyonoikat herdálták el, és szülőket, akik a gyermeküket veszítették el – mindezt matematikai félreértések miatt. Etikai dilemmákkal küszködünk, a szűrővizsgálatoktól a statisztika ravaszságáig, és olyan húsba vágó társadalmi kérdéseket boncolgatunk, mint a politikai szavazások, a betegségmegelőzés, a büntető igazságszolgáltatás és a mesterséges intelligencia. Könyvünk bebizonyítja, hogy a matematikának mélyreható és jelentőségteljes mondanivalója van ezekről a dolgokról – ahogy sok minden másról is.

De nem elégszem meg annyival, hogy rámutatok azokra a területekre, ahol a matematika jelen van. Az elkövetkező oldalakon olyan egyszerű matematikai szabályokat és eszközöket adok az olvasó kezébe, amelyek segítségé-

re lehetnek a mindennapi életben: kezdve attól, hogyan szerezhethjük meg a legjobb ülőhelyet a vonaton egészen odáig, hogyan őrizzük meg a józanságunkat, amikor váratlan vizsgálati eredményt közöl velünk az orvos. Egyszerű módszereket javaslok a számszaki hibák elkerülésére, és nyomdafestékkal mocskoljuk be a kezünket, miközben kibogozzuk a főcímek mögött rejtőző számokat. Ezenkívül közeli, személyes kapcsolatba kerülünk a fogyasztói genetika mögött meghúzódó matematikával, működés közben figyeljük meg a matematikát, mialatt rávilágítunk azokra a lépésekre, amelyeket magunk is megtehetünk, hogy segítsünk megakadályozni egy halálos betegség terjedését.

Ahogy remélhetőleg már kitalálták, nem matematika-könyvet tartanak a kezükben. Nem is matematikusoknak szóló könyvet. A lapjain egy árva egyenlettel sem fognak találkozni. Ez a könyv nem az iskolai matematikaórák emlékét kívánja felidézni, ami talán hosszú évekkel ezelőtt feledésbe merült. Éppen ellenkezőleg: ha valaha is kirekesztettnek érezték magukat, és elhitték, hogy a matematika nem való önöknek, vagy gyenge eredményt értek el belőle, akkor tekintsék ezt a könyvet egyfajta felszabadításnak.

Őszintén hiszem, hogy a matematika – ha megfelelő módon adjuk elő – bárki számára érthető lehet, és mindnyájan felismerhetjük a nap mint nap megtapasztalt bonyolult jelenségek háttérében meghúzódó, nagyszerű matematikai törvényszerűségeket. Ahogy azt a következő fejezetekben látni fogjuk, éppen úgy a matematika áll az elménket megzavaró téves riasztások mögött, mint a hamis biztonságérzet mögött, amitől nyugodtan alszunk éjszaka, sőt a közösségi média által ránk zúdított történetek és az ott terjedő mémek mögött is. Matematika az

is, ahogy lyukak keletkeznek a törvény szövetén, de egyben a tű is, amellyel befoltozzák a lyukakat; matematika az életmentő technológia, de azok a hibák is, amelyek kockázatosá teszik; matematika egy halálos betegség megjelenése meg az a stratégia is, amivel legyőzik. A matematika jelenti a legnagyobb reménységünket arra nézve, hogy valaha is megválaszoljuk a világegyetem rejtélyeit és saját fajunk titkait. A matematika végigkísér minket életünk milliárd ösvényén, és a fátyol mögött vár ránk, hogy majd visszanézzen ránk, amikor utoljára veszünk levegőt.