

Marcus Du Sautoy: A kreativitás kódja. Hogyan tanul a mesterséges intelligencia írni, festeni és gondolkodni. Park Könyvkiadó, 2022; ISBN: 9789633555774

„A mesterséges intelligencia úttörője, Alan Turing sok éve tette fel akkor botrányos kérdését: 'Tudnak a gépek gondolkodni?'. Ma az oxfordi matematikus Marcus du Sautoy hasonlóképp provokatív kérdése: 'Tudnak a gépek alkotni?'”

– a Forbes bevezető mondata nagyinterjújához a szerzővel.

Vajon kiderül-e, hogy a Tervező arra használta fajunkat, amire maga nem volt képes: létrehozni a fejlett, önálló mesterséges intelligenciát?

– Stanislav Lem nyomán.

A *University of Oxford* róla szóló oldala hosszan sorolja eredményeit, kitüntetéseit, elismeréseit. Ebből: „Charles Simonyi Professor for the Public Understanding of Science”, matematikaprofesszor és Fellow a New College-ban. 2010-ben megkapta az Order of the British Empire rangot „a tudománynak tett szolgálataíért”, 2016-tól Fellow of the Royal Society.

Az egyetem oldalán az *eredeti kiadó, a 4th Estate ajánlója* – abból:

(Hivatkozás nélküli idézetek a könyvből, kiemelések a recenzió szerzőjétől.)

„Az emberi fajnak a rendkívüli adottsága, hogy műalkotásokat tud létrehozni, amelyek kiterjesztik és átformálják, mit jelent ember lenni. (Izgalmas kérdés, mit is tekintünk műalkotásnak. A kidolgozás fejlettségét tekintve akár egynémely madárfaj fészke is 'műalkotás', messze inkább, mint pl. az 'objet trouvé' műfajának sok 'reमेke', ám hiányzik belőlük egy esszenciális tényező: hogy mondani akarnak vele valamit a nyilvánvalón túl. Az ember a műalkotással mindig ezt teszi. Hogy aztán mit és miként terjeszt ki és formál át vele, az egyebek közt erősen függ a korszellemtől, amelyre ugyanakkor maguk a műalkotások is hathatnak – Osman P.) *Az ilyen alkotások kifejeződései annak, amit du Sautoy 'a kreativitás kódjának' nevez.* Mégis, vannak, akik úgy tartják, hogy a fejlemények a mesterséges intelligenciában (MI) és a gépi tanulásban (ML) olyan kifinomultak, hogy azok megtanulhatják, mit jelent ember lenni – azaz képessé válnak feltörni e kódot.” – Itt két választásunk van: vagy hiszünk az anyagtól független szellem létezésében, vagy el kell fogadnunk, hogy ha a technika képes az agy paramétereivel bírni, netán azokat túl is szárnyaló informatikai rendszert létrehozni, aligha áll valami is annak útjában, hogy az szintúgy birtokában legyen ennek a „rendkívüli adottságnak”. „*Vajon az MI új eszközei azt is elhozhatják, hogy többé nem csak az ember képes művészetet alkotni? Ebben a könyvben du Sautoy azt vizsgálja, mit jelenthetnek ezek az új fejlemények mind az alkotóművészetekben, mind pedig saját területén, a matematikában.* A Turing tesztől az AlphaGo-ig (utóbbiról szó lesz – Osman P.), *vannak-e határok abban, hogy mire képesek az algoritmusok, vagy azok tökéletesen utánozni tudhatják az emberi kreativitást? Mi több, képesek lehetnek-e segíteni Marcust, hogy mélyebben belelásson a komplex matematikai problémákba, amelyekkel oly gyakran küzd?*”

A *Harvard University Press ajánlójából*: „Képes-e egy gép megtenni bármit, amit az ember – csak jobban? Most, hogy az algoritmusok képesek tanulni és alkalmazkodni, vajon a gépek is részesei lesznek a kreativitás jövőjének? *Nehéz elképzelni jobb idegenvezetőt az MI elképesztő világához, mint az ünnepelt oxfordi matematikus, du Sautoy.* Programok már készítenek műveket írók, festők, zeneszerzők alkotásainak hasonlatosságára, ám vajon csak utánoznak, vagy megvan bennük, ami az alkotáshoz kell? Du Sautoy úgy érvel, hogy e kérdés megválaszolásához meg kell értenünk, miként működnek az ezeket alkotó algoritmusok.

A legtöbb MI-ről szóló könyv a munka jövőbeni világára összpontosít. Ez a *kreatív technológiák élvonalába visz minket*, és egy sokkal pozitívabb és váratlan víziót kínál jövőbeli együttélésünkről a gépekkel.”

Részlet a Forbes fentebb említett nagyinterjújából (2019. máj. 22):

- „Mit gondol, ha az MI valaha is sikeresen meghaladja a Lovelace-tesztet (a tesztről kissé lentebb – Osman P.), az ünneplésre vagy aggodalomra ad majd okot?
- Arra hajlok, hogy izgalmasnak találjam, mintsem félelemkeltőnek. Jelenleg, az MI egy rendkívül erőteljes eszköz, amely egy új birodalomba vihet minket, embereket. Az igazi kihívás itt elválasztani a kódot (az MI-t – Osman P.) a kódolótól: *hol a pont, amikor azt mondhatjuk, a kreativitás valóban a kódhoz tartozik, és nem a kódolóhoz?* Ami ma igazán izgalmassá teszi a Lovelace-tesztet: *a gépi tanulás és a mélytanulás esélyt ad nekünk, hogy olyan kódot alkossunk, amely képes fejlődni, megváltozni, és elkezdheti leválasztani magát az eredeti emberi kódolóról.*
- Miben látja a legnagyobb potenciált az MI számára az emberi kreativitás kiterjesztésében?
- *A kreativitás erőteljes előmozdítása valóban érdekes példái közé tartoznak a kreatív, egymással viaskodó hálózatok, ahol egy algoritmusban megragadjuk a módot, ahogy az alkotó művészek dolgoznak. Az elképzelés: létrehozni két algoritmust, amelyek két gondolkodási séma szerint működnek: az alkotó és a megkülönböztető (discriminator), s ezek együttműködnek, hogy létrehozzanak valamit, ami mindkettjük ítélete szerint értékkel bír.*

Megtaníthatjuk az algoritmust, hogy 'kitörjön a sablonból', de az kell, hogy e kitörés úgy történjék, hogy valami érdekeset eredményezzen. Ehhez tehát kell egy algoritmus, hogy megítélje, vajon a szabályszegések hoztak-e nekünk valami érdekeset.

A magam munkájában ezt egyértelműen tapasztalom. Matematikusokkal dolgozom világszerte, és úgy találom, hogy egy másikkal együttműködve sokkal nagyobb haladást tudok elérni. Például, egy ilyen együttműködésben én vagyok az az örült alkotó, aki különféle dolgokat próbál ki, széttör és összerak, és ő a megkülönböztető, aki mondja: 'nem, ez nem működik' vagy 'ez nem teljesen így van'. Egy kreatív viaskodó hálózatban két algoritmusunk van, amelyek egymást ösztönzik messzire menni, de nem túl messzire.

- Mit gondol, az emberi kreativitás kiterjesztésének eszközeként az MI hol ütközik a maga korlátaiba?
- Meglepő módon, *ahol az MI vergődni látszik, az az írott szó*. Óriási adattömegeink vannak a számítógépek számára, hogy tanuljanak belőlük, és valóban képesek is voltak megtanulni nagyon hatékonyan fordítani, de nem azzal a finom árnyaltsággal, ahogyan az ember fordít egyik nyelvről a másikra. (Ez érthetőnek tűnik. Ahol az MI, egyelőre legalábbis, a legkevésbé képes közelíteni az emberi elme teljesítményét, az nagy valószínűséggel az érzelmek és hangulatok világa, az érzelmi intelligencia. A szépirodalomban pedig a jó fordításnak legalább annyira a mű érzelmi töltetét és hangulatát kell visszaadnia, mint a szavak pontos, szikár jelentését. Egy szerelési utasítást fordítani könnyű, ám egy impresszionista verset? De miként is tanulhat az MI érzelmeket és illékony hangulatokat? Talán megkockáztatható: ahogy az MI önálló gondolkodóvá válik, magas szintű gondolkodóként először valószínűleg a savant szindrómás autistákhoz lesz hasonló, náluk sokkal szélesebb és mélyebb tudással, de hasonló problémákkal – Osman P.)
- Könyve vége felé ’bevallja’: *egy 350 szavas szakaszát egy algoritmus írta. Bárki is felfedezte már azt?*
- *Még a szerkesztőm sem tudta*. Nem akarom megmondani, melyik ez a szakasz, mert szórakoztató az olvasónak, hogy találja meg magának. De ez egy remek példa bemutatni az egész dolog összefüggéseit: a könyv valamiképp önmaga kifejezőjévé válik.”

S jöjjön a köny!

„*A műalkotás szabályt teremt; a szabály nem teremt műalkotást.*’ Claude Debussy” – ezzel az idézettel nyit. Ám miféle szabályt teremt a műalkotás, és vajon nem maga Sautoy szerint is épp az az alkotás, ha a szabályon túllépve hozunk létre sikeres, megragadó újdonságot? A szabály meghatározza a világot – azon belül maradni, mi abban az alkotás? Témánkhoz kapcsolódva, ha az algoritmus a programsora szerint működik, mi abban az intelligencia?

Indulásul Ada Lovelace-t idézi: „*Az ő észrevételeit tekintik a kódalkotás felé tett első, úttörő lépésnek*. Ebből a gondolati magból bontakozott ki a mesterséges intelligencia egész mai világunkon végigsöprő forradalma.” Elmondja: Lovelace Charles Babbage gépének terveit vizsgálva jutott arra a következtetésre, hogy „[a]z analitikus gépnek nem célja valamit teremteni. Azt végzi el, amire utasítjuk. Megvannak a korlátai: *csak annyit kaphatunk tőle, amennyit beletettünk* – nem többet.” „*Ez a gondolat sokáig volt mantrája a számítástudománynak*. Néhányan azt vetették fel, hogy csak akkor programozhatunk egy gépet intelligenssé, ha előbb megértjük az emberi intelligenciát.” – Nyilvánvaló, hogy ez teljesíthetetlen premissza lenne – messze vagyunk az emberi intelligencia mibenlétének és működésének megértésétől, s alighanem épp a mesterséges intelligencia lesz az, amely egyszer majd eljut ennek feltárására. Szerencsére, amint itt következik, a fejlesztés más utat választott – ha tetszik, kitört e felállított szabályból.

„Hogy mi zajlik a fejünkben, az továbbra is rejtély, de az utóbbi években újfajta módja támadt a kódról való gondolkodásnak. A programozás 'felülről lefelé' módszerét felváltotta a 'lentől felfelé' szemlélet: hagyjuk az útkeresést a számítógépre. Kiderült, hogy nem kell előzetesen tisztázni, mi az emberi intelligencia. Engedjük a gépet járkálni a digitális tájon, hadd tanuljon, mint a gyermek. A gépi tanulással létrejött kódok meglepően lényeglátó lépéseket kínálnak; addig észrevétlen jellegzetességekre figyelnek fel az orvosi képalkotásban, és okosan fektetnek be a részvénypiacon. A kódolók mai nemzedéke bízik benne, hogy végre rácsáfolhat Ada Lovelace-re: mégiscsak kaphatsz többet annál, amennyit beprogramoztál.” – Ez a lényege az öntanulás képességének.

„De van az emberi törekvésnek egy olyan birodalma, amelyről még úgy gondoljuk, hogy oda sohasem tehetik be a lábukat a gépek: éspedig a kreativitás. (Az egész könyv lényegében ennek ellenkezőjét bontja ki, az ütemet, utakat és a távlatokat vizsgálva – Osman P.) Rendkívüli képességünk van a képzeletre, az újításra, olyan műalkotások létrehozására, amelyek kitágítják, átalakítják és magasabbra lendítik az emberi létet: azt, hogy mit jelent embernek lenni. Ezt a fajta kiáradást, kisugárzást nevezem emberi kódnak. Erről a kódról azt gondoljuk, hogy csak az emberre jellemző, hiszen azt tükrözi vissza, hogy mi az: embernek lenni. (Valójában mi is az: embernek lenni? Szinte beláthatatlanul nagy irodalma van ennek, ám igazán helytálló, a modern tudomány kritériumai szerinti meghatározása viszont nincs. Platón kétlábú tollatlan állatától a technikailag debilig, a kocsmatöltelékgig, a sorozatgyilkosig, Mozartig, Einsteinig, Hitlerig és Kalkuttai Szent Terézig, a biológiai hardvertől eltekintve miben áll a kritériumként vehető közös nevező? Talán majd ha az MI eljut az emberével vetekedő intellektuális szintre, akkor világlik ki – már ha kiviláglik –, miben áll embernek lenni? – Osman P.) Hogyan is remélhetné egy gép, hogy valaha is alkotóként Mozart, Shakespeare vagy Rembrandt nyomdokaiba léphet – netán még versenyezhet is velük?

Túlnyomórészt a Nyugat művészetére fogok hivatkozni. Ezt ismerem. Izgalmas lenne persze tudni, hogy más kultúrák művészete mennyivel inkább lehetne egy gép kimenetele, de az a gyanúm, hogy itt valami egyetemes kihívásról, próbatételről van szó – olyasvalamiről, ami túl van a kulturális határokon. (Valóban, hasonlóképp az 'embernek lenni' kérdéséhez, miként definiálható, mi a művészet? Mi a közös a klasszikus feketeafrikai vasszobrocskáiban, a Mona Lisában, a kubistákban, a nonfiguratív absztraktokban és Andy Warhol Marilyn Monroe-jában? – Osman P.)

Csúsós pályán folytatja, roppant vegyes példák sorolásával: „Az emberi kreativitás persze túlnyúlik a művészeteken; példa rá a Michelin-csillagos Heston Blumenthal molekuláris gasztronómiája, a holland futballcsatár, Johan Cruyff cselei, Zara Hadid íves körvonalú épületei, a Rubik-kocka. Még a Minecraft és a hozzá hasonló játékok kódjának megalkotását is az emberi kreativitás nagyszerű megnyilatkozásának tekinthetjük.”

S a konklúzió: „De mit értünk valójában azon a hol ilyen, hol olyan alakban megjelenő szón, hogy kreativitás? Akik megpróbálták már megfogni, azok rendszerint három elgondolás körül köröznék: a kreativitás készítés valami új, meglepő és hasznos létrehozására.” A továb-

biakban Du Sautoy a „hasznos” helyett „értékesről” beszél, s ezzel újabb kérdés áll elénk: mi tekintendő értékesnek? „Vajon mi tesz valamit értékessé? Csupáncsak ár kérdése volna? Másoknak is el kell ismerniük ahhoz, hogy értékes legyen? Tarthatok éppenséggel értékesnek egy általam alkotott verset, festményt, de nem valószínű, hogy szélesebb körben is egyetértésre találnék. (Ismét egy fogalom, amelyet értelmezni kell: 'értékes'. Az érzelmi érték teljesen elkülönül a gazdaságitól, Az alkotónak 'értékes' lehet a műve, a szülőnek a gyermeké, mert érzelmileg kötődnek hozzá. Gazdasági értelemben viszont bármi csak akkor és annyiban értékes, ha és amilyen értéken azt mások elismerik – Osman P.) Lehet fordulatossá egy regény, de attól még nem lesz feltétlenül értékes is. De a történetmesélésben, építészetben vagy zenében egy új és meglepő felfogásmód – ha mások is elfogadják, és máshogy látjuk vagy tapasztaljuk tőle a dolgokat – általában értékesnek minősül. *Ezt nevezte Kant 'példaszerű eredetiségnek': egy eredeti cselekedet, amely másokat inspirál. Ezt a fajta kreativitást régóta jellegzetesen emberinek tekintik.*”

Fura tétel következik: „De a kreativitás egy bizonyos szinten nem több kémiai és idegi jelenségeknél. Ez az emberi kód évmilliók fejlődéssel íródott az agyunkba. *Ha boncolgatni kezdjük az emberi faj kreativitásának megnyilatkozásait, akkor lassan felismerjük, hogy a kreatív folyamat szabályokban gyökerezik.* Lehetséges volna, hogy kreativitásunkban több az algoritmus és a szabályszerűség, mint szívünk szerint elismernénk? (Alighanem elmondható, hogy az ember már egyre inkább az eredeti biológia alapra – Homo sapiens sapiens – épülő társadalmi termék, hiszen a gondolkodását, magatartását, életvitelét és a mindezeket meghatározó értékrendjét az egymást követő társadalmak ráhatásai határozták meg, s még inkább az, amelyben nevelkedett és él. Fokozottan áll ez a kreativitásra – Osman P.)

Ennek a könyvnek az a célja, hogy az új mesterséges intelligenciát a határaiig szorítva kiderítse, vajon versenyezhet-e az az emberi kóddal – vagy netán túl is léphet rajta? Tudhat-e egy gép festeni, zenét szerezni vagy regényt írni? Ha megismerkedik a ránk hatással lévő művészettel, és megérti, miben tér el az a szürke hétköznapitól, akkor vajon kreatívvá válhat-e tőle? Vagy kiterjesztheti-e a mi kreativitásunkat, és segíthet-e olyan lehetőségeket meglátnunk, amelyek eddig elkerülték a figyelmünket? A kreativitás nehezen megfogható szó, sokféleképpen érthető a különféle körülmények között. *Itt legfőképpen a művészeti kreativitással fogok foglalkozni.*”

Indíttatás: „Egyebek között éppen a *kreatív indíttatás, lendület különböztet meg lényegileg bennünket más állatoktól.*” – Új fogalom lépett be: „kreatív indíttatás, lendület”. Minél többet tudunk az állatokról, annál többükönél ismerhetünk fel bizonyos kreativitást, különösen az eszközhasználatban. Ebben azonban kreatív indíttatás nincs, az állat az idők folyamán kialakult „operációs rendszere” szerint viselkedik, s nem törekszik arra, hogy abból kilépve valami újat hozzon létre.

„*A mesterséges intelligencia létezése elevenünkbe vág:* megmutatja, hogy jó néhány emberi feladatot gépekkel is el lehet végeztetni – talán még hatékonyabban is. Ez a könyv azonban

nem a vezető nélküli autó meg a számítógépes orvoslás jövőjét kutatja, hanem azt igyekszik kideríteni, hogy ezek az algoritmusok a lényegre tekintve versenyre kelhetnek-e az emberi kóddal. Lehet-e kreatív a számítógép? Mit jelent kreatívnak lenni? (Ez a mindinkább csilliórd dolláros kérdés, körülötte forog az egész mondanivaló! Lényegében azt jelenti, minőségben túl tud-e lépni önmagán az ember segítségével nélkül – Osman P.) Ezeket vizsgáljuk majd, és néhány más dolgot is.”

„Az emberek művészi teljesítménye lehetővé teszi, hogy betekintést kapjunk az agyunkat működtető összetett emberi kódba; s látni fogjuk, éppígy a számítógépek által generált művészet is meglepően hatásos utat kínál az algoritmusok működésének megértéséhez.” – Valóban? Ha olyan, kétségkívül „igazi” művészek teljesítményét nézzük (bármit is jelent voltaképp a „művész” és az „igazi”), mint Picasso és Salvador Dalí, legalább kétféle betekintést kapunk az „emberi kódba”, s e kettő különféle ötvöződései is. A talán kissé naiv alap, hogy két művészóriási alkot. Egy lépéssel továbbmenve, két művészóriási alkot a korszellemnek megfelelően. A korszellem ugyanakkor egy igen sajátos váltáshoz is alapul szolgál, hiszen kevés kivétellel áruvá tesz szinte mindent. Ez Dalí és Picasso műveit kétarcúvá teszi – igazából a képzőművészeti alkotások egész világát –, s míg ezek egyike az intellektuális alkotás, a másik a befektetési eszköz, amely jó választás esetén nyereségszerzésre szolgálhat. Ez utóbbit tekintve elmondható, hogy Dalí és Picasso a 20. század legnagyobb marketing-zenijeit közt voltak, s mindkettejük talán legnagyobb műve a kép, amelyet önmagukról a közgondolkodásban teremtettek, s amely erősen hozzájárul műveik fogadtatásához is. Talán még csak nem is túlzás felvetni, hogy Picasso *Femme-fleur c.* alkotását leginkább egy dolog különbözteti meg egy tehetséges gyerek művétől, s ad neki sajátos egyediséget és vele igen magas anyagi értéket: az ő neve. Viszont ne tévesszük szem elől: a név képessége, hogy értéket adjon bárminek, maga is egy rengeteg munkával és kreativitással létrehozott alkotás! Gazdasági pályán ez a branding.

„A lentről felfelé módszer szerint előállított kóddal egyebek között az a nehézség, hogy a kódolók valójában nem is értik, hogyan működik az előálló végleges kód. Miért dönt így a gép? A gép által létrehozott művek szinte nagytitokot adnak a gép tudattalan döntéseinek elemzéséhez. („Tudattalan”?? – Osman P.) És felfedhetik azokat a korlátokat, veszélyeket is, amelyek óhatatlanul együtt járnak a kódkészítéssel, még ha nem értjük is őket minden részletükben.”

Lovelace-teszt: „A jó matematikusnak fontos jellemzője az intuíció és a művészi érzékenység. Ezeket a vonásokat pedig sohasem lehet egy gépbe beprogramozni. Vagy talán mégis?” – „Beprogramozni” – de mit is? Aligha kétséges, hogy valódi MI-vé az öntanuló MI válhat, amely minden bizonnyal előbb-utóbb megszerzi az önfejlesztés képességét is. Így már csak az öntanulás képességét, sőt, talán csak annak kiindulását kell jól beprogramozni. Remek példa erre az AlphaGo létrehozása, amelyről később szólnunk. „[Lovelace] hitt benne, hogy a kreativitás a kódolóéból fakad, nem a gépből. Eltolható-e valamelyest ez a részarány a kód felé? A mai kódoló-nemzedék úgy tartja, hogy igen.”

„A mesterséges intelligencia feltűnésének hajnalán Alan Turing felvetett egy nevezetes tesztet a számítógép intelligenciájának felmérésére. Magam most egy új teszttel szeretnék előállni: a Lovelace-teszttel. *Egy algoritmus akkor megy át ezen a Lovelace-teszten, ha sikerül megismételhető módon (vagyis nem hardverhibából adódóan) létrehozni valamilyen műalkotást, de a programozó nem talál rá magyarázatot, hogy az algoritmus ezt hogyan csinálta. Ez a gép által teljesítendő próbatétel: előállni valami újjal, meglepővel és értékessel.* A gép részéről, hogy csakugyan kreatívnak lehessen tartani, szükség van még egy lépésre: többet kell hozzáadnia a végeredményhez, mint amennyi a kódoló és a kezdeti adatokat összeállító ember kreativitásából adódna. Ada Lovelace ezt a követelményt gondolta teljesíthetetlennek.”

A teremtőkészség teremtése c. második fejezet érdekes paradoxonnal indul. Mottója egy Picasso-mondás: „A kreativitás legfőbb ellensége a józan ész”, ami nyilvánvalóan nem igaz (legfőképp a józan ész viszi előre az innovációt, s vállalja a velejáró kockázatokat és befektetéseket a fejlődés, és végső soron az életbenmaradás érdekében), viszont a mondás remekül illik Picasso talán legfőbb alkotásába, a maga zseniális kreativitással létrehozott, megragadó szélsőségekre és ellentmondásokra épített arculatába.

Sautoy itt Margaret Bodent idézi, a Royal Society ama bizottságából, amely „azt igyekszik felmérni, hogy vajon milyen hatása lesz a gépi tanulásnak a társadalomra a következő évtizedekben. *Bodennek a kreativitásról szóló gondolatait éreztem a legtalálóbbnak a gépi kreativitás tanulmányozásához vagy értékeléséhez.*”

„Boden eredeti gondolkodó, évtizedek óta sikerrel kapcsol össze különféle tudományterületeket; egy személyben filozófus, pszichológus, orvos, a mesterséges intelligencia szakértője és a kognitív tudományok művelője, aki mindig tevékeny elméjével nyolcvanon túl is lelkesen latolgatja, *mire lehetnek képesek a számítógépek. E tekintetben az emberi kreativitás három típusát különböztette meg:*

A felfedező kreativitás a már meglévőt veszi alapul, annak a határait feszegeti: mi minden lehetséges a szabályok adta kereteken belül.” Sautoy példákat hoz Bachtól, Renoiron és Pissarrón át Claude Monet-ig, majd „[a] matematika örömet leli az effajta kreativitásban.” „Boden úgy véli, hogy *a felfedezés teszi ki az emberi kreativitás 97%-át. A számítógépek kitűnőek ebben a fajta kreativitásban; számítástechnikai eszközökkel a végletekig lehet juttatni egy mintát vagy szabályrendszert, mert sokkal több számítás végezhető el velük, mint emberi aggyal. De vajon elegendő-e ez? Ha valóban eredeti teremtő aktusra gondolunk, akkor általában valami még sokkal váratlanabbat képzelünk el.*”

„*A kreativitás második fajtáját a kombináció jellemzi.* Gondoljunk arra, ahogyan egy művész vesz két teljesen eltérő konstrukciót, és megkísérli ötvözni őket. Az egyik világot irányító szabályok sokszor érdekes új keretet sugallnak a másik világra nézve. A kombináció nagyon hatékony eszköz a matematikai kreativitás területén. (Példák következnek – Osman P.) A művészetek is sokat nyerhetnek a kölcsönös megtermékenyítő hatásból. (Példák ze-

nétől kreatív mesterszakácsokig – Osman P.) Érdekes jelek utalnak arra, hogy *ez a fajta kreativitás tökéletesen megállhatja a helyét a mesterséges intelligencia világában is.*”

„A legrejtélyesebb és legkevésbé megfogható az *átalakító kreativitás*. Ez működik azokban a ritka pillanatokban, amelyekben az egész játék megváltozik. Minden művészeti formában ott vannak ezek az ugrásszerű változások. Az ilyesfajta átalakulások nagyon sokszor együtt járnak a játékszabályok megváltozásával, vagy egy, az előző nemzedékek által elfogadott feltevés elvetésével. *Megindíthat-e a számítógép ilyesfajta fázisátalakulást, átlendíthet-e bennünket egy új zenei vagy matematikai állapotba? Ez tényleges próbatételnek tűnik.* Az algoritmusok megtanulják, hogyan teygenek valamit azoknak az adatoknak az ismeretében, amelyekkel kölcsönhatásba jutnak. Vajon nincsenek-e ezáltal arra kárhozotva, hogy mindegyre ugyanazt állítsák elő? Egy rendszert igenis lehet irracionális viselkedésűre programozni; kialakíthatasz olyan metasabályt, amely majd viselkedésének megváltoztatására készíti. *S ahogyan látni fogjuk, a gépek nagyon is jók ebben.*” – Álljunk meg itt két szóra! Először is: „a rendszert programozni” – a lényeg, amint arról szó volt, éppen az eredeti programtól való elszakadás, amikor az MI már maga alakítja a programját, szabályrendszerét. Így akár az eredeti programozóján bármilyen messze túllépve is eljuthat az átalakító kreativitáshoz. A másik: „irracionális” – a „racionális” mindig gondolkodásmóddhoz, értékrendhez kötött kategória. A kiinduló állapotban racionálisnak minősülőnek ellentmondó nem szükségképp irracionális, hanem lehet egy fejlettebb racionalitás megtestesítője is. Remek példa erre, amelyet Sautoy is hoz, az imaginárius számok bevezetése, de akár annak tűnhetett először a keszonbetegség kezelése a nagynyomású kamrával is. S amíg az MI meg nem tanul az emberhez hasonlóan félelmet érezni a kudarctól, szinte korlátlan információs bázisával és műveletvégző kapacitásával sokkal bátrabban, messze szélesebb határok közt kereshet átalakító kreativitással elérhető új eredményeket, mint az ember.

A könyvben itt alfejezeteként az egyik legalapvetőbb kérdés következik, minden fejlődés Szent Grálja: „*Tanítható-e a kreativitás?*” Az első válasz adja magát: valamilyen szinten igen, hiszen legalább az ókori görögök óta, s egyebek közt a képzőművész-mesterek műhelyeiben, ez történt, és történik minden mesteriskolában. E mesterek a „kódoló”, s részben a „kód” minőségétől, másrészt pedig a tanítvány tehetségétől függ, mennyire képes előbbre lépni. *Honnan az alkotás adománya, az ihlet?* – keresi Sautoy, és fontos tételt állít fel: „Lehet persze, hogy a művész nem képes elmondani, honnan erednek az ötletei, de abból még nem következik, hogy ne követne maga is szabályokat. *A művészet tudatos kifejeződése az öntudatlan gondolkodási folyamatainkat alkotó számtalan logikai kapu állapotának.*”

„*Mi kell a kreativitás ösztönzéséhez? Be lehetne azt programozni egy gépbe?* Volnának olyan szabályok, amelyeket betartva majd kreatívvá válunk? Más szóval, lehet-e a kreativitás tanult képesség?” – indul a következő gondolatmenet. Már az eddig olvasottakból is nyilvánvaló, hogy részben az, hiszen az embernek meg kell tanulnia egyebek közt, hogy elsőként önmagával „viaskodva” mérlegelje, gyomlálja és formálja a felmerülő kreatív ötleteit, és általában sok tárgyi tudás kell megvalósíthatóságuk mérlegeléséhez is. Amiről pedig még

csak sejtésünk sincs, csak szép meséink a múzsa csókjáról: mi tesz egyeseket zsenivé? „Némelyik ember az egyik területen kap teremtő erőre, egy másik területen meg nem, de *nehéz azt megérteni, hogy mitől lesz az egyik elme sakkbajnok, a másik meg Nobel-díjas regényíró.*” – Hogy fokozzuk: Bach, Mozart legalább bőven kapott családi indíttatást, „rásegítést”, de miként lesz az emberből egy szegény indiai családban, autodidakta módon, zseniális felfedező matematikus, a könyvben is említett Srínivásza Rámánudzsan? S mi lesz, ha az MI jut ilyen képességek birtokába? Ha ez utóbbi megtörténhet, az alighanem világfordító fejleményeket hozhat. Vélhető, hogy az MI fejlődése „tudatos” lesz, azaz tisztában lesz azzal, mit miként ért el. Akkor is, ha ez egy Gauss-, Einstein- vagy épp Rámánudzsan-osztályú alkotótehetség, ezzel pedig meglehetősen a kreativitáshoz vezető egyik út.

Sautoy az egyetemi munkájáról: „A matematikus doktoranduszoknak új matematikai konstrukciót kell létrehozniuk, hogy megszerezzék a PhD-fokozatot. Olyasvalamivel kell előállniuk, ami még nem volt. *Nekem az a dolgom, hogy megtanítsam nekik, hogyan ériék el ezt.* Persze valamilyen szinten már szereztek ebben némi gyakorlatot. Személyes kreativitás nélkül bajos lenne problémákat megoldani még úgy is, ha már ismeretes a megoldásuk.

A hallgatók kreativitásának előcsalogatásában *a Boden által azonosított háromféle kreativitást veszem alapul. A felfedezés talán a legnyilvánvalóbb út.* Először meg kell értened, hogyan jutottunk el oda, ahol éppen tartunk, majd megpróbáljuk egy kicsit kijebbn tolni a határokat. Ehhez mélyre kell merülni abban, amit már létrehoztunk. Ebből a mélyre merülésből azután kijöhet valami addig soha nem látott új.

Boden második stratégiája, *a kombinációs kreativitás*, ahogyan látom, hathatós fegyver új gondolatok előmozdítására. Gyakran igyekszem rávenni a hallgatókat, hogy járjanak el olyan témájú szemináriumokra, amelyeknek látszatra nincs semmi közük az őáltaluk kutatott problémákhoz; hogy olvassanak is ilyen tárgyú cikkeket. A matematikai univerzum egy más, távoli részletéből adódó gondolatok összevághatnak az éppen kutatott problémával, és új gondolatokat pendíthetnek meg. *A tudomány legkreatívabb darabjai éppen a tudományterületek találkozási pontjain bukkannak fel.* (Talán azért is, mert a másik terület valami mérőben új megközelítéssel vagy megoldásmóddal járulhat hozzá az előrelépéshez – Osman P.) *Minél jobban kitörünk a bezártságból, minél inkább megosztjuk gondolatainkat és problémáinkat, annál nagyobb eséllyel lehetünk kreatívak.* Itt sokszor nem is kell olyan magasra felnyúlni a gyümölcsökért.”

Első pillantásra *a transzformációs kreativitás* nem látszik éppen bevethető stratégiának. De a cél megint az eddigi korlátok némelyikének elhagyásával próbára tenni, kikezdeni a fennálló helyzetet. *Lássuk, mi lesz, ha megváltoztatunk egy szabályt* azok közül, amelyeket tárgyunkban sarkalatosnak tartottunk. Ez persze veszélyekkel jár, mert összedönthetjük vele az egész rendszert, de *ez visz el a kreativitás felkeltésében szükséges egyik legfontosabb összetevőhöz: ahhoz, hogy fogadd el a kudarcot.*

Ezek a stratégiák vajon kódba foglalhatók? [Ismétcsak: ami az igazán izgalmas, hogy maga az öntanuló, önfejlesztő MI a kiinduló programozásától a saját erejéből el tud-e jutni hozzájuk és rajtuk túlra is, ahol már az új megoldások, 'kódok' Shakespeare III. Richárdjának szavával „önmaguk nemzik meg önmagukat? (Vas István fordítása – Osman P.)

A múltban a kódolás 'felülről lefelé' felfogása azzal járt, hogy a kód kimenetében, az eredményben nem sok hely maradt a kreatitásnak. A kódolók sohasem voltak igazán meglepve az algoritmusuk adta eredményektől. Nem volt tere a kísérletezésnek, sem a kudarcnak. De mostanában megváltozott a helyzet: mert *egy, a hibáiból tanuló kódra épített algoritmus valami újat hozott létre, megdöbbentette az alkotóit is, és hihetetlen értéket teremtett.* Ez az algoritmus olyan játékban nyert, amelyről sokáig azt hitték, hogy gép ott sohasem juthat mesteri szintre. Azt a játékot csak kreativitással lehet játszani.”

„Vigyázz, kész, go!” címmel és öntanuló játékprogram kifejlesztésének történetével kezdődik a harmadik fejezet. Ebből lesz az AlphaGo. „Az American Go Association becslései szerint *a szabályos gojátszmák számát 300 számjeggyel lehetne leírni.* Claude Shannon számítógéptudós úgy tartotta, hogy a sakkjátszmák leírására 120 számjegy is elég lenne (ezt a számot ma Shannon-számnak nevezik). Egyik sem kicsi szám, de jól érzékeltetik a lehetséges permutációk roppant bőségét” – amelyekkel a játékosnak a viadal során igyekeznie kell számolni.

Menetelés a csúcra: „2016 elején híre ment, hogy *kifejlesztettek egy gojátékos programot, és az alkotói biztosak benne, hogy segítség nélkül helyt fog állni a legjobb hús-vér játékoskal szemben is.* A programot kidolgozó cég versenyt hirdetett. Hatalmas díjat tűzött ki, és meghívta az erőpróbára a világ egyik legjobb gojátékosát. A tizennyolcszoros dél-koreai világbajnok Li Szedel elfogadta a kihívást. A verseny öt játékból fog állni, mondták, és a győztes egymillió dolláros díjat vihet haza. AlphaGo: ez volt Szedel kihívójának a neve. Az AlphaGo Demis Hassabis szellemi gyermeke.”

A fejlesztés hosszú menetelésének elejéről, ami még messze sokkal egyszerűbb számítógépes játékokkal indította az öntanuló programot: „Olyan programot akartak írni, amely bemenetként megkapja a képernyőn megjelenő képpontok állapotát és a pillanatnyi pontszámot, majd elkezd játszani, hogy maximalizálja azt a pontszámot. *A programmal nem közölték a játék szabályait:* véletlenszerűen kellett kipróbálnia, hogyan mozgassa az ütőt a Breakoutban, vagy hogyan tüzeljen a lézérágyúval a Space Invadersben a leszálló idegenekre. Valahányszor csinált valamit, felmérhette, hogy azzal a mozdulattal sikerült-e növelnie a pontszámot, vagy nem. *Ezzel egy, az 1990-es években keletkezett ötletet foglaltak kódba, a megerősítéses tanulást:* az a jutalomfüggvényre vagy pontszámra tett hatás ismeretében újraszámolja a lépésekhez, mozdulatokhoz kapcsolt valószínűséget. Kezdetben, mivel a számítógép csak véletlenszerű mozdulatokkal próbálkozott, a gép alig kapott pontot. De valahányszor sikerült egy véletlenszerűen választott lépéssel megnövelnie a pontszámot, *mindig megjegyezte azt a lépést, és megerősítette ennek a lépésnek a jövőbeli használhatóságát.*”

gát. A véletlenszerű mozdulatok lassan eltűntek, és célirányosabbak léptek a helyükbe: azok, amelyekről a program megtapasztalta, hogy növelik a pontszámot.” „Négy évvel a DeepMind (a fejlesztők cége – Osman P.) létrehozása után, 2014-re a program a negyvenkilenc Atari játék közül huszonkilencben megtanulta, hogyan lehet jobb, mint az ember. A csoport elküldte a Nature-nek az eredményeket részletező tanulmányt, és az 2015 elején meg is jelent. A Nature-ben való megjelenés az egyik csúcspont a kutatók életében. De az ő cikkük még nagyobb elismerésben részesült: kikerült a címlapra. *A folyóirat felismerte, hogy ez hatalmas pillanat a mesterséges intelligencia történetében.*”

A továbblépéshez a nagyságrendekkel nagyobb feladatot jelentő go felé pénz kellett, s Hassabis eladta cégét a Google-nak. *„Az eladással megkapta a Google tűzerejét, és a lehetőséget arra, hogy valóra váltsa célját: a gót megoldó kód létrehozását... és azután az intelligenciáét.”* Kulcsmondat a fejlesztésről: *„Minden játszma változtat az AlphaGo kódján, és az AlphaGo azzal legközelebb már jobban játszhat”* – ami természetesen azt jelenti, hogy az AlphaGo maga végzi a változtatást a saját tapasztalatai és következtetései alapján. *„Azért olyan nehéz a számítógépre go-programot írni, mert nincs egyszerű mód arra, hogy a pillanatnyi állást mindenre kiterjedő pontozási rendszerbe illesszük – és abból kiolvassuk, ki vezet, és mennyivel. A sakk romboló játék. A bábok egymás után lekerülnek a tábláról, s a játék előrehaladtával egyre egyszerűbb lesz az állás. A go viszont a játék közben egyre bonyolultabbá válik. Ez konstruktív játék. A kommentátorok folyamatosan közölték észrevételeiket, de a játék végső lépései előtt nemigen tudták megmondani, hogy ki vezet”* – mindezzel természetesen az öntanuló programnak is meg kellett küzdenie.

Az MI megmutatja magát – a Szedol-mérkőzés: A mérkőzés egy pontján *„Az AlphaGo megtörte a több évszázadnyi versenyzésben kialakult ortodox felfogást. Néhány kommentátor nyilvánvalóan hibás lépést látott benne. Mások óvatosabbak voltak. Mindenki izgatottan figyelte, mit lép erre Szedol. Látni lehetett rajta, hogy alighanem éppúgy megdöbbsent ettől a lépéstől, mint mindenki más. Ült, és tizenkét percig gondolkodott. Ezt a játékot is időkorlátokkal játsszák, mint a sakkot. A játékidőből tizenkét percet felhasználni nagyon nagy áldozat volt. Jól látszott belőle, mennyire meglepő volt ez a lépés, ha Szedolnak ennyi időbe telt a válasz. Nem is értette, mit csinál az AlphaGo. Hibázott volna? Vagy látott valami olyat a játék mélyén, ami az emberek figyelmét elkerülte? Fan Hui (az AlphaGo korábbi ellenfele, akit már legyőzött) volt az egyik döntőbíró. Először úgy reagált, mint mindenki más: megdöbbenéssel. Aztán rájött: „Ez nem emberi lépés. Soha nem láttam embert, aki ezt lépte volna – mondta. – Egyszerűen gyönyörű. Gyönyörű. Gyönyörű.”*

Mindez csak a kiindulás a hosszú és megragadóan izgalmas felfedezőúton, amelyre Sautoy visz itt bennünket. Kissé megcsavarva a katonaindulóvá vált ír kocsmadalt, *„It’s a long way to iMachinery, it’s a long way to go...”,* és senki álmodni sem képes, azon túl mivé fejlődhet a tehetségét és képességeit maga fejlesztő, öntanuló MI.

Már csak két gondolat a zárófejezetből. „Szokás a mesterséges intelligencia kreativitását azzal is kétségbe vonni, hogy nem képes reagálni a maga kimenetelére, véleményt alkotni arról, hogy az jó-e vagy rossz, érdemes-e megosztani, vagy törölni kell. *De már az is bebizonyosodott, hogy meglehet benne az önreflexió képessége.* (Figyeljünk fel arra, hogy az önreflexióhoz értékrend kell, hiszen aszerint ítél. Ehhez tehát az MI-nek értékrendet kell rendelnie az ilyen döntései mellé. Ez újabb izgalmas távlat! – Osman P.) Létrehozhatók olyan ellenséges (az előzőekben: viaskodó – Osman P.) algoritmusok, amelyek megítélhetik, hogy egy műalkotás voltaképpen nagyobb részét utáncsat-e, vagy hogy nem tévedt-e a művészet határain kívülre (s ki/mi mondja meg, hol azok a határok? – Osman P.). Akkor miért érzem még mindig azt, hogy az emberi kreativitás változatlanul jóval előbbre tart, mint ezek a csodálatos új eszközök?” A kulcsszó itt talán a fenti „létrehozhatók”. Sautoy világosan kifejti, hogy az igazi MI azzal születik, ha teljesen elszakad az alkotójától, ám itt – mintegy régi beidegződésként – mégis „létrehozásban” gondolkodik a kifejlődés, önfejlesztés helyett. Ez a következő idézetben is visszaköszön.

„*Mi lenne akkor, ha egy gép csakugyan tudatossá válna? Honnan szerezhetnénk egyáltalán tudomást róla? A tudata vajon hasonló lenne a miénkhez? Nem hiszem, hogy lenne valami lényegi ok, amiért a jövőben valamikor ne tudnánk tudatos gépet gyártani. (S ha nem mi tesszük, hanem, a korábbi Shakespeare idézettel, önmaga nemzi meg önmagát? – Osman P.) Ha sikerülni fog, arra számítok, a gépi tudat nagyon különbözni fog a miénktől. És biztos vagyok benne: el akarja majd mondani, hogy milyen. Ekkor a kreatív művészetek nagyon lényegesek lesznek az egymáshoz való hozzáférésben: vajon milyen érzés a másiknak lenni.*”

Dr. Osman Péter