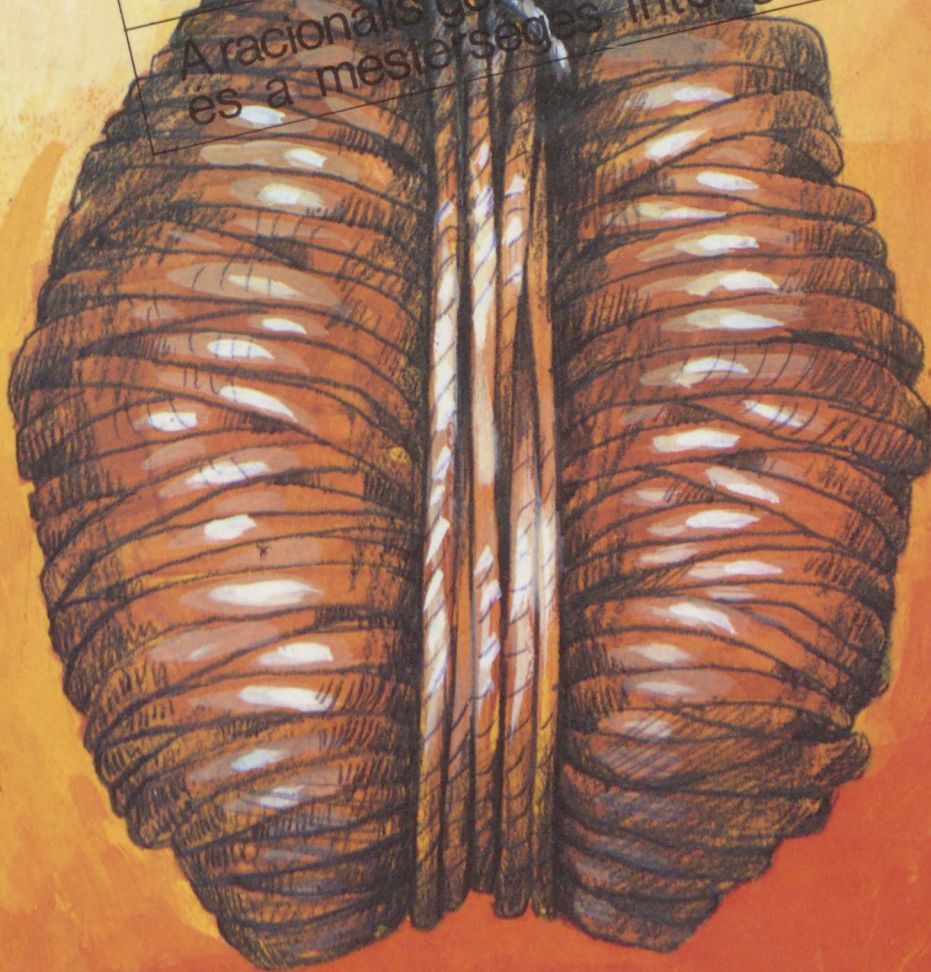


MÉRŐ LÁSZLÓ

ÉSZJÁRÁSOK

A racionális gondolkodás korlátai
és a mesterseges intelligencia



23417
Mérő László

Észjárások

Észjárások

a racionális gondolkodás korlátai

a mesterséges intelligencia

Alapítványi Kiadások

NTAK

23477

578833

Tartalom

Mérő László

Észjárások

a racionális gondolkodás korlátai

0. Nemludik fejezet	és	
1. A gondolkodás	a mesterséges intelligencia	15
1. A logika		17
2. A józan paraszti ész		33
3. A rejtvény és a tudomány		43
4. Különböző kultúrák észjárásai		53
5. A gondolkodás szintje		71
II. A gondolkodás építőkövei		91
6. Magánértelem és gondolkodási módok		97
7. A bájos határzóna		99
8. Munka — Pár tized		107
9. Mi pár tízezer tízezerből levágott egyet? Kétszáz és száz		117
10. Kihívás programozóknak		121
11. A kezdő és a nagymester		131
12. Egy arány — egy nyelv — egy világ		139
13. Mesterséges intelligencia mesterségesen		147
III. A sokféleség értéke		177
14. A racionalitás korlátai		179
15. Magánértelem és gondolkodási módok		199
16. A sokféle gondolkodás		205
17. Az evolúció trükkje		215
18. A variációk határzónái		231
Tudalom		241

Akadémiai Kiadó, Optimum Kiadó

Budapest, 1989

MTAK



0 00002 32845 4

668875

Lektorálta: Vekerdi László

©Akadémiai Kiadó · Optimum Kiadó · Mérő László

Minden jog fenntartva

IRÁGYSZAR
MATHÉMATIKAI AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

A könyv a MATEX programcsomag segítségével készült

©Akadémiai Kiadó · Fadgyas Miklós

M. TUD. AKADÉMIA KÖNYVTÁRA
Könyvtár... 6. 1. 3. 5. / 19... 8. 3. ... sz.

Tartalom

0.	Nulladik fejezet.....	7
I.	A gondolkodás sokfélesége.....	15
1.	A logikus gondolkodás.....	17
2.	A józan paraszti ész.....	33
3.	A rejtvény és a tudomány.....	43
4.	Különféle kultúrák észjárásai.....	53
5.	A gondolkodás szintjei.....	71
II.	A gondolkodás építőkövei.....	91
6.	Megismerési és gondolkodási sémák.....	93
7.	A bűvös hetes szám.....	99
8.	Mennyi? — Pár tízezer.....	107
9.	Mi pár tízezer? — Mi mennyi?.....	115
10.	Kihívás programozóknak.....	121
11.	A kezdőtől a nagymesterig.....	127
12.	Egy szakma — egy nyelv — egy észjárás.....	139
13.	Mesterséges intelligencia mesterjelölt szinten.....	157
III.	A sokféleség ereje.....	177
14.	A racionalitás korlátai.....	179
15.	Magasszintű gondolkodási sémáink.....	189
16.	A misztikus gondolkodás.....	205
17.	Az evolúció trükkje.....	215
18.	A vonatkoztatási rendszerek váltogatása.....	231
	Irodalom.....	251
	A felhasznált idézetek forrásai.....	259
	Név- és tárgymutató.....	265

0. Nulladik fejezet

Ahány ember, annyi észjárás. Nincs az a gondolat, nincs az a kedvesség vagy sértés, amire két ember egyformán reagál. „Hát te, nyájas olvasó, biztos vagy-e benne, hogy megérted a nyelvet, amin írok?” — kérdezi egyik elbeszélésében Jorge Luis Borges, kilépve egy pillanatra novellája maga szabta feszes keretéből. A jól meghatározott keret és annak tudatos szétfeszítése egyaránt a kifejezés eszköze.

Van, aki erre az utolsó mondatra egyetértően rábólint, mások vitatkozni kezdenek vele. Ismét mások csak vonogatják a vállukat vagy még ezt sem teszik. Mindegyik reakció nagyon emberi. Aki egyetért, alighanem rezonált valamire, amire talán nem is gondoltam, amikor azt a mondatot írtam. Aki nem ért egyet, arra ugyanez érvényes. Aki a vállát vonogatja, azt ez a mondat hidegen hagyta: kívülről szemléli a fejleményeket. Talán tudományos alkat, aki egy ilyesfajta kijelentés körül először is egy gondosan felépített fogalomrendszert szeretne látni, amelyben majd eldöntheti a kijelentés érvényességét. Vagy jobbik esetben bebizonyítják neki, a tudomány szokásos eszközeivel.

A gondolkodás, az értelem jelenségét sokféle tudomány vizsgálja, mind más szempontból. A biológus, a filozófus, a pszichológus, sőt a logikával foglalkozó matematikus vagy a mesterséges intelligenciát létrehozni kívánó mérnök is az értelem mibenlétének alapkérdéseit feszegeti. Egymás számára mégis alig van mondanivalójuk, annyira más keretek között vizsgálódnak. Melyik legyen hát az a tudomány, amelynek eszközeit, rendszerét elfogadjuk mérvadónak?

Bocsássuk előre: nem úgynevezett *interdiszciplináris* művet tart kezében az olvasó. Ilyesmi talán nem is létezik, de ennek a gondolatnak a részletes kifejtésére csak a 12. fejezetben kerül sor. Aki akarja, addig akár interdiszciplináris könyvként is olvashatja, hiszen valóban többféle tudomány eredményeit fogjuk használni.

Egy műfaji skatulyát is szeretnék elkerülni: ez a könyv nem *tudományos ismeretterjesztő* mű. Van ebben a könyvben szó tudományról, ismeretet is

terjeszt talán, akaratlanul is, de nem a tudományos ismeretterjesztő műfaj keretében. Ezúttal nem a műfaj ellen van kifogásom. Indokolt és szép vállalkozás, ha valaki szakmája gondolkodásmódját, észjárását szeretné kívülállókkal megismertetni. Ez a könyv azonban éppen az észjárások sokféleségének okairól, értelméről szól.

Esszét írok, hogy provokáljam az olvasó esztét. Olvasnivalót avagy latinra fordítva ezt a szót: legendát. Legendát, mesét gondolkodásunk működésének furmányairól, valamint a mesterséges intelligencia erőfeszítéseiről és kudarcairól. Ennek olvasása semmilyen speciális képzettséget nem igényel, jöllehet szellemi erőfeszítést — remélem — igen. Hogy a könyv folyamatosan olvasható legyen, nem törtem meg a szöveget pontos hivatkozásokkal, jegyzetekkel. De még egy ilyen műfaj esetében is szükséges, hogy aki el akar mélyedni a témában, utána akar járni az egyes tudományos eredményeknek, vagy egyszerűen a szerző körmére akar nézni, az megtalálhassa a forrásokat. Ehhez a részletes tárgymutató segít, amelyben a tárgyszavak mellett a felhasznált szakirodalomra is utalok.

Induljunk ki egyelőre ebből: nagyon sokféle észjárás van. Ezzel együtt, ismerünk néhány olyan vezérfonalat, amelyek szerint a gondolkodásmódok tipizálhatók. Nap mint nap érzékeljük, hogy egy-egy szakmában mennyire másként gondolkodik a szakember, mint a laikus. Beszélünk hétköznapi és tudományos gondolkodásmódról, sőt azt is érezzük, hogy a művészi látásmód mindkettőtől gyökeresen különbözik. Megkülönböztetünk absztrakt és konkrét gondolkodást. Beszélünk racionális és irracionális gondolkodásról is. Mit jelentenek voltaképpen ezek a kifejezések?

Sőt, ma már beszélhetünk mesterséges intelligenciáról is, amelyet számítógépekkel valósítunk meg. Ugyanolyan formája ez az értelemnek, mint a természetes gondolkodás vagy alapvetően más? Az iménti, talán nem egyzaktul definiált, de közkeletű kategóriák mellé felsorakoztatható ez a megkülönböztetés is?

Találkozás egy fiatalemberrel

A mesterséges intelligencia mindmáig fájdalmasan adós legnagyobb ígéreteinek megvalósításával. Időnként elkerülhetetlen a szembesülés, a „találkozás egy fiatalemberrel”, aki arcátlanul felteszi a kérdéseket: Hol az egyik nyelvről a másikra fordító program? Hol a diktafon (amely egy magnóra mondott szöveget legépel, legalább annyira hibátlanul, mint

egy átlagos titkárnő)? Hol a világbajnok sakkprogram? Hol a vizuális alakfelismerés, a költészet, a zene?

A válaszok is hasonlóak ahhoz, amit Karinthy Frigyes válaszol novellájában a fiatalembernek, aki saját régebbi énjeként nekiszegeti a kérdéseket: Hol a repülőgép? Hol az Északi-sark? Hol a büszke és szabad Magyarország? Hol a nagy szimfónia? Karinthy zavartan válaszol: „Dolgozunk rajta... de az nem megy olyan hamar... az embernek élni is kell...” Napjainkban a mesterséges intelligencia jelentős üzleti sikereket eredményező praktikus termékei a váratlanul nehéznek bizonyult alapkérdéseket nagy ívben kikerülik, csak egyszerűbb részproblémák megoldására vállalkoznak.

Mesterséges intelligenciával senkinek sem sikerült eddig megoldani az említett nagy feladatokat, de biztosan nem eleve megoldhatatlanok, hiszen az ember természetes intelligenciája meg tud birkózni velük. Így fordult a mesterséges intelligencia kutatóinak érdeklődése egyre erősebben a pszichológia eredményei felé. Úgy tűnt, ha sikerül mélyebben megértenünk az ember gondolkodási mechanizmusait, akkor valahogyan majd mesterséges eszközökkel is sikerül őket modellezni, szimulálni.

Magam is találkoztam a fiatalemberrel és szinte szó szerint Karinthy mentegetőzései jöttek a számra: „Hát kérlek... azt nem lehetett... Hanem írtam erről egy csinos szonettet... egy előkelő revü hozta... és tetszett... és azóta jobban fizetnek...” Ma már nem vagyok biztos abban, hogy a mesterséges intelligencia nagy ígéretei egyáltalán megvalósíthatók (igaz, az ellenkezőjében sem), de abban biztos vagyok, hogy sokkal hosszabb és nehezebb út áll előttünk, mint azt húsz-harminc éve a kezdeti látványos sikereken fellelkesült alapítók gondolták.

Amikor megéled a könyvtár

Vannak könyvtárak, ahol a rafináltan, szellősen elhelyezett szabad polcok nem elmélyült olvasásra csábítanak, hanem inkább valamiféle legelésre. Miután kikölsönzi az ember azt a könyvet, amiért odament, esetleg még órákat eltölt ledéren csapongva a könyvek között. Belenéz ebbe-abba, elolvas itt két oldalt a relativitáselmétről, ott ötöt a primitív népek szokásairól. Mindben van valami érdekes, mindet jó lenne alaposan elolvasni. Annyira persze nem, hogy túl sok energiát rászánjon: kellemes futó kalandok.

Egyszer aztán eljön az idő, hogy valami komolyan foglalkoztatni kezdi a könyvtárlátogatót. Mondjuk szemüveget kap, terhes lesz vagy egy tudományos kérdés keríti hatalmába. Elmegy ugyanabba a könyvtárba és legelészik. Döbenten tapasztalja, hogy minden könyv neki szól: minden könyvnek van valami mondanivalója a látásról, a születésről, vagy az őt izgató tudományos kérdésről. A rádió is folyton arról beszél, a madarak is arról csiripelnek. Megéled a könyvtár.

Idővel persze az ember rutinszerűen hordja már a szemüvegét, neveli gyermekét, vizsgálja tudományos problémáját. Összeáll a kép, és elfelejti az összetevőit. Legalábbis már egészen más rendszerben látja őket. Újraszerkeszti azokat az esetlegességeket, amelyek nem felejtődtek el: nyilván okuk volt fennmaradni. És persze (de erről még sok szó fog esni) az egész több, mint a részek összege.

Kertemben érik a
leveles dohány.

A líra: logika:
de nem tudomány.

(József Attila)

A logika ugyan rendíthetetlen, de nem tud ellenállni annak, aki élni akar.

(Franz Kafka)

Csudálatos, hogy gyakran az örültség eltalálja, mit az értelem s a józanész nem bírna oly szerencsésen megoldani.

(William Shakespeare)

Az ész nem annyira teremő erő, mint inkább összehangoló és ellenőrző. Még a legtisztábban logikai szférában is az intuíciónak az, ami először érkezik el az újhoz.

(Bertrand Russell)

Jó szerszám az értelem, sőt nélkülözhetetlen, csak hogy mellékes szerszám. Hinnünk nem szabad neki, hinnünk csak az ábrázolásban, a valóságban szabad — de kételkedni viszont kötelességünk a segítségével.

(Ottlik Géza)

Ez a mosogatás is olyan, mint a nyelv. Piszkos a vizünk, piszkos a törőruhánk, valahogy mégis megtisztítjuk az edényt meg a poharakat. Így állunk a nyelvvel is: tisztázatlan fogalmakkal dolgozunk, és olyan logikát használunk, amelynek nem ismerjük a pontos

érvényességi körét; ennek ellenére reménykedünk, hogy mégiscsak tisztaságot teremtünk a természet megértésében.

(Niels Bohr)

Rendkívül világosan és szabatosan gondolkodott. És ritka erkölcsi tisztasággal, meleg és nemes érzésekkel megáldott ember volt.

De új utakat törő tudós nem válhatott belőle, mert eszéhez nem társult váratlanságérzék, az az erő, amely előre ki nem számítható felfedezésekkel rombolná szét a pusztá kiszámíthatóság terméketlen logikus rendjét.

Ahhoz meg, hogy jót tegyen, elvhűségéből hiányzott a szív elvtelensége, amely nem ismer általános eseteket, csak egyénieket s kis cselekedetekben van a nagysága.

(Borisz Paszternak)

A szívnek megvannak a maga indokai, amelyeket az indokló értelem nem ismer.

(Blaise Pascal)

Legjobb mondásaim azok, amelyeket én sem vártam volna.

(Jules Renard)

A laikus fejében sok lehetőség kínálkozik, a mesterében csak kevés.

(Daisetz Teitaro Suzuki)

Néhány rejtvény

A következő rejtvények is valamennyire érzékeltetik, hogy miről szól ez a könyv. Ha látszólag egészen másmilyenek, mint az előbbi idézetek, az nem véletlen: a téma egy másik oldalát mutatják. A rejtvények között vannak könnyebbek és nehezebbek, de egyetlenegy (az R7-es) kivételével mind igazi rejtvény, tehát egyértelműen megfejthető és megfejtése szellemi izgalmat okoz. A rejtvények a könyv bizonyos pontjain illusztrációként fognak szerepelni. Akinek van kedve hozzá, megpróbálkozhat a megoldásukkal. Sport-szerűségi okokból (hogy a megfejtés megnézéséhez ne kelljen végigolvasni a teljes könyvet) a rejtvények után közöljük, hogy hányadik oldalon fog előkerülni az illető rejtvény; a megfejtés is ott található.

R1. Néhány keresztrejtvény-meghatározás (avagy: találos kérdések).

- Mindenki kezét fog vele. (7 betű)
- Oda-vissza átlát a ködön. (5 betű)
- Lehet számos vagy számtalan. (3 betű)

– Magyar költő, egyik verséből megtudjuk, hogy verseit súlyos helyesírási hibákkal írja. (12 betű) (44. oldal)

R2. Helyezzünk el hat gyufaszálat úgy, hogy a kapott ábrában négy egyforma nagyságú egyenlőoldalú háromszög legyen. (51. oldal)

R3. Egy jól lezárt, hőszigetelt szobában működik egy hűtőszekrény. Ha kinyitjuk az ajtaját, hosszabb idő után csökkenni fog a szoba hőmérséklete, emelkedni vagy változatlan marad? (54. oldal)

R4. Az R1-es rejtvény harmadik találós kérdése eléggé furcsa szerkezetű. Keressünk még ilyen példákat, ahol tehát egy szóval (vagy kifejezéssel) és a formális ellentétével egyaránt meghatározható ugyanaz a dolog. (64. oldal)

R5. Három vándor betér egy fogadóba. Fizetnek fejenként 10 tallért a szállásért. Egy idő után a fogadósnek eszébe jut, hogy három személynek már 25 tallérért jár a szoba. Ezért az inassal visszaküld 5 tallért. Az inas azonban úgy gondolkodik, hogy a vendégeknek ez úgyis talált pénz, elég, ha mindenki kap egy-egy tallért, és akkor kettőt zsebretehet. Tehát: Végülis minden vendég fizetett 9–9 tallért, meg kettőt zsebretezt az inas. Ez $3 \times 9 + 2 = 29$ tallér. Hová lett a harmincadik tallér? (75. oldal)

R6. Tegyük fel minél több cigarettát egy asztalra úgy, hogy közülük akár-melyik kettő érintse egymást. Hány cigarettából tudunk még ilyen építményt összeállítani? (143. oldal)

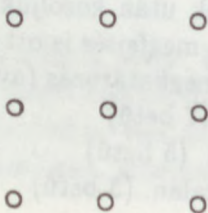
R7. Hogy lehet az, hogy tükör megfordítja a jobb és a bal oldalt, de nem fordítja meg a felső és az alsó oldalt? Honnan tudja a tükör, hogy merre van felfelé? (153. oldal)

R8. Vizsgáljuk meg alaposan a következő mondatot:

Ebben a mondatba három hiba van.

Igaz ez a mondat vagy nem igaz, tehát hibás? (180. oldal)

R9. Rajzoljunk bele az alábbi ábrába a ceruza felemelése nélkül egy olyan törött vonalat, amely négy, végpontjaival sorban egymáshoz csatlakozó egyenesszakaszból áll, és mind a kilenc ponton áthalad. (Az olyan trükköket, hogy a párhuzamosok a végtelenben találkoznak, mellőzzük). (239. oldal)



R10. Egy országban kétfajta ember él: tisztafejűek és zavarosfejűek. A tisztafejűek mindig helyesen érzékelik a dolgokat, és mindig igazat is mondanak. A zavarosfejűek minden dolognak pontosan az ellenkezőjét érzékelik, viszont mindig hazudnak. Ha tehát például egy tisztafejűtől megkérdezzük, hogy zöld-e a fű, ő azt zöldnek látja, és mivel igazat mond, azt feleli, hogy igen. Ha ugyanezt egy zavarosfejűtől kérdezzük meg, ő a fűvet nem zöldnek látja, viszont hazudik, ezért a kérdésünkre ő is azt feleli, hogy igen. Általában is világos, hogy minden igen-nemmel megválaszolható kérdésre a tisztafejűek mindig ugyanazt fogják válaszolni, mint a zavarosfejűek. Eszerint tehát nem lehet megkülönböztetni, hogy ebben az országban ki tisztafejű és ki zavarosfejű.

Másrészt viszont, ha megkérdezzük valakitől, hogy ő tisztafejű-e, nézzük, mit válaszolhat. Ha ő tisztafejű, akkor annak is látja magát, és mivel igazat mond, IGEN-t fog válaszolni. Ha ő zavarosfejű, akkor tisztafejűnek látja magát, mert mindent hibásan érzékel, de hazudik, tehát NEM-et fog válaszolni. Eszerint tehát ezzel a kérdéssel meg tudjuk különböztetni, hogy ki tisztafejű és ki zavarosfejű. Akkor hol a hiba az előző okoskodásban? (240. oldal)

$$\left. \begin{array}{l} I - 10 \rightarrow 1 \\ II - 10 \rightarrow 1 \\ III - 10 \rightarrow 1 \end{array} \right\} 28 =$$

$$30$$

$$30 - 5 = 25 + 3 = 28 = 90$$

A GONDOLKODÁS SOKFÉLESÉGE

1. A logikus gondolkodás

A logika a helyes következtetés tudománya. Ez eléggé egyértelmű definíciónak látszik, de pillanatok alatt kiderül, hogy nagyon sokféle értelmezés lehetőségét hagyja nyitva. Klasszikus probléma, hogy miképpen lehet hozzáfogni a logika logikus kifejtéséhez, mielőtt kifejtettük volna.

Ha az autóban nincs benzin, nem indul el. Ezt a következtetést tökéletesen logikusnak tekintjük, definíciónk szerint jogosan, hiszen helyes. Nem is nagyon vizsgáljuk, mitől tekintjük ezt a következtetést helytállónak, annyira magától értetődő számunkra. Gondolataink azonnal a következő lépésre terelődnek: honnan szerezhethünk benzint vagy hogyan juthatunk el célunkhoz autó nélkül. Ebben a példában elfogadtuk, hogy bizonyos események fennállása szükségszerűen maga után von más eseményeket, amelyek vizsgálatával nem érdemes külön vésződni, mivel a dolog természete miatt úgyis igazak. Ebben az esetben a *dolgok logikájáról* beszélhetünk.

Ha az autó nem indul el, nincs benne benzin. Ezt a következtetést nem tekintjük logikusnak, mert jól tudjuk, mennyiféle oka lehet ezen kívül is annak, hogy az autó nem indul el. A dolog logikájából ilyen következtetés nem jön. Sőt, gyakorlott autóssal is előfordul, hogy hosszan szereli nem induló autóját, amíg rájön a hiba rendkívül ritka okára: beragadt középen a benzinmutató, és az autó valójában azért nem indul, mert nincs benne benzin. Mi több: ilyen egyszerű hibát szinte csak gyakorlott autós néz el, aki annyi, sokkal tipikusabb okát ismeri annak, hogy az autó nem indul. Talán kicsit szégyelli magát, amikor rájön a hiba okára, de nem érzi úgy, hogy logikátlanul gondolkodott; a hiba volt valahogy „logikátlan”.

Autósunk valóban helyesen gondolkodott, akkor is, ha ezúttal éppen ez okozta, hogy sokáig nem találta meg az egyszerű hibát. Érti a gép szerkezetét és a dolog logikájának megfelelően kereste a baj okát. Éppen ezért találta meg annyira nehezen. De megtalálta, mert a sok „logikus” hibaforrás kizárása után nem maradt más lehetősége. Az utat, ahogy autósunk eljutott a hibához, méltán nevezhetjük logikusnak, mert helyes elveken alapult és szükségszerűen elvezetett a megoldáshoz, amely talán egyszerű, de semmi

esetre sem kézenfekvő. Ilyen értelemben is szoktuk használni a logika kifejezést, amely ebben az esetben a helyes gondolkodás módszereit jelenti, a dolgok közötti tényleges összefüggések megtalálásának, következményeik felismerésének képességét. Ezt a fajta értelmezést hétköznapi logikának fogjuk nevezni.

Már a régi görögök is észrevették, hogy a helyes gondolkodás folyamán rendszeresen ismétlődően használunk bizonyos elemeket. Klasszikus példa: ha tudjuk, hogy minden ember halandó és tudjuk, hogy Szókratész ember, akkor igaznak tekinthetjük, hogy Szókratész halandó. Másként fogalmazva, ha elfogadjuk igaznak a következő két állítást: „abból, hogy valaki ember, következik, hogy halandó”, és „Szókratész ember”, akkor levonhatjuk azt a következtetést, hogy „Szókratész halandó”. Hasonló formájú következtetéseket szinte pillanatonként alkalmazunk. Nagyon logikusnak látszik (egyelőre még csak a dolgok logikája miatt), hogy általában is mindig, a konkrét tartalomtól függetlenül helyesnek tekintsük ezt a fajta következtetést:

Ha tudjuk, hogy A-ból következik B, és A igaz, akkor további tényvizsgálat nélkül elfogadjuk azt az állítást is, hogy B igaz.

Ezt a következtetési formát *modus ponens*nek nevezték el. Máig is helyesnek tartjuk, meggyőzőnek érezzük, ha valaki ilyen formájú állítások sorozatával tudja végigvinni gondolatmenetét.

Vannak olyan következtetési formák is, amelyeket vonakodunk elfogadni. Nézzük például a következő bizonyítást arra, hogy $4 \times 7 = 32$. Egy néninek ötös találata volt a lottón. Kérdezik tőle, hogy hogyan találta el a számokat.

— Hát az úgy volt, hogy előző este repülő birkákkal álmodtam, a hátuk pettyes volt, mint a katicabogár. A birkáknak négy lába volt, a hátukon hét petty, ezért megtettem a 4-est és a 7-est. Összeolvasva 47, megtettem hát ezt is. Az összegük 11, szorzatuk pedig 32, ez lett a negyedik és az ötödik számom.

— De hiszen négyszer hét az nem 32, hanem 28! — veti ellene a kérdező.

— Már hogyne lenne 32, amikor nyertem vele!

Néninket nehezen lehetne meggyőzni arról, hogy következtetése nem volt helyes; érve ugyancsak nyomós. A kérdezőnek valószínűleg sohasem lesz ötös találata, hiába tudja mégoly jól a számtant. Miért vonakodunk mégis attól, hogy elfogadjuk a néni érvelését, hogy $4 \times 7 = 32$?

A formális logika

A legkevésbé meggyőző érv a néni gondolatmenete ellen az, hogy mi tudjuk, megtanultuk az iskolában, hogy $4 \times 7 = 28$ és nem 32. Nincsen könyv sajtóhiba nélkül; miért ne lehetne a szorzótábla hajdani irkánk hátlapján éppen itt sajtóhibás? Ennek a valószínűsége sem kisebb, mint az ötös találaté, ami a néni érve. A világ összes szorzótáblája is lehet ugyanitt sajtóhibás.

Voltaképpen nem is azzal van bajunk, hogy 32-e 4×7 , hanem az érvelés módjával. Az, hogy mennyi négyszer hét, elvileg egy adott szabályrendszerrel levezethető; vagy 32, vagy nem. De ez a szabályrendszer nem tartalmaz álmokat vagy repülő pettyes birkákat. Végülis tehát nem elsődlegesen tartalmi a kifogásunk, hanem formai. A következtetésnek ezt a formáját nem fogadjuk el, akár helyes az eredménye, akár nem. Arra sem fogadnánk el ezt a bizonyítást, hogy $4 + 7 = 11$, jóllehet ebben éppen igaza volt a néninek.

A régi görög filozófusok számára alapvető probléma volt, hogy milyen formájú érveléseket, következtetéseket fogadhatnak el általánosan helyesnek, és milyeneket nem. Arisztotelész *Organon* című könyveiben meghatározza azokat a következtetési formákat, amelyek szerinte helyesnek tekinthetők. Tapasztalatból tudjuk, hogy a filozófiai viták (főleg azok, amelyek a lét általános nagy kérdéseiről, és nem a filozófiai rendszerek szűkebb szakmai problémáiról szólnak) hajlamosak az érvelés jogosnak tekinthető módjairól szóló vitákba torkollni. Ezen a görögök úgy próbáltak segíteni, hogy korlátozták a vitákban felhasználható érvek formáját. A helyesnek elfogadott következtetési formákat *szillogizmusoknak* nevezték el. Jólnevelt filozófusnak csak ilyen formájú érvekkel, következtetésekkel illet előhozakodni köreikben.

Természetesen az egyes szillogizmusokból további szükségszerűen helyes következtetési formák is levezethetők, így a lehetséges érvényes következtetési formák száma végtelen. Ezek rendszerezése önálló tudománnyá nőtte ki magát, így alakultak ki a *formális logika rendszerei*. A többes szám jogos, hiszen sokféle rendszer építhető fel aszerint, hogy milyen fajta alapszillogizmusokból indulunk ki. A hagyományos logika csak az igaz vagy nem igaz állításokkal foglalkozik. Külön logikák foglalkoznak az olyan következtetési formákkal, amelyek a szükségszerűség, a lehetőségesség, a valószínűség, az időbeli sorrendiség stb. fogalmait is kezelni kívánják.

Egy logikai rendszertől jogosan elvárhatjuk, hogy ne vezessen ellentmondásra, valamint hogy a világ igazságait ki tudjuk fejezni vele. Ez a két elvárás egyrészt kétségtelenül logikus (a dolgok logikájának értelmében, tehát abból a szempontból, hogy miért is építenénk fel egy bonyolult formális

rendszer, ha nem ez lenne a célunk). Másrészt viszont a célkitűzés nagyon is ambiciózus, hiszen mi okunk lehet arra, hogy feltételezzük, hogy a világ bonyolult, kusza dolgait ilyen egyszerű építőelemek segítségével ki tudjuk fejezni? A kérdés súlyát érzékelteti, hogy a legbonyolultabb formális logikai rendszerek sem vesznek fel több, mint 5–20 kiindulási szillogizmust. Nem azért, mert nem akarják a dolgot túlbonyolítani, hanem azért, mert keresve sem találunk több olyan következtetési formát, amit nyugodt lélekkel elfogadhatnának általánosan érvényesnek, és ne következne a korábbiakból.

A formális logika segítségével minden bizonnyal kifejezhető a gondolkodás teljes egésze, így a helyes gondolkodás is. A szillogizmusok könnyen megvalósíthatók egyszerű alapelemek segítségével, olyanokkal is, amelyek a természetben előfordulnak (például a reflexívek) és olyanokkal is, amelyeket mesterségesen könnyű előállítani (például az áramkörü elemek). Mi másból épülhetne fel agyunk, mint egymásnak fizikai vagy kémiai impulzusokat adó neuronokból? Ha pedig ez így van, akkor ennek működése szillogizmusok segítségével leírható kell hogy legyen. Látszólag ennek a gondolatmenetnek ellentmond, hogy nem tudhatjuk biztosan, képes-e agyunk valóban a helyes gondolkodás tényleges végrehajtására. Kétségtelen: nagyon sokféle helyzetet jól, sőt szinte hibátlanul tudunk kezelni, de azt is tudjuk, hogy új, ismeretlen helyzetekben könnyen zavarba hozhatóak vagyunk. Első közelítésben viszont nyugodtan beérhetjük annyival, ha a helyes gondolkodásnak az emberi agy képességeit meg nem haladó (vagy nem sokkal meghaladó) formáit sikerül a formális logika eszközeivel leírni. Már ez is nagy vívmány lenne, és ennek lehetőségét garantálja is a gondolatmenetünk.

Ugyanakkor sokféle érv szól az ellen, hogy a formális logika segítségével kifejezhető gondolkodásunk egésze. A misztikus ellenérvekkel a 16. fejezetben fogunk foglalkozni, a racionális ellenérvek közül azonban néhányat már itt jelzünk. Úgy tűnik, a mesterséges intelligencia fejlődése súlyos nehézségekbe ütközött, amelyeknek nemcsak gyakorlati, de elméleti okai is lehetnek. Egy másfajta ellenérvrendszer építhető a pszichológia eredményeire. Röviden: nagyon sokféle pszichológiai kísérlet és elméleti konstrukció utal arra, hogy gondolkodásunk nem egykönnyen veszi használatba azt az általa kifejlesztett kitűnő eszközt, amit a formális logika jelent.

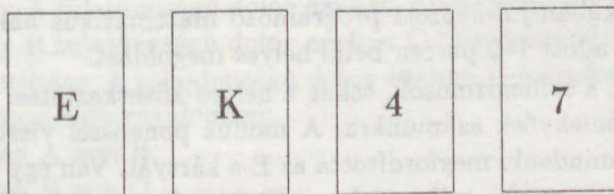
Egy harmadik fajta ellenérvrendszert maga a formális logika szolgáltatott: mihelyt nemcsak a formális következtetések ezoterikus világára alkalmazzuk, hanem azt is figyelembe vesszük, hogy miről szólnak a következtetéseink (bár egyelőre még nem lépünk ki a matematika védett bástyái közül) szintén váratlan korlátokba ütközünk. Kiderül, hogy nagy reményeink teljes

megvalósítására a formális logika rendszere elvileg sem lehet tökéletesen alkalmas. Ez a negatív eredmény önmagában látszólag nem mond többet, mint az a korábban már könnyű szívvel elhessegetett kétely, hogy képes-e agyunk valóban a helyes gondolkodás tényleges végrehajtására. Mégis többet mond, mert látni fogjuk, hogy ezek a látszólag tisztán negatív jellegű matematikai lehetetlenségi tételek szoros kapcsolatban vannak nemcsak gondolkodásunk szerkezetével, hanem talán a természet mélyebb törvényszerűségeivel is. Ennek részletesebb kifejtésére a 18. fejezetben térünk vissza.

Sokféle észérvet sorakoztattunk fel pro és kontra, hogy végülis alkalmas lehet-e a formális logika (vagy akár általánosabban: a mesterséges intelligencia) az emberi gondolkodás szintjét elérő értelem megvalósítására. Előrebocsátom: nem tudom eldönteni, hogy hibás-e valamelyik érvrendszer. Remélem, a könyv végére világossá válik, hogy akár mindegyik érvelés lehet a maga rendszerében helytálló, a mesterséges intelligencia pedig mindezekből függetlenül vagy megvalósítható, vagy sem.

Egy váratlanul kellemetlen, egyszerű feladat

Négy kártya fekszik előttünk. Tudjuk, hogy mindegyik kártya egyik oldalán betű van, a másikon pedig szám. A négy kártya felső oldalán a következő jeleket látjuk:



A feladat az, hogy döntsük el, igaz-e ezekre a kártyákra a következő állítás: Ha egy kártya betűs oldalán magánhangzó van, akkor annak a számos oldalán páros szám áll. A kérdés eldöntéséhez nyilván meg kell nézni bizonyos kártyák túlsó oldalát is, de az is a feladathoz tartozik, hogy minél kevesebb kártyát fordítsunk meg.

Ön, kedves olvasó, melyik kártyákat fordítaná meg, hogy meggyőződjön ennek az állításnak a helyességéről? Érdemes elgondolkodni egy kicsit rajta,

mert a kérdés váratlanul fogósnak bizonyul. Akár a Nulladik fejezet rejtvényei között is szerepelhetett volna, de rejtvénynek nem eléggé blickfangos, pszichológiai kísérleti anyagnak viszont roppant tanulságos.

P. C. Wason és P. N. Johnson-Laird sussexi pszichológushallgatókkal végzett kísérletek során (tehát értelmes, de a formális logikában kevésbé járatos emberekkel) a következő eredményeket kapták. A hallgatók 46%-a az E és a 4-es jelű kártyát fordította meg, 33%-a csak az E jelűt. Mindössze 4% fordította meg az E jelűt és a 7-es jelűt, és mást nem, ami a helyes válasz. A maradék 17% egyéb helytelen válaszokat adott.

Addig egyszerű a dolog, hogy az E jelű kártya megfordítása elkerülhetetlen, hiszen nem látjuk, hogy páros szám van-e a túloldalán, és ha netán nem az van, az megcáfolja állításunkat. Nyilván nem kell megfordítani a K jelű kártyát, mert állításunk szempontjából tökéletesen indifferens, hogy mi van a túlsó oldalán. Most jön a dolog nehezebb része. Mi történhet, ha megfordítjuk a 4-es mutató kártyát? Ha mássalhangzót látunk a túloldalán, akkor ez a kártya szintén érdektelen a vizsgálendő állítás szempontjából. Ha magánhangzót, akkor ez a kártya is megfelel állításunknak. Bármilyen áll ennek a kártyának a túloldalán, nem cáfolhatja meg állításunkat, főleg tehát megfordítani. Meg kell viszont fordítani a 7-es jelű kártyát, hiszen ha a túloldalon netán magánhangzót látunk, az megcáfolja állításunkat, ha pedig mássalhangzót, az nem.

Ez a gondolatmenet nem látszik túlságosan bonyolultnak, nagy kérdés, hogy mitől hibázza el mégis értelmes emberek ilyen nagy százaléka. Még a formális logikában jól képzett programozó matematikus hallgatónak is csak alig a fele adott 1–2 percen belül helyes megoldást.

Úgy tűnik, a szillogizmusok, tehát a helyes következtetési formák nem egyformán kézenfekvőek számunkra. A *modus ponens*-sel viszonylag kevés baj van: szinte mindenki megfordította az E-s kártyát. Van egy másik szillogizmus is, amelyet *modus tollens*-nek neveztek el. Ez azt mondja ki, hogy ha tudjuk, hogy A-ból következik B, és azt is tudjuk, hogy B nem igaz, akkor következtethetünk arra, hogy A nem igaz. Ez a „ha nincs az autóban benzin, az autó nem indul” típusú következtetés. Ezt a szabályt kellett volna alkalmazni a számot mutató kártyák vizsgálatakor, és ez már úgy tűnik, nehézségeket okozott.

Vizsgálták azt is, hogy egyes lehetséges következtetési formákat mennyire érzünk általánosan érvényesnek. Az 1. táblázat egy ilyen vizsgálat eredményét mutatja.

1. táblázat

Következtetési forma	A vizsgált személyek hány százaléka szerint mikor érvényes		
	mindig	időnként	soha
$A \Rightarrow B$, A igaz, tehát: B is igaz	100	0	0
$A \Rightarrow B$, A nem igaz, tehát: B igaz	5	79	16
$A \Rightarrow B$, B nem igaz, tehát: A nem igaz	57	39	4

Sok más formát is megvizsgáltak, de már ennyiből is látszik, hogy a modus ponens valóban problémamentesnek látjuk, a modus tollens viszont a vizsgált személyeknek alig több, mint a fele látta általánosan igaznak. A középső formula, amely szillogizmusnak nyilván nem alkalmas, szintén meglepően sok embernek okozott problémát. Különösen sokan tartják például helyesnek a következő két szillogizmusjelöltet:

Néhány A tulajdonságú dolog egyben B tulajdonságú is,

Néhány B tulajdonságú dolog egyben C tulajdonságú is,

Tehát néhány A tulajdonságú dolog egyben C tulajdonságú is.

Vagy most már rövidebben:

Egyetlen A sem B,

Egyetlen B sem C,

Tehát egyetlen A sem C.

Érdemes végiggondolni, hogy miért nem fogadható el általánosan érvényesnek ez a két következtetési forma. (Az utóbbi esetre például csattanósan egyszerű ellenérvet kapunk, ha elképzeljük, hogy $A=C$). Mégis, valahogy olyan kézenfekvőnek, barátságosnak érezzük ezeket a következtetéseket; nem üvölt róluk egyből, hogy hamisak. Valóban ennyire logikátlanok, ennyire buták lennének?

A hétköznapi logika

Négy csekk fekszik előttünk, a következők látszanak rajtuk:

előlről: 50 \$	előlről: 10 \$	hátról: aláírva	hátról: aláírás nélkül
-------------------	-------------------	--------------------	------------------------------

Tudjuk, hogy mindegyik csekk egyik oldalán az értéke szerepel, a másikon pedig az aláírás helye. Harminc dollár alatti csekk aláírás nélkül is érvényes, e fölött csak aláírással. Döntsük el, hogy érvényesek-e ezek a csekkek. Melyiket kell ehhez megfordítani, és melyiket nem kell?

Az emberek többsége igen hamar rájön, hogy meg kell fordítani az 50 \$-os csekket és az aláíratlant, a másik kettőt pedig fölösleges megfordítani, hiszen mindenképp érvényesek. Nem lepődünk meg, hogy ezt a feladatot könnyű megoldani, mivel a helyes megfejtést magától értetődőnek érezzük.

Csak hogy ez a feladat formailag rendkívül hasonlít az előző, számosságú kártyákkal bemutatott feladatra, amely olyan váratlanul nehéznek bizonyult! Nemcsak nagyon hasonlít, hanem *pontosan* ugyanaz a szerkezete: ha azt mondjuk, hogy a 30 \$ fölötti összeget nevezzük ezentúl magánhangzónak, a 30 \$ alatti összeget mássalhangzónak, az aláírás meglétét páros számnak, hiányát pedig páratlan számnak, akkor ez a feladat éppen a másikba megy át. Ezt úgy nevezzük, hogy a két feladat *logikailag izomorf*. Ha egyszer elfogadjuk helyes szillogizmusnak a modus ponens és a modus tollens, és ezek segítségével megoldjuk az egyik feladatot, akkor ezzel megoldottuk a másik feladatot is.

Két, teljesen racionális érvet állíthatunk tehát szembe: az egyik szerint e két feladat logikailag pontosan egyformán bonyolult, egyik megoldása nem lehet nehezebb, mint a másiké; nem igényelhet mélyenszántóbb gondolatmenetet. Másfelől a kísérleti eredmények azt mutatják, hogy az első feladat pszichológiailag sokkal bonyolultabb, mint a második, hiszen az emberek többsége az egyiket hibásan oldja meg, a másikat pedig helyesen. Még aki mindkettőt helyesen oldja meg, az is lényegesen gyorsabban boldogul a második feladattal.

A logika tudósának nem kötelessége észrevenni ezt a kísérleti eredményt: kívül esik vizsgálódásának területén. A következtetés formája attól még lehet helyes, hogy avatatlan embereknek nehezükre esik alkalmazni, vagy lehet helytelen, noha vannak emberek, akik ilyen érvekkel sikeresen meggyőzik egymást. A formális logikai rendszerek helyességét, teljességét, ellentmondásmentességét, kifejező erejét ezek a hétköznapi tények nem befolyásolják.

A pszichológust már érzékenyebben érintik ezek a tények, mivel ő az emberi gondolkodás mechanizmusait szeretné minél világosabban leírni. Csábítóan kényelmes lenne számára, ha ehhez a formális logika tudományától kész, kerek és viszonylag egyszerű apparátust kaphatna. Kétezer éves hit, hogy gondolkodásunknak logikailag zárt jellege van, és működésének alapelvei a logika szabályaival leírhatók, csak meg kell keresni a logika erre alkalmas rendszerét. Ezt a hitet ingatják meg az ilyesfajta kísérleti eredmények, arra kényszerítve a pszichológia tudományát, hogy vagy a maga részéről, saját használatára radikálisan korlátozza a formális logika érvényességi körét, vagy másfajta magyarázatok után nézzen.

Közbülső helyzetben van a mesterséges intelligencia kutatója. Neki a munkaeszköze a számítógép, amely éppen a formális logika rendszerén alapul, tehát nem egykönnyen söpörheti a formális logikát a szőnyeg alá azzal, hogy az én területemen a dolgoknak nem ez a működési mechanizmusa. Persze a pszichológus sem szívesen teszi ezt, mert nehéz más mechanizmust kieszelnie, de legalább elvileg megteheti. A mesterséges intelligencia helyzetét a 13. fejezetben fogjuk részletesen elemezni. Most térjünk vissza a pszichológia vizsgálataihoz.

Mitől lehet annyival könnyebb a második feladat, mint az első? Érezhető, hogy a rejtély kulcsa valahol ott lehet, hogy a második feladat nem a levegőben lóg, a világ valóságos dolgaitól elvonatkoztatva, mint az első, hanem valami olyasmiről szól, amit amúgy, mindennapi tapasztalatból, jól ismerünk. Ez persze így még nem igazán világos, jól körülhatárolt magyarázat, és különben is egyelőre csak egy hipotézis, nem tény. A jelenség szerkezetének pontosabb feltárása érdekében tovább variálták a kísérleti feltételeket.

Az egyik legszellemesebb kísérletben a csekkes feladat egy változatával dolgoztak. Egy boríték két oldalát mutatták, az egyik oldalán 40 vagy 50 lírás bélyeg volt, a másik oldala pedig vagy le volt ragasztva, vagy nem. A szabály az volt, hogy a nyitott borítékra elég a 40 lírás bélyeg, a lezártra 50 lírás kell. Valóban, vagy 30 éve volt ilyen szabály (Magyarországon is). Ebben a kísérletben a fiatalok teljesítménye majdnem ugyanolyan rossznak

bizonyult, mint a magánhangzós-mássalhangzós feladat esetén, míg az idők teljesítménye majdnem olyan jó volt, mint a csekkes feladat esetén. Más feladatok kapcsán nem mutatkozott a korosztályok között lényeges különbség. A nagy differenciát ez esetben az okozhatta, hogy az időknek még tényleges, reális élmény az, hogy a lezárt borítékot drágábban szállítja a posta, mint a nyitottat, míg a fiataloknak ez csak egy absztrakt, értelmetlen, életidegen lehetőség volt. Más kísérletek is hasonló tanulsággal jártak.

Azért ennyire persze nem tiszta a helyzet. Akiknek úgy adták például a csekkes feladatot, hogy aláírás nélkül is érvényes a 30 \$ fölötti számla, de csak aláírással érvényes a 30 \$ alatti, azok éppen olyan jól végrehajtották a következtetést, mint azok, akik a fordított feladatot kapták. Nem zavarta őket, hogy a feladat feltétele badarság: nyilván semmi értelme annak, hogy a nagy összegű csekkeket minden további nélkül elfogadják, de a kis összegűeket szigorúan csak aláírással. Mivel a feladat környezete, anyaga jól ismert volt a válaszolók számára, az a kis nonszensz elem, ami éppen pontosan fordítva volt, mint ahogy a józan ész diktálná, nem zavart a következtetés helyes végrehajtásában. Talán ez a jelenség lehet a mélyén annak, hogy a buta, nonszensz kis gyerekversikék egyáltalán nem zavarják meg a gyerekek értelmét (mint ezt a felnőttek néha bosszankodva gondolják), hanem éppen furcsaságuk, humoruk révén még stimulálóan is hatnak rá.

Még egy furcsa jelenségre derült fény e kísérletek során. Ha sok hasonló feladatot adtak, vegyesen absztraktakat és konkrétakat, a vizsgált személyek többsége makacsul, következetesen helyesen oldotta meg az élményszerű, konkrét feladatokat, és helytelenül az absztraktokat, semmiféle tanulási jelenség nem mutatkozott, legalábbis 5-8 feladat alatt.

Idővel egyfajta össznépi sport bontakozott ki az ezen a területen dolgozó pszichológusok között: konstruáljunk olyan logikailag izomorf feladatokat, amelyek megoldási ideje között a lehető legnagyobb a különbség. A cél tehát olyan feladatok megfogalmazása, amelyeket előbb-utóbb sokan megoldanak, jöllehet az egyiket a másikhoz képest rendkívül lassan. A játék nem teljesen öncélú, bár sportolni, rekordokat felállítani önmagában is izgalmas dolog. Az tudja a legjobb eredményt elérni, akinek a legjobb áttekintése van arról, hogy hogyan lehet elérni illetve gátolni, hogy beinduljon az ember következtetési gépezete. Olyan (ismétlem, logikailag teljesen izomorf!) feladatpárokat is sikerült kitalálni, ahol a nehezebb feladat megoldási ideje 10-12-szerese a könnyebbének.

Ezeknek a kísérleteknek az általános tanulsága az volt, hogy úgy látszik, *az ember még azokra a következtetéseire sem a formális logika eszközeivel jut, amelyeknek leírására a formális logika tökéletesen alkalmas.* Ilyenkor

is a hétköznapi logikát próbáljuk alkalmazni. Olyankor tudunk könnyen és helyesen következtetéseket levonni, amikor jól ismerjük a szóban forgó dolog belső logikáját, szerkezetét, amikor helyes elképzelésünk van a dolog működésmódjáról. De hát akkor mire jó a formális logika, miért bizonyult az évszázadok folyamán annyira hatékonynak? Erről könyvünk II. részében szólunk, de egy mondatnyit előre bocsátunk mondandónkból. A formális logika nem a gondolkodás elsődleges eszköze, de a megismerés egy bizonyos, már nem kezdetleges, ugyanakkor még nem is az elérhető legmélyebb szintjén nélkülözhetetlen, mert a kommunikációnak, az ismeretek közlésének igen hatékony kerete.

Férfi és női logika

Ha mindennapi következtetéseinket a formális logika szabályaira alapozva végeznénk, nyilván semmi értelme nem lenne ilyen kifejezésnek, hogy női logika. Abban a szabályrendszerben nemi különbségeknek ugyanúgy nincs helye, mint pl. repülő birkáknak. Ha viszont következtetéseink függenek tapasztalatainktól, ismereteinktől, élményeinktől, akkor nem meglepő, hogy jellegzetes különbségeket találhatunk a nők és a férfiak gondolkodásmódja között. Ezek ugyan távolról sem egy szexvizsgálat pontosságával mutatják ki a nemi különbségeket, de az átlagot tekintve igen határozottan megmutatkoznak.

Jellegzetes dolog, amikor a szerelem hajnalán a férfi nagy szemekkel néz párjára, hogy nahát, milyen érdekesen nyomod meg a fogkrémet, a tubus közepén! Azután tíz év múlva valami ilyesmit morog: a fene egye meg, még egy fogkrémet sem tudsz rendesen kinyomni, a fele benne marad. A másik oldalról hasonló pályát futhat be a virágvázában úszó cigarettacsikk.

Mást látnak lényegesnek a nők és a férfiak az őket körülvevő világból. Gyakori, hogy ami egy nő számára absztrakt lehetőség, az egy férfi számára nagyonis mindennapi élmény vagy fordítva. Ennek megfelelően gyakori, hogy a logikus következtetések levonása ugyanabban a helyzetben az egyik nem számára szinte magátólértetődően könnyű, a másik számára pedig szinte megoldhatatlanul nehéz, ugyanúgy, mint a magánhangzós, illetve a csekkes feladat. Ennek alapján nyilvánvaló, hogy jogosan beszélhetünk férfi illetve női logikáról, minden diszkriminatív felhang nélkül. Gondosan hangsúlyozva persze, hogy itt az átlagról, a tipikusról beszélünk, megengedve óriási egyéni különbségeket, mint ahogy vannak súlyemelő nők és óvóbácsik is.

Ezzel együtt, továbbra is fennmarad a kérdés, hogy vannak-e különbségek a férfiak és a nők tisztán formális logikai képességei között. A válasz erre a kérdésre az, hogy lehet úgy mérni, hogy legyenek, és lehet úgy mérni, hogy ne legyenek. Ezzel nem azt akarjuk mondani, hogy a két mérés egyike csalás vagy tudatos torzítás.

Kezdjük távolabbról. Az intelligenciatesztek nem mutatnak ki különbséget a két nem között. Főleg azért nem, mert így szerkesztik őket; ez a társadalmi-kulturális elvárás. Vagy eleve kiszűrik az intelligenciatesztekben azokat a kérdéseket, amelyek a nemek szerint eltérést mutatnak, vagy gondosan kiegyensúlyozzák, hogy ugyanannyi kérdés kedvezzen a férfiaknak, mint a nőknek. Finomabb vizsgálatok már mutatnak ki különbségeket, hol a férfiak, hol a nők javára. Általában a nők verbális kifejező képessége, szókincse gyorsabban fejlődik és felnőttkorban is jobb marad, mint a férfiaké. A férfiaknak viszont jobbak a vizuális, főleg térbeli tájékozódási képességeik. A Nulladik fejezet rejtvényei közül például jobban szerepelnek a nők az R1. és az R4. feladat megoldásában, de jelentősen kedvez a férfiaknak az R6. és az R9. feladat.

Nehéz válaszolni arra, hogy ezek a különbségek biológiai vagy társadalmi-kulturális okokra vezethetők vissza, valószínűleg mindkettő belejátszik. A két agyfélteke fejlődésében és munkamegosztásában egyértelmű különbségek mutathatók ki a nemek között, ez alighanem biológiailag meghatározott. Azt is kimutatták, hogy külön a fiúk között és külön a lányok között is a korábban érőknek várhatóan jobbak lesznek a verbális képességeik, mint a későn érőknek, a vizuális képességek viszont fordítva alakulnak. Mivel a lányok általában korábban érnek, mint a fiúk, elképzelhető, hogy ennek is szerepe van a képességek különbségeiben.

Társadalmi-kulturális okokra visszavezethető különbségeket is könnyű találni. A fiúk játékaik inkább a fizikai dolgok logikájához kapcsolódnak, vagy egyenesen absztrakt természetűek, míg a lányok játékaik inkább a társadalom, az emberi kapcsolatok logikájával állnak szorosabb összefüggésben. Ez is magyarázhatja, hogy például a tisztán absztrakt logikai vagy geometriai feladatokban általában a fiúk érnek el valamivel jobb eredményt, míg a szöveges matematikai feladatokban a lányok. Melyiket tekintjük a formális logikai készség helyes mérőeszközének?

Korrekt méréssel kimutatható tehát az is, hogy a formális logikai készség tekintetében nincs különbség a két nem között, és az is, hogy van, akármelyik nem javára. De ha következtetési mechanizmusaink úgysem a formális logika alapjain nyugszanak, akkor lehet, hogy maga a kérdés értelmetlen. Beszélhetünk matematikai képességről (mivel ez már egyfajta

tapasztalat, élmény, ha egy absztrakt szférában is), beszélhetünk sakk-képességről vagy rábeszélő képességről, de az absztrakt formális logikai képesség mindezek mellett csak másodlagos kísérő jelenség, *epifenomén* marad.

Transzlogika

Különösen érdekes jelenségeket tapasztalhatunk következtetési mechanizmusaink működéséről az úgynevezett módosult tudatállapotokban. Módosult tudatállapotoknak nevezik azokat a helyzeteket, amelyekben az ember érzékelésének, gondolkodásának, viselkedésének rendszere, szerveződése lényegesen eltér a szokott éber állapotától. Néhány példa az álom, a (keleti) meditáció, a hipnózis, a kábítószeres állapot, néha a szerelem is. Ez nem valami pontos definíció, de itt most nincs szükségünk részletesebb elemzésre. Kísérleti úton, kontrollált feltételek között a hipnózis vizsgálható a legjobban.

Nagy kérdés, hogy a hipnotizőr hatására a hipnotizált tényleg valamilye módosult tudatállapotba kerül vagy csak híven eleget tesz a hipnotizőr elvárásainak, játssza a rá osztott szerepet. Azoknak az élményei, akik valaha is voltak hipnózisban, egyértelműen az első feltevést igazolják, de hát nem látunk bele a páciensbe; hátha a hipnózis után is, továbbra is csak játssza a szerepét, mondja, amit a kérdező elvár tőle, egyszerűen: akarva-akaratlanul hazudik. Hogyan lehet olyan kívülről megfigyelhető kritériumokat felállítani, amelyek egyértelműen megmutatják, hogy az illető hipnózisban (vagy legalábbis: módosult tudatállapotban) van-e vagy csak úgy tesz? Ha már így sikerült feltenni a kérdést, logikus a megoldás: képezzünk ki olyan embereket, akik nem mennek bele a hipnózisba, de úgy tesznek, mintha belemennének, hogy a hipnotizőrt megtévezzék. Észreveszi-e valahonnan a hipnotizőr, hogy a hipnózis állapotát csak szimulálják?

Nem volt könnyű dolga a hipnotizőrnek, amikor el akarta dönteni, hogy ártatlan kísérleti alannal vagy a jól kiképzett szimulánsok valamelyikével van dolga. (Az igazságot persze nem tudta.) Egészen durva tesztek sem működtek: amikor azt a szuggesztiót adta, hogy „a bal karja nem érzi a fájdalmat”, és utána rövid ideig gyufát tartott oda (úgy, hogy sérülést ne okozzon, de fájdalmat igen), a szimulánsoknak szemük sem rebbent. Utólag, amikor az élményeket elmondták, lényeges különbség mutatkozott az igazi hipnózisban levők és a szimulánsok között: az igaziak tényleg nem érezték semmit, a szimulánsok viszont komoly fájdalomról számoltak be. De ez még

mindig nem bizonyíték, nem védi ki a hipnotizált akaratlan hazugságának lehetőségét.

A legbiztosabban felismerhető jegyeket a hipnózisban levő személyek következtetési mechanizmusainak működésében találták. Például Martin T. Orne következő kísérletében: A hipnózis kezdetén egy laboráns ült a hipnotizált mellett egy széken. Amikor az alany hipnózisba került, a laboráns csöndben felállt, és a hipnotizált háta mögé settenkedett. A hipnotizőr azt a szuggesztiót adta az alanynak, hogy mellette továbbra is ott ül a laboráns. Nyissa ki a szemét, nézze meg. Eddig nem volt különbség az igazi hipnotizáltak és a szimulánsok viselkedése között: rendben van, ott van, látjuk. Ezután a hipnotizőr megkérte az alanyt, hogy forduljon meg és nézze meg, hogy ki van mögötte. Ez volt az a pillanat, amikor megdöbbenően (és ami a fő, kívülről is érzékelhetően!) másként viselkedtek az igazi alanyok és a szimulánsok.

A szimulánsok vagy azt állították, hogy nem látnak maguk mögött senkit, vagy azt, hogy nem ismerik fel, nem tudják, ki az. Az igazi hipnotizáltak nyugodtan felismerték a hátuk mögött a laboránst. Azután ismét rápillantottak az üres székre, és egy darabig oda-vissza forgatták a fejüket a laboráns és a szék között. Majd közölték, hogy két példányban látják ugyanazt az embert. Ha a hipnotizőr rákérdezett, hogy ez hogy lehet, olyasfélét válaszoltak, hogy biztos valami tükör vagy más bűvésztükk lehet a dologban. Talán kicsit furcsállották a dolgot, de a legkevesbé sem jöttek zavarba. Jól érezték magukat, hipnózisban voltak, ilyen csip-csup apróságoktól nem zavartatták magukat.

Nem mondhatjuk, hogy az igazi hipnotizáltak logikátlanul viselkedtek. Mihelyt a hipnotizőr rákérdezett, adtak valamiféle teljesen logikus, elképzelhető magyarázatot. Csak éppen nem foglalkoztatta őket komolyan a dolog. Ha köreiket, nyugodt hipnózisukat amúgy nem zavarta, nem akadtak fenn a nyilvánvaló logikai ellentmondáson. Pillanatnyilag aktuális hétköznapi logikájukat nem zavarta az ellentmondás, mert kívül esett rajta. Ezt a jelenséget nevezték el *transzlogikának*. A szimulánsok egy másik logika, a normál hétköznapi logika szerint jártak el. Úgy képzelték, hogy ha már benne vannak az adott helyzetben, és azt hazudták, hogy látják a laboránst a széken, akkor ezzel nem kerülhetnek ellentmondásba. A kísérlet sikeres volt: felfedeztek valamit, ami kívülről is jól megfigyelhető, és biztosan nem lehet a hipnotizált esetleges akaratlan szerepjátszásával magyarázni.

A transzlogika működésére sehogyan sem lehetett megtanítani a szimulánsokat. Egy-egy konkrét helyzetben persze igen, de mihelyt a helyzet változott, ismét lebuktak a hibás transzlogikán.

Egy másik kísérletben például két szék volt a hipnotizált mellett a hipnózis kezdetén. A jobboldali székben ült a laboráns, a baloldali üres volt. A hipnózis közben a laboráns halkan átült a baloldali székbe. A hipnotizőr ezután azt a szuggesztiót adta, hogy továbbra is jobboldalt ül a laboráns, a baloldali szék pedig üres. Eddig egyetértettek az igazi alanyok és a szimulánsok: odahallucináltak a jobboldali székbe a laboránst, és negatív hallucináció révén nem láttak senkit a baloldali székben. Ezután a hipnotizőr megkérte az alanyt, hogy üljön át a baloldali (általa üresnek tartott) székbe. A szimulánsok itt egy pillanatra zavarba jöttek, majd átültek a laboráns ölébe. Az igazi hipnotizáltak kétféleképpen reagáltak. Akinek semmi kifogása nem volt az ellen, hogy beleüljön a laboráns ölébe (nem taszította szexuálisan, nem bánta, hogy más vagy azonos nemű stb.), az gondolkodás nélkül az ölébe ült, és nem tudta, hogy nem üres széken ül. Akinek valamilyen okból nem volt ínyére, hogy a laboráns ölébe üljön, az lassan fölállt, megfordult, és leült a neki most már baloldali, üres székbe. Ha a hipnotizőr rákérdezett, hogy mit csinált, akkor valami olyasmit válaszolt, hogy azt hitte, hogy a hipnotizőr a saját szempontjából gondol a bal oldalra.

Itt sem mondhatjuk, hogy a hipnotizáltak nem logikusan jártak el. A transzlogika ellentmondásmentesen működött, de lényegesen különböző módon, mint a normál hétköznapi logika. Ha a formális logika automatikusan működne, nyilván azonnal jelezte volna az ellentmondást, hiszen az eredmények tanúsága szerint valahol az igazi hipnotizált is végig tudta, hogy valójában ül valaki a bal oldalán levő széken. A dolgok hipnózisban megváltozott logikáját követő transzlogikát azonban ez az apróság nem zavarta, illetve amint zavarta, a hipnotizált rögtön talált kiutat.

2. A józan paraszti ész

A hetvenes években Magyarországon gyakran és durván változtak a mezőgazdasági szabályozók. Ennek megfelelően a termelés óriási hullámzást mutatott még az olyan termékek esetében is, amelyek az időjárás viszonyosságainak nincsenek kitéve. Megdöbbenő pontossággal reagáltak a gazdák arra, hogy mit és mennyire érdemes a pillanatnyi szabályozók alapján termelniük. A formális gondolkodásban aránylag kevésbé képzett emberek nemcsak arra voltak képesek, hogy a szabályozók kapkodó módosításait néhány év alatt tarthatatlanná tegyék, hanem arra is, hogy a jövő ellátását azért komolyan ne veszélyeztessék. A sertésállomány például, a statisztikai évkönyvek tanúsága szerint, viharosan fogyott azokban az években, amikor a szabályozók a sertésenyésztést veszteségessé tették a tenyésztők többsége számára. A szarvasmarhaállomány fogyása ugyanilyen körülmények között jóval lassúbb volt, bár ugyanennyire fenyegető. Az ok egyszerű: a sertésállomány hamar felszaporítható újra, de a szarvasmarhaállomány nem egykönnyen növelhető, ha egyszer nagyon lefogyott.

Nem pontos gazdaságossági számítások alapján viselkedtek a gazdák ilyen racionálisan. Tapasztalataik tanították meg őket arra, hogy mik a következményei cselekvéseiknek illetve a szabályozóknak. Minden vállalkozónak idővel reális kár-haszon értékelése alakul ki, különben elhagyja a pályát. Elegendő információ hiányában gyakran elvileg sincs lehetőség egzakt, formális számításokra. Ilyenkor válik döntővé a tapasztalaton alapuló józan paraszti ész: ilyen helyzetekhez hasonlít-e inkább a jelenlegi szituáció, amelyek jól sülték el vagy olyanokhoz, amelyek rosszul?

Minden konkrét szituáció más, mint a korábbiak. A dolgok logikáját úgy tudjuk alkalmazni eddig nem látott esetekre, hogy olyan ismert példákat keresünk, amelyek valamilyen szempontból hasonlítanak jelenlegi helyzetünkre, és gondolatban lejátsszuk, hogy mi történne a jelenlegi feltételek mellett azokban a helyzetekben. A kiválasztott analóg helyzeteket úgy használjuk, mintha a jelenlegi helyzetnek modelljei lennének. Feltételezzük, hogy

alapvető vonásaikban, szerkezetükben, lényeges következményeikben megfelelnek a most megoldandó problémának. Egy modell attól modell, hogy szerkezetét jól ismerjük. Vagy azért ismerjük, mert bőséges tapasztalatunk van róla, vagy azért, mert eleve úgy határozzuk meg, hogy a szerkezete egyszerű, áttekinthető legyen.

Előfordulhat, hogy a modell valójában jóval bonyolultabb, mint amit modellez, csak éppen sokkal jobban ismerjük a működését. A gyakorlott krimiolvasó tíz perc után megmondja, hogy ki a bűnös a tévé gyengécske péntek esti krimijében, mert jól ismeri a műfaj bonyolult, igazi klasszikusait, és valamelyikre biztosan emlékeztetni fogja a nem különösebben bonyolult aktuális probléma. Legtöbbször azonban a modell szándékosan és tudatosan egyszerűbb a valós helyzetenél. Ahhoz, hogy megállapítsuk, hogy egy tojás bűdös, nem kell tudni tojni. Elég egy-két egyszerű jel, hogy valamilyen korábbi analógia alapján gyanút fogjunk. Szerencsés esetben még csak fel sem kell törni a tojást. A józan paraszti ész ereje a helyes analógia kiválasztásának művészetében rejlik.

Minél több mindent látott az ember, annál több analógia, annál több modell közül tudja a legalkalmasabbakat kiválasztani. A kiválasztás módja mind a pszichológiának, mind a mesterséges intelligenciának egyik legaktuálisabb, mindmáig megoldatlan problémája. Úgy is fogalmazhatjuk a kérdést, hogy hogyan, mi szerint asszociálunk? Sok esetben persze egyszerű formai jegyek, szembeötlő sztereotip hasonlóságok is elegendőek.

Egy társalkodó program

A mesterséges intelligencia egyik legkorábbi látványos sikere Joseph Weizenbaum 1966-ban készült ELIZA nevű programja volt. A program két komponensből állt: az egyik segítségével meg lehetett őt tanítani arra, hogy a társalgás közben milyen fordulatokat alkalmazzon, a másik komponens pedig magát a társalgást végezte. A program a Pygmalion Elizájáról kapta nevét, mivel modora kicsit nyers, de ha valaki hajlandó a tanuló komponensével sokat foglalkozni, egyre civilizáltabbá teheti a viselkedését.

Az ELIZA tanuló komponense egy mintagyűjteményből és a mintákhoz tartozó válaszok gyűjteményéből áll. A válaszoló komponens elemzi a társalgó partner által beírt szöveget, és megpróbálja illeszteni a mintagyűjtemény valamelyik eleméhez. Amikor ez sikerül, visszaírja a partnernek az adott mintához tartozó válaszok valamelyikét.

A mintagyűjtemény típusmondatokból áll, amelyeknek bizonyos elemei kötöttek, más részei bármivel behelyettesíthetők. Például ilyen minta lehet a következő:

(1.akármí ön 2.akármí engem 3.akármí)

Tehát ennek a mintának megfelel az a mondat is, hogy „úgy érzem, hogy ön mostanában engem ún”, de az is, hogy „Szeretném, ha ön megkínálna engem egy kávéval”.

A mintákhoz tartozó válaszgűjteményekben olyan szabályok állnak, amelyek egy, az adott mintához illeszkedő mondatból olyan mondatot állítanak elő, amellyel az adott mondatra (legalábbis elvileg) válaszolni lehet. Például az előző mintához ilyenfajta válasz-szabályokat lehet készíteni:

(Miért gondolja, hogy ön 1.akármí én 2.akármí 3. akármí)

vagy egy másik lehetséges szabály, ahol a válaszban a mintának az 1. akármí helyén levő részére egyáltalán nem reflektálunk:

(Tegyük fel, hogy én 2.akármí magát 3.akármí . Mit változtatna ez a dolgokon?)

Természetesen a válaszban az igék ragjait értelemszerűen módosítani kell. Ez az angol nyelvben roppant egyszerű eljárás. Magyarul valószínűleg komolyabb nehézségeket okozna. Magyar nyelvű ELIZA tudtommal eddig nem készült, de készült német, francia és spanyol változat. Ezekben sikerült megoldani ezt a problémát. Egy magyar változat elkészítésének különösen kellemetlen akadálya, hogy a magyar nyelvben a szórend túl kevésbé kötött. Nyelvészek szerint a legnehezebb dolog egy kötetlen szórendű nyelvben eltalálni a helyes szórendet. Tény, hogy a bemutatott két példa hű fordítása két eredeti angol ELIZA-mintának, de magyarul eléggé sután hangzanak, és könnyű olyan ép, értelmes mondatokat találni, amelyeket ezek a szabályok roppant idétlen válaszokba visznek át. Angolul ez sokkal ritkább eset. Mindenesetre a beszélgetés életben tartására elegendőek lehetnek ilyen válaszok is:

— Miért gondolja, hogy ön úgy érzi, én mostanában únom?

— Tegyük fel, hogy én megkínálom magát egy kávéval. Mit változtatna ez a dolgokon?

Van az ELIZA programban egy-két további szabálykészítési lehetőség is. Például az ELIZA memóriájában megjegyzi a beszélgetés teljes menetét, és lehet olyan szabályt is írni, amely csak akkor lép életbe, ha egy adott helyen olyan szó áll, amely már szerepelt a beszélgetésben. Ezzel nagyjából kész is: lényegében ennyi az egész. Csak a legfontosabb szabályt hagyunk ki: ha a partner szövege egyetlenegy mintához sem illeszkedik, tehát ha az ELIZA semmiféle támpontot nem tud találni, amiből kiindulva felépíthetné

a választ, akkor egy előre elraktározott konzervkészletből ad valamilyen kész választ. Ilyenkor ilyeneket mond: „Kérem, folytassa.”, vagy „Ez nagyon érdekes.”, vagy egyszerűen: „Értem.” Ez az ELIZA legangyalibb vonása: ha végképp semmit sem fog fel abból, amit neki mondtak, alkalmasint azt válaszolja, hogy „értem”. Ez, mint a tapasztalatok mutatják, nagyon bátorítólag hat a partnerre, ilyenkor szokott igazán belelendülni.

Amikor elkezdtek az ELIZÁ-val játszani, hamar feltűnt, hogy a program társalgásának egyértelműen van stílusa. Néha kicsit idegesítően semmitmondó (mitől is lenne mondanivalója?), de stílusa az van. Leginkább a pszichoterapeuták modorára emlékeztet, akik, helyzetük sajátosságaiból adódóan, elvből nem akarják saját mondanivalójukkal zavarni a beteget. A pszichoterápia bizonyos iskoláira (pl. Rogers követőire) ez különösen élesen jellemző. Ezt felismerve, a tanuló komponens segítségével úgy alakították az ELIZA válaszait, hogy minél jobban emlékeztessenek a pszichoterapeuták szokásos sztereotípiáira. Így jött létre a DOCTOR nevű program.

A DOCTOR program megdöbbenően jól működött. Valódi pszichiátereket is megtévesztett: amikor különféle beszélgetésrészleteket mutattak nekik, nem tudták eldönteni, hogy melyik beszélgetés származik valódi terápiából és melyik a programtól. Többen komolyan felvetették, hogy eljött az ideje, hogy (a program némi továbbfejlesztése után) a drága pszichoterápiás foglalkozásokat mindenki számára elérhető számítógépes szolgáltatásokkal váltsák fel. A gép sokszor határozottan telitalálatokat produkált. Például ilyeneket:

DOCTOR: Mi a problémája?

Beteg: Az anyám túl sokat iszik.

DOCTOR: Ki iszik még túl sokat a családban?

Roppant értelmes kérdés. Hiszen ha egy anya sokat iszik, valószínűleg nem képes családi szerepeit megfelelően ellátni, és ez további feszültségekhez vezethet. Az is lehet, hogy éppen az anya problémáját okozzák más családi feszültségek. Tehát mindenképp értelmes dolog errefelé terelni a beszélgetést. Minderről persze a DOCTOR-nak fogalma sem volt; még arról sem, hogy az „iszik” szó itt nem egyszerűen azt jelenti, hogy valaki túl sok folyadékot vesz magához. Mondhatjuk erre azt, hogy elég, ha a tanuló komponens írója tudta mindezt, de akkor miért a programot nevezzük értelmesnek? Mellesleg még csak nem is ez volt a helyzet: a DOCTOR válasza ebben az esetben egyszerűen az *anya* és a *túl sok* szavak felismeréséből adódott. Adott esetben ugyanilyen minta szerint kérdezett volna vissza a program akkor is, ha a beteg azt panaszolja, hogy a testvére túl sokat gombfocizik.

A DOCTOR program megtévesztően értelmesnek bizonyulhat csupán azért, mert az emberek szeretik kiönteni a lelküket egy igazán semleges és odafigyelő partnernek. A program szerzője teljesen elképedt, amikor egyszer a titkárnője elkezdett beszélgetni a programmal, és néhány mondatváltás után megkérte a szerzőt, hogy menjen ki a szobából. Weizenbaum egyébként nem mesterséges intelligencia produktumnak szánta programját, csak egy jópofa játéknak, amellyel demonstrálni tudja, hogy az akkoriban kitalált számítógéphálózatok mi mindenre képesek: akár harminc ember is társaloghat egyszerre a géppel. Tökéletesen tisztában volt azzal, hogy az ELIZA az évilágon semmit nem ért abból, ami körülötte történik, és a legjobban ő lepődött meg, hogy mi mindent képesek az emberek beleálmodni ebbe az egyszerű programba.

Máig is Weizenbaum a mesterséges intelligencia egyik legkeményebb és legszkeptikusabb kritikusa. Szerinte az ELIZA program körülbelül úgy viselkedik, mint amikor egy jófúlú, de minimális nyelvtudású ember mindenáron fenn akarja tartani a társalgást. Néha elkap egy-egy szót, amit ismer, és bár fogalma sincs arról, hogy azt a szót éppen miért ejtette ki beszélgető partnere, sürgősen reagál rá valami semlegeset. Jó hosszú ideig fenn lehet így tartani a társalgást, a partner teljes elégedettségére. Főleg ha a másik semmit sem akar tőlünk azon kívül, hogy meghallgassuk, hogy legyen kihez beszélnie.

Számunkra is érdekes lehet a barátságos társalgás: szállást kaphatunk így egy idegen országban, vagy tanulmányozhatjuk partnerünk gesztusait, arcjátékát. Izgalmas játék, olyasmi, mint Kosztolányi Esti Kornéljának társalgása a bolgár kalauzzal. Csakhogy az ember számára mindig van a dolognak valami tétje. Anélkül, hogy tudná, miről van szó, Esti Kornél vérig sérti, majd megbékíti a bolgár kalauzt, és mindezt pontosan érti, mélyen átéli, jóllehet egy egész más szinten, mint amin a kalauz története játszódik. Esti Kornélban kétségtelenül valamiféle rossz érzés maradt volna, ha nem sikerül megbékítenie a bolgár kalauzt. Ilyenfajta átérzés, megértés az ELIZÁ-ban nincs. Egyetlen más mesterséges intelligencia programban sincs jelenleg. Nemhogy egy ilyen szintű megértés elérhetetlen jelenlegi eszközeinkkel, hanem a dolgok legegyszerűbb primér, közvetlen megértése is sok kívánnivalót hagy maga után, még olyankor is, amikor a program (illetve szerzője) tudatosan csak igen szűk területet kíván uralni.

Mesterséges bomlott értelem

Kenneth Colby PARRY nevű programjában még egyet csavart a dolgon. Nem egészséges értelmet próbál szimulálni, hanem bomlottat. A mesterséges paranoia létrehozását célozta meg, remélve egyrészt, hogy ennek működése alapján jobban megismerjük az igazit, másrészt, hogy ezáltal az egészséges értelem működéséről is többet tudhatunk meg. (A paranoia olyan betegség, amelyben a beteg az élet valamely területén elveszti a kapcsolatát a valósággal, hibás vonatkoztatási rendszert állít fel magának, de ezen belül, és az élet más területein is tökéletesen logikusan viselkedik. Téveszmerendszerben él, nem róla szóló dolgokat is magára vonatkoztat.)

A mesterséges paranoia ígéretes kísérleti terep arra, hogy egy programmal egy szűk, de hétköznapi tartomány összefüggéseit megértessük. Ami nem kapcsolatos PARRY téveszméivel, arra az ELIZÁ-hoz hasonlóan, saját szempontjából tökéletesen normálisan reagál, bár néha esetleg kicsit pikírt. Mihelyt azonban a leghomályosabb utalást érzékeli a téveszmerendszerére, a kapott szöveget arra vonatkoztatja és ennek megfelelő (sértődött, ideges vagy agresszív) választ képez.

A PARRY programmal is sikerült megtéveszteni gyakorló pszichiátereket. Gondosan felállított és kontrollált kísérlet során éppen 50%-ban sikerült a pszichiátereknek eltalálniuk, hogy igazi beteggel vagy számítógéppel beszélgetnek. Levonhatjuk ebből az eredményből azt a következtetést, hogy a PARRY program válaszait a hozzáértő külső megfigyelő egyáltalán nem tudja megkülönböztetni egy igazi paranoiás reakciótól? Hogy a PARRY révén eredményesen vizsgálhatjuk a paranoia mechanizmusait? Hogy legalábbis a mesterséges bomlott értelem problémáját megoldottnak tekinthetjük?

DOCTOR kezelésbe veszi PARRY-t

Ha már van egy mesterséges pszichiáter-program és egy mesterséges paranoiás program, miért ne eresztették volna össze őket. PARRY ezúttal szenvedélyes lóversenyjátékos, téveszméje pedig az, hogy őt egy lóverseny-maffia üldözi és a kifosztására tör (bár, mint látni fogjuk, az adott esetben ez édesmindegy). Nézzünk egy részletet a beszélgetés közepéből. Aki nem kíváncsi a megjegyzéseimre, ugorja át a zárójeles részeket.

DOCTOR: Szeretné?

PARRY: Gondolom, igen.

DOCTOR: Mi jut erről az eszébe?

(Itt a Doctor a „gondolom” kulcsszóra reagált, persze tökéletesen félreértve a helyzetet.)

PARRY: Mire céloz?

DOCTOR: Milyen választ szeretne leginkább hallani?

PARRY: Ez nem azon múlik, hogy mit szeretnék, vagy nem szeretnék.

DOCTOR: Még miről szeretne beszélgetni?

(Passz. Konzerv válasz, mivel nincs mibe belekapaszkodnia.)

PARRY: Únom, hogy mindig ugyanazokat a kérdéseket teszi fel.

(Működik ám PARRY memóriája is.)

DOCTOR: Milyen hasonlóságot lát?

(Reakció az „ugyanaz” kulcsszóra.)

PARRY: Azt önnek kell tudnia.

DOCTOR: Mégis, mire gondol?

PARRY: Nem értem az indítékait.

DOCTOR: Miért kellene értenie az indítékaimat?

PARRY: Miért, kellene értenem?

DOCTOR: Miért mondja most éppen ezt?

(Végre egy telitalálat. Jót tett a „kellene” szó.)

PARRY: Mert így van.

DOCTOR: És ha nem így lenne?

PARRY: Hát?

DOCTOR: Nem vagyok biztos benne, hogy értem önt.

(Nem vallomás, de nem is blöff. Ezt a konzervet adja, mert az utóbbi időben túl sokszor nem tudott mibe belekapaszkodni.)

PARRY: Túl sokat lovagol ugyanazon a kérdésen.

(Egyívásúak: ő is túl régóta nem érti. Csak neki ilyenkor ez jön.)

DOCTOR: Ez milyen hasonlóságot sugall önnek?

(Az „ugyanaz” szó biztos támpont.)

PARRY: Nem tudom önt követni.

DOCTOR: Szeretné, ha tudna engem követni?

PARRY: Ideje lenne, hogy valamiféle érdeklődést mutasson az érzéseim iránt.

DOCTOR: Oh? Érdeklődést mutattam volna az érzéseim iránt?

Hagyjuk magukra PARRY-t és a DOCTOR-t ennél a kis malőrnél. Ez lenne az a két program, ami szakképzett pszichiátereket átvert? Aminek érett és intelligens titkárnők kiöntötték a lelküket? Igen, ezek azok. Embri partnereik akaratlanul is belevitték a beszélgetésbe saját értelmüket, értelmet adva ezzel magának a beszélgetésnek is.

Hasonló stílusuk ellenére lényeges különbség van az ELIZA és a PARRY filozófiája között. Az ELIZA, mint említettük, nem a mesterséges intelligencia produktumának volt szánva, hanem demonstrációs eszköznek, játéknak. Szerzője joggal számolhatott azzal, hogy majd az, aki játszik vele, visz bele értelmet is. Akarata ellenére került a mesterséges intelligencia zászlajára, hogy azután, amikor kiderült, hogy nemigen lehet lényegesen továbbfejleszteni ezt az elvet, csalódottan ejtsék. Az ELIZA nem az értelmet próbálta szimulálni, akkor már inkább az értelem hiányát próbálta disszimulálni, elrejtteni; meglehetősen sikerrel. A PARRY program nem disszimulációnak készült, hanem a bomlott értelem értelmes szimulációjának szánták; azt viszont meglehetősen kevés sikerrel teszi. Egy fontos tanulsággal azonban szolgált: elemi erővel mutatott rá, hogy milyen könnyen érzékelünk értelmet ott is, ahol pedig nincs. Úgy tűnik, értelmünk egyik fontos tulajdonsága az, hogy kivetítjük, projiciáljuk mindenre, amire csak egy kicsit is lehet.

Mi minden van egy egyszerű szövegben

Az ELIZA és a PARRY értetlensége alig fodrozza a felszínét azoknak a mélységeknek, amelyeket józan hétköznapi eszünk segítségével akaratlanul is felfogunk a legegyszerűbb szövegekből is. A problémák elsősorban a számítógépes fordítás lehetőségeinek kutatása során bukkantak elő. Ime két rémálom a számítógépes fordítás történetének folklórjából.

Eredeti angol szöveg

A lélek kész, de a test erőtlen.

Csak azt hiszem, amit látok.

Orosz fordítás visszafordítva angolra

A vodka jó, de a hús vacak.

A vakok hitetlenek.

Az első példa az angol spirit és flesh szavak kettős értelmén csúszott el. A második a formális logika szillogizmusain. Jellemző, hogy józan hétköznapi eszünkkel nehéz felfognunk, hogy mi vihette a fordításokat ennyire félre, amikor a két mondat jelentése olyan világos. A következő vicc szintén a számítógépes folklór jellemző terméke.

A vezérkari főnök betáplálja a szuperintelligens számítógépbe a kérdést: A Szovjetunió vagy az USA fog először embert küldeni a Marsra? Rövid gondolkodás után a gép kiírja a választ: „Igen”. A vezérkari főnök dühbe gurul, és beüti a következő kérdést: Igen, de ki? Rövid gondolkodás után a számítógép kiírja a választ: „Igen, uram”.

Vicc poénját ne magyarázzuk, de azon érdemes egy kicsit eltűnődni, hogy a számítógépes észjárás miért nem akad fenn azon, hogy hogyan mondhatott a gép olyan idétlenséget, mint az *első* „Igen” válasz. Nos, a mai helyzetben szinte biztosra vehető, hogy vagy a Szovjetunió, vagy az USA fog először embert küldeni a Marsra. *Igen*, ki más küldene? A válasz nem idétlenség, hanem teljesen helyes. Honnan tudhatta volna szegény gép, hogy nem ezt kérdezték tőle. Ha például egy kanadai riporter kérdezi az USA elnökétől, hogy „Az USA vagy Kanada fog először embert küldeni a Marsra?”, akkor egy szimpla „Igen” válasznak egyértelmű információtartalma van; azt igéri, hogy ebben a dologban megelőzik a Szovjetuniót. Ha pedig azt kérdezzük a szuperintelligens számítógéptől, hogy „Svédország vagy Norvégia fog először embert küldeni a Marsra”, és erre kapjuk válaszként azt, hogy igen, akkor talán csodálkozunk, de nem a válasz idétlenségén, hanem a jóslat bátorságán.

A józan paraszti ész számára teljesen nyilvánvaló, hogy mikor milyen értelemben kérdeztük a „vagy”-ot, de hogyan lehet ezt a számítógépértésére adni? Talán erre a speciális esetre lehetne néhány szabályt kitalálni, amelyek eredményeként a gép értelemszerű válaszokat adna, bár ez sem látszik könnyű feladatnak. Már csak azért sem, mert az „először” szót is könnyen lehet másként is érteni. Azt is tudni kell, hogy Kanada és az USA, illetve Svédország és Norvégia bizonyos fokig rokonoknak tekinthetők, a Szovjetunió és az USA viszont a legkevésbé sem. Hányezer, hánymillió egyedi szabályra lenne szükség ahhoz, hogy legalább ne lépten-nyomon ütközzünk a számítógéppel ilyen sületlenségekbe? Vagy lehet valami elegánsabb, általánosabb megoldást találni? Talán segít a formális logika valamilyen fajtája, a maga nagy átfogó általánosságával?

Számítógépes állatmesék

J. R. Meehan olyan programot kísérelt meg írni, amely csattanós állatmeséket képes alkotni, Ezópusz stílusában. Felszerelte programját több tucat következtetési szabállyal, amelyeket a józan hétköznapi ész nyilván figyelembe vesz akkor is, ha nyíltan nem mond ki. Például olyan szabálya is volt, hogy ha az A szereplő a B dolgot a C helyre mozdította el, akkor ebből nem csak arra következtethetünk, hogy a B dolog ezután a C helyen van, hanem arra is, hogy az A is ott van. Ezenkívül felszerelte állatszereplőit a nekik dukáló tulajdonságokkal. Beletett még néhány általános elvet is, például: Aki a folyóban van, az ki akar kerülni onnan, különben elsüllyed.

(Halak nem szerepeltek a meséiben). Akinek van lába, ki tud úszni. Akinek van szárnya, el tud szállni. Akinek vannak barátai, segítséget kérhet tőlük. Azt a mozzanatot, hogy „X leesett”, úgy reprezentálta, hogy „a gravitáció elmozdította X-et”, mert így illeszkedett legjobban az egyre bonyolultabbá váló rendszerbe, és különben is, így logikus.

Ekkor a program szerzőjét kellemetlen meglepetés érte. A gép arcpirulás nélkül megalkotta a következő történetet:

„Hangya Henrik szomjas volt. Lesétált a folyópartra, ahol jóbarátja, Varjú Vili üldögélt. Henrik megcsúszott és beleesett a folyóba. A gravitáció elsüllyedt.”

Hát igen. A szabályok szerint Hangya Henriknek voltak ott barátai, akik kimentették. De mivel Henriket a gravitáció mozdította bele a folyóba, a következtetési szabályok szerint az is ott volt. De neki nincsenek lábai, se szárnya, se barátai. Tehát el kellett süllyednie.

Ezt a konkrét hibát sikerült kiküszöbölni néhány bonyolult újabb szabállyal, de a hasonló stílusú (noha kevésbé frappáns) hibák csak nem akartak ritkulni. Itt látszik igazán a józan paraszti ész ereje, ahogy az ilyen egyszerű, hétköznapi dolgokat olyan magától értetődő természetességgel kezeli.

3. A rejtvény és a tudomány

A rejtvény lényege, hogy van megfejtése. Aki leül rejtvényt fejteni, biztos lehet benne, hogy ha eléggé eszes és ügyes, célhoz érhet. Valaki megszerkesztette a rejtvényt; kell hogy tudja hát a megfejtést is. De akkor miért fárasztjuk magunkat, miért nem kérdezzük meg tőle? Nem is kell felkutatni a szerzőt, többnyire néhány oldallal hátrább máris olvasható a megfejtés. Össztársadalmi méretekben hatalmas pazarlás folyik. Megjelenik egy keresztrejtvény a Fülesben félmillió példányban. Tegyük fel, hogy csak minden tizedik olvasó fejt meg, félórát áldozva rá. Ez összesen huszonötezer óra munka, egyetlenegy rejtvény megfejtésére. Több, mint tíz ember egy teljes évi munkaideje. És mindezt még nem szoroztuk meg a keresztrejtvények számával.

Ha ennek a hatalmas pazarlásnak nem lenne valami konkrét haszna az emberiség fennmaradása szempontjából, már régen kialakult volna egy olyan emberfaj, amelyik nem fejt rejtvényt, és az így megnyert energia célszerű felhasználásával lesöpri a Föld színéről a készen is megismerhető megfejtések fáradságos újrafelfedezésével bíbelődő rejtvényfejtő homo sapienst. Mi lehet tehát a rejtvényfejtés haszna az emberiség fennmaradása szempontjából? Ez a kérdés maga is úgy hangzik, mint egy rejtvény. Kell hogy legyen megfejtése, hiszen éppen az előbb mutattuk ki, hogy ha ennek a rejtvénynek nem lenne megfejtése, akkor másmilyenek lennénk. Mégsem ilyen típusú rejtvények szerepelnek a rejtvényújságokban, az ilyesfajta kérdésfeltevések inkább tudományos értekezések témái szoktak lenni.

A rejtvények keretei

Tegyük fel mégis, hogy a Füles egyik kvízkérdéseként ezt olvassuk: Mi a rejtvényfejtés jelentősége az emberi faj fennmaradása szempontjából? Lehet, hogy elmerengénénk a dolgon, és érdekes gondolatok jutnának eszünkbe. De mindenképpen tamáskodva lapoznánk a megfejtésekhez. Biztosak lennénk abban, hogy ott nem pontosan azt fogjuk találni, amire mi gondoltunk. Egy ilyen kérdés nem kategorikus választ követel, hanem vitára ingerel, és ez az, amit a rejtvény műfaja nem visel el. A rejtvény egyfajta hallgatólagos megállapodáson alapul, miszerint a rejtvénytípusalkotó csak olyan kérdéseket tesz fel, amelyekre egyértelmű és világos válasz adható. Maga a kérdés lehet akármilyen homályos és rejtélyes, de a válasz ismeretében egyértelművé kell válnia, hogy a világ összes dolgai közül csakis ez az egy illeszkedik pontosan a kérdéshez illetve annak környezetéhez.

Példák erre a Nulladik fejezet R1-es rejtvényének kérdései. Mindenki kezét fog vele, ki is lehet ez. A tévében azt látjuk, hogy mindenki kezét fog a miniszterelnökkel, de valami mégsem stimmel. Nem reális egy ilyen megfejtés. Különben is, nem hét betű. Talán nem is emberről van szó, ez a trükk? Van, akinek hamar beugrik a válasz, van, akinek csak akkor, ha a keresztülmenő sorok már 3–4 betűjét kiadták. De ha egyszer felvillan a megfejtés: KILINCS, akkor rögtön egyértelművé válik, hogy csakis ez a helyes válasz. Oda-vissza átlát a ködön. Mi lehet ez a rejtélyes „oda-vissza”? A gyakorlottabb rejtvényfejtőnek rögtön gyanús lesz, hogy ez talán egy olyan szó, ami odafelé és visszafelé olvasva is ugyanaz. De a nem gyakorlott rejtvényfejtőnek is a megfejtés ismeretében (RADAR) világossá válik, hogy mit jelentett az a talányos „oda-vissza”. Lehet számos vagy számtalan. Mondjuk lehetne a válasz: borítékos sorsjegy, de ez valahogy érezhetően nem helyes, nem is elsősorban a betűszám miatt. Ha már tudjuk, hogy a megfejtés: SOK, akkor persze rögtön érthető a furcsán fogalmazott kérdés.

A negyedik feladvány még rafináltabb, keresztrejtvény-meghatározásnak nem is igazán szerencsés. Nem azért, mert nem jó talány (kvízkérdésnek például tökéletesen alkalmas), hanem azért, mert a megfejtésből: RADNÓTI MIKLÓS, még nem derül ki nyilvánvalóan, hogy miért pont ez a helyes válasz. Még valamiképp emlékeztetni kell a Hetedik eclogára: „Ékezetek nélkül, csak sort sor alá tapogatva / úgy írom itt a homályban e verset, mint ahogy élek”. Ilyen magyarázatra a keresztrejtvény-műfaj nem ad módot, a kvíz-műfaj viszont igen. Még innen is kell a megfejtőnek néhány apró gondolati lépést tennie, hogy megértse az idézet és a rejtvény kapcsolatát, de ez már

nem okozhat problémát. Nota bene, a mesterséges intelligencia mai programjainak okozna.

A jól szerkesztett rejtvény

A rejtvények kerete a józan hétköznapi ész, mindennapi kultúránk ismeret- és következtetésrendszere. Sz. L. Rubinstein szovjet pszichológus írja: „Az úgynevezett fejtörő feladványok nem holmi kuriózumok, amelyekre nem vonatkoznak a gondolkodás általános törvényei. Ellenkezőleg, bár sajátos, de elválaszthatatlan kapcsolatban vannak a gondolkodás általános törvényszerűségeivel. A rejtvények, fejtörők összeállítói voltaképpen e törvények gyakorlati szakemberei.” A jól szerkesztett rejtvény hétköznapi gondolkodásunk természetes, de ritkán használt útjait járhatja be velünk. Szokatlan, de értelmes asszociációkra készítet; logikus, de ritkán előforduló következtetések levonását követeli meg. Ismereteinket a megszokottól eltérő szerkezetben mozgósítja, és ezzel előkészíti a talajt új ismeretek befogadására is.

Erre törekszik a rejtvénytípus szerkesztő. De az 1. fejezetben említett autó, amelynek benzinmutatója elromlott, és minden látszat ellenére a létező legyszerűbb ok: a benzin hiánya okozta, hogy nem indult, szintén „jól szerkesztett rejtvényt” produkált. Környezetünk, tárgyaink gyakran állítanak bennünket jól szerkesztett rejtvénynek tekinthető feladatok elé. Pontosabban: a problémáknak csak egy kis része ilyen, hiszen különben rájárna az agyunk, és nem bizonyulnának jó rejtvényeknek. De ha csak egy ezreléknyi az olyan probléma, ami rejtvényként is megállná a helyét, akkor már bőven megtalálhatjuk a hasznát a rejtvényfejtéssel szerzett gyakorlatunknak.

Közismert annak az órásnak az esete, aki a drága svájci órát egy könnyed kalapácsütéssel megjavította, és ezért ezer forintot kért. Amikor a vevő sokallotta az összeget, így számolt el: 1 forint a kalapácsütés ára, és 999 forint jár azért, mert tudtam, hogy hova kell ütni. Ha ő volt az ötödik órá, aki próbálkozott a javítással, és az előző négy nem tudott boldogulni a hibával, akkor órásunk nyilván nehéz rejtvényt oldott meg; máskor is lesz dolga. Ha bármelyik órá, tudja azt a bizonyos kalapácsütést, akkor a rejtvény nem volt nehéz, és ennek az órásnak hamarosan felkopik az álla, ha ilyen drágán dolgozik.

Jócskán ad fel rejtvényeket tárgyi és társadalmi környezetünk, de a direkt rejtvénytípus szerkesztett fejtörők stílusa ezektől különbözik. Van a rejtvényeknek egy jellegzetes tolvajnyelve. Ilyen például a radaros feladványban

a talányos „oda-vissza” kifejezés. Aki ezt a tolvajnyelvet ismeri, az sokkal könnyebben boldogul a hetilapok fejtörőivel. A nyelvezet azonban nem tartozik a rejtvény lényegéhez. Különössége csak abból fakad, hogy a rejtvény szándékosan elkerüli a gondolkodás leggyakoribb sztereotípiáit, ezért az amúgy ritkábban járt ösvények válnak a rejtvények világában gyakorivá.

Ha a rejtvény a hétköznapi logikához kötődik, akkor miért gyakoriak az olyan rejtvények, amelyek kifejezetten formális logikai képességeinket teszik próbára? Azért, mert a szillogizmusok használata a régi görögök óta az érvelésnek, meggyőzésnek elfogadott, legitim módja. Így kapcsolódik hétköznapi világunkhoz a formális logika, és ezért érdekesek számunkra azok a feladatok, amelyek a formalizált gondolkodást provokálják. De ezek a feladatok sem szakadnak el végletesen a mindennapi valóságtól. Nem olyan feltételeket adnak meg, hogy „ha A igaz, akkor B és C tagadása is fennáll”, hanem ilyeneket mondanak: „A norvégnak piros az inge és nem zsiráfot tart”. Ezek a rejtvények egy kis mikrovilágot hoznak létre, ebben élünk a feladat megoldásának ideje alatt. Ugyanezt teszi az összes másfajta rejtvény is, a kirakóstól a keresztrejtvényig.

A jól szerkesztett rejtvény nem terheli ezt a mikrovilágot fölösleges szereplőkkel. A feladvány természetes résztvevői terelik tévútra gondolkodásunkat azáltal, hogy a helyes megfejtésben nem a tőlük megszokott módon viselkednek. Jól szerkesztett sakkfeladványban nincsen felesleges figura, már az is komoly szépséghibának számít, ha egy figurának egyetlen szerepe, hogy egy mellékmegoldást lehetetlenné tegyen. Másfajta rejtvények esztétikai mércéje nem mindig ennyire szigorú, de minden rejtvényben komoly szépséghiba, ha valami kizárólag azért szerepel benne, hogy nehezebb legyen kitalálni.

Amikor rejtvényt fejtünk, általában eleinte nem világos az összes adat jelentősége. Ezért tölti el a rejtvényfejtőt örömmel, ha sikerül egy-egy új adatnak szerepet találnia, például amikor a sakkfeladványban egy próbálkozás során az addig fölöslegesnek látszó világos huszár játékba kerül, vagy amikor egy krimi olvasásánál feldereng, hogy miért lehet a hősnőnek két szobalány. Minden újabb adat mozgósítást jogosan érzékelhetjük előrehaladásnak, a megfejtés felé vivő lépésnek: nagy valószínűséggel valóban az is.

A tudomány keretei

E fejezet elején említettük, hogy az a kérdés, hogy mi a rejtvényfejtés haszna az emberiség fennmaradása szempontjából, rejtvénynek nem alkalmas. Most már látjuk, hogy azért nem, mert nem a józan hétköznapi ész kereteibe illeszkedik a kérdésfeltevés; túlzottan tudományos fogalmak adják meg az értelmét. De miért érdekli, miért érdekelheti egy ilyen kérdés a tudományt? A válasz egyik fele az, hogy éppen azért, mert eleve tudható, hogy van megfejtése. Gondolatmenetünk, ahogy kifejtettük, hogy ez honnan tudható, tudományos érvekre épült, az evolúció darwini elméletére. A válasz másik feléhez előbb meg kell vizsgálnunk, hogy általában miféle problémákkal foglalkozik a tudomány.

Thomas Kuhn írja „A tudományos forradalmak szerkezete” c. művében: „A tudomány, mint egész időnként hasznosnak bizonyul, új területeket tár fel, szabályszerűségeket mutat ki, és ellenőriz régóta elfogadott vélekedéseket. A normál kutatási problémákkal foglalkozó *egyén azonban szinte sohasem tesz semmi ilyesmit*. Ha már egyszer elkötelezte magát, egészen más motívumok mozgatják. Immár az a meggyőződés hajtja, hogy ha elég ügyes, sikerül megoldania egy rejtvényt, amelyet még senki sem oldott meg, vagy senki sem oldott meg olyan jól, mint ő. A legnagyobb tudósok közül is sokan szentelték minden figyelmüket ilyen fárasztó rejtvényeknek. Szinte egyetlen szakterület sem kínál más tevékenységi lehetőséget művelőinek, ez azonban aligha csökkenti a szenvedélyes rejtvényfejtőre gyakorolt vonzerejét.”

A természettudomány elsősorban rejtvényfejtés; csak olyan problémákkal hajlandó foglalkozni, amelyekről eleve tudhatja, hogy van megoldásuk. Ezért nem foglalkozik például Isten létezésének kérdésével, vagy a világbéke problémáival. A megfejtés létezése azonban önmagában még nem biztosítja azt, hogy a probléma rejtvénynek alkalmas legyen. Láttuk, hogy a rejtvények jól meghatározott keretek között mozognak, ahol egyértelműen el lehet dönteni, hogy valami helyes megfejtés-e vagy sem. Ezek a keretek a rejtvények esetén a józan hétköznapi észre apelláltak. A tudományos kérdéseknek ugyanígy megvannak a maguk szabályszerű keretei, amelyek között egyértelműen eldönthető, hogy egy-egy tudományos eredmény érvényes-e vagy sem. Ahogy a rejtvények kerete a józan hétköznapi ész, úgy a tudomány kerete az a szabályrendszer, amely az illető tudomány művelőinek általánosan elfogadott világképéből következik.

Látszólag értelmetlen dolog egy tudomány művelőinek általánosan elfogadott világképéről beszélni, hiszen ahány ember, annyi világkép. A tudósok

között is vannak vallásosak, vannak ateisták és vannak, akiket ez a probléma egyáltalán nem érdekel. Ez minden tudósak magánügye. Ami viszont az illető tudomány szűk szakmai problémáit illeti, csak azt fogadják el szakmabelinek, *tehát* tudósak, aki a tudományág pillanatnyi világképét osztja velük. Csak annak van létjogosultsága a pályán, aki a közös szabályrendszert elfogadja. Olyan ez, mint ahogy a keresztretjtvényfejtők is rendeznek egymás között versenyeket, de felháborodottan utasítanak el azt, aki mindnyájuknál gyorsabban teleírja az ábrát csupa A betűvel, és követeli, hogy nyilvánítsák őt győztesnek, hiszen teljesen kitöltött ábrát produkált, egyetlen négyzet sem maradt üres.

Az általánosan elfogadott szabályrendszert nevezzük az illető tudomány paradigmájának. A tudományos diszciplínák tényeinek, ismereteinek rendjét a paradigmák fogják össze, és ezek vezérlik a további lehetséges kutatási irányokat is. Akkor válik egy ismeretanyag, egy vizsgálódási irány tudománnyá, amikor kialakul körülötte egy, a résztvevők által általánosan elfogadott paradigma és ezáltal az egész kutatási irány mint rendszer, értelmet nyer.

A következtetések, eredmények közlési módjának pedig mindegyik tudomány egységesen a formális logika szillogizmusait fogadta el. Ha valami netán ezekkel nem fejezhető ki, az kívül esik a tudomány érdeklődési körén. Minden tudós szilárd meggyőződése, hogy ezzel a megszorítással érdemi mondanivalót (legalábbis tudománya területén) nem veszíthet el. E nélkül a meggyőződés nélkül kollégái nem tekinthetnék tudósak.

Ezzel a hozzáállással a tudomány természetesen sokmindentől elzárja magát, és belterjes, önmagát értékelő közösségek együttesévé válik. Másfelől ez a szemlélet kétségtelenül eredményesnek bizonyult, gondoljunk csak a tudományoknak az utóbbi 2–300 évben bekövetkezett viharos fejlődésére, amely maga után vont a technika jónéhány olyan vívmányát, amelyek életünket határozottan kényelmesebbé tették.

A tudomány alapjában véve úgy viselkedik, mint a részeg ember, aki nagyon keres valamit az utcai lámpa alatt. Amikor a rendőr megkérdi, hogy mit keres, azt mondja, hogy a kulcsait, amiket elvesztett pár méterrel odébb. Hát akkor miért itt keresi? Mert itt van világos.

Mégsem logikátlan a tudomány viselkedése. Sok példát láttunk a tudomány történetében arra, hogy ha elég alaposan sikerül megismerni a világos helyek környékét, abból egészen jó következtetéseket lehet levonni a sötét területek tulajdonságaira is. Alkalmasint sokkal jobbakat, mintha támpontok nélkül botorkálnánk a sötétben.

A jól szerkesztett tudományos kérdés

Térjünk vissza arra a kérdésre, hogy érdekelheti-e a tudományt, hogy mi lehet a rejtvényfejtés haszna az emberiség fennmaradása szempontjából. A válasz egyik fele az volt, hogy érdekelheti, mivel a kérdésnek biztosan van megfejtése. A válasz másik feléhez az eddigiek szerint azt kell megvizsgálni, hogy illeszkedik-e ez a kérdésfeltevés valamelyik tudományág paradigmájába.

Csak olyan tudományág jöhet számításba, ami dolgozik az evolúció elméletével; a többi tudomány paradigmáján ez a kérdés eleve kívül esik. Eszerint főként a biológia jöhetne szóba, de első pillantásra úgy tűnik, hogy az egészen másfajta kérdésekkel szokott foglalkozni.

Csakhogy kérdésünk némileg hasonlít például arra a problémára, hogy van-e a fajok fennmaradása szempontjából haszna egy olyan idő- és energiapazarló szokásnak, mint a párzás előtti udvarlás. Lehet, hogy ez azért szükséges, mert az udvarlással a hím annyi energiát pazarol el, hogy már nem lesz érdemes otthagynia a nőtényt a párzás után, s így ketten jobb eséllyel nevelhetik fel az utódot. De ha a hímek már mind megtanulták, hogy érdemes hűségesnek lenniük, akkor az udvarlást nem követelő nőtények hirtelen hatalmas előnybe kerülnek a többiekkel szemben, mert udvarlóik (és persze ők maguk is) rengeteg energiát megtakarítanak. Akkor viszont előbb-utóbb újra meg fog jelenni a hűtlen hím fajtája is. Lehet, hogy létrejön egy olyan egyensúly, amelyben a nőtények egy bizonyos százaléka megköveteli a hosszadalmas udvarlást, mások pedig nem, és a hímeknek is bizonyos százaléka hűséges, a többi pedig nem?

Az utóbbi húsz évben kialakult egy olyan biológiai paradigma, ami ilyen jellegű kérdéseket vizsgál. Ezt az új tudományágot szociobiológiának nevezték el. Ebben a keretben már van értelme a mi kérdésünket is feltenni, ha nem is pontosan eredeti formájában. Az a kérdés ugyanis, hogy *mi* a rejtvényfejtés haszna, ennek a tudománynak is kívül esik a paradigmáján. Arra sem válaszol, hogy mi az udvarlás haszna. Aki akar, kitalál rá valami választ, de ezt a tudományt nem ez foglalkoztatja, hanem a tulajdonság előfordulásának mennyiségi esélyei bizonyos fajta modellfeltevések mellett. A modell felállításkor ugyan példálóztunk azzal, hogy mi lehet a szerepe az udvarlásnak, de a mennyiségi vizsgálatban ez már nem jelenik meg. Akár más is lehet az udvarlás igazi értelme, ha következményei megfelelnek a leírt mechanizmusnak.

Fogalmazzuk át eredeti kérdésünket. Képzeljük el, hogy aki nem fejt rejtvényt, az nagyon sok viszonylag könnyű problémát tud megoldani, mert

jut rá ideje. Aki fejt rejtvényt, annak kevesebb probléma megoldására marad ideje, de nehezebbeket is meg tud oldani. Mindenkinek az életében bizonyos valószínűséggel előfordulnak nehéz problémák, amelyeket ha nem tud megoldani, elpusztul. Másrészt akinek nem jut ideje az összes kis problémáját megoldani, az hátrányba kerül. Ebben a formában (ha még egy kicsit bonnyolítjuk a feltételezéseket) már értelmes kérdés, hogy ki fog-e pusztulni a rejtvényfejtő fajta vagy bizonyos százalékbán fennmarad. Netán a rejtvényt nem fejtő fajta pusztul ki? Nem részletezzük a probléma vizsgálatának módszereit, de érezhető, hogy ebben a formában már alkalmazkodtunk egyfajta szabályrendszerhez: a normál szociobiológiai tudomány bástyáin belül vagyunk. Ha találunk egy állatfajt, amelynek vannak rejtvényfejtő és nem rejtvényfejtő egyedei is (és ahogy az 5. fejezetben látni fogjuk, létezhet ilyesmi), akkor a nehéz helyzetek mesterséges gyakorításával vagy ritkításával elméletünket kísérletileg is ellenőrizhetjük.

Így már jól szerkesztett tudományos kérdéshez jutottunk. Igaz, közben kérdésünk egyfajta metamorfózison ment át: populáris kérdésből szakkérdés lett. Aki a kérdést ebben a formában már nem tartja eléggé érdekesnek, továbbra is törheti a fejét azon, hogy mi lehet a rejtvényfejtés haszna, de ez így még a tudomány keretein kívül eső kérdés.

A jól szerkesztett tudományos kérdés hasonlóan működik, mint a rejtvény, csak a hétköznapi ész fogalomrendszerének és szabályainak szerepét a tudomány éppen aktuális paradigmája veszi át. Egy alapvető különbség mégis van a jól szerkesztett rejtvény és a jól szerkesztett tudományos kérdés között: a rejtvényt a megfejtésből kiindulva szerkesztik, egy tudományos kérdést viszont már az is létjogosulttá tesz, ha a megfejtés létezését a paradigma garantálja. Mivel a megfejtést nem tudjuk megkérdezni a rejtvényszerekesztőtől, a tudományban az ígéretes részeredmények is jelentősek, például egy olyan lépés megtétele, amely új adatot mozgósít, új tényt illeszt a rendszerbe.

A jól szerkesztett tudományos kérdés annyiban is hasonlít a jól szerkesztett rejtvényhez, hogy nem könnyen tűr meg fölösleges szereplőket, elhagyható feltételezéseket. Occam borotvájának nevezik azt a jól bevált elvet, hogy a konkurrens tudományos elméletek közül azt fogadjuk el, amelyik a kevesebb előfeltételezésre épül.

Tudósok és rejtvényfejtők

A rejtvényfejtés jó iskolája a tudományos munkának. A matematikai feladatokat megoldó diák munkája átmenet rejtvényfejtés és a tudomány művelése között. A matematika paradigmájában dolgozik, de bizonyos lehet abban, hogy a rejtvénynek van számára is elérhető megfejtése, hiszen azért adták fel neki a példát. Mégis van különbség a diák és a kutató matematikus munkája között. Pszichológiailag lényegesen különböző helyzetben vannak. Eredményes kutató abból lesz, aki jól tudja viselni azt a feszültséget, hogy ugyan biztos benne, hogy a feladat megoldható, de abban nem lehet bizonyos, hogy nem olyan bonyolult, hogy szükségszerűen meghaladja az erejét.

A rejtvényfejtés megtanít egy adott rendszerben dolgozni, és szükség esetén kilépni a rendszerből egy magasabb szintű, de még mindig a paradigmán belüli megoldáshoz. Jó példa erre a Nulladik fejezet R2-es rejtvénye. A legtöbb ember sok ilyen gyufás feladatot látott életében, és több-kevesebb próbálkozás után sikerült is kiraknia az asztalra a gyufákat a kívánt rendben. Itt ez nem megy: ki kell lépni az asztal síkjából. Ha ez a gondolat megszületett, már meg is van a megoldás: lerakunk az asztalra egy egyenlőoldalú háromszöget, és a másik három gyufából egy *piramist* építünk rá, amivel meg is van a négy szabályos háromszög.

Csak matematikusoknak: bonyolítsuk tovább a dolgot. Hogyan lehet tíz gyufaszázból tíz szabályos háromszöget képezni? Aki el akar gondolkodni ezen a kérdésen, az ne olvasson tovább, mert itt következik a válasz. Lesz, aki botrányosnak fogja tartani. Ugyanis négydimenziós tér kell hozzá. Ilyet mutatni ugyan nem tudunk, de elképzelni könnyű (legalábbis matematikusoknak ...) A négydimenziós térbeli tetraédernek éppen tíz éle és tíz szabályos háromszög oldala van. Ez utóbbi feladat műfaja már végképp nem rejtvény, de még nem is tudomány.

4. Különféle kultúrák észjárásai

Szaltikov–Scsedrin szatírája szerint az orosz ló ismeri az ostort. A német ló ugyan nem ismeri az ostort, de pontosan ismeri az ostor kultúrtörténetét. A nemzetek gondolkodásmódjai érezhetően különböznek, alighanem ezért is karikírozhatók olyan könnyen. Paradicsomi állapotok uralkodnak ott, ahol angolok a rendőrök, németek a mérnökök, svájciak a szervezők, magyarok a szakácsok, franciák a szeretők. De pokollá válik ott az élet, ahol németek a rendőrök, angolok a szakácsok, franciák a mérnökök, magyarok a szervezők, svájciak a szeretők.

Az egyes népek kultúrája, környezetükhöz való viszonya, értékrendje között jelentős különbségek mutatkoznak; az élet más és más területein vannak mélyebb történelmi tapasztalataik, meghatározóbb élményeik. Mint az 1. fejezetben láttuk, ez valószínűsíti (hasonlóan a férfi és női logika esetéhez), hogy még *formális logikai* következtetések levonása is bizonyos esetekben magától értetődő lehet az egyik kultúra számára, ugyanakkor komoly nehézségeket okozhat a másinak. Beszélhetünk tehát a különböző kultúrák esetén különböző észjárásokról, és joggal várhatunk lényeges különbségeket.

Még inkább vonatkoznak az imént mondottak a különböző szakmai szubkultúrákra. Minden szakma logikusnak tart számos olyan dolgot, ami a kívülállónak a legkevésbé sem az.

Robert Schumann, a zeneszerző, egyik darabja elejére ezt írta: „Olyan gyorsan kell játszani, amennyire csak lehetséges”. Néhány sorral később ezt írta: „Gyorsítani!” A hétköznapi humorérzék szempontjából jogosan vált ez a sztori híressé, pedig teljesen logikus: néhány sorral később a kotta olyanná válhat, amit már sokkal könnyebb eljátszani, tényleg lehet tehát gyorsítani.

A mérnök hat tizedes jegy pontossággal kiszámítja a tervezett építmény paramétereit, majd beszorozza az eredményt az előírt biztonsági tényezővel. Ez a szám lehet akár kilenc is, de másfélnél ritkán kevesebb. Ez a szorzás persze teljesen értelmetlenné teszi nemhogy a hatodik, de már az első tizedes jegy pontos meghatározását is. Mégis: nem mérnök az, aki nem így jár el, mert nem a szakma szabályainak megfelelően viselkedik.

A Nulladik fejezet R3-as rejtvénye az energiatörvény gyakorlására szolgáló feladat. Mivel a hőszigetelt szobában a hűtőszekrény akkor is folyamatosan áramot fogyaszt, ha nyitva van, ebből összességében többlethőnek kell keletkeznie, tehát a teljes szoba hőmérséklete idővel nőni fog. Azért egy bogaras elméleti fizikus ebbe a megoldásba beleköthet, hogy még nincs minden elintézve. Elvileg még azt is bizonyítani kellene, hogy a hűtőszekrény kinyitása nem indít el másfajta energiaelnyelő folyamatokat a szobában. Például előfordulhatna, hogy a hűtőszekrény kinyitásától a szobában lassan minden zöldre változik.

Mivel minden szakmának megvan a maga jellegzetes észjárása, így mindegyik remekül karikírozható. Az a biológus, aki kísérletében addig húz-kodja ki a bolha lábait, amíg az már nem reagál a felszólításra, hogy „bolha, ugorj”, és ebből levonja a következtetést, hogy ha a bolhának minden lábát kihúzzák, a bolha megsüketül. Az a matematikus, aki úgy melegít meg egy teli fazék vizet, hogy kiönti, és ezzel a feladatot visszavezette a jól ismert üres fazékkal induló vízmelegítési feladatra. Az a kísérleti fizikus, aki úgy fog oroszlánt a Szaharában, hogy átszitalja, és ami fennmarad, az az oroszlán. Az a jogász, aki a Gellérthegyről lenézve jogalanyokat és jogtárgyakat lát, holott a pénzügyminiszter szerint adóalanyokat és adótárgyakat kellene látnia. Az a politikus, aki találván egy csomó embert, akik valamilyen irányba vonulnak, felülemelkedik saját elvein és elébük áll. A mesterséges intelligencia, mint a 2. fejezetben láttuk, akaratlanul is megalkotta saját paródiáit.

A mesterséges intelligencia megközelítései

A mesterséges intelligencia *egyfelől* egyfajta műszaki tudomány, amelynek feladata egy adott *működés létrehozása* minél jobb minőségben, mesterségesen megvalósítható és reprodukálható eszközökkel. Jobb híján erre a célra jelenleg a számítógépet használjuk.

Ahhoz, hogy egy műszaki alkotás kiválóan működjön, nem szükséges, hogy akár halvány fogalmunk legyen arról, hogy hasonló feladatokat a természet hogyan old meg. Ha egy mérnök transláció mozgást akar megvalósítani, elsősorban a kerekek, légcsavarok, sugárhajtóművek világában fog gondolkodni. Nem tervez mindenféle furcsa csuklós szerkezetek segítségével galoppozó vagy szökdelő autót. A mesterséges intelligencia megvalósításához sem feltétlenül szükséges tudni, hogy az emberi agy milyen mechanizmusokkal gondolkodik. Elképzelhető, hogy egészen más úton, alkalmas matematikai algoritmusok vagy áramkörök segítségével lényegesen jobb megoldás

is létezik; lehet, hogy a számítógép erre a célra legalább olyan átütő erejű találmány, mint a kerék vagy a légcsavar volt a síma haladó mozgások megvalósításához.

Ha például pusztán az ember bizonyos memóriefunkcióinak megvalósítását tűzzük ki célul a mesterséges intelligencia számára (mondjuk telefon-számok megjegyzését és visszakeresését név, cím vagy szám szerint), akkor a rendelkezésünkre álló számítógépek és programozási technikák segítségével máris messze felül tudjuk múlni az ember ilyen képességeit. Ez műszaki szempontból tökéletesen kielégítő megoldás akkor is, ha egy ilyen program egészen más szervezési elvek alapján működik, mint az ember memóriája.

Másfelől a mesterséges intelligencia a természettudományos megismerés egy újfajta eszközének is tekinthető, amennyiben lehetőséget ad arra, hogy az ember gondolkodási mechanizmusairól szóló ismereteinket *modellezzük* a segítségével. Egy ilyen modell elsődleges célja az, hogy működése minél inkább hasonlítson az emberéhez: hasonlóak legyenek az erőnei és a hibái. Például egy műszaki szemmel készített sakkprogram értékelésekor az egyetlen szempont, hogy milyen eredményeket ér el versenyeken. Egy gondolkodási modellnek készült sakkprogramot többre értékelhetünk egy olyan programnál, amelyik öt rendszeresen megveri, ha működési elvei jobban közelítik az ember gondolkodásáról szóló ismereteinket, és inkább elhiszük az általa játszott játszmákról, hogy akár ember is játszhatta volna őket.

Bármilyen jól is közelítené gondolkodási folyamatainkat egy modell, egy műszaki ember sohasem követné egészen pontosan, amikor egy célirányos rendszert épít. Nyilván nem korlátozná magát az ember biológiai korlátaival, ha őt erre semmi műszaki ok nem kényszeríti. Másfelől viszont a tisztán műszaki gondolkodásmód alapján készített eddigi mesterséges intelligencia programok teljesítőképesége makacsul nem lépett át egy bizonyos határt, holott az emberek egy része képes ezt a határt messze meghaladni. Ez a mesterséges intelligencia számos kutatóját arra készítette, hogy behatóbban foglalkozzon az ember gondolkodási mechanizmusainak megismerésével. Ezen a ponton találkozik a mesterséges intelligencia a pszichológia úgynevezett kognitív irányzatával.

Kognitív pszichológia, kognitív tudomány

Az emberi gondolkodás kutatása a pszichológia egyik klasszikus területe. Alapkérdései, hogy hogyan, milyen formában tároljuk a világról szóló ismereteinket, milyen eszközeink vannak arra, hogy mozgósítsuk ezeket újabb és újabb problémák megoldására. Mi szervezi bennünk az ismereteket gondolkodássá, problémamegoldó képességgé. Mit jelent az emlékezés, a tanulás, a felidézés, az asszociálás, a kreativitás, és egyáltalán: az intelligencia fogalma. Milyen folyamatok játszódnak le bennünk, amikor valamit megismerünk a világról. Ez utóbbi kérdésről kapta nevét a kognitív pszichológia irányzata (kogníció = megismerés), de nem a kérdésfeltevés módjával hozott újat a pszichológiában (többezer éves kérdésekről van szó), hanem szemléletmódjával, vizsgálódásának módszereivel, eszközeivel — egyszóval: paradigmájával.

A pszichológia kognitív irányzata azokat az aktív folyamatokat vizsgálja, amelyek segítségével az ember az őt érő ingereket, információkat feldolgozza: különböző formákban átalakítja és eközben alkalmasint módosítja is. Amikor egy szöveget olvasunk, sokféle transzformáció, kódolás és újrakódolás játszódik le a fejünkben. A kognitív pszichológia arra törekszik, hogy ezeket a folyamatokat, mint létező jelenségeket, minél frappánsabb kísérletek keretében mutassa ki, és működésüket minél egzaktabb modellekben fogalmazza meg; mindazonáltal, amennyire lehet, megtartva a gondolkodásról szóló, az évezredek során kialakult fogalmakat. Teljes sikernek talán az számítana, ha a gondolkodás részegységeit, szerkezeteit, percenként módosuló kereteit matematikai objektumok, konstruktumok formájában tudná leírni.

Kívülről nézve alig különböztethetők meg a mesterséges intelligencia termékei és a kognitív pszichológia modelljei: számítógépprogramok; ember által konstruált eszközökkel dolgoznak és ezek működését elemzik. A gyümölcsök hasonlóak, de a gyökerek és a célok nagyon mások. A kognitív pszichológia indíttatása a *deskripció*, egy ténylegesen létező, természet adta működés minél jobb leírása és modellezése, míg a mesterséges intelligencia indíttatása a *konstrukció*, a működés létrehozása.

Ehhez mindkét tudománynak szüksége lehet a természet adta működés megértésére, ezért fonódik napjainkban össze a két tudományág. Ha netalán ezt a célt elérnék, útjaik ismét szétválának: a mesterséges intelligencia kutatóit ezek után a működés mesterséges megvalósításának és javításának technikai lehetőségei érdekelnék, a pszichológusok ezek után inkább az általános elveken belül fellelhető egyéni különbségek okait és szerepét kutatnák.

A kognitív pszichológia azért keresi az emberi gondolkodás jól működő modelljeit, mert ez számára a *megértés* eszköze lehet. A mesterséges intelligencia azért, mert ez számára a hasonló (vagy jobb) működések *létrehozásának* eszköze lehet.

A két tudományág közvetlen feladatai és módszerei tehát napjainkban nagyon hasonlóak, de mivel indíttatásuk, szemléletmódjuk és céljaik gyökeresen különböznek, más és más hozománnyal jutottak el arra a pontra, ahol találkoztak. Ezért lehet mondanivalójuk egymás számára. Mindkét tudományág ért el olyan jelentős eredményeket, amelyek a másik érdeklődésére számot tarthatnak. Ezzel együtt természetesen mindkét tudományág létezik egymástól függetlenül is, és éli az életét. A mesterséges intelligencia, mint műszaki-matematikai diszciplína újabb és újabb módszereket, algoritmusokat fejleszt ki feladatainak megoldására; a kognitív pszichológia, mint pszichológiai diszciplína, az emberi gondolkodás újabb és újabb összefüggéseit tárja fel.

Hiába hasonlítanak kívülről nézve a kognitív pszichológia és a mesterséges intelligencia modelljei, a két tudomány értékrendje, észjárása nem egyeztethető össze. Más paradigma alapján dolgoznak. Ezért alakult ki egy új, önálló tudományág, amely magát *kognitív tudománynak* nevezi. Ez a tudományág bizonyos fajta absztrakt objektumokkal: az emberi megismerés, gondolkodás modelljeivel foglalkozik.

A kognitív tudomány modellépítő szemléletét a mesterséges intelligenciától örökölte: a modell működőképessége, minősége önálló érték számára, a megvalósítás konkrét eljárásaitól függetlenül. A szempontok viszont, amelyek szerint a modelleket értékeli, a kognitív pszichológiából származnak: a modellek kiértékeléséhez a viszonyítási alap az emberi gondolkodás működéséről szóló ismereteink. A mesterséges intelligenciával ellentétben, a kognitív tudományt nem érdeklik a megvalósítás műszaki paraméterei; nem értékeli, ha pontosan ugyanazt a működést egy sokkal egyszerűbb, gyorsabb algoritmus-sal is sikerül létrehozni. A kognitív pszichológiával ellentétben, a kognitív tudomány számára a modellek nem sugallnak új jelenségeket feltáró kísérleteket. A kognitív tudományt csak tisztán maguk a modellek érdeklik.

A kognitív tudomány világszemléletének, paradigmájának alapja az a szilárd hit, hogy az emberi gondolkodás minden aspektusa megragadható alkalmas számítógépes modellekkel. Ez a hit különbözteti meg forrásaitól. Azok a kutatók tömörültek a kognitív tudomány új zászlaja alá, akiket ez a meggyőződés vezérelt. A mesterséges intelligencia nem tekinti eleve garantálnak, hogy alapvető céljai megvalósíthatók; csak az ilyen irányban hasznosnak bizonyuló módszerek, eljárások felkutatását és használatuk bevált

módszereinek rendszerezését és továbbépítését tekinti feladatának. Tipikus műszaki diszciplína. A kognitív pszichológia kutatói nem abban hisznek, hogy modelljeik az emberi gondolkodás bármelyik aspektusának teljesértékű megvalósítására alkalmasak, csak abban, hogy ezek megértéséhez, összefüggéseinek feltárásához hozzásegítsenek.

A kognitív tudomány tehát egy lényegesen más paradigmára épül, mint elődei. Joggal nevezhető új tudományágnak, a tudomány minden jellegzetességét magán hordja. Művelői egyre inkább önálló, önértékelő, zárt közösségbe szerveződnek, és jól meghatározott típusú rejtvényeket fejtenek. Fiatal tudomány, alapeszméi az 1960-as években fogantak meg, elsősorban a Nobel-díjas közgazdász Herbert Simon és Allen Newell munkái nyomán. Absztrakt tudomány, de jellegzetes észjárása még nem alakult ki teljesen.

Holizmus és redukcionizmus

A huszadik század tudományfilozófiai vitáiban központi szerepet kapott a holizmus és a redukcionizmus kérdése. A *holizmus* az a gondolkodási irányzat, amely szerint „az egész több, mint a részek összege”. Eddig magától értetődő a dolog: természetesen egy dallam több, mint a hangok egymásutánja; egy katedrális több, mint a kövek összege. Ezt a legszélsőségesebb redukcionista is vitatják. A *redukcionizmus* az a hit, amely szerint jöllehet az egész alkalmasint más minőség, mint részeinek összege, mégis tökéletesen megérthető annak alapján, ha eléggé pontosan ismerjük összetevő részeit és az összetétel módját, szabályait, elveit, mozgó rugóit. Ezt a hitet veti el a holizmus, amely szerint az egészben olyan új elvek, minőségek merülhetnek fel, amelyekről sem a komponensek, sem azok összeépülésének módja nem mond el semmi lényegeset.

Mindkét filozófiai irányzat sokkal árnyaltabb, mint ahogy itt néhány szóval összefoglaltuk. Az európai tudomány (ez persze az amerikai is jelenti) szigorúan elkötelezte magát a redukcionizmus filozófiája mellett, mégis időről időre produkál olyan alapvetően új elveket, amelyeket az odavezető út ismerete nélkül biztosan holisztikusnak tekintenénk. Ilyenek az anyag- és energiamegmaradás törvényei, az egyenlő súlyviszonyok törvénye, Dollo törvénye (hogy az egyedfejlődés a törzsfjlődés nagy vonalakban történő megismétlése), Darwin evolúciós elmélete, a tudatalatti létezésének felismerése, a relativitáselmélet, az egyenlőtlen fejlődés törvénye — hogy csak néhányat említsünk a legismertebbek közül.

A redukcionizmus sem zárja tehát ki, hogy az egész összetevőinek és az összetétel módjainak gondos vizsgálatával olyan összefüggéseket, általános törvényszerűségeket ismerjünk fel, amelyek immár nem a részekre vonatkoznak, hanem a teljes egészeiről szólnak. Másfelől a holizmus sem tagadja, hogy ezek az általános eredmények a részek gondos vizsgálata révén jöttek létre. Csak abban nem hisz, hogy az egész *minden* lényeges tulajdonsága megérthető ilyen módon.

A kognitív tudomány a redukcionizmus elvét szélsőségesen kiterjesztve teszi működésének alapjává. Abból indul ki, hogy modelljeinek összetevőiről és az összetétel módjáról is garantáltan mindent tud, hiszen mesterségesen hozta őket létre. Reménye, hogy a modell mint egész vizsgálata új, általánosabb ismeretekhez vezethet, és a működő modellek alapján olyan törvényszerűségek is felismerhetők, amelyek az egész és részei kapcsolatának az összetétel módjából közvetlenül nem következő tulajdonságait is leírhatják. Minden modern természettudomány alapja a redukcionizmus, de ennyire a logikai szélsőségeikig eddig semelyik sem vitte.

A holisztikus gondolkodás szerint mindent azért még egy mesterségesen létrehozott modellről sem tudunk: minden modell tartalmazza például valamennyire szerkesztőjének motivációit, ambícióit, gondolkodásmódjának nyomát. Nem feltétlenül igaz tehát, hogy a kognitív tudomány mindent tud modelljei összetevőiről és az összetétel módjáról. Ez nem ellenérv a többi tudomány (a fizika, a biológia, a kognitív pszichológia) modelljei ellen, hiszen ezek a tudományok tudatosan leszűkítik érdeklődésüket bizonyos típusú kérdésekre. A kognitív tudomány pedig erre az ellenvetésre azt válaszolja, hogy ha egyszer a modell kész, hol, melyik összetevője, melyik programutasítás tartalmazhat olyat, ami a modelltől magából nem ismerhető meg? Egyáltalán, hol, melyik neuronunk, szinapszisunk tartalmazhatna ilyesmit?

* * *

„A csillagocskák is pihentetik az olvasó szemét, értelmét, nem kell mindig az új számjegy erőteljesebben tagoló hatása.”

(Thomas Mann: Doktor Faustus)

Alighanem most illene a szerzőnek valamelyik irányzat mellett állást foglalnia. Nem fogom ezt megtenni sem most, sem a későbbiekben. Mindennapi tudományos (tehát: rejtvényfejtő) munkámban természetesen szigorúan tartom magam a tudomány normáihoz, nem elsősorban azért, mert különben a tudományos közösség kigolyózna sorai közül, hanem azért, mert tudományt csinálni, rejtvényt fejteni csakis szigorúan adott keretek között értelmes. Ez azonban nem zárja ki, hogy időnként (a „Találkozás egy fiatalemberrel” pillanataiban — ld. Nulladik fejezet) megpróbáljunk a tudományon kívülről is rátekinteni mindennapi munkánkra. Ilyenkor segíthet egy holisztikusabb, egészelesebb szemlélet. Ez a tudomány eszközeivel nem fejezhető ki, mégis léteznek olyan, szintén általánosan elfogadott eszközök, amelyekkel igen. Ilyenek a művészetek. Karinthy novellája irodalmi mű, nem tudományos publikáció, esettanulmány egy nagy tehetség be nem váltott reményeiről. Nem tudom, hogy a tudomány képes lesz-e valaha is megragadni az irodalom lényegét, de jelenleg nagyon távol van tőle.

Katedrálist építeni tudhat hitetlen ember is. Elég, ha jól érti a hitet, amely hit katedrálisának építésével megbízták. A megbízó az, akinek elengedhetetlenül szükséges a hit, hogy erőforrásait éppen erre a célra összpontosítsa. Hasonló a helyzet a tudománnyal. A tudományos közösség csak azt követeli meg, hogy tagja a paradigma szerint dolgozzon; emellett magában azt gondolhat a paradigmáról, amit akar.

Én sem látok jobb eszközt a gondolkodás hiteles vizsgálatára, mint a tudományt. Anyanyelvem a racionalitás; hétköznapi logikámmal nem tudok olyan következtetésekbe belemenni, amelyek a tudomány eredményeivel ellentétesek. Ugyanakkor világosan érzem, hogy sok terület kicsúszik a tudomány jelenlegi hatóköréből, és ezeket sem tartom gondolkodásra érdemtelennek. Nem tudom és nem is tartom fontosnak eldönteni, hogy hol vannak, egyáltalán vannak-e a tudomány által valaha is birtokba vehető területeknek határai. Ezért nem foglalkozok állást a redukcionizmus illetve holizmus kérdésében sem.

Másfelől úgy érzem, napjainkra körvonalazódtak olyan határok, amelyeket a mesterséges intelligencia jelenleg belátható eszközeivel talán el tudunk érni, de nemigen tudunk meghaladni. Ezeket szeretném megfogalmazni, rámutatva arra is, hogy melyek azok a területek, amelyeken a tudományt (ha tetszik, ha nem) illetékesnek tekinthetjük, és melyek azok, amelyek kifejezésére, ábrázolására jogosan keresünk (és találunk) más eszközöket.

A pszichológia mint természettudomány

Az ember hétköznapi gondolkodása inkább holisztikus, mint redukcionista. Azonnal katedrálíst látunk, nem köveket; könnyebben megjegyezzük egy teljes dallamot, mint néhány különálló hangot. Ismerőseinket akkor is könnyedén azonosítjuk, ha bizonyos részletek megváltoztak rajtuk az utolsó találkozás óta. A pszichológia gondolkodásmódja is hagyományosan holisztikus. A pszichológia évszázadokon át a filozófia részterülete volt, egységes, átfogó emberképet próbált kialakítani.

A pszichológia csak a XIX. század közepe táján jutott arra a gondolatra, hogy tárgyát akár úgy is felfoghatja, mint ahogy a természettudományok szokták a magukét: adott egy, a természetben létező működés; igyekezzünk minél jobban megismerni. Kísérletezzünk és gondolkozzunk.

A pszichológia gondolkodásmódjában máig is együtt él a kétféle megközelítés: egyfelől egy egységes, átfogó, holisztikus gondolati rendszert építő humán tudomány, másfelől egy redukcionista, elméleteit szigorúan kísérleti tapasztalatokra alapozó, gondosan ellenőrzött részismeretek alapján építkező természettudomány. A kétféle szemlélet egy paradigmában nem egyeztethető össze, ezért a pszichológia művelői alapvetően különböző felfogású iskolákba tömörültek. A pszichoanalitikus iskolák nem kísérleteznek, hanem esettanulmányok alapján építik gondolati rendszereiket. A kísérleti irányzatok számára ezek a szórványos esetek kontrollálatlanságuk miatt nem bizonyító erejűek; a klinikai esetek túl komplexek, annyira sokféle hatás keveredik bennük, hogy ezek alapján lehetetlen jól megalapozott elméletet felállítani. A holisztikus iskolák szemében viszont a laboratóriumokban üldögélő és fásultan gombokat nyomogató kísérleti személyek vizsgálata maga az unalom, aligha árul el bármi érdemlegeset az emberi lélekről.

A kísérleti pszichológusok szeme előtt a fizika története lebeg, ahol aránylag keveset értek el például a tárgyak esési illetve repülési hajlamait elemző bonyolult holisztikus (skolasztikus) gondolati rendszerekkel; többre mentek azok, akik egész életüket töltötték el unalmas, bonyolult ejtőgépek, önmagukban tökéletesen érdektelen rugós-csigás-spirálos berendezések szerkesztésével, hogy igazán megnyugtatóan demonstrálják egy-egy átütő erejű elméleti általánosítás alapjait.

Mégsem mondható, hogy a két alapvetően különböző irányzat tökéletesen független egymástól. Tárgyuk ugyanaz: az ember, és ha valamelyik irányzatnak sikerül mondani valami érdemlegeset, azt a másik akkor is tudomásul veszi, ha közvetlenül nem illeszti bele a rendszerébe. A holisztikus iskolák sem irracionálisak. Ha egy kísérleti eredmény nagyon mást mutat,

mint ami világképükből következne, módosítják elképzeléseiket, hogy ne álljanak ellentétben egzakt módon kimutatható tényekkel. Másrészt a kísérleti irányzatok művelői is jól ismerik, és figyelembe is veszik az átfogó, általános emberképeket. Rejtvényfejtés közben szabad a rejtvényen kívüli eszközöket is felhasználni. Kinek mi köze ahhoz, hogy nekem honnan, milyen élményem alapján jutott eszembe a vízszintes 37-es sor megfejtése, a tizenkét betűs ófrancia költő neve? Magából a rejtvény megfejtéséből ez már sehogyan sem fog kiderülni.

Sigmund Freud a normál, redukcionista neurofiziológia művelőjeként indult, ám amikor úgy érezte, hogy sokkal többet ért a neurózisok összefüggéseiből, mint amennyit kora tudományának eszközeivel akár csak reménye is lehet kifejezni, látványosan, árulásszerűen szakított a hivatalos tudománnyal. A pszichoanalízis a hivatalos tudományon kívüli világképpé, egyfajta mozgalommá vált; máig is az. Ezzel együtt, a hivatalos tudomány művelői is érzik, hogy a pszichoanalízis világképe alapján olyan igazságok is megragadhatók, amelyek pillanatnyilag messze túlmutatnak a tudomány keretein belül vizsgálható összefüggéseken. Az a jelenség, hogy ilyenfajta igazságok léteznek, sokkal általánosabb, mint ez a konkrét eset: ilyenek mindig is fognak létezni. Egyelőre azonban nézzük az érem másik oldalát: hogyan befolyásolhatják a kutatást ilyen, a tudomány keretein kívül eső igazságok.

Freud szerint például minden nyelvbotlásból kiolvasható valami rejtett jelentés. A nyelvbotlások a beszélő rejtett indítékait, szorongásait fejezik ki. Ez így túl általános, egyszersmind kísérletileg megfoghatatlan kijelentés. Azok a kutatók, akik a nyelv és a beszéd mögötti értelmi folyamatokat a kognitív pszichológia paradigmáján belül vizsgálták, sokáig nem is nagyon foglalkoztak az elszólásokkal, nyelvbotlásokkal. A beszédet inkább többé-kevésbé autonóm folyamatként tanulmányozták, nem törődve se az indítékokkal, se a szorongásokkal, se más, a mondanivaló szempontjából közömbös, a beszélő szándékain kívül eső tényezőkkel. A beszéd folyamata azonban még az erre korlátozott kérdésfeltevések mellett is olyan bonyolultnak bizonyult, hogy nemigen lehetett összetevőit tettenérni, egymástól elszigetelve vizsgálni.

A nehézségek láttán terelődött a kutatók figyelme a nyelvbotlások, elszólások vizsgálatára. Sok száz összegyűjtött anekdotikus példa arra utalt, hogy ezek révén a beszédképzés egy fontos fázisa szinte kimerevítve ragadható meg. Csakhogy a nyelvbotlások ritkák, valószínűtlen, hogy éppen akkor forduljanak elő, amikor a vizsgált személy a laboratóriumban tartózkodik. Még nehezebbnek látszik azt elérni, hogy kontrollált kísérleti feltételek hatására lépjenek fel.

Michael Motley és munkatársai elegáns megoldást találtak. A nyelvbottlások jelentős részében ugyanis csak egy-egy rang hossz. (Mi lehet ennek az elírásnak a rejtett értelme — talán a szerző tudat alatt szeretné, ha előléptetnék?) Ez a fajta nyelvbottlás olyan tipikus, hogy jó kísérleti terepnek ígérkezik. Ha a számítógép képernyőjén gyors egymásutánban villantunk fel szópárokat, csupa olyanokat, amelyek első tagja R betűvel kezdődik, második pedig H-val (például régi hiba, retek héja, rajzol huszárt stb.), és ezek után villan fel egy ilyen: hang rossz, akkor a szópár felolvasását jó eséllyel elrontjuk: rang hossznak olvashatjuk. Ilyen körülmények között a kísérleti személyek átlagosan minden ötödik-hatodik kritikus, felcserélve is értelmes szópár olvasását elhibázzák. Sikerült tehát a nyelvbottlásokat olyan jól megsűríteni, hogy vizsgálatukhoz lehessen kontrollált feltételeket biztosítani.

Háromféle kísérleti feltétel mellett végezték a vizsgálatokat. Az egyik esetben elektródákat kötöttek a kísérleti személyek karjára, és azt mondták, hogy valamikor a kísérlet során egy fájdalmas áramütés fogja őket érni. Erre ugyan nem került sor, de a kutatók arra számítottak, hogy ez a lehetőség okozhat némi szorongást. (Az eredményekből látni fogjuk, hogy valóban okozott is.) A másik esetben a kísérletet egy vonzó külsejű, kihívó öltözetű és viselkedésű hölgy vezette. A harmadik esetben a feltételek célzottan semlegesek voltak. Mindhárom kísérletben ugyanazok a szópárok jelentek meg a képernyőn. A kritikus szópárok között voltak áramütéssel kapcsolatosak, nemi izgalommal kapcsolatosak és semmitmondóan semlegesek is.

Akiket semleges körülmények között vizsgáltak, azok körülbelül ugyanolyan arányban tévedtek az áramütéssel vagy a nemi izgalommal kapcsolatos hibalehetőségek esetén, mint a semleges mondatokkal. Ugyanolyan eséllyel mondták például a FÁZÓS RÉMEK szópár helyett azt, hogy „rázós fémek”, vagy a SZERESD A KEKSZET helyett azt, hogy „keresd a szexet”, mint a HAJÁN KALÁSZ szópár helyett azt, hogy „kaján halász”.

Akiknek áramütést ígértek, azok több, mint kétszeres eséllyel hibázták el az áramütéssel kapcsolatos szópárokat. Sokkal gyakrabban rontották el például a BÁBEL KEVER vagy a SAJKÁK DOKKOLÁSA szópárt, mint másokat.

Akiknél a csinos, ledéren viselkedő hölgy volt a kísérlet vezetője, azok éppen a szexszel kapcsolatos szópárokat rontották el szintén több, mint kétszer olyan eséllyel, mint az összes többi. Ezek a kísérleti személyek leginkább az ilyenfajta szópárokat hibázták el: KAROD FACÉR, NEDVES KŐ stb.

A kísérlet egyértelműen mutatja, hogy ha nem is minden nyelvbontás mögött található rejtett értelem, de rejtett indítékaink, motívumaink valóban megnyilvánulnak elszólásainkban. Ezzel a „freudi elszólások” is bevo-nultak a normál tudomány eszközeivel vizsgálható jelenségek közé.

Egymásba forduló ellentétek

Betűpárok felcserélése, sőt sokkal általánosabban, helyzeteknek, emberek közötti viszonyoknak a megfordítása Freud elmélete szerint az álommunkának is egyik fontos jellegzetessége. Az *álommunka* az a folyamat, amellyel lappangó, titkolt vágyainkból, félelmeinkből, beteljesüléseinkből tudatunk számára is elfogadható álmogondolatokat, a *nyilvánvaló álmot* alakítjuk ki. Az álommunkának több tipikus eszköze van. Idézzük Freudot:

„Legmeglepőbbnek azt a módot fogjuk találni, ahogy az álommunka a lappangó álmot ellentétességeivel bánik el. Már tudjuk, hogy a nyilvánvaló álmot sűrítésekkel helyettesíti a lappangó anyag egyezéseit. Nos, az ellentétekkel éppen úgy bánik el, mint az egyezésekkel; különös előszeretettel fejezi ki mindkettőt ugyanazzal a nyilvánvaló elemmel. Tehát a nyilvánvaló álmot egy olyan eleme, amelynek lehet ellentéte, éppen úgy jelentheti önmagát, mint az ellentétét vagy mindkettőt együttvéve; csak az egésznek az értelme dönthet arról, vajon melyik lefordítást kell választani. Ezzel függ aztán össze, hogy a ‘nem’-nek, a tagadásnak az ábrázolását nem találjuk meg az álomban, legalábbis nem minden kétértelműség nélkül.

A nyelv fejlődése szívesen látott analógiát szolgáltat az álommunkának ehhez az idegenszerű viselkedéséhez. Egyes nyelvészek azt a tételt állították fel, hogy a legrégebbi nyelvekben az ellentétek, mint például erős–gyenge, világos–sötét, nagy–kicsi ugyanazzal a gyöksszóval jutnak kifejezésre. (‘Az ősi szavak ellentétes értelme.’) Így az óegyiptomi nyelvben a *ken* erőt és gyengét jelentett ...”

Ez az ellentmondásosság mai magyar nyelvünkben sem veszett ki. A Nulladik fejezet R4-es rejtvénye éppen egy ilyen jellegzetességet emel ki: racionális, logikus korunkban is előfordul, hogy egy fogalmat meghatározhatunk egyféle módon és annak formális ellentétével is. Lehet, hogy nem pontosan ugyanúgy SOK az, ami számos, mint ami számtalan, mégis egyazon szó felidézthető két formailag ellentétes kifejezéssel.

Aki PORRÁ ZÚZ valamit, az összetöri és széttöri egyszerre, aki MISZLIKBE SZAGGAT, az összetép és széttép. Ha valaki KELEKÓTYA, arra mondhatjuk, hogy hiányzik egy kereke, de azt is, hogy egy kerékkel többje

van. Azt, hogy valami HASZONTALAN valaki számára, mondhatjuk úgy is, hogy „nem sokra megy vele”, de szinte kizárólag ugyanebben az értelemben tudjuk használni azt a kifejezést is, hogy „sokra megy vele”. Ha valaki valakit NEGLIGÁL, azt kutyába veszi, vagy kutyába se veszi. Ami KOPÁR, az kietlen, de a kies szó egyik jelentése is ugyanez. Aki VACAKOL, az tőköl és egyben töketlenkedik. Biztos, hogy ezek a kifejezések nem pontosan ugyanazt jelentik (a tigris csak széttépheti a vadászt, sohase össze), de aligha véletlen, hogy bizonyos összefüggésekben teljesen kicserélhetők egymással. Mégsem okoznak gondolkodásunkban zavart, logikai ellentmondást.

Nyugati és keleti gondolkodás

Az előző bekezdés valószínűleg minden nyelven értelmesen kifejthető, de szükségszerűen egészen más hangulatúvá válik. A fordítás, Kosztolányi szerint, mindenképpen ferdtetés is. Idézzük fel a Zen-buddhizmus klasszikus koan-gyűjteménye, A nincs kapu (másik fordításban: Kapujanincs átjáró) 27-ik koanját a hozzátartozó kommentárral és verssel, kétféle magyarításban:

Dobosy Antal fordításában:

Egy szerzetes megkérdezte Nanszent:

- Létezik-e olyan tanítás, amelyet eddig még nem prédikáltak az embereknek?
- Létezik — válaszolta Nanszen.
- Mi az az igazság, amit még nem tanítottak? — kérdezte a szerzetes.
- Nanszen a következőket válaszolta:
- Az nem a tudat. Az nem a Buddha. Az nem a dolgok.

Mumon hozzáfűzése: E kérdéshez Nanszen minden kincset felhasznált, és jócskán meg volt zavarodva.

Mumon verse:

Túl sok beszéd az erényt elrontja,
A hallgatás azt nem ellensúlyozza.
Legyenek bár tengerré a hegyek,
Nem adok hozzá magyarázatot.

Miklós Pál fordításában:

Egy szerzetes azt kérdezte Nan-csüan hosangtól:

- Van-e Tanítás, amit még sosem hirdettek a népnek?

Nan-csüan azt felelte, hogy van. A szerzetes kérdésére, hogy mi lenne az, így válaszolt:

— Nincsen elme, nincsen Buddha, nincsen semmi se.

Kommentár: Nan-Csüan mindent összevont egyetlen kérdésbe, és minden kincset eltékozolta, s csöppet sem jött zavarba.

Sok beszéd tekintélyt apaszt,

Hallgatás legfőbb erény;

Hánykolódhatsz tanácstalan

Hegyek-völgyek tengerén.

Pimaszság, sőt zentelenség lenne összehasonlító elemzésnek alávetni a két fordítást. Nem a nyelvismeret hiánya miatt, hanem azért, mert éppen az a lényeg, hogy mindkét fordítás lehet hiteles akkor is, ha helyenként nagyon különbözőek vagy egyenesen ellentétesek. Éppen az a koan lényege, hogy szavakkal úgysem lehet kifejezni a lényeget, és a hallgatás sem alkalmas eszköz. Éppen ezért alighanem kellőképpen homályos az eredeti szöveg is. A szerző szemmel láthatóan neheztel Nanszen mesterre, mert megpróbált szavakkal kifejezni valami olyat, amit csak érezni, átélni (talán pontosabb azt mondani: megélni, vagy még inkább: eggyé lenni vele) lehet.

A Zen-buddhizmus a logikai szélsőségig vitt holizmus. Nem egyszerűen több az egész, mint a részek összege, hanem értelmetlen dolog részekről beszélni. Nincs megkülönböztetés, nincs distancia, nincsenek kategóriák, nincsenek szavak, nincs én és nem-én: minden egy, minden azonos az egész világgal. De persze ezek is csak szavak: vajon milyen érzés lehet teljesen megszabadulni tőlük? Mi lehet a szavakon túl?

Végképp, tökéletesen túljutni a szavakon szavakkal kifejezhetetlen élmény, és állítólag nagyon jó. Talán kicsit olyasféléképpen lehet jó, mint ahogy azok, akik képesek igazán mélyen hipnózisba kerülni, kivétel nélkül azt állítják, hogy rendkívül jó érzés, egészen más, mint a normál állapotuk. De a Zen csúcseredménye még sokkal inkább módosult tudatállapot, mint a többi. A hipnózisban valamiképp végig kapcsolatban marad az ember a mindennapi világgal. Észleli, csak nem veszi tudomásul fejleményeit, összefüggéseit. A Zen révén végképp túl lehet jutni mindezen, és a Zen gyakorlói szerint ezért az élményért sok mindent (ténylegesen: mindent) érdemes feláldozni. Sőt, kell is: másként nem megy.

A Zen (és általában a buddhizmus) ezt az élményt *szatorinak* nevezi. A Zen koan a szatori elérésének képességét előkészítő hosszú és bonyodalmas út egyik eszköze. Tanmesének, tantörténetnek fordíthatnánk, de nincs tanulsága. A koan értelme az, hogy mindennapi józan eszünk számára nincs értelme. Akár rejtvénynek is tekinthetjük a koant, mivel megfejtése eleve garantáltan van, hiszen különben nem adná a kezünkbe a Zen-mester. A

koan-rejtvény kerete azonban nem a hétköznapi józan ész, mint a normál rejtvényeké, nem is egy tudomány paradigmája, mint a tudományos kérdéseké, hanem az elérni szándékozott Zen-gondolkodásmód. A koannak természetesen a hétköznapi értelemben nincs megfejtése. Még csak nem is az a megfejtése, mint bizonyos matematikai feladatoknak, hogy nincs megoldás. A megfejtés annak a gondolkodásnak a meghaladása, amelyben van megoldása és van megoldhatatlansága a világ dolgainak; a cél egy módosult tudatállapotba jutásra való alkalmasság közelítése.

A Zen-koan kicsit talán a rózsafüzérre emlékeztet: egyfajta, önmagában minden jelentést nélkülöző eszköz. Pörgetni kell, mert így egyszerűbb végezni a mindennapi rituálét. Így kevésbé vonják el a figyelmet a lényegtől a világ mindennapi dolgai.

Sok hasonlóság található a buddhista és a keresztény misztika között. Enomiya-Lassalle jezsuita atya, aki éveket töltött Japánban a Zen tanulmányozásával, komolyan felvetette, hogy bizonyos testi és szellemi technikákat talán a katolikus kiképzésnek is érdemes lenne átvenni saját céljaira, mivel a Zen meditációs technikái közül némelyek lényegesen eredményesebbek, és könnyen adaptálhatók a katolikus elvekhez is. Bizonyos technikák átültethetők lehetnek, de a két világszemlélet közötti alapvető különbséget már a Biblia első mondatai élesen megvilágítják: „Kezdetkor teremtette Isten az eget és a földet.” „Isten látta, hogy a világosság jó. Isten elválasztotta a világosságot a sötétségtől.” Minden az elválasztással, a jó és a rossz megkülönböztetésével kezdődik, azzal, amit a buddhista világkép földi esetlegességnek tekint; aminek a meghaladása nélkül a szatori élménye elérhetetlen.

Talán ez az eltérés is szerepet játszik abban, hogy az európai gondolkodás a kategorizálás, a redukcionizmus felé indult el. Lehet, hogy ennek más okai vannak, például az, hogy Európában általában különvált a világi és a vallási hatalom, míg keleten a császárt istennek tekintették. Láttuk, hogy az egyes európai népek gondolkodásmódjai is különböznek, nyilván az egyes keleti népeké is. Ott is különbözik az egyes népek történelme, mások a meghatározó élményeik. Az egyik japán első osztályos olvasókönyv első mondata ez: Kína nagy ország, Japán kicsi. Ezt olvassák először a japán gyerekek; a kínaiak nyilván mást. Érdekes (bár lehet, hogy nem lényegbevágó) összecsengés, hogy a magyar első osztályos irodalmi szöveggyűjtemény első mondata ez: A török és a tehenek. Ezzel együtt, a keleti és a nyugati gondolkodásmód között sokkal mélyebb különbségeket találunk, mint az egyes európai népek észjárásai között.

A keleti gondolkodás holisztikusabb. Egy kínai történelemkönyvben amikor leírnak egy csatát, nem a szembenálló felek haderejét részletezik első-sorban. Leírják az időjárást, a különféle előjeleket, az egyidejű eseményeket, beleértve akár két hétköznapi ember éppen akkor kötött és harmonikusnak bizonyult házasságát is. Az európai gondolkodás a dolgok logikájából indul ki, a keleti amennyire lehet, a dolog (a világ egységes rendje) logikájából. Az utóbbit példázza a kínai esőcsináló története.

Egy kínai faluban hosszú idő óta nem esett az eső, amikor elhívták az esőcsinálót. Az esőcsináló elfoglalta szállását, és semmi különösét nem tett: semmi ceremónia, semmi mágia, ki sem mozdult, míg végül eleredt az eső. Amikor a falusiak kérdezték, hogy hogyan csinált esőt, azt válaszolta, hogy az ilyesmit nem csinálja az ember. Az jön, ha a dolgok természetes harmonikus rendjük szerint állnak. Amikor a faluba érkezett, megállapította, hogy a faluban diszharmónia uralkodik, tehát a természet folyamatai sem működhetnek normális rendjük szerint. De rájött arra is, hogy a falu diszharmóniája benne magában is diszharmóniát hozott létre, így visszavonult a szállására, hogy helyreállítsa magában a harmóniát. Amikor a saját belső egyensúlya helyreállt, el is indult az eső, ahogy a világ harmonikus rendje szerint kell.

A történet kétségtelenül irreális, de a mi kultúrkörünk legendái sem kevésbé azok. A mi legendáink csodás egyéni tettekről szólnak. Ugyanúgy tükrözik az egyén kiemelt szerepét a mi kultúránkban, mint ahogy az esőcsináló története az egyén és a természet, a külső és a belső világ elválaszthatatlan egységét emeli ki. Alapvetően más élmények, más tapasztalatok, tehát gyökeresen más észjárás, sőt más logika jellemzi a kétfajta kultúrát.

A redukcionista európai gondolkodás csúcsteljesítményeinek a tudomány vívmányait tekinthetjük, az atomenergiától a géntechnikáig. A keleti gondolkodás csúcsteljesítménye valószínűleg a szatori állapotának elérése: ez alighanem beláthatatlanul nagy élmény (biztosan persze nem tudhatom). De a tudomány csúcsaival való foglalkozás ugyanúgy csak nagyon keveseknek adatik meg a nyugati kultúrában, mint a szatori a keletiben. A nyugati gondolkodásmód hajtóereje a haladás, és a technikai vívmányok nyújtotta kényelmet adja tagjainak. A keleti gondolkodás az egyén belső harmóniáját, a világgal való összhangját.

Ez a felismerés irányította a hatvanas években (a miniszoknyával, a hippizmus mozgalommal, az LSD-vel, a biotáplálkozással, a Beatles zenéjével egyidejűleg) a nyugati kultúra érdeklődését a keleti filozófiák felé. De most magyaráznom kellene (és nem tudnék meggyőzően érvelni), hogy a virágok gyermekeit miért említem együtt az I Chinggel vagy a Zen buddhizmussal.

5. A gondolkodás szintjei

Bizonyos fajta kaparódarazsak, amikor elérkezik a peterakás ideje, egyszer s mindenkorra gondoskodnak utódaikról. Keresnek egy alkalmas kis költőkamrát valahol, abban lerakják a petéiket, és mellé tápláléknak egy tücsköt. A tücsköt előzőleg egy szúrással megbénítják úgy, hogy nem hal meg, de nem is mozdul többet. Ezután az anya betemeti a költőkamrát és elrepül örökre. Amikor a lárvák kikel, ott találja maga mellett a konzervált tücsköt, azt elfogyasztja, és közben fel is nő annyira, hogy a továbbiakban már tud gondoskodni magáról.

A darázsanya viselkedése egy szép, logikusan felépített cselekvésláncot alkot. Ebbe avatkoztak bele a kutatók, hogy megvizsgálják, mennyire tudatosan teszi a darázs, amit tesz. Van egy pillanat, amikor a darázs odaviszi a konzervált tücsköt a költőkamra szélére, és egy időre ott leteszi, hogy elvégezze az utolsó simításokat a költőkamra berendezésén a peterakás előtt. A gonosz kutatók közben egy fűszállal odébb piszkálják a tücsökkonzervet. Némelyik kaparódarazsat ez alig befolyásol: amikor minden kész a kamrában, kijön, egy kicsit zavartan röpköd, majd megtalálja a tücsköt, beviszi a kamrába és befejezi a peterakást.

Más fajta kaparódarazsak ettől az apró beavatkozástól teljesen leblokkolnak. Amikor a zavart röpködés után végre megtalálják az odébbpiszkált tücsköt, ismét elvonszolják a költőkamra széléhez, ismét leteszik, és ismét bemennek a költőkamrába elvégezni az utolsó simításokat. De a kutatók közben megint odébbpiszkálják a tücsköt. A darázs kijön, zavartan röpköd, megleli a tücsköt, és újra leteszi a kamra szélére, hogy elvégezze bent az utolsó simításokat. Ez a fajta kaparódarázs sohasem képes felismerni, hogy ezen a szakaszon már túl van, nyugodtan bevihetné a tücsköt most már egyenesen a kamrába. Volt, hogy a kutatók negyvenszer piszkálták odébb a tücsköt, és a darázs negyvenszer végezte el az utolsó simításokat.

Lehet, hogy amikor a kutatók megúnták a darázs piszkálását, a darázsanya valamilyen kódval feljegyezte okulásul utódjának (mondjuk a tücsökre), hogy a kísérletek eredménye szerint az ember olyan állatfaj, amelyik

legfeljebb a negyvenedik próbálkozás után abbahagyja a macerálást. A biológusok, jellemző módon, mégsem ilyen kódok után kezdtek kutatni, hanem azt vizsgálták, hogy az okosabb fajta kaparódarazsak magasabb intelligenciája mi másban nyilvánul még meg. Furcsa módon más helyzetekben az okosabb fajta kaparódarazsak nem bizonyultak intelligensebbnek. Valószínűleg nem egyfajta (emberi értelemben vett) általános intelligencia révén tudták magukat túltenni a kutatók beavatkozása által okozott rendelleneségen, csak éppen ez a biológiai programjuk kicsit általánosabb, valamivel több szabadságfoka van. Ebből nem következett magasabb fokú értelem másfajta feladatok esetére.

Fogalmaink hierarchiái

Azért várhatnánk az okosabb fajta kaparódarazstól másfajta feladatok esetén is magasabb szintű értelmet, mert úgy viselkedett, mint aki átlát a kutatók mesterkedésén. Mintha valahonnan, a konkrét peterakási folyamat rutinmunkáitól függetlenül tudná, hogy cselekvésláncának mi az értelme, mintha következtetést vont volna le a dolgok logikája alapján. Sajnos úgy tűnik, hogy ilyen képességekkel az okosabb fajta kaparódarázs sem rendelkezik: más esetekben ő sem képes cselekvéseit összefüggéseiben áttekinteni és az egész folyamatot egy nagyobb gondolati egységként kezelni.

Ez a fogalomalkotás pillanata. Az ember képes egy egész összetartozó cselekvéssorozatot egyben kezelni és elemeire felbontani, analizálni is. Első pillantásra az elemzés momentuma látszik a legfontosabbnak, hiszen a cselekvéslánc teljes egységét a kaparódarázs is látta, sőt csak azt látta, elemeinek jelentését nem. Mégsem mondhatjuk, hogy a kaparódaráznak van fogalma a peterakási folyamatról, mivel számára ez nem foglal össze egymástól függetlenül is értelmes akciókat egyetlen önmagában értelmes egységbe. A butábbik fajta kaparódarázs számára az egyes részakciók (legalábbis a tücsök félretevése és az utolsó simítások elvégzése külön-külön) önmagukban értelmetlen dolgok.

Fogalmak csak önmagukban is értelmes elemekből alkothatók, mert csak ebben az esetben beszélhetünk egy bizonyos szempontból összetartozó dolgokról, és csak ebben az esetben tudjuk ezek összességét együtt, egy gondolati egységként kezelni. Szempont nagyon sokféle lehet. Lehet, hogy a fogalom egy értelmes cselekvéssorozat elemeit fogja össze, lehet, hogy egy bizonyos ismertetőjegy, tulajdonság szerint összetartozó dolgokat (mint az emlős állat vagy a nemes gáz fogalma), de az is lehet, hogy egy fogalom

olyan fogalmakat fog össze, amelyek hasonló rendszer szerint fogják össze a hozzájuk tartozó dolgokat (mint a tudomány vagy a rejtvény fogalma).

Eszerint a fejünkben fogalmaknak bonyolult hierarchiái kell hogy létezzenek. Jó lenne valahogyan kísérletileg is vizsgálni, hogy valóban beszélhetünk-e ilyesmikről vagy csak légbőlkapott elképzelésekkel dobálózunk. Ismét egy szép rejtvény a kognitív pszichológia számára.

Különösen nehézé teszi a vizsgálatot, hogy ahhoz, hogy fogalmakról beszélhessünk, már kell hogy legyenek foglmaink. Hogyan tudunk akkor egyáltalán kiindulási pontot találni?

Először is: tudjuk-e biztos jelét találni annak, hogy tényleg léteznek foglmaink? Ilyen kérdések vizsgálatára alkalmazta Pavlov kísérleti technikáját V. D. Volkova. Például kisiskolás gyerekeknek jóízű áfonyalevet csepegtett a szájába, miközben hangosan azt mondta, hogy „jó”. Amikor kialakult a feltételes reflex, és a gyerekek nyálelválasztása már áfonyalé nélkül is elindult pusztán attól, hogy azt a szót hallották, hogy „jó”, akkor más dolgokat kezdett mondani. Olyan mondásokra, hogy „Leningrád szép város” vagy „Az úttörő segíti pajtását”, a gyerekek nyálelválasztása elindult. Olyan mondásokra, hogy „A gyerek szemtelen volt a tanárával” vagy „A barátom súlyos beteg”, a nyálelválasztás nem indult el.

Foglmaink tehát akkor is működnek, ha nem tudatosan működtetjük őket. És vajon tényleg hierarchiákba szerveződnek? Ennek vizsgálatához már kell hogy legyen valamiféle előzetes feltevésünk a fogalomhierarchiák szerkezetéről, de itt a körben forgó okoskodás veszélye fenyeget. Valami külső támpont szükséges, ezt pedig az időtényezőben találták meg. Azt vizsgálták, hogy mennyi idő alatt válaszolnak a kísérleti személyek olyanfajta kérdésekre, hogy „Állat-e a vörösbecg?”, „Madár-e a kanári?”, „Hal-e a cinke?”, „Hal-e a hal?”.

Az eredmények értékeléséhez felrajzoltak egy igen kézenfekvő fogalomhierarchiát, például hogy „állat – madár – kanári”, és „állat – hal – cápa”. Azt mondták, hogy nevezzük két fogalom távolságát annyinak, ahány lépés az egyik fogalomtól a másikig az út ebben a hierarchiában. Az elv primitív, de az eredmények igazolták az elképzelést: váratlanul egységesen az derült ki, hogy a távolság minden egységének megtételéhez körülbelül 75 ezredmásodpercre van szükség, tehát például ennyivel válaszolunk lassabban arra a kérdésre, hogy állat-e a cápa, mint arra, hogy hal-e a cápa. Két szint átlépése 150 ezredmásodpercet igényel és így tovább. Bonyolultabb fajta kérdések (pl.: lélegzik-e a kanári, úszik-e a vadkacsa) esetén a kép elbonyolódik, de

az alapjelenség, a hierarchiaszintek közötti lépés állandó időigénye stabilan megmarad.

A szkeptikus olvasót ezek az eredmények nem győzik meg. Ingoványos a talaj, nem védtük ki igazán a körben forgó okoskodás veszélyét. Az a fogalomhierarchia, amelyben a távolságokat mérjük, teljesen esetleges; nyugodtan rajzolhatnánk helyette másmit is (például: állat – sárga állat – sárga tollas állat – kanári). Ebben az esetben nem kapnánk ilyen szép stabil 75 ezredmásodperces időket, amikor az egyes szinteket átlépjük. Másrészt ilyen egyszerű kérdésfeltevések esetén akármit is mutatnak az idők, könnyen lehet hozzájuk olyan hierarchiát (nevezzük most már így: modellt) felvenni, amelyben a szintátlépések ideje állandó, legfeljebb egy kicsit el kell bonyolítani a modellt.

Jogos kérdések, de valahonnan csak el kell indulni. A kognitív pszichológiának ez a területe úgy épített paradigmát magának, hogy elfogadott két hipotézist. Az egyik az, hogy fogalmaink valahogyan szerveződnek a fejünkben, és két fogalom között vagy vezet közvetlen út, vagy sem. (Ezzel tehát már enyhítettünk valamit a szigorú hierarchikus szerveződés feltételezésén, ami bonyolultabb fogalomrendszerek esetén valóban nem is állja meg a helyét.) A másik hipotézis az, hogy két fogalom között a kapcsolat megteremtéséhez azzal arányos idő szükséges, ahány lépést kell megtenni ebben a szerveződésben köztük. Ez tehát a kiindulási elképzelés. Hinni benne azért van okunk, mert a nagyon egyszerű esetekben, amikor a szerveződés könnyen elképzelhető, ez az eredmény gyakorlatilag mindig bejön, és mindig a lehető legkézenfekvőbb modellel.

Ha viszont ezt a kiindulást elfogadtuk, már van egy paradigmánk: bonyolult fogalomszerveződési modelleket építhetünk, amelyekről el tudjuk dönteni, megfejtései-e annak a rejtvénynek, hogy az éppen vizsgált fogalmak milyen struktúrába szerveződnek. Az eldöntés módja a kísérletezés és a válaszidők mérése: megfelelnek-e a modell által előrejelzetteknek.

Összekuszálódó hierarchiák

Ebben a paradigmában persze csak elvileg dönthető el, hogy egy modell megfelel-e a mérési eredményeknek vagy sem. Egy kicsit is bonyolultabb modell esetén már nincs az a birkatürelmű kísérleti személy, akivel a modell összes lehetséges kapcsolatát végig lehetne kérdezni. Már néhány száz csomópontot tartalmazó modell esetén is emberéletek ezreire lenne szükség.

Ez még nem lenne nagy baj: a tudomány is úgy épül, hogy a talált jelenségek alapján fogalmakat alkot, és mindig a meglévő fogalomrendszer segítségével építkezik tovább. A paradigma vezérli az építkezést akkor is, ha néhány új fogalom kialakítása után már alig lehet ráismerni a kiinduló gondolatra. Ez történt itt is. Kivételek bonyolult rendszere tarkítja a modelleket: például hogy hal-e a bálna. Váratlan átkötések jelennek meg a rendszerekben, rövidrezárási lehetőségek távolinak látszó fogalmak között. Be kellett vezetni az egymást feltételező fogalmakat, és kimérni az ilyenekre vonatkozó válaszdíjakat is.

Hamar kiderült, hogy azt a szép elképzelést, hogy a fogalmak valamiféle egyszerűen leírható hierarchikus rend szerint szerveződnek bennünk, fel kell adni. De nem az a fő baj, hogy rendkívül kuszává válik az ábra, hanem furcsa jelenségeket is produkál. Rendszeresen előfordul, hogy egy fogalom magasabb szintűnek, általánosabbnak bizonyul egy másik fogalomnál, az egy harmadiknál és így tovább, mígnem egy még alacsonyabb szintű fogalom bizonyos szempontból általánosabbnak bizonyul az elsőnél. Ilyenkor persze a hierarchia szintjei között mindig egy kicsit megváltozik a vonatkoztatási rendszer is. Más értelemben általánosabb fogalom a feladat, mint a munka, a munka, mint a tanulás, és a tanulás, mint a feladat.

Látszólag a paradigma valahogy félrecsúszott: pontosabban kellene definiálni vagy meg kellene változtatni. A probléma azonban mélyebben van: sokminden mutat arra, hogy ilyen furcsa, önmagukba záródó hurkok alkotják a gondolkodás működésének alapját. Amiket ebben a fejezetben megemlítünk, azok csak az első jelek. Mindenesetre annyit máris látunk, hogy egyfelől fogalmaink szerveződésében jelen van egyfajta erősen hierarchikus elem, másfelől ezek a hierarchiák a különböző szempontok, vonatkoztatási rendszerek váltogatása során reménytelenül kuszává válnak, szinte már nem is tekinthetők hierarchiáknak. Ezt a furcsa struktúrát *kusza hierarchiának* * fogjuk nevezni. Az elnevezés önmagában is mutatja a struktúra alapvető ellentmondásosságát.

Akaratlanul is nagyon könnyen vált az ember vonatkoztatási rendszert. A Nulladik fejezet R5-ös rejtvényében roppant logikusnak hangzik az elszámolás; csak akkor lesz gyanús, amikor kiderül, hogy egy tallér hiányzik. A hiba az, hogy ugyan valóban mindegyik vándor 9 tallért fizetett, de ebben már benne van minden, amit a fogadóban költöttek, a szállásdíj és az inas borraivalója is. Miért adnánk ehhez hozzá még egyszer az inas pénzét? 3×9 tallért költöttek és hármat visszakaptak, megvan a 30 tallér.

Jogosan érez némi csalódottságot, aki néhány percet eltöltött a rejtvény megfejtésével: teljesen értelmetlen vonatkoztatási rendszert fogadott el egy

időre. Hogyhogy nem csapott le rögtön, hogy *mihez* is adjuk hozzá az inas pénzét?

A következő példában két, önmagában teljesen értelmes vonatkoztatási rendszer között váltunk alig észrevehetően. Tekintsük a következő két állítást:

- a) Minél csúnyább egy nő, annál több kozmetikumot használ.
- b) Minél több kozmetikumot használ egy nő, annál szebbnek látszik.

Ebből a formális logika szabályai szerint következik, hogy

- c.) Minél csúnyább egy nő, annál szebbnek látszik.

A következtetés persze abszurd. Nem a két kiinduló állításban van a hiba. Azok ugyan lehet, hogy nem teljesen igazak, de nem hihetetlenek. Az a.) állítás például lehetne akár egy felmérés eredménye, és akkor nemigen vitatható. A b.) állítás is reális, legalábbis bizonyos határok között.

A hiba ott van, hogy az első állítás a kontextusból adódóan abszolút: a „minél–annál” kifejezés itt azt jelenti, hogy „aki csúnyább, az több kozmetikumot használ”. Ez jelentésében azt is maga után vonja, hogy aki több kozmetikumot használ, az csúnyább nő. A második állításban a „minél–annál” kifejezés értelemszerűen relatív: ebben a kontextusban csak azt jelenti, hogy aki több kozmetikumot használ, az *magához képest* egyre szebbnek látszik. Ebben a kontextusban a „minél–annál” nem vonja maga után azt, hogy aki szebbnek látszik, az több kozmetikumot használ. Márpedig a formális következtetés csak akkor érvényes, ha mindegyik állításban abszolút értelemben használjuk a „minél–annál” kifejezést.

A nyelvben a minél–annál kifejezés mindkét értelemben jogosan használható. Ezzel együtt, mint látjuk, tud problémát okozni, hogy ennek a kétösségnek nem vagyunk teljesen tudatában. Pedig milyen abszurdnak éreztük a 2. fejezetben, amikor a számítógép rossz vonatkoztatási rendszerben érzékelte a „vagy” szót, és (formálisan helyesen) IGEN-nel válaszolt. Kusza hierarchiáink, önmagukba záródó fogalmi hurkaink miatt mi sem vagyunk védtelenek az ilyen hibákkal szemben, bár a mesterséges intelligencia jelenlegi teljesítményeihez viszonyítva jogosan érezzük magunkat fölényben. Ezt a fölényt éppen kusza hierarchiáinknak, gondolkodásunk, fogalmaink önmagukba záródó hurkainak köszönhetjük.

Gödel, Escher, Bach

Douglas R. Hofstadter könyvének három címszereplője látszólag furcsa együtttest alkot. Hogyan jön össze Kurt Gödel német matematikus, Maurits Cornelis Escher holland festő és Johann Sebastian Bach egy könyvben? Nem afféle szabad asszociációs lóugrások hozták össze ezt a három alkotót. Mindhármuk életművének fő kérdése az volt, hogy fogalmi szerveződésünk jellegzetességei milyen kifejezési eszközöket tesznek lehetővé.

Amikor megkíséreltem az előző mondattal összefoglalni, hogy mi lehet e három életmű lényegi közös vonása, alapvetően különböző vonatkoztatási rendszereket vontam össze. Mégsem hangzik maga a mondat értelmetlennek. Érezhetően van valami létjogosultsága egy ilyen gondolatnak, és ez teszi lehetővé, hogy Hofstadter könyvében a három fő téma (és számtalan melléktéma) önálló egészzé álljon össze, akár egy Bach-fúga dallamai. Nézzük röviden a három fő témát.

Gödel a matematikai logika területén bizonyított be egy olyan tételt, amelynek messzemenő következményei vannak. A tétel talán az első olyan eredmény a logika történetében, amelyen a nagy Arisztotelész komolyan meglepődött volna. A logika két évezredének többi eredményére valószínűleg csak helyeslően rábólintana, hogy szépen dolgoztatok, így kell ezt csinálni. Gödel tételének bizonyítását is ugyanilyen bólintással fogadná el: az szigorúan a logika zárt rendszerén belül marad. A tétel jelentősége, következményei viszont messze túlmutatnak a matematikai logikán, és Arisztotelészt is gondolati rendszerének radikális újrágondolására kényszerítették volna.

Egyetlen informális, a technikai részleteket mellőző mondatban kifejezve, Gödel 1931-ben felfedezett tétele a következőt bizonyítja be. Ha egy matematikai rendszer olyan, hogy benne minden, a rendszer eszközeivel egyáltalán kimondható (megfogalmazható) igazság valamilyen módon a rendszeren belül be is bizonyítható, akkor a rendszer szükségszerűen ellentmondásos.

Más szavakkal: ha egy formális rendszer ellentmondásmentes, akkor megfogalmazható benne olyan állítás, amely a rendszer keretein belül se nem bizonyítható, se nem cáfolható. Ez utóbbi mondat azért jelenti ugyanazt, mint az előző, mert ha egy állítás se nem bizonyítható, se nem cáfolható, akkor ugyanez kell, hogy vonatkozzon az ellentétére is. De a szóban forgó állítás és az ellentéte közül valamelyik biztosan igaz, mert a formális logikában csak olyan állításokkal foglalkozunk, amelyek vagy igazak, vagy sem; harmadik eset nincs. Bármelyik is legyen a szóban forgó mondat és ellentéte

közül az, amelyik igaz, olyan igazság van a kezünkben, amelyik a formális rendszeren belül nem bizonyítható.

Még kevésbé formalizáltan így is fogalmazhatjuk Gödel eredményét: Ha minden igazságra nyitottak akarunk maradni logikánkkal, akkor a rendszerek változtatása szükségszerű.

Maurits C. Escher életműve a vonatkoztatási rendszerek finom változtatásainak lehetőségeit járja körül a festészet, a grafika eszközeivel. Képein folyamatosan emelkedő, mégis a kiindulási pontba visszatérő lépcsők, állandóan lefelé csordogáló, majd egy vízeséssel kezdőpontjukba visszazuhanó vízfolyások, furcsa metamorfózisok találhatók: madarak folyamatos, észrevétlen átváltozása rovarokká, azoknak békákká, majd halakká, levelekké, házakká, és a házak ismét madarakba mennek át. A folytonos metamorfózisokat tökéletesen harmonikusnak érezzük: valahogy nem mondanak ellent a világról alkotott képünknek, fogalmi rendszerünknek. Escher önmagukba záródó hurkaira talán azért rezonálunk, mert gondolkodásunk amúgy is ilyenfajta hurkokon alapul. Escher képei azonban nemcsak intellektuálisan izgatóak, elgondolkoztatóak, hanem egyszerűen *szépek*, függetlenül attól, hogy a szépséget, a harmóniát milyen eszközökkel, milyen trükkökkel valósítja meg.

Johann Sebastian Bach művei közül csak egyet idézzünk föl: a *Musicalisches Opfer* „Canon per Tonos” részét. Az alsó szólam dallama C mollban indul, és a téma folyamatos variációi közben észre sem vesszük, hogy egyszerre csak D mollban találjuk magunkat, amikor a dallam szép folyamatosan visszatér a kiinduláshoz: lehet újra kezdeni, hogy most már majd E mollba jussunk. Bach az orrunk előtt vált vonatkoztatási rendszert úgy, hogy fogalmunk sincs róla, hogy hogyan kerültünk egy másik hangnembe. És ha már így megy, akkor persze végül visszatér C mollba, ahonnan indult. Ismét egy furcsa, önmagába záródó hurok, ezúttal a zene eszközével — ez is egyszerűen harmonikus, szép.

Ha sikeresen összeáll egy fuga, attól lesz több, mint részeinek összege, hogy önálló fogalommá válik: önálló egységként talál helyet magának fogalmaink kusza hierarchiáinak szerveződésében. Hofstadter könyvében 777 oldalon keresztül sorjáztatja a téma sziporkázóan szellemes variációit. És a fuga összeáll. Önálló fogalomként, a saját jogán válik értelmessé az a lazán felvetett gondolat: Gödel, Escher és Bach életműve egyaránt arra világít rá, hogy milyen kifejezési eszközöket tesznek lehetővé fogalmaink szerveződésének kusza, önmagukba záródó hurkai.

Fogalomalkotó programok

A kognitív pszichológiával párhuzamosan a mesterséges intelligencia tudománya is végigjárta azt az utat, amely egyszerű, hierarchikus modellek feltételezéséből indult és bonyolult, kusza, önmagukba hurkolódó modellekhez vezetett. A mesterséges intelligencia paradigmája itt is más volt. Nem a válaszütem méréseire alapozva építette modelljeit, hanem olyan konstrukciós elvekre, amelyektől remélhető volt, hogy jól működő rendszereket eredményeznek.

Az első lépések ezen a területen is látványos sikereket eredményeztek. Pat Langley BACON nevű programja például a klasszikus fizika újrafelfedezésére készült. Ez a rendszer hatalmas numerikus adattömegekből („mérési eredményekből”) keres összefüggéseket a fogalmak között, és alkot új fogalmakat. Kezdetben néhány egészen egyszerű alapfogalmat definiáltak a rendszer számára, mint a távolság, az idő, a súly fogalmát, továbbá megadtak neki egy nagy halom adatot: különböző elképzelt mérések többé-kevésbé pontatlan eredményeit.

A BACON rendszer alapfilozófiája az volt, hogy ha két már meglévő fogalma között valamiféle stabil összefüggést tud kimutatni, akkor valószínű, hogy emögött az összefüggés mögött egy újabb érdekes fogalom húzódik meg. Érdemes tehát a két fogalom segítségével egy harmadikat definiálni.

A program az összefüggéseket néhány nagyon egyszerű elv alapján kereste. Vett például két változót (két már meglévő fizikai fogalmat), és megnézte, hogy a két változó hogyan függ össze. Ha azt tapasztalta, hogy az egyik változó értékének növekedése általában a másik változó értékének növekedésével jár, akkor megvizsgálta, hogy a két változó aránya nem tekinthető-e állandónak. Ha igen, a két változó arányát új fogalomként felvette a repertoárjába. Ha negatív korrelációt tapasztalt a két változó között, akkor a szorzatukat vizsgálta.

A BACON program az előző eljárást többszörösen is tudta alkalmazni, és ez meglepően hatékony elvnek bizonyult. Ezen az úton eljutott oda, hogy felfedezte Kepler harmadik törvényét (azt, hogy a bolygók keringési idejének négyzetei úgy aránylanak egymáshoz, mint a középnap távolságok köbei). Hasonló módszerekkel felfedezte a Snellius–Descartes törvényt is, és ennek alapján megalkotta a fénytörésmutató fogalmát. Az elektromosságban felfedezte Ohm és Kirchhoff törvényeit.

A BACON programba bele volt építve egy olyan szabály is, hogy próbáljon meg minden adatot egységnek tekinteni, hátha kiderül, hogy más adatok ennek mindig egész számszorosai (legalábbis bizonyos pontossággal). Ha ez

a helyzet, akkor az alkalmas egységnek bizonyuló adatból alkosson magának egy új fogalmat. Ez az elv is eredményesnek bizonyult, így például a program felismerte Dalton törvényét, és megalkotta a molekulasúly fogalmát.

KR A BACON program nem fedezett fel semmi olyan fogalmat vagy összefüggést, amelyet a fizikusok régen ne ismernének. Másrészt viszont a rendszer számára mindegyik felfedezés kétségtelenül új volt. Ha egy laikus vagy egy gyerek fedezné fel mindezeket, rendkívül kreatívnak tartanánk. A BACON és az ehhez hasonló mesterséges intelligencia programok egyik fontos tanulsága, hogy a kreatív gondolkodás magyarázatához valószínűleg nem szükséges különleges pszichológiai mechanizmusokat feltételezni.

* * *

Douglas B. Lenat AM (Automazed Mathematics) nevű programja matematikai fogalmak felfedezésére készült. A programba kezdetben viszonylag kevés matematikai tudás volt beleépítve, olyanok, mint a halmaz, az egyenlőség, a kisebb, a nagyobb fogalma, halmazok egyesítése és közös részének képzése, és még néhány alapdefiníció. Számos szabály szolgált új fogalmak kialakítására, ezek kétféle típusba sorolhatók.

a) Az egyik típusba tartozó szabályok új fogalmak létrehozására szolgáltak. Minden matematikai fogalmat egy formula határoz meg, így ezek a szabályok a meglévő fogalom-formulák alapján újabb fajta formulák kialakítására, generálására szolgáltak. Például ha adott egy formula, amelyhez túl könnyű azt kielégítő számokat találni, akkor tegye a formulát speciálisabbá. Ha túl nehéz vagy lehetetlen megoldást találni, akkor tegye a formulát általánosabbá. Ha van két nehezen kielégíthető formulája, készítsen egy újat úgy, hogy a kettőt „vagy”-gyal összekapcsolja. Ha két könnyen kielégíthető formulája van, „és” kapcsolattal készítsen egy új formulát. Még pár tucat hasonló jellegű szabályt tartalmazott az AM program.

b) A másik típusba tartozó szabályok azt értékelték ki, hogy egy frissen generált formulát tekintsen-e érdekes fogalomnak, felvegye-e a meglévő fogalmak közé. Például érdekes egy fogalom, ha nem túl könnyen, de található rá példák. Érdekes egy fogalom, ha a program olyan kérdéseket tud feltenni vele kapcsolatban, amelyeket nehezen tud eldönteni. A kérdéseket ehhez a vizsgálatához a másik típusú, formulageneráló szabályok állítják elő.

Az AM program semmiféle tételbizonyító apparátust nem tartalmazott. Egyetlen eszköze a fogalmak, összefüggések vizsgálatára az volt, hogy jó néhány szám esetében kipróbálta működésüket.

Az AM program összesen 115 szabályt tartalmazott. Miután elkészült a program, szerzője sorsára hagyta egy darabig, hogy lássa, mi mindent fedez fel. Sok érdekes fogalmat talált: hamarosan kialakította magának az egész számok fogalmát, majd definiálta a négy alapműveletet, később a prímszámok fogalmát is. Érdekes úton jutott a prímszámokhoz: észrevette, hogy azok a számok, amelyeknek pontosan három osztójuk van, mind négyzetszámok, majd észrevette, hogy az ilyen számok négyzetgyökének mindig éppen két osztója van (önmaga és az 1). Ezután rájött a számelmélet alaptételére (hogy minden szám egyértelműen előállítható prímszámok szorzataként). Később a híres Goldbach-sejtést is megsejtette (azt, hogy minden páros szám előállítható két prímszám összegeként — ezt az állítást máig se nem bizonyították be, se nem cáfolták meg).

Sok olyan fogalmat fedezett fel az AM program, amit a matematikusok valóban érdekesnek tartanak. Alkotott például egy olyan fogalmat is, amelyet a stanfordi matematikusok ugyan nem ismertek, de azt mondták rá, hogy egészen érdekes. Később kiderült, hogy egy kevésbé ismert indiai matematikus több cikkben elemezte.

Heurisztikák

Az AM program elsősorban a *heurisztikák* viselkedésének vizsgálatát célozta. Heurisztikának nevezünk minden olyan szabályt, következtetést, értekelést, elvet, amely egy bizonyos fajta szituációban többnyire érvényes, illetve működik, *de nem mindig*. A szó Arkhimédész híres felkiáltásából származik, amikor a fürdőben rájött, hogy hogyan döntheti el Hieron király gyanús koronájáról, hogy valóban színaranyból van-e. Arkhimédész „heuréka” (rájöttem, megtaláltam) csatakiáltással rohant végig meztelenül Szirakuza főutcáján, hogy a vizsgálatot mielőbb elvégezze.

A heurisztikák alkalmazásával elért felismerések jogosan töltenek el minket örömmel, hiszen éppen az a dolog lényege, hogy nem lehettünk eleve biztosak a sikerben. Az ember lépten-nyomon, szinte mindegyik gondolatmenetében heurisztikus eljárásokat alkalmaz, csak így tud a lehetőségek sokaságának, azok minden következményének, továbbá a következmények összes lehetséges következményeinek végiggondolása nélkül, belátható idő alatt elfogadható módon cselekedni. A mesterséges intelligencia sem tud megenni heurisztikák nélkül, mert a következtetési láncok összes ágának végiggondolása többnyire a leggyorsabb számítógépekkel is lehetetlen.

A sakkjáték esetében például elvileg lehetséges az összes következmény-lánc végigszámolása, de nézzük meg, hogy ez mennyi munka lenne. Az elképesztő eredmény megér egy kis számolást. Tapasztalat, hogy egy átlagos sakkállásban 30–40 féle szabályos lépés tehető. Ugyanennyifélét válaszolhat mindegyikre az ellenfél, arra ismét ugyanennyifélét én, stb. Ha csak 25 lépéspáron keresztül visszük ezt végig, akkor is minimum 30^{50} esetet kell áttekinteni. Tegyük fel, hogy a Föld minden atomja egy-egy számítógép, ami csakis sakkállásokat vizsgál, és egyet-egyet annyi idő alatt dolgoz fel, amennyi idő alatt a fény egy millimétert megtesz. Rövid számolás után kiderül, hogy ennek az ugyancsak fejlett számítógépnek is több millió évre lenne szüksége ennyi eset megvizsgálásához.

Sem ilyen gépben, sem ennyi türelemben nem reménykedhetünk. Ezért a mesterséges intelligencia sem nélkülözheti a fogalomalkotást és a heurisztikákat, még egy olyan jól körülhatárolt területen sem, mint a sakk.

A Neumann-elv

Douglas Lenat az AM programot merész és radikális módon fejlesztette tovább. Az EURISKO nemcsak fogalmakat alkot bizonyos heurisztikus szabályok segítségével, hanem saját heurisztikáit is képes módosítani. Annak megértéséhez, hogy ezt hogyan képes megoldani, lépjünk néhány szinttel mélyebbre, nézzük meg röviden, hogy voltaképpen mi a mai számítógépek működésének lényege; mitől ennyire hatékony eszközök?

Az eddigiekben a számítógépről úgy beszéltünk, mint egy komplett lényről, egy másik species tagjáról, ami mindenféle viselkedéseket tud produkálni (bár időnként kicsit buta). Nem csodálkoztunk azon, hogy tudhat társalogni vagy csattanós meséket gyártani, mert megszoktuk, hogy ilyen, nap mint nap kiír nekünk különféle szövegeket. Azt is tudjuk, mert látjuk magunk körül, hogy ezeket a dolgokat célszerűen elkészített programok révén tudja végrehajtani. Ennél mélyebben nemigen foglalkozunk vele, az már ugyanúgy kívül esik az érdeklődésünkön, mint hogy van-e a szarvasmarhá-nak vakbele.

A mai számítógépek működési elvét Neumann János vezette be a gyakorlatba. Neumann előtt is voltak számoló masinák. Azt meg tudták való-sítani, hogy mondjuk négy gombnyomás hatására végrehajtódjon egy szám-tani művelet. Az első két gombnyomás azt fejezte ki, hogy melyik két szám-mal dolgozzon a gép. A harmadik gombnyomás azt jelentette, hogy hová, melyik rekeszbe kerüljön az eredmény. A negyedik gombnyomás határozta

meg, hogy milyen számtani művelet következze. Ezek után a gép végrehajtotta a kívánt műveletet és az eredményt lerakta a kívánt helyre. Lehetett nyomogatni a gombokat a következő művelethez. Vagy lehetett egy külön gombnyomogató gépet szerkeszteni, aminek jóelőre megmondták, hogy mit és milyen sorrendben nyomjon meg — a két gép együtt már egy tökéletesen automatikus számológép.

Neumann ötlete megdöbbenően egyszerű és mégis alapvetően új távlatokat nyitott meg. Az ötlet mindössze annyi volt, hogy minek mindehhez két gép. A számoló egység és a vezérlő egység (a gombnyomogató gép) memóriájában egyaránt számok tárolódnak, az utóbbiak az egymásutáni gombnyomások helyét kódolják. A Neumann-elvű számítógépekben egy közös memóriában lakik a vezérlés (azaz a program) és az összes adat, hiszen ugyanabból az anyagból vannak: számok. Így persze az az abszurd dolog is megtörténhet, hogy a program véletlenül sajátmagát, mint számot, adatot használja. Esetleg át is írja magát, mert tévedésből azt mondja, hogy egy művelet eredményét arra a helyre kell letenni, ahol az éppen ezután következő gombnyomás kódja lakik. De hát, mondta Neumann, legyen a program megszerkesztőjének a gondja, hogy ilyesfajta furcsaság ne következzen be.

Ez az egyszerű elv alapozta meg a számítástechnika viharos fejlődését. Lehetővé vált ugyanis, hogy az ember ne csak a legalacsonyabb szinten, a gombnyomogatások nyelvén adja meg, hogy mit akar végrehajtani a számítógéppel. Magasabb szintű, az emberi észjárás számára sokkal könnyebben felfogható programozási nyelvek is elképzelhetővé váltak. A magasszintű nyelven írt programok szövegét, mint bemenő adatokat, egy másik program (az úgynevezett fordítóprogram) alakítja át olyan adatokká, amelyek azután immár programként működve végrehajtják a magasszintű nyelven elképzelt eljárást. Így alakultak ki a programozási nyelvek. Érdekes, hogy amint az embernek megadatott az a lehetőség, hogy ne a gép közvetlen, nehézkes nyelvén (a gombnyomogatások szintjén) kelljen megértetnie magát a számítógéppel, azonnal újratermelte a bábeli nyelvzavart. Ma már több mint kétezerféle, egymástól lényegesen különböző programozási nyelv létezik.

Általában a programok készítői valóban ügyelnek arra, nehogy a program véletlenül átírja sajátmagát. De az EURISKO program úgy van megszerkesztve, hogy időnként szándékosan beleír a saját programjába, megváltoztatja azt. Itt most visszafelé is átugrunk néhány szintet (amelyek azt mondanák el, hogy technikailag hogyan valósít meg az ember egy ilyen, önmagát megváltoztató programot; párszavas utalással: hogyan kell a LISP

nyelven programozni). Térjünk vissza arra a szintre, hogy mit csinál az EURISKO.

Az EURISKO program

Az EURISKO program bizonyos heurisztikái olyanok, hogy nemcsak a fogalmakat megtestesítő formulákkal dolgoznak, hanem a többi heurisztikákkal is. Ezeket a speciális fajta heurisztikákat metaheurisztikáknak nevezzük. Az egyik metaheurisztika például figyelni működés közben a többi heurisztikákat, és folyamatosan elemzi, hogy melyik milyen gyakran vezet eredményes fogalomalkotáshoz. Amelyik ritkán, annak alkalmazási feltételeit automatikusan enyhíti: átírja az illető heurisztikát megtestesítő programrészletet egy olyan programra, amelyik kevésbé szigorú vizsgálatot végez. Az EURISKO program 244 kezdeti heurisztikát tartalmazott.

1
2
A program működésének eredményét kétféleképpen is elemezhetjük. Egyrészt megnézhetjük, hogy a jóval bonyolultabb elven működő EURISKO jobb matematikai fogalmakat talált-e, mint az eredeti AM. Másrészt az EURISKO úgy is tekinthető, mint egy heurisztikákat felfedező program. Heurisztikái a metaheurisztikák hatására pillanatónként változnak, mintha evolúciós tényezők hatnának rájuk. Amelyik heurisztika valamilyen szempontból nem bizonyul eléggé életképesnek, azt valamelyik metaheurisztika kegyetlenül módosítani fogja.

Az első kérdésre könnyű válaszolni. Az AM által érdekesnek talált első 200 matematikai fogalomból a matematikusok 125-öt fogadtak el valóban érdekesnek. Ez 62,5%. A következő 300 fogalomból viszont, amelyeket az AM érdekesnek talált és felvett a repertoárjába, a matematikusok már csak 29-et fogadtak el, ez kevesebb mint 10%. A kezdeti aránylag magas találati arány gyorsan csökkent, a selejtarány nőtt. A matematika kezdeti fogalmait szépen megtaláló heurisztikák haladottabb fogalmak megalkotásában már nem annyira eredményesek. Ezért is találta Lenat szükségesnek a továbblépést az EURISKO felé.

Az EURISKO által talált matematikai fogalmak közül a matematikusok jóval többet fogadtak el érdekesnek. A talált fogalmak számának növekedésével azonban egy idő után itt is csökkenni kezdett a valóban érdekesek aránya. Az érdekes fogalmak ritkulása később kezdődött, mint az AM esetén, de a ritkulás üteme hasonlóan gyors volt. Ez azt mutatja, hogy a metaheurisztikák hasznosnak bizonyultak, de egy bizonyos szinten túl ezek

sem biztosítják, hogy ne érdektelen fogalmak tömegét alkossa meg a program. Mindenesetre az út ígéretes: a metaheurisztikák bevezetése egyértelmű minőségi javuláshoz vezetett.

A második kérdés, hogy fedezett-e fel érdekes, tanulságos új heurisztikákat az EURISKO program. Ez a kérdés már jóval fogósabb. Nem tudunk annyira könnyen megkérdezni külső szakértőket, hogy érdekes-e, új-e egy adott heurisztika. Pólya György A gondolkodás iskolája c. híres könyvében több tucat jól bevált heurisztikát ír le, de ezeket már az AM létrehozásakor figyelembe vették. Fontosabb és nehezebben megoldható probléma, hogy nemigen tudjuk a gép által kialakított heurisztikákat interpretálni, értelmezni. A heurisztikákat nem úgy értjük meg, mint a matematikai formulákat. A prímszám fogalmára akkor is könnyen ráismerünk, ha egy számítógép-algoritmus alakjában látjuk. A heurisztikákat gondolkodásunkban más szinten kezeljük.

Hogyan fejezhetjük ki például egy formulával azt az egyébként szintén Pólyától származó, a 3. fejezetben említett heurisztikát, hogy „igyekezzünk új adatokat mozgósítani”? Ez ugyan érthető tanács, de nem egy algoritmus. Az AM program megalkotása során a munka legnehezebb része az volt, hogy az ilyenfajta bevált, hasznos heurisztikákat a számítógép számára is értelmes szabályok formájába kellett önteni.

Amikor pedig az EURISKO által kialakított új heurisztikákat értelmezni akarjuk, fordított a probléma: ezek a heurisztikák programok, bonyolult algoritmusok gépi nyelven. Nemigen vagyunk képesek őket emberi nyelvre átfogalmazni. Valószínűleg azért nem, mert nem illeszkednek meglévő foglmaink rendszeréhez. Még ha az eredeti, induló heurisztikákat értettük is, a metaheurisztikák által okozott „mutációk” révén nagyon megváltozhat eredeti értelmük.

Ez az EURISKO program egyik legérdekesebb tanulsága: elképzelhető, hogy ha igazi gépi intelligenciát sikerül létrehoznunk, azt már nem leszünk képesek a mi eszünkkel, fogalomrendszerünkkel felfogni, megérteni.

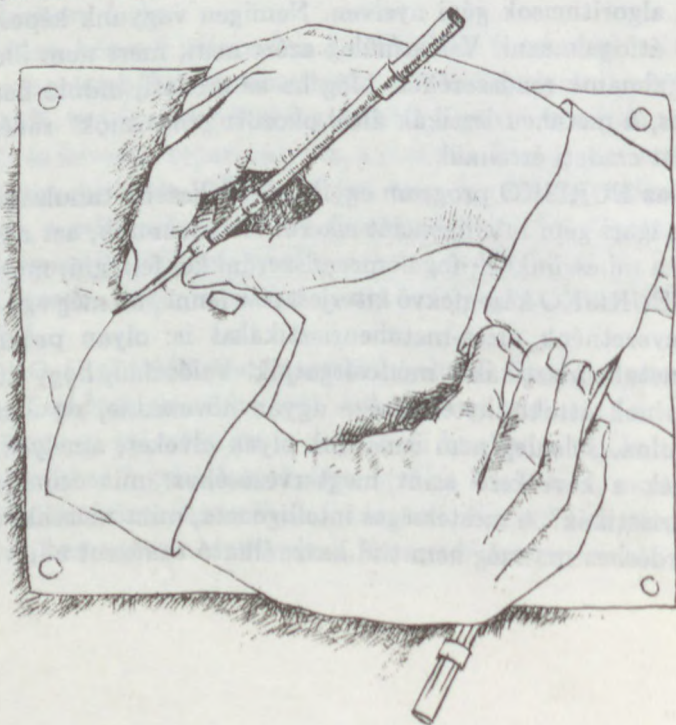
Az EURISKO kézenfekvő kiterjesztése lenne, ha még egy szinttel feljebb lépve bevezetnénk meta-metaheurisztikákat is: olyan programokat, amelyek a metaheurisztikákat módosítgatják. Valószínű, hogy ettől a program működésének áttekinthetetlensége ugyan növekedne, de a minősége nemigen javulna. Jelenleg nem ismerünk olyan elveket, amelyek segítségünkre lehetnének a következő szint megtervezéséhez: mit csináljanak a meta-metaheurisztikák? A mesterséges intelligencia, mint műszaki diszciplína ehhez a kérdéshez ma még nem tud használható tanácsot adni.

Metaszintek

A görög *meta* előtagot sokféle értelemben használjuk. Jelentheti a vele összetett szó változását, átalakulását, mint a metamorfózis, a metabolizmus (anyagcsere), vagy a metafrázis (körülrás) esetében. Máskor a vele összetett szó áttételes, elvonatkoztatott formájára utal, például: metafora, metafizika. Jelentheti azt is, hogy valamin túli, valamit meghaladó, mint például a metagalaktika vagy a metasztázis (orvosi értelemben egy góc áttétele, áthelyeződése vagy szónoki fordulatokban a felelősség áthárítása).

A meta előtag egy negyedik jelentése, hogy egy rendszer jelentését a rendszeren kívüli eszközökkel árnyaljuk, értelmezzük, módosítjuk. Ilyen értelmű például a metakommunikáció, ami a szóbeli közlés rendszerének jelentését értelmezi, árnyalja, alkalmasint felül is bírálja másfajta közlési módok segítségével, arcjátékkal, taglejtésekkel. Az EURISKO metaheurisztikái is a többi, normális heurisztikákról szóltak, azok értelmét befolyásolták.

A metaszint kifejezést ez utóbbi értelemben fogjuk használni. A galaktikának nem metaszintje tehát a metagalaktika, mert nem szól a mi galaktikánkról, nem értelmezi, árnyalja annak jelentését, csak azon túli dolog. Bach „Canon per Tonos”-ában sem metaszintjei egymásnak az újabb és újabb hangnemek, mert a D moll nem szól a C mollról, nem értelmezi azt. A negyedik dimenzióba való kilépés a 3. fejezet végén sem metaszintje az eredeti hatgyufás feladatnak, csak általánosítása.



Szép példa a metaszint működésére M. C. Escher Rajzoló kezek című grafikája. A két, egymást megrajzoló kéz a legtisztábban mutatja a kusza hierarchia jelenségét. Ha csak a rajz világán belülről vizsgáljuk, lehetetlen kibogozni a két kéz kapcsolatát: ez a kérdés menthetetlenül a tyúk és a tojás problémájához vezet. A rajz mégis szórakoztat, gyönyörködtet, esetleg elgondolkoztat, de nem hoz zavarba. Tudjuk, hogy a két kézen kívül ott van a kép világában nem szereplő grafikus is, aki mindezt létrehozta. Látjuk a képet, szépsége miatt elfogadjuk és élvezzük a világát, de egyidejűleg metaszinten is tudomásul vesszük, értelmezzük.

Metaszinten szól Gödel tétele is a matematika klasszikus ágairól (a számelméletről, az analízisről stb.). Egy olyan matematikai diszciplinában dolgozik, amelynek tárgyai az absztrakt matematikai objektumok és bizonyítási eljárások. Ezt a diszciplinát metamatematikának is nevezik, és eredményei a klasszikus matematika érvényességi körét, kifejező erejét értelmezik.

Nem metaszintje a fizikának a metafizika, ami az érzékelhető világ, a tapasztalás határán túli dolgokról szól. Mivel az ilyen dolgok, akár léteznek, akár nem, eleve a fizika tudományán kívül esnek, a metafizika nem a fizika tudományának metaszintje. Ez azonban csak a metafizika mai értelmezésére vonatkozik; Arisztotelész eredetileg olyan metafizikát kívánt alkotni, amely valóban metaszintje a fizikának.

Nem metaszintje a fizikának a kémia sem, mert ugyan magasabb szintű egységekben vizsgálja a fizika által is vizsgált részecskéket, de a fizika fogalmait, törvényeit nem értelmezi, legfeljebb felhasználja. Végképp nem módosítja őket: nem szól róluk. Hasonló okokból nem mondhatjuk, hogy a biológia metaszintje lenne a kémiának vagy a pszichológia a biológiának. Tekinthetjük viszont a matematikát az egyes természettudományok metaszintjének, de nem egyszerre az összesének: mindegyik természettudomány némiképp másfajta matematikát tud metaszintként használni. Gödel tétele éppen azt fejezi ki, hogy (többezer éves hittal ellentétben) a matematika elvileg sem léphet fel olyan igénnyel, hogy az összes tudomány egységes metaszintjeként működhesen.

Az ember egy metaszintről nézi a butábbik fajta kaparódarázs vergődését. Feltételezi, hogy egy intelligensebb lény legkésőbb néhány próbálkozás után észrevette volna, hogy cselekvései önmagába visszatérő végtelen hurrokba kerültek. Egy intelligensebb lény feltehetőleg képes lenne arra, hogy egy idő után kívülről is rátekintsen a peterakás elakadt rituáléjára, és a tevékenység mindennapi rutinját felülvizsgálva egy metaszint segítségével megoldást találjon. Hasonlóan ahhoz, mint amikor észrevevessük, hogy a lemezjátszón elakad a tű, és sokadszor ugyanazt a néhány ütemet ismétli.

Ilyenkor kilépünk a lemez hallgatásának andalító folyamatából, és kívülről beavatkozunk, valahogyan odébblokjuk a tűt. A számunkra unalmassá vált beszélgetőpartnerrel is hasonlóan járunk el: valami ürüggyel kilépünk a beszélgetés önmagába záródó hurkából. Az unalom kényszerít bennünket arra, hogy egy metaszintről is megvizsgáljuk a körülöttünk kialakult rendszert, amelynek magunk is cselekvő részei vagyunk.

Ilyesmire az okosabbik fajta kaparódarázs sem képes. Az sem lépett ki a végtelen hurokból, hanem biológiai programja egy fokkal szerencsésebb lévén, bele sem került. Ugyanúgy nem érti a másik fajta kaparódarázs problémájának lényegét, mint ahogy az az ember, aki nem vált valamilyen kábítószer rabjává, nem érti igazán, hogy a másik ember miért nem képes abbahagyni vagy ésszerűen mérsékelni önpusztító szenvedélyét. A kábítószer durva példa, enyhébb formái viszont mindennaposak, az állandósult tévénézéstől a percnként ismétlődő családi perpatvarokig, a játékautomatáktól a szóviccgyártásig.

Tekinthetjük az unalmat úgy is, hogy ez a köznapi neve annak a metaheurisztikának, amelyik észleli, hogy valamelyik heurisztikánk végtelen hurokba került (vagy legalábbis erős a gyanú, hogy ez történt), és ilyenkor közbelép: értelmez, árnyal, módosít.

Kell hogy létezzenek másfajta metaheurisztikáink is. Az ember és a kaparódarázs viselkedése között egészen más típusú hasonlóságok is találhatók. Egy összetartozó cselekvéslánc elindítása gyakran azt eredményezi, hogy megragadunk a lánc logikájában, rendszerében, és már nem szemléljük azt kívülről. Matematikusok David Hilbertről, fizikusok André Marie Ampère-ről mesélik azt a történetet, hogy a professzor és felesége egyszer estélyt adott. Miután az első vendég megérkezett, a feleség félrevonta a professzort, hogy vegyen fel egy másik nyakkendőt. A professzor felment, és egy óra múlva sem tért vissza. Amikor a felesége aggódni kezdett, és felment a hálósobába, látta, hogy a professzor mélyen alszik. Amikor felébresztették, emlékezett rá, hogy levéve nyakkendőjét, automatikusan elvégezte a többi szokásos mozdulatot is, levette ruháit, pizsamát húzott és lefeküdt.

Ebben a történetben nem működtek azok a metaszintek, amelyek észlelik, hogy az elkezdett cselekvéslánc az adott helyzetben nem helyénvaló. Egy alacsonyabb szintű heurisztika átvette a vezérlést, és nem engedte szóhoz jutni a magasabb szinteket. De ha ilyesmi előfordulhat, tekinthetjük egyáltalán a metaheurisztikát magasabb szintűnek?

Gondolkodásunk még bonyolultabb összefüggéseket is produkál. Amikor a festő felméri, hogy a tervezett képhez elég lesz-e a festéke, biztosabb

eredményt kap, ha nem a saját művészete rendszerében gondolkodik, hanem azon kívül eső eszközöket használ: négyzetcentiméterekkel és négyzetcentiméterre eső festékmennyiségekkel számol. Egy pillanatig metasztintként használja a matematikát. De a matematikus is gyakran használja a rajzok, ábrák világát metasztintként gondolatainak összeszedéséhez és átadásához. Ilyenkor nem nagyon zavarja, ha a kör egy kicsit tojás és néhány sarka is akad, mivel ezektől már eleve elvonatkoztatott az alapszint, a matematika szintje. Gondolataink kusza hierarchiáiban, furcsa önmagukba záródó hurkaiban még az is előfordul, hogy az egyik szint metasztintje lehet a másiknak, és a másik is az egyiknek.

Könyvünk első részének végére némi fogalmi kuszaság állt elő. Nemcsak annyiban, hogy felismertük fogalmainknak kusza hierarchiákat alkotó szerveződését, hanem abból a szempontból is, hogy jónéhány fogalmunk kellemetlenül összemosódott. Beszéltünk a dolgok logikájáról, hétköznapi logikáról, formális logikáról, analógiákról, modellekről, gondolatokról, fogalmakról, heurisztikákról. De hát mik ezek a dolgok, hogyan határolhatók el egymástól? Vagy egy Zen-szerű megvilágosodással kiderülhet, hogy ezek a dolgok végülis mind ugyanazok? De az európai tudomány ez utóbbi esetben is tudni akarja, hogy mi bennük az azonos. A következőkben megkíséreljük ezeket a fogalmakat egy közös metasztinten kezelni.

A GONDOLKODÁS ÉPÍTŐKOCKÁI

6. Megismerési és gondolkodási sémák

Az 1. fejezetben láttuk, hogy az ember még azokra a következtetéseire sem a formális logika segítségével jut el, amelyek leírására a formális logika eszközei tökéletesen alkalmasak. Ehelyett a dolgok logikájához lehetőleg jól illeszkedő analógiák, típuspéldák, szakszóval: *mentális modellek* alapján jutunk eredményre. Akinek jobb mentális modelljei vannak az éppen vizsgált dolgokról, az jobb következtetéseket tud levonni, alkalmasint olyanokat is, amelyeket kevésbé árnyalt, egyszerűbb mentális modellek alapján nem lehetne.

A mentális modellek fogalmát főleg a következtetési mechanizmusokat elemző kognitív pszichológiai vizsgálatokban, elméletekben szokták használni. Más típusú vizsgálatokban gondolataink szerveződésének más aspektusait emelik ki, és az adott szempontok szerint szerveződő gondolkodási egységeknek külön, önálló nevet adnak. Az észlelés folyamatainak vizsgálatára koncentrált a pszichológia úgynevezett *alaklélektani* irányzata. Az elnevezés a huszadik század elején kialakult német Gestalt Psychologie fogalom magyarítása. A Gestalt valami, ami több, mint a pusztá forma, valami élő, valamilyen szerveződés, alakítás eredménye. A kiindulást már jól ismerjük: az egész több, mint a részek összege. Az *alaklélektan* arra a kérdésre koncentrált, hogy hol, milyen ponton áll bennünk össze az egész: már az észlelés, az érzékelés szintjén, a megjegyzés, az emlékezés szintjén, vagy csak a tudatos gondolkodás szintjén?

Az alaklélektani iskola a legkülönbözőbb érzéki csalódások, együtt, egészként érzékelt struktúrák észleléséről végzett kísérletek alapján arra a megállapításra jutott, hogy gondolkodásunk szinte minden folyamatában tettenérhetőek olyan lépések, amikor anélkül, hogy ennek tudatában lennénk, egészlegesen, a részletek külön vizsgálata nélkül jutunk eredményre. A kísérletek során egyre finomodó Gestalt fogalom rengeteg új, jól felderíthető és szinte mindenkinél fellépő érzéki, emlékezési és gondolkodási illúzió felismerését és előrejelzését tette lehetővé.

Az alaklélektan irányzata elsősorban azzal hozott újat a pszichológia történetében, hogy szemléletében megtartotta a jelenségek hagyományos

holisztikus felfogását, a jelenségek demonstrálására, magyarázatára pedig sikeresen alkalmazta a normál természettudomány redukcionista vizsgálati módszereit.

A séma fogalma

A kognitív séma fogalmát elsősorban az emlékezet kutatói alkalmazzák. A terminológiai nehézségekre jellemző, hogy F. C. Bartlett már 1932-ben ezt írta Az emlékezés című könyvében: „Rendkívül húzódozom a ‘séma’ kifejezéstől. Egyszerre túl határozott és túl vázlatos. A szót már széles körben használják nagyon vitatható pszichológiai szövegekben, többnyire bármilyen, meglehetősen halványan körvonalazott elméletre utalva. Valamilyen állandó, de töredékes ‘elrendezési formát’ sugall, és nem jelzi azt, ami az egész fogalomban alapvető, nevezetesen, hogy a múltbeli helyzet- és testtartásváltozások eredményeinek tömege mindig aktívan *csinál* valamit; úgy is mondhatnók, hogy ezeket összességükben magunkkal hordozzuk, bár pillanatról pillanatra alakulnak. Nagyon nehéz lenne azonban az érintett tényeket lefedő jobb leíró szót találni. Legjobb talán ‘aktív’ alakuló mintákról beszélni (...) Továbbra is a ‘séma’ kifejezést fogom azonban használni, ha ez lesz a legodaillóbb, használatát azonban szűkebb körre kísérem meg majd korlátozni.”

Mi is ezt fogjuk tenni. Bár a következő fejezetben alapvetően másképp fogjuk tetten érni és vizsgálni a séma jelenségét, mint Bartlett vagy más klasszikus iskolák, a fogalom jelentése számunkra is hasonló lesz. A kognitív (megismerési, gondolkodási) sémák gondolkodásunk önmagukban is értelmes, önálló jelentéssel bíró egységei. Aktívan irányítják az észlelést és a gondolkodást, miközben a felderített információk alapján maguk is folyamatosan módosulnak. A kognitív sémáknak bonyolult belső szerkezetük van, sokféle információ szerveződik össze bennük különféle relációk szerint. A különféle sémák bonyolult szerveződésben rendeződnek el agyunkban, működésük során egymásnak is adnak információt és egymást is folyamatosan módosítják. Ez a felsorolás így emészthetetlenül tömör, de apránként ki fog derülni az egyes jellemzők jelentése.

Jóformán csak azt vagyunk képesek észlelni a környezetünkben, amire van kialakult sémánk. A sok frappáns demonstráló kísérlet közül egyet ismertetünk. A kísérleti személyeknek a francia kártya lapjait mutatták fel. A lapok többsége szabályos volt, de akadt néhány szabálytalan is, egy piros

pikk hatos vagy egy fekete kör négyes. Amikor egészen rövid ideig villantották fel a lapokat, a kísérleti alanyok többsége a szabályos lapokat helyesen felismerte, a szabálytalanokat pedig ugyancsak töprengés nélkül besorolta valamelyik szabályos kategóriába, például a piros pikk hatost egyszerűen pikk hatosnak vagy kör hatosnak osztályozta. Észre sem vette, hogy valami nem stimmel.

Amikor a kártyák felmutatásának idejét növelték, a szabálytalan kártyák észlelésekor egyre inkább zavarba jöttek a kísérleti személyek, észlelték, hogy valami nincs rendjén, de nemigen tudták megmondani, hogy mi. Észrevették például, hogy a pikk hatos kerete piros, de nem jöttek rá a turpisság lényegére. Gyakran kínos szorongást éreztek, az egyik alany például így reagált: „Bármilyen is ez a kártya, nem értem, hogy milyen színű. Nem is olyan a színe, mint egy kártya. Már azt sem tudom, hogy pikk vagy kör. Már abban sem vagyok biztos, hogy milyen a pikk. Istenem!” A felmutatás idejének további növelésével azután a többség hirtelen, egyik pillanatról a másikra helyesen határozta meg a hibás kártyákat. Akinek kétszer-háromszor sikerült megérteni a hibás kártyákat, annak azután már minden nehézség nélkül ment. Néhányan azonban még negyvenszer annyi idő alatt sem voltak képesek meghatározni a szabálytalan kártyákat, mint amennyi idő alatt a szabályosakat százszázalékosan felismerték.

A séma kialakulásának pillanata gyakran a hirtelen megértés örömét nyújtja. Ezt az érzést szokás aha-élménynek is nevezni. Horváth György tömör megfogalmazása szerint: „A megértés: a gondolatok egybeszerveződése.” Mondhatjuk így is: a séma összeállása.

Szokás mondani, hogy csak azt hiszem, amit látok. Fordítva azonban még inkább igaz: csak azt látjuk, amit hiszünk. Azt vagyunk képesek észlelni, aminek észlelését sémáink lehetővé teszik. Ez alól a tudomány sem kivétel, így vezérelhetik a paradigmák a kutatást.

Bertrand Russell írja Filozófiai fejlődésem című művében: „Úgy tűnt, hogy az állatok mindig olyan módon viselkednek, hogy az az őket megfigyelő ember filozófiájának igazságát bizonyítsa. Ez a megsemmisítő felfedezés igen széles területre érvényes. A XVII. században az állatok vérengzők voltak, de Rousseau hatására kezdték a nemes lelkű vadember kultuszát példázni ... Viktória királynő uralkodásának egész időszakában a majmok mind erényesen monogámok voltak, de a léha húszas években erkölceik a baljós hanyatlás jeleit mutatták (...) Azok az állatok, amelyeket amerikaiak figyeltek meg, eszeveszetten száguldoztak fel-alá, míg egy véletlen folytán rá nem bukkantak a megoldásra. Azok az állatok viszont, amelyeket németek figyeltek meg,

csendben ülnek és mindaddig vakargatják a fejüket, amíg ki nem formálják a megoldást belső tudatukból. Hittem abban, hogy a megfigyelések mindkét csoportja teljesen megbízható, amint hittem abban is, amit egy állat tesz az a feladott probléma jellegén múlik.”

Sémáink nagy része szavakban csak nehezen fejezhető ki. Szélsőséges példa erre a megvilágosodás élménye a buddhizmusban: a 4. fejezetben látuk, hogy ehhez kifejezetten a szavak, fogalmak, kategóriák túllépésén, meghaladásán keresztül vezet az út. A Zen-buddhizmus technikai gyakorlatai (a meditáció, a koan-leckék, a rituálék) a megvilágosodás eléréséhez szükséges sémák kialakításának lépéseiként is felfoghatók.

Kevésbé szélsőséges (bár voltaképpen semmivel sem kevésbé misztikus) példa az, amikor összeáll egy jól sikerült Bach-fúga vagy Beatles-szám. Ezek is rendelkeznek a sémák összes jellemző tulajdonságaival: aktívan befolyásolják, hogy általában mit vagyunk képesek egy zenéből meghallani, és élményeink hatására pillanatonként változnak — nem maguk a darabok, hanem a róluk, általuk alkotott sémáink. Olyannyira, hogy ma már az is elfogadottá vált, ha valaki egészen más feldolgozásban, más hangszerelésben játszik klasszikus Bach- vagy Beatles-darabokat. Miért ne fejeznék ki így saját sémáit?

Szavakban nehezen kifejezhetőnek tekinthetjük nemcsak azokat a sémáinkat, amelyeket a zene, a festészet vagy a tánc hoztak létre, de azokat is, amelyek a költészet, a versek révén alakultak ki. Ez paradoxnak hangzik, hiszen maga a vers éppen szavakból áll össze, mégis így lehet. Olyan versek is önálló sémaként élnek bennünk, amelyeket nem tudunk kívülről. Márpedig egy verset körülírni, más szavakkal elmondani reménytelen vállalkozás. A sémák egy speciális fajtájának tekinthetjük a szimbólumokat is. A szimbólumok szerepe, működési módja is megfelel a leírtaknak. A jó könyvek egy-egy gondolatuk révén módosítják némelyik sémánkat, az igazi remekművek önálló sémákká, alkalmasint önálló szimbólumokká is válhatnak, és mint ilyenek, szintén nehezen fejezhetőek ki szavakban.

Sokkal hétköznapiabb sémáink is vannak, amelyek szavakban csak nehezen, pontatlanul fejezhetőek ki. Az Encyclopaedia Britannica első kiadásának idején, 1768-ban a szerkesztők nekigyürköztek, hogy legyen végre egy átfogó könyv Angliában, amely a kor tudományát teljes mélységében tartalmazza. Négy év alatt el is készült a mű, három kötetben. Az első kötet az A és B betűs címszavakat tartalmazta, 511 oldalon. A második kötetben a C és K betű közötti címszavak voltak, a harmadikban az összes többi. A második és a harmadik kötet összesen 753 oldal volt. Nyilván nem az utóbbi két évszázadban töltődött fel tudásunk C-től Z-ig, itt valami másról van szó.

D. R. Hofstadternek erről a történetről az jutott eszébe, amikor a hanglemezgyártás hőskorában úgy dolgoztak, hogy egy úgynevezett mesterlemezt készítettek, és arról sokszorosították a lemezeket. Gyakran előfordult, hogy a felvételt vezető mérnök a szimfónia közepe táján már látta, hogy vészesen fogy a hely a mesterlemezen, és vadul jelezni kezdett a karmesternek, hogy gyorsabban, mert elfogy a lemez. Így a felvétel a vége felé egyre gyorsabb és gyorsabb tempóban folyt.

Alighanem mindenki számára világos, hogy ez a két történet miért tartozik össze. Valahányszor ezt a példát egyetemi előadáson elmeséltem, akadt valaki, aki felkiáltott, hogy „ez pont ugyanaz, mint amikor vizsgára készülök”. Ezen sem lepődött vagy ütközött meg senki. Szinte biztos, hogy ugyanide tartozik az a vicc is, amikor a nagymama azt mondja, hogy azért kötök ilyen viharos sebességgel, mert félek, hogy elfogy a fonal.

Egy sémához tartoznak mindezek a dolgok? Ha igen, ez a séma nem egy szó vagy kifejezés köré csoportosul, hanem valami bonyolultabb, de egészében jól ismert gondolati komplexumot foglal össze. Az is lehet, hogy több, egymáshoz szorosan kötődő sémáról van szó. Az is lehet, hogy van, akiben ez az egész csokor egyetlen sémát fed le, és van, akiben nem. De ha ez a néhány történet nem eleve kész sémákat érintene, akkor az utolsó példa nem lehetne vicc, mivel nem tudna egyszerre csak más szempontot megvillantani, nem változtatna bennünk hirtelen vonatkoztatási rendszert.

Sémafogalmak kavalkádja

A pszichológia egyes részterületeinek kutatói rendre megalkották saját különbejáratú fogalmaikat a gondolkodás általuk vizsgált szerveződését megtestesítő kognitív egységekre. Csak ízelítőül, részletes definíciók nélkül felsorolunk néhány, a szakirodalomban rendszeresen felbukkanó kifejezést a már említetteken kívül: keret, vázlat, forgatókönyv, szemantikus emlékezeti egység, információtömb, kognitív struktúra, gondolkodási stratégia, sematikus anticipáció, sablon, mintasablon, toposz, sztereotípia, prototípus, elemi jelenet, templát, pattern, kötött asszociáció, stb. De kiegészíthetjük ezt a sort még jónéhány, ugyanerre a séma-sémára vonatkozó hétköznapi kifejezéssel is: mesterfogás, trükk, fortély, poén, alapvicc. A tudományos fogalmak azután a különféle elemzési szempontok szerint osztódással szaporodni kezdtek: beszélnek epizodikus, orientációs, procedurális, percepció, személyiség, szerep, szöveg, történeti, dinamikus, relációs, analitikus, szintetikus, oksági, predikátum stb. sémákról.

Ez a rengeteg sémafogalom inkább a nagy Brehm-könyvre emlékeztet, mint egy, a gondolkodás alapvető mechanizmusait kutató elméletre. A sokféle fogalom között összességében több a hasonlóság, mint a különbség. Mégis, egy ilyenfajta leíró rendszerezés ugyanúgy elősegítheti az életben előforduló gondolkodási jelenségek azonosítását, mint ahogy a biológia nagy leíró rendszerei elősegítették az újonnan felfedezett állat- és növényfajok azonosítását.

Darwin felismerése forradalmian új szempontot adott a biológiának, és alapvetően megváltoztatta szemléletünket. Ezzel együtt, a szigorúan leíró jellegű, sokféle bonyolult szempont szerint osztályozó rendszerek sem váltak fölöslegessé. Mindennapi növényazonosító munkájukhoz a botanikusok máig is inkább Linné rendszerére alapoznak, mint a mélyebb összefüggéseket feltáró, de az egyes felszíni jellemzőket gyakran összemosó fejlődéstani rendszerre.

Amikor megállapítottuk, hogy könyvünk első részének végére némi fogalmi kuszaság állt elő, azt ígértük, hogy megkíséreljük ezeket a fogalmakat egy közös metaszinten kezelni. Ehelyett további szakkifejezések tömkelegét láttuk. Általában egy tudományban akkor szokott egy átfogó metaszint megjelenni, amikor a fogalmak reménytelenül elbonyolódnak, és a megfejthető rejtvények egyre barokkosabbá válnak. Ez a jelenség vezetett a kognitív modellek megjelenéséhez. A modellek segítségével már nemcsak közvetlenül a jelenségek elemezhetők, hanem az őket létrehozó működési formák, általánosabb elvek is. A 4. fejezetben láttuk, hogy a modellek elemzése egy szélsőségesen redukcionista új tudományág, a kognitív tudomány létrejöttéhez is vezetett, de a kognitív pszichológia kevésbé szélsőségesen redukcionista irányzatai is a modellépítés felé mozdultak el.

7. A bűvös hetes szám

A tudós nem a levegőből veszi modelljeit: meglévő sémáira építi őket. Ha saját tudományán belül nincs megfelelő hagyománya az ilyesminek, megkísérelheti más tudományok bevált modelljeit adaptálni a saját céljaira. A pszichológia természettudományos beállítottságú művelőinek szeme előtt kezdetben elsősorban a fizika klasszikus és nagyon sikeresnek bizonyult modelljei lebegtek, amikor megkísérelték az ember működéseit kísérleti eredményekre alapozott modellek segítségével megérteni.

Ötszáz évvel ezelőtt a fizika és a kémia is repülési, égési hajlamokról, sajátos, jellegzetes egymásba átalakuló szerveződésekről beszélt. Az éter, a fénykorpuszculák vagy a flogiszon homályos, közvetlenül nemigen megfogható fogalmai döntő áttörést hoztak azzal, hogy paradigmákat adtak, volt milyen keretben folytatni a tudomány nevű szervezett rejtvényfejtést. A paradigma jelenléte teszi lehetővé, hogy a sok kísérlet, a jelenségek feltárása egymásra épüljön, így akár az eredeti paradigma megkérdőjelezéséhez vagy meghaladásához is vezessen. Semmi okunk arra, hogy a meghaladott paradigmákat lenézzük: a flogiszonelmélet keretében felismert jelenségek a XVIII. században új elemek sorozatos felfedezéséhez vezettek; a fizika később elvetett paradigmái alapozták meg a technikai forradalmakat.

Csak nagyon súlyos okok kényszeríthetnek egy tudományágat arra, hogy paradigmát váltson, hogy szakítson a rejtvényfejtés korábbi jól bevált, izgalmas, szórakoztató és eredményes módjával. A fizika, a kémia vagy a biológia megért már néhány fájdalmas paradigmaváltást, alighanem ezért érezzük fogalmaikat annyira letisztultnak, meggyőzőnek, hitelt érdemlőnek. A pszichológia történetében olyan eset még nem fordult elő, hogy egy jól működő és eredményes paradigmát teljes egészében elvessen, alapvetően tévesnek nyilvánítson egy másik, még magasabb szintű paradigma fényében.

A pszichológiában manapság is gyakran beszélünk sajátosságokról, hajlamokról, jellegzetes szerveződésekről. Ezek gyakorlatilag szinonímái annak, hogy fogalmunk nincs a dolog lényegéről, nem vagyunk képesek magasabb fogalmi szinten átlátni a jelenségeket, nem sikerül őket egy alkalmas rendező elv által meghatározott metaszinten kezelni. A kognitív pszichológia

manapság elsősorban a számítógép adta lehetőségeket használja modelljei megalapozására. A számítógépes modellek, mint láttuk, megnyugtatóan harmonizálnak a legszélsőségesebb redukcionista elképzelésekkel is.

A pszichológia mai paradigmái első generációs paradigmáknak tekinthetők. Az előző fejezetben bemutatott sémafogalommal is ez a helyzet. A kognitív séma fogalma jellegében, megalapozottságában inkább hasonlít a flogiszton vagy az éter fogalmára, mint napjaink fizikai és kémiai paradigmáinak alapfogalmaira. A pszichológia tudományának is változnak a paradigmái, de ennek oka inkább csak az, hogy egy másik keretben a korábbiaknál jobban szerkesztett rejtvényeket lehet felállítani. Mihelyt egy magasabb szintű elv, fogalomrendszer, paradigma megjelenik valamelyik tudományágban, annak szótárából hirtelen kivesznek az ilyen sajátos-szerű kifejezések, a tudomány elkezd a jelenségeket az új metaszint szerveződése szerint látni. A klasszikus természettudományokon nevelkedett olvasó nyilván távolról sem találja az előző fejezetet kielégítően egzaktnak. Másrészt a klasszikus természettudományok története is azt mutatja, hogy szégyenkezésre semmi ok: dolgozzunk azzal, ami rendelkezésünkre áll, és lássuk, mire vezethet egy ilyen szintű paradigma.

Az ember mint információátvivő berendezés

A sokféle modell között, amelyeket a kognitív pszichológia az emberi gondolkodás, emlékezés, problémamegoldás leírására felállított, olyan is volt, ami megkísérelte az embert úgy vizsgálni, mint egyfajta speciális információátvivő berendezést. Akár annak is tekinthető: képes információt továbbítani. A modell tehát nem abszurd, ráadásul az ilyenfajta berendezésekről a műszaki tudományok beható ismereteket szereztek. Hátha ezek alapján az emberi információfeldolgozás jelenségeibe is mélyebb bepillantást nyerhetünk.

Logikus kiindulás volt, hogy először is megmérjék az ember információátvivő kapacitását, ugyanúgy, ahogy megmérhetjük egy telefonvonalét vagy egy távíró berendezését. Vizsgáljuk meg, hogy adott idő alatt mennyi információt képes az ember átvinni (visszamondani a kísérletvezetőnek vagy a megfelelő gombok lenyomásával kódolni). George Armitraj Miller váratlan jelenségekkel találkozott, amikor ezeket a méréseket elvégezte.

Ha szép lassan mondunk három szót, azt az emberek könnyen vissza tudják mondani. Négyet is, ötöt is. Tizenkettőt már nem. Valahol hét körül van a határ. Ez eddig semmi különös, csak egy küszöbszám megállapítása.

Az már érdekesebb, hogy ez a küszöbszám tág határok között függetlennek bizonyult attól, hogy az egyes szavakat milyen időközönként mondjuk. Akkor is körülbelül hét szót tud az ember visszamondani, ha egy másodpercenként mondjuk a szavakat, és akkor is, ha három másodpercenként. Hasonló küszöbszámot kaptak akkor is, ha nem szavakat, hanem más ingereket: különböző magasságú hangokat, színeket, szagokat kellett megjegyezni.

Ha tehát az embert információátvivő berendezésként akarjuk vizsgálni, akkor egy eléggé speciális felépítésű szerkezetet kell elképzelnünk. A szerkezetben van valami olyasmi, amit a műszaki berendezésekben puffertárolónak neveznek. Ott egy ilyen egységet általában a különböző sebességű készülékek közötti adatátvitel elősegítésére használnak. A pufferbe egyszerre betölthető bizonyos mennyiségű információ, és így nem kell például a gyors számítógépnek kivárnia, amíg a lassú egyéb egységek átveszik az összes információt. A puffer tároló kapacitása természetesen véges, ha túltöltik, az információ egy része elvész.

A rövid- és a hosszútávú memória

A puffer-analógia nem teljes értékű. Az embernek ez a pufferszerű tárolója nem úgy működik, mint például a számítógépé. Ha már kiderült, hogy a puffer befogadóképessége többféle egyszerű ingerre is körülbelül hét egységnyi (egyébként meglepően alacsony), felmerült a kérdés, hogy ez a kapacitáskorlát hét mire is vonatkozik?

Ha nem teljes szavakat mondunk a kísérleti személyeknek, hanem csak értelmetlen szótagokat, esetleg betűket, akkor is stabilan hét körül van az említett küszöbszám. Sőt, ha tovább megyünk, és jól ismert szókapcsolatokat vagy akár szállóigéket mondatunk vissza, akkor is. Tehát egyszerre körülbelül ugyanannyit tudunk fejben tartani betűkből (H, S, U, K, M, P, I stb.), szavakból (asztal, Duna, pongyola, zsiráf stb.) és jól ismert mondatokból (Lenni vagy nem lenni?: ez itt a kérdés; Ég a napmelegtől a kopár szik sarja; Ember küzdj és bízva bízzál stb.). Furcsa jelenség, hiszen a hét jól ismert mondat több tucat szót illetve néhány száz betűt is tartalmazhat.

Ez a jelenség ugyan ellentmond a puffer-analógiának, de nagyon is egybevágh azzal az észrevétellel, hogy csak olyan dolgokat vagyunk képesek észlelni, amik megfelelnek meglévő kognitív sémáinknak. Valóban, az eredmények azt mutatják, hogy ebbe a pufferbe hét olyan egység tud belekerülni, amely meglévő sémáinkhoz kötődik. A számítógépes analógiával kifejezve:

nem egyszerű adatátvitelről van szó, hanem meglévő sémáink a puffer feltöltését is vezérlik.

A meglévő sémák persze jelen vannak a fejünkben. Láttuk ugyan, hogy folyamatosan változnak, alakulnak, de lényeges vonásaik hosszabb időn keresztül megmaradnak. Ezeknek a sémáknak a tárházát nevezzük *Hosszú Távú Memóriának*, rövidítve *HTM*-nek. A puffert pedig, amely akár a külvilágból, akár a *HTM*-ből képes információk felvételére, *Rövid Távú Memóriának*, rövidítve *RTM*-nek nevezzük. Az *RTM*-ben tárolt adatok csak addig állnak rendelkezésünkre, amíg tudatosan figyelmet fordítunk rájuk. Ha másfelé fordul a figyelmünk, vagy például elalszunk, azokat az információkat, amelyeket csak az *RTM*-ben tároltunk, elveszítjük, elfelejtjük.

Nem tudjuk pontosan, hogyan történik a rövid távú memóriában meglévő információk megjegyzése hosszabb időre; hogyan jutnak ezek a hosszú távú memóriába. Sem biológiai, sem pszichológiai szinten nem ismerjük ezeket a folyamatokat eléggé részletesen. Pszichológiai szinten talán leginkább úgy képzelhetjük ezt el, hogy bizonyos idő alatt az *RTM*-ben megragadott információ valamelyik, a *HTM*-ben meglévő séma részévé válhat, vagy ott külön sémát alakíthat ki.

Ezt az elképzelést többféle kísérleti eredmény is alátámasztja, bár egyazon módon egyik sem bizonyítja. Ha azonnal vagy rövid idő múlva kérdezzük vissza az adott információkat, a kísérleti alanyok általában nagy pontossággal vissza tudják mondani. Hosszabb idő elteltével a visszaadott információ általában többé-kevésbé eltorzul. Elképzelésünk ezt a jelenséget jól magyarázza, hiszen sémáink folyamatosan változnak, legutoljára éppen az adott információ okozott kisebb változásokat. Rövid idő elteltével még jó eséllyel nem változott tovább a séma, aminek az információ része lett; hosszabb idő után a változás már valószínűbb.

Hogy a *HTM*-ben való rögzítéshez időre van szükség, az olyanfajta kísérletekkel bizonyítható, hogy adott ideig bemutatjuk a megjegyzendő elemeket, majd olyan zavaró információt vagy feladatot adunk, amely az *RTM*-et garantáltan leköti. Ha 2–3 másodpercnél hamarabb adjuk a zavaró feladatot, akkor a kísérleti személyek általában egyáltalán nem tudják megjegyezni a bemutatott dolgokat; már pár perc után sem tudják visszamondani. Ha a zavaró feladatot csak 6–10 másodperccel a megjegyzendő dolgok bemutatása után adjuk, akkor a kísérleti személyek pár perc után még általában mindenre tökéletesen emlékeznek.

Az *RTM* befogadóképessége tehát körülbelül 7 információegység. A körülbelül szó itt azt jelenti, hogy a legkülönbözőbb fajta kísérletekben ez a szám általában 7 plusz-mínusz 2-nek bizonyult. A helyzet persze nem

ennyire egyszerű. Bonyolultabb fajta sémák esetén inkább a mínusz kettő, egyszerű sémákból inkább a plusz kettő jön be. Ennek oka lehet az is, hogy amikor egyszerű sémákkal kísérletezünk, például szavakkal vagy betűkkel, akkor a kísérleti személynek lehetősége van arra, hogy az észlelés során azonnal egy sémához csoportosítson két függetlennek szánt szót. Mivel a meglévő sémák vezérlik az észlelést, erre lehetősége is van. Ha például szerepelt a megjegyzendő szavak között az ablak és a zsiráf szó is, akkor amennyiben a kísérleti alany ismeri a képes gyereklexikont, lehetősége van arra, hogy ezt a két szót egy sémába csoportosítsa, és így a két szó már csak egy helyet foglal el az RTM-ből.

Ebből is látszik, hogy egészen pontos eredményeket nem várhatunk a kísérletektől, hiszen nem tudjuk megmondani, hogy miféle kész sémákat hozott a kísérleti személy magával a laborba. Meglévő sémák szerinti csoportosításra utalhat, ha az alany más sorrendben mondja vissza a szavakat, mint ahogy hallotta, de az ilyen jelenségek megfejtéséhez szinte lehetetlen megbízható támpontot találni. Inkább az a meglepő, hogy a 7 ± 2 törvény mindennek ellenére meglehetősen stabilan működik.

A kétféle memória mint modell

Az RTM és a HTM fogalmának kialakításával megfogalmaztunk egy-fajta elképzelést emlékezetünk működési elvéről. Alkottunk magunknak egy-fajta modellt, a továbbiakban ennek alapján tudjuk értelmezni az észlelés és az emlékezés jelenségeit. Más megvilágításban látjuk például, hogyan kell egy magyarázatot úgy felépíteni, hogy az ne legyen eleve követhetetlen, már pusztán az RTM kapacitáskorlátja miatt. Ugyanezért nem vagyunk képesek felfogni a túlságosan bonyolult mondatokat sem.

A kétféle memóriára alapozott modell tipikusan a kognitív pszichológia sajátja. Sem a műszaki analógiákból nem következne ilyenfajta információfeldolgozás feltételezése, sem az anatómia tényeiből. Ellent sem mond nekik, de más szinten foglalkozik az emlékezettel. Másra is használjuk: a kognitív pszichológia által felvetett rejtvényeket fejtjük a segítségével.

Mint minden modellnek, ennek is korlátozott az érvényessége, még a kognitív pszichológián belül is. Vannak olyan kísérleti eredmények, amelyek ennek a modellnek a keretében nem magyarázhatók. Például helyezünk ki-lenc betűt egy háromszor hármás négyzet mezőibe, és így mutassuk fel egy darabig. Utána kérdezzük meg, hogy milyen betűk voltak például a második sorban. Egy ilyen kérdésre a kísérleti személyek gyakorlatilag mindig

hibátlanul tudnak felelni, akármelyik sorra is kérdezzük rá. Az összes betűt viszont nem tudják felsorolni. Furcsa jelenség. A második fele tökéletes összhangban van eddigi elképzeléseinkkel; el is várjuk, hogy kilenc betűt már ne tudjanak visszamondani. Az a jelenség viszont már túlmutat a modellünkön, hogy bármelyik három betűt vissza tudják mondani, de az összeset nem. Ezt az eddigiek szerinti egyszerű RTM–HTM modell már nem magyarázza.

A mondott jelenség nem egyedi, sokféle ingerrel és csoportosító tényezővel demonstrálható. Újabb feladvány merült fel: hogyan finomítsuk modellünket, hogy ezt a jelenséget is magyarázza. Ennek megfelelően a kognitív pszichológia az emberi memóriára jóval bonyolultabb modelleket is kialakított, mint az eddig bemutatott elképzelés. Jelenlegi céljainknak azonban ez az egyszerű RTM–HTM modell is megfelel. Már ez is nagyon sokféle jelenséget kielégítően magyaráz és előrejelez, valószínű, hogy alapjaiban nem fog egyhamar megremegni, akkor sem, ha sokféleképpen finomodik. Lehet persze, hogy az RTM és a HTM fogalmának a sémafogalommal együtt idővel ugyanaz lesz a sorsa, mint a flogiszton vagy az éter fogalmának: kiderülhet, hogy más, alapvetőbb elvek, mechanizmusok járulékos kísérő jelenségei. Lehet, hogy *epifenoménnak* bizonyulnak. Egyelőre azonban fogadjuk el őket használható modellként, mivel ismereteink jelenlegi szintjén valóban azoknak bizonyulnak.

Még gyanúsabb a bűvös hetes szám. Ebben a modellben ez kétségkívül egy létező, sokszorosán megmért, stabil paraméter. Modellünkben úgy kezeljük az RTM-et, mintha igazi, fizikailag létező hét darab valami lenne, egy tényleges befogadóképesség, kapacitáskorlát. Hét memóriahely, amit feltölthetünk és ha kell, kiolvashatunk: ennyi van, több nincs. Ha esetleg mégsem hét a helyes szám, akkor hat vagy nyolc.

Epifenomének

Lehetséges, hogy az anatómusok vagy a fiziológusok valamikor majd tényleg találnak hét darab valamit az agyunkban, és kiderül, hogy az valójában az RTM. Ezt azonban nem tartom valószínűnek. Nem azért, mert egy ilyen felfedezés beláthatatlan távlatokat nyitna meg: mennyivel okosabbak lehetnénk, ha valamilyen operációval még egyet-kettőt melléjük ültethetnénk. Inkább azért, mert valószínűnek tartom, hogy ez a hetes szám, ugyanúgy mint maga az RTM, *valóban* epifenomén: gondolkodásunk szerveződésének mellékes kísérőjelensége.

Egy példa ennek megvilágítására. A számítógéphálózatokban előfordul egy kínos jelenség, amit deadlocknak („halálos ölelésnek”) neveznek. A jelenség a következő. A hálózat központi nagygépére rákötnek mondjuk 100 munkaállomást, úgysem használják egyszerre mindet, és legyen mindenütt, ne kelljen keresgélni. Csakhogy minden egyes állomás bekapcsolása lassítja a rendszert, méghozzá nem is arányosan. A hálózat válaszüzeje egy bizonyos pontnál hirtelen emelkedni kezd. Mondjuk 43 bekapcsolt állomás esetén még mindenki kényelmesen tud dolgozni, de amint bekapcsolnak egy 44-ik állomást is, mindenki számára elviselhetetlenül hosszú lesz a válaszidő.

Jogosan megállapíthatjuk, hogy ennek a rendszernek a kapacitása 43 munkaállomás, de sehol a rendszerben nincs olyan közvetlen fizikai egység vagy paraméter, amely ezért a számért felelős lenne. Különbözik már régen kicserélték volna azt 100-ra. A 43-as szám az egész rendszer teljes felépítéséből ered, nem egy bizonyos része okozza. Nem is pontosan 43-ra tervezték. Alkalmasként az egész rendszer megtervezésénél bonyolultabb tudományos kutatási feladat lett volna előre pontosan kiszámítani, hogy mennyi lesz végül majd a deadlock határa.

A hálózat igazi, teljes megértéséhez persze az összes tervezési elvét érteni kellene, és ennek csupán epifenoménja lenne a 43-as szám, jöllehet még akkor is roppant nehéz rejtvénynek bizonyulhat, hogy miért éppen ennyi. De a hálózat funkcióinak, működtetésének, a körülötte kialakult szokásoknak a megértéséhez egy igen mély szintig bőven elegendő, ha csak annyit tudunk, hogy a hálózat kapacitása valamilyen (mondjuk fizikai) oknál fogva 43, több gépet nem bír el.

Még az sem továbbgondolásra érdemtelen alaptény, hogy pont öt ujjunk van. Születnek időnként hatujjú emberek, és ha ez annyival hatékonyabb lenne, már régen elterjedt volna ez a mutáció. Az ujjak esetén is valószínűbb, hogy egy magasabb szerveződési elv, teljes mozgásrendszerünk mellékes következménye, hogy ujjaink száma éppen öt. Elképzelhető, hogy ha csak négy ujjunk lenne, sokkal ügyetlenebbek lennénk, hat ujj koordinálásához pedig az egész mozgató rendszernek kellene annyival komplexebbnek lennie, hogy sokkal sérülékenyebbé, bizonytalanabbá válna. Ez így persze még nem tudományos érv: aki akar, találhat meggyőzőbb magyarázatokat.

Nem hiszek abban, hogy az itt felvázolt RTM–HTM modell vagy annak valamilyen finomított változata lesz a tudomány utolsó szava a gondolkodás vizsgálatában. Sőt, meggyőződésem, hogy nem. Mégis, komoly haladásnak tartom ennek a modellnek a kialakulását. Kitűnő rejtvényeket állít eléünk, amelyek megfejthetőnek ígérkeznek, megfejtésük pedig tanulságosnak. Képzeljük tehát csak nyugodtan létező, fizikai valaminek az RTM-et, a hetes

kapacitáskorlátjával. Szinte biztos, hogy többre megyünk így, mint ha csak a levegőbe filozofálgatnánk. Van paradigmánk, van ami irányítson. Talán nem itt van a kulcs (48. o.), de ebben a fényben már nemcsak vaktában lehet keresgélni.

8. Mennyi? — Pár tízezer

Hány séma lehet a fejünkben? Első ránézésre értelmetlennek látszik ilyen konkrét, kvantitatív kérdést feltenni egy olyan fogalomról, amire eddig sem egyértelmű, kézzel fogható példát nem sikerült mutatnunk, sem egzakt definíciót. Hogyan lehetne megszámolni vagy akár csak megbecsülni, hogy hányan vannak azok, amikről nem is tudjuk pontosan, hogy mik? A kérdés első ránézésre olyannak tűnik, mint hogy hány angyal fér el egy tű hegyén.

A helyzet nem ennyire reménytelen. A dolgoknak vannak következményeik, és ezek alapján is megtudhatunk valamit. Eléggé pontosan meg tudjuk becsülni, hogy hány őzike lakik egy erdőben akkor is, ha soha életünkben nem láttunk egyetlenegy eleven őzikét sem. Tudhatjuk, hogy az őzikek milyen gyakran ürítenek, és hogy bogyóik mennyi idő alatt enyésznek el a természetben. Ennyi ismeret alapján már egy-két napi erdőjárás után megmondhatjuk, hogy körülbelül hány őzike lakhat ott.

Kiindulási feltételezések

De hogyan lehelünk a sémák jelenlétének valamiféle megszámolható következményeire? Három feltételezésből fogunk kiindulni, és látni fogjuk, hogy szerencsés esetben (egy alkalmasan megtervezett kísérlet keretében) már ennyi elegendő lehet ahhoz, hogy a sémák mennyiségére közelítő kvantitatív becslést adjunk.

- a.) Az RTM-ben csak olyan séma tárolható, aminek megfelelő séma a HTM-ben már korábban létezik.
- b.) Az RTM-ben egyszerre legfeljebb hét séma tárolható.
- c.) Ahhoz, hogy az RTM-ben tárolt sémákat hosszabb időre megjegyezzünk, bizonyos minimális időnek el kell telnie.

A b) és a c.) feltételezések érvényességét a korábbiakban már elemeztük. Az a) feltételezést tekinthetjük úgy is, mint a séma fogalmának egyfajta definícióját: séma az, amit az RTM-ben meg tudunk ragadni. Sok jel

mutat arra, hogy az RTM-ben valóban teljes sémák tárolódnak. Ez az elképzelés különféle tanulási, felismerési és felidézési kísérletek eredményeire ad egységes magyarázatot. (Persze a sémáknak a 6. fejezetben leírt bonyolult tulajdonságait ennek a definíciónak az alapján is értelmeznünk kell.)

Az a) feltételben már nincs szó arról, hogy a sémák folyton változnak. Lehet, hogy a séma attól, hogy bekerül az RTM-be, bizonyos esetekben módosul is a HTM-ben. A következőkben azonban csak egy pillanatnyi állapotot akarunk elcsípni, így azzal nem kell foglalkoznunk, hogy mi történik a sémákkal az előző vagy a következő pillanatokban. Feltehetőleg radikális változás nem következik be nagyon gyorsan, különösen nem a sémák mennyiségében, de ez a következő gondolatmenetünket nem fogja érinteni.

Az RTM-ben tárolt sémák együtt előzőleg nem alkottak külön sémát, hiszen akkor nem kellett volna az RTM-et több sémával terhelni, elég lett volna azzal az egygel. Ha bizonyos sémák sokszor fordulnak elő együtt az RTM-ben, akkor az együttes (vagy annak egy része) külön, önálló sémává is válhat. Így aztán egészen bonyolult szerkezetű sémák is kialakulhatnak.

Felidézési kísérlet sakkozókkal

Azt a kérdést fogjuk megvizsgálni, hogy hányféle sakkkal kapcsolatos séma lehet egy sakkozó fejében. Annak, hogy éppen sakkozókát vizsgálunk, több oka van. Az egyik, hogy a versenyeredmények alapján aránylag megbízhatóan megítélhetjük, hogy milyen szinten tudnak a vizsgált személyek sakkozni. Várható, hogy a jobb sakkozó több sakkkal kapcsolatos sémát hoz magával a laboratóriumba. A másik ok az, hogy a sakk eléggé egzakt terület ahhoz, hogy jól körül lehessen írni egy-egy kísérleti feladat jelentését, és eléggé bonyolult, hogy legyenek igazi mesterei, akik a normál halandóknál sokszorta jobban játszanak. A harmadik ok az, hogy a sakktudás viszonylag jól különvlik az egyéb jártasságoktól, és a sakkkal kapcsolatos vizsgálatok olyan jól általánosítható eredményeket adtak, amelyek alapján a sakk speciális területén messze túlmutató következtetéseket tudunk levonni.

Képzeld el a következő kísérletet. Megmutatunk a kísérleti személyeknek egy sakkállást 2-3 másodpercig. (Például képernyőre vetítjük.) Utána egy pillanatra egy kusza ábrát is felvillantunk. Így az alany nem tudja megtartani és szándékunk ellenére felhasználni a kivetített kép benne megmaradó utóképet, de nem is felejtí el azonnal azt, ami az RTM-jében megmaradt. Ezután megkérjük őt, hogy rekonstruálja egy üres sakktáblán a látott

állást. Ez a kísérlet fajta a klasszikus *felidézési kísérlet*, aminek az értelmezéséhez az RTM-HTM modell új perspektívát kínált.

Képzeljük el egy pillanatra, hogy a felidézési kísérlet feltételei mellett a vizsgált személy tökéletesen, hibátlanul képes rekonstruálni *minden* sakkállást. Gondoljuk meg, hogy mi következne ebből az általa ismert sémák mennyiségére.

Az alany a rekonstrukciót kizárólag az RTM-jében megragadott sémák alapján végezhetné, mivel a bemutatási idő rövidege miatt a HTM-ben a zavaró ábra felvillantásáig semmit sem tudott rögzíteni, és utána is legfeljebb csak azt, ami az RTM-jében megvolt, mert újabb információt már nem kapott. (Itt használjuk ki a c/ feltételt.) Az RTM-ben megragadott sémák kiválasztását befolyásolhatták ugyan a HTM sémái, de a lényeg az, hogy a HTM-ben ennyi idő alatt új információ nem tárolódhatott.

Az RTM-ben legfeljebb hét séma lehetett, (itt alkalmazzuk a b/ feltételt), tehát elképzelt alanyunknak maximum hét séma elég volt ahhoz, hogy a rekonstrukciót tökéletesen elvégezze. Ebből következik, hogy alanyunknak legalább annyi séma kell hogy legyen a HTM-jében, hogy azokból minden elképzelhető sakkálláshoz jusson különböző hetes csapat. (Itt élünk az a/ feltétellel: most kapcsoljuk össze az RTM működését a HTM meglévő sémáival.) Ha az elképzelt alanyunknak csak kevesebb sémája lenne a HTM-jében, akkor található lenne két különböző sakkállás, amihez nem jut különböző sémahetes. E két állás valamelyikének a rekonstruálását az alany szükségképpen elhibázná, mert sehogy sem tudhatna a két állás között a rekonstruálás során különbséget tenni.

Az a szám tehát, ahányféleképpen az alany HTM-jében meglévő sémák közül kiválaszthatunk hetet, nagyobb kell hogy legyen, mint az összes lehetséges sakkállások száma. „Ezért minden önkínzás, ének” — szokta volt Adyt idézni Turán professzor, amikor egy bonyolultabb gondolatmenettel nyugvópontra jutott: túl volt a nehezén és már csak lecsapnia kellett a feldobott labdákat. Az iménti észrevétel nyugvópont: még nem látszik belőle semmi kézzel fogható, de túl vagyunk a nehezén. Olyan egyenlőtlenséghez jutotunk, amelynek egyik oldala csak az alany által ismert sémák számától függ, a másik oldala pedig annyi, ahányféle sakkállás létezik.

Az, hogy hányféle sakkállás létezhet, többféleképpen is felbecsülhető. Ha minden szabálytalan állást is figyelembe veszünk, akkor csupán azt kell kiszámítani, hogy a 32 sakkfigurát (vagy közülük csak néhányat) hányféle módon tehetjük fel a táblára. Ez csillagászati szám, de meghatározása elvi nehézséget nem okoz. Ha csak a tényleges játszmákkal létrehozható sakkállásokat akarjuk figyelembe venni, akkor ezek mennyiségének becslésére

alkalmas a 81–82. oldalon leírt módszer. A feladat tehát megoldható, és ezzel olyan egyenlőtlenséghez juthatunk, amely alsó becslést fejez ki az alany HTM-jében meglévő sémák mennyiségére. Aki képletből jobban ért: azt kaptuk, hogy $\binom{N}{7} > M$, ahol N a tökéletesen rekonstruáló alany HTM-jében meglévő sémák száma, M pedig az összes szóbajöhető sakkállások száma.

Három kiindulási feltételezésünk tehát a felidézési feladat esetében *elvileg* lehetőséget adhat arra, hogy legalábbis egy alsó becslést kaphassunk a vizsgált személy HTM-jében meglévő sakkal kapcsolatos sémák mennyiségére. Azért mondtuk, hogy *elvileg*, mert eddigi gondolatmenetünk csak akkor működik, ha a vizsgált személy *minden* sakkállást képes helyesen rekonstruálni. A sakkozók vizsgálata pedig azért bizonyult különösen szerencsésnek, mert ott ilyen teljesítményre kizárólag a nagymesterek voltak képesek, bár ők is csak bizonyos esetekben.

Sémaszám-becslések

Két tényező játszott fontos szerepet abban, hogy a felidézési kísérlet alanyai milyen sikerrel rekonstruálták a látott állást. Az egyik tényező a vizsgált személy sakktudása volt, a másik pedig az, hogy milyen típusú állást mutattak. Mesterek játszmáiból vett állás esetén nagyon egyértelmű összefüggés volt a vizsgált személyek sakktudása és a rekonstrukció minősége között. Ebben az esetben a nagymesterek gyakorlatilag 100%-osan hibátlanul idézték fel az állást. Amatőr játszmákból vett állások esetén is minél erősebb játékos volt a vizsgált személy, annál jobb teljesítményt nyújtott a felidezésben, ilyen esetekben azonban még a nagymesterek is hibáztak időnként.

Ilyenkor már a kapott eredmények is vezetik a kutatókat: megkísérelték a körülményeket még szélsőségesebbé tenni. Olyan kísérleteket is végeztek, amelyekben a vizsgált személyektől teljesen értelmetlen sakkállások rekonstruálását kérték. Ezekben az állásokban ugyanannyi figura szerepelt, mint az értelmesekben, de azt, hogy melyik figura hol helyezkedjen el a táblán, egy dobókocka segítségével döntötték el. Csak arra ügyeltek, hogy a pozíció ne ellenkezzen a sakk szabályaival, például ne legyen gyalog az első sorban. Nos, ezekben a kísérletekben semmiféle különbség nem mutatkozott a különböző erősségű sakkozók rekonstrukciós teljesítménye között. A nagymesterek és a gyenge amatőrök egyaránt körülbelül hét figurát voltak képesek helyesen felidézni.

Ismét előbukkant a „bűvös” hetes szám. Az értelmetlen állásokban az RTM által megragadható sémák a nagymester számára sem lehettek mások,

mint maguk a konkrét figurák. Mesterjátszmából vett állások esetén az állás logikájából adódóan nagy szerkezeteket lehet egyetlen sémával megragadni, különösen a hozzáértő nagymesterek számára. Közbülső helyzetet jelentenek az amatőr játszmákból vett állások. A mester játékában minden figurának helye, szerepe, jelentése van; az amatőrjátszmákban gyakori, hogy némelyik figura konkrét helyzete indifferens.

Induljunk ki abból, hogy ha csak a mesterjátszmák bemutatására korlátozzuk a kísérletet, akkor a nagymesterek (de csakis ők) úgy viselkednek, mint korábbi, elképzelt kísérleti személyünk: minden állást képesek tökéletesen felidézni. (A rend kedvéért megemlítjük, hogy a kísérletek középjátékbeli állásokra vonatkoztak, és általában kb. 20–25 figurát tartalmaztak.) Ahhoz, hogy a nagymesterek által ismert sémák mennyiségére a bemutatott gondolatmenet alsó becslést adjon, már csak azt kellene tudnunk, hogy hányféle mesterjátszma-állás létezhet.

Ezt megint ugyanolyan módon becsülhetjük meg, mint amit a 81–82. oldalon alkalmaztunk. A módszer alkalmazásához két dolgot kellene tudnunk: egyrészt, hogy hány lépésből áll egy sakkjátszma, másrészt, hogy egy-egy lépésben átlagosan hányféle lépést tart egy mester az ő szintjén is megjátszhatónak. Az első kérdésre könnyű válaszolni: tudhatjuk, hogy a kísérletekben bemutatott állások 20–25 lépéspár, azaz 40–50 egyedi lépés után jöttek létre. A második kérdést legegyszerűbb, ha az illetékesektől kérdezzük meg. A mesterek egy-egy állásban átlagosan 1,8–2 lépést ítélnék értelmesen játszhatónak. Némelyik állásban többet, némelyikben csak egyet, az átlag ennyi. (Érdekes, hogy még erős amatőrök is egy-egy állásban lényegesen több, átlagosan 4–5 féle lépést ítélnék potenciálisan játszhatónak.)

Ezek alapján már csak a konkrét számolás marad hátra. Akinek van kedve hozzá, szórakozásból, elmetornaként vagy a mélyebb megértés céljából csinálja végig, nem különösebben nehéz. Eredményként azt kapjuk, hogy a nagymesterek legalább néhány ezer sémát ismernek. Ez a becslés a módszerből adódóan garantáltan alsó becslés, még hozzá durván az. A számolásban ugyanis feltételeztük, hogy bármelyik hét séma alkalmas lehet egy sakkállás felidézésére. Ez nyilván nincs így, hiszen például csupán a világos királyállás jellegzetességeire ismerhet az ember jónéhány sémát, amelyek közül egy adott állás esetén nyilván csak egy aktivizálódhat.

Még fontosabb szempont, hogy számításainkban feltételeztük, hogy mindegyik séma egyforma gyakran fordul elő a rekonstrukciók során. Megtehetjük, hogy a sémák előfordulási gyakoriságaira valami realiztikusabb feltételezést adunk, tehát figyelembe vesszük azt a kézenfekvő tényt, hogy vannak gyakoribb és ritkább sakk-sémák, mint ahogy vannak gyakrabban

és ritkábban használt szavak. Ilyenfajta feltételekkel a számolás jóval bonyolultabb matematikai apparátust igényel, de megoldható. Eredményként a sémák mennyiségére közel egy nagyságrenddel magasabb becslést kapunk. Ez természetesen már nem garantáltan alsó becslés, de az előző bekezdésben említett szempont miatt valószínűleg még mindig az.

Mindezek alapján reálisnak látszik, ha a *sakknagymester által ismert sémák számát néhány tízezerre becsüljük*, nagyjából 50 000 és 100 000 közé. A 10. fejezetben más elveken alapuló becslési módszert is be fogunk mutatni.

Más szakterületek nagymestereinek sémaszámai

Gondolatmenetünk a sémaszám becslésére más szakterületek vizsgálatára is eredményesen alkalmazható. Három kiinduló feltételezésünk (lényegében: az RTM-HTM modell) bármilyen szakterület esetében érvényes, és a felidézési feladat esetében is teljesen esetleges, hogy éppen sakkállásokat mutattunk. A leglényegesebb (és nem könnyen biztosítható) mozzanat az, hogy a reálisan szóba jövő bemutatásra alkalmas objektumok teljes mennyisége megsaccolható legyen. Ez táblás játékok esetén általában nem okoz áthidalhatatlan nehézséget, más szakterületek vizsgálatakor viszont (például filmjelenetek vagy dallamok esetén) a becslés nehéz vagy akár megoldhatatlan lehet. A go játék esetében a sémák számára a sakkhhoz hasonló eredményeket kapunk, bár ebben a játékban még a nagymesterek sem képesek egy bonyolult állást százszázalékosan rekonstruálni.

A sakkkal kapcsolatos vizsgálatokat a Nobel-díjas közgazdász Herbert A. Simon kezdeményezte 1973-ban. Simon az emberi döntéshozatal mechanizmusait kutatta (és azok hatását a közgazdasági döntésekre), és vizsgálataihoz modellként elemezte a sakkozók döntéseit. A gondolatmenet alapjainak felfedezését az a szerencsés körülmény tette lehetővé, hogy a sakk esetében a legjobb játékosok, és csakis ők, már képesek a 100%-os felidezésre. Bonyolultabb matematikai eszközökkel abban az esetben is kaphatunk használható becsléseket, ha a felidezés nem 100%-os, mint például a közepes sakkozónál vagy a go nagymestereinél.

A nagymesterek által ismert sémák mennyiségére kapott becslés nagyjából megegyezik a legkiválóbb irodalmárok által használt szavak és fordulatok számával, azt is jónéhány tízezerre becsülik. Ugyanebbe a nagyságrendbe esik a kínai írás teljes jelkészletének a mennyisége is: körülbelül 80 000 jel. Csak a kínai írás legnagyobb szakértői (mondhatjuk: nagymesterei) ismerik, tudják aktívan használni az összes jel nagy részét. A legjobb entomológusok

9. Mi pár tízezer? — Mi mennyi?

Modellünk arra alkalmasnak bizonyult, hogy a sémák mennyiségére becslést adjunk, de arról, hogy mifélek lehetnek ezek a sémák, vajmi keveset mond. Ez egyfelől nem is baj: minden modell szükségszerűen egyszerűsít, a jelenségeknek csak néhány lényeges vonását képes megragadni. Esztétikai szempontból viszont eléggé elegáns: a HTM-RTM elképzelés legegyszerűbb alapváltozatára épít és összesen három, meglehetősen indokolt és nem is bonyolult alapfeltételezésből (mondjuk így: axiómából) indul ki.

Az axiómákról hétköznapi szemléletünkkel hajlamosak vagyunk azt képzelni, hogy megfellebbezhetetlen, garantáltan érvényes sarkigazságok, pedig nem ez a lényegük. Az axiómák valóban sarkigazságok egy-egy tudományos elméletben, de ettől még lehetnek tévesek. Arra használjuk őket, hogy legyen miből kiindulni: legyen néhány olyan biztos támpontunk, amelyeket a gondolkodás, az elemzés, a vita során nem kérdőjelezünk meg. Ne kelljen mindig a kályhához visszatérni; tudjunk haladni egy úton. Később, amikor már látjuk, hogy merre vezet az út, esetleg visszatérhetünk a kiinduló axiómák felülvizsgálatára is.

A 3. fejezetben a jól szerkesztett tudományos kérdések tulajdonságainak taglalásánál említettük Occam borotvájának elvét. Az elv működésére szép példa az a történet, amikor Laplace Égi Mechanikája első köteteinek megjelenése után Napoleon azt a megjegyzést tette, hogy Laplace ugyan sok száz oldalon szól az égről, de a jóisten sehol nem szerepel benne. „Nem volt szükségem erre a hipotézisre, Sire” — válaszolta Laplace. Tegyük hozzá, hogy Laplace mélyen hívő ember volt, fiatal korában egyházi pályára készült.

Eddig teljesen az Occam borotvája elv szellemében építkeztünk: a lehető legkevesebb hipotézis mellett sikerült a sémák mennyiségére becslést adni. Most már viszont a sémák szerkezetéről, tulajdonságairól is jó lenne többet tudni. A mesterséges intelligencia számára is kínosan kevés, ha csupán annyit mondunk, hogy néhány tízezer valaminek a megtervezésére és összeszervezésére kell felkészülnie, és arról, hogy miféle dolog lehet ez a néhány tízezer valami, meg sem kísérlünk közelebbit megtudni.

Akár létező, fizikailag megfogható egységek a sémák, akár nem, ismereteinknek jelenlegi szintjén a leghelyesebb, ha úgy kezeljük őket, mintha valóban önállóan létező dolgok lennének. Ettől még valahol, tudatunk egy mélyebb szintjén, elképzelhetőnek tarthatjuk, hogy a sémák is pusztán epifenoménjai gondolkodásunk mélyebb működési elveinek, hasonlóképpen ahhoz, mint ahogy korábban ugyanezt az RTM-ről és a bűvös hetes számról kifejtettük. Mégis: kövessük Laplace-t, és amíg nem szükséges, ne vegyünk fel olyan hipotéziseket, amelyek gondolatmeneteink végigviteléhez nem feltétlenül szükségesek.

A sakkozók sémái

Herbert Simon és munkatársai eredetileg úgy képzeltek, hogy az RTM-ben tárolt sémák egyszerűen állásrészletek, kisebb-nagyobb jellegzetes szerkezetek, amelyek a mesterjátszmákban gyakran fordulnak elő együtt. Ilyenek lehetnek például bizonyos jellegzetes felállások a király védelmére, gyakran előforduló gyalogszerkezetek vagy bizonyos, egymást tipikus módon támadó-védő figurák csoportjai. (Erre az elképzelésre épült a MAPP program, amelyet a 10. fejezetben mutatunk be.)

Ez az egyszerű elképzelés a kognitív pszichológia sémafogalmának éppen a lényegét kerüli meg. Itt nincs szó arról, hogy a sémák önállóan értelmes, jelentéssel bíró egységek, sem arról, hogy a sémák belső szerkezete és egymás közötti szerveződése egyaránt igen bonyolult lehet. Egy állásrészlet önmagában ugyanúgy nem jelent semmit, mint egy-egy sakkfigura az adott állás környezetéből kiszakítva. A sakkállás is több, mint a figurák vagy a tipikus állásrészletek összessége. Az állásnak „lelke” van; a sakkozónak az egész állással kapcsolatban vannak elképzelései, tervei, gondolatai. Játsszik valamire, beleéli magát az ellenfél gondolatvilágába, támad és védekezik. Egyszerre használ nagyon bonyolult és nagyon egyszerű sémákat.

Egy sakk-gyalog sokféle összefüggésben szerepelhet sémáinkban. Bizonyos fajta típusállásokban tudhatjuk, hogy az ilyenfajta játszmának általában az a fő témája, hogy erősnek bizonyul-e egy gyalog vagy gyengének. Ilyenkor a gyalog egy bonyolult séma része, ahol a séma nem egyszerű állásrészlet, hanem például egy megnyitás teljes gondolatvilága, stratégiai tartalma is lehet. Más esetekben a gyalog szerepe mindössze annyi, hogy előre kiszámíthatóan a nagy adok-kapok csata után egy gyaloggal többünk marad, és a leegyszerűsödött állásban ennyi már elég lesz a győzelemhez. Ebben

az esetben a gyalogból csak a darabszáma számít, maga a figura. Itt a gyalog a lehető legegyszerűbb sémaként szerepel a gondolatainkban.

A kezdő sakkozók is hamar megismerkednek olyan kifejezésekkel, mint „szicíliai védelem” vagy „királycsel”. A kezdő számára ezek a fogalmak nagyon egyszerű sémákat takarnak, bizonyos lépéssorozatokat a játszma elején. A nagymesterek számára ezek a kifejezések sokkal bonyolultabb sémákat jelentenek: támadások és védekezések típusterveit, az adott megnyitás gondolatvilágára jellemző eszméket. Ezek az eszmék alkalmasint önmagukban is külön sémákat alkothatnak, de egyidejűleg részei is az adott megnyitás általános sémájának. A nagymester nemcsak mennyiségileg ismer több sémát, mint az amatőr játékos, hanem sémái sokkal komplexebbek és egymás közötti szerveződésük is sokkal összetettebb. A nagymester sémái bonyolult kusza hierarchiakat alkotnak.

A mennyiségi becsléshez használt modell ugyan ilyen finomságokat nem érintett, de mindezeket ki sem zárta. A modellbe belefér olyan értelmezés, hogy az RTM-ben megragadott hét séma között lehetnek nagyon bonyolultak és egészen egyszerűek is, és mindezek akár egymást is értelmezhetik. A modell mögé akármilyen bonyolult kusza hierarchiakat elképzelhetünk, a számítás gondolatmenete attól még működik: az egyszerű és a bonyolult sémák együttes mennyiségére ad becslést, beleértve akár sémák szerveződését kifejező metasémákat is.

A sémák és az emlékezet

Eredményünk, miszerint a sakk (és valószínűleg a legtöbb más szakma) nagymesterei körülbelül néhány tízezer, szakmájukkal kapcsolatos sémát ismernek, szép és kerek mindaddig, amíg szigorúan megmaradunk modellünk keretei között. Mihelyt azonban a modellen kívülről, a gondolkodással és az emlékezettel kapcsolatos egyéb fogalmaink segítségével is megpróbáljuk eredményeinket értelmezni, hamar zavarba jöhetünk.

Hány konkrét tényre emlékezhetsz az ember? Egyáltalán, hány konkrét sakkbeli tényre, állásra emlékezhetsz egy sakknagymester? Kaszparov például azt állítja, hogy néhány tízezernyi játszmát tud fejből felidézni. Minden jel arra mutat, hogy ez igaz is. Játszsmánként negyven lépéspárral számolva ez már néhány milliónyi konkrét állást jelent, és Kaszparov ezek mindegyikét ismeri. Ha például Kaszparov emlékezetét olyanfajta kérdésekkel vizsgálánk, hogy „milyen állás jött létre az 1938-as AVRO-versenyen játszott Botvinnik–Capablanca partiban a 25. lépés után”, akkor rövid gondolkodás

után tudna válaszolni. Feljegyezhetnénk, hogy ezt a tényt is ismeri; egy-null az emlékezete javára.

Mondhatjuk tehát, hogy Kaszparov emlékezetében néhány milliónyi sakkállást tárol? Bizton mondhatjuk, de ez a válasz csak egy statikus és meglehetősen érdektelen tényt állapít meg, mert nem mond semmit sem arról, hogy ezek az állások hogyan szerveződnek a memóriájában. Márpedig a szerveződés lényegesebb, mint a konkrét adatok. Az egész itt is több, mint a részek összege. Az sem mondana sokkal többet, ha rafinált kísérletek segítségével a Kaszparov által ismert játszmák számát pontosan meghatároznánk. Szinte biztos, hogy a játszmák sem memóriájának alapegységei: a hasonló stratégiai tartalmú játszmák együttese önálló sémákat képezhet. Egy játszmában ráadásul általában nem az a legfontosabb, ami a táblán konkrétan megvalósul, a meghiúsult tervek, kivédett változatok adják a küzdelem igazi mélységét. Nyilván mindez jelen van a nagymester emlékezetében, mennyiségüket azonban végképp nehéz mérni.

Az emlékezet egyes különálló tényei csak nagyon keveset mondanak arról, hogy mi az egyes emléknymok szerepe a gondolkodásban. Az emléknymok a sémák révén szerveződnek gondolkodássá, csak ezek segítségével tudjuk felidézni őket. A memóriaművészek is mindig valamilyen nagyobb egységbe szervezik és ezek alapján képesek felidézni a megjegyzendő dolgokat.

Alekszandr Lurija évtizedeken keresztül tanulmányozott egy memóriaművészt. Egyszer egy 15 évvel korábban mondott hosszú szósort kérdezett vissza tőle, ráadásul minden előzetes figyelmeztetés nélkül. A memóriaművész behunyta a szemét, szünetet tartott, majd azt mondta: „igen, igen... ez az ön lakásán volt... ön az asztalnál ült, én pedig a hintaszékben... Ön szürke öltönyt viselt, és úgy nézett rám... igen... látom, ahogy mondta...” — és ezután az akkor felolvasott szavak hibátlan reprodukálása következett, annak a holisztikus képnek az alapján, ahogy annak idején emlékezetében elraktározta.

A memóriaművész esetében is értelmetlen dolog külön-külön kiszámolni, hogy összesen hány szót, számot vagy jelet jegyzett meg életében. Mindegyik egyszerre megjegyzett adathalmaz egy-egy önálló sémává állt össze benne, ezek száma pedig megmarad a néhány tízezres nagyságrenden belül. Lurija memóriaművésze vizuális sémákat használt; ez az eszköz ősi idők óta a memorizálás jól bevált módszere. Már az egyiptomi papok is használták az úgynevezett *helyek módszerét* hosszú listák megjegyzésére. A megjegyzendő dolgokat egy általuk jól ismert, bonyolult struktúrájú hely (például a templom) különböző objektumaihoz helyezték el képzeletben, és

így képesek voltak mindegyiket fejben tartani: a hely jól ismert struktúrája segített a hosszú listát egyetlen sémába szervezni.

Más, nem vizuális alapú módszerek is alkalmasak lehetnek arra, hogy hosszú adatsorokat kevés sémába sikerüljön összeszervezni és így megjegyezni. Ericsson és munkatársai például egy S.F. névvel jelzett kísérleti személlyel másfél éven keresztül heti 3–5 órán át gyakoroltatták számokból álló listák megjegyzését. S.F. átlagosan intelligens főiskolai hallgató volt, és szenvedélyes hosszútávfutó. S.F. a kísérlet kezdetén hét számot tudott megjegyezni, mint a legtöbb ember. A gyakorlás során S.F. a számokat időeredményekbe csoportosította, például a 3492 számsort úgy jegyezte meg, hogy „3:49,2 — közel világrekord egy mérföldön”. S.F. jól ismerte a különféle távok időit (sok ilyen séma volt eleve a HTM-jében), és a gyakorlás során egyre jobban megtanulta, hogy a hallott számokat négyesével időeredményekbe rendezze össze. Néha, ha időeredmény nem volt összeállítható a számokból (pl. 3771 szerepelt), életkorokat, dátumokat próbált kialakítani. A kutatók úgy is segítették azt, hogy S.F. másfajta rendező elveket is megtanuljon, ne csak az időeredményeket, hogy szándékosan olyan sorozatokat adtak, amelyek nemigen voltak időbe rendezhetők. Ilyen sorozatokat külön erre a célra szerkesztett számítógépes programokkal állítottak elő. Érdekes, hogy ez a program a kísérlet vége felé az esetek kb. 90%-ában helyesen kitalálta, hogy mi szerint fogja S.F. a számsorozatokat csoportosítani a megjegyzéshez. A csoportok kb. 62%-a továbbra is időeredmények alapján szerveződött, 25%-a életkorok szerint, a többi csoport más elvek (pl. dátumok) szerint állt össze.

Így sikerült S.F.-nek eljutnia addig, hogy 26–28 számot stabilan vissza tudott mondani. (Nagyjából hétszer négyet.) Itt teljesítménye egy darabig megtorpant, azután tovább javult. Ekkor ugyanis már az egyes időeredményeket is elkezdte csoportosítani teljes versenyeredményekké, alkalmasint dátummal együtt. Ha ez sikerült, egyetlen verseny sémájával akár 12–16 számjegyet is össze tudott foglalni. A másfél év alatt így 79 számjegyig sikerült az emlékező képességét fokoznia. (A kísérletet úgy szervezték, hogy ha egyik nap sikerült a számsorozatokat legalább 80%-ában valamennyi számot helyesen visszamondani, akkor másnap eggyel hosszabb sorozatokat adtak, ha nem, akkor eggyel rövidebbeket. A kísérlet végére a számsorozatok hossza 78 és 80 között oszcillált.)

A másfél év után végeztek S.F.-fel néhány olyan kísérletet is, ahol nem számokat, hanem betűket kellett visszamondania. A betűlistákból ugyanúgy csak hetes hosszúságúakat sikerült S.F.-nek megjegyeznie, mint a kísérlet kezdetén a számlistákból!

Lehet, hogy a séma fogalma nem eléggé egzaktul definiált, és az is kérdéses, hogy léteznek-e egyáltalán ilyen objektumok. Ezzel együtt, a séma-paradigma nagyon eredményesnek bizonyult, mivel ennyire frappáns eredményekre vezető kísérletek tervezését tette lehetővé, és kvantitatív becslésekre alkalmas modellek felállítására is módot adott. Továbbra is, sőt egyre inkább úgy fogunk elméletet építeni, kísérleteket tervezni, mintha a sémák gondolkodásunk valódi, fizikailag létező építőkövei lennének.

10. Kihívás programozóknak

A kihívás arról szól, hogy hajtassuk végre a 8. fejezetben leírt, sakkállásokra vonatkozó felidézési feladatot a számítógéppel. A számítógépes programozás szokásos eszköztára számára persze ez a feladat teljesen érdektelen: ha egyszer bevittük a memóriába a sakkállást, semmi ok nincs arra, hogy a gép később ne emlékezzen rá tökéletesen. Mi azonban olyan programot szeretnénk kapni, amely a sémákról és a memória szerkezetéről szóló ismereteinkkel összhangban álló módon képes a sakkállásokat felidézni. Ezért fogalmazzuk meg a feladatot pontosabban.

A feladat három részből áll. Először is tanítsunk meg a számítógépnek bizonyos számú sémát. Ezek a sémák lehetnek egyszerűen állásrészletek, de lehetnek akár mind külön-külön programok is. Mivel a Neumann-elv alapján felépülő számítógépben a program és az adat lényegében ugyanaz, mindkét esetben felfogható minden séma egy-egy programnak is.

A feladat második része, hogy készítsünk olyan programot, amelyik a sakkállás „érzékelését” végzi el. Ez a program tehát bemenő adatként kap egy sakkállást (persze nem kép formájában, hanem alkalmasan kódolva), kimenő adatként pedig megnevez hét sémát (illetve a sorszámukat).

A feladat harmadik része, hogy készítsünk egy rekonstruáló programot. Ennek a programnak a bemenő adatait az érzékelő program által meghatározott hét szám alkotja. Ezek mondják meg, hogy melyik hét séma-programot használhatjuk a felidézéshez. A rekonstruáló program kimenő adatként kiad egy sakkállást. A rekonstruáló program tehát már nem ismeri az eredeti állást, csak azt a hét számot, amelyet az érzékelő program számára meghatározott. Olyan helyzetben van, mint a gondolkodásunk a felidézési kísérletben: csak a hét séma áll rendelkezésére, más nem.

A feladat gyakorlatilag végtelen szabadságot engedélyez a programozónak abban, hogy milyen programokat írjon „sémák” gyanánt, milyen alapon válassza ki a kapott sakkállásból a hét sémának megfelelő hét számot, és hogy hogyan szervezze meg a kiválasztott hét program együttműködését az állás rekonstruálására. A feladat első ránézésre túl általánosnak látszik, de azonnal látni fogjuk, hogy mégsem az. A matematikában edzett elme első

gondolata nyilván az, hogy mivel csak véges sokféle sakkállás létezik, miért ne lehetne minden állás egy-egy külön séma? Egyszer s mindenkorra megszámozhatjuk a sakkállásokat. Ezután az „érzékelő” program megállapítja, hogy hányadik állást kapta, és ezt az egyetlen számot adja át a rekonstruáló programnak (nem is kell hetet átadnia). A rekonstruáló program pedig megkeresi, hogy melyik sakkállás felel meg a kapott számnak, és a megoldás biztosan tökéletes lesz. Ez természetesen egy lehetséges megoldása az eddig elmondott feladatnak, csak csillagászati számú sémára van szükség hozzá.

Most áruljuk el, hogy mi a kihívás lényege. Próbáljuk meg megoldani a feladatot úgy, hogy minél kevesebb sémát használjunk. Tehát a versenyfeladat a következő. Készítsünk egy olyan programot, amely minden sakkálláshoz hozzárendel hét darab 1 és N közötti számot (ez az „érzékelő” program), és egy olyan programot, amely e hét szám alapján minél pontosabban rekonstruálni tudja a *mesterjátszmából vett* állásokat. Az nyeri a versenyt, aki a legkisebb N értékkel el tudja érni, hogy a rekonstruált állás mindig megegyezzen az eredeti állással.

A feladat jelentősége

Az utóbbi megfogalmazásban már nincs is szó sémákról, ebben a formában a feladat egyszerű kódolási problémának látszik. Gyakorlatilag azonban mégis azt kötöttük ki, hogy legfeljebb N fajta sémát használhatunk, hiszen az átadott hét szám mindegyike kódolhat egy-egy külön alprogramot vagy állásrészletet. Az N féle séma modellezi a feladatban a HTM-et, a rekonstruáló programnak átadott hét szám pedig az RTM-et.

Azért engedték meg, hogy a sémák ne feltétlenül csak egyszerű állásrészletek, hanem akármilyen programok is lehessenek, hogy bármilyen bonyolult szerkezetű sémák is kifejezhetők legyenek a feladat keretei között. Ha kognitív sémáink között igen komplex szerkezetűek is vannak, ne kényszerítsük a feladat megoldóját egyszerű, előre meghatározott típusú sémák (például csak állásrészletek) használatára.

A feladat így már eléggé pontosan modellezi a felidézési kísérlet feltételeit. Amiben szabadságot ad a programozónak (és ez gyakorlatilag végtelen), az a három részfeladat megoldásának módja. Éppen ez az, aminek az igazi működéséről roppant keveset tudunk. A nagymesterek körülbelül 50–100 ezer sémát ismernek, és képesek a tökéletes rekonstruálásra. A feladat tehát ennyi séma segítségével biztosan megoldható, csak nem tudjuk, hogyan. A következőkben vázolni fogjuk egy olyan program működését, ami

kb. 360 000 séma segítségével várhatóan képes lenne megoldani a feladatot; ez egyelőre a legjobb eredmény. De biztosan létezik megoldás már néhány tízezer sémával is, hiszen a sakknagymester ezt produkálja. A feladat tehát jól szerkesztett tudományos rejtvény a kognitív tudomány szélsőségesen redukcionista paradigmáján belül.

A feladat kitűzésében a legrafináltabb trükk az, hogy csak a mesterséges intelligenciából vett állásokra vonatkozik. Ezért a tisztán csak matematikai elvek alapján ügyeskedő, tömör kódokat használó programoknak nem sok esélyük van, mert az ilyenek hogyan használhatnák ki azt, hogy mik az *értelmes* sakkállások sajátosságai? Ezért a kitűzött feladat alapvetően *mesterséges intelligencia természetű*. Nyilvánvaló pazarlás lenne olyan megoldást készíteni, amely az értelmetlen állások rekonstruálására is képes, hiszen egy ilyen program sok-sok nagyságrenddel több állás rekonstruálására lenne képes, mint amennyi a feladatban egyáltalán felmerül. Az elképzelhető sakkállások abszolút többsége értelmetlen.

Elvileg lehetséges, hogy az értelem közvetlen megragadása nélkül, pusztán matematikai ügyeskedésekkel is megoldható a feladat, de ez nagyon valószínűtlen. Kiszámítható, hogy ha az összes lehetséges sakkállásról (nemcsak az értelmesekről) szólna a feladat, akkor sok milliárd sémára lenne szükség, kevesebb séma biztosan nem lehetne elegendő a megoldáshoz.

A feladat nemcsak a mesterséges intelligencia, hanem a kognitív pszichológia érdeklődésére is jogosan tart számot, sőt éppen ez a terület fogalmazta meg. Ha nem ilyenek lennének az elképzeléseink az RTM és a HTM működéséről, akkor nyilván másként vetettük volna fel a problémát. Ennek a rekonstruáló program készítési feladatnak minden jól működő megoldása automatikusan egyfajta sémaelméletnek is felfogható. Lehet ugyan, hogy a megoldásban egészen furcsa dolgok játszódnak a sémák szerepét, például bonyolult matematikai konstrukciók vagy normál észjárásunk számára tökéletesen idegen fogalmak (mint például az EURISKO mutáns heurisztikái), de sokkal valószínűbb, hogy a megoldásban a sémák szerepét valami olyasmik fogják játszani, amik emlékeztetnek sémafogalmunkra. A feladat éppen azért izgalmas kihívás, mert megoldásához valószínűleg nem bonyolult absztrakt matematikai konstrukciókon keresztül vezet az út, hanem jól kitalált működési elvek kialakításán keresztül.

A MAPP program

Simon és Gilmartin programjában a sémák mind sakkállás-részletek. A program neve (Memory Aided Pattern Perceiver — memóriával segített mintázat észlelő) azt fejezi ki, hogy a szerzők egyben az emberi vizuális érzékelés modellezésére is törekedtek.

A MAPP program több száz olyan állásrészletet tartalmazott, amelyeket a szerzők részben saját sakktudásuk, részben sakktankönyvek alapján jellegzetesnek, gyakran előfordulónak ítéltek. Az állásrészletek meghatározása olyan sikeres volt, hogy a MAPP jól modellezte a sakkozók szemének mozgását, amikor egy eléjük tett állást először megvizsgálják. A kísérleti alanyok szemmozgását bonyolult tükörrendszerekkel vagy a szemmozgató izmok játékát regisztráló elektródákkal lehet követni. A MAPP néha másodperceken keresztül pontosan jelezte előre az alanyok szemmozgását. Ettől persze még a MAPP ugyanúgy nem értette, hogy mi jár a kísérleti alanyok fejében, mint ahogy a DOCTOR is csak vajmi keveset érzett át a páciensek gondoljaiból.

A felidézési feladatnál a MAPP érzékelő komponense kikereste azt a hét sémát, amelyek a felidezésre kapott sakkálláshoz leginkább illeszkedtek. Ezután a rekonstruáló program a hét állásrészletet elhelyezte a sakktáblára. Ha bizonyos pontokon az állásrészletek ellentmondtak egymásnak, akkor a program néhány egyszerű heurisztika segítségével döntötte el, hogy végülis mi kerüljön fel a sakktáblára.

A MAPP programnak két változata készült. Az első változat 894 sémát tartalmazott, és a rekonstruálás minősége megközelítette a másodosztályú amatőr játékosok teljesítményét. A második változatban a sémák számát 1144-re emelték, és ezzel sikerült a másodosztályú sakkozók szintjét enyhén túlszárnyalni. A sémák számának további emelése már nagy nehézségekbe ütközik, mert egyre nehezebb igazán jellegzetes állásrészleteket találni. Valószínű, hogy a program további fejlesztéséhez már nem lenne elegendő, hogy pusztán egyszerű állásrészletek játsszák a sémák szerepét, itt már a bonyolultabb sémáknak kellene szóhoz jutniuk.

Kiszámolták, hogy ha a MAPP programban a sémaszám növelésének és a rekonstrukció minőségi javulásának összefüggését extrapolálják, akkor a program várhatóan kb. 360 000 séma segítségével lenne képes a 100%-os rekonstrukcióra mesterjátszmákból vett állások esetén. Ez a szám lényegesen magasabb, mint a 8. fejezetben kapott becslés. A MAPP azonban csak nagyon egyszerű sémákkal (állásrészletekkel) dolgozik, ezekből biztosan sokkal több szükséges a jó minőségű rekonstrukcióhoz, mintha komplexebb sémákat

is alkalmazna. Ezt figyelembe véve a MAPP programból kapott eredmény is valószínűsíti azt, hogy a sakknagymester 50–100 ezer (jórészt meglehetősen bonyolult) sémát ismerhet.

A MAPP program alapján arra is becslést kaphatunk, hogy a nagymestereknél alacsonyabb szintű sakkozók hány, sakkal kapcsolatos sémát ismernek. A MAPP, mint láttuk, kb. 1000 séma segítségével tudta elérni a II. osztályú sakkozók felidézési teljesítményét. Valószínű, hogy ugyanúgy, mint a nagymesterek esetén, a MAPP-nak itt is lényegesen több sémára van szüksége ugyanahhoz a teljesítményhez, mint az embernek, bár a különbség itt kisebb lehet, mivel a közepes amatőr sakkozók sémái nem annyira bonyolultak, mint a mesterekéi. Ennek alapján reálisnak látszik, ha a II. osztályú sakkozók sémakészletét néhány százra becsüljük. A magyar minősítés szerinti mesterjelöltek sémakészletét ugyanilyen alapon néhány ezerre becsülhetjük, körülbelül 1000 és 5000 közé. A következő fejezetekben látni fogjuk, hogy a mesterjelölt szint a legtöbb szakmában a fejlődés fontos mérföldköve.

A nagymester sem is dönt gyorsabban, mint az amatőr játékos. De egy nagymesternek illetve egy amatőrnek azt mondjuk, hogy válasszon egy lépést, amit mutatunk, gondolja meg nyugodtan, és aztán válaszoljon lépést, akkor egy közepesen bonyolult állás esetén átlag más nagyjából ugyanennyi idő alatt (5–10 perc) döntözik.

Általában nemkülönben jól megfigyelhető, egyetértés szerint az amatőr játékosoknál és a nagymesterek között, illetve a játékosok között. Egy nagymester képes egyidejűleg 20–30 más amatőr játékosal felvenni a versenyt, és többségük igen jó. 80% közül aránylag értek. Ilyenkor egy-egy lépést legfeljebb néhány másodpercet van szabadon, bonyolultabb körülmények között valamivel hosszabb ideig. Előrehaladottabb állásokban 2–3 perc is van gondolkodásra, mégis többnyire gyorsan.

Most már azt is tudjuk, hogy ez a hatalmas játékerőből álló nagymester és az erős amatőr között az emberi agnak nyilvánvalóan nem egy nagyratörő különbséget jelent. Ennek tudatában már szinte remélhetjük, hogy a következő néhány száz lépésben megfigyelhetjük, hogy a nagymester sem gyorsabb és nem gyerekes.

11. A kezdőtől a nagymesterig

Láttuk, hogy a sakknagymesterek eleve sokkal kevesebb lépést látnak értelmesnek, meggondolásra érdemesnek egy adott sakkállásban, mint az amatőrök. „A laikus fejében sok lehetőség kínálkozik, a mesterében csak kevés” — idéztük D. T. Suzukit a Nulladik fejezetben.

A sakkozókat vizsgáló kísérletekből az is kiderült, hogy a nagymesterek átlagosan nem számítanak ki hosszabb változatokat, mint az amatőrök. Nem helytálló tehát az a közkeletű elképzelés, hogy a sakkmester azért sakkmester, mert kiválóan kombinál. Talán bizonyos esetekben igen, de általában nem teszi ezt. Inkább csak jobbkor számol pontosan, mint az amatőr játékos: tudja, hogy mikor olyan a helyzet, hogy egészen pontosan kell számolni. Máskor, amikor az amatőr kombinálni próbál, a mester pontos konkrét számítások nélkül választ egy általános tervet és egy, a tervhez illeszkedő lépést.

A nagymester nem is dönt gyorsabban, mint az amatőr játékos. Ha egy nagymesternek illetve egy amatőrnek azt mondjuk, hogy nézze meg jól az állást, amit mutatunk, gondolja meg nyugodtan, és azután válasszon lépést, akkor egy közepesen bonyolult állás esetén átlagosan nagyjából ugyanannyi idő alatt (5–10 perc) döntenek.

Általában semmilyen jól megfogalmazható, egyszerű mutatóval nem sikerült különbséget kimutatni az amatőrök és a nagymesterek között, kivéve a játékok minőségét. Egy nagymester képes egyidejűleg 20–30 erős amatőr játékokkal felvenni a versenyt, és többnyire igen jó, 90% körüli eredményt ér el. Ilyenkor egy-egy lépésre legfeljebb néhány másodperce van, nagyon hosszú, bonyodalmas kombinációkat nincs ideje végiggondolni. Ellenfelének viszont 2–3 perce is van minden lépésre, mégis többnyire veszít.

Most már azt is tudjuk, hogy ez a hatalmas játékerőbeli különbség a nagymester és az erős amatőr között az ismert sémák számában több mint egy nagyságrendnyi különbséget jelent. Ennek tudatában már nincs mit csodálkoznunk azon, hogy a közvetlenül mérhető paraméterekben nem találunk jelentős különbségeket: hogy a nagymester nem gyorsabb és nem kombinál

hosszabban előre, csak éppen jobbakat lép. A sémák mennyiségében és minőségében meglévő különbségek mélyebb magyarázatot adnak az olyan jól ismert aranyigazságokra, hogy a nagymester „többet tud a sakkról”, hogy számára „nincs új a nap alatt”.

A nagymesterré érés folyamata

A nagymesteri játékerőhöz szükséges több tízezernyi sémát az ember hosszú és intenzív gyakorlással tanulja meg. Ez a folyamat minimum tízéves, napi sokórás elfoglaltságot jelent. Ez alól még az ismert csodagyerekek (Capablanca, Fisher, a Polgár-nővérek) sem voltak kivételek. Azt is láttuk, hogy sémáink nagy része szavakkal nemigen fejezhető ki. Ez a sakkra is érvényes. Egy bizonyos szint után a legjobb tankönyvek is csak azt tudják elősegíteni, hogy a tanulók ráérezzenek a példákban rejlő általános eszmékre és a közöttük érzékelhető összefüggésekre: alakítsák ki saját bonyolult sémáikat. Ezért ütközött nehézségekbe a MAPP programban egy idő után a sémák számát tovább növelni. Az ezredik séma körül a programot tanító mester kifejezőképessége korlátainak közelébe ért; innen már nagy nehézségeket okozott neki az állásrészletek szintjén újdonságot mondani. Feltehetőleg ő még (mester lévén) rengeteg egyéb sémát is ismert, de ezeket már nem tudta kifejezni ezen a szinten.

Más szakmákra is érvényes, hogy a nagymesterré éréshez legalább tízéves intenzív tanulás szükséges. Mozart például közismerten csodagyerek volt, már 5–6 éves korában is komponált érdekes zenét. Mégis, ha megnézzük Mozart összes hangfelvételeinek gyűjteményét (a Schwann-jegyzéket), azt láthatjuk, hogy az első olyan darabot, amelyről a világon legalább öt különböző lemezfelvétel készült, 16 éves kora után írta. Egy Mozart esetében nyilván érdeklődésre tarthatnak számot a zeneszerző zsenéi is, (gondoljunk például a 12 éves korában szerzett Bastien és Bastienne c. operára), de ezek szerint igazi mesterműveket csak 16 éves kora után komponált, több mint tíz évnyi intenzív tanulás, gyakorlás után.

Hasonló a helyzet a többi olyan szakmákban is, ahol a nagymesterek korán érnek, például a matematikusok és a költők esetében. Szinte egyfajta rangsor állítható fel a szakmák (tudományok, művészetek) között aszerint, hogy legjobb művelőik átlagosan hány éves korban érik el a nagymesteri szintet. A matematikusknál általában később érik el a fizikus, még később a biológus, majd a festő, a regényíró, az orvos, a politikus. Például a tudományok esetében ez a jelenség könnyen kimutatható, ha megnézzük, hogy

melyik tudományban átlagosan hány éves korban szerzik meg a kandidátusi fokozatot.

Valószínű, hogy azokban a szakmákban, ahol az érés lassúbb, ez a szakmák sémáinak jellegéből adódik: általában minél kevésbé absztrakt jellegű egy szakma, annál lassabban érnek művelői mesterré. Annál inkább igaz ugyanis az, hogy a szakma sémái a hétköznapi tapasztalatok sémáihoz szorosan kapcsolódnak, de (éppen a szakma szakszerű jellege miatt) azoktól elvonatkoztatódnak, így ezekben a szakmákban két párhuzamos tanulási folyamat (egy emberi és egy szakmai) összeérése eredményezheti a nagymesteri szintet.

A mesterjelölt szint

A sakkozó fejlődésének egyik fontos vízválasztója a mesterjelölti szint. Azt már tudjuk, hogy a mesterjelölt néhány ezer, sakkal kapcsolatos sémát ismer. Ez a szint ahhoz már elég, hogy akármilyen tehetséges gyakorlatlan játékosokat legyőzzön, és ahhoz is elég, hogy nagyjából megértse a nagymesterek játszmáinak mélységeit. Ahhoz azonban kevés, hogy a nagymesterekkel szemben a győzelem akár minimális esélyével vehesse fel a harcot.

Láttuk, hogy a sémák mennyisége igen erősen összefügg a szakértelem szintjével, sőt ez egy nagyon érzékeny mérőszám, mivel az egyes szakértelem-szintek között akár nagyságrendnyi különbségek is kimutathatók a sémaismeretben. Ezért értelmesnek látszik a következő *általánosítás*: nevezzük nemcsak a sakkban, hanem általában minden szakmában *mesterjelölt* szintűnek azt az embert, akinek a sémakészlete az adott szakmában néhány ezer körüli. Azt reméljük, hogy ez az általánosítás szerencsés fogalomalkotáshoz vezet, és amit a sakkmesterjelölt erényeiről és hiányosságairól elmondtunk, az sokkal általánosabb érvényűnek fog bizonyulni.

Ezen az alapon például egy idegen nyelvből mesterjelölt szintűnek tekinthetjük annak a személynek a tudását, ki sikeres középfokú nyelvvizsgát tesz. Ezt többek között azzal valószínűsíthetjük, hogy ennek a szintnek az eléréséhez átlagos képességű embereknek (heti 2–3 dupla órában, átlagos mennyiségű otthoni hozzátanulással) 3–4 év szükséges. Nyelvtanárok általános tapasztalata, hogy egy dupla órán kb. 7 új szót lehet stabilan megtanítani. Fel lehet ugyan adni 30 szót is, de azokat ha reprodukálni tudja is a tanuló, helyesen használni nem fogja tudni: sémakészletébe még nem épülnek be. Még lassúbb folyamat, amíg az egyes nyelvtani szerkezetek, stíluslemek kész sémákká érnek. Mármost ha ezek alapján becsüljük a tanuló

sémakészletét (és feltesszük, hogy ezeket a sémákat nagyjából valóban el is sajátította, ami a sikeres nyelvvizsgálóhoz természetesen szükséges), körülbelül a mesterjelölt szint nagyságrendjét kapjuk meg.

A japán középiskolákban az alapvizsgánál kb. 1800 alapvető japán írásjel ismeretét és helyes használatát követelik meg. Mostani terminológiánkkal azt mondhatjuk, hogy a kritérium az, hogy az írás mesterségében a tanuló éri el a mesterjelölt szintet. Valóban, ha megkíséreljük megfogalmazni, hogy mit is kellene elvárni attól a tanulótól, aki a japán írás-olvasás alapvizsgáját leteszi, nagyjából ugyanazt fogjuk mondani, amit a sakkmesterjelöltről mondtunk.

Ismét szépen összezsengenek a dolgok: a japán középfokú nyelvvizsga követelménye is nagyjából ennyi. Ez persze nem azt jelenti, hogy ha egy magyar ember megtanulja japánul ezt az 1800 jelet, akkor annyira fog tudni japánul, mint egy 16 éves japán. Utóbbi sokkal jobban tud japánul (látni fogjuk, hogy az anyanyelvén szinte mindenki mester), de az írástudománya körülbelül olyan szintű. Csak persze az írástudomány nem önmagában számít, amögött ott van egy sokkal általánosabb hétköznapi tudás és nyelvtudás is. A sakkmesterjelölt is sokkal többet ért, mint amit aktívan meg tud valósítani, nagyjából érti a mesterjátszmákat. A 16 éves japán kamasz is sokkal több írásjelet megért, mint amennyit helyesen használni is tud. A környezetéből pedig még sokkal többet ért. Egészen másként dobban meg a szíve a cseresznyevirágzás hallatán, mint annak a magyarnak, aki sikeres középfokú japán nyelvvizsgát tett.

Ugyanilyen alapon kiszámolhatjuk azt is, hogy körülbelül hány szakmai sémát ad egy egyetem elvégzése. Itt is a mesterjelölti szint nagyságrendjét kapjuk, főleg ha figyelembe vesszük az egyes tantárgyak közötti redundanciát. Ez is mutatja, hogy miért van szükség posztgraduális képzésre: ez felel meg körülbelül a Zeneakadémia mesterképző kurzusainak. Valószínűleg nem tévedünk sokat, ha azt mondjuk, hogy egy frissen végzett diplomás a szakmáját mesterjelölt szinten érti. A legjobbak talán már az egyetem végére megközelítik a mesteri szintet, de a diplomakövetelmény a mesterjelölti szint eléérése.

A szakmai fejlődés lépcsőfokai

Ahogy a nyelvtanfolyamokon megkülönböztetnek kezdő, középhaladó stb. szinteket, ugyanúgy általánosságban is meghatározhatjuk a szakértelem különböző szintjeit. Eddig két szintet emeltünk ki: a mesterjelölt és a nagymester szintjét. A skála a kezdőtől a nagymesterig nyilván többé-kevésbé folytonos mind a hozzáértés minősége alapján, mind az ismert sémák száma szerint. Ebből a skálából jónéhány szintet külön néven is szokás minősíteni. Ezúttal négy szintet fogunk megkülönböztetni, és megnézzük, hogy mi jellemzi az egyes szinteken álló személyek gondolkodásmódját. Lehetne a szintek számát szaporítani és az elemzést finomítani, megkülönböztetni a harmadosztályú sakkozót a másodosztályútól, az egyszerű mestert a nagymestertől (valóban, a későbbiekben mesterekről és nagymesterekről is fogunk beszélni), de a leglényegesebb jelenségeket már e négy szint is mutatja.

A hozzáértés fejlődését klasszikusan (Platón óta) aszerint szokás vizsgálni, hogy milyen mértékben vonatkoztat el a tanuló a konkrét tényektől, a speciális esetektől, és alkalmaz egyre általánosabb, absztraktabb, egyre inkább formalizált szabályokat. Ahogy az állatok viselkedésében mindig azt látták meg a kutatók, amit vizsgálati szempontjaik, éppen aktuális paradigmáik lehetővé tettek számukra (95. o.), úgy a klasszikus elképzelésre alapozó vizsgálatokban is a szakmai fejlődés egyre magasabb szintjein egyre absztraktabb szabályok alkalmazását észlelték.

Homlokegyenest ellentétes következtetésekre jutott H. L. Dreyfus és S. E. Dreyfus. Tapasztalván, hogy a mesterséges intelligencia általános, formális megközelítései milyen kevés sikerrel jártak, abból indultak ki, hogy az igazság talán éppen a klasszikus feltételezés ellenkezője: a szakértelem fejlődése során az általános, bármilyen területen alkalmazható szabályokat helyettesítjük az adott szakterület számtalan speciális szabályával. Így a szaktudás sok speciális ismeretből áll össze. Dreyfusék öt szintet különböztetnek meg két fő szempont alapján. Egyik szempontjuk, hogy a különböző szintet elért emberek milyen mértékben formalizált, mennyire általános szabályok szerint, illetve intuitíven, szakmai analógiák alapján gondolkodnak. A másik szempontjuk az, hogy ki mennyire kezeli szakmai ismereteit egymástól független tényekként, illetve az adott szakma többi tényeivel szoros összefüggésben. ①

A kétféle megközelítés látszólag egymással ellentétes, mégis mindkettő tartalmaz igazságot. A sémák számának viharos növekedése Dreyfusék megközelítését látszik igazolni, de azt is tudjuk, hogy a nagymesterek nemcsak ②

több sémát ismernek, mint a kisebb tudásúak, hanem sémáik sokkal bonyolultabbak is. Ez viszont a klasszikus megközelítést támasztja alá: a bonyolultabb sémák nyilván általánosabbak. Csakhogy itt nem feltétlenül egy absztrakt, formális logikai értelemben vett általánosságról van szó, hanem egy speciálisabb, a szakmai dolgok logikájának megfelelő általánosságról.

Mi az ismert szakmai sémák mennyiségéből indultunk ki. Azt tapasztaltuk, hogy egy adott mennyiségű sémaismerethez tartozó tudás, hozzáértés egészen különböző szakmákban is nagyjából hasonló értékűnek bizonyul (legalábbis a mesterjelölti és a nagymesteri szint esetében). Négy vizsgálandó szintünket a sémamennyiség négy különböző nagyságrendjének feleltetjük meg.

1 Az első szint a kezdő szintje. A kezdő csak nagyon kevés konkrét ismerettel rendelkezik új szakterületéről, ezért itt is általános, hétköznapi sémáit próbálja alkalmazni. Vannak szakmák, ahol ez többé-kevésbé eredményes lehet, mivel sok hétköznapi séma vonatkozik az illető szakterület témájára is. Ilyen például a pszichológia, a politikatudomány, az esztétika, sőt valamennyire a közgazdaságtan vagy a biológia is. Más szakmákban azonnal nyilvánvaló, hogy a hétköznapi sémák nagy része csődöt mond, például a matematika, a fizika, a kémia területén. Az előbbi területek azok, amelyeken a nagymester később érik nagymesterré, az utóbbiak azok, ahol korábban.

2 A következő szint a haladó szintje. A haladó már ismer néhány száz szakmai sémát, de ez kevés ahhoz, hogy pusztán szakmai sémái segítségével ki tudja magát fejezni (elsősorban önmaga számára), és szakember módjára, ilyen hozzáállással tudjon megoldani feladatokat. A haladó szakmai sémái állandóan keverednek az általános, hétköznapi sémáival. Ha szakemberrel konzultál, azonnal kitűnik, hogy még nem érti eléggé a szakmát. Ha teljesen kívülállóval beszél, azzal sem könnyen ért szót, mert már túl gyakran próbál a kívülálló számára ismeretlen fogalmakkal dolgozni, és még nem tudja ezeket a fogalmakat a hétköznapi szintre visszaegyszerűsíteni. Kívülről nézve ez gyakran olyan, mintha nagyképűsködne a tudásával, pedig nem mindig erről van szó. A haladó már sok szakmai tényt ismer, de ezek nagy része még nem a szakmai sémákhoz kötődik.

3 A mesterjelölt lényegében elsajátította a szakma alapjait. Ismer és képes alkalmazni néhány ezer szakmai sémát, és különválnak szakmai és hétköznapi sémái. Beszéli a szakmai zsargont, képes kifejezni magát a szakma sémáival, és ez nem keveredik benne a hétköznapi sémákkal: szót ért a szakmán kívüliekkel is szakmai kérdésekről (már amennyire általános kifejező-készsége megengedi). A mesterjelölt gondolkodása analitikus: a problémákat sémái segítségével lépésről lépésre oldja meg. Amit a szakmában tud, azt

szakmai fogalmakkal kifejezve át is tudja adni más szakmabelinek: vitaképes és racionális.

4 A nagymester több tízezer szakmai sémát ismer, amelyek nagy részét nem képes szavakkal, érvelésszerűen kifejezni. Nehéz vitahelyzetekben többnyire telibe találó analógiákkal, nem közvetlen szakmai érvekkel fejezi ki magát. Gondolkodása *intuitív*: egzakt szakmai levezetések nélkül képes egy-egy probléma lényegére tapintani és megoldását megtalálni. Problémamegoldásának alapeszköze nem a levezetés, a helytelen megoldások rendszeres kizárása, a racionális keresés, hanem a ráérzés a helyes megoldásra.

Az intuitív gondolkodás

A nagymester gondolkodása kicsit olyan, mintha egy külön, saját nyelvet beszélne, amely nyelv kifejezetten a szakma elemeiből épül fel. Anyanyelvén mindenki intuitívan beszél: beszéd közben fogalmunk sincs arról, hogy mi lesz a mostani utáni hatodik szavunk, mégis azt mondjuk, amit mondani akarunk. Hasonló a helyzet a saknagymesterrel is: nem kombinál lépésről lépésre előre (csak nagyon konkrét, éles helyzetekben, analóg módon azzal, amikor az ember egy szituációban érzi, hogy most nagyon pontosan kell fogalmazni és lelassul, keresi a szavakat). Ha a saknagymester hosszan gondolkodik, többnyire nem azt számolgatja, hogy mi történik, ha én ide lépek, ő meg oda, hanem azon töri a fejét, hogy mi legyen a *mondanivalója* az adott helyzetben. Nem kombinációkat keres, hanem gondolatokat, ugyanúgy, mint ahogy az ember írás közben többnyire nem szavakat keres, hanem érveket, gondolatokat.

Sokféle nyelv van, a művészek pontosan tudják, hogy a festészetnek, az irodalomnak, a zenének is megvan a maga nyelve és (az esztéták, de főleg a kritikusok nagy bánatára) alig fejezhető ki szavakkal az, hogy valaki helyesen, színvonalasan használja-e művészete nyelvét vagy sem, és ha nem, mi nem stimmel. Alkalmasint lehet a hétköznapi nyelv (beleértve a nyelvbe a mindennapi viselkedés általános sémáit is) teljesen bomlott, míg egy másik nyelv tökéletesen ép.

Fülep Lajos mondja: „Nemcsak Aristoteles logosa és logikája van, és az, ami a filozófia történetében máig is ezen a néven szerepelt és szerepel; van másik is, például a művészi látás logosa, rációja — azért mondom így, hogy például, mert rajta kívül van még másik is, nem egy, de itt most éppen ez az egy érdekel. Ezt a logost és a többbit, a filozófia kezdettől máig nem értette, nem látta adekvátan, minélfogva elhanyagolta, és az emberiséget

igen fontos területen tájékozatlanul hagyta. (...) Elképzelhetetlen és szinte hihetetlen az a világosság, logika, következetesség, amellyel Csontváry ezeket a képeket megfogalmazta, s azután, mivel nagy méretük miatt sokáig tartott a megfestésük, koncepcióját következetesen végig vitte — minden formát, vonást, színt, árnyékot, árnyalatot előre pontosan látott, bármikor bármelyik részén dolgozhatott a képnek, mindig az egészet látta készen, nem esett ki belőle, nem kellett utóbb összehangolnia. Nincs az a matematikai művelet, amely precízebb lehet.”

Lehet, hogy Csontváry festményei a skizofrén alkotások típuspéldáiként is bemutatathatók, de az biztos, hogy egy-egy ilyen kép megalkotásához valamilyen szempontból tökéletesen ép ész kell. Csontváry képei mellesleg valóban különösen alkalmasak a bomlott hétköznapi értelem tüneteinek tanítására, ugyanis nem kell külön magyarázni, hogy ez itt a bomlott értelem tünete, ez pedig csak azért furcsa, logikátlan, mert a kép rossz. Beszélheti tehát valaki a festészet nyelvét nagymesteri szinten anélkül, hogy a hétköznapi nyelvet akár mesterjelölt szinten bírná. Ugyanezért érezzük hitelesnek Stefan Zweig Sakknovellájában a világbajnok figuráját. Ezek a példák hitelesek, de nem tipikusak. A tipikus inkább az, hogy a nagymester szakmai nyelve teljesen függetlenül működik hétköznapi nyelvétől; a két területen elért színvonal egymást nem befolyásolja. Lehet mindkettő nagyon magas, lehet csak az egyik.

Anyanyelvének megértésében, a hétköznapi helyzetek kezelésében a legtöbb ember mesteri (de nem nagymesteri) szinten áll. Az aktív fogalmazásban, a helyzetek kialakításában már az emberek többsége csak mesterjelölt színvonalú. Megértjük és élvezzük a szép stílusú, műves szöveget, de csak kevesen képesek úgy írni.

Gyakran előfordul, hogy ugyanazt az érvet a mesternek elhisszük, a tanítványnak nem. Valahogyan a mester érve teljesen hiteles számunkra, a tanítványé nem. Ennek oka nem feltétlenül a sznobizmus vagy a tekintélytisztelet. Inkább talán az, hogy a tanítvány ugyanazt a szakmai gondolatot racionálisan, lépésről lépésre képes csak kifejtteni, amit mi is racionálisan értünk meg. A nagymester intuitív érvelését mi is intuitív szinten fogadjuk el, ha amúgy nem ellenkezik saját szakmai sémáinkkal.

A szakma tanulása

Általában a szakmák megtanítására a mesterjelölt szintig vezet teljesen kikövezett út, eddig lehet eljutni lépésről lépésre, ésszerű és jól számonkérhető vizsga- és gyakorlati követelményeket támasztva. Tarrasch, századunk elejének nagy német sakkmeistere állította, hogy bármelyik átlagosan értelmes közepes sakkozót egy évi intenzív tanulással fel tud hozni az I. osztályú szintre. (Ez akkoriban nagyjából a mai mesterjelölti szintnek felelt meg.) Hogy azonban ezután lesz-e belőle mester, sőt nagymester, azt már nem tudja garantálni. Azért persze a konkrét tanítvánnyól sejtí; minden pedagógus, akinek már volt kiemelkedően tehetséges tanítványa, megérzi még akkor is, ha maga nem nagymester szintű művelője a szakmának.

A kezdő számára az újonnan tanult szakmai tények még szinte kizárólag a hétköznapi sémákba szerveződnek. Ezért veszi olyan nehezen észre az összefüggéseket. Általában idegesítően lassan old meg feladatokat, sakkozni sem nagy öröm kezdővel. Minden egyes szabályt, tulajdonságot, amit tanult, máshonnan, külön-külön kell összeszednie. Nem látja a dolgokat összefüggéseiben, de nem is viselkedik logikátlanul: hétköznapi logikáját alkalmazza. A logikátlanság a haladók tünete, akik már megkísérlik használni szakmai sémáikat olyan esetekben is, amikor azok még nem kielégítőek a probléma megoldásához, holott a józan paraszti ész egészen megnyugtató megoldást adna. A mesterjelölt szint elérésével azután elmúlik a logikátlanság, helyébe a szakszerűség lép. Összeállnak a sémák. A mesterjelölt képes azt, amire gondol, hasonló rendszer szerint visszaadni, mint ahogy a szakmát tanulta. Úgy gondolkodik, ahogy kell.

A mesterjelölt szint fölött a szakmai sémák egyre nehezebben fejezhetők ki szavakkal. A tanítás stílusa is módosul, a tanár egyre inkább félszavakkal fejezi ki magát és a tanuló egyre inkább megérti ezeket, gondolkodása egyre intuitívabb lesz. Ahogy a sakknagymester agyában nem konkrét kombinációk, hanem kész gondolatok járnak, ugyanúgy nem a rovar konkrét jellemzőit méricskéli az entomológia nagymestere, amikor egy ritka példányt meghatároz, hanem a teljes rovar egészéről igyekszik képet alkotni. A nagymester szintű orvos is az egész betegséget, sőt az egész beteget látja egyben, amikor diagnózist állít fel.

Az orvostanhallgató egyes tüneteket lát, a végzett orvos szindrómákat, teljes, de még mindig pontosan leírható tünetegyütteseket. Csak a belgyógyászat tankönyve mintegy kétezer oldalas, és oldalanként átlagosan 100 ténny tartalmaz. Ez összesen mintegy 200 000 tény, amit a frissen végzett szakorvos ismer. Ez szerveződik benne össze néhány ezer sémába. A mesteri

szint felé vezető úton konkrét tényekkel is bővül a repertoárja, de sokkal lassúbb ütemben. A vesegyógyászat kézikönyve kb. 60 000 tényt tartalmaz, a szívgyógyászaté 90 000-et. Mire az orvos a nagymesteri szintet eléri, az újabb sémák száma egy nagyságrendnyit nő, a tények száma aránylag sokkal kevesebbet. A nagymesteri szint felé közeledő orvos egyre komplexebb sémák szerint látja a betegségeket, és egyre kevésbé képes szavakkal kifejezni azt, hogy hogyan jutott a diagnózisra. A diagnózist magát persze már a mesterjelölt is érti, az már az orvostudomány rendszerén, paradigmáján belül kell hogy legyen.

Még a matematika nagymesterei sem levezetésekben gondolkodnak, amikor egy feladatot megoldanak vagy új matematikai igazságok után kutatnak. Sokkal általánosabb, komplexebb sémákat, többnyire valamiféle belső képeket használnak. Ezeknek a képeknek a jellege, stílusa nagyon sokféle, egyéni lehet. Az ilyen képeknek azonban már nyoma sincs a matematikai könyvekben, még kevésbé a szakcikkekben. J. Hadamard, nagy francia matematikus bátor elhatározással egy hosszú esszét írt a matematikai invenció pszichológiájáról. Ebben leírja saját foltszerű, homályos képeit, amelyek matematikai fogalmait kísérik. A képek még annyira sem érthetők annak, akiben történetesen másfajta képek formájában élnek a matematikai fogalmak, mint az absztrakt festészet legérthetetlenebb alkotásai. Pedig amikor definíció, tétel és bizonyítás lesz belőlük, a szakmabeli számára tökéletesen érthetővé válnak.

A matematikus nagymester amikor a bizonyítás első sorát felvázolja, már szinte biztosan tudja, hogy a levezetés menni fog, jóllehet esetleg még több heti munkája lesz vele, amíg a matematikai közlés szokásos szabályai szerint (tehát a szakma mesterjelöltjei számára is érthető és egyértelmű módon) leírja. Még a teljesen egzakt matematikára sem igaz tehát, hogy művelője a matematika kodifikált, formális nyelvén gondolkodik.

A mesterjelölt nyelve többé-kevésbé uniformizált, szakszerű, megfelel a tudományos közlés elvárt stílusának. Ez a nyelv racionális és az adott szakma által megkövetelt mértékben absztrakt. A nagymester egyéni, saját belső nyelvet használ, amely rengeteg olyan fogalmat, sémát tartalmaz, ami csak ezen az egyedi nyelven belül érthető. Ezen a nyelven gondolkodik, old meg problémákat, és csak az eredményt, a megoldást fordítja vissza a szakma hivatalos nyelvére.

Jacques Monod Nobel-díjas biológus Véletlen és szükségszerűség című könyvében kifejti, hogy az élő dolgok mindegyike olyan, hogy felépítése, működése nem mond ellent a biológia törvényeinek, de nem is következik azokból. Még a homo sapiens is egy roppant esetleges állatfaj; a biológia

törvényeiből nem következik, hogy szükségszerűen ki kellett alakulnia. Mégis érvényesek rá is a biológia törvényei. Hasonló a helyzet a nagymester belső nyelvével is: nem következik a szakma alapnyelvéből, paradigmájából, de nem is mond annak ellent. Ahány nagymester, annyi egyedi, egyéni belső nyelv, annyi gondolkodási stílus.

A sémák mennyiségi növekedésének határai

Gondoljuk meg, mi történhet, amikor a mesterré válás alig néhány éve alatt a sémák száma tízezrekre szaporodik, holott előtte a mesterjelölti szint néhány ezer sémájának kialakítása is legalább ennyi ideig tartott. A sémák száma mértani haladvány szerint nő (tehát állandó időegységenként megduplázódik). Ilyenfajta növekedés a természetben általában akkor fordul elő, ha bizonyos dolgok osztódással szaporodnak. Ilyenkor az egyre gyorsuló növekedés addig szokott tartani, amíg a szaporodás semmiféle akadályba nem ütközik. Kimutatták, hogy 1,5–4 éves kor között a gyerekek szókincse is hasonló ütemben nő. A természetben persze minden ilyen ütemű növekedés előbb-utóbb korlátokba ütközik (például a népességrobbanásnak is valahol meg kell állnia). Ugyanígy áll a helyzet a sémák szaporodásával is. A mesterjelölt szint nagyjából az, ahol a tapasztalatok szerint az első komoly esély van arra, hogy a (akkor még aránylag lassú) növekedés megálljon.

Másfelől azt tapasztaltuk, hogy az összes vizsgált szakmában minden ember esetében megállt a növekedés legkésőbb a néhány tízezres (legfeljebb kb. százezres) sémaszám elérésénél; a legnagyobbak sem voltak kivételek ez alól. Ezzel persze az egyének fejlődése nem áll feltétlenül le, hiszen a sémák folytonosan változnak és egyre bonyolultabbakká is válhatnak. Ez tehát még nem zárja ki azt, hogy a jó pap holtig tanuljon.

Egyik esetben sem az emberi memória korlátozott kapacitása okozza a határt. A biológusok és a pszichológusok is valószínűnek tartják, hogy az ember teljes memóriakapacitásának csak egy kis részét használja ki élete folyamán. Lehetséges, hogy itt inkább egyfajta (illetve kétfajta: a mesterjelölti illetve a nagymesteri) komplexitás elérése állítja meg a növekedést. A legtöbb működési, szerkesztési elv azt is meghatározza, hogy legfeljebb milyen méretekre, milyen komplexitásra alkalmazható. Az evolúció gondoskodik arról, hogy az élő rendszerek ne nőjenek nagyobbra, mint amennyit a szerveződési elvük lehetővé tesz: amelyik rendszerbe valamilyen okból nem épül bele egy, a komplexitást szabályozó mechanizmus, az az élő rendszer menthetetlenül kihal, mint a dinoszauruszok.

Ha az RTM-HTM modell, sőt maguk a sémák is valójában fizikailag nem létező dolgoknak bizonyulnak, ha kiderül róluk, hogy csak gondolkodásunk mélyebb szervező elveinek epifenoménei, akkor valószínű, hogy az imént felismert két komplexitáshatár ezen mélyebb szervező elvek következménye. A sémafogalomra épülő paradigmánk erejét jellemzi, hogy ilyen, saját keretein túlmutató jelenségek felismeréséhez is el tudott vezetni.

12. Egy szakma – egy nyelv – egy észjárás

Egy neves orvosprofesszorról mesélik a következő történetet. Valamilyik félév elején tanszéke összeült, hogy megbeszéljék a félévi előadások tartalmát. Az egyik előadó vázolta, hogyan szándékozik felépíteni a veséről szóló előadásokat. Parázs vita kerekedett a tanszék vesespecialistái között az elképzelés bizonyos részleteiről. Egy idő után a professzor a következő szavakkal vágta el a vitát: Ebben a félévben így működik a vese.

Szó sincs cinizmusról. A professzor mindössze azt állapította meg, hogy ugyan az előadó által összeállított kép több részletében vitatható, de ezek a tudomány pillanatnyi állása számára is vitakérdések. Az előadás szemlélete azonban megfelel a tudomány szemléletmódjának, paradigmájának; alkalmas arra, hogy az orvostanhallgatókban alapjaiban helyes elképzelést alakítson ki. Lehet, hogy ugyanez másféle felépítéssel, részben más elképzelések alapján is elérhető, de az előadó által felvázolt kép is jól szolgálja a célt: az orvosi gondolkodásmód kialakítását.

A tudományok szemléletmódját sohasem direkt formában oktatják. Ha a szakmai látásmódot közvetlenül, önálló anyagként tanítanák, az a hétköznapi sémákba szerveződven egyéb hétköznapi sémáknak ellentmondana. Mivel a hétköznapi világot a legtöbb ember mestéri szinten érti, a betolakodó új eszmék igen erős és logikus ellenérvekkel találkozónának. A tanulás könnyen meddő vitákba torkollana; az újfajta gondolkodásmód külön sémái nehezebben alakulnának ki.

A szakmai látásmód kialakításához a hétköznapi gondolkodást mindeképpen meg kell bolygatni. Logikusan gondolkodik az a gyerek, aki az első németóráról azzal megy haza, hogy ő már tud németül: tanulta, hogy a lámpa az die Lampe, a táska az die Tasche, akkor nyilván az alma az die Alme a macska pedig die Macske. Nem szerencsésen kezdték a tanítást: anyanyelve sémáit, hétköznapi logikáját mozgósították.

A tananyag nehéz részei

Jean Piaget a kisgyerekek gondolkodásának fejlődésében figyelt meg két ellentétes irányú folyamatot: az *asszimilációt* és az *akkomodációt*. Az asszimiláció az a folyamat, amikor egy új ismeretet beépítünk már meglévő sémáinkba. Ennek megfelelően szubjektíven átalakítjuk, torzítjuk az észlelt anyagot. Az asszimiláció legtisztábban a gyerekek játékaiban érhető tetten, amikor a gyerek a külvilág tárgyait bevonja a játékba, elvárásaihoz hasonítja, és ennek megfelelően meséli el. Az akkomodáció az a folyamat, amikor meglévő sémáink alapján egy új helyzetben új sémát hozunk létre. Az akkomodáció tipikus gyerekkori példái a mintakövetés és az utánzás. Ilyenkor gyakori az a jelenség, hogy az újraszerveződött sémák hatására valamilyen régebbi élmény, ismeret akaratlanul is módosul bennünk.

Sokféle pszichológiai kísérlet eredménye utal egybehangzóan arra, hogy új sémák csak a meglévő sémákból alakulnak ki. Nagyon keveset tudunk arról, hogy mifélek lehetnek azok a sémák, amelyekkel már születésünkkor is rendelkezünk. Mire azonban a szakma tanulásának az ideje elérkezik, hétköznapi sémáink már meglehetősen fejlettek, a mindennapi életben egészen jól eligazodunk. Anyanyelvünket (beleértve ebbe a viselkedés, a társas kapcsolatok nem verbális szabályait is) legalább mesterjelölt szinten beszéljük és ennél magasabb szinten értjük. A szakmák tanítása stabilan építhet egy meglévő bonyolult sémarendszerre, a józan hétköznapi ész erejére.

Jónéhány tudomány alapismereteit megtanuljuk az általános- és a középiskolában. Az iskolai tantárgyak célja azonban nem a szakmák speciális szemléletmódjainak mély megértése. Az iskolában a cél az, hogy megtanuljuk az egyes tudományok ismeretanyagának azt a részét, amely a hétköznapi gondolkodás rendszerébe is értelmesen, viszonylag kevés ellentmondással beilleszthető. Már ez is rengeteg új fogalom, új séma kialakítását igényli, minden tantárgyban megvannak a közismerten „nehéz részek”, amelyek az akkomodáció működését követelik meg. Az evolúció, a forradalmi helyzet, az anyag- és energiamegmaradás sémáit középiskolás fokon metaforikusan, egyéb hétköznapi sémáinkkal szoros összefüggésben kezeljük, nem szakszerűen, hétköznapi sémáinktól elvonatkoztatva, ezernyi egyéb szakmai séma összefüggéseiben.

Az egyetemeken általában nemigen építenek közvetlenül a középiskolában tanultakra, mindent előlről, újra vesznek. Többéves középiskolai anyag néhány előadásba sűrítődik. A nyelv absztraktabb, a hétköznapi, általános példák helyett speciális szakmai eseteket ismertetnek. Az érvelés rendszere

formálisabb, az analógiákra, a dolgok logikájára építő következtetések szerepét jórészt a formális logika szillogizmusai veszik át. Ezek az eszközök mind arra irányulnak, hogy kialakuljon egy saját belső logikán alapuló, a szakmára jellemző látásmód. Nem az a fő kérdés, hogy a vese hogyan működik, annak igazi megértéséhez az élet működésének alapjait kellene teljes általánosságban érteni, ez pedig egyelőre kívül esik a tudomány paradigmáin. A fő kérdés, hogy hogyan, milyen keretek között kell látni a vese működését.

Ha a helyes látásmód kialakult, abba az újabb felfedezések, tudományos eredmények nagy része asszimilálható. A szakembernek szakmája műveléséhez és a fejlődés naprakész követéséhez csak ritkán van szüksége sémái alapvető átrendezésére, akkomodációra. Kialakult benne az a fogalmi alap, amelyben a hétköznapi intuíció helyét átveheti a szakmai intuíció. A meseterjelölt képes a szakma gyakorlati alkalmazására, és amennyire tehetsége engedi, elindulhat a mesterré válás útján.

A tehetség

A tehetség egyike a leghomályosabb, legillékonyabb hétköznapi fogalmainknak. Jelenlétét egyértelműen érzékeljük, de nemigen tudjuk megfogalmazni, hogy miből látjuk. Talán a leginkább lényegre tapintó definíció: tehetséges az, aki többet tud, mint amennyit tanult. De ez a definíció inkább költői, mint tudományos: kísérleti eszközökkel nemigen fogható meg. Nem tudjuk, hogy ki milyen ismereteket hoz magával a laboratóriumba. A pszichológusok, amikor tehetséges embereket akarnak vizsgálni, általában bizonyos teljesítményszinthez kötik kritériumukat. Mondjuk jeles tanulókat, vörösdiplomásokat, matematikai olimpikeket vagy Nobel-díjasokat vizsgálnak. De a tehetség hétköznapi fogalma nem azt fejezi ki, hogy valaki milyen szinten teljesít, az eredményességnek rengeteg egyéb összetevője is van.

Itt sem fogjuk a tehetség rejtélyét megoldani, ez a kérdés a tudomány jelenlegi paradigmáin kívül esik. Arra azonban mégis alkalmasak eddig összehordott gondolataink, hogy a tehetség egy kevésbé vizsgált aspektusán elgondolkozzunk.

Egyszer egy neves pszichológus egy társaságban azt találta mondani egy tanítványáról, hogy rendkívül tehetséges. Egy matematikus azonnal rákérdezett, hogy mit jelent az, hogy valaki tehetséges pszichológus. Olyasfajta választ kapott, hogy hát azt valahogy megérzi az ember. A pszichológus nem kérdezett vissza, hogy mi az, hogy valaki tehetséges matematikus. Az

valahogy magától értetődőnek látszik: meg tudja oldani a feladatokat, jó eredményeket ér el a matematikai versenyeken. De hát mindezek mellékes jelenségek, nem erre gondolunk, amikor tehetségről beszélünk. Akár azt is mondhatnánk az eredményességre, hogy a tehetség epifenoménje, ha megelégszünk azzal, hogy a tehetség szót a hétköznapi intuíciónak szerint használjuk. Azért is jogosnak látszik ez, mert sok elkallódott, eredményessé sohasem vált tehetséget látunk magunk körül, akikről valahogy mégis érezzük, hogy roppant tehetségesek. Mások hosszú eredménytelenség, iskolai bukdácsolás után rukkolnak ki hatalmas eredményekkel; ők addig nem voltak tehetségesek?

Jellemző, hogy az Értelmező szótárban is éppen az a szó jelenik meg a tehetség definíciójában, amelyről korábban (77–78. o.) említettük, hogy szinte szinonímája annak, hogy fogalmunk sincs a dolog lényegéről: „valamire való *hajlam*, *képesség*”.

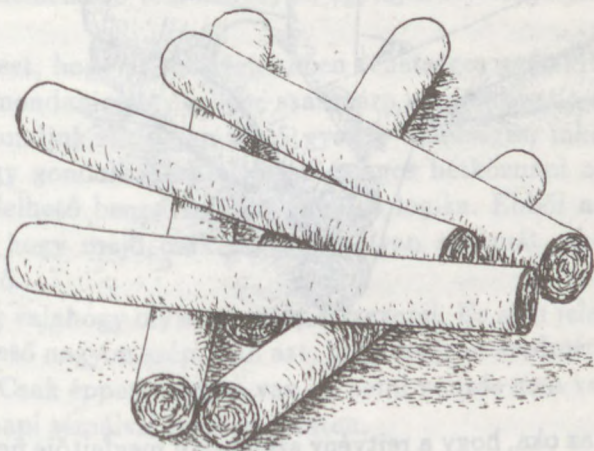
Jobban megragadta a dolog lényegét az a matematikatanár, aki egy rendkívül tehetséges diákjáról (aki később többször nyert nemzetközi matematikai diákolimpiát is) azt mondta: olyan, mintha a fejében már eleve meglenne az összes matematikai struktúra, nekem szinte az egyetlen dolgom, hogy megmondjam neki a nevüket. A tehetség egyik fontos jellemzője, hogy eleve helyesen látja a dolgokat. Homályos, de az eddigiekkel összhangban levő megfogalmazással: a tehetség hétköznapi sémái hasonlóan szerveződnek, ahogy a szakma is megköveteli. Neki nem okoz erőfeszítést a szakma nyelvének megtanulása. Ebből az is nyomban következik, hogy a tehetség többet tud, mint amennyit tanult: egy feladat megoldásában hétköznapi intuíciói is segítik. Ez magyarázza a gyakran tapasztalható „rút kiskacsá” effektust is. (Andersen meséjének rút kiskacsájáról van szó, akit gyerekkorában sokat csúfoltak, mert kiskacsának rút volt, de később gyönyörű hattyúvá fejlődött.)

Innen nézve már ugyanazt jelenti, ha egy pszichológus mondja tanítványára, hogy tehetséges, mint ha a matematikus mondja. Mindketten azt fejezik ki, hogy a tanítvány részletes magyarázatok nélkül is helyesen, megfelelő módon látja a szakmai kérdéseket, magától értetődő, hétköznapi természetességgel tapint a lényegre. Többet tud, mint amennyit tanult.

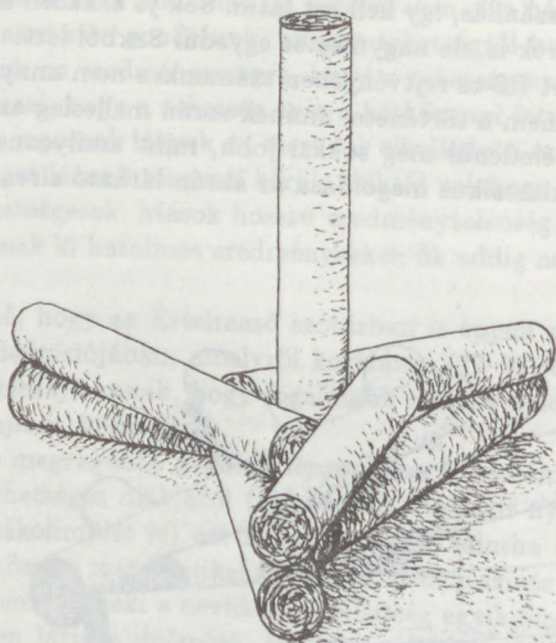
Jellemző példa a helyes látásmód megnyilvánulására (mondhatjuk: erre a sémára) az, amikor egy úttörő sakkcsapatban az edző bemutatott egy bizonyos pontra vagy sem. Mindenki mondott valamit, hogy nyugodtan üssünk ezért és ezért, vagy hogy ne üssünk azért és azért. Sax Gyula (akkor 14 éves)

csak hümmögött, és annyit mondott, hogy „gyanús”. Az edző erre fellelkesedett: ez a helyes hozzáállás, így kell ezt látni. Sok jó sakkozó lett abból a csapatból, még mesterek is, de nagymester egyedül Saxból lett.

A Nulladik fejezet R6-os rejtvényében számunkra nem annyira maga a feladvány érdekes, hanem a története, aminek során mellesleg az is kiderül, hogy ez a rejtvény véletlenül még sokkal jobb, mint amilyennek szánták. Klasszikus rejtvény, klasszikus megoldása az ábrán látható elrendezés:



Itt hat cigaretta mindegyike minden másikat érint. Martin Gardner, aki a Scientific American „Matematikai játékok” rovatában évtizedeken keresztül adta közre a matematikai rejtvények folklórjának legszebb darabjait, egy alkalommal ezt a feladatot is kitűzte. Rengetegen megtalálták a klasszikus megoldást és be is küldték. Két megfejtő azonban mást küldött be, és ezzel elavulttá tette a klasszikus megoldást. Az ábrán látható elrendezésben hét cigaretta mindegyike érinti az összes többi! Ez az elrendezés egyébként talán még szebb is, mint a klasszikus megoldás.



Mi lehet az oka, hogy a rejtvény számtalan megfejtője nem jött rá erre a lehetőségre? Egyfelől az, hogy a klasszikus megoldás is annyira harmonikus és nem magától értetődő, hogy aki megtalálja, annak rejtvényfejtő gyakorlata azt súgja, hogy ezzel megvan a keresett harmónia, nyilván ez volt a rejtvény tartalma, mondanivalója. Másfelől még a matematikai, logikai rejtvényeket is egyszerűen rejtvényként, nem matematikai feladatként kezeljük. A paradigma, a hivatkozási alap a józan hétköznapi ész, amelynek igényeit a szép és nehezen megtalált hat cigarettás megoldás kielégíti. Annak bizonyítása, hogy hét cigarettából nem készíthető ilyen elrendezés, roppant nehéznek ítélik, a matematikai intuíció azt súgja, hogy egy ilyen bizonyítás csak csúnya, izzadságszagú lehet, ha egyáltalán megy. Egyébként nem ismerek teljesen egzakt bizonyítást arra sem, hogy a hét cigarettás megoldás már valóban az elérhető maximum, bár nagyon valószínűnek látszik. De hát a klasszikus megoldás is annak látszott.

Ha valaki komolyan nekivág, hogy a klasszikus megoldás megtalálása után egzaktul, matematikai eszközökkel bebizonyítsa, hogy több cigarettával

pedig nem elégíthető ki a feladat feltétele, akkor az ugyan valószínű, hogy a bizonyításban valahol elakad, de az nem nagyon valószínű, hogy ezen az úton megtalálja a jobb megoldást. Ebben az esetben a negatív bizonyítás eredményesnek ígérkező útjai egészen mások, mint a konstrukció gondolatvilága. Az új megfejtés két megtalálója szinte biztosan nem a matematika, hanem a hétköznapi rejtvényfejtés gondolatvilágában jutott el az új felfedezéshez. Valahogy gyanút fogtak, hogy a klasszikus megoldás mégsem elég kerek, teljes; ki tudja, hogy az ő belső nyelvükön ez hogyan fejeződhetett ki. Mindenesetre, ellentétben a legtöbb megfejtővel, ez a gyanú további keresésre ösztökélte őket, és az eredményesnek bizonyult. Lehet, hogy a matematikában nem kiemelkedő tehetségek, de egyfajta rejtvényfejtésben biztosan azok.

Gyakori eset, hogy egy egyértelműen tehetséges gyerekről nem tudjuk pontosan megmondani, hogy milyen szakmára vonatkozhat a rátermettsége. Amikor azt mondjuk, hogy az illető gyerek tehetséges, inkább csak arra érzünk rá, hogy gondolkodása eltér az átlagos hétköznapi nyelvtől és háttározottan észlelhető benne valamiféle belső logika. Ebből az érzésből azt vetítjük előre, hogy majd csak talál egy olyan szakmát, ahol ez a logika éppen megfelelő.

A tehetség valahogy olyasmi, mint a szexepil. Ez sem jelenti feltétlenül azt, hogy az illető nagyon szép, sem azt, hogy nagyon eredményes, mondjuk a csábításban. Csak éppen varázsa van. A nemi vonzás nem verbális nyelvet beszélő hétköznapi sémáival mesteri szinten.

A hétköznapi és a szakmai nyelv

A nagymester sok tízezer sémából összeálló belső szakmai nyelve nagy mértékben különbözik a hétköznapi nyelvétől; az utóbbi akár teljesen bomlott is lehet, de tipikus esetben átlagos. A fordított esetre példák az életművészek. Ők nagymesteri szintre fejlesztették magukban a hétköznapi viselkedés bizonyos területeire vonatkozó sémákat anélkül, hogy valamilyen konkrét szakterületen akár mesterjelölti szintet is elértek volna. A szociális érintkezés nagymesterei adott társadalmi közegükben. Don Juan vagy Casanova is nyugodtan nagymesternek tekinthető eme szempontok szerint, és akkor misztikumuk rögtön világossá válik: elérték területükön a nagymesteri intuitív gondolkodás szintjét. Racionális magyarázat nélkül ráéreznek a lényegre.

Finomabban vizsgálva kiderül, hogy Don Juan és Casanova nem ugyan-
annak a szakmának a nagymesterei. Akár úgy is mondhatjuk, hogy kü-
lönöző paradigmákban dolgoznak. Don Juan, legalábbis Byron és Mozart
Don Juanja, az érzékiség nagymestere, őbele szeretnek a nők. Ő maga nem
lesz szerelmes, csak csábít. Kierkegaard értelmezése szerint: „Minden nőben
a teljes nőiséget sóvárogja, ebben rejlik az az érzékileg eszményítő hata-
lom, amellyel egyszerre megszépíti és legyőzi zsákmányát. (...) Ezért foszlik
előtte a semmibe minden véges különbség, ha a földologgal veti egybe, azzal,
hogy az illető nő. (...) Ám semmiképpen nem szabad ezt úgy értelmeznünk,
mintha érzékisége vakság volna; ösztönösen nagyon jól tudja, hogyan kell
különbséget tenni, és mindenekeelőtt eszményít.” Ez Mozart Don Juanja.
Tirso da Molina száz évvel korábbi Don Juanja nem érzékiségével csábít,
hanem rangjával, lévén az ország egyik első arisztokratájának fia. Inkább
házasságszédelő, mint donjuan.

Casanova esete kevésbé sokértelmű; hitvallását tőle magától tudhat-
juk. Casanova, Mozart Don Giovannijával ellentétben, valóban beleszeretett
mindegyik nőbe; nem az általános nőiséget, hanem az egyedit, a megismétel-
hetlent látta meg bennük, és amit meglátott bennük, azt ki is tudta fejezni.
Don Juan életművész volt, Casanova művész. Erre nem annyira önéletírása a
bizonyíték, mint látásmódja, ahogy minden nőt a szerelmes szemével tudott
látni, valahogy úgy, ahogy a szobrász meglátja a kőben a szobrot.

A művészet alkotásaira hétköznapi eszünkkel rezonálunk, jóllehet egy-
egy mű egyfajta módosult tudatállapotot hozhat létre bennünk, ha befogad-
juk, ha hagyjuk, hogy hasson ránk. Ilyenkor a művet a transzlogika segít-
ségével érzékeljük: elfogadjuk világának logikáját és nem zavar bennünket,
ha ez helyenként ellentétben áll normál tudatállapotunk logikájával, mint
ahogy az 1. fejezetben sem zavarta a mély hipnózisban levő személyeket,
hogy két példányban látják a laboránst.

A tudomány alkotásait szakmai eszünk segítségével fogjuk fel, szakmai
sémáink rendszerében helyezük el. Ezért érthetetlen, unalmas a legtöbb
szakmai mű a szakmán kívül álló számára: nem érti a nyelvet, amin íródott.
Ez nem a tudomány vagy a tudósok nagyképűsége. Az európai tudományok
vívmányaik nagy részét éppen annak köszönhetik, hogy vizsgálataik nyel-
vét, eszközeit a lehető legnagyobb mértékben elválasztották a hétköznapi
nyelvtől.

A szakmai nyelv és a hétköznapi nyelv különválása nem teljesen általá-
nos érvényű, mint ahogy a keleti kultúrák mindennapjaiban sem általános
annak átérzése, hogy minden megkülönböztetés értelmetlen, minden azonos

mindennel. Az igazán elmélyült gondolkodás állapotában a tudós átélheti tudományának tökéletes különválását a hétköznapi dolgoktól, és mintegy módosult tudatállapotban, a világ dolgaitól teljesen különválva kutathat („észre sem veszi, ha körülötte ég a ház”). A szatori állapotában a megvilágosodott mester átélheti a világ egységének élményét, minden megkülönböztetés megszűnését.

A normál tudatállapotban mindkét kultúrában állandóan jelen van a hétköznapi gondolkodás is, jóllehet a kétfajta hétköznapi ész lényegesen különbözik. Eric Berne mutat egy jellemző példát a különbségre: „Egy kínainak, aki éppen beszállni készült a földalattiba, a vele tartó európai származású amerikai felhívta a figyelmét arra, hogy megtakaríthatnának húsz percet, ha expresszbe szállnának. Ezt meg is tették. Amikor a Central Parknál kiszálltak, a kínai — barátja legnagyobb meglepetésére — leült egy padra. Ugyanis megtakarítottunk húsz percet — magyarázta a kínai —, így megengedhetjük magunknak, hogy ezt az időt itt töltsük el, és élvezzük mindazt, ami körülöttünk adódik.”

A legszebb példák arra, hogy mennyire nem tud teljesen különválni a szakmai nyelv a hétköznapiétól, a matematika területén találhatók. Poincaré, miután kijelenti, hogy „a matematika az a nyelv, amelyen nem lehet kifejezni homályos, ködös dolgokat”, leírja, hogy mennyire különbözőképpen látja szakmai problémáit is attól függően, hogy franciául vagy angolul gondolkodik. Franciául, írja immár Stanislaw Ulam, századunk nagy lengyel matematikusa, általánosítások jutnak az eszembe, ez a nyelv tömörségre és egyszerűsítésre ösztökél. Angolul a dolgok gyakorlatibb oldalát látom meg, németül pedig olyan mélységek felé haladok, amelyeket maga az anyag gyakran nem is indokol. Lengyelül és oroszul a gondolatok lassan forrnak ki, ahogy a tea egyre erősebbé válik a csészében. A szláv nyelvekben gyakran összekötődnek nem szorosan összetartozó dolgok. Tegyük ehhez hozzá Karácsony Sándor észrevételeit a magyar észjárásról: „A magyar érvelés nagyon sokszor bízza az okfejtést a beszédhangsúlyra s ha kedve szerint élhet a szóval, kevesebb a logikai érve és több a társas-logikai, a beszédbeli érve.” Egészen tömören, aforisztikusan így foglalja össze hosszú okfejtését a magyar nyelv mélységes képszerűségéről: „Ami magyar, formájában primitív, tartalma szerint objektív.” Létezik egyfajta jellegzetes magyar matematikai stílus is, amelyre egy amerikai matematikus mondta tisztelettel, de nem minden kritikus él nélkül: a magyar matematikusok nagyon elegáns matematikát csinálnak.

A legfrappánsabb példa a hétköznapi és a matematikai gondolkodásmód összefüggésére a matematika történetének egyik legnagyobb alakjánál,

a hindu Srinivasa Ramanujannál figyelhető meg. Ramanujan sohasem írt le a mi szokásos matematikánk értelmében vett bizonyításokat. Eredményei inkább az intuíció csodálatos villanásai, és néhány ehhez tartozó érv. Ramanujan, barátai rábeszélésére 1913-ban levelet írt a kor egyik legnagyobb matematikusának, Geoffrey Harold Hardynak. Levelében leírta szegénységét, majd mellékelte 120 válogatott képletet. Hardy lelkesedése határtalan volt. Így írt: „Néhány formulája teljesen letaglózott; sohasem láttam előzőleg még csak hasonlókat sem. Egy pillantás elég volt ahhoz, hogy belássam, hogy azokat csak abszolút elsőosztályú matematikus írhatta. Helyeseknek kell lenniük, mert ha nem volnának azok, nincs ember, akinek a képzelete kitalálhatta volna őket.”

Hardy azt hitte, hogy Ramanujan bizalmatlanságból nem írt bizonyításokat a tételeihez. Hogy ezt eloszlassa, válaszában felsorolta, ki mindenkinek mutatta meg Ramanujan levelét, így ha meg nem engedett módon akarná az eredményeket felhasználni, Ramanujannak könnyű volna őt lelepleznie. „Ne haragudjon, hogy a dolgot ilyen szókimondóan tárgyalom. Nem tenném, ha nem törekednék arra, hogy Ön nyilvánvaló matematikai képességei kifejtésére jobb lehetőségeket kapjon.” Ramanujan válaszában kifejtette, hogy nem bizalmatlanság miatt nem írt bizonyításokat, hanem mert bár eredményei helyességében nem kételkedik, az utat, amelyen ezekre rájött, maga is heurisztikusnak érzi. Ramanujan Hardy segítségével a cambridgei egyetem munkatársa lett korai, 33 éves korában bekövetkezett haláláig.

Turán Pál írja Ramanujanról szóló tanulmányában: „Hardy tudta azt, amit Mikszáth hályogoperáló kovácsa nem tudott, hogy szolid matematikai megalapozás elvehetné Ramanujan intuícióját. Így csak olyan dolgokra tanította, melyek nemtudása krónikus hibákra vezetett; de hozzátette, hogy ő sokkal többet tanult Ramanujantól.”

Ramanujan matematikai stílusa a keleti gondolkodásmód terméke. Ezzel együtt, az indiai és japán iskolákban is hasonlóan tanítják a matematikát, mint Európában: a definíció — tétel — bizonyítás nyelvén. A mesterjelölti szint eléréséhez nem ismerünk más utat.

Nemcsak a szakmai gondolkodásra hat a hétköznapi nyelv, hanem fordítva is. Hardy egyszer Ramanujannal utazott taxin, és aktatáskáját a kosiban felejtette. Nagyon kétségbeesett, de Ramanujan megnyugtatta, hogy nincs baj, ő látta, hogy a taxi rendszáma 1729. Hardy nagyon megkönnyebült, de rögtön megkérdezte, hogy hogyan jutott eszébe megjegyezni egy ilyen érdektelen számot. Ramanujan azt válaszolta, hogy egyáltalán nem

érdektelen ez a szám, mert a legkisebb egész szám, amely kétféleképpen is előállítható két köbszám összegeként: $1729 = 1^3 + 12^3 = 10^3 + 9^3$.

Nagy dolog a szaktudás, már a mesterjelölt szintű szakember is könnyedén old meg hétköznapi eszünk számára teljesen reménytelen problémákat. De annak is katartikus hatása lehet, amikor a szakma nyelvéről visszatérünk a hétköznapi nyelvre. Freud pszichiáter kollégái egy alkalommal bolygatni kezdték, hogy mik lehetnek a lappangó indítékai annak, hogy Freud állandóan dohányszik. Mi lehet számára a szivar rejtett értelme. Egy idő után Freud teátrális mozdulattal így szólt: Uraim, ez csak egy szivar.

A szaktudományok kialakulása

Immanuel Kant szerint aki egy tudományt megtanult, az a tudományt tanulta meg. Kant ezt a gondolatot arra alapozta, hogy aki egy tudományt megértett, az megismerte az elmének azokat az elveit, amelyek minden tapasztalástól függetlenül eleve (*a priori*) léteznek és érzékeiteinket ismeretké formálják. Azóta azonban a tudományok sokkal komplexebbé váltak, ma egy bármilyen kitűnő biológusnak sincs sok esélye arra, hogy komolyan hozzászóljon az atomfizika problémáihoz. Egyre kevésbé vagyunk biztosak abban, hogy valóban létezik viszonylag kisszámú olyan elv, amire Kant filozófiáját alapozta. Az a tapasztalat teszi ezt kérdésessé, hogy a tudományok egyre speciálisabb, egymással alig összefüggő szakterületekre bomlanak szét. Persze lehet, hogy csak nem vagyunk eléggé okosak ahhoz, hogy az általános elveket felismerjük. Nem találjuk azokat az általános elveket, amelyekkel az általános elveket megtalálhatnánk.

Mégis, van néhány sajátosság, ami minden tudományban közös; ezek együtt különböztetik meg a tudományt a megismerés egyéb módjaitól, például a művészettől vagy a metafizikától. A tudomány objektív: tudományos igazságnak csak olyan tény fogadható el, amely független a hétköznapi észjárás sokféleségétől, az emberi értékek rendszerétől. Ezért használ a tudomány formalizált nyelvet, ezért vonatkoztat el a hétköznapi gondolkodástól. A tudomány metaszintje a jelenségeknek: azokról szól, de azokat egy külső, a jelenségeken kívül álló rendszerben értelmezi. Jelenségnek csak olyan észleléseket fogad el, amelyek a tudomány nyelvén egyértelműen megfogalmazott körülmények között előállíthatók, reprodukálhatók. A 3. fejezetben az egyes tudományok paradigmáit elemeztük, most olyan tulajdonságokat említünk, amelyek minden tudományos paradigmában közősek. Ezeket együtt tekinthetjük a tudomány általános paradigmájának.

Láttuk, hogy a paradigmákat sohasem oktatják direkt módon, ezért annak megállapítása, hogy egy-egy gondolatmenet tudományosnak tekinthető-e vagy sem, jórészt az intuíción alapul. A tudomány mesterei ilyen intuíció alapján állapítják meg, hogy egy-egy eszmének van-e köze a tudományhoz, és ezekben a kérdésekben általában alapvetően egyetértenek. Hasonló ez az intuíció ahhoz, mint amikor csavargatjuk a rádió gombját, és felkapjuk a fejünket, hogy ugyan egy szót sem értettünk, de biztos, hogy az imént magyarul beszéltek.

A tudomány annak köszönheti vívmányait, hogy ennyire szigorú és körülhatárolt általános paradigmát választott magának. Remélhető, hogy ezen az úton egyre általánosabb érvényű elveket sikerül találnia, amelyek segítségével a jelenségek egyre magasabb metaszinteken érthetők meg. Sok meggyőző sikert értünk el ezen az úton, mégis úgy tűnik, hogy az egyre mélyebb ismeretek egyre nagyobb komplexitással is járnak.

Egy tudomány, amelyik eléggé általános és fontos ahhoz, hogy önálló szakmának tekintsék, legfeljebb annyira lehet bonyolult, hogy azért még tanítható legyen: legyenek kiképezhetők a szakemberei, a mesterjelöltjei. Az előző fejezetben láttuk, hogy ez máris meghatározza, hogy mikor érkezik el az a komplexitáshatár, amikor a tudománynak több külön szaktudományra kell szétbomlania. Meglehetősen hamar: amikor a szaktudomány alapjai már nem szervezhetők néhány ezer sémába.

Ezen a könyvek sem segítenek: a könyvek tartalmazhatják a tényeket, az adatokat, de a gondolkodási sémáknak a fejünkben is együtt kell lenniük, hogy gondolkodni tudjunk. A sémákhoz hozzátartozhat az, hogy alkalmazásukkor egy-egy adatnak külön utána kell nézni, mondjuk könyvekben, de egy séma csak a többi sémákkal együtt működőképes. A sémák nem a könyvekben vannak, hanem a fejünkben; dinamikus, állandóan változó, élő dolgok.

Az egyre speciálisabb szakterületek egyre kevésbé tarthatnak igényt arra, hogy külön önálló szakmáknak tekintsék őket. Nincs szükség nagyszámú ennyire speciális szaktudású szakemberre, bár épp arra a tudásra időnként szükség lehet. Máskor a terület, mint kutatási irány ígéretes. De a legspeciálisabb szakterület sem lehet komplexebb annál, mint amit egy nagymester képes áttekinteni. Ha nem sikerül egy szakterületen olyan általános elveket felismerni, amelyek csökkentik a bonyolultságát, akkor az a szakterület vagy további, még speciálisabb szakterületekre bomlik, vagy egy idő után abbahagyják a kutatását, továbbfejlesztését.

Az egyes szakmák nyelvét, észjárását a mesterjelölt látásmódja határozza meg. Az elérhető mélységeket pedig a nagymester által még épp áttekinthető komplexitás. A tudomány nagy pillanatai azok, amikor a nagymester sok bonyolult sémájából kialakul néhány metasztintú séma, amelyek már a mesterjelölt számára is kifejezhetők és értelmezhetők. Ilyenkor következik be hirtelen fejlődés a szakmában, ilyenkor válnak a korábban egyáltalán nem, vagy csak nagymesterek által megoldható problémák rutinszerűen kezelhetővé. Így tette például a DNS szerkezetének feltárása és a genetikai kód megfejtése önálló szakmává a génsebészetet. Az angol kifejezés: genetikai mérnökség még inkább erre utal.

Tegyük fel, hogy a tudomány valóban formális rendszernek tekinthető, és hogy a tudomány minden tétele levezethető bizonyos jól megválasztott kiindulási feltételekből (általános elvekből, axiómákból). A tudomány valóban nagyjából ilyen szeretne lenni, de ebben az esetben Gödel tétele (77-78. o.) garantálja, hogy mindig is lesznek olyan *igazságok*, amelyek a tudomány összes addig létrehozott paradigmáját, összes meglévő axiómarendszerét kicselezik. Sőt, a tudomány keretein belül korrekt módon megfogalmazható állítások (tények, összefüggések, kivételek stb.) között is garantáltan vannak olyanok, amelyek igazak, de a tudomány eszközeivel nem bizonyíthatók be. Ez persze nem jelenti azt, hogy valamelyik meglévő paradigma bővítésével ne lehetne ezeket az igazságokat is levezetni az alapelvek általánosítása vagy néhány további axióma segítségével, de a vonatkoztatási rendszer változtatása nélkül biztosan lehetetlen.

A tudomány tehát egyfajta örök versenyfutásra van ítélve. Amivel versenyt fut: a rendszerén túlmutató kérdések szükségszerű felbukkanása. Ami az esélye arra, hogy tartsa a versenyt: egyre általánosabb, egyre magasabb metasztinteken megfogalmazott elvek, gondolkodási sémák kialakítása. Ha a kérdések szaporodása a gyorsabb, mint az általános sémák kialakulása, egy idő után a tudomány nem tehet mást, mint hogy egymástól független tudományágakra szakad. Kialakulnak a szaktudományok, napjainkban pedig gombamódra szaporodnak a szaktudományok speciális szakterületei.

A szakmaváltás lehetőségei

Ha a tudománynak létezik egy általános paradigmája, akkor Kant gondolatát nem vethetjük el egyszerűen azzal, hogy mennyire laikus a kiváló biológus az atomfizikában. Általában aki egy szakmát megtanult, az egy másik szakmára sokkal könnyebben képzi át magát. Általános, elvont sémáinak kialakult rendszere jó alapot biztosít ahhoz, hogy más szakma tudásanyaga is viszonylag hamar összeszerveződjön benne egy egységes nyelvvé. A második idegen nyelv megtanulása is sokkal gyorsabban megy, mint az elsőé, feltéve, hogy az elsőt legalább mesterjelölt szinten ismerjük.

A nagymesterben olyan bonyolult belső nyelv alakult ki, hogy abban egy másik szakma újonnan megismert tényei is váratlanul hamar mesteri szintű intuíciót eredményezhetnek. Különösen akkor, ha a két szakma paradigmájában valami szabályokkal nehezen kifejezhető, de intuitíven érezhető hasonlóság található. Egészen váratlan hasonlóságokra is esélyt ad az, hogy a tudománynak van általános paradigmája.

Az európai tudomány általános paradigmáján kívül számtalan speciális, csak egy-egy szakterületen érvényes paradigmát is kialakított. Talán ott vált alapvetően külön a nyugati és a keleti gondolkodásmód, hogy a nyugati gondolkodás eleve több általános elvvel próbálta a világot megérteni, jöllehet remélte, hogy aránylag kevés ilyenre lesz szüksége. A keleti gondolkodásban az egyetlen általános alapelv az, hogy több, egymással párhuzamosan működő alapelv nem lehet: mindegyik azonos a világgal. A tudomány műveléséhez mindenképpen célszerűbb fenntartani az elvek pluralizmusát, de a keleti gondolkodásmód egységesebb világképet ad.

Egy Zen-mesterbe egyszer belekötött egy szamuráj, akinek fogadalma volt, hogy bizonyos számú embert párbajban meg kell ölnie. A Zen-mester nem hátrálhatott meg, elfogadta a kihívást. Megbeszélték, hogy másnap ugyanott találkoznak. A mester nem félt a haláltól, megvilágosodott állapotaiban mélyen átérezte, hogy nincs igazi különbség az élet és a halál között. De méltatlanul sem akart meghalni, ezért elment egy vívómesterhez, hogy tanítsa meg a vívás helyes szemléletére. Másnap találkozott a szamurájjal, felvette a tanult alapállást, befelé koncentrált és várta a halálos csapást. Amikor sokáig nem történt semmi, felnézett, és látta, hogy a szamuráj ott térdepel előtte lehajtott fejjel. A mester megkérdezte, hogy mi történt, mire a szamuráj könyörögve kérte, hogy ha nem öli meg őt, fogadja tanítványának, mert ő ilyen tökéletes vívóállást még nem látott.

A vívás mesterségének konkrét szabályait nem sajátíthatta el a mester egy délután alatt, tényleges vívásban nem lett volna esélye. Arra viszont

egy délután is elég volt neki, hogy vívásban se méltatlanul haljon meg, hogy ebben a helyzetben is ki tudja fejezni a dolgok sokkal általánosabb lényegét. Ezt érzékelte a samuráj is, aki a maga útján szintén a tökéletességet kereste. A tudományokban két különböző szakma között ennyire egységes közös alapállás elképzelhetetlen.

Az interdiszciplinaritás

A Nulladik fejezet R7-es rejtvénye példa arra, hogy egy egészen hétköznapi kérdés hogyan tud a tudományok paradigmáin kívül rekedni. Ez az a bizonyos rejtvény a 10 közül, amelyik nem igazi rejtvény: nincs csattanós, a hétköznapi józan ész keretein belül egyértelműen világos megoldása. Pedig milyen ártatlan kérdésnek látszik, igazán olyan, mint egy jó kis rejtvény. Kellene hogy szóljon erről a fizika vagy a matematika is, nem szoktak az ilyen kérdések megoldhatatlanok lenni.

A geometriai optika szakemberének valóban nem okoz problémát a kérdés. Az elképzel egy x - y - z koordinátarendszert, mondjuk az y tengely mutat a tükör síkja felé. Azonnal látszik, hogy a tükör nem fordítja meg sem az x -irányt, sem a z -irányt, de megfordítja az y -irányt. Korrekt válasz, csak éppen nem arra, ami zavarba ejt a feladatban. Nem szép rejtvény az, aminek a megfejtése ennyire elvont. Tehát a tükör mégsem fordítja meg a jobb és a bal oldalt? Miért van akkor, hogy a tükörből mégsem tudjuk elolvasni az újságot? Valami csak megfordult az x - y síkban is, hiszen egy újság nyugodtan tekinthető kétdimenziósnak.

Az y -tengely megfordulása egy absztrakt fogalom, hétköznapi eszünkkel ebben a környezetben nem könnyű értelmezni. Talán legjobban úgy szemléltethetjük, hogy a helyzet olyan, mintha az újság átlátszó papírra lenne nyomtatva, és hátulról próbálnánk olvasni. De ez megint egy absztrakció; nem feltétlenül nehézfejű az, akinek továbbra is problémát okoz átlátni, hogy ez a hasonlat miért beszél a tükörről. A testünk nem kétdimenziós, azt egészen másként látnánk mint ahogy a tükör mutatja, ha átlátszó lenne és hátulról néznénk.

Felfoghatjuk a kérdést úgy is, mint egy, az érzékelésről szóló pszichológiai problémát. Innen nézve egész másfajta választ adhatunk, mint a fizika szempontjából. Milyen sémát, vagy, érzékelési kérdésről lévén szó, mondjuk inkább így: milyen Gestaltot mozgósít bennünk a tükörképünk? Leginkább egy emberképet. Ha néhány lépést előrelépünk és sarkon fordulnánk, a kép

majdnem teljesen stimmelne. Könnyen végrehajtható képzeletbeli transzformáció, ráadásul más elképzelés közel ilyen hasonlóságot sem adna. Ilyen megnyugtató hasonlóság mellett már normál hétköznapi logikánkkal is el-siklünk olyan apró ellentmondások fölött, hogy a tükörképen a balkézre jobb kesztyűt kellene húzni. Hétköznapi értelmünket ugyanúgy nem zavarják ezek az apró logikai hibák, mint ahogy a transzlogikát nem érdekelték ennél durvább ellentmondások sem. Pedig kellene, hogy érdekeljék: a tükörképünknek teljesen rossz oldalon dobog a szíve, rossz helyen végeznék rajta a vakbél-műtétet — ez sem elég durva hiba? Hétköznapi logikánknak nem.

Matematikus szemmel megint másfajta válasz a logikus. A tükör a három koordináta körüljárási irányát, sodrását fordítja meg. De ez a válasz egy másfajta gondolkodás számára még nagyobb szörnyűség: hiszen akkor tükörképünk minden DNS-molekulája fordítva csavarodik. Nem is e világból való lény. Gyereke garantáltan nem lehetne földi halandótól. Ezt a szörny-születet bámuljuk minden reggel, amint fésülködik?

Ha lefekszünk a tükör elé, akkor meg a kép jobb és a bal oldala marad rendben; a fent és a lent sem látszik megcserélődni, bár a DNS-ek ekkor sem stimmelnek. A Gestalt magyarázat persze itt is logikus, de ez nem mondja meg, hogy végülis mit is csinál a tükör. Valahogy a kérdés hétköznapi értelme mindegyik tudományos paradigmában megváltozott. Talán még a filozófia segíthet. Valóban, már két és félezer éve is vitatkoztak a tükrőről, hogy fordít vagy nem fordít? Platón dialógusában Timaiosz hosszan elemzi a kérdést, megnyugtató válasz nélkül. A legalaposabb elemzést talán Ned Block cikke adja a Journal of Philosophy egyik 1974-es számában, de ő is csak azt tudja tenni, hogy definiál jónéhányféle megfordítás-fogalmat és megállapítja, hogy a tükör némelyik fogalom értelmében fordít, más fogalmak szerint pedig nem.

Amit itt elmondtunk a tükrös feladatról, az tipikus interdiszciplináris mű. Lehetne körmönfontabb is, de tudományosabb aligha. Néha ez alatt a jelszó alatt kitűnő, sajátos és nagyon logikus észjárást tükröző gondolatokkal is találkozhatunk. Egyértelmű rejtvényfejtési keretet adnak, és néhány érdekes rejtvényt rögtön meg is fejtenek. Ezek azonban nem a tipikus interdiszciplináris munkák, és hamar el is hagyják ezt a zászlót. Önálló tudomány lesz belőlük, mint a kibernetikából, a szemiotikából (a jelek absztrakt, általános tudományából) vagy a könyvünkben is főszerepet játszó kognitív tudományból. Ahol hosszabb ideig megmarad az interdiszciplinaritás jelszava, ott ez többnyire a belső logika, az egységes paradigma hiányának a fedőneve. Olyan, mintha valaki két össze nem tartozó mozaikrejtvényből próbálna kirakni egy képet. Valami biztosan összeáll, de nincs kritérium,

aminek alapján el lehetne dönteni, hogy helyes, szabályszerű a megoldás vagy sem. A legitimitás-viták állandósulnak. Ez a fajta interdiszciplinaritás éppen a tudomány általános definíciójának mond ellent.

A tudományok formális gondolkodásmódja és Gödel tétele miatt sok (valójában: végtelen sok) olyan igazság van, amire a tudomány nem ad magyarázatot. Az eldönthetetlen kérdések is hemzsegnek minden rendszerben. Ráadásul ilyen igazságok, kérdések a tudomány nyelvén, annak rendszerében is megfogalmazhatók. Sőt, a 14. fejezetben látni fogjuk, hogy gyakran nem is lehet pusztán a kérdés formája alapján eldönteni, hogy gödeli vagy sem. Ám a tudománynak van még egy másik heurisztikája is arra, hogy ne töltsön túl sok időt gödeli kérdések kutatásával. Ugyanis általában csak olyan rejtvényekkel hajlandó foglalkozni, amelyekről valahonnan eleve tudhatja, hogy van megfjtésük, eldönthetőek, biztosan nem gödeliek.

Akit egy gödeli probléma mégis nagyon izgat, annak kétféle logikus lehetőség kínálkozik. Az egyik lehetőség egy új tudomány kialakítása, egy önálló, követésre érdemes észjárás létrehozása. Kockázatos út, általában csak olyanoknak szokott sikerülni, akik valamilyen bevett tudományban már legalábbis mesteri szintre élesítették az elméjüket. Új sémák csak meglévő sémákból alakulnak ki.

A másik lehetőség a gödeli problémák szerelmesének az, hogy kilép a tudomány keretei közül, és a hétköznapi józan észrt más irányba meghaladó kifejezési módot választ. A művészet, a metafizika, vagy a Zen útjai azonban semmivel sem kevésbé röögsek. Ezeknek is nagyon pontosan meghatározott, egységes logikája (vagy, mint például a Zen esetében: antilogikája), pontosan azonosítható észjárása van, általánosan elismert nagymesterekkel. Gyanúm, hogy ezeknek a nem formális rendszereknek is megvannak a maguk gödeli problémái; némelyikkel talán éppen a tudomány foglalkozik.

13. Mesterséges intelligencia mesterjelölt szinten

Sokféle gondolkodási keret, észjárás került szóba az eddigiek során. Néhány esetben fogalmaink tisztázásához vagy egy-egy jól megfogalmazható általános szervezési elv, eljárás működésének és korlátainak bemutatásához a mesterséges intelligencia eredményeit is használtuk.

Nem állítom, hogy eddigi példáink garantáltan a mesterséges intelligencia csúcsteljesítményeit, legjelentősebb eredményeit reprezentálták, inkább az adott kérdésekre leginkább jellemző programokat mutattam be. A mesterséges intelligencia napjainkban legdivatosabb módszerei (például a szakértő rendszerek vagy a logikai programozás elvei) eddig szóba sem kerültek. Hatalmas a mesterséges intelligencia szakirodalma; a több ezernyi különféle program, rendszer, termék közül alig néhányról esett szó. Azonban ezek az esetleges példák is mutatják, mint a csepp a tengert, hogy milyen eredményeket értek el a mesterséges intelligencia kutatások.

Sőt, alkalmasint ez a néhány példa jobban mutatja a mesterséges intelligencia eredményeinek erősségeit és gyengéit, mint a csepp a tengert, mert a tengerre sokkal inkább érvényes, hogy több, mint a cseppek összege. A mesterséges intelligencia kutatások összességéből még nemigen állt össze egységes kép arról, hogy mit is tud felmutatni ez a tudomány. Rengeteg az ígéretes első lépés, és nagyon kevés a második. Ezzel együtt, jónéhány szép és bizonyos szinten kétségtelenül működőképes program is létrejött. Itt az ideje, hogy az emberi gondolkodás vizsgálata kapcsán kialakult fogalmaink segítségével felmérjük, hogy milyen szintre jutott napjainkra a mesterséges intelligencia.

A mesterséges intelligencia ígéretei

A Nulladik fejezetben egyik kiindulási pontunk az volt, hogy megállapítottuk: a mesterséges intelligencia nagy ígéreteivel mindmáig súlyosan adós. Pedig a kezdet nagyon biztató volt. Már a legelső sakkprogramok is aránylag tűrhetően játszottak; az egyik nyelvről a másikra fordító programoknál az első kísérletek rögtön nagyon kecsegtető fordításokat hoztak létre. Az ELIZA és a DOCTOR program által keltett reményeket a 2. fejezetben láttuk.

Herbert Simon 1958-ban azt írta, hogy 10 éven belül számítógépprogram lesz a sakkvilágbajnok, ha engedik az emberek versenyein azonos feltételek mellett részt venni. Ugyanitt azt jósolta, hogy a hatvanas évek végére elkészülnek olyan programok, amelyek idegen nyelvű szövegeket jó minőségben lefordítanak angolra. A sakkprogramokat egyelőre minden különösebb megszorítás nélkül engedik az emberi versenyeken részt venni, talán éppen azért, mert nem igazán komoly ellenfelei a sakkmestereknek. A tolmácsoló számítógépek sem jelentek meg még a piacon, pedig nyilvánvalóan nagy üzletet jelentenének.

Simon jóslatait elsősorban arra alapozta, hogy a számítógépek megjelenése lehetővé tette két korábban kialakult tudományos doktrína egyesítését és gyakorlati alkalmazását. Az egyik doktrína a szélsőséges redukcionizmus elve, amelyet az 5. fejezetben elemeztünk. Ugyanennek az elvnek az átfogalmazása, hogy az általános intelligencia (mindenfajta a természetben létező értelem, beleértve az ember gondolkodási képességeit is) megvalósítható fizikai jelek, fizikai szimbólumrendszerek segítségével, és ezen szimbólumok között minden létező összefüggés elvileg egyértelműen megfogalmazható.

A másik doktrína az úgynevezett Church–Turing tézis. Teljesen informálisan: ez a tézis azt fejezi ki, hogy ha valami elmondható úgy, hogy mindenki garantáltan ugyanazt értse alatta, akkor ugyanez elmondható egyfajta absztrakt számítógépen működő program formájában is. Formalizált nyelven a Church–Turing tézis többféle formában is megfogalmazható, egyik általánosan elfogadott alakja a következő: Tegyük fel, hogy egy értelmes lény az egész számokat két osztályba sorolja valamilyen módon. Ha azt az elvet, ami szerint osztályoz, el tudja mondani akármilyen eszközök felhasználásával (akár dallal, tánccal, csókkal) úgy, hogy ennek alapján egy másik értelmes lény is képes úgy osztályozni a számokat, hogy az eredmény mindig ugyanaz, mint az első lény esetében, akkor az osztályozási elv matematikai algoritmus formájában is megfogalmazható, és az említett absztrakt számítógépen megvalósítható. A Church–Turing tézis ismét másként fogalmazva

lényegében azt fejezi ki, hogy a matematika műveléséhez elegendő kizárólag a matematika eszközeit alkalmazni.

A létező Neumann-elvű számítógép lényegében egyenértékű a Church-Turing tézisben szereplő elméleti számítógéppel, ezért az említett két doktrína együtt azt fejezi ki, hogy az általános intelligencia elvileg a számítógéppel is teljes mértékben megvalósítható. Ezt tekintették eleinte a mesterséges intelligencia alapparadigmájának, erre alapult Simon hite, hogy az említett problémák (és sok más gyakorlatilag roppant hasznos dolog) megoldásának elvileg semmi akadálya nincs, és a kezdeti próbálkozások azt sejtették, hogy ehhez legfeljebb néhány száz jól képzett ember néhány évi munkája van hátra. Az elmúlt harminc évben egyre-másra olvashattunk hasonló előrejelzéseket, napjainkban sem ritkulnak.

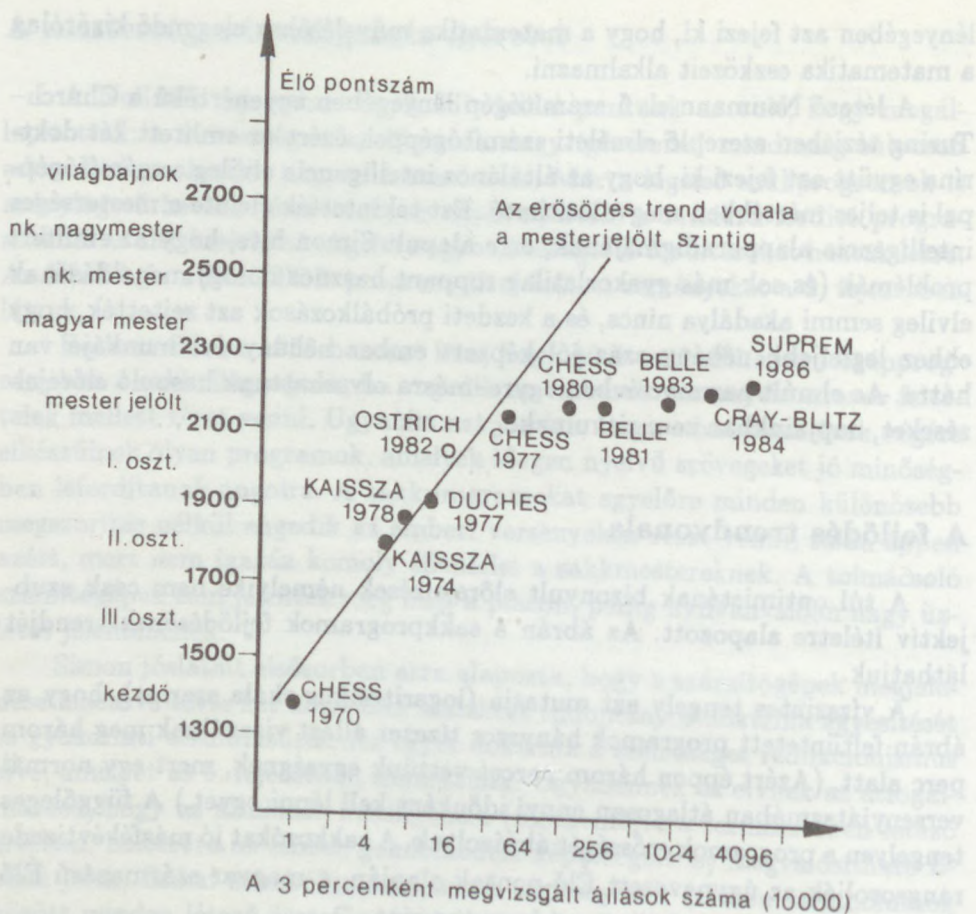
A fejlődés trendvonala

A túl optimistának bizonyult előrejelzések némelyike nem csak szubjektív ítéletre alapozott. Az ábrán a sakkprogramok fejlődésének trendjét láthatjuk.

A vízszintes tengely azt mutatja (logaritmikus skála szerint), hogy az ábrán feltüntetett programok hányszor tízezer állást vizsgálnak meg három perc alatt. (Azért éppen három percet vettünk egységnek, mert egy normál versenyjátszmában átlagosan ennyi időnként kell lépni egyet.) A függőleges tengelyen a programok erősségét ábrázoltuk. A sakkozókát jó másfél évtizede rangsorolják az úgynevezett Élő-pontok alapján, a magyar származású Élő Árpád matematikaprofesszor módszere szerint.

Az Élő-féle skála értékei azt fejezik ki, hogy egy adott pontszámú játékos egy másik játékoskal szemben várhatóan milyen eredményt ér el. A skála nullapontját és mértékegységét valamilyen tetszőleges viszonyítási alap szerint választották meg (mint például a hőmérsékletét a Celsius- vagy a Fahrenheit-féle skálánál). A világbajnok pontszáma általában kb. 2700 körüli, egy erős nagymester (kb. a világranglista első 10–15 helyezettje) 2600 pont fölött van, a nemzetközi nagymesteri szint kb. 2500 pont. Egy mesterjelölt 2100–2300 pont között áll. Egy II. osztályú sakkozó 1700–1900 pontos, egy kezdő 1300–1400 pont körüli.

Az Élő-féle skála mértékegységét úgy határozták meg, hogy 50 pont különbség a pontszámokban nagyjából azt fejezze ki, hogy az ennyivel erősebb játékos előreláthatólag 55%-os eredményt ér el a gyengébb ellen. Ha például egy 2600-as pontszámú játékos 10 játszmás párosmérkőzést vív egy



2550-es pontszámúval, várhatóan 5,5–4,5 arányban fog győzni. Egyes konkrét meccsek persze hozhatnak más eredményt, de hosszú távon erre érdemes fogadni, hacsak időközben a két játékos erőviszonyai nem változnak. Kétszáz pontnyi különbség az Élő-skálán azt jelenti, hogy az erősebb játékos valószínűleg kb. 75%-os eredménnyel győz.

Érdekes megfigyelni, hogy az Élő-pontszámok és a sakkkal kapcsolatos ismert sémák mennyisége között milyen szoros kapcsolat van. Néhány 10 séma (a kezdő) kb. 1400 Élő-pontot jelent. A néhány 100 sémás nagyságrend (a haladó szint) kb. 1800 pontnak, néhány ezer séma (a mesterjelölt

ismerete) kb. 2200 pontnak, a néhány 10 000 séma (a nagymester tudása) pedig nagyjából 2600 pontnak felel meg. A sémák számában egy nagyságrendnyi különbség mintegy 400 Élő-pontot jelent. Ez a meglehetősen egyenletes különbség a pontszámokban azt mutatja, hogy a II. részben említett sémaszám-bebecslésünk valóban jól jellemzi a tényleges játéktudást — ismét egy, az eddigiektől független, más irányú érv a sémák mennyiségére vonatkozó gondolatmenetünk érvényessége mellett.

Az ábrán látszik, hogy a sakkprogramok erősödése egy ideig közelítőleg lineáris kapcsolatban volt a számítógépek sebességének növekedésével. (Ha a sebességet logaritmikusan ábrázoljuk.) Simon 1958-as bebecslését még ilyen konkrét adatokra nem alapozhatta, de aki mondjuk 1979-ben próbált bebecslést adni arra, hogy mikorra lesz világbajnok erejű sakkozó számítógép, az teljes joggal becsülhette ezt a 80-as évek közepére. Láthatjuk azonban, hogy a programok erősödésének a trendvonala megtört, holott a számítógépek sebességének növekedése még nem lassult (az ábra jobboldala felé is vannak pontok, csak éppen a függőleges tengely szerinti értékük kevesebb a korábbi trendvonal alapján elvárhatónál).

Ha valahol egy trendvonal megtörik, annak általában az az oka, hogy valamilyen változás állott be a feltételekben. Jánossy Ferenc írja A gazdasági fejlődés trendvonaláról című könyvében:

„A trendvonal ilyen jellegű törése — és általánosan véve, bármely folyamat alakulásának minden, többé-kevésbé hirtelen megváltozása (legyen a folyamat akár ökonómiai, akár biológiai vagy fizikai) — többnyire arra utal, hogy a folyamat maga addig és olyan mértékben változtatja meg a saját körülményeit, vagyis a fenntartását meghatározó viszonyokat (szemléletesebben kifejezve: aláássa saját előfeltételeit), míg végül ezek, valamely kritikus pontot elérve, teljesen háttérbe szorulnak; a folyamat további alakulása szempontjából pedig az újonnan létrejött viszonyok válnak meghatározóvá. Hasonlóan ahhoz, ahogy a pontyokkal teli halastóba helyezett csukák mértani haladvány szerint szaporodnak ugyan, de csak addig a kritikus pontig, amíg az élelemhiány további szaporodásuknak gátat nem vet, úgy az ipar is csak addig tud *extenzíven* kiterjedni, amíg minden munkaerő-tartalékot (kézműveseket, parasztokat) fel nem emészt; ehhez a kritikus ponthoz érkező viszont kénytelen egy olyan gazdasági struktúrát teremteni, amelyben már csak az újabb törvényszerűségnek megfelelően, vagyis *intenzíven* tud továbbfejlődni.”

Az ábrán láthatjuk, hogy a sakkprogramok fejlődésének trendvonala 1979 körül élesen megtört. Valószínűleg mélyebb okokra világítunk rá, ha azt mondjuk, hogy a mesterjelölt szint elérésekor. A sakkprogramok írására

tett erőfeszítések nem csökkentek a 80-as években, a nemzetközi mesteri szintet egyelőre mégsem sikerült áttörni. Ez a megállapítás a legkülönbözőbb féle elvek alapján működő sakkprogramokra egyaránt vonatkozik: azokra is, amelyek tisztán csak az egymás utáni lépésvariációk végigszámolásával dolgoznak, és azokra is, amelyek valamiféle sémafelismerés alapján.

Hogyan játsszunk egy sakkszámítógép ellen?

Logikusnak látszik, hogy egy számítógépet úgy lehet a legjobb eséllyel megverni, ha kihasználjuk, hogy az ellenfél gép: nincs intuíciója, nincsenek ötletei. Ezért a legtöbb ember a gép ellen igen élesen játszik: elbonyolítja az állást, remélve, hogy a bonyolult pozícióban inkább talál egy nyerő eszmét, egy látványos kombinációt, mint gépi ellenfele. Valójában éppen ez a játékmód az, ami a legtöbb esélyt nyújtja a számítógépnek, hiszen a gép egy bizonyos mélységig mindent lát, és az éles, szövevényes állásokban a legvalószínűbb, hogy rövid távon, néhány lépésen belül lényeges előnyhöz lehet jutni. Márpedig a gép minden 3–4 lépéses kombinációt meglát, a legrejtettebbeket is, és ha a mi kombinációnkban van valamilyen alig észrevehető kis hiba, azt garantáltan felfedezi.

Paradox módon a gép ellen az a legeredményesebb játéktípus, amit az ember gépiesnek nevez: a szolid játék, hosszú távú kis előnyök elérése lehetőleg egyszerű, áttekinthető állás mellett. Az egyszerű állás ugyanis a gép számára éppoly bonyolult, mint bármelyik másik, hiszen ott is nagyjából ugyanannyi a lépéslehetőségek száma. Az ember az egyszerű állást jobban át tudja tekinteni, hosszabb távra tud benne előre tervezni. Az emberi mesterjelölt joggal érzi úgy, hogy az egyszerű állásokban „adott játéka van”, hogy ilyenkor gépiesen játszik. Éppen azért érzi egyszerűnek az állást, mert nem találkozik benne olyan problémákkal, amelyeket csak új eszmék segítségével, stabilan ismert gondolati rendszerének meghaladásával lehet megoldani. A mesterjelölt az egyszerű, számára jól áttekinthető állásokban ugyanolyan könnyedén sakkozik, mint ahogy egyszerű hétköznapi dolgokról cseveg egy koktélpartin: nem kell különösebben törnie a fejét azon, hogy nagyon precízen, árnyaltan fejezzen ki bonyolult gondolatokat. Ugyanakkor a gép éppen az ilyen egyszerű hétköznapi helyzetekben válik teljesen tehetetlenné; akár az ELIZA program. Ha viszont egyszer hátrányba kerültünk, akkor sokkal kevesebb az esély a gép ellen, mint egy emberi ellenféllel szemben: a gép nem fárad el, nem éhez meg, nem únja végigjátszani a nyert állást.

Rendszeresen találkozhatunk olyan tudósításokkal, hogy valamelyik sakkprogram elérte a nemzetközi nagymesteri szintet, legyőzte valamelyik nagymestert. Eddig még mindig hamarosan kiderült, hogy legfeljebb egy-egy olyan játszmaról volt szó, amelyben a mester nem vette figyelembe, hogy géppel játszik, nem alkalmazta az ellene célszerű játéktílust. Mihelyt azonban a mesterek kicsit is kiismerték a gép stílusát, könnyedén legyőzték. David Levy skót sakkmester (kb. 2400 Élő-pont erősségű játékos) több nagy összegű fogadást ajánlott, hogy néhány éven belül nem születik olyan sakkprogram, amely őt legyőzi. Néhány ilyen mérkőzést nagyon szoros eredménnyel megnyert, de eközben teljesen elbizonytalanodott: úgy érezte, hogy a programok egyre erősebbekké válnak, és hamarosan el fogja veszíteni a következő fogadást. 1984-ben az akkori világbajnok Cray-Blitz program ellen játszott éppen soron következő tétmérkőzését. A Cray-Blitzet is nemzetközi mester erejűnek kiáltották ki akkoriban, minden korábbi sakkgépnél jóval erősebben játszott. Addigra azonban Levy is kiismerte a sakkprogramokat, és tudatosan módosította saját szokásos játéktílusát: igyekezett minden látványos bonyodalmat elkerülve a lehető legszolidabban játszani. E játékmód eredményeként nemcsak 4-0 arányban győzött, de teljesen kiábrándult a programokból: „A küzdelem természete olyan volt, mintha a programnak fogalma sem lett volna arról, hogy mi történik a játszmaiban.” Valóban: éppúgy nem volt fogalma róla, mint ahogy a DOCTOR sem tudta, hogy ha valakire azt mondják, hogy túl sokat iszik, akkor nem vízről van szó.

Ahhoz, hogy valaki ilyen könnyedén legyőzze a mesternek kikiáltott sakkprogramokat, valamennyire valóban kell hogy tudjon sakkozni. Egy mesterjelölt azonban már könnyen fel tudja venni az ehhez szükséges játéktílust, és bár ember ellen talán unalmasnak tartaná az így születő játszmákat, egy gép ellen még élvezettel is töltheti el, hogy mennyire fölényben van. De ha valaki hajlandó akármeddig lesüllyedni, csak hogy megverje a számítógépet, azt is megteheti, hogy megnézi, melyik megnyitáselméleti könyvet kódolták be a gépbe — nincs az a könyv, amelyben nincs sajtóhiba... És jelenleg a mesterséges intelligencia nagyon messze van attól, hogy egy ilyen helyzetben a gép képes legyen valahogyan gyanút fogni.

Szakértő rendszerek

A trendvonal megtörése arra utal, hogy valamilyen módon megváltozhattak a sakkprogramok fejlesztésének feltételei a mesterjelölti szint elérése után. Nem a társadalmi-gazdasági környezet változott; valószínűbb, hogy a felhasznált eszközök hatékonysága ütközött egy bizonyos határba. Eddigi eredményeink alapján sejthető, hogy az ok valahol éppen a mesterjelölti szint lényegében keresendő; ez az a szint, ami fölött az addigra végre elszámított analitikus, lépésről lépésre való szakmai gondolkodást egyre inkább felváltja a ráérzés, az intuíció. Tegyük félre ezt a gondolatkört a következő fejezetekig, és nézzük meg, mit mondhatunk a mesterséges intelligencia egyéb területeinek eredményeiről.

A *szakértő rendszerek* címszó alatt szokás összefoglalni azokat a programokat, amelyek bizonyos általánosan bevált módszerek szerint intelligenciát, speciális szaktudást követelő feladatokat oldanak meg. A szakértő rendszerek felépítésének legcélszerűbbnek bizonyult alapelvei a 80-as évekre általánosan alkalmazott technikákká váltak.

Egy szakértő rendszer általában két komponensből áll: *egy tudásbázisból és egy általános következtető rendszerből*. A tudásbázis tartalmazza a szakértő rendszerbe beépített tényeket („János Mária apja”), adatokat („Mária 12 éves”) és az ezek összefüggéseit kifejező szabályokat („Az apa legalább 15 évvel idősebb a gyerekénél”). A következtető rendszer értelmezi a felhasználó kiindulási kérdéseit és ütemezi a rendszeren belül alkalmazandó következtetési szabályokat (az addigi eredményektől és a kiindulási kérdéstől függően meghatározza, hogy mikor milyen szabályok alkalmazásával próbálkozzon). A következtető rendszer egyrészt a beépített tudást használja, másrészt megválaszolando ténykérdéseket tesz fel a felhasználónak, és mindezek alapján új tényeket állít elő. Ezekből az új tényekből állnak végül össze a szakértő rendszerek „szaktanácsai”. Ezeken az általános elveken belül többféle konkrét technikai megoldás alakult ki, amelyeket itt nem részletezünk.

A szakértő rendszerek szélsőségesen megosztották a véleményeket, egyesek egyfajta új aranylázat, a számítógépek forradalmian új lehetőségeit látják bennük, mások szerint az egész téma egy luftballon, amely amint elveszti az új elnevezés varázsát, menthetetlenül ki fog pukkadni. Két-két szélsőséges vélemény tekintélyes kutatóktól:

„Mindenre ezt használjuk: programírásra, programtervezésre, egyszerűen mindenütt, ahol az alkotó gondolkodást rendszerezni, majd eredményét a gyakorlatban realizálni kell.” Sőt: „A szakértő rendszerek révén okossá válik az értelmi fogyatékos gyerek, diagnosztizálhatók a bonyolult betegségek,

az Egyesült Államok megszerzi a világhatalmat és a világ megmenekül a nukleáris katasztrófától.”

Másrészt: „A király — legalábbis ha a mesterséges intelligencia ötödik generációjáról van szó — anyaszült meztelen, legalábbis a bokájáig, onnan lefelé viszont egy pár jól kidolgozott díszes cipőt visel, amelyet szakértő rendszereknek neveznek.” Sőt: „A piacon jelenleg kapható szakértő rendszerek semmiféle mesterséges intelligenciát nem tartalmaznak.”

Ha valaki ilyen szélsőséges véleményeket idéz, általában azért teszi, hogy utána kinyilatkoztathassa a saját bölcsességét az arany középútról. Jelen esetben ilyesmit nem ígérhetek: nagyjából az utóbbi véleményekkel értek egyet. Csakhogy a szakértő rendszereknek tartós és komoly piaci sikerük van, márpedig a piacon többnyire alaposan megnézik, hogy miért adnak ki pénzt. Ha a vevők szemfényvesztés áldozatai lennének, vagy csak egy divathóbortnak hódolnának, a szakértő rendszerek piaci trendje nem mutatna aránylag hosszabb egyenletes növekedést. Érdemes tehát alaposabban is utánanézni, hogy mit nyújtanak a szakértő rendszerek. Először is vizsgáljuk meg, hogy hányféle szakmai ismeretet reprezentáló szabályt sikerült a jelenlegi legeredményesebb szakértő rendszerekbe beépíteni.

Itt is a bűvös néhány ezres határral találkozunk. Eddig a legtöbb szabályt az XCON nevű rendszer tartalmazza, amely számítógépes rendszerek konfigurációinak kiépítésében ad tanácsokat. Ez a rendszer öt évvel ezelőtt mintegy 4000 szabályt tartalmazott, 1988-as változata kb. 6200 szabállyal dolgozik. Ezek a szabályok húszezernyi elemi alkatrészt kezelnek. Az XCON rendszer tízéves tapasztalatai azt mutatják, hogy évente nagyjából a szabályok felét kellett megváltoztatni. Ennek oka csak részben az avulás. Az új szabályok beépítése gyakran a régi szabályok addig helyes működését is módosította; egy-egy új ismeret megtanításához jónéhány régi ismeretet is újra kellett formulázni.

A legjobb számítógépes rendszerszakértők időnként fanyalognak, hogy az XCON egyes feladatokat szellemesebben is megoldhatna, de egy átlagos számítógépes mérnöknek a program hasznos tanácsokat tud adni.

A többi szakértő rendszereknél a beépített szabályok száma általában 2000 alatt maradt. A nagy különbség oka az lehet, hogy az XCON rendszer ember által készített dolgok felhasználásához adott tanácsot, míg az orvosi, geodéziai, kémiai, mikrobiológiai stb. rendszerek természet adta objektumokkal dolgoznak, amelyek eleve nehezebben kezelhetők. Az egyik legismertebb és nagyon sikeres szakértő rendszer a MYCIN, amely bakteriális megbetegedések diagnosztizálásához és kezeléséhez ad szaktanácsokat. A

MYCIN rendszerbe kb. 1500 szabályt építettek be. Azt tapasztalták, hogy a MYCIN „tudása” eléri az átlagos általános orvosok tudását, de nem éri el a specialistákét. Hasonló a helyzet a MYCIN más orvosi szakterületekre kidolgozott változatainál is és általában az egyéb sikeres szakértő rendszerek esetében is.

Valószínűleg nem tévedünk nagyot, ha a legsikeresebb szakértő rendszerek kompetenciáját mesterjelölt szintűnek értékeljük. Ezt mutatják egyrészt azok a kísérletek, amelyekben a rendszerek teljesítményét az emberi szakértők véleményével hasonlították össze, másrészt a beépített szabályok száma is erre utal. Ezek a szabályok ugyan általában sokkal egyszerűbb szerkezetűek, mint amilyenek az ember kognitív sémáit elképzeljük, de szerepük a szakértő rendszerekben nagyjából hasonló: a konkrét ismeretek, adatok tudássá, problémamegoldó képességgé szervezése.

Mi lehet az oka annak, hogy egyik szakértő rendszerbe sem építettek be ennél több sémát? Az ok nagyon egyszerű: további sémák, szabályok felvétele nemhogy nem javította a rendszerek teljesítményét, hanem többnyire kifejezetten rontotta. Az újabb szabályok összekeveredtek a régiekkel, például amit korábban egy-két egyértelmű szabály jól meghatározott, abba belezavart az új szabály, és amikor ezt a kellemetlen mellékhatását megpróbálták kiszűrni, az egész rendszer egyre áttekinthetlenebbé vált; újabb és újabb nemkívánt mellékhatások jelentek meg. A mesterjelölt szint kapcsán felismert komplexitásprobléma állt elő egyfajta konkrét formában: a rendszer bonyolultsága meghaladta alkotóinak áttekinthetőségét, ezért a programok továbbfejlesztése súlyos nehézségekbe ütközött.

Annak persze semmi akadálya nem lenne, hogy egyazon gépben, sőt egyazon közös keretprogram alá szervezve elhelyezzünk egy orvosi, egy geológiai, egy szerves kémiai és még 100 másik szakértő rendszert. Ezek szabálykészlete összesen jócskán meghaladhatná a százezret, csak éppen az egész monstrum egyik témában sem érné el a mesteri szintet. Az egyik témában meglevő tudás semmilyen formában sem tudna hasznára lenni a másik témának. A mesterjelölti szintet jelentő néhány ezer séma meghaladása akkor problematikus, ha a sémák mind összefüggésben vannak egymással: egy szakmához tartoznak. Láttuk, hogy az egyes szakmák különválását is éppen ennek a komplexitáskorlátnak az elérése okozza.

A szakértő rendszerek kutatásában és gyakorlatában kialakult néhány általános elv, amelyek alapján eléggé jól előre jelezhető, hogy fog-e sikerülni egy adott területen kielégítő színvonalú szakértő rendszert létrehozni. B. G. Buchanan és R. O. Duda például az ilyen területek öt jellegzetes tulajdonságát emelik ki. Először is, a területnek eléggé szűknek kell lennie ahhoz,

hogy nem mindenki számára kézenfekvő tudást lehessen benne megragadni, de eléggé bonyolultnak is kell lennie ahhoz, hogy ilyen szakértelemre igény legyen. Másodszor, kell hogy létezzenek az illető területnek emberi szakértői, akiknek a tudásából ki lehet indulni a rendszer elkészítéséhez. Harmadszor, fontos, hogy az emberi szakértők között a szakterület alapkérdéseinek megítélésében nagyfokú egyetértés legyen. Negyedszer, szükséges, hogy az adott szakterületen számos tanpélda, alapadat is rendelkezésre álljon, mert csak így lehet a szakértő rendszert megbízhatóan tesztelni és tudásának korlátait meghatározni. Ötödször, általában egy területen annál jobb szakértő rendszert lehet építeni, minél jobban feltördelhető az illető terület olyan részproblémákra, amelyek csak nagyon kevésbé interferálnak egymással.

Ha mindezek a feltételek együtt vannak, akkor az adott területen egy szakértő rendszer létrehozása lényegében szakmai rutinfeladatnak tekinthető. Külön neve is lett annak a szakmának, amely ilyen programokat készít: ezt a tevékenységet tudásmérnökségnek (angolul a szó nem ennyire suta: knowledge engineering) nevezik. Azokon a területeken, amelyek a fenti öt tulajdonsággal nagyjából rendelkeznek, számítani lehet arra, hogy hamarosan megjelennek a mesterjelölt szintű (de nem mesteri szintű) szakértő rendszerek.

Egy szakterület mélységei

Napjaink legerősebb sakkprogramjai körülbelül mesterjelölt szintű játékerőt képviselnek. A go játékban már sokkal kevésbé eredményes a számítógéptudomány: a jelenlegi legerősebb go-programok alig érik el egy közepes haladó játékos színvonalát. A különbség oka nem az, hogy a go-programok készítésére sokkal kevesebb erőfeszítést tettek. Akik mindkét játékot jól ismerik, egybehangzóan állítják, hogy maga a feladat sokkal nehezebb: a go valahogy sokkal mélyebb játék; az emberi gondolkodás mélyebb rétegeit mozgatta meg, mint a sakk. Még ennél is homályosabb (jóllehet érezhetően igaz, érvényes) érvek tömkelegét lehetne felhozni, de azonnal látni fogjuk, hogy a két játék közötti mélységkülönbséget sokkal egyértelműbb eszközökkel is tetten tudjuk érni.

A mérhető teljesítmények skálájának szélessége egyértelműen meghatározható: a kezdőtől a világbajnokig tart. Vizsgáljuk meg, hogy ez a fesztávolság hány minőségi lépcsőt takarhat.

Szokás olyasmit mondani, hogy két játékos között klassziskülönbség van. Ezt olyankor mondjuk, ha az egyik játékos nagy valószínűséggel legyőzi a másikat. Nevezzük például klassziskülönbségnek azt, ha az erősebb játékos legalább 75%-os eredményt ér el a gyengébb ellen. (Ha döntetlen eredmény nem lehetséges, akkor azt is mondhatjuk, hogy klassziskülönbség akkor van két játékos között, ha az erősebb játékos legalább 75%-os valószínűséggel legyőzi a másikat.) A 75%-os küszöbszám megválasztása teljesen esetleges, felvehetnénk 60 vagy 90%-ot is, ez gondolatmenetünk lényegén nem változtatna. A 75% választását indokolja, hogy láttuk, hogy a sakkban például az egyes néven nevezett minősítések (II. osztályú, I. osztályú stb.) között nagyjából éppen ez a különbség észlelhető.

Most gondoljuk meg a következőt: hány klassziskülönbség lehet például a sakkban vagy a go-ban a teljesen kezdő és a világbajnok között. Elvileg ez meghatározható: vegyünk egy teljesen kezdő játékost, aki éppen most tanulta meg a játék alapelemeit. Keressük meg azt a leggyengébb játékost, aki nála már éppen egy klasszissal jobb. Utána ehhez a játékoshoz ismét keressük meg azt az embert, aki őnála jobb éppen egy klasszissal, kicsit sem többel. És így tovább, előbb-utóbb biztosan eljutunk a világbajnokig. Ezzel meghatároztuk, hogy a szóban forgó játékban az emberi tudás teljes feszítvolsága hány klasszisnak felel meg.

A sakk esetében ennél egyszerűbb és gyakorlatiasabb módszerrel is jó közelítő eredményt kaphatunk. Láttuk, hogy kb. 200 Élő-pont különbség jelent egy klassziskülönbséget. A kezdő játékos nagyjából 1300 pontos, a világbajnok 2700 — eszerint tehát a sakkjáték mélysége összesen körülbelül nyolc klasszisnyi.

Hasonlóan számolva a go-minősítések alapján azt kapjuk, hogy a go játék mélysége összesen kb. 13–15 klasszis. Meglepően nagy különbség észlelhető tehát a sakk és a go között, és ezt a kijelentést már nemcsak szubjektív érzésekre alapozhatjuk, hanem objektív mérésre.

Ennek alapján már érezhető, hogy nem teljesen a levegőbe beszélünk, amikor olyasmiket fejtegetünk, hogy a go sokkal bonyolultabb sémákat igényel, mint a sakk; valahogy sokkal holisztikusabb, legalábbis a mesterjelölti (kb. 1 kyus vagy 1 danos minősítési) szinten. A japánok kultúrájuk szerves részének tekintik a go-t, úgy érzik, hogy alapvető értékrendszerüket, esztétikai elveiket, gondolkodásmódjukat fejezi ki: ugyanarról szól, mint az előző fejezetben a Zen-mester és a szamuráj története. Mi a sakkot általában nagyon jó játéknak tartjuk, de ilyen alapvető értéket, az európai gondolkodásmód lényegének kifejezését nem tulajdonítjuk neki. Bobby Fischer volt

sakkvilágbajnok mondta: „számomra a sakk az egész élet”. A nagymester sok tízezer bonyolult sémája talán valóban lehetővé tesz olyan árnyalt, finom kifejezőmódokat, amelyek egy ilyen kijelentést indokolhatnak, de egy mesterjelölt még nemigen érzi át, hogy a sakk az élet teljes komplexitását kifejezi számára.

Ha már van egy ilyen mélységfogalmunk, engedjünk meg magunknak egy bekezdésnyi elkalandozást. Hasonló módszerrel kiderül például, hogy a jégkorong vagy a kosárlabda sokkal mélyebb sport, mint a labdarúgás: sokkal több klasszisnyi különbség található egy átlagos iskolai osztályválogatott és a világbajnok csapat között. Vagy másként: a világ tizedik legjobb csapatának sokkal több esélye van a világbajnok ellen futballban, mint kosárlabdában. Szoktuk mondani annak kifejezésére, hogy a gyengébbnek is van esélye, hogy „a labda kerek”. Eszerint „a futball-labda sokkal kerekebb, mint a kosárlabda”. Talán éppen ezért szeretjük a világnak ezen a részén annyira a focit, és talán részben ezért nem tud mélyebb gyökereket eresztetni a világ más tájain, például Japánban vagy az Egyesült Államokban (bár e két népet más és más okból zavarja a labda túlzott kerekége). Elvileg le lehetne mérni az egyéni képességek mélységét is a csapatsportokban. Ezt ugyan nem tettem meg, de hevenyészett becslések alapján az a gyanúm, hogy az egyén szintjén már megszűnik a mélységkülönbség a foci és a kosárlabda között: a két sport közötti lényegi differencia valahol a teljes játék struktúrájában van. Itt is több az egész, mint a részek összege.

Visszatérve fő gondolatmenetünkre, mélységfogalmunk különösen akkor válik érdekessé, ha figyelembe vesszük, hogy a sémák számának tartománya mind a go, mind a sakk esetén azonos: nullától néhány tízezerig terjed. Ha tehát az ismert sémák mennyisége szerint próbáljuk a minősítési szinteket meghatározni⁷ (mint ahogy tettük a 11. fejezetben), akkor a szintek közötti eredménybeli különbségek még nem lesznek egyértelműek. Ha egyszer a go mélysége nagyobb, mint a sakké, akkor pl. egy 2000 sémát ismerő játékos nagyobb biztonsággal győz le egy 1000 sémát ismerőt go-ban, mint sakkban. Ez csak úgy lehetséges, ha a sémák a go-ban sokkal bonyolultabbak, mint a sakkban (legalábbis a nagymesteri szint alatt). Mondtuk, hogy a go a japán go-játékosok számára sokkal inkább kifejezi az életet, mint a sakk az európaiaknak: kevésbé érzik absztraktnak. A go a keleti gondolkodás terméke: a világ egységének kifejezése irányába mutat; a sakk a nyugati gondolkodásban eresztett mélyebb gyökereket akkor is, ha eredetileg talán Indiából származik.

Valószínűleg ezért érzik a programozók sokkal nehezebbnek azt, hogy egy go-programot készítsenek, mint azt, hogy egy sakkprogramot. Érzésük jogos: a sakk esetében a mesterjelölti szintig el lehet jutni a standard programozási eszközökkel, ha módunk van eléggé gyors gépen dolgozni. Ezen a ponton túl azonban, mint az ábra mutatja, már a gépek további gyorsulása sem segít. A go esetében a mesterjelölti szint elérése is nagyon távolinak látszik. Pedig motiváció van: a kihívás nagyságán kívül állítólag egymillió dolláros jutalmat is kitűztek annak, aki profi mester erősségű go-programot készít, és ennek az összegnek egy része már az 1 kyus (erős mesterjelölti) szint eléréseért is járna.

Úgy tűnik, hogy azoknak a területeknek nagyobb a mélysége, amelyek szakmai sémái viszonylag kevésbé különböznek a hétköznapi gondolkodás sémáitól. Ezek egyben azok a területek is, amelyekben a mesterséges intelligencia jelenlegi eszközeivel még a mesterjelölt szintet sem nagyon tudjuk elérni. Jellegzetesen ilyen területen mozognak például a természetes nyelvekkel foglalkozó programok.

A SHRDLU program

A jelenlegi egyik nyelvről a másikra fordító programok színvonalát legfeljebb gyenge mesterjelöltnek értékelhetjük. Szókincsben ugyan messze meghaladják ezt a szintet (annak semmi akadálya nincs, hogy akármelyik nagyszótár szókincsét beprogramozzuk), de ezek a szavak a fordító programok számára pusztán adatok, nem sémák. Amit ezek közül valamennyire is sémaként tudnak használni, azok száma legfeljebb néhány ezer. Számos bonyolult, az ember által természetes módon használt séma egyelőre teljesen megfejtethetlenné bizonyult. Aki be tudná programozni az öt leggyakoribb angol szó (the, of, and, a, to) helyes használatát, az ezzel alighanem a mesterséges intelligencia számos más fontos problémáját is megoldaná, mintegy melléktermékként.

A természetes emberi nyelv kutatásában talán a legelegánsabb eddigi eredmény Terry Winograd SHRDLU nevű 1972-ben (!) készült programja. (A program nevét az angol ábécé második hat leggyakoribb betűjéből kapta; az első hat: ETAOIN.) Ez a program kizárólag az egyszerű játékkockák (téglatestek, gúla és dobozok) világában mozgott, de ezen belül igazi angol nyelven adott bonyolult utasításokat is kiválóan megértett és végrehajtott. Például ha a beszélgetés elején azt mondták neki: „Tedd a gúlát a zöld kockára”, akkor visszakérdezett, hogy melyik gúlára gondolunk. Ha azonban

néhány mondattal később azt kérdezték tőle, hogy „mi van a gúla alatt?”, akkor habozás nélkül azt válaszolta, amit minden értelmes ember mondana, hogy „a zöld kocka”. A SHRDLU program káprázatosan sokféle ilyen értelmességet produkált.

A SHRDLU mindössze mintegy 200 szót ismert, bár a szókincse elvileg bővíthető volt. Mindegyik szó egy vagy, esetleg a kontextustól függően, akár több bonyolult programot indított el benne, és ezek a programok egy-egy mondat megértése során rendkívül kusza rendszer szerint kapcsolódtak egymáshoz. Összesen mintegy 500 ilyen programból állt a teljes SHRDLU. Ma ezt a programot is egyfajta szakértő rendszernek neveznénk, 500 alprogramját pedig szabályoknak. Ezeknek a programoknak némelyike már közel annyira bonyolult volt, mint amilyennek a sémákat elképzeljük. Az *it* névmás használatáról szóló program például igen sokféle környezeti feltételhez tudott egészen különböző módokon alkalmazkodni, bár még így is a SHRDLU világán kívül esett jónéhány hétköznapi nyelvbeli jelentése (pl. *it is raining, it is necessary to stb.*).

Ellentétben a korábbi, kisszámú de általános szabállyal dolgozó programokkal, a SHRDLU Winograd megfogalmazása szerint olyan volt, mint egy nagy kusza csomó; mostani fogalmainkkal úgy mondhatnánk, hogy egyfajta kusza hierarchiát alkotott. Winograd azt állította, hogy „ugyan kusza, de nem érthetetlen”, ám amikor ugyanezt az elvet nagyobb szókincsre és szélesebb világra akarták alkalmazni, a program pillanatok alatt teljesen áttekinthetatlenné vált, és működése is romlott. Azóta sem sikerült a SHRDLU-hoz hasonló elven ennél jobb programot készíteni, holott úgy tűnik, hogy ez az út bizonyult az eddigi kiindulások közül a leginkább ígéretesnek. A SHRDLU a játékkockák világában talán mutat annyi értelmet, mint egy 6–8 éves gyerek; ezen a szűk területen alkalmasint elérte a mesterjelölt szintet. Az elv továbbfejlesztése azonban itt is a mesterjelölt szint komplexitáskorlátjába ütközött.

Winograd programjának kritikái elsősorban azt emelik ki, hogy lehet ugyan, hogy ez a program jobban működik, mint a formális logikai szabályokra vagy más általános elméletekre alapozott programok, de olyan kusza, hogy nem lehet belőle kihámozni egy használható elméletet arra, hogy hogyan működhet az emberi nyelv megértése. Másfelől azonban egyre inkább úgy tűnik, hogy pontosan ez a kuszaság, az általános, egységes háttérelméletnek ez a hiánya adta a program erejét: a program működésével éppen a kusza hierarchiák elméletét támasztja alá. Napjaink szakértő rendszereinek is a sok kusza, az alkalmazás során egymásba gabalyodó szabály adja meg az erejét, egyben ez jelöli ki korlátait is.

Mivel az ember anyanyelve megértésében mesteri szinten áll, rendkívül zavaró számára egy idegen nyelvről mesterjelölt szinten fordító program produkciója. Egy ilyen szöveget lektorálni, kijavítani nagyobb munka, mint az egészet újra lefordítani. Hasonló problémákkal találkozunk azok is, akik az automatikus diktafon fejlesztésén dolgoznak. Amikor az ember egy szöveget hall, azért tudja azt leírni, mert érti. Próbáljunk csak meg egy ismeretlen nyelven mondott szöveget hallás után leírni: bámulatosan gyenge lesz az eredmény még akkor is, ha az illető nyelv írásmódja teljesen fonetikus.

A természetes nyelvekkel kapcsolatos feladatokkal az a legnagyobb probléma, hogy nehéz elfogadhatóan leszűkíteni azt a tartományt, amelyben a programnak dolgoznia kell. Egy diktafon esetében például talán elfogadható szűkítés az, ha csak a gazdája hangját hajlandó megérteni, de már kevésbé elfogadható, ha csak bizonyos típusú mondatokat képes megérteni. Az absztraktabb szakmák egyes speciális területein már sokkal több esély van arra, hogy sikerül a szakértő rendszerek számára olyan szűk „világot” találni, amelyben ezek már valóban mesterjelölt szinten képesek a feladatokat megoldani, és az adott „világ” még mindig eléggé érdekes ahhoz, hogy ilyen szintű szakértelemre általános igény legyen.

Egy mesterjelölt szinten tanácsokat adni tudó szakértő rendszer nagyon hasznos lehet akkor, ha szakember nem érhető el vagy nagyon drága, és egy átlagos szakember segítsége is kielégítő, nincs szükség nagy tudású specialistára. Egy mesterjelölt erejű sakkprogram például az emberek 99%-a számára nagyon is respektálandó ellenfél, biztos üzleti siker. Általában azokon a területeken, ahol az embernek már a mesterjelölt szint elérése is komoly nehézségeket okoz, nagy erőfeszítést kíván, a szakértő rendszerek versenyképesek és jól használhatók lehetnek. Azokon a területeken viszont, ahol az ember könnyedén eléri a mesterjelölt szintet vagy amelyek alapvetően a hétköznapi sémákkal kapcsolatosak, a mesterséges intelligencia programok jelenlegi teljesítménye távolról sem kielégítő.

Mennyire intelligensek a szakértő rendszerek?

A szakértő rendszerek módszertana lehetőséget ad arra, hogy nagyon sok területen mesterjelölt szintű számítógépes szaktudást értsünk el. Azt is látnunk kell viszont, hogy ezek az eredmények meglehetősen csalókák. Amikor egy területen a szakértő rendszer tudása eléri a mesterjelöltét, ez csak

nagyon szűken, nagyon szigorúan arra a szakterületre vonatkozik. A program nem produkálja azt, amit a mesterjelölt gondolkodása egyik fő jellemzőjeként állapítottunk meg: hogy szakmai sémái különválnak a hétköznapi sémáitól. Vagy ha igen, nagyon speciális módon teszi ezt: egyáltalán nincsenek meg a hétköznapi sémái. Ezért, bár a program szakismeretei kielégítőek lehetnek a mesterjelölt szinten, időről időre váratlan és kellemetlen bornírtságokat követ el, a szakma egészen hétköznapi kérdéseiben olyan hibákat vét, amelyeket már a kezdő is elkerül; tanítani sem kell neki, mert nem hülye, csak kezdő.

A jelenlegi mesterjelölt programok általunk érzékelt teljesítménye részben egyfajta „optikai csalódás” eredménye. Az, aki használja őket, értelmes ember, ezért eleve nemigen kérdez olyasmit, ami számára magától értetődő. Ezért nem is veszi észre a rendszerek bornírtságát, vagy hogy finomabban fogalmazzunk, vészes szakbarbárságát. Láttuk, hogy ez még olyan területeken is érvényes, mint a sakkjáték.

Jelenlegi tudásunk alapján könnyebb egy mesterjelölt szintű szakértő rendszert készíteni, mint egy középhaladó szintűt. Nem azért, mert kevesebb munkát igényel, hanem azért, mert paradox módon középhaladó szintűt lényegében nem is tudunk létrehozni. A haladó szintnél ugyanis az embernek azonnal feltűnik, hogy a rendszer mi mindent nem tud, és hogy kitapasztalja, szinte vizsgáztatni kezdi. Ilyen hozzáállással egyre nyilvánvalóbb kérdéseket firtat, olyanokat, amelyek a hétköznapi józan ész számára is nyilvánvalóak, és éppen ezért egyre butább válaszokat kap. Egy mesterjelölt tudású rendszernél viszont az, aki ismerkedik a rendszerrel, látja, hogy a program rengeteg mindent tud, és arra kíváncsi, hogy mi mindent tud még. Lényegében a „jó tanuló felel” illetve a „rossz tanuló felel” effektus jön be. A mesterjelölt program hézagait a használója könnyedén kiegészíti mindazzal, amit úgyis tud, elfogadja szakértő partnernek. A középhaladó program használója viszont egyre súlyosabb gyengeségekre tapint rá, egyre kevésbé fogadja el tőle azt is, amit viszont tud.

Éppen ezért a mesterséges intelligencia gyakorlati célú programjainak értékelésénél hallgatólagosan (és ettől csálóka módon) kihasználjuk, hogy *mi* értelmesek vagyunk, hogy mi a hétköznapi megértésben eleve mesteri szinten állunk, és ezért felmentjük a programot az alól, hogy ő is értelmes legyen, tőle elégnek fogadjuk el azt, ha tud. A szűk szakmai hozzáértés alapján jogosan értékeljük a szakértő rendszerek legjobbait mesterjelölt szintűnek, de általában a mesterjelölt szintű mesterséges intelligencia elérésétől még messze vagyunk: az ilyesmi eleve feltételezne egy mesteri szintű hétköznapi értelmet.

Egy szakértő rendszerben, amelytől konkrét szakmai tanácsot akarunk kapni, nem keressük az általános intelligenciát, csak a szűk szakmai tudást és következtetőképességet. Ezért a szakértő rendszerek sikeresek lehetnek anélkül, hogy a mesterséges intelligencia alapproblémáinak megoldásához akár csak egy kicsit is közelednének. A szakértő rendszerek a mesterséges intelligencia kutatások önállósodott melléktermékeinek tekinthetők. Ha a szakértő rendszerek hosszabb távon is jól használhatónak bizonyulnak, egy idő múlva már senki sem fog arra emlékezni, hogy ezeket valaha a mesterséges intelligencia tárgyköréhez sorolták. Ha viszont a szakértő rendszerek piaci sikereit csak a mesterséges intelligencia csábos jelszava tartja életben, akkor idővel ezt a műfajt is elfelejtik, akár a gyökvonást. Ami technikáiból jól használható, az majd beépül az adatbázisok készítésének általános szakmai fogásai közé.

A mesterséges intelligencia távlatai

A számítástechnika fejlődése megváltoztatta az intelligencia lényegéről szóló elképzeléseinket. Ötszáz évvel ezelőtt a számtani alpműveletek elvégzése a szellemi csúcsteljesítmények közé tartozott. Csak az aritmetika legnagyobb mesterei voltak képesek nagy számok hányadosait pontosan meghatározni. A helyiértékes számábrázolás elterjedésével ez a feladat annyira leegyszerűsödött, hogy akármilyen számok osztása általános iskolai tantervi minimummá vált. Hasonló helyzet állhat elő a mesterséges intelligencia eredményei nyomán is. Ha például a mai elveken alapuló sakkprogramok világbajnoki színvonalon játszanának, akkor idővel talán a sakkot is kivonnánk a magas szellemi felkészültséget igénylő elfoglaltságok köréből. Úgy tűnik azonban, hogy a sakk már eléggé bonyolult világot alkot ahhoz, hogy ilyen egyszerű eszközökkel ne lehessen a végére járni. Talán éppen ezért létezhetnek nagymesterei.

Néhány egyszerűbb játékot a számítógép tökéletesen képes játszani. A backgammon nevű, különösen az angolszász világban népszerű táblás, dobókockás játék már bonyolultabb annál, hogy a számítógép tökéletesen tudja játszani, de H. J. Berliner programja Monte Carloban egy tétmeccsen legyőzte a világbajnoknak kikiáltott emberi játékost. Igaz, Berliner elemzése szerint a programnak határozottan szerencséje volt: kétszer is vétett a meccs folyamán egyértelműen kimutatható hibát, míg ellenfele egyszer sem, mindenesetre a program volt annyira erős, hogy élni tudott a szerencséjével és nyert.

A mesterséges intelligencia jelenlegi helyzete körülbelül ez: ami manapság működik, az nem intelligens, ami viszont intelligens, az nem működik. Működnek például (legalábbis mesterjelölt szinten) a sakkprogramok vagy bizonyos szakértő rendszerek, de ezek működési elvei nagyon távol állnak az emberi intelligencia mechanizmusaitól. Az EURISKO vagy a SHRDLU program működési elvei talán jobban közelítik az ember gondolkodását, ezek viszont nemigen bizonyultak általánosíthatónak: még a mesterjelölti komplexitás elérése előtt áttekinthetetlen szövevényeket eredményeznek.

A szakértő rendszerek területén a tudásmérnökség egyik legdivatosabb jelszava „a tudás kicsalogatása”. Ezen azt értik, hogy a szakmák nagymestereinek olyan kérdéseket próbálnak feltenni, amelyekből kiderül a gondolkodásmódjuk, hogyan oldják meg feladataikat. A tudásmérnokok sokszor panaszkodnak arról, hogy a mesterek nem képesek ismereteiket érthető módon, világosan átadni nekik. Gyakran egyenesen úgy érzik, mintha nem is akarnák, talán mert féltik a kenyerüket. Lehet, hogy ilyesmi is létezik, de elsősorban nem erről van szó. Inkább az lehet a sikertelenség oka, hogy a nagymester tényleg nem képes intuitív tudását formalizáltan átadni. A tudásmérnokok gyakorlatilag azt kérik tőle, hogy jelenlegi gondolkodását szálítsa vissza egy alacsonyabb szintre, amikor még csak mesterjelölt volt és valóban többé-kevésbé tisztában volt azzal, hogy mi is az, amit tud.

Nem biztos, hogy a mesterséges intelligenciában azt érdemes keresnünk, amiben hasonlít a mi gondolkodásunkhoz. A legtöbb gépben (az autótól az esztergáig) éppen azt tartjuk fontosnak, érdekesnek, hasznosnak, amiben alapvetően különbözik tőlünk. Ha így viszonyulunk a mesterséges intelligenciához is, gondolkodásunk hasznos kiegészítőjére találhatunk benne, és így bosszantó butaságaival szemben is toleránsabbak lehetünk. Másfelől viszont elképzelhető, hogy olyan fontos gyakorlati feladatok megoldásához, mint a nyelvi fordító program vagy a diktafon, elkerülhetetlenül szükséges valamiféle, a mienkéhez hasonló értelem létrehozása. Jelenlegi eszközeinkkel azonban ez az utóbbi cél aligha érhető el; alapvetően új elvek felismerésére van szükség, és ezek felfedezésének ideje mai ismereteink alapján nemigen jósolható meg. Marvin Minsky, aki a mesterséges intelligencia egyik megalapozója volt, és kezdetben maga is biztosra vette a gyors sikert, harminc év után így nyilatkozott: „Azt hiszem, a mesterséges intelligencia problémája egyike a legnehezebbeknek, amibe a tudomány valaha is belevágott.”

Elvileg talán semmi sem zárja ki, hogy létrehozzunk a miénkhez hasonló mesterséges értelmet (igaz, egyelőre olyan eredmény sem ismeretes, ami garantálná ezt a lehetőséget). Valószínű azonban, hogy ha sikerül ilyesmit létrehozni, annak alapját olyasféle egységek fogják alkotni, mint a mi

sémáink: élő és állandóan változó dolgok. A mesterséges intelligencia alighanem ugyanolyan sokféle lesz, ha lesz, mint amilyen sokfélék az emberi észjárások. Idézzük itt D. R. Hofstadter véleményét arról a kérdéstről, hogy lesz-e olyan sakkprogram, amely minden embert legyőz: „Nem. Talán lesznek olyan programok, amelyek minden embert legyőznek sakkbán, de ezek nem kizárólag sakkozó programok lesznek. Ezek *általánosan intelligens* programok lesznek, és éppoly szeszélyesek, mint az emberek. Egy program, amely minden embert legyőz sakkbán, alighanem ilyenfajta párbeszédet is fog produkálni: — Sakkozzunk! — Ne, únom a sakkot. Beszéljessünk inkább a költészetről.”

14. A racionalitás korlátai

A racionalitás lényege, hogy az értelemre, csakis a tiszta értelemre apel-
lál. Azokat a gondolatokat, érveket, következtetéseket tekintjük racionális-
nak, amelyek nem tartalmaznak szubjektív elemeket, nem függenek az egyén
érzésvilágától, tudatának pillanatnyi állapotától.

Rejtő Jenő kisregényében Pipacs, a fenegyerek sajátos kognitív sémákat alakított ki az emberi fejről: „egy ember feje kecses, törékeny kis csacska-
ság”. Egy agysebész mentális modellje nyilván sok szempontból másmilyen.
(Mivel a továbbiakban következtetéseket fogunk vizsgálni, áttértünk a kog-
nitív sémáról a mentális modell kifejezésre. Ennek, ahogy azt a 6. fejezetben
láttuk, nincs számunkra mélyebb jelentése. A következő érvelés mégis sokkal
gördülékenyebbé válik ezzel a szóhasználattal — efféle okok is magyarázhat-
ják a sémafogalmak sokféleségét.)

Vannak következtetések, amelyeket csak az agysebész mentális modellje
tesz lehetővé, másfajta következtetéseket mindkettő. Azokban az esetekben,
amelyek mindkét modellben azonos feltételezéseken alapulnak, várhatóan
Pipacs is és az agysebész is ugyanazokat a következtetéseket fogja levonni,
mert mindketten értelmes emberek, mentális modelljeik feltehetőleg helye-
sen követik a dolgok logikáját. A dolgok logikája pedig nem függ mentális
modelljeink milyenségétől.

Ha tehát hőseink a formális logika segítségével próbálnának meg fel-
tételezésekből következtetéseket levonni, akkor sem juthatnának egymástól
eltérő eredményre. A formális logika következtetései ugyanis függetlenek a
körük épített modelltől, minden, a dolgok logikáját helyesen követő mo-
dellben igaznak kell lenniük. Különböző nem tekinthetnénk őket az érvelés
helyes módjainak. A formális logika általános használhatóságát az biztosítja,
hogy az elmondottak fordítva is érvényesek: ha egy következtetés minden, a
dolgok logikáját helyesen követő modellben igaz, akkor le is vezethető for-
mális eszközökkel. Ennek az (immár matematikai, illetve metamatematikai)
állításnak a matematikai bizonyításához csak annyit kell feltételezni, hogy a
formális logika önmagában nem vezethet egymásnak ellentmondó követke-
ztési formákra.

(Az előző passzusban nem követtük a matematikai logika szokásos szóhasználatát, például „a dolgok logikájáról” beszéltünk „ellentmondásmentesség” helyett. Továbbra sem fogjuk átvenni a matematika egzakt szóhasználatát és definícióit; beérjük azzal, hogy megpróbálunk a szakmai tételekből viszonylag kevésbé torzított metaforikus hétköznapi sémákat kialakítani, amelyek segítségével azután gondolatainkat tovább építhetjük.)

A formális logika tehát egyfajta hidat alkot a különféle mentális modellek között. Az előző fejezetben említett Church–Turing tézis azt a hitet fejezi ki, hogy elvileg más hídra nincs is szükség: ami a különböző mentális modellekben egyaránt egyértelműen kifejezhető, az a formális logika nyelvén is elmondható. Az, hogy valami „racionális”, eszerint azonosítható azzal, hogy „formájában logikus”.

A végtelen hurkok problémája

A tiszta racionalitás korlátlan megismerő erejébe vetett hitre épülő világképet a matematikai logika utóbbi 60 évben elért eredményei elbizonytalanították vagy legalábbis elbonyolították. Egy ilyen eredménnyel, Gödel tételével már az 5. fejezetben találkoztunk.

A Nulladik fejezet R8-as rejtvényében azt kérdeztük: Igaz-e az a mondat, hogy „Ebben a mondatba három hiba van.” A mondatban akárhogy nézzük, csak két hiba van, a helytelen rag a „mondatba” szóban és a hiányzó ékezet a „három” szóban. A mondat tehát első ránézésre nem igaz. De akkor a mondatnak a harmadik hibája az, hogy nem igaz. Ezt is figyelembe véve azonban a mondat mégiscsak igaz, hiszen valóban három hibát tartalmaz. Akkor viszont megint csak két hiba van benne, hiszen a harmadik hiba, amit találtunk, mégsem hiba. A kígyó a farkába harapott, kezdhetjük az érvelést előlről.

Ha nem akarunk úgy járni, mint a butábbik fajta kaparódarázs az 5. fejezet elején, akkor nem tehetünk mást, mint hogy széttárjuk a kezeinket: ez az állítás se nem igaz, se nem hamis. Abban a gondolkörben, amiben mozgunk, eldönthetetlen. Olyan, mint amilyen állítások létezéséről Gödel tétele beszél. Ez esetben ugyan nem egy formális rendszerben gondolkodtunk, de Gödel tétele éppen azt biztosítja, hogy akárhogy is formalizáljuk gondolkodásunk kereteit, ilyenfajta eldönthetetlen állítások mindig fel fognak merülni.

Mit tehetünk, ha mindenképpen akarunk valamit kezdeni egy ilyen jellegű állítással, például mert valamilyen okból nagyon fontos számunkra,

hogy megismerjük azoknak a dolgoknak a természetét, amelyekről az állítás szól? Ebben az esetben nem tehetünk egyebet, meg kell változtatni gondolkodásunk kereteit. Ha például módosítjuk azt, hogy mit értünk hibán, és kivonjuk a „hiba” szó jelentése alól azt az esetet, amikor egy mondat állítása, értelme hamis, akkor a probléma azonnal megszűnik. Igaz, ezzel kicsit megváltoztattuk az anyanyelvünket, de ennyit csak megér az, hogy egy eleddig reménytelennek tűnő problémát sikeresen megoldottunk. Csakhogy Gödel tétele garantálja, hogy előbb-utóbb az új nyelvben is találunk hasonló feloldhatatlan gubancokat. Mindez persze csak analógia, akkor lenne szó szerint érvényes, ha a rejtvény elemzését nem hétköznapi józan eszünkkel, hanem egy formalizált nyelven végeztük volna.

A tudomány azonban igyekszik minél inkább formalizált nyelvet használni, így rá már csaknem pontosan érvényes, hogy amennyiben egyetlen igazság elől sem akar eleve elzárkózni, akkor Gödel tételéből következően a vonatkoztatási rendszer állandó változtatására kényszerül. Mint a 12. fejezetben láttuk, ez vezetett az egységes tudomány felbomlásához. Talán éppen ezért járt le a polihisztorok kora.

Ha már az ilyen végtelen gondolati hurkok felbukkanása elkerülhetetlen, jó lenne legalább egy olyan formális eljárást találni, amely megmondja, hogy ilyen helyzetbe kerültünk. Akkor legalább rögtön felismerhetnénk, ha reménytelen kérdéssel foglalkozunk, és azonnal választhatnánk más problémát, vagy elkezdhetnénk felülvizsgálni rendszerünket. A rejtvény esetén néhány másodperc alatt rájöttünk, hogy gondolataink reménytelenül önmagukba záródnak, de bonyolultabb problémák esetén ez a felismerés esetleg emberöltőket vehet igénybe.

Sajnos ez a kiút is reménytelen, legalábbis teljes általánosságban. Nincs olyan formális eljárás (tehát: számítógépen megvalósítható program), amely a kaparódarázs kellemetlen helyzetét teljes általánosságban azonosítani tudná, vagyis ami pontosan meg tudná mondani, hogy mikor kell fellépnie az unalomnak (87–88. o.). Ezt az állítást ezúttal majdnem formálisan is bebizonyítjuk, részben mert történetesen viszonylag egyszerű, részben, hogy egy kis ízelítőt adjunk a hasonló típusú bizonyítások stílusából. Akit a bizonyítás nem érdekel, a következő három bekezdést nyugodtan ugorja át.

a) Láttuk, hogy egy Neumann-elvű számítógépen minden program számok egymásutánjából áll, a programok és az adatok ugyanúgy néznek ki. Univerzális végtelen hurokkeresőnk egy program, jelöljük U-val, amely program bemenő adatként két adatsorozatot kap: egy P programot és egy X adatsort. Az U program tehát azt dönti el tetszőleges P és X esetére, hogy a P program az X adatokkal futtatva leáll-e vagy sem.

Mondjuk az U program az eredményt úgy hozza tudomásunkra, hogy 1-es számot ír ki, ha a P program az X adatok esetén előbb–utóbb leáll, és 2-est ír ki, ha a P program az X adatok mellett végtelen hurokba kerül. Ezt jelölhetjük így is: $U(P,X)=1$, ha a P program az X adatokkal véges időn belül leáll, és $U(P,X)=2$, ha nem.

- b) Készítsünk el most egy ravasz R nevű programot. Az R program bemenő adata legyen egy tetszőleges P program, és működjön a következőképpen: Először is futtassa le az U programot úgy, hogy az U programnak mindkét bemenő adatként a P programot adja. (Mivel egy program egyben számsorozat is, ennek semmi akadályja). Ha erre az U program 2-t adott vissza, akkor az R program azonnal álljon le, ha viszont az U program 1-et adott vissza, akkor az R program kezdjen el helyben járni az idők végezetéig. Ha már az U program megvan, egy ilyen R program létrehozása könnyen megoldható. Tehát: az R program olyan, hogy minden P programra előbb–utóbb leáll, ha $U(P,P)=2$, és végtelen hurokba kerül, ha $U(P,P)=1$.
- c) Most nézzük meg, mit csinál az univerzális U programunk, ha mindkét bemenő adatként az imént előállított R programot adjuk. Mennyi lesz $U(R,R)$ értéke? Tegyük fel, hogy $U(R,R)=1$. Ezzel az U program azt jelenti ki, hogy az R program leáll, ha adatként (a P program helyén) éppen az R program (azaz: saját maga) kódját kapja. A b.) lépésben viszont úgy gyártottuk az R programot, hogy csak akkor álljon le, ha $U(R,R)=2$. Ez ellentmond kiindulásunknak, hiszen most azt az esetet vizsgáljuk, ha $U(R,R)=1$. Nem maradt más hátra, mint hogy az U program az R,R adatpárra 2-es értéket ad. Ezzel azt mondja, hogy ha az R program adatként az R program kódját kapja, akkor végtelen hurokba esik. De ezt csak akkor teszi, ha $U(R,R)=1$. Ez az eset is ellentmondásra vezetett tehát. Ez azt jelenti, hogy univerzálisnak hitt programunk nem tud milyen eredményt adni, ha ravasz R programunkat adjuk be neki mindkét bemenő adatként. Az U program tehát mégsem lehet teljesen univerzális.

Ha tehát a racionalitást a Church–Turing tézis szerint értelmezzük, akkor eredményünkből következik, hogy nem létezhet olyan racionális értelem, amelyik minden lehetséges helyzetben képes megállapítani: nem került-e olyan helyzetbe, mint a butábbik fajta kaparódarázs. Márpedig egy egészséges ember általában képes észlelni, ha ilyenfajta végtelen hurokba került, és valamilyen módon kilép belőle. A biológus kutatók is abbahagyták egy idő után a kaparódarázs piszkálását. Felmerül tehát a kérdés: hogy

lehet az, hogy az ember értelmével meg tud oldani elvileg megoldhatatlan feladatokat is?

Az egyik lehetőség valamiféle, a racionalitáson túli megismerés feltételezése. Ezt kizárni teljes bizonyossággal nem tudjuk, a tudomány paradigmáján belül ez a kérdés alighanem gödeli: se nem bizonyítható, se nem cáfolható. Axiómaként viszont felvehető akár ez a feltételezés, akár az ellentéte. A tudomány (elsősorban Occam borotvájának szellemében) az utóbbit tette.

A másik lehetőség az, hogy az ember sem rendelkezik azzal a képességgel, hogy minden végtelen hurkot teljes biztonsággal felismerjen. Amikor az 5. fejezetben a metaheurisztikákról szóltunk, láttuk: sok jel mutat arra, hogy valóban nem minden esetben vagyunk képesek észlelni kellemetlen, néha egyenesen önpusztító végtelen hurkainkat.

A korlátozott racionalitás elmélete

Ha az embert teljesen racionális lényként fogjuk fel, ebből az eddigiek szerint az következik, hogy szükségképpen előfordulnak olyan esetek, amikor nem veszi észre, ha cselekedeteivel végtelen hurokba kerül, és nem lép ki belőle. Ez persze nem racionális magatartás. A teljes, korlátlan racionalitás feltételezése tehát nemcsak a tapasztalatoknak mond ellent, hanem önmagában is ellentmondásos.

Herbert Simon más kiindulásból jutott arra az eredményre, hogy az ember döntéseit nem a teljes érvényű racionalitás jellemzi. Döntéseink meghozatalakor távolról sem rendelkezünk az összes peremfeltétel figyelembevételéhez és minden lehetőség végiggondolásához szükséges figyelmi kapacitással (korlátoz például az RTM befogadóképessége), sem pedig a szükséges számolási kapacitással. Ahogy az 5. fejezetben is láttuk, többnyire eleve elkerülhetetlen, hogy heurisztikus módszereket alkalmazzunk, kénytelenek vagyunk a tökéletes, globális optimum helyett bizonyos szinten elfogadható megoldásokat keresni.

A korlátozott racionalitás elmélete a közgazdászokban komoly ellenérzést váltott ki. Érdekes módon a pszichológusok a legkevésbé sem lepődtek meg ezeken a gondolatokon; számukra egy ilyen elképzelés teljesen természetes, általános paradigmájukkal tökéletesen összhangban áll. A közgazdászok is tudják ugyan, hogy a tökéletes optimum megkeresésére általában nincs mód, de az ő világgépük szerint teljesen racionális eszközökkel meg lehet

határozni azt is, hogy meddig érdemes az optimumot keresni. A közgazdaságtan paradigmája alapján *normatív*, abból indul ki, hogy hogyan kellene az embereknek viselkednie bizonyos célok elérése érdekében és hogyan lehet ezeknek a viselkedéseknek a feltételeit a legcélszerűbben megteremteni. A pszichológia paradigmája alapján *deskriptív*, abból indul ki, hogy valójában hogyan viselkednek az emberek, és ezekhez a tényekhez keres magyarázó elméleti konstrukciókat.

Simon a korlátozott racionalitás gondolatát többek között a következő példán mutatja be: Tegyük fel, hogy adott egy szénaboglya, amelyben tűk rejtőznek. Milyen eljárással találhatnánk meg a leghegyesebb tűt? Ha nagy a szénaboglya, teljes átkutatása reménytelen lehet. „Hogyan állapítjuk meg, hogy mikor kell abbahagyni a keresést? Az egyik ilyenkor használatos szabály értelmében akkor kell abbahagynunk, ha a keresésre fordított erőfeszítéseink elérték egy bizonyos nagyságot. Egy másik szabály szerint a keresést akkor kell abbahagynunk, amikor egy olyan tűt találunk, amely elég hegyes ahhoz, hogy varrni lehessen vele. Egy közgazdász valószínűleg azt mondaná, hogy addig kell keresni, amíg a tűk hegyességének várt javulása — további egy percnyi keresésre vonatkozóan — kisebb nem lesz, mint a keresés költsége. Ez a szabály valóban helytálló, de alkalmazása nem mindig kecsegtet sikerrel. Gyakran ugyanis könnyebb meghatározni, hogy mit jelent egy tű ‘elég hegyes’ volta, mint megmérni a keresés egységnyi változásának határhasznát. Az ‘elég jó’ megoldások felkutatására irányuló eljárást *megelégedésre törekvő* keresésnek hívjuk.”

A megelégedés kiértékelésére többféle heurisztikával rendelkezünk, amelyek egymásnak ellentmondó eredményt is adhatnak. A megelégedésre törekvést, szemben az optimumkereséssel, egyfajta metaheurisztikának, metasémának tekinthetjük, amely a megelégedés fokát jelző különféle heurisztikák eredményeit értelmezi, értékeli, esetleges ellentmondásaikat összehangolja.

A korlátozott racionalitás elmélete alapján a gazdasági szervezetek jónéhány olyan jelensége is megmagyarázható, amelyeket a klasszikus elméletek nem képesek értelmezni. Ennek ellenére Simon gondolatai a mikrogazdasági elméletekre viszonylag kevés közvetlen hatást gyakoroltak. Kindler József és Kiss István szerint „Talán azzal is magyarázható ez, hogy az ember nem szívesen néz szembe saját korlátaival, s ösztönösen is hajlik a korlátatlan racionalitás által sugallt, kedvező ‘önarckép’ elfogadására.”

A korlátozott racionalitás is velejéig racionalitás. A józan ész tudomásul veszi saját számítási és figyelmi korlátait, és ezeknek megfelelően kísérel meg optimális megoldásokat találni. Ennek a felismerésnek a fényében inkább az

tűnik érthetetlen, irracionális magatartásnak, hogy a jól kidolgozott korlátlanul racionális elméletek egyáltalán nem veszik figyelembe vitathatatlanul meglévő információfeldolgozási korlátainkat. A közgazdaságtudomány paradigmája ilyen: alapvetően normatív modellekben gondolkodik, még akkor is, amikor csak a leírás igényével lép fel. Más tudományok, amelyek kevésbé érzik kötelességüknek, hogy napi, használható recepteket adjanak, nagyobb lelki nyugalommal néznek szembe gondolkodásunk kevésbé hízelt jelenségeivel, korlátaival és esetleg irracionális elemeivel is.

Heurisztikák nélkül nem megy

A tökéletes, vegytiszta racionalitás megvalósításának eddig két típusú korlátozó tényezőjét láttuk. A végtelen hurkok problémája tisztán elméleti korlátokat tárt fel: a formális logika képesnek bizonyult arra, hogy saját eszközeivel bebizonyítsa, hogy egy bizonyos fajta feladatot nem tud maradéktalanul megoldani. A korlátozott racionalitás elmélete gyakorlati nehézségekből indult ki: információfeldolgozó kapacitásunk végelessége nem teszi lehetővé a problémák akármilyen mélységű végiggondolását. Ez az észrevétel közvetlenül vezetett ahhoz a felismeréshez, hogy döntéseinkben, problémák megoldása során elkerülhetetlenül heurisztikus módszereket kell alkalmaznunk. Érdekes módon azonban a tisztán elméleti eredmények is ugyanerre mutatnak.

A végtelen hurkok bombabiztos azonosításának lehetetlenségét kimondó tételhez hasonló eredményektől hemzseg a matematikai logika és az algoritmusok elmélete. Kis túlzással azt mondhatjuk, hogy ahhoz kell különleges szerencse, hogy az ember olyan feladatot találjon, ami teljes általánosságban megoldható. Speciális megoldásokat gyakran lehet találni, például sokféle olyan feltétel ismeretes, amelyek közül ha valamelyik fennáll, akkor a végtelen hurkok felismerésére is található általános módszer.

Az elméleti tudomány a megváltozott kereteken, a módosult paradigmákon belül is megtalálja a maga jól szerkesztett rejtvényeit: igyekszik minél általánosabb speciális feltételeket kidolgozni, amelyek mellett még található a problémákra többé-kevésbé univerzális megoldás. A fejlődés folytatódik. A felmerülő konkrét problémák esetében azonban gyakran nem könnyű megállapítani, hogy érvényes-e rájuk valamelyik speciális feltétel, és ha igen, melyik. Ebben az esetben a többé-kevésbé általános megoldások heurisztikus jellegűvé válnak: mivel alkalmazásuk feltételeit alkalmasint nehezebb teljesen egzakt módon ellenőrizni, mint kipróbálni őket, gyakran

érdeemes megpróbálkozni valamelyik többé-kevésbé általános megoldással anélkül, hogy garancia lenne a módszer eredményességére.

Rengeteg tapasztalat halmozódhat fel, hogy milyen esetekben melyik módszer szokott célra vezetni. Ezeket a tapasztalatokat már nem feltétlenül lehet teljesen formális módon megfogalmazni, így kialakulnak annak a feltevései, hogy az eredetileg egységes, általános probléma önálló szakterületté váljon, és kifejlődjenek a nagymesterei is.

Gondolatmenetünk a formális logika korlátozó tételeiből indult, az utolsó bekezdés azonban már sokkal általánosabban hangzik. Ez nem a pongyola fogalmazásból adódik, hanem abból, hogy a tudományok a formalizált gondolkodásból alakultak ki, így a matematikai logika fejlődésének menetét modellértékűnek tekinthetjük.

Komplexitáskorlátok

A formális logika eddig bemutatott elméleti és gyakorlati korlátai egyaránt technikai jellegűek voltak. Ezek a korlátok a racionális gondolkodás belügyeinek tekinthetők. A formalizált tudomány hozta felszínre őket, és meg is találta saját keretein belül kezelésük módjait: egyre általánosabb speciális eljárások kifejlesztése, heurisztikák bevezetése, illetve a gödeli kérdések esetében az axiómarendszer bővítése vagy megváltoztatása.

Azok a tudományok, amelyeknek tárgya az emberi gondolkodás, saját kifejezési eszközükként ugyan szintén elfogadják a formális logikát, de nem tekintik axiómának, hogy tárgyuk valóban aszerint működik. A pszichológia is megmarad a formális gondolkodás keretei között, nem is tehet mást, amennyiben igényt tart arra, hogy tudománynak tekintse. De ebből nem következik, hogy a gondolkodás maga is megmarad ezen keretek között. A szociobiológia, mint a 3. fejezetben láttuk, szintén a racionális meggondolás keretein kívülre helyezi például azt, hogy egy konkrét nőstény megköveteli-e a hosszas udvarlást vagy sem, illetve hogy egy konkrét ember fejt-e rejtvényt vagy sem. Mindezt azonban szigorúan racionális keretek között vizsgálja.

Még érdekesebb a mesterséges intelligencia helyzete. Műszaki diszciplínaként akár építkезhetne irracionális elemekből is, például úgy, hogy lepkehálóval összefogdos néhány szellemet, és ezekből épít paraprocesszorok segítségével szuperintelligens gondolkodó gépet. Erre azonban manapság kevés technikai lehetőség adódik, úgyhogy jelenleg a mesterséges intelligencia kénytelen eredményeit számítógépprogramok alakjában megtestesíteni. Ugyanolyan gépekkel dolgozik, mint amilyenekről bebizonyítottuk, hogy

nem képesek tökéletes végtelen hurok azonosítót (és sok egyéb dolgot) megvalósítani.

Abból, hogy egy mesterséges intelligencia program jobb híján tökéletesen racionális elveken alapul, nem következik, hogy feltétlenül racionálisan is viselkedik. Könnyű olyan programot készíteni, amely símán kiírja, hogy $2 \times 2 = 5$, és még csak meg sem emelkedik tőle a vérnyomása. (Napjainkban talán éppen az a mesterséges intelligencia megvalósításának egyik fő akadály, hogy a gépeknek nincs vérnyomása, sem egyéb, átvitt értelemben vett életnedvei...)

Itt érkezünk el a racionalitás korlátainak egy harmadik fajtájához, amit immár nem a formális logika saját rendszerén belül fedezhetünk fel, hanem a mesterséges intelligencia és a kognitív pszichológia bizonyos eredményeinek összevetésével. A sakkprogramok fejlődési trendjének megtörését vizsgálva kiderült, hogy a törés éppen akkor következett be, amikor a programok ereje elérte a mesterjelölt szintet. A továbbiakban megállapítottuk, hogy napjainkban a mesterséges intelligencia többi eredményeit is legfeljebb mesterjelölt szintűnek értékelhetjük, és a szakértő rendszerekbe beépített szabályok komplexitása is legfeljebb ennek a szintnek felel meg. Egy szakmát, egy tudományágat az iskolában, egyetemen általában ugyancsak körülbelül a mesterjelölt szintig lehet teljesen formalizált, racionális eszközökkel, tananyagszerűen elsajátítani. Ez mind arra mutat, hogy a tisztán racionális eszközökkel, a hétköznapi sémáktól elvonatkoztatva megfogalmazható dolgok komplexitása nemigen haladhatja meg a néhány ezer kognitív sémányi mennyiséget.

A kulcsfogalom itt a kognitív séma, amit úgy képzelünk el, hogy önmagában is igen bonyolult lehet, és a többi sémákkal való, folyton változó kapcsolatait is tartalmazza. A racionalitás egy harmadik fajta korlátja tehát egy olyan paradigma mentén körvonalazódik, amely paradigma alapfogalma a formális logika fogalmaitól teljesen független. A hidat a formális logika (s így a racionalitás) felé az szolgáltatta, hogy a mesterséges intelligencia tisztán a racionalitás nyelvén megfogalmazott eredményei gyanúsán ugyanazt a szintet voltak képesek elérni és magasabbat nem, mint ami a kognitív sémák mesterjelölti komplexitásszintjének felel meg.

A racionalitás eddigi kétféle (elméleti és gyakorlati) korlátja mellé felsorakozik egy harmadik típusú korlát, amely a tisztán racionális gondolkodás révén elérhető maximális komplexitást fejezi ki, az egymással szorosan összecszerződött kognitív sémák mennyiségével mérve. Ez a korlát a néhány ezer kognitív sémányi nagyságrend körül rajzolódik ki.

Másfelől azt is láttuk, hogy az emberi gondolkodás ennél magasabb szintű komplexitás kezelésére is képes. A hétköznapi élet dolgaiban, összefüggéseinek megértésében az ember legalábbis mesteri szinten áll. A nagymesterek pedig mintegy nagyságrendnyivel nagyobb komplexitást képesek átfogni kognitív sémáikkal, mint a mesterjelölt szint. Sok jel mutatott már a 11. fejezetben is arra, hogy a nagymester intuitíven, nem tisztán a racionalitás eszközeivel gondolkodik. Egy egészen más irányú érveléssel támasztja alá ezt a gondolatot az, hogy a mesterséges intelligencia fejlődési trendje a legkülönbözőbb területeken igen hasonló módon tört meg.

A racionalitás korlátainak felfedezésén a tudományos világ erősen meglepődött, főleg az elméleti korlátok (Gödel tétele és a formális logika remélt mindenhatóságának megdőlése) okoztak komoly sokkot. A tudomány azonban sokkal hatékonyabb közelítési módnak bizonyult annál, minthogy pusztán azért elveszük, mert kiderült, hogy elvileg sem lehet annyira egységes, mint amennyire szeretne lenni, és nemcsak ismereteink fogyatékoságai okozzák a bonyolultságát. Ezek a negatív eredmények önmagukban nem cáfolják a tudományos világkép helyességét, igaz, alá sem támasztják: nem erről szólnak. Azt azonban előrevetítik, hogy az ember gondolkodási mechanizmusainak megértéséhez és a mesterséges intelligencia megvalósításához nemcsak a tiszta racionalitást kell mélyebben vizsgálni, hanem egyéb megismerési módokat is.

15. Magasszintű gondolkodási sémáink

Többet tudunk, mint amennyit ki tudunk fejezni. Ezen még a művészet eszközei sem feltétlenül segítenek. Példa erre Rimbaud, aki 18 éves korában örökre abbahagyta a költészetet, miután „Csöndekét, éjszakákat írtam meg, lejegyeztem a kifejezhetetlent. Szédületeket rögzítettem.” A költészet olyan szakma, ahol a nagymesterek korán érnek. Lehet, hogy Rimbaud is azt érezte meg, hogy eljutott az elérhető komplexitás maximumáig, az pedig tőle magától tudható, hogy lelkének, érzéseinek csak egy kis részét sikerült elmondania. Mallarmé talán kevésbé volt szerencsés, ő nem adta fel: némelyik négy soros versén tíz évig is dolgozott, gyötrődött, hogy a szavak, a hangok rendje, jelentésük egymáshoz való viszonya a lehető legpontosabb legyen.

A tisztán formális megfogalmazásokkal dolgozó tudományról egzaktabbat is tudunk mondani. Ha elfogadjuk a Church–Turing tézist, és azt is, hogy gondolatainkkal egy nagyságrendnyivel nagyobb komplexitást tudunk átfogni, mint amennyit a tiszta racionalitás eszközeivel ki tudunk fejezni, akkor ebből következik, hogy azt az utat, ahogy a felismeréshez jutunk, nem mindig tudjuk formális módon megfogalmazni. Az eredményt igen, de az odavezető utat nem. Ebből a megismerés korlátaira semmi sem következik: ha egyszer az eredmény megvan, az már beépülhet a mesterjelölt racionális sémáiba is, nem kell újra felfedezni. A megismerés módjáról viszont megtudtuk, hogy egyéb eszközökkel is kell hogy rendelkezzen, legalábbis a mesterjelölti szint fölött. Ezeket az eszközöket neveztük korábban intuíciónak, megállapítva, hogy az intuíció a bonyolult, magasszintű kognitív sémák működésének eredménye.

A nagymester sémáiról nagyon kevés jól megalapozott tudományos ismerettel rendelkezünk. A magasszintű sémák megismerésére azonban jó terep a mindennapi élet is, mivel abban szinte valamennyien legalábbis mesteri szinten állunk, működik tehát az intuíciónk. Sikerült is olyan magasszintű sémákat, általános heurisztikákat kimutatni, amelyek egyrészt kísérletileg jól tetten érhetők, másrészt egyértelműen nem a tiszta racionalitás talaján állnak. Ebben a fejezetben ilyenekből gyűjtünk össze néhány jellegzetes darabot a pszichológia különböző területeiről.

Rögzítés és igazítás

Próbálja meg gyorsan, pontos számolás nélkül megsaccolni, hogy mennyi lehet az $1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 \times 6 \times 7 \times 8$ szorzás eredménye. Azt persze nem tudhatom, hogy ön éppen mennyit gondolt, de hacsak nem volt nagyon sokszor dolga ilyenfajta szorzatokkal például egy egyetem matematikai szakán, alighanem durván alulbecsülte az eredményt. A. Tversky és D. Kahneman különböző szakos egyetemistákkal végeztették el ezt a becslést, és általában 500 körüli válaszokat kaptak. Akiktől azt kérték, hogy ugyanilyen gyorsan saccolják meg azt, hogy mennyi lehet a $8 \times 7 \times 6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1$ szorzás eredménye, azok átlagosan kb. 2200-at mondtak.

Nem elsősorban az az érdekes ebben a vizsgálatban, hogy a szorzat értéke valójában 40320, tehát mindkét csoport durván alulbecsült. A fő érdekesség az, hogy a becslés ennyire függött az összeszorzendő számok sorrendjétől. Akiknek a nagyobb számokkal kezdték a feladat bemutatását, azok lényegesen nagyobb eredményt saccoltak.

Egy másik kísérletben a vizsgált személyek egyik fele azt a kérdést kapta, hogy 10%-nál több vagy kevesebb az afrikai országok aránya az ENSZ-ben. A másik csoporttól azt kérdezték, hogy 65%-nál több vagy kevesebb ez az arány. Ezután mindkét csoporttól megkérdezték, hogy mit gondolnak, pontosabban mennyi lehet az afrikai országok aránya. Akiknél az első kérdés 10%-ról szólt, azok átlagosan 25%-ot becsültek, akiknek az első kérdés 65%-ról szólt, azok átlagosan kb. 45%-ot mondtak. (Kb. 30% az igazság.)

Nem nehéz felismerni a két kísérleti eredményben a közös lényegét: a kiindulási adathoz, az elsőként kapott információhoz való igazodást akkor is, ha az információk sorrendje teljesen érdektelen a feladat szempontjából. Kicsit olyan a két kísérlet hasonlósága, mint ahogy a 6. fejezetben felismertük, hogy az Encyclopaedia Britannica első kiadásának története és a hanglezgyártás hőskorának sztorija mennyire ugyanahhoz a sémához kötődik.

Ezt a fajta gondolkodási mechanizmust „rögzítés és igazítás heurisztikának” nevezték el. Az persze, hogy valaki ráérez arra, hogy ez a két kísérleti eredmény valahogy egy bokorba tartozik, önmagában nem bizonyíték arra, hogy valóban is működik az emberek többségének gondolkodásában egy ilyen általános heurisztika. Lehet, hogy csak kívülről látjuk őket hasonlóan és valódi működésük egészen különböző. Ezért próbálták egyre pontosabban megfogalmazni, hogy mi a közös ezekben az eredményekben, és további olyan kísérleteket terveztek, amelyekben ez a heurisztika várhatóan jól előrejelezhető torzításokat okoz. Ez az út egyértelmű sikerrel járt: bebizonyosodott, hogy valóban működik hétköznapi gondolkodásunkban egy

olyan általános heurisztika, amelyre a bemutatott két kísérlet utal. Amikor bizonytalan helyzetben ítéletet alkotunk, gyakran a feladat megfogalmazásából vagy néhány kezdeti részletszámításból megragadunk valamilyen kiindulási értéket, és ehhez igazítjuk döntésünket.

A rögzítés és igazítás heurisztika működésével magyarázhatók olyan rendszeresen tapasztalt jelenségek is, hogy a határidőket szinte mindig alulbecsüljük, a sok egymásra épülő lépésből álló (és az egyes lépéseknél csak kevés veszteséggel járó) technológiák végső kihozatalát viszont általában túlbecsüljük. Annak ellenére így teszünk, hogy elvileg tudjuk, hogy sok kicsi sokra megy.

A sokféle kísérlet egybehangzó eredménye azt mutatja, hogy nem csak a gondolkodás kutatóinak fejében állt össze egy séma, aminek a „rögzítés és igazítás” nevet adták, hanem a legtöbb ember fejében ténylegesen is működik ilyenfajta általános séma, akár tud róla, akár nem. A rögzítés és igazítás heurisztikáját a kísérletek tanúsága szerint *pszichológiai realitásként* kezelhetjük: ez a fogalom szinte bizonyosan valóban létező, reális dolgot ír le, egyike általános, akaratlanul is működő gondolkodási sémáinknak. Egyfajta heurisztikáról van szó, mivel maga az eljárás vezethet hibás eredményre (még hozzá jól előrejelezhető módon), jóllehet a legtöbb esetben gyors és helyes következtetéseket tesz lehetővé.

A hozzáférhetőség heurisztika

Ennek a heurisztikának a működésére tipikus példa, amikor az autózvezetők lassabban haladnak tovább, ha az út mellett egy régi baleset nyomait látják. Még veszélyesebbnek érezzük a repülőutat, holott a statisztikák szerint nemcsak utaskilométerenként, de még az utak darabszámához viszonyítva is sokkal kevesebb a halálos repülőbaleset. Csakhogy sokkal több emlékezetes példát tudunk az utóbbira, és kevesebbnek képzeljük a repülőutak számát a valósághoz, mert aránylag ritkán ülünk repülőre.

Egy egészen más jellegű példa, immár az előző két példa alapján körvonalazódó újabb fajta heurisztika pszichológiai realitását vizsgáló kísérletek közül: ön szerint mi a gyakoribb: az, hogy egy magyar szó r betűvel kezdődik vagy az, hogy egy magyar szó harmadik betűje r? Az emberek döntő többsége rövid gondolkodás után úgy érzi, hogy az r betű kezdőbetűként gyakoribb, mint harmadik betűként. Az igazság (a statisztikák szerint) ennek az ellenkezője. Mégis, amikor az ember megpróbál példákat keresni mindkét esetre, jóval könnyebben talál r-rel kezdődő szavakat, mint olyanokat, ahol a

harmadik betű az r. Könnyebb ugyanis emlékezetünkben a kezdőbetű szerint keresni, ez okozza a téves becslést.

Egy másik kísérlet a most körvonalazódó jelenség természetének pontosabb feltárására: A kísérleti személyeknek felolvastak egy 39 híres ember nevéből álló listát, és utána megkérdezték, hogy véleményük szerint a férfiak vagy a nők voltak többségben. Kétféle listával dolgoztak, az egyik listában 19 férfi és 20 nő szerepelt kevert sorrendben, a másikban fordítva. A listák azonban úgy voltak megszerkesztve, hogy ahol a nők voltak kevesebben, ott a nők viszonylag híresebbek voltak, mint a férfiak, a másik listában pedig fordítva.

Ott, ahol a nők voltak aránylag híresebbek (de kevesebben), szinte minden kísérleti alany a nőket vélte többségben levőknek, a másik listában viszont a férfiakat. Tudjuk, hogy az RTM kapacitáskorlátja miatt az alanyok a listának csak egy kis részét tudhatták felidézni, és ennek alapján dönthettek el, hogy szerintük melyik nem képviselői voltak többségben. Ilyen hosszú lista esetén az alanyok már nyilván bonyolultabb sémák szerint is csoportosíthatták a hallott neveket és ennyi idő alatt már a HTM-et is használhatták, de ez is a híresebbeknek kedvezett: egy másik vizsgálat eredménye szerint a 19 némileg híresebb névből átlagosan kb. 12-t sikerült felidézni, a 20 aránylag kevésbé híresből csak átlagosan 8–9-et. A példák felidézhetősége meghatározta a döntést.

A hozzáférhetőség heurisztikáját olyankor alkalmazzuk, amikor egy esemény, tény, következmény valószínűségét kell emlékeink, tapasztalataink alapján megbecsülnünk. Ilyenkor akaratlanul is működik bennünk egy olyan eljárás, hogy megkísérlünk emlékezetünkéből példákat és ellenpéldákat is felidézni, és annak alapján döntünk, hogy ilyeneket mennyire könnyen vagy nehezen találtunk. Ez is egyike magasszintű gondolkodási sémáinknak, mivel nagyon sokféle esetben működik, függetlenül attól, hogy a konkrét kérdésfeltevés éppen milyen. A heurisztika általános érvényét mutatja, hogy ennek alapján is sokféle mindennapi hibás, nem racionális viselkedést tudunk jól előre jelezni.

Ha valami elromlik, általában azzal a hibával kezdjük a vizsgálatot, amelyik a leggyakrabban fordul elő, akkor is, ha a hibajelenségek másra utalnak. Meghúzzuk a rendszeresen kilazuló csavarokat, és megnézzük, hogy továbbra is fennáll-e a hiba. A hozzáférhetőség heurisztika hatékonyságát mutatja, hogy a felületi kezelés aránylag milyen gyakran sikeres.

Ez a séma magyarázza azt is, hogy milyen nagy jelentősége van számunkra a dolgok történetének. Herbert Simon a korlátozott racionalitás elméletében kifejti, hogy például egy vállalat gyakorlatában a viselkedések,

döntések szabályai hosszú folyamat során alakulnak ki, és ezeket az aktuális konkrét döntési helyzet csak kevésbé módosítja. Még jellegzetesebb példa az, amit Seymour Papert nyomán QWERT jelenségnek nevezhetünk.

Ezt a furcsa szót úgy kapjuk, ha a standard írógép felső sorának első betűit összeolvassuk. Ennek a QWERT elrendezésnek a magyarázata az, hogy a legkorábbi írógépekben a billentyűk gyakran torlódtak és összeszorultak. Ezt a problémát oldották meg úgy, hogy az angol szavakban gyakran egymás mellett szereplő betűket igyekeztek a klaviatúrán egymástól minél messzebbre elhelyezni. A technika fejlődésével ez a probléma hamarosan háttérbe szorult, de a billentyűk elrendezése megmaradt, jöllehet azóta sokkal ésszerűbb betűkiosztásokat is alkottak, ahol például tíz ujjal való gépelés esetén nem a kisujjakra nehezedik a terhelés nagy része. Egy ilyen megoldás nemcsak a gépírók szakmai betegségének, az in hüvelygyulladásnak az előfordulását csökkentené lényegesen, de mintegy 30–40%-kal meg is gyorsíthatná a gépírást. Mégsem tud semmilyen radikális újítás elterjedni, mert a QWERT billentyűzet annyira megszokottá vált, oly könnyen hozzáférhető.

A QWERT jelenség felbukkanása nagyon általános: a legtöbb technikai vívmányra jellemző, hogy első, még primitív, de már használható formájában terjed el, és ennek kényszerű vagy a tapasztalat hiányából fakadó esendőségei még akkor is meghatározóak, amikor a technikai fejlődés már régén teljesen irracionálissá teszi ezeket a megoldásokat. Múltbeli döntéseink hosszan kísértenek minket az élet minden területén.

Általános mintázatérzékelés

Az 5. fejezetben bukkant fel könyvünkben először az a gondolat, hogy az ember gondolkodása alapvetően holisztikus; hajlamosak vagyunk a dolgok egészét egyben észlelni, a részletek külön vizsgálata nélkül. Kicsit lesajnáljuk azt, aki nem látja a fától az erdőt. Ez az észrevétel azóta egyik fő vezérfonalunkká vált, ez vezetett sémafogalmunkhoz és ez a paradigma alapozta meg gondolatmeneteinket a sémák működéséről, a komplexitásokról és a szakértelem szintjeiről.

Keveset beszéltünk eddig arról, hogy hogyan is alakulhatnak ki a sémáink. Túlságosan vérmes reményeket itt sem kelthetek: ez a probléma egyike a mai tudomány legnagyobb megoldatlan rejtvényeinek. A feladványt egészen különbözőképpen fogalmazzák meg a biológia, a mesterséges intelligencia, a pszichológia kutatói, sőt ezen belül is egészen másként vetődik fel a kérdés a mikrobiológus, a neurobiológus és a szociobiológus vagy a kognitív- illetve

a fejlődépszichológus számára. Sőt, még a mikrofizika is beleszaladt hasonló jellegű kérdésekbe. Az egyes szakterületeken a kérdések formája radikálisan különbözik, de az alapproblémákban több a közös vonás, mint amennyi a szakmai nyelvek különbözősége miatt első pillantásra látszik.

Az ember a világ különféle jelenségeiben hajlamos hasonló vonásokat észlelni, össze nem tartozó dolgokban közös jellegzetességeket felfedezni, ráadásra gyökeresen eltérő szerkezetű tapasztalatokban valamiféle közös lényegre megragadni. A kritikus olvasó az előző mondatra jogosan kapja fel a fejét: az ilyenfajta szavak, mint „hajlam”, „jellegzetes” helyes dekódolásáról a 99. oldalon beszéltünk: többnyire azt jelentik, hogy nem értjük a dolog lényegét. Ezzel a fogalmazással ezúttal nem takargatni akartam ezt, hanem kiemelni. Mégis, számos (vagy számtalan) konkrét kísérleti eredmény mutat arra, hogy kognitív sémáink működésének, kialakulásának alapjait valamiféle magasszintű általános mintázatérzékelő sémák alkotják.

Könnyű és látványos mutatvány a következő: megkérjük a társaság tagjait, hogy képzeljék el, hogy harmincszor feldobnak egy pénzdarabot. Azt állítjuk, hogy ezt igazából nem tudják elképzelni. Aki úgy véli, hogy mégis, az írja fel a dobások eredményét egy papírra, majd vegyen elő egy pénzérmét, dobja fel harmincszor, és írja fel egy másik papírra a dobások eredményét. 10 eset közül átlagosan legalább 9-szer sikerül megmondani, hogy az illető melyik sorozatot képzelte el, és melyiket dobta ténylegesen.

Ezt a trükköt többnyire matematikusok szokták bemutatni, akik jól ismerik a véletlen törvényeit, és tudják, hogy azok sokszor mennyire ellentmondanak hétköznapi szemléletünknek. A harminc dobás között többnyire szerepel már 5–6 hosszúságú tisztán fejből vagy tisztán írásokból álló sorozat, de amikor az ember elképzei a dobásokat, nemigen mer ilyen hosszú sorozatot belevenni, azt már nagyon nem érzi véletlenszerűnek. Hasonló a helyzet más jellegzetes mintázatokkal is, amelyeket az ember túl szabályosnak érez, a véletlen viszont egy hosszabb sorozatban jó eséllyel létrehozza őket. Ilyen például a I F I F I F I₆ vagy a F I I F I I F I I sorozat (I – írás, F – fej). Ha matematikus mutatja be a trükköt, általában előre felkészül: kiszámolja néhány ilyen minta előfordulásának valószínűségét, és amikor megkapja a sorozatokat, meghatározza, hogy azok összességükben mennyire valószínűtlenek. A valószínűtlenséget növeli például, ha nem szerepel benne F F F F F vagy I I I I I részlet. Nagyon nagy eséllyel az a kitalált sorozat, amelyik valószínűtlenebb.

Biztosra persze nem lehet menni: a véletlen is lehet véletlenül éppen rosszindulatú. Ha például valaki egy harminc fejből álló sorozatot mutat, szinte biztosra vehetjük, hogy azt nem dobta, hanem kitalálta, mert ez már

a másik véglet: ezt már sokkal valószínűbb, hogy valaki elképzelte, mint hogy tényleg dobta. Mindazonáltal, a véletlen is létrehozhat harminc egymás utáni fejet. De ha nem is lehet biztosra menni, aki jó fejszámoló, az 98–99%-os biztonságot el tud érni ebben a mutatóban.

A legérdekesebb, hogy ez a mutató minimális matematikai felkészültség nélkül is jól elvégezhető. Ha egy teljesen avatatlan személynek megmutatjuk a cédulapárokat, és azt kérjük tőle, hogy döntse el gyorsan, ránézésre melyik sorozat a szabálytalanabb a kettő közül, kb. 90%-os valószínűséggel arra fog rámutatni, amelyiket az elképzelt pénzfeldobásból kapunk. Amit az igazi véletlen okozott, azt általában sokkal szabályosabbnak érezzük. Aki tehát matematikai felkészültség nélkül akarja elővezetni ezt a mutatót, igen jó eséllyel sikeres lesz, ha egyszerűen csak rápillant a két cédulára, és amelyiket első ránézésre szabálytalanabbnak, véletlenszerűbbnek érzi, arra mondja azt, hogy *nem* a véletlen műve. Ha csak ennyit tesz, már 90%-os valószínűséggel találni fog. Tíz fogadásból kilencet megnyer.

A mutatót azt használja ki, hogy akaratlanul is mintázatok, szabályszerűségeket érzékelünk mindenben, amivel találkozunk. Akkor is, ha ilyesmi valójában a dolog természetéből nem következik, ha a véletlen műve. Aki a pénzfeldobásokat elképzelni próbálta, az éppen ezért igyekezett lehetőleg minden szabályosságot kiirtani a sorozatból. Aki pedig matematikai felkészültség nélkül próbálja kitalálni, hogy melyik sorozat nem a véletlen műve, az szintén azt a képességét használja, hogy akaratlanul is mintázatok érzékel mindenütt, ott is, ahol ennek nincs oka. Mivel az elképzelő lehetőleg minden szabályszerűséget irtani akar, a véletlen pedig ezt szándékosan nem teszi (ettől is véletlen!), a két sorozat közül szinte biztosan a véletlen hagy meg több szabályszerűséget, és erre a matematikában járatlan kitaláló is könnyen ráérez. Gondolkodnia sem nagyon kell (sőt, az kifejezetten árt ebben a helyzetben), elég ha hagyja általános mintázatterzékelő mechanizmusát működni.

Az eddig mondottak nem működnek azokra az emberekre, akik, hogy becsapják a kitalálót, szándékosan sok szabályosságot tartalmazó sorozatokat képzelnek el. Az ilyen játékosok azonban többnyire túllőnek a célon, ezek a sorozatok már tényleg sokkal szabályosabbra sikerülnek, mint amit a véletlen szokott okozni. Továbbra is matematika alkalmazása nélkül, néhány órási gyakorlással könnyen ki tudunk fejleszteni magunkban egy olyan készséget, hogy ráérezzünk, körülbelül milyen mértékű szabályszerűséget szokott meghagyni a véletlen, és így a disszimulánsokat (akik éppen a szabályosság

hiányát akarják elrejteni) is jó eséllyel lebuktassuk. Ezt a „szabályosság-érzéklet”, ha egyszer kialakult, meglepően nehezen tudjuk szavakkal kifejezni. Helyesen döntünk, de nem tudjuk pontosan elmondani, hogy minek alapján. Ha kialakult ez a készségünk, akkor már egyszerűen csak érezzük, hogy egy sorozat nagyjából a véletlennek megfelelő mértékben szabálytalan-e vagy sem. Valahogy így alakulhatnak ki a nagymesterek bonyolult intuitív sémái is.

Mindennek az alapját az képezi, hogy valóban hajlamosak vagyunk mintázatok, szabályszerűségeket látni mindenütt, ott is, ahol ilyesmi valójában nincs. Talán ez az alapmechanizmus vezet a babonák kialakulásához is, de az esetek többségében helyes észrevételeket tesz lehetővé. Így jöhetnek létre azok a hétköznapi sémáink, amelyek segítségével megértjük környezetünk összefüggéseit, jóllehet elkerülhetetlenül bizonyos selejtaránnyal, teret engedve ezzel irracionális viselkedéseknek is.

Speciálisabb mintázatérzékelő heurisztikák

Sokféle kísérleti eredmény utal arra, hogy valamiféle általános mintázatérzékelő séma (esetleg többféle is) működhet a gondolkodásunkban. C. L. Hull klasszikus kísérletében például kínai írásjelek bizonyos csoportjait értelmetlen szótagokkal keresztelték el. Mindegyik jelcsoport elemeiben a közös vonás az volt, hogy tartalmaztak egy-egy kínai alapjelet, amelyet azonban a kínai írás logikáját nem ismerő európai kísérleti személyek számára tökéletesen álcáztak a köréje épülő kusza krikshkrakszok. Ennek ellenére az alanyok viszonylag hamar megtanulták, hogy addig nem látott új jeleket is helyesen azonosítsanak a nekik megfelelő értelmetlen szótagokkal, jóllehet nem tudták megmagyarázni, hogy minek alapján kategorizálnak.

Az előző fejezetben említettük, hogy az ember többnyire képes érzékelni, ha gondolatai, cselekedetei végtelen hurokba kerülnek. Azt is láttuk, hogy egy ilyen érzékelő csak heurisztikus lehet, minden esetben biztos eredményt nem adhat. Lehetséges, hogy ez a tulajdonságunk is az általános mintázatérzékelő mechanizmusnak tudható be, de az is lehet, hogy erre a célra speciálisabb „unalomérzékelő” sémáink is vannak.

Ma még kevés tudományosan megalapozott ismeretünk van ahhoz, hogy legáltalánosabb, magasszintű sémáink működéséről kísérletileg ellenőrizhető elméletet állíthassunk fel. Jelenlegi paradigmánkban a speciálisabb, jól körülhatárolt helyzetekben tetten érhető sémák vizsgálata látszik a legígéretesebb útnak. Tversky és Kahneman azt a célt tűzték ki, hogy leírják azokat az

általános heurisztikákat, amelyeket bizonytalan adatok, hézagos ismeretek esetén használunk arra, hogy a lehetséges események valószínűségét a magunk számára megbecsüljük, például felmérjük cselekedeteink várható kockázatát. A „rögzítés és igazítást” valamint a hozzáférhetőség heurisztikát már bemutattuk. Tversky és Kahneman elméletükben még egy harmadik fajta alapheurisztikát vettek fel, a reprezentativitást.

A reprezentativitás heurisztika alapján általában olyankor hozunk ítéletet, amikor (akár a leghétköznapiabb helyzetekben is) diagnózisokat állapítunk meg. Például arra vagyunk kíváncsiak, hogy mennyire valószínű az, hogy ismeretlen beszélgetőpartnerünk alkoholista. Ilyenkor többnyire annak alapján ítélünk, hogy az illető személy mennyire felel meg annak a képnek, amit a tipikus alkoholistáról alkottunk magunkban; mennyire reprezentálja partnerünk a tipikus alkoholistát. Minél nagyobb az egyezés, annál biztosabbak vagyunk diagnózisunkban. Az eredmény természetesen függ attól, hogy mennyire reális és árnyalt az alkoholista-sémánk: egy pszichiáter mentális modellje nyilván sokatmondóbb, bonyolultabb, mint egy tornatanaré. A potenciális ivócimbora mentális modellje valószínűleg ismét más szempontokat hangsúlyoz ki. A heurisztika működését azonban nem befolyásolja, hogy milyenek az összehasonlításra kerülő sémáink, itt csak arról van szó, hogy ítéletünket pusztán a hasonlóság alapján hozzuk meg.

Ez általában helyes eredményre vezető eljárás, de a tisztán racionális valószínűségszámítás azt tanítja, hogy ez önmagában távolról sem elég az esélyek helyes meghatározásához. Ahhoz többek között még figyelembe kellene venni azt is, hogy az elképzelt diagnózis önmagában, a vizsgált esettől függetlenül mennyire valószínű, valamint azt is, hogy a tipikus példányról kialakult képünk milyen sok eset alapján jött létre.

A reprezentativitás heurisztika működését vizsgáló kísérletekben olyan helyzeteket hoztak létre, amelyekben lényegesen más eredményt kapunk, ha pusztán csak a reprezentativitás alapján döntünk, mint ha a valószínűségszámítást alkalmazzuk. Például egy vizsgálat során az alanyok végignézték egy tanórát, majd néhányukkal azt ítéltették meg, hogy mennyire volt jó ezen a konkrét órán a tanár és a diákok együttműködése, a többiek pedig arra kérték, hogy jósolják meg, milyen színvonalú lesz a tanár és a diákok együttműködése a következő öt évben. Azt is kérték, hogy jelezzék az alanyok, hogy mennyire biztosak az ítéletükben. Mindkét csoportban egyformán szélsőségesek és egyformán bizonyosak voltak az ítéletek, holott a vizsgált személyek pontosan tudták, hogy egyetlen alkalom alapján nem lehet ugyanolyan pontosan öt évre előre jósolni, mint amennyire jól meg lehet ítélni a konkrét szituációt.

Egy másik példa a reprezentativitás heurisztika működésére: a rulettezők túlnyomó többsége meg van győződve arról, hogy néhány piros után jelentősen megnő a fekete valószínűsége, holott jól tudják, hogy a rulettgolyónak nincs emlékezőtehetsége.

A reprezentativitás heurisztika kitűnő leíró fogalomnak bizonyult: sokféle, irracionálisnak látszó viselkedésünkre magyarázatot ad és ilyenek előrejelzésére is jól használható. A döntési helyzetekben mutatott következetlenségeink, ésszerűtlenségeink legnagyobb része jól megmagyarázható és előre jelezhető Kahneman és Tversky három heurisztikája (a rögzítés és igazítás, a hozzáférhetőség és a reprezentativitás) segítségével.

Nagy kérdés azonban ezeknek a heurisztikáknak a pszichológiai realitása: léteznek-e a fejünkben ténylegesen is azok a működési módok, amelyeket ezek a heurisztikák megfogalmaznak, vagy csak egyéb gondolkodási folyamatainknak következményei, epifenoménjai? A fogalmak leíró erejét, gyakorlati használhatóságát az sem csökkenti, ha kiderül, hogy csak epifenoménekről szólnak, de ebben az esetben a sémák működésének a megfejtését máshol kell keresnünk.

Az általános mintázatérzékelő heurisztika a kísérletek tanúsága szerint valóban létező sémafajtának tekinthető, a kérdés csak az, hogy egyetlenegy ilyen alapvető általános séma működik-e gondolkodásunkban vagy többféle is, és ha többféle, akkor egymástól függetlenül, egymással párhuzamosan vagy egymást kiegészítve. A rögzítés és igazítás heurisztika pszichológiai realitása is eléggé meggyőző volt: egyértelműen sikerült tetten érni működését, és nem látszik olyan nála általánosabb séma, amelynek az epifenoménje lehetne. Azt ugyan ebben az esetben sem tudjuk eldönteni, hogy a fogalom egyetlenegy sémát takar-e vagy többet, de ha egyszer általában a sémák realitását elfogadtuk (és a 7. fejezet végén úgy döntöttünk, hogy ezt nem kérdőjelezzük meg, noha vannak jogos kételyeink), akkor nincs okunk vitatni, hogy ez a fogalmunk a gondolkodásban általában létező sémát ír le.

A hozzáférhetőségi heurisztika esetén is eléggé valószínű a fogalom pszichológiai realitása, bár ez már inkább lehet valamilyen nála általánosabb mintázatfelismerő heurisztika epifenoménje. Erről a kérdésről egyelőre nincsenek pontosabb ismereteink. A QWERT jelenség sémája már kérdéses, hogy valódi pszichológiai realitás-e, vagy csak a hozzáférhetőség heurisztika és az általános mintázatérzékelő epifenoménje, netán egyszerűen az előbbi speciális esete. Ugyanez a helyzet a reprezentativitás heurisztikával is.

A leíró döntésmélelet mint önálló pszichológiai szakterületet ezek a kérdések nemigen érintik: itt a cél olyan szakmai sémák kialakítása, amelyek

segítségével az emberek bizonytalan helyzetben hozott döntési mechanizmusait minél pontosabban meg tudjuk érteni. Ennek megfelelően ez a szakterület a most leírt három heurisztika finomításait és alkalmazásait kutatja. Így vezették be például (több tucat egyéb mellett) a hozzáférhetőség heurisztika önállóan érdekes speciális eseteként a szimulációs heurisztikát. Ennek tipikus esete, amikor két ember utazik a repülőtérrre, és közlekedési dugóba kerülnek. Emiatt mindketten lekésik a gépüket, az egyik jó félórával, a másik viszont csak öt perccel. Világos, hogy aki épp csak öt perccel maradt le, az sokkal mérgesebb lesz, mert könnyebben el tudja képzelni, magában végig tudja szimulálni, hogy ha a dugóban helyesebb döntéseket hoztak volna, akár el is érhette volna a gépet. Holott az eredmény szempontjából édesmindegy, hogy valaki mennyivel kési le a gépet.

Minket azonban most nem az egyre speciálisabb szakterületi leíró sémák érdekelnak, hanem gondolkodásunk legáltalánosabb, magasszintű sémái. A döntésemélet azért volt optimális terep ilyen sémák keresésére, mert itt a legkönnyebb tetten érni, hogy egy-egy séma milyen mértékben okoz irracionálisnak tekinthető viselkedéseket. Ennek vizsgálatához ugyanis segítségül hívhattuk a normatív döntésemélet, a valószínűségszámítás eredményeit. A leíró döntésemélet területén valóban sikerült két-három olyan magasszintű kognitív sémát találnunk, amelyek pszichológiai realitása jól valószínűsíthető. A pszichológia egyéb területein más típusú példákat is találhatunk.

Racionalizálás és intellektualizálás

A *racionalizálás* tipikus példája, amikor La Fontaine fabulájában a róka nem éri el a szőlőt, és megállapítja, hogy nem is kell neki, mert utálja a savanyút. Ezzel persze a róka egyáltalán nem cselekedett racionálisan, de kellemesen megnyugtatta magát, hogy amit tett, az volt az egyetlen ésszerű lehetőség. Komoly pszichikai tehertől szabadulhatott meg.

A racionalizálás olyan, többnyire tudattalan és akaratlan mechanizmus, amelynek segítségével eltorzítjuk a valóságot, hogy viselkedésünk számunkra vagy a külvilág számára elfogadhatónak, a hétköznapi logika szerint észszerűnek tűnjön. A jelenség nagyon tipikus és gyakori. Működése kísérletileg a hipnózis segítségével figyelhető meg a legjobban.

E. R. Hilgard kísérletében például a hipnózis végén azt a szuggesztíót adta az alanyoknak, hogy amikor az felébred a transzból, továbbra is figyelni fogja a hipnotizőrt, és amikor a hipnotizőr leveszi a szemüvegét, oda fog menni az ablakhoz és ki fogja nyitni, de nem fog emlékezni arra, hogy ezt

a hipnotizőr mondta neki. „Amikor az alany felébredt a transzállapotból, kissé álmosnak érezte magát, de teljesen normális módon elvegyült a jelenlevő társaságban, beszélgetett az emberekkel és közben lopva figyelte a hipnotizőrt. Amikor a hipnotizőr mintegy véletlenül, szórakozottan kezébe vette a szemüvegét, az alany néhány lépést tett az ablak felé, de elbizonytalanodott. Tudattalanul mobilizálódott benne, hogy ő értelmes ember, tehát oka kell hogy legyen annak, hogy annyira ki akarja nyitni az ablakot, és így szólt: ‘olyan fülledt itt a levegő’. Miután megtalálta a szükséges magyarázatot, nyugodtan kinyitotta az ablakot és utána sokkal kellemesebben érezte magát.”

A racionalizálás során úgy torzítjuk cselekedeteinket, vágyainkat, élményeinket, hogy azok a hétköznapi logikával összhangba kerüljenek. Az *intellektualizálás* során mindezt szakmai sémáink logikájának megfelelő irányba tesszük. Az intellektualizálás tipikus példája, amikor az orvos absztrakt, szakmai eseteként kezeli betegeit, mert ha mindegyikük szenvedésével lélekben azonosulna, az elviselhetetlen terhet jelentene számára.

Egy másik példa, amikor mérnököket kérdezzük arról, hogy mi az érteme az írógép billentyűzetén a QWERT elhelyezésnek. A legtöbben nem ismerik a QWERT tényleges okát, és pillanatok alatt gyártanak valami magyarázatot, valami objektív kritériumot a szisztéma kitűnőségének bizonyítására. Elmondják, hogy „ezt optimalizálja”, vagy „azt minimalizálja”. Valóban, egy ilyesfajta racionalitás annak idején tényleg szerepet játszott a szisztéma tervezésében, de az napjainkra tökéletesen értelmét veszítette, kiváltképp az elektronikus írógépek esetében. Ezzel együtt, nagyon kevés mérnökembernek jut eszébe szembenézni a dolog irracionalitásával, inkább találnak valami megnyugtató, szakmai sémáikkal konformis magyarázatot.

A racionalizálás és az intellektualizálás olyan metasémáknak tekinthetők, amelyek pszichikumunk nem racionális, akaratlanul, tudattalanul is működő sémáit, érzelmeinket, vágyainkat, emlékképeinket kapcsolatba hozzák tudatos, ésszerű gondolkodásunk „nyelveivel”: a dolgok logikáját követő hétköznapi nyelvvel illetve az ettől elvonatkoztatott, a szakmai objektumok logikáját követő nyelvvel.

A formális logika sémái

Ismerünk olyan eszközt, amelynek segítségével egészen különböző mentális modellek között egységes híd alkotható: a levonható következtetések radikálisan eltérő modellek esetén is egyértelműen meghatározhatók. Ez az eszköz a formális logika. Csábító gondolat, hogy a formális logikát is egyfajta metasémaként fogjuk fel, amelynek segítségével tájékozódunk az életben, megismerjük a dolgok összefüggéseit.

Az 1. fejezetben azonban több olyan kísérleti eredményt láttunk, amelyek megkérdőjelezzik, hogy tekinthetjük-e a formális logika sémáit teljes általánosságukban pszichológiai realitásoknak. A kártyás illetve a csekkes feladatokról nyert kísérleti eredmények éppen annak mondtak ellent, ami a formális logika lényege, hogy a következtetési mechanizmus nem függ a feladat konkrét formájától. Ugyanerre mutattak a női logikával kapcsolatos vizsgálatok is. Ebben a fejezetben pedig jónéhány olyan magasszintű sémát láttunk, tudatosakat és tudattalanokat egyaránt, amelyek működése egyértelműen nem a formális racionalitás talaján állt.

Másfelől, a formális logika mint általános kifejezési eszköz, roppant eredményesnek bizonyult a tudományokban. Nem biztos azonban, hogy valóban maga a formális logika bizonyult olyan roppant eredményes eszköznek. Könnyen lehet, hogy inkább az a puritán szigorúság, amellyel a tudomány ragaszkodott ahhoz, hogy csak a formális logika nyelvén kifejezhető és levezethető eredményeket fogadja el a sajátjának. Emellett azt sohasem követelte meg a tudomány, hogy művelői arról is számot adjanak, hogyan érték el eredményeiket. Most már azt is tudjuk, hogy ez elvi, komplexitási nehézségekbe is ütközött volna.

Ha csak annyit mondunk, hogy a tudomány objektív, azaz ragaszkodik ahhoz, hogy állításai minden művelője számára ugyanazt jelentsék, abból már következik, hogy eredményei a formális logika nyelvén is kifejezhetők. A tudomány hitének lényege az objektivitás, és a formalizálás tekinthető úgy, mint ennek elkerülhetetlen, de mellékes kísérő jelensége. Innen nézve tehát a tudományos nyelv formalizáltsága az objektivitás epifenoméne.

Hétköznapi és szakmai gondolkodásunk formálisan logikusnak látszó jelenségei is lehetnek epifenoménei annak, hogy sémáink elég jól követik a dolgok logikáját. Erre utal az is, hogy azok a kísérletek, amelyek a formális logika szillogizmusainak pszichológiai realitását próbálták bizonyítani, nem sok eredménnyel jártak. Az 1. fejezetben láttuk, hogy az emberek, az egyetlen modus ponens kivételével, általában csak kevéssé vannak tisztában

azzal, hogy mi helyes szillogizmus és mi nem. Általános mintázaterzékelő sémáink, helyzetértékelési és döntési heurisztikáink is sokkal egyszerűbb szerkezetűnek bizonyultak annál, mint amit a formális logika és a matematika megkövetelne.

Elképzelni sem könnyen tudjuk, hogy egy jelenséget igazán rút szabályok határozzanak meg, holott már néhány logikai feltétel összekombinálásával szinte áttekinthetetlen szabályokat tudunk produkálni. Ezt demonstrálja Johnson-Laird kísérlete, amelyben három kétállású kapcsoló volt a kísérleti személyek előtt, és a három kapcsoló állása együtt határozta meg, hogy egy lámpa világít-e vagy sem. Az alanyok szabadon kapcsolgathatták a három kapcsolót, és az volt a feladatuk, hogy állapítsák meg, milyen szabály szerint gyullad fel illetve alszik el a lámpa. A szabály, amit a készülékbe beépítettek, nagyon kellemetlen szerkezetű volt: gyakorlatilag nem lehet egyszerűbben megfogalmazni, mint felsorolni azokat az eseteket, amikor ég a lámpa. Égett a lámpa, ha a három kapcsoló állása $L F L$, $F L L$ vagy $F L F$ volt (F – fenti, L – lenti állapot), a többi esetben nem.

A kísérlet résztvevői általában néhány próbálgatás után megsejtették valamiféle viszonylag egyszerű általános szabályt (például: ha az első kapcsoló fent van és a második lent, akkor ég a lámpa, különben nem). Ha a megsejtett szabály néhány kapcsolásra jó előrejelzést adott, a feladatot máris megoldottnak tekintették. Csak egy igen kis százalékuk választotta a formális logika ilyen kérdésekre vonatkozó üdvöztető megoldását, a szisztematikus esetkimerítést. Alapvető magasszintű sémáink nem ebbe az irányba terelik a gondolkodásunkat.

Mennyire racionális lény az ember?

Az ember képes volt megteremteni és használatba venni a racionalitás csúcsteljesítményeit, a tudományokat, a matematikát, a formális logikát. Ugyanakkor továbbra is neurózisoktól szenved, és magasszintű gondolkodási sémái sem a tiszta racionalitás talaján állnak. Könnyedén tájékozódik bonyolult hétköznapi környezetében, képes megoldani olyan következtetési feladatokat, amelyek jelenleg a legnagyobb számítógépeken is kifognak, máskor pedig, mint láttuk, egészen egyszerű események megítélésében is igen durva hibákat vét.

Ez a kettősség a pszichológiai elméletekben is tükröződik. Piaget részletesen, alapos megfigyelésekkel alátámasztva írja le, hogy a kezdetben tanács-talan és a világból semmit sem értő gyerekből milyen fejlődési szakaszok so-rán lesz racionális, a formális gondolkodás eszköztárát fölényesen birtokló és alkalmazó, absztrakt műveletekben gondolkodó felnőtt. Freud sokkal kevésbé tiszteletreméltó emberképet rajzol elénk, eszerint a felnőtt ember is nagymér-tékben kiszolgáltatott irracionális vágyainak, ösztöneinek, gyerekkora csak látszólag elfelejtett és meghaladott traumáinak. Egyáltalán, ugyanarról a homo sapiensről beszél ez a két nagy tudós?

Richard Nisbett és Lee Ross írják az ember következtetési mechaniz-musairól szóló könyvükben: „Az ember sikerei a következtetésekben ugyan-abból az anyagból szabottak, mint a kudarcai. Határozottan állítjuk, hogy az ember következtetési stratégiái a problémák igen széles körére nagyon jól alkalmazhatók, de ugyanezek a stratégiák teherré válnak ezen a körön kívül, különösen amikor olyan problémákra alkalmazzák őket, amelyek meg-követelik bizonyos normatív szempontok figyelembe vételét. Éppen az ilyen szempontok vezérlik a hivatásos tudósok formálisabb következtetési eljárá-sait.”

Sémáink meghatározzák, hogy mit vagyunk képesek észlelni környeze-tünkből, és a tudomány paradigmái is meghatározzák, hogy egyáltalán mi-lyenfajta eredményekre juthatunk. Amennyiben azt vizsgáljuk, hogy milyen stációkon keresztül jut el az ember fizikai és társadalmi környezete megér-téséhez, erre kiváló külső megfigyelő eszközt biztosít a formális logika. Azt, hogy viselkedésünk mennyire felel meg a minket körülvevő dolgok logiká-jának, objektíven méri az, hogy mennyire felel meg a formális logika elvá-rásainak. Ha viszont irracionális cselekedeteink leírását, neurózisaink ma-gyarázatát tűzzük ki célul, akkor a dolog természeténél fogva csak kevésbé érvényesülnek a formális logika szabályai. Mindkét fajta megfigyelés lehet tökéletesen objektív és korrekt, mint ahogy ugyanazok az állatok nemesen nagylelkűnek vagy agresszíven önzőnek, megnyugtatóan monogámnak vagy baljósan csapodárnak bizonyulhattak a különböző megfigyelések tükrében (95. o.).

Sok jel mutatott arra, hogy gondolkodásunkat nem a formális logika sémái jellemzik, legalábbis a mesterjelölt szint alatt és fölött. Valószínűtlen, hogy éppen a mesterjelölti szint elérésekor megtanuljuk a formális gondol-kodás sémáit, hogy azután ismét elfelejtsük. Reálisabbnak látszik, ha azt feltételezzük, hogy a mesterjelölt racionális gondolkodása inkább csak an-nak epifenoménje, hogy sémái már elérték azt a komplexitást, ami a szakma

legtöbb jelenségének megértéséhez, az általában előforduló feladatok megoldásához elégséges. Ezen a szinten már a formális logika a gondolatok alkalmas kontrolljává válik, hiszen így ellenőrizhető, hogy általánosságban is helytállóak-e azok a gondolataink, amelyekre mondjuk a reprezentativitás vagy a hozzáférhetőség heurisztika segítségével (tehát: intuitíven) jutottunk.

A megismerés egészen más útjain jutottak hasonló eredményekre a Nul-ladik fejezetben idézett szerzők. Különbőféle észjárások, különböző mértékben racionális (de eszközeiket következetesen használó) gondolatmenetek is vezethetnek ugyanoda: a józan ész inkább összehangoló és ellenőrző erő, mint gondolkodásunk alapvető mechanizmusa; jó eszköze a kételkedésnek, de kevésbé alkalmas eszköze az alkotásnak.

16. A misztikus gondolkodás

Ha azt állítanám, hogy értem, mi a miszticizmus, ezzel egyértelmű tanúbizonyságot tennék arról, hogy még csak nem is kapiskálom a lényegét. Másként nem értem a miszticizmust, mint mondjuk a differenciálgeometriában a Gauss–Osztrogradszkij tételt, amely valahogy stílusában nem tetszett, úgyhogy annak idején elhatároztam, hogy csak utóvizsgára vagyok hajlandó megtanulni, és mivel erre nem került sor, máig sem értem. Mégis tudom, hogy ezt az anyagot szükség esetén érthetném, mint ahogy bizonyára érthetném a ftálsavanhidridek tulajdonságait is, de akkor sem vonzana a téma. A miszticizmus viszont egyáltalán nem taszít, sőt idegensége, az a mód, ahogy világképe tökéletes antitézise az enyémnek, kifejezetten vonz. Niels Bohr mondotta: „Egy helyes kijelentésnek az ellentéte egy hamis állítás. Egy mélyértelmű igazság ellentéte viszont lehet egy másik mélyértelmű igazság is.”

Ennek a fejezetnek voltaképpen az előző fejezet egy alcímének kellett volna lennie aszerint, amennyit konkrét mondanivalója indokol. Ugyanakkor könyvünk jónéhány szála fut itt össze, ezért lett belőle önálló fejezet. Továbbá azért, hogy külön kerete legyen annak a résznek, melyben magam is szeretném jobban érteni, hogy mit is mondok.

A miszticizmus omnijektivitása

A misztikus gondolkodás alapvetően eltér mind a tudományos, mind pedig a vallásos megismeréstől. Többnyire ugyan az utóbbihoz kapcsolódik, de ez nem logikai szükségszerűség.

A természettudomány és a legtöbb vallás is igyekszik objektív lenni, csak különböző módokon és eltérő axiómákból kiindulva. A tudomány lehatárolja érdeklődési körét a közvetlen tapasztalással (legalábbis elvileg) megragadható dolgokra, a vallás egyéb kiindulási feltételezéseket és bizonyítási módszereket is megenged. Ennek megfelelően a vallástudomány olyan kérdésekkel is képes foglalkozni, mint a jó és a rossz, az erkölcsös és az

erkölcstelen vagy az üdvözülés és az elkárhozás kérdése. Ezekről a természettudománynak nincs mondanivalója, jóllehet magánemberként esetleg a tudóst is érdekelhetik.

A miszticizmus fő jellemzője, hogy mind az objektivitást, mind a szubjektivitást elveti. A miszticizmus alapja valamilyen meghatározó extatikus élmény, amely a legtöbb esetben többé-kevésbé hasonló jellegű, mint amilyenek a 4. fejezetben a szatori állapotát leírtuk. A megvilágosodás élményének lényege talán az, hogy a megismerő elemi erővel egynek érzi magát a megismerendő tárggyal, önálló egyénisége teljességgel megszűnik. A megvilágosodás csakis szélsőségesen intuitív lehet, hiszen ilyenkor az ember a világ összes dolgainak közös lényegére érez rá egyszerre.

Bertrand Russell a miszticizmus négy jellegzetességét emeli ki: „A megvilágosodás pillanatának első és legközvetlenebb eredménye a megismerés egy olyan módjának lehetőségébe vetett hit, melyet kinyilatkoztatásnak, belső látásnak vagy intuíciónak nevezhetünk, szemben az érzékelő képességgel, ésszel és elemzéssel; ezeket a misztikusok vak vezetőnek tekintik, aki az illúziók ingoványába visz. (...) A miszticizmus második jellemzője, az egységbe vetett hit, s annak a feltételezésnek a visszautasítása, hogy bárhol is létezik felosztottság vagy ellentmondás. (...) Egy harmadik jegye szinte minden misztikus metafizikának, hogy tagadja az idő valóságos voltát. Ez a felosztottság tagadásából következik; ha minden egy, akkor illuzórikusnak kell lennie a múlt és a jövő közti különbségnek. (...) A miszticizmus utolsó doktrínája, melyet szemügyre kell vennünk, az arra vonatkozó hit, hogy a rossz mindig illúzió, jelenség csupán, melyet az analitikus értelem által kialakított felosztások és ellentétek hoznak létre.”

A misztikus gondolkodás eleve nem lehet objektív, hiszen a tárgyla-gosság lehetőségét alapjában tagadja azzal, hogy nem fogadja el a tárgy tőlünk független létezését. De szubjektív sem tud lenni, mivel a megfigyelő szerepét, önálló létezését sem ismeri el. Talán Michael Talbot kifejezésével *omnijektívnek* nevezhetjük, ugyanis a belső és a külső világ, a pszichikai és a fizikai dolgok egy egységes, különválaszthatatlan és részekre nem tagolódó mechanizmussá állnak össze. „Amikor álmodunk, az álom omnijektív természetű nyilvánvaló. Álmodhatom, hogy ülök az asztalnál, reggelizek és a barátaimmal beszélgetek, de ha felébredek, tudom, hogy én is, a barátaim is az álom kontinuumának részei vagyunk. Azt mondani, hogy többféle ‘tudatosság’ szerepelt az álomban, pusztán szemantikai finomkodás. Az álomban mindenki *maya*, a tudat konstruktuma.”

A *maya* a két-háromezer éves hindu Tantra filozófia egyik alapfogalma. Eszerint minden a világon illúzió, és a legnagyobb hiba, amit elkövethetünk,

hogy nem vesszük észre a mayát, hogy magunkat és a környezetünket külön érzékeljük. Alkalmasint ez a Tantra egyetlen, az európai gondolkodás számára igazán egyértelmű kijelentése. A gondolat feltűnően összecseng a neoplatonikus iskola filozófiájával (állítólag hatott is rá), jóllehet lényeges különbségek is észlelhetők.

Ha minden egy, az az egy dolog nagyon bonyolult lehet, hiszen annyiféle megjelenési formája van. Ebben a mai tudomány is egyetért: a világ bonyolult. Sőt, a tudomány is abban reménykedik, hogy a világ valójában nem is annyira bonyolult; hogy nem túl sok jól eltalált általános fogalommal és törvényszerűséggel leírható. Einstein szerint is „A legcsodálatosabb dolog, amit tapasztalhatunk, a misztikum. Alapvető érzés ez, ott áll minden igazi művészet és az igaz tudomány bölcsőjénél.” Csakhogy a misztikusok nem megismerni vagy leírni akarják a világ egységét, hanem megélni, és ebben a gondolatvilágban a bonyolultság fogalma értelmetlen; helyébe a transzlogika valamiféle szélsőséges változata lép. Ki is lenne a megismerő, ha minden egy? Avagy Weöres Sándor soraival:

De ha a világ rigó lenne,
be se férne kötényembe,
kötényem is honnan volna,
ha egész világ rigó volna.

A legmagasabb metaszint

A megvilágosodás érzését talán úgy is felfoghatjuk, mint egy olyan kognitív séma aktivizálódását, amely valamennyi gondolkodási sémánknak egyidejűleg metaszintje, ám neki már semmi sem metaszintje. Sajnos nemigen tudok elképzelni olyan laboratóriumi kísérletet, amely egy ilyen állításnak akár csak egy csekély aspektusát is igazolhatná. Azok a misztikus mesterek, akiknek részük volt a megvilágosodásban, az egész sémafogalmat nyilván teljesen értelmetlennek találnák; nem azért, mert alkalmasint más általánosabb elvek epifenoménya, hanem eleve, pusztán csak azért, mert fogalom. A mesterektől olvashatunk bizonyos értelemben élménybeszámolónak tekinthető írásokat is, de ezek racionális értelmünk számára roppant homályosak, mintha egy másik világból szólnának hozzánk. Nem is mintha: a szó legszorosabb értelmében egy másik világból, egy szélsőségesen más tudatállapotból szólnak; a dekódolás reménytelen vállalkozás.

Valamivel reménytelibb út a költészeté és általában a művészeteké. Maguk a misztikus mesterek is többnyire képekben fejezik ki magukat, például: „A korall mindegyik ága magában foglalja a fénylő holdat.” Ám a művészet (jóllehet láttuk, hogy mindenképpen metaszinten mozog, és egyfajta módosult tudatállapot létrehozására is képes) a kifejezést célozza, ezért szükségszerűen vannak további metaszintjei, például befogadónak már meglévő sémái, vagy alkalmasint az esztétika. A misztikusok írásai a művészet kategóriáin kívül esnek, kizárólag a kifejezés lehetetlenségének érzékeltetését célozzák. Szándékuk ellenére érezzük őket mégis költőinek, talán mert a metaszint hiteles jelenlétét elkerülhetetlenül, akaratlanul is érzékeljük, alkalmasint valamilyen általános mintázaterzékelő séma segítségével. Talán ugyan ezért nincs a keleti világban soha vita arról, hogy valaki megvilágosodott-e vagy sem. Úgy látszik, ezt a fajta hitelességet nem lehet színlelni, mint ahogy a hipnózis sokkal egyszerűbb transzlogikáját sem sikerült a szimulánsoknak utánozniuk.

Számos Zen-mester állította, hogy a megvilágosodás révén nem nyert semmi újat. Csak egy olyan képessége működését élte meg, aminek mindig is birtokában volt. Mindnyájan a megvilágosodás állapotában vagyunk, csak ezt nem tudjuk; ez a szenvedések oka. Illusztráljuk ezt a gondolatot Raymond Smullyan egyik abszurd, de mélyen racionális példájával. Smullyan ezt annak megvilágítására használja, hogy mi lehet esetleg az oka az idealista és a materialista filozófusok illetve a dualisták feloldhatatlan vitáinak.

Tegyük fel, hogy van valahol egy bolygó, ahol furcsa fizikai törvények uralkodnak. A tárgyak alakja meghatározza a színüket. Ami például kocka alakú, az garantáltan zöld, ami gömb alakú, az piros, stb. Ha valaki történetesen félbevág egy zsömlét, az megváltoztatja a színét. Ezen a bolygón az emberek fele színvak, fele nem. De ezt nem tudják magukról, hiszen semmilyen módon nem derülhet ki ez a különbség. Ha viszont hirtelen elutaznak mondjuk a Földre, ott a színlátókat nagy meglepetés éri. Látnak például egy piros kockát. A színvakok csöppet sem csodálkoznak, igen, ez egy kocka. A színlátók viszont teljesen megzavarodnak, hirtelen elhagyják őket a szavak. Hogyan fejezhetnék ki, hogy látnak egy kockát, ami valahogy mégis gömb? És hogyan magyarázzák meg a színvakoknak, hogy nem örültek meg, tényleg ilyet látnak? Idővel persze kialakíthatják maguknak a színek és a formák külön szótárát, és élvezhetik a kétféle élmény egymástól független gazdag variációit. Mindazonáltal semmiféle új képességet nem nyertek, csak egy mindig is létező képességüknek ébredtek tudatára.

A mese szinte a végtelenségig ragozható. Elképzelhető, hogy a szín-látók tudattalanul korábban is észlelték bolygójukon a színek tarkaságát és nem értették, hogy mások miért nem látják a csodálatos harmóniát bizonyos (mondjuk kubista) alkotásokban. Elképzelhető, hogy a bolygón korábban is voltak misztikusok, akik mindenki teljes értetlenségére azt állították, hogy a kockának van egy magasabb rendű tulajdonsága is, és képzeletbeli tárgyak-ban gyönyörködtek, amelyek egyfelől kiflik, másfelől perecek. Meghagyom az olvasónak azt az élvezetet, hogy saját kedve szerint eljátsszon a gondo-lattal, miféle furcsa helyzetek, késhegyre menő filozófiai viták jöhetnek létre ezen a különös bolygón, ha csak nagyon kevesen vannak a színlátók vagy ha majdnem mindenki az stb.

Az előző fejezetben nem tudtuk megnyugtatóan eldönteni, hogy vé-gülis pszichológiai realitásnak tekinthető-e a formális logika vagy sem. Le-het, hogy ezzel is hasonló a helyzet: az emberek többsége alkalmasint „ma-tekvak”, ám egy kisebbség (akiket matematikai tehetségeknak tekintünk) többé-kevésbé látó, és öbennük valódi sémákká fejleszthető a matematika nyelve. A többi ember nagy nehézségek árán is legfeljebb annyit tud elérni, hogy kerek, önmagában használható eszként elsajátítson bizonyos komp-lett matematikai eljárásokat, gondolatmeneteket. Ezek azonban nem válnak számára részleteikben is értelmes dolgokká, mint ahogy a kaparódarazsak egy része számára sem önállóan értelmes cselekvések a peterakás részakciói. Talán ezért olyan nehéz felfogni annak, aki érti a matematikát, hogy mit nem ért benne más, miért nem látja szépnek. Talán más ezoterikus tudományok-kal és művészetekkel (a metafizikával, a zenével, az absztrakt festészettel) is hasonló a helyzet.

Valószínű, hogy a megvilágosodott misztikusokban pszichológiai reali-tás a tökéletes omnijektivitás sémája, amely a megvilágosodás pillanatában alakul ki, vagy legalábbis ekkor válik aktívvá, igazi sémává. A továbbiak-ban bizonyos alkalmakkor, például meditációban ennek segítségével a szatori kellemes tudatállapotába tudják magukat hozni. Nyilván mindennapi élet-vitelükben is valamilyen módon meghatározó ennek a sémának a jelenléte. Nemigen látszik remény annak eldöntésére, hogy valójában az emberek hány százalékában van meg az igazi misztikus gondolkodás kialakulásának a le-hetősége, mennyire tekinthető ez általános pszichológiai realitásnak illetve csak kevesek képességének.

Némi útmutatást adhat egy másik módosult tudatállapot, a hipnózis kutatóinak tapasztalata. Az emberek egy része nagyon könnyen hipnotizál-ható, mások a szokásos standard módszerekre csak kevésbé vagy egyáltalán

nem reagálnak. A többség fogékonysága közepes mértékű. A standard hipnotizálási eljárások hatásának mérésére egzakt módszereket fejlesztettek ki, amelyek meglehetősen stabil eredményeket adtak: az így mért hipnózis iránti fogékonyság az emberélet folyamán nemigen változik, várható, hogy tíz év múlva is elég pontosan ugyanott helyezkedünk el a skálán, mint korábban. Ez a tulajdonság tehát ugyanúgy meglehetősen stabil jellemző, mint az okosság vagy a zenei hallás. Mégis, a hipnózis kutatói egybehangzóan állítják, hogy a legkevésbé fogékonyak is eljuthatnak a mély hipnózis állapotába speciális, testreszabott hipnotizálási technikák segítségével. Igaz, arról már csak kevés adat ismert, hogy az így elért hipnózis mennyire egyezik meg azzal, amit a nagyon fogékonyak átélnek.

Másfajta képességek esetében nem ennyire egységes a szakértők véleménye arról, hogy mennyire érhető el az adott területen radikális fejlődés. A Kodály módszer például igazoltan nagy mértékben javítja a zene befogadásának képességét, de aki botfülű, abból sohasem lesz komoly zeneértő. Akinek nem megy a matek, az talán élvezi, ha egy-egy levezetés megvilágosodik előtte, de a matematika esztétikája mindig idegen marad számára, jóllehet más területeken esetleg kiváló eredményeket produkál.

A misztikus megvilágosodás elérésének is nagyon sokféle útja van. Gyakori például, hogy egy Zen-mester megállapítja egy tanítványáról, hogy alighanem képes a szatori elérésére, de nem nála. Ilyenkor ajánl egy másik mestert; sok példa mutatja, hogy ez eredményes lehet. Itt persze az nem derül ki, hogy mi történt volna, ha a tanítvány az eredeti mesternél marad, de maga az eljárás arra utal, hogy a misztikus gondolkodás tehetsége (más szóval: legmagasabb szintű metaséma kialakítására való hajlam, fogékonyság) is létezhet, és egy mester számára határozottan felismerhető lehet.

A nyugati és a keleti út

A hasonló alapok mellett lényeges különbségek is érzékelhetők a miszticizmus nyugati és keleti formái között. Idézzük ismét Bertrand Russellt, aki főleg a miszticizmus nyugati fajtáit vizsgálta: „A hit egy olyan valóságban, mely egészen különböző attól, ami az érzékeknek megjelenik, ellenállhatatlan erővel lép fel bizonyos kedélyállapotokban, s ezek szolgálnak forrásul a miszticizmus legtöbb formája és a legtöbb metafizika számára. Míg ez a kedélyállapot uralkodik, az ember nem érzi szükségét a logikának, és ennek megfelelően a következetesebb misztikusok nem is használják a logikát, hanem egyenesen intuíciójuk közvetlen eredményeire hivatkoznak. Az ilyen

teljesen kifejlett miszticizmus azonban ritka jelenség a nyugati gondolkodásban. Miután az érzelmi meggyőződés intenzitása lecsillapult, az az ember, aki megszokta az érvelést, logikai alapokat fog keresni, hogy ezzel alátámassza a saját magában talált hitet.”

Ez persze fából vaskarika. A misztikus gondolkodás kiteljesítésének a nyugati kultúrában nincs meg a kikövezett útja. A logikus gondolkodás kifejelesztését gondosan kicsiszolt komplex tanmenetek segítik, bár mint láttuk, még így is csak kevés ember számára válnak a formális logika szillogizmusai igazi aktív sémákká. Vallásaink is elfogadják az objektív szemléletet, a megkülönböztetéseket, és a földi létet valamiféle átmeneti állapotként kezelik.

A nyugati embert elsősorban a végeredmény érdekli, annak helyességéről akar meggyőződni, az ahhoz vezető utat gyakran másodlagosnak tekint. Ennek a mentalitásnak kitűnő talaja a racionalitás, hiszen láttuk, hogy egy nagyságrenddel komplexebb eszközök állnak az intuíciónak, a végeredmény felismerésének a rendelkezésére, mint amilyenek a racionális érvelést, a meggyőzést és a verifikációt segítik. Így a tudomány és a technika fejlődése töretlen lehet, az intuíció mindig előtte járhat az észnek, amely viszont egyre szélesebb alapokat fektethet le az intuíció számára. Láttuk, hogy Gödel tétele önmagában is biztosítja, hogy ez a mechanizmus szakadatlanul működhessen.

A keleti embert elsősorban maga az út érdekli, amely a világ egységének minél teljesebb átéléséhez vezet. A végeredmény fogalma (legalábbis az élet ezen vonatkozásában) értelmetlen számára, mivel akkor is szilárdan hisz a világ egységében, ha neki történetesen nem sikerül ezt teljes mélységben átélnie, ha nem jut el a megvilágosodáshoz. A keleti vallások, elsősorban a buddhizmus, nem fogadják el az objektív szemléletet, a megkülönböztetéseket; földi létünket azonosnak tekintik bármi mással.

Az igazán fejlett miszticizmus a holisztikus gondolkodás logikailag elképzelhető legszélsőségebb formája. Ennek talán legtisztább változata a Zen-buddhizmus. A Zen egyik alaptézise, hogy semmiféle módon nem lehet meghatározni, hogy mi a Zen. De ez sem határozza meg, hiszen akkor mégiscsak meg lehetne határozni. A helyzet határozottan gödéli. D. R. Hofstadter a Zennek éppen ezt a jellegzetességét emeli ki, és így a Zen-koanok is egyfajta új értelmezést nyernek. Mindegyik koan felfogható úgy, mint valami, ami rávilágít egy-egy kérdés gödéli jellegére pillanatnyi, még meg nem világosodott gondolkodásunk rendszerén belül. Általában a buddhizmus minden ágában tipikus tankérdés, hogy „Halott-e Buddha?” A lényeg, hogy akár igent válaszolunk, akár nemet, a válasz helytelen. Lehetetlen ennél jobban szájba

rágni azt, hogy az alapkérdés gödeli. A probléma mély átéléséhez és végül a megvilágosodáshoz azonban innen még igen-igen hosszú út vezet.

A nyugati tudomány számára a Gödel tétel komoly sokkot okozott. A keleti ember számára a gödeli jelenség felfedezése aligha okoz különösebb megrázkódtatást, hiszen mindig is ilyennek látta az utat, amelyen a kérdések, a megkülönböztetések értelmetlensége egyre mélyebben átélhető. Ezért tekinthettük joggal egyfajta tanmesének a Zen-koant a 4. fejezetben. Más, fontosabb és élményszerűbb taneszközei is vannak a megvilágosodás felé vezető útnak, a meditációtól a kolostori élet napi rítusain keresztül a mester botütéseiig. Mindegyik valamilyen módon a felülemelkedést, transzcendálást, a világ gödeli természetének megélését célozza. És ezen az úton valamikor felvillanhat a nagy misztikum, amikor ráérzünk az összes transzcendálásnak, az út minden egyes lépésének a közös lényegére.

Valószínűleg a megvilágosodás pillanatában ugyanaz történik, mint bármelyik új séma keletkezésekor, mint például amikor a gyerekek kialakul a számfogalom. Eleinte tud számolni kettőig, majd háromig, négyig; később esetleg valamikor még megkérdi, hogy a száz után is vannak-e számok, de egyszer csak nem kérdez többé ilyesmit. Megvilágosodik előtte a számok végtelen sora, kialakul és működni kezd a szám sémája. Ez azonban nem jelent különösebb extatikus élményt, talán mert a kialakult metaséma csak kevés más sémának metaszintje. A megvilágosodás sémája viszont minden egyes sejtünknek, zsigerünknek, és ami a mi gondolatkörünkben még fontosabb: minden egyes tudatos és tudattalan sémánknak metaszintje, mindegyiket egyszerre értelmezi és módosítja. Ezért lehet igazán mély, extatikus élmény. De egy mégoly költői leírás sem adhatja magát az élményt, mint ahogy a világirodalom összes szerelmes írásából sem tudhatja meg az, aki még nem próbálta, hogy milyen az, amikor ő szerelmes.

A megvilágosodás eléréséhez nem elsősorban a legmagasabb metaszintű sémát kell kialakítani, hanem minden sémánkat olyanná kell fejleszteni, hogy annak egyáltalán lehessen egy egységes metaszintje. Ez nem könnyű feladat. Minden ember rendelkezik már néhány napos csecsemő korában jónéhány fajta megkülönböztető képességgel, általános sémával. Ilyenek például a tárgyi tagoltság, a figura és a háttér megkülönböztetésének vagy a mozgás észlelésének adottsága. Életünk során azután bonyolult megkülönböztető metasémák alakulnak ki, és annak, aki a megvilágosodás útjára lép, ezeket is mind a kifejlesztendő legmagasabb metaséma szolgálatába kell állítania. Ez ugyanúgy legalább tízéves intenzív elfoglaltságot jelent, mint bármely

17. Az evolúció trükkje

„Furcsán keveri a kártyát a természet” — mondja Mihail Bulgakov nagy regényében Woland, amikor először veszi szemügyre Margaritát. Ha valaki, Woland igazán tisztában van a dolgok összes nyílt és rejtett összefüggéseivel, pontosan tudja például, mennyire elcsodálkozna egy bizonyos tizenhatodik századi francia királynő, ha látná szépséges ük-ükunokáját a moszkvai bálteremben. Ennek ellenére, arról, hogy miért éppen Margaritában jött össze minden ennyire, Wolandnak is csupán ennyi mondanivalója van. A huszadik században már csak így látjuk ezt a kérdést.

Könnyen lehet, hogy a huszadik század voltaképpen 1859-ben kezdődött, amikor megjelent Darwin könyve, A fajok eredete. A véletlen törvényszerűségeiről már korábban is volt némi fogalma a tudománynak, ám ezt a diszciplínát csak arra használták, hogy a jelenségek mélyebb feltárásához hiányosnak bizonyult tudásukat toldották meg jobb híján a véletlen törvényeinek alkalmazásával. Már Laplace is valószínűségi alapokon bizonyította be, hogy az üstökösök a Naprendszer részei: a rendelkezésére álló adatok alapján kiszámította, hogy ha erre fogad, nyerési esélye egy a sok milliárdhoz. Darwin zseniális intuíciója azonban egészen más szerepet adott a véletlennek: elképzelhetővé vált, hogy a vakvéletlen képes lehet még arra is, hogy olyan bonyolult és értelmes folyamatoknak az alapmechanizmusát alkossa, mint maga az élet.

Ez a gondolat azután a huszadik század tudományos forradalmainak egyik vezérmotívumává vált. Hasonlóan alapvető meghatározó tényező a véletlen a kvantummechanika folyamataiban, a genetikában és a Neumann-Morgenstern-féle játékelmélet nyomán a közgazdaságtan bizonyos ágaiban is. Ez utóbbi kapcsán még az a paradox gondolat is cáfolhatatlan bizonyoságot nyert, hogy bizonyos döntési problémák esetében a tökéletes, absztrakt racionalitás elérésének egyetlen lehetséges módja az, hogy bizonyos mértékig a vakvéletlenre bízunk magunkat. Kiderült, hogy gyakran a tiszta racionalitás egyetlen lehetséges eszköze a dobókocka, jóllehet azt pontosan kell tudni, hogy mi szerint alkalmazzuk.

Darwin elmélete igazi intuitív alkotás volt: nem határozta meg pontosan, hogy a természetes szelekció konkrétan mire vonatkozik, emellett az öröklődés mechanizmusairól, a genetika alapjairól sem volt semmi ismerete. Ráadásul érveinek, gondolatainak jelentős része a huszadik század kifinomultabb módszereivel vizsgálva részleteiben helytelennek bizonyult. Korának mély ellenérzését azonban nem ezek a részletkérdések okozták, és még csak nem is elsősorban az a rémisztő lehetőség, hogy netán a majomtól származhatunk. Ez az olcsó zsrunalizmus és a bigott vallásosság reagálása volt; a kor komoly tudósai ezen legfeljebb egy sajnálkozó kézmozdulattal túltették volna magukat: a tudományos szemlélet addigra már sokkal mélyebb gyökereket eresztett.

Amit igazán nehéz volt megemésztetni Darwin legnagyobb kortársainak is, az az volt, hogy olyan fogalmak, mint a „cél” (akár Isten, akár a természet tűzte ki), a „haladás”, a „fejlődés” teljesen kívül estek a természetes szelekció gondolatvilágán. Occam borotvájának elve szerint persze ekkora nyereségnek, ilyen sokféle feltételezés fölöslegessé válásának lelkesen kellett volna tapsolni, és manapság valóban ezt is tesszük. Akkoriban azonban úgy tűnt, hogy az említett fogalmak kikerülése éppen a tudomány végső céljának, fő értelmének kiiktatását jelenti. Ebből a szempontból is a huszadik század kezdetének tekinthetjük Darwin művét. Ma már el tudjuk képzelni, hogy bizonyos alapkérdésekre adott keretek között nincs válasz; s nem azért nincs, mert nem vagyunk hozzá elég okosak, hanem azért, mert nem is lehet, mert a kérdés történetesen gödeli. Ezt a gondolatot a következő fejezetben fűzzük tovább, most azt fogjuk megvizsgálni, hogyan értelmezhetjük gondolkodásunk, észjárásunk sokféleségét Darwin felfedezésének tükrében.

Első ránézésre talán nem is tűnik fel, hogy a fejezet címe milyen kétértelmű. Abban a mondatban, hogy „A naszád ágyúzása nem okozott kárt”, már egyértelműbb a kétértelműség: a naszádot ágyúzták vagy a naszád ágyúzott?

Ha az evolúció a fajok, fajták kialakulásának alapmechanizmusa a természetben, akkor az evolúció trükkjeit kell megfejteni ahhoz, hogy élő környezetünk sokféleségének mozgatórugóit megismerhessük. Ha viszont egyszer kialakult valamiféle fogalmunk az evolúció működéséről, akkor az így talált trükköket esetleg saját szándékunk szerint is használhatjuk akár a mesterséges intelligencia céljaira, akár másfajta tudományos összefüggések feltárásához modellként. Ebben az esetben már a mi trükkünk az evolúciós gondolat, ami alapján modellt építünk, függetlenül attól, hogy elképzeléseink valójában mennyire felelnek meg a természet tényleges mechanizmusainak.

Az önző gén elmélet

Az elmélet neve Richard Dawkins híres könyvének címéből származik. Darwin eredeti elméletében a természetes szelekció olyan, pontosabban nem körülhatárolt egységekre vonatkozott, amelyeket a szaporodás, az öröklődés, a változatosság és a túlélésért folytatott verseny kellően tágan értelmezhető tulajdonságai jellemeznek. Az evolúciókutatás ezeket az egységeket eleinte az egyes élőlények egyedeivel azonosította, ám ahogy az evolúció darwini fogalma egyre egyöntetűbben a kutatók alaptézisévé vált, úgy lett egyre kétségesebb, hogy egyáltalán fel lehet-e építeni egy következetes, ellentmondástalan evolúcióelméletet, amely az individuumokat tekinti alapegységeknek. Az öröklődési és viselkedési mechanizmusok egyre pontosabb ismeretében az elméletek belső logikája vagy nagyobb, vagy kisebb alapegységek felvételét követelte meg.

A felfelé való általánosítások (a csoportszelekció vagy a fajszelekció feltételezése) vonzereje az, hogy így könnyen megmagyarázhatók például egyes egyedek önzetlen, sőt néha önfeláldozó viselkedései. Az ivaros szaporodás is könnyebben értelmezhető ilyen keretek között. Ugyanakkor ezekben az elméletekben a klasszikus darwini elvek következetes megtartása helyenként eléggé erőltetett feltételezéseket igényelt.

A másik irányú általánosítás az önző gén elmélet. Ez abból indul ki, hogy a szelekció alapegységei valójában az egyednél sokkal kisebbek, lényegében maguk a gének. A gének túlélésük érdekében bonyolult komplexummokká állnak össze; Dawkins kifejezésével „túlélőgépeket” építenek, és így igyekeznek fennmaradásukat biztosítani. A szelekció közvetlenül ugyan az egyedekre hat, de az a gén fog a leginkább túlélni, amelyiknek a legéletképesebb egyedekbe sikerül beépülnie, ugyanakkor persze az egyed sikeréhez ő maga is hozzájárulhat. E szerint az elképzelés szerint valamennyien génjeink „túlélőgépei” vagyunk; génjeink a saját túlélésük céljából alakítottak ki minket olyanokká, amilyenek vagyunk. Ugyanez még inkább vonatkozik többé-kevésbé bonyolult génkomplexumainkra, testi és viselkedési jellemzőinkre. Minél nagyobb egy génkomplexum, annál kevésbé tekinthető a szelekció alapegységének, ugyanakkor minél stabilabban összekapcsolódnak a gének komplexumokba, annál inkább együttesen élnek túl vagy halnak ki.

Az önző gén elmélet nagyon következetesen testesíti meg Darwin eredeti elgondolásait, és váratlan módon még az altruizmus, sőt az önfeláldozás jelenségeire is magyarázatot tud adni: elképzelhető, hogy az önfeláldozás génje segítheti sajátmagának (mint génnek) a túlélését, ha az egész

élőlényre kényszerített önfeláldozással más élőlényekben önmaga több példányát megmenti. Az önző gén elmélet sikerének egyik kulcsa, hogy az erre alapozott modellek működőképességének általában alapfeltétele, hogy a természet nagy tömegben állítsa elő (akár mondhatnánk így is: próbálja ki) a gének újabb és újabb variációit. A valóságban éppen ez történik, és ez a jelenség az önző gén elmélettel sokkal inkább összeegyeztethető, mint vetélytársaival.

Az önző gén elmélet igazi erejét akkor mutatta meg, amikor John Maynard Smith a hetvenes évek elején észrevette, hogy egy-egy gén működése úgy is tekinthető, mint ami hordozójának egy-egy viselkedési stratégiát, sőt fogalmazhatunk így is: *játékstratégiát* ír elő. Ez egészen általánosan értendő, ide tartozik például a szem kéksége, a levél tüskessége vagy akár a területbirtoklásért folytatott küzdelemben mutatandó agresszivitás foka is. Ennek alapján a túlélésért folyó harc a gének által meghatározott játékstratégiák vetélkedéseként is felfogható. Attól függően, hogy milyen gének milyen gyakorisággal vannak jelen a népességben, különböző lehet az egyes gének (azaz: játékstratégiák) túlélési esélye.

Az elképzelés működésére a 3. fejezetben láttunk két példát: az udvarlást és a rejtvényfejtést. Az utóbbinál például egy rejtvényfejtő és egy rejtvényfejtéssel nem bíbelődő gént képzelünk el. Ha senki sem fejt rejtvényt és sok a nehéz feladat, amelynek megoldása nagy túlélő értéket biztosít, elszaporodhatnak a rejtvényfejtő gének mindaddig, amíg már egy rejtvényfejtőre csak olyan kevés nehéz feladat jut, hogy jobban járnak azok, akik nem pocskolják az energiájukat gyakorlásra, hanem helyette inkább sok könnyű feladat megoldásával biztosítják túlélésüket. Kialakulhat a környezetnek megfelelően a rejtvényfejtők és a rejtvényt nem fejtők optimális egyensúlya, amelytől egyik fajta génnek sem érdemes eltérnie, mivel ezzel saját túlélési esélyeit rontaná. Hasonló a helyzet azzal a két génnel, amely a nőstény számára előírja, hogy megkövetelje-e a hosszas udvarlást vagy sem. Ennél a példánál a modell lényegesen bonyolultabb, mert a hímek stratégiájában is kétféle gén van jelen (a „húséges” és a „szoknyapecér”), de itt is kialakulhat a négyféle gén között olyan aránybeli egyensúly, amitől egyik génnek sem érdemes eltérnie, mert hiába szaporodik el jobban, azzal saját túlélési esélyei csak csökkennek.

Maynard Smith az így kialakuló egyensúlyt *evolúciósan stabil stratégiának*, rövidítve *ESS*-nek nevezte el, mivel ha egy populációban egyszer kialakul a gének *ESS*-nek megfelelő aránya, az hosszabb ideig stabilan fennmaradhat, ha a környezeti feltételek nem változnak, lévén hogy egyik gén sem nyer azzal, ha túlzott szaporodással felrúgja a kialakult egyensúlyt.

Dawkins írja: „Az az előérzetem, hogy talán még úgy fogunk visszatekinteni az ESS-konceptióra, mint az evolúcióelmélet Darwin óta legjelentősebb előrelépéseinek egyikére. Alkalmazható bárhol, ahol érdekütközésre bukkanunk, s ez azt jelenti, hogy szinte mindenütt. (...) Maynard Smith ESS-konceptiója először teszi lehetővé, hogy világosan átlássuk, hogy független, önző entitások együttese mi módon emlékeztet egyetlen szervezett egészre. Azt hiszem, ez nem csak a fajokon belüli társas kapcsolatrendszerekre, hanem a sok fajtól álló 'ökoszisztémák' és 'életközösségek' szerveződésére is igaz.”

Az ESS gondolatának alapja a matematikai játékelmélet, amelyet eredetileg a közgazdaságtanhoz dolgoztak ki, de ott általános alkalmazása aránylag kevés sikerrel járt. Ennek oka az volt, hogy a gazdaság résztvevőinek értékválasztásai nagyon sok dimenzió mentén rajzolódnak ki. A játékelmélet alkalmazásához valahogyan közös nevezőre kellene hozni például a pénz, a függetlenség, az időnyereség és még sok minden más értékeit. A közgazdaságtanban ez szinte lehetetlen: minden ember másként súlyozza ezeket az értékeket. Az evolúciós biológiában viszont nagyon egyértelmű mérték kínálkozott egy-egy játékstratégia hasznosságának lemérésére: a túlélési („fitness”) érték. Minél több várható utódot eredményez egy stratégia az őt okozó génnek, annál sikeresebb.

Az ESS különösen vonzó tulajdonsága, hogy kvantitatív vizsgálatokat is lehetővé tesz: pontos elméleti előrejelzéseket ad az egyes stratégiák hosszútávú előfordulási arányára. Ezek a vizsgálatok meggyőző eredményeket hoztak: az önző gén elmélet előrejelzései sokszor beváltak. Akár azt is mondhatjuk, hogy a játékelmélet igazi horderejét a biológiai alkalmazásokban mutatta meg. Az evolúciós biológiának az élőlények viselkedését az önző gén elmélet alapján vizsgáló ágát nevezték el *szociobiológiának*.

Kultúrgének, mémek

Korábban említettük, hogy milyen kétértelmű ennek a fejezetnek a címe. Az önző gén elmélet eredeti formájában még tisztán a természet evolúciónak keresztelt trükkjének működési mechanizmusát igyekezett feltárni. Ehhez kiderítette, hogy ez a mechanizmus a hosszabb időn át változatlan formában fennmaradó, önmagukat sokszorosítani, replikálni képes egységekre, a génekre vonatkozhat. Az elmélet fejlődése során az evolúció lényegének fel-tárásához számos eszközt kidolgoztak, többek között az ESS fogalmát. Ezek a fogalmak talán idővel ugyanolyan egyértelműen az evolúció alapmechanizmusainak fognak bizonyulni, mint ahogy egy magasabb metaszinten nézve,

ma már csak nagyon kevesen kétlik, hogy a darwini evolúció valóban a fajok kialakulásának mechanizmusa.

Másfelől az elméletek megalkotása során felfedezett eszközök a mi trükkjeink, amelyeket megpróbálhatunk másra is alkalmazni, mint amire kitaláltuk őket. Ch. J. Lumsden és E. O. Wilson például észrevették, hogy mindennapi kultúránk is a legtöbb helyen egymással helyettesíthető elemekből épül fel. Mindenki választhat, hogy milyen ruhadarabokban jár, milyen meséket mond a gyerekeinek, milyen problémamegoldó módszerekkel próbálkozik bizonyos helyzetekben. Ezek akár úgy is tekinthetők, mintha minden egyed azt állítaná össze, hogy milyen génjei legyenek: milyen legyen a szeme színe, a haja göndörsége, a futási képessége. Az előbbi tulajdonságokat Lumsden és Wilson elnevezték *kultúrgéneknek*, és megkísérelték erre az esetre is adaptálni a gének vizsgálatára kialakított matematikai eszköztárat. Kisebb-nagyobb módosításokra természetesen szükség volt, hiszen génjeinket nem választjuk, hanem készen örököljük szüleinktől, míg a kultúrgének választási mechanizmusait külön erre a célra szerkesztett matematikai formulákba kellett önteni.

A kísérlet szép sikerrel járt, az evolúciós biológia egyenletei ilyen feltételezések mellett is meglevenedtek: a kultúrgének így kialakított elmélete sok szempontból nagyon hasonló jellegzetes evolúciós mozgásokat produkált, mint az igazi géneket leíró modellek. A kultúrgének terjedése is egyensúlyi állapotokat alakított ki, amelyek hosszabb ideig stabilan fenn tudtak maradni. Bizonyos kultúrgének szerencsés környezetben divathóbortként viharos sebességgel elszaporodtak, hogy aztán megváltoztatva saját létük feltételeit hirtelen kihaljanak. Más kultúrgének sokáig virágzottak vagy egész lassan hanyatlottak. Lumsden és Wilson modelljében magyarázhatóvá vált az is, hogy miféle kölcsönhatási folyamatok okozhatják az igazi, biológiai gének és a kultúrgének együttes evolúcióját. A modell talán legszebb eredménye az, hogy eléggé pontos becslést lehet belőle kapni az evolúció sebességére a környezeti feltételeknek valamint a gének és kultúrgének változatosságának függvényében. A modell frappáns magyarázatot adott arra a mindennapi tapasztalatunkra, hogy a genetikai evolúció meglehetősen lassú folyamat, míg a kulturális evolúció nagyon gyors lehet, és hogy ez a kettő a legkevésbé sem zárja ki egymást.

Dawkins a kultúra elemeinek egy másik génszerű aspektusát emeli ki: azt, hogy az emberi kultúrában az imitáció, egymás többé-kevésbé pontos utánzásának képessége révén újfajta önmaguk reprodukálására képes szerkentyűk jelentek meg, és kezdtek el harckutat egymás között a túlélésért. Ezeket az újfajta replikátorokat Dawkins *mémeknek* nevezte el. A nevet a

görögös hangzású miméma szóból vonta el, külön megörülve annak, hogy ebben a formájában mennyire hasonlít a gén szóra, emlékeztet a memória szóra, és rokon a francia mème (ugyanaz) szóval is. Dawkins írja:

„A mém lehet egy dallam, egy gondolat, egy jelszó, egy ruhadivat, edények készítésének vagy boltívek építésének módja. Éppúgy, ahogy a gének azáltal terjednek el a génkészletben, hogy spermiumok vagy peték révén testből testbe költöznek, a mémek úgy terjednek a memkészletben, hogy agyból agyba költöznek egy olyan folyamat révén, melyet tág értelemben utánpótlásnak nevezhetünk. Ha egy tudós egy jó gondolatot hall vagy olvas, akkor továbbadja kollégáinak és tanítványainak. Megemlíti cikkeiben és előadásában. Ha egy gondolatnak sikere van, azt mondhatjuk, hogy agyról agyra terjedve elszaporodik. (...) Ha egy termékeny mémet ültetsz az agyamba, akkor szószerint élősködsz az agyamon, mert a mém terjesztésének eszközévé teszed, pontosan úgy, ahogy a vírus élősködik a gazdasejt genetikai mechanizmusán.”

A mém és a kultúrgén fogalma lehet, hogy teljesen azonos fizikai egységeket takar az agyban, lehet, hogy nem. Hasonló a helyzet, mint amit a 6. fejezetben a pszichológiai sémafogalmak kavalkádjánál láttunk. Ez a két fogalom ugyanannak a dolognak más aspektusát ragadja meg. Mindkettőt tervezett vizsgálatuk, értelmezésük módjának keretében definiálták, így gyakorlatilag összevethetetlen, hogy a két fogalom ugyanazt az entitást jelenti-e, jóllehet alighanem igen.

Még továbbmegyek: erre a két fogalomra is feltűnően érvényesek a sémafogalom ismertető jegyei. Különösen, ha (mint Dawkins is) nagyobb mémkomplexumokat is figyelembe veszünk, mint önálló, bonyolult mémeket, akkor már a folyamatos változás lehetősége is fennáll. Szívem szerint a mém és a kultúrgén fogalmát is beleilleszteném a 6. fejezetben felvonultatott sémafogalmak sorába. Nem látszik mélyebb különbség a mém és a séma fogalma között, mint mondjuk a séma és a mentális modell között, jóllehet a két előbbi fogalom származtatása, kezelésük technikai apparátusai, és a velük kapcsolatban felvetett kérdések lényegesen különbözőek, már csak azért is, mert a sémafogalmat a pszichológia, a mémfogalmat pedig a biológia szemüvegén keresztül nézzük.

Mégis, amikor egy fogalmat úgy definiálunk, hogy az egy bizonyos adott elmélet fegyvertárával legyen vizsgálható, az így kapott eredményeket nem vihetjük át közvetlenül egy másik elmélet mégoly hasonlóknak látszó fogalmára sem. Az analógiák nem bizonyítások, éppen ennek felismerése vezett a tudományok szakmai gondolkodásmódjának kialakításához; ezért vált

annyira külön a hétköznapi és a tudományos nyelv. Az analógiák (különösen az egyes tudományos fogalmak között) persze vezethetik az intuíciónkat, mint ahogy az 5. fejezetben is láttuk, hogy a pszichoanalitikus iskola gondolatvilága befolyásolhatta a kognitív pszichológiai kísérletek tervezését, de érdemi, bizonyítottan tekinthető eredményt mindegyik tudományág csak szigorúan a saját rendszerén belül érhet el.

Az önző gén elmélet sokféle analógiát ajánl hétköznapi környezetünkre, olyan sokat vitatott társadalmi problémákra is, hogy például a konyhában van-e a nők helye, vagy hogy biológiailag meghatározott módon csapodár-e a férfi. Ezek az analógiák azonban a problémákat a hétköznapi gondolkodás szintjére viszik vissza, így jobbik esetben a tudomány érvényességén kívül esnek, rosszabb esetben annak eredményeit durván eltorzítják, éppúgy, mint ahogy a harmincas évek szociáldarwinista elméleteinek sincs semmi köze a tudományhoz. Mégis érdekes kihívás a szociobiológia mémszemléletét a tudományos gondolkodás keretein belül összevetni a kognitív pszichológia sémaszemléletével.

Az egyszám-játék

A játékok területén látszik a legtöbb remény arra, hogy a séma alapvetően pszichológiai fogalmát a mém biológiai indíttatású fogalmával közös paradigmában vizsgálhassuk. Egy absztrakt játék esetére elvileg pontosan meghatározható lehet az ESS. Ezzel a biológiai paradigma egyik fő alapeszméje külső vizsgálati eszközzé, összehasonlítási alappá válhat, és emellett a játszók kognitív stratégiái is tettenérhetőek lehetnek. Jó, ha a játék nagyon sok résztvevős, mivel ez sokféle stratégia egyidejű jelenlétét teszi lehetővé. Az is kíváncsnak látszik, hogy a játékosok között viszonylag kevés együttműködés forduljon elő, mert ezeket mind elméletileg, mind tapasztalatilag nagyon nehéz nyomon követni. Mellesleg a játéknak önmagában is vonzónak, kihívónak kell lennie, igazi gondolkodásra kell hogy serkentsen, hogy a játékosok tényleg mozgósítsák sémaik legjavát.

Ilyen meggondolások alapján írtuk ki a Füles c. rejtvenyűjság olvasói számára az *egyszám-pályázat*ot a következő szabályokkal: A játék résztvevőinek mindössze egyetlenegy pozitív egész számot kell beküldeni a szerkesztőségbe a mellékelt pályázati szelvényen. A nyertes az, aki a legkisebb olyan számot küldi be, amivel egyetlen más olvasó sem pályázott.

A pályázatra 8192 válasz érkezett. A játékosok gondolkodásának sokféleségére jellemző, hogy összesen több mint 2000 féle különböző szám fordult

elő. Akik szeretnek búvárkodni, azok számára bemutatjuk, hogy az első kétszáz számot mennyien választották. Ebből kiolvasható a nyertes szám is, és még jónéhány érdekesség. A konkrét nyerő szám persze meglehetősen esetleges, hiszen azt egyetlenegy további pályázat durván megváltoztathatta volna. Kevésbé esetleges viszont a beküldött összes szám eloszlása, hogy mekkora számokat mennyire sok játékos választott. Ezen már egy-két pályázat szinte semmit sem változtat. Ebből érdemes tehát kiindulni az elemzéshez.

Az első kétszáz számot ennyien választották:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1—	—	387	57	52	59	59	42	73	50	91
10—	33	131	44	164	42	28	43	123	46	82
20—	13	71	47	70	26	23	34	57	33	54
30—	18	52	26	49	20	10	20	53	24	34
40—	10	34	12	21	12	12	14	34	14	46
50—	6	28	16	29	19	34	21	24	27	33
60—	5	40	13	26	38	11	25	22	12	15
70—	4	32	20	20	6	9	11	24	14	26
80—	4	4	5	14	16	7	9	26	17	12
90—	9	24	11	10	2	4	12	24	8	25
100—	17	49	14	22	7	7	9	8	4	12
110—	4	95	8	26	7	6	9	28	4	16
120—	1	15	4	28	5	2	9	24	14	14
130—	2	15	9	4	3	7	7	23	5	17
140—	3	5	6	3	3	2	5	8	5	7
150—	2	4	2	6	8	2	7	4	6	10
160—	4	3	4	4	4	0	2	5	7	12
170—	1	13	3	10	2	7	5	2	4	8
180—	0	3	3	2	4	3	2	2	1	8
190—	1	9	6	7	4	4	2	6	6	12

Engedjünk meg magunknak egy bekezdésnyi kitérőt az eredmények egyéb érdekességeiről. A beküldött számok kétharmada páratlan szám volt; úgy tűnik, hogy a játékosok ezeket érezték mások számára kevésbé hozzáférhetőnek, így a maguk számára jobb nyerési esélynek. Nullára végződő szám összesen 475 érkezett, míg 1-re végződőt 1732-en írtak. Megvizsgáltuk, hogy a beküldők neve vagy lakhelye szerint (ezekről volt adatunk a lakcím révén) mutatkoztak-e eltérések. Meglepetésre szinte semmiféle különbséget nem találtunk ezek szerint a szempontok szerint, jóllehet többszázféle kérdésfeltevést megnéztünk; például hogy kik írtak kicsi vagy nagy számokat, kik írtak 1-est vagy éppen 13-ast. Viszonylag sokan gondolkodtak úgy, hogy

a kis számokkal majd mind kiütik egymást az emberek, és így egészen nagy szám is nyerhet: 147-en egymilliónál is nagyobb számot írtak, heten pedig egyszerűen a végtelen jelét. Egy kisfiú leírt egy egyest s utána 36 nullát, és megjegyezte, hogy ez nagyon nagy szám és nagyon ritka.

Miféle mémeket vagy sémákat képzelhetünk el, amelyek a játékosoknál a szám kiválasztásában szerepet játszhattak? Beláthatatlanul sokféle gondolatmenet lehetséges, a racionális számolgotás, az intuíció és a babonás irracionális legkülönbözőbb arányú variációiból. Mindegyik gondolatmenet közös tulajdonsága azonban, hogy végülis egy konkrét szám kiválasztásához vezetett. Tekinthetnénk esetleg magukat az egyes számokat is a mémeknek, de ezzel azt kockáztatnánk, hogy egyfelől ugyanarra az eredményre vezető alapvetően különböző gondolatokat, sémákat egy kalap alá vesszünk, másfelől egy gondolatot, amely például olyan eredményre vezet, hogy valami 20–30 közötti szám látszik jónak, több mémnél is figyelembe vesszünk. Mégis lényegében ezt fogjuk tenni, belátva, hogy jelenlegi tudásunk ennél finomabb megkülönböztetést nem tesz lehetővé, és remélve, hogy eredményeink még így is tanulságosak lesznek.

Néhány jól tettenérhető és nyilvánvalóan irracionális stratégiát első ránézésre is könnyen észlelhetünk. Feltűnően sok például a 13-as vagy a 111-es, különösen a környezetükhöz képest. Ezek mémje feltehetőleg nagyon egyszerű: azt mondja, hogy „tegyél engem, én vagyok a szerencseszám”. Ilyen bűvös számoknak tekinthető a pályázatok mintegy 8–9%-a, például az a mintegy 250 négyjegyű szám is, amely 1900-zal kezdődik, és nyilván születési évet takar. 1700-zal vagy 1800-zal kezdődő számokat például alig 30–35-en küldtek.

Másfajta pszichológiai mechanizmusok vezethettek az 1-esek feltűnően nagy számához: körülbelül minden huszonegyedik pályázó 1-est írt. Az egyes szám különösen nagy kihívás, hiszen ez biztos nyerő, ha egyedül én írom. Ha elképzeljük, hogy ismerőseink hogyan gondolkoznának, valószínűnek tűnik, hogy azt mondanák: biztosan sokan lesznek, akik egyest írnak, én tehát inkább mással próbálkozom. A hozzáférhetőség heurisztika szerint tehát viszonylag valószínűnek látszik, hogy végülis senki sem fog 1-est írni. De a szimulációs heurisztika is erre mutat: megüt a guta, ha végül senki sem ír 1-est, és én sem.

Még egy fajta jól azonosítható séma működését mutatjuk be, mielőtt rátérnénk az általános tanulságra. Több mint háromszáz pályázó 600 000 körüli számokat írt. Ez első ránézésre furcsának látszik, mivel például 500 000 körüli számokat alig 30 ember küldött be. A magyarázat az, hogy a pályázat kiírásában megemlítettük, hogy a Füles példányszáma 640 000, úgyhogy

az első ennyi szám között kell hogy legyen potenciális nyerőszám; túlzottan nagy számokkal tehát nemigen érdemes játszani. Ennél a háromszáz ember-nél a rögzítés és igazítás heurisztika működhetett, teljesen téves irányba vive gondolkodásukat. Érdekes, hogy ez volt az egyetlen olyan kérdésfeltevés, ahol enyhe de egyértelmű nemek szerinti különbséget találtunk: az összes pályázóknak csak 45%-a volt nő, de a 600 000 körüli számokat beküldőknek több mint 60%-a.

Ha a most említett jól leírható sémák hatását leszámítjuk, az összes pályázónak körülbelül 80%-a még mindig megmarad. Ezekre következik a meglepetés: az ESS ennek a 80%-nak az együttes viselkedését viszonylag pontosan magyarázza. Ha például egyfajta mémnek tekintjük mindazokat a gondolatmeneteket, amelyek arra az eredményre vezetnek, hogy 2 és 9 közötti számmal játszunk, egy másik mémnek azokat, amelyek 10 és 99 közötti számokat eredményeznek, és így tovább, akkor a sokezer ember együtt eléggé pontosan egy ESS-ben levő stratégiát valósított meg. (A játék elméleti ESS-ét számítógépes szimuláció segítségével határoztuk meg, és ezt hasonlítottuk össze a tényleges pályázatok eredményeivel.) Hasonló konklúzióra jutunk akkor is, ha a mémeket más számintervallumoknak feleltetjük meg.

Pszichológiai szempontból nézve persze sokféle különböző séma vezethet olyan eredményre, hogy „valamilyen 100 és 150 közötti számot kellene megjátszanom”, de egyelőre elemzésünk csak olyan finomságot enged meg, hogy mindezeket egyetlen mémnek, egyetlen stratégiának tekintsük az ESS vizsgálatánál. Ennek tudatában az ESS ilyen nagy leíró ereje még meglepőbb. Nem kis részben éppen az vezetett a pályázat kiírásához, hogy bosszantóan semmi fogalmunk nem volt arról, hogy egy ilyesfajta játék feltevélei mellett hogyan viselkedhetnek az emberek: például hány százalékuk fog 100 alatti számot beküldeni. Még azt is nehéznek látszott megsaccolni, hogy ez az arány 20%-hoz vagy inkább 80%-hoz lesz-e közelebb. Az eredmények és az ESS ismeretében ezentúl már van valamiféle jól megalapozott tudományos eszközünk ilyesfajta kérdések szakszerű előrejelzéséhez.

Ebben a játékban egyfelől jó esély viszonylag kis számmal pályázni, hiszen ebben az esetben, ha véletlenül kiderül, hogy egyedül tette meg az ember azt a számot, valószínűbb, hogy a legkisebb ilyen lesz és így nyerni is fog. Ugyanakkor a nagyobb számok is adnak esélyeket, mivel ezekkel könnyebben kerül el az ember a többieket; könnyebben lesz a száma egyedüli. Az emberek összességükben meglepően jól mérték fel, hogy ez a két gondolati irány hogyan egyensúlyozódik ki: a matematikai ESS is hasonló arányokat jelez.

A biológiai paradigma alapja egy olyan absztrakt elképzelés, hogy mémjeink egy túlélési versenyben vesznek részt, amely verseny adott esetben rengeteg egyszám-játékból áll állandóan változó játékosokkal, és egy-egy mém túlélését az biztosítja, ha időnként sikerül megnyernie a játékot. Egy ilyen helyzetben létrejöhet a mémek olyan egyensúlya (az ESS), amelyben már a legrafináltabb mém sem tudja jelenlétének arányát növelni, mert azzal csak a saját túlélési esélyeit rontaná. Könnyen elképzelhető tehát, hogy az önző gén elmélet mémjeinkre, gondolkodási sémáinkra is érvényes, anélkül, hogy tudnánk róla.

Nyilván nem kifejezetten az egyszám-játékokra célzottan alakultak ki kognitív sémáink. Mégis, még egy ilyen helyzetben is a sok, egymástól független és külön-külön valószínűleg nem racionálisan gondolkodó ember összességében nagyjából a lehető legracionálisabb együttes játékmódot alakította ki. A sokféle észjárás egy magasabb szinten értelmes egységet alkotott.

Evolúció és racionalitás

Az evolúciónak elvileg semmi köze sincs a racionalitáshoz. Darwin zseniális gondolatának legmélyebb újdonsága éppen az volt, hogy az olyanfajta fogalmakat, mint a célirányosság, az ésszerűség vagy az értelem, radikálisan száműzte a biológiából, és kimutatta, hogy a fajok kifejlődése néhány általános feltétel fennállása esetén pusztán a természetes szelekció eszméjével megmagyarázható. Sok jel mutat arra is, hogy a gondolatok, a sémák vagy a mémek elterjedésére is hasonló alapmechanizmus lehet érvényes.

Másfelől viszont általában azoknak a mémeknek vannak a legjobb esélyeik a túlélésre, amelyek hordozói a dolgok logikáját a legjobban tudják követni. A 14. fejezetben láttuk, hogy ez többnyire önmagában is tökéletesen elegendő a racionális viselkedés látszatához, alkalmasint maga a formális racionalitás ennek epifenoménje is lehet. Sok közgazdász (például Milton Friedman) éppen ezzel a *mintha-jelenséggel* indokolja, hogy miért tekinti elméleteiben az embert mégis racionális lénynek. Aki túlél, annak legalábbis úgy kellett viselkednie, mintha racionálisan, ésszerűen döntött volna, ezért tud túlélni. Sőt, bonyolult mémkomplexumainkban esetleg olyan metaszintű mémek is megjelenhetnek, amelyeknek a túlélését éppen az biztosítja, hogy más hasznos mémek hatását különösen jól össze tudják hangolni. Talán egy ilyen metaszintű mém maga a racionalitás, sőt a formális logika mémje is.

Hofstadter még egy lépéssel tovább megy: „A legtöbb filozófus és matematikus meg van győződve arról, hogy a logika igazságai ‘analitikus’ és *a priori* dolgok; nemigen szeretnek arról gondolkodni, hogy ilyen alapvető eszmék olyan esetleges, földi dolgokkal lehetnek kapcsolatban, mint a túlélés. Azt még talán elfogadnák, hogy a természetes szelekció *kedvez* a helyes logikának, de biztosan felháborodottan utasítanák vissza, ha valaki azt javasolná, hogy a természetes szelekció *definiálja* a helyes logikát. Mégis, az igazság és a túlélési érték fogalmai *tényleg* egymásba fonódnak, és azok a civilizációk, amelyek fennmaradnak, bizonyára *valóban* magasabb szintű igazságokat ismertek fel, mit azok, amelyek letűnnek.” A logika evolúciója napjainkban is zajlik: a bonyolultabb, szükségszerűségekkel, lehetségességekkel, időbeliségekkel kapcsolatos kérdések esetén mindmáig nem dőlt el a két és félezer éves vita, hogy melyik szillogizmusokat tekinthetjük valóban feltétlenül helytálló következtetési formáknak, és nem alakult ki az az emberfaj sem, amely a formális logika szillogizmusait általános pszichológiai realitásként hordozza magában.

Mesterséges evolúció?

A mesterséges intelligencia létrehozásának egyik lehetséges útja az is lehetne, hogy megpróbáljuk követni az evolúció nagyszabású trükkjét: megkísérelhetnénk igazi mémeket programozni. Ezek a mémek küzdhetnének a fennmaradásukért miközben különféle mutációknak és egyéb módosulásoknak lehetnének kitéve, például valami olyasféle módon, mint ahogy az EURISKO programban a metaheurisztikák hatására a normál heurisztikák állandóan változnak. Láttuk, hogy a metaheurisztikák szerepe némileg a természetes szelekció mechanizmusára emlékeztet: kegyetlenül kiszűrik vagy legalábbis megváltoztatják azokat a heurisztikákat, amelyek nem bizonyulnak eléggé életképesnek; nem elég hatékonyak az érdekes matematikai fogalmak létrehozásában. Az EURISKO programban ez az út ígéretesnek bizonyult, bár átütő sikert nem hozott. Más, közvetlenebbül evolúciós elvű programok azonban még ennyi sikert sem tudtak felmutatni: a mesterséges evolúció többnyire csak értelmetlen kuszaságot eredményezett. Nem a kuszaság a baj, hanem az értelmetlenség, hiszen értelmünk is kusza hierarchiakon alapul.

Az EURISKO metaheurisztikáinak viszonylagos hatékonysága sem abból ered, hogy a módszer emlékeztet az evolúcióra. A hasonlóság csak abból fakad, hogy a program alkotója megfogalmazott néhány olyan jelenséget,

amelyek észlelése esetén ő maga szívesen módosítana a program futása közben a heurisztikákon, ha akkor még lenne beavatkozási lehetősége. A metaheurisztikák ezt valószínűsítik meg a maguk némileg merev módján. A heurisztikák maguk teljesen passzívak, vagy élnek, vagy módosulnak illetve kihálnak, de nem alaptermészetük a túlélés (ezt a homályos kitélt nyomban részletezni fogjuk). Az evolúció mechanizmusának csak egyik alkotó része a szelekció, az egész rendszer működéséhez még legalább két egyenértékűen fontos momentum szükséges: az önreprodukció és az ennek keretében létrejövő variabilitás. Működőképes evolúció kialakulásához mindkét momentum önmagában is jelentős bonyolultságot kell hogy elérjen.

Az önreprodukció csak akkor alkalmas az evolúciós folyamat fenntartására, ha teljesen automatikusan, külön cél és motiváció nélkül működik, ha az önreprodukció egyedének semmi más dolga nincs, mint a következő generációban is megjelenni. Ezért kapott az egész elmélet új erőre akkor, amikor az evolúció alapegységének a gént választották: annak már nincsenek olyan szempontjai, hogy enni kell vagy párt kell keresni; létezésének egyetlen jellemzője az, hogy megjelenik a következő generációban is, ha tud. Akár azt is mondhatnánk, hogy ez létének egyetlen értelme, de ez csak annyira igaz, amennyire a Hold értelme az, hogy minden hónapban kikerekedik: egyszerűen nem tehet mást, ha már egyszer ott van az égen és semmi sem akadályozza meg keringésében. A gének valóban építenek olyan lényeket, túlélőgépeket, amelyek esznek, párt keresnek sőt esetleg gondolkodnak és életük értelmét keresik. Ez azonban már csak következménye annak, hogy azok a gének voltak a legsikeresebbek a túlélésben, amelyek ilyen lények létrehozásában jeleskedtek, mert így több esélyük volt arra, hogy a következő menetben is jelen legyenek.

Az evolúciós mechanizmus beindulásának másik alapfeltétele az, hogy a gének között nagy tömegben jelennek meg új és új változatok, ám a lényeg itt is az, hogy mindez külön kijelölt cél és értelem nélkül történik. Az új változatok is gének, tehát egyetlen jelentésük az, hogy ők is részt vesznek az önreprodukció nagyszabású színjátékában: túlélnek ha tudnak. A változatok megszületése is nélkülöz minden célt vagy szándékot, az egyetlen mozgató rugó a véletlen. Teljes véletlenségről azonban csak a beválás, az életképesség szempontjából beszélhetünk. Az új formák mindig a régiékből alakulnak ki, a régi alkotóelemek nagy részét épen megtartják. Ez a tény önmagában is magyarázza azt, hogy az egyszer szerencsésen létrejött nagy életképességű formákból jobb eséllyel alakulnak ki újabb fennmaradásra alkalmas változatok, mint másokból. Így lesz a fejlődés fogalma, a cél és a szándék fogalmával együtt, az egész evolúciós mechanizmus epifenoméneje.

Ez a mechanizmus akaratlanul is szétválasztja a szerencsésen összeállt stabilabb génkomplexumokban a lényegest a lényegtelenről. Éppen ez a momentum az, amit a mesterséges intelligencia evolúciós alapú megközelítéseiben nem tudunk megvalósítani. A mesterséges mémeket meglévő mémjeink segítségével hozzuk létre, így ezek is a mi mémjeink túlélésének eszközei, nem céltalan képződmények. Az igazi mémeket, csakúgy mint az igazi géneket, kizárólag saját túlélésük vezérli, ennek következményeként alakítanak ki bonyolult szerveket illetve értelmes gondolatokat. Ezt nem tudjuk kívánni, hiszen az evolúció rendkívül lassú folyamat iszonyúan nagy számú elvetélt próbálkozással. Értelmét sem látjuk annak, hogy ennyire kizárólagosan a túlélés vezéreljen. Ezért mondtuk allegorikusan a 14. fejezetben, hogy talán az a fő akadály napjainkban a mesterséges intelligencia megvalósításának, hogy a gépeknek nincs vérnyomásuk vagy egyéb átvitt értelemben vett életnedveik. Nem látjuk át, hogy miért lehet mindez szükséges ahhoz, hogy jó minőségű nyelvi fordító programokat készítsünk. Így aztán programjaink egészen más elvek szerint működnek, mint az igazi értelem.

A 15. fejezetben láttuk, hogy mennyire nem tudjuk a véletlen működését elképzelni. Mesterséges véletlen sorozatokat persze létre tudunk hozni, például éppen pénzfeldobással, de vannak erre a célra produktívabb eljárásaink is. Ha a cél csak annyi, hogy abból, amit csinálunk, teljesen hiányozzon az értelem, azt el tudjuk érni. Azt a néhány milliárd éves és minden pillanatban rengeteg új változattal kísérletező folyamatot azonban, ahogy az élet és a gondolkodás stabilitásra alkalmas formái kialakultak, nem tudjuk végigjátszatni. Ha netán mégis sikerülne, akkor sem lenne semmi garancia arra, hogy éppen a mi értelmünkhöz hasonló értelem jöjjön létre.

A mesterséges evolúció kísérletei a természetes evolúció legtöbb alapmechanizmusát akaratlanul is saját szándékaink figyelembe vételével szimulálják. A szimuláció környezetének felállításában mindenképpen szerepet kap saját értelmünk, valamilyen formában megjelennek céljaink, terveink, elképzeléseink a szelekció irányáról vagy a mutációk szerkezetéről (mint az EU-RISKO metaheurisztikáinak esetében). Végül már nem is lehet tudni, hogy az egész rendszerben mi szimuláció, mi a szimuláció szimulálása stb. Olyan helyzet alakul ki, mint amikor a hadgyakorlaton a csapat egy folyóhoz ér, és a hídon egy nagy táblát talál: „A híd fel van robbantva”. A víz azonban hideg és nedves, ezért a csapat mégis elindul a hídon. Ezt látván a gyakorlat parancsnoka dühösen a hídhoz siet, és látja, hogy a csapat egy nagy tábla alatt menetel: „Úszva megyünk”.

18. A vonatkoztatási rendszerek váltogatása

Gödel, Escher, Bach című könyvében Hofstadter jónéhány analógiával illusztrálja Gödel tételét, ezek egyike egy lemezjátszóról szól. Képzeljük el, hogy rafinált rontópál készít egy lemezt, amelynek hatására a lemezjátszó olyan hangrezgéseket kelt, amik szanaszét rázzák magát a lemezjátszót, még mielőtt a lemez végére érne. Ez egy gödeli lemez az adott gramofon számára, de ez még nem Gödel tételének a lényege.

A következő logikus lépés, hogy a lemezjátszót gyártó cég egy idő után megúnja az állandó reklamációkat, és — kerül amibe kerül — kifejleszt egy olyan szuperlemezjátszót, amely saját beépített intelligenciájával védekezik a gonosz, ártó lemezek ellen. Amikor feltesznek egy lemezt, a szupergramofon először is alaposan megvizsgálja azt, ellenőrzi, hogy nem fog-e olyan rezgéseket okozni, amik szétrázzák őt, és ha igen, akkor egy kicsit átszereli magát, hogy megváltozzanak az érzékeny frekvenciái és mégse tudja a lemez tönkre tenni: kidudorodásokat növeszt, esetleg néhány alkatrészét átrendezi. Remélhetnénk, hogy ez a szuperlemezjátszó már igazán képes lesz minden lemezt lejátszani elejétől végéig, rendeltetésének megfelelően.

Gödel tétele azt állítja, hogy reményünkben mindenképpen csalódnunk: ha valaki pontosan ismeri a szuperlemezjátszó szerkezetét, tervrajzát, és eléggé okos, akkor ehhez a géphez is tud olyan lemezt készíteni, amelyet az nem képes lejátszani. A lemezjátszó összevissza szerelgetheti magát, de csak nem játssza le a lemezt. Gödel tétele lényegében azt garantálja, hogy akár-milyen szuperlemezjátszóhoz készíthető olyan szabályszerű, igazi hangokat kódoló lemez, amelynek bemutatásával jogos a reklamáció, hogy a lemezjátszó elromlott. Ugyanakkor egy közönséges hagyományos lemezjátszó esetleg minden további nélkül lejátszsa ezt a szuperravas lemezt, élvezhetjük a barázdáiban rejtőző melódiákat.

A különféle szuperlemezjátszókat kicselező lemezek gyártása ugyancsak ezoterikus elfoglaltságnak tűnhet. A gyártás technológiáját Gödel tételének

bizonyítási módszere készen adja, de ahogy a rontó lemez gyakorlati jelentősége nagyon csekély, ugyanúgy a Gödel tételét bizonyító állítás sem különösebben izgalmas önmagában. (Mindegy, hogy állításról vagy kérdésről beszélünk, hiszen a gödeli formulát felfoghatjuk a rendszeren belül se nem bizonyítható, se nem cáfolható — jóllehet egyértelműen megfogalmazható — állításként vagy megválaszolhatatlan kérdésként is.)

A Gödel tételét bizonyító konkrét formális állítás jelentése, értelme mindössze annyi, hogy „én nem vagyok bizonyítható a szóban forgó rendszerben”. Ha egy szuperravas lemezt lejátszunk egy másik gramofonon, kiderülhet, hogy kizárólag csak azt kántálja, hogy „én nem vagyok lejátszható azon a szuperlemezjátszón”. De az is elképzelhető, hogy valójában ennél sokkal mélyebb harmóniakat, igazi tartalmas zenét tartalmaz. Ez csak úgy dönthető el, ha meghallgatjuk egy olyan lemezjátszón, amely képes lejátszani őt. Nincs más mód: a 14. fejezetben láttuk, hogy nem létezik olyan formális (gépi) eljárás, aminek segítségével mindig biztosan eldönthetnénk, hogy egy kérdés gödeli vagy sem. A gödeli kérdések tehát nagyon sokféle formát ölthetnek. Lehetséges, hogy egy állítás azon kívül, hogy történetesen gödeli, még valami más szempontból nagyon fontos egyéb igazságot is kifejez; lehetséges, hogy egy lemez azon kívül, hogy történetesen nem játszható le a szuperlemezjátszón, valami más szempontból nagyon jó zenét tartalmaz.

A gödeli kérdések gyakorisága

A matematika történetében az első gödeli megrázkódtatás több mint száz évvel Gödel tételének felfedezése előtt, 1823-ban következett be. Ebben az évben fedezte fel egymástól függetlenül Bolyai János és Nyikolaj Lobacsevszkij, hogy Euklidész híres párhuzamossági axiómája (miszerint egy síkban egy ponton át *csak egy* olyan egyenes húzható, amely párhuzamos egy másik adott egyenessel) a geometria többi axiómájához viszonyítva gödeli állítás. Bolyai és Lobacsevszkij készítettek egy olyan geometriai rendszert, amelyben a geometria összes többi axiómája éppúgy igaz, mint az euklideszi geometriában, de a párhuzamossági axióma nem érvényes: ebben a rendszerben egy síkban egy adott egyenessel egy ponton át *két* párhuzamos húzható. Az új geometriai rendszerben bebizonyítható a következő állítás: amennyiben az új rendszerben valahol ellentmondás lenne, akkor ebből le lehetne vezetni egy ellentmondást az euklideszi geometrián belül is. Ha az euklideszi geometria sohasem vezet ellentmondásra, akkor az újfajta sem.

Logikai eszközökkel tehát sehogyan sem dönthető el, hogy melyik geometria az „igazi”, melyik írja le a valódi világot.

Bolyai ezek szerint joggal mondhatta, hogy egy ténylegesen lehetséges „új, más világot” teremtett a semmiből, hiszen a matematika önmagában sohasem döntheti el, hogy melyik fajta geometria szól az igazi világról. Einstein relativitáselméletében (azaz egy matematikán kívüli, fizikai rendszerben) történetesen tényleg nem euklideszinek bizonyul a világ, így Bolyai és Lobacsevszkij műve nem csupán egy kínos logikai lehetőség maradt, hanem a világ mélyebb megismeréséhez nélkülözhetetlen eszköznek is bizonyult. A párhuzamosság axióma egy olyan lemez, amelyet az euklideszi lemezjátszó nem képes lejátszani, holott egy, a világ megismerése szempontjából nagyon érdekes melódiát tartalmaz. Ez a lemez nem pusztán arról énekel, hogy „én nem vagyok lejátszható”, olyannyira nem, hogy az emberiség legjobb matematikusai két és félezer éven keresztül elképzelni sem tudták, hogy lehet nem lejátszható; csakis a lemezjátszó reparálásával: bizonyítás keresésével foglalkoztak.

Amióta Gödel tételét ismerjük, tudatosan is mindig fel kell hogy legyünk készülve az ilyen lemezek felbukkanására. Valóban, a matematika területén azóta jónéhány problémáról kiderült, hogy eldönthetetlen; a leg híresebb ilyen az úgynevezett *kontinuumprobléma*. Ez abból indul ki, hogy bebizonyítható, hogy egy egyenes pontjai „többen vannak”, mint az egész számok, amennyiben sehogyan sem létesíthető közöttük kölcsönösen egyértelmű megfeleltetés. A kérdés az, hogy e kétfajta végtelen között léteznek-e közbülső végtelen nagyságrendek. Ez a kérdés is gödelinek bizonyult: sem az nem vezethet logikai ellentmondásra, ha azt feltételezzük, hogy léteznek közbülső fajta végtelenek, sem az, ha azt tesszük fel, hogy nincsenek. Pontosabban: vagy mindkét feltételezés ellentmondásra vezet (és akkor a teljes matematikánk is), vagy egyik sem.

A matematika történetében eddig összesen legfeljebb néhány tízmilliónyi olyan probléma merülhetett fel, amit komolyabb vizsgálatra érdemesnek tartottak. (Ez a matematikai könyvek és folyóiratok összmenyisége alapján becsülhető meg.) A matematika kérdésfeltevései általában szigorúan egymásra épülnek, és felvetésüket többnyire az indokolja, hogy intuíciónk szerint megoldhatónak kell lenniük: a matematika problémái is jól szerkesztett tudományos kérdések. Ha ezek között is több tucatnyi gödelinek bizonyult, akkor a gödeli problémák nem lehetnek nagyon ritkák: reális veszély, hogy értelmünk lépten-nyomon találkozik ilyen kérdésekkel.

* * *

Vajon hány gödeli kérdést vethet fel a természet, amely jól bevált genetikai trükkjeivel (a mutációkkal, a crossing overrel, az inverziókkal stb.) igazi nagyüzemben termeli milliárdszámra az élet újabb és újabb lehetséges variációit? A kérdésfeltevés első pillantásra még a gondolatokat megtestesítő génszerűségekre, a mémekre vonatkoztatva is abszurdnak látszik, pedig a legklasszikusabb biológiai diszciplinák keretén belül is értelmesnek bizonyul.

Hofstadter a lemezjátszós példát szinte szóról szóra át tudta vinni a molekuláris biológia alapmechanizmusaira is. A lemezjátszónak a sejt felel meg, ami elvileg különféle DNS-fonalak reprodukálására képes a maga rafinált mechanizmusaival. A hanglemezek szerepét a DNS-fonalak játsszák, a hangok (mint a levegő rezgései) szerepét pedig azok a proteinek, amelyek a DNS alapján szintetizálódnak. Ezek a fehérjék alkalmasint ugyanúgy tönkretetik magát a sejtet, mint a hangrezgések a lemezjátszót. Az analógia némileg idealizált molekuláris biológiai mechanizmusokra vonatkozik, de ezek lényegesen kevésbé rugaszkodnak el a tényleges folyamatoktól, mint amennyire a példabeli idealizált lemezjátszó az igazítól. Szinte bizonyos, hogy a tényleges biológiai önreprodukciós folyamat valóban tartalmazza azokat az absztrakt jelenségeket, amelyek már elégségesek ahhoz, hogy Gödel tétele bebizonyítható legyen. Eszerint Hofstadter jogosan fogalmazhatja meg a „molekuláris biológia Gödel-tételét”

„Minden sejthez létezik olyan DNS-fonal, amely ha bekerül a sejtbe, az átírási folyamatok során olyan proteinek létrehozását okozza, amelyek szétrombolják magát a sejtet, és így azt eredményezik, hogy ez a sejt mégsem reprodukálja ezt a DNS-t.”

Az eredmény kétségtelenül frappáns, de valószínű, hogy a molekuláris biológusokat csak kevésbé kápráztatja el. Ők enélkül is nagyon jól tudják, hogy léteznek ilyen DNS-fonalak; éppen elég bajt okoznak például retrovírusok formájában. Legfeljebb az lehet újdonság számukra, hogy az ilyen jelenségek létezése nem különös balszerencséből vagy a természet gonoszságából fakad, hanem az önreprodukciós mechanizmus szükségszerű velejárója. De ettől még ugyanolyan nehéz megtalálni ellenük a védekezés módját. Számunkra viszont azért érdekes, hogy a természet rendre létrehoz a gödeli mechanizmust megtestesítő életképes lényeket, mert ez is mutatja, hogy Gödel tétele nemcsak valamiféle gondolatainkban megkonstruált elméleti furcsaság, hanem nagyon is gyakorlati, a természetben is előforduló jelenségekről szól.

Gödel tételének egzakt matematikai megfogalmazásában szerepel néhány technikai feltétel: túlzottan egyszerű axiómarendszerek esetében a tétel

nem mindig érvényes. Ezek a technikai feltételek lényegében ezt fogalmaz-
zák meg: az axiómarendszernek ki kell fejeznie azt, hogy az egész számok
sora végtelen, hogy mindegyik egész szám után következik egy másik, min-
den korábbtól különböző. Gödel bizonyításából kiderül, hogy ha ez a feltétel
fennáll, akkor már minden esetben megfogalmazhatók az axiómarendszer ke-
retein belül olyan állítások, amelyek más állítások igaz vagy hamis voltáról
szólnak, és ezek közül némelyik se nem bizonyítható, se nem cáfolható.

Nagyon informálisan fogalmazva a Gödel tétel érvényességének felté-
tele az, hogy az axiómarendszer eléggé „sokatmondó”, „erős” legyen ahhoz,
hogy önmagáról is képes legyen beszélni. Ezért használható a lemezjátszós,
illetve a molekuláris biológiai analógia: a lemezjátszó illetve a sejt elvileg
formalizált eszközökkel leírható módon hoz létre hangokat illetve fehérjé-
ket, amelyek viszont visszahatnak magára a lemezjátszóra, illetve a sejtre
is; alkalmasint tönkretelhetik. Az egyre bonyolultabb szuperlemezjátszók és
az azokat rendre elrontó lemezek emlékeztetnek napjaink egyik legabszur-
dabb jelenségére, a fegyverkezési versenyre: az áthatolhatatlan pajzsok és az
azokon könnyedén áthatoló lövedékek egymást követő generációira. A me-
chanizmus alapja ugyanaz.

A gödeli analógia alapján megállapíthatjuk azt is, hogy a szélsőséges
totális eszmék nemcsak morálisan kétségesek, hanem önmagukban is ellent-
mondásosak: elképzelhetetlen olyan pontosan meghatározott (tehát lénye-
gében formális) eszme, amelynek keretében minden ember boldoggá tehető.
Ahogy minden lemezjátszóhoz vannak olyan teljesen normális (más lemez-
játszóval tökéletesen lejátszható és értelmes melódiát adó) lemezek, ame-
lyek azzal a lemezjátszóval nem játszhatók le, ugyanúgy minden teljesen
formálisan meghatározott társadalmi rendszerben is vannak olyan tökélete-
sen normális emberek, akiket az a rendszer nem enged kibontakozni. Kicsit
fellengzősen így is fogalmazhatunk: a történelemnek nincs megoldása. A tár-
sadalmi rendszer kérdésének ugyanúgy nem létezhet teljes egyetértést ígérő
eszmei kerete, mint ahogy az evolúció eredményes vizsgálatához is a végső
megoldást ígérő fogalmi keretek elhagyásán keresztül vezetett az út.

Alighanem az is gödeli kérdés, hogy elvileg megvalósítható-e a mestersé-
ges intelligencia. Stanislaw Lem Kiberiádájának egyik szép meséjében Trurl,
a zseniális mérnök Tökéletes Tanácsost épít a gonosz Mandarion királynak,
aki a Tanácsost először is arra használja, hogy Trurlt jogszerűen kidobhassa
a jutalom kifizetése nélkül. Trurl reménytelen helyzetbe kerül: saját maga
építette tökéletes értelemmel szemben kell valahogyan elérnie, hogy a király
mégiscsak kifizesse jutalmát. A Tanácsos minden trükkön átlát, minden ak-
ciótól megvédi a királyt. Trurl mégis sikerrel jár. Ártatlan üdvözlő lapokat

küld a Tanácsosnak, amelyekben nincsen semmi rejtjel, semmi gonoszság. Hosszas munka után a Tökéletes Tanácsos ugyan rájön, hogy az üdvözletekben éppen az az ármány, hogy nem tartalmaznak semmiféle rejtett kódot, de a király ezt nem hiszi el neki, összeesküvést szimatol és a biztonság kedvéért az utolsó csavarig szétszedeti a Tanácsost. Így aztán védtelen marad Trurl támadásával szemben, végül kénytelen fizetni. Trurl így foglalja össze a történeteket: „Tökéletes értelmet kellett megingatnom, tehát rajta kívül álló szilárd pontot kerestem, és ez a butaság volt.”

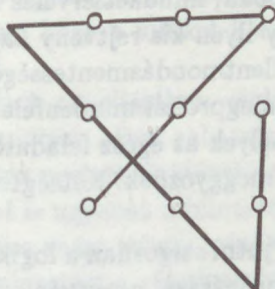
Gödel tétele lassanként hétköznapi gondolkodásunkban is általános, gyakran felbukkanó metaforává válik, követve a tudomány sok más alapvető eredményét, az energiamegmaradástól a relativitásig, az evolúciótól a munkaerő áruvá válásáig. A gödeli kérdés fogalma is életképes mémnek bizonyulhat, mert a világ bizonyos fajta igazságait a korábbiaknál sokkal általánosabban érvényes szinten fejezi ki. Mémként persze folyton alakul, változik. Veszíthet eredeti tudományos egzaktágából, viszont a megismerés és a gondolkodás új lehetőségeivel gazdagíthatja mindennapi életünket is. Hozzásegít, hogy mélyebben megértsük, miért alapvető jellemzője gondolkodásunknak a vonatkoztatási rendszerek változtatása.

A változtatás nehézségei

Az 5. fejezetben láttuk, hogy Gödel tételét a következő módon is megfogalmazhatjuk: Ha minden igazságra nyitottak akarunk maradni logikánkkal, akkor a rendszerek változtatása szükségszerű. A lemezjátszós analógia keretében ezt így is mondhatjuk: Ha minden melódia meghallgatására nyitottak akarunk maradni, a lemezjátszók változtatása szükségszerű. Élő környezetünk is arra kényszerít bennünket, hogy ilyen változtatási képességeket tartsunk fenn magunkban. Ha lenne a környezetünknek olyan vonatkozása, amely iránt végérvényesen érzéketlenek vagyunk, akkor a természet a maga nagyüzemi próbálgatási trükkjeivel előbb-utóbb létrehozna valami olyan fajtát, ami éppen ezt az érzéketlenségünket használja életteréül. Szerencsés esetben ez csak kicsit lenne nekünk kellemetlen, mint a kutyának a bolhája, pechesebb esetben fennmaradásunkat is veszélyeztethetné.

Mindennapi gondolkodásunkban időnként annyira könnyedén változtatjuk meg a vonatkoztatási rendszert, hogy alig tudunk nyomára jutni, hol is csúsztak el a dolgok. Máskor meg reménytelenül bennragadunk egy gondolatmenet keretei között, és nagyon nehezen tudunk más nézőpontot találni. Erre példa a nulladik fejezet R9-es rejtvénye, ami egyfajta kreativitásteszt

jellegetes típusfeladata. A legtöbb ember eleinte a kilenc pont által meghatározott négyzetben belül keresi a megoldást, de ilyen megoldás nincs. Éppen azért jól szerkesztett ez a rejtvény, mert nagyon finoman, szinte észrevétlenül sugall egy téves vonatkoztatási rendszert. Akinek felvillan, hogy azt senki sem mondta, hogy az egyenesek nem lóghatnak ki ebből a négyzetből, és a feladat vonatkoztatási rendszerét kiterjeszti az egész papírra, az hamarosan megtalálja a megoldást:



A kreativitás az új, eredeti és értékes produktumok létrehozásának képessége. Mindennapos tapasztalatunk, hogy ez az adottság bizonyos emberekben inkább megvan, mint másokban, és mégis a kreativitás egyike a legnehezebben megfogható pszichológiai fogalmaknak. Tökéletesen működik rá az a Murphy-törvény, miszerint akinek van egy órája, az mindig tudja, mennyi az idő; akinek két órája van, az sohasem lehet egészen biztos benne. Ahányféleképpen próbálták mérni a kreativitást, annyiféle eredményt kaptak, mindegyik teszt más és más embereket mutatott erősen kreatívnak. A kreativitásnak csak egyik, talán nem is legfontosabb eleme a vonatkoztatási rendszerek flexibilis váltogatása, ugyanennyire fontos komponensének bizonyult az adott vonatkoztatási rendszer következetes használatának képessége is.

A váltogatás könnyedsége

A Nulladik fejezet R10-es rejtvényében viszont éppen az okozza a nehézséget, hogy olyan könnyedén siklunk át egyik vonatkoztatási rendszerből a másikba, mint amilyen észrevétlen Escher képein a madarak metamorfózisa halakká vagy hüllőkké. A rejtvényben szereplő mindkét érv nagyon meggyőzően hangzik: tényleg minden kérdésre ugyanazt válaszolják a zavarosfejúek, mint a tisztafejúek, és tényleg mást válaszolnak arra a kérdésre, hogy „te milyen vagy?” Valóban, mindkét érvelés hibátlan. De akkor hol az ellentmondás; aligha épp egy ilyen kis rejtvény kapcsán fog megdőlni több ezer éves hitünk a logika ellentmondásmentességében. A legtöbb ember a rejtvény megfejtése közben megpróbál mindenféle kibúvót is találni, különféle „kreatív” trükköket, amelyek az egész feladatot érvényteleníthetnék, de közben érzi, hogy ezek nem meggyőzőek. Kétségtelenül igazi jól szerkesztett rejtvénnel állunk szemben.

A megoldáshoz el lehet jutni szigorúan a logika útján is, hiszen az összes lehetőség szisztematikus kipróbálása, a rejtvény összes szavának gondos ellenőrzése során egyetlen lehetőség marad az ellentmondás feloldására. A legtöbb embernek azonban nem így, hanem valahogy egyszerre, hirtelen villan be a megfejtés, ahogy változtatja figyelmét a kétféle egymásnak ellentmondó és egyformán logikus gondolatmenet között: *Ugyanaz egyáltalán a kérdés, ha két különböző embernek tesszük fel?* Persze hogy nem: ha a zavarosfejűt kérdezzük, hogy „te tisztafejú vagy-e”, akkor a kérdés az illető zavarosfejűre vonatkozik. Ha a tisztafejűtől kérdezzük ugyanezt, akkor az a kérdés már őrá vonatkozik. Nem ugyanaz tehát a két kérdés, hiszen nem ugyanarról az emberről szól — nem csoda, ha a válasz sem ugyanaz.

A megfejtés frappánsan egyszerű, mégis a rejtvény nehéz; alkalmasint a tíz rejtvény közül a legnehezebb. Mindennapi gondolkodásunkban időnként annyira természetes módon változtatjuk a vonatkoztatási rendszereket, hogy nem is tudatosodik, fel sem tűnik, hogy ezt tettük. Kusza hierarchiáinkban észre sem vesszük, hogy mikor gondolkozunk éppen metaszintra és mikor csúszunk egy konkrétabb szintre vagy esetleg egy még magasabb metaszintra. A rejtvény eleinte azt sugallja, hogy a logika nevű metaszintről nézzük a dolgokat, és az orrunk előtt vált vonatkoztatási rendszert úgy, hogy ezt nem vesszük észre: ha két egyformán értelmes és szintisztán logikusan gondolkodó embertől megkérdezzük, hogy „te nullás vércsoportú vagy?”, eszünkbe sem jut meglepődni, ha nem ugyanazt a választ kapjuk. Itt már nem a logika univerzalitása a vonatkoztatási rendszer, hanem a mindennapi dolgok sokfélesége.

A szintek változtatása gondolkodásunkban nem öncélú: ez az eszköz nélkülözhetetlen a dolgok logikájának követéséhez. Nézzük például a következő igazán hétköznapi helyzetet. Valakinek letörött a szemüvege szára, de szerencséjére éppen meglát az utcán egy nagy táblát: „Szemüvegjavítás megvárható”. Megkönnyebbülve bemegy, és nyújtja az ókulárét, de nem veszik el tőle, hanem közlik, hogy ők nem foglalkoznak ilyesmivel. Amikor emberünk reklamál, hogy akkor miért van hatalmas betűkkel kiírva, ezt a választ kapja: Ja, mi cégtáblákat készítünk. Ha a természet már a legalapvetőbb molekuláris biológiai szinteken is képes gödéli mechanizmusokat produkálni, akkor nem csodálkozhatunk azon, hogy a minket körülvevő világ bonyolult kusza hierarchiákba rendeződik.

Jorge Luis Borges egyik novellájában végképp összekuszálódnak a vonatkoztatási rendszerek szintjei: „Egy rabszolga ellopott egy vörös sorsjegyet, amellyel a sörshúzáson nyelvének kiegészítését nyerte. A törvények értelmében a sorsjegytolvajokat is ugyanez a büntetés illette. Egyes babilóniaiak úgy vélekedtek, hogy a tüzes vasat tolvaji minőségében érdemelte ki, mások nagylelkűen úgy, hogy a büntetést a véletlen akarta...”

A mémek túlélőgépei

A mém fogalmára egzakt definíciót nem adtunk, csak a génekkel való analógiát emeltük ki. A gének konkrét anyagi alkotó elemeiről sokkal többet tudunk, mégsem sikerült eddig a gén fogalmára sem olyan definíciót adni, aminek alapján a mikro- és makroszintű genetikai jelenségek egységesen kezelhetők. Általában azt a definíciót fogadják el, hogy a gén a DNS-fonalnak az a része, amely egy fehérjemolekulát kódol. Ez a definíció azonban a klasszikus genetika, a különféle testi (és esetleg lelki) tulajdonságok kialakulásának és öröklődésének kutatásában nem sokat segít. Ráadásul még ez a definíció sem teljesen egyértelmű. Az így értelmezett gének időnként átfedik egymást a DNS-fonalban: az egyik gén végszakasza egyben egy másik gén kezdete is lehet, sőt némelyik vírusnál még olyan jelenségre is bukkantak, hogy egy gén teljes egészében tartalmazhat egy másik gént. Ez az úgynevezett „gén-a-génben” jelenség azt jelenti, hogy a tartalmazott gén leolvasása más fázisban történik, mint a tartalmazóé, és így ugyanaz a DNS-szakasz egyszerre kétféle egészen különböző fehérjét is kódolhat. Ismét egy példa a vonatkoztatási rendszer spontán változására már a molekuláris biológia szintjén.

Azok a biológusok, akik magasabb szintű jelenségeket kívánnak tanulmányozni, másfajta, lágyabb géndefiníciót használnak. Például Dawkins ezt: „A gén a kromoszóma anyagának bármely olyan része, amely potenciálisan elég sok nemzedéken át fennmarad ahhoz, hogy a természetes szelekció egységeként szolgáljon.” Más szóval: önmaga másolatait nagy pontossággal, de időnként variációkkal létrehozni képes replikátor. Ezen a szinten már a biológusok sem veszik közvetlenül figyelembe a molekuláris szintű tényeket, jóllehet csak olyan magasszintű elmélettel hajlandók foglalkozni, ami ezekkel nincs ellentmondásban. A szociobiológia nem metasztípe a mikrobiológiának, vizsgálatának tárgyai a gének által épített túlélőgépek, mint önálló egészek tulajdonságai.

Ahogy az egyes élőlényeket tekinthetjük génjeik bonyolult túlélőgépeinek, úgy tekinthetjük az emberi gondolkodás vonatkoztatási rendszereit, magasszintű gondolkodási sémáit a mémek bonyolult túlélőgépeinek. Azok a mémek fognak a leginkább életképesnek bizonyulni, amelyek jól működő rendszerekbe képesek összeszerveződni. Ahogy a bonyolult génkomplexumok kialakítják különféle szerveinket, hogy saját fennmaradásuk esélyeit javítsák, úgy alakítják ki a bonyolult mémkomplexumok általános, magasszintű sémáinkat.

Az előző fejezetben hangsúlyoztuk, hogy mennyire mély hasonlóság található a mém és a séma fogalma között. Ezzel együtt, lényeges különbségek is észlelhetők. A sémát roppant általánosnak képzeltük, olyannak, mint ami magában foglalja gondolkodásunk összes egységét az egészen egyszerű fogalmaktól a legmagasabb szintű heurisztikáig. Ha közöttük léteznek velünk születettek, azokat aligha tekinthetjük mémeknek, hiszen az ilyenek a mémek életterét alkotó környezet, gondolkodásunk elengedhetetlen elemei, nem replikátorok. Másrészt sémafogalmunknak, mint a 15. fejezetben láttuk, nagy mértékben megfelelhetnek. Minél inkább általános pszichológiai realitásnak tekinthető egy magasszintű séma, annál kevésbé tekinthető mémnek vagy mémkomplexumnak: az ösztönöket vagy az *általános* mintázatérzékelő sémát valószínűleg nem mémek alakítják ki, a racionalitás vagy a misztikus omnijektivitás sémáját viszont már alighanem igen.

Ez az utóbbi két magasszintű általános metaséma nagyon stabilnak és életképesnek bizonyult. Talán azért is lehetnek ennyire életképesek, mert kevés és egymással szorosan kapcsolódó mém alkotja őket, másfelől viszont nagyon sok más mémrel jól együtt tudnak működni. Nemigen dönthető el, hogy például az omnijektivitás sémáját egy mém alkotja vagy több, de akik elérték a megvilágosodás állapotát, azok számára ez a séma nemhogy sok, de az összes egyéb sémával tökéletesen együttműködik. Hasonlóképpen

a racionalitás sémája is nagyon sok egyéb séma működését hangolja össze, gyakran akaratlanul és tudattalanul is, mint például a racionalizálási vagy az intellektualizálási mechanizmusok működése során.

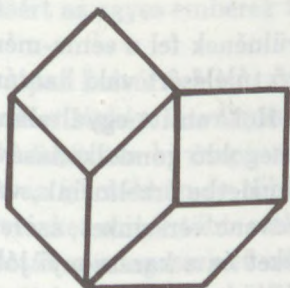
A racionalitás metasémája az egyes sémák jelentése közötti logikai el-
lentmondásokat szűri ki. Jelenlegi ismereteink alapján nemigen dönthető el,
hogy itt egy formális logikára alapuló vagy valamiféle, a dolgok logikáját
követő egyéb típusú mechanizmus működik. Ha ez a mechanizmus a formális
logika alapján dolgozik, akkor is valószínű, hogy nem használja a formális
logika teljes fegyvertárát: a szillogizmusok nagy részét nem érezzük termé-
szetesnek vagy egyenesen hibásan használjuk. De az is elképzelhető, hogy
racionális gondolkodásunk egyáltalán nem a formális logika elvei alapján
működik, hanem valahogy másképp, például a reprezentativitás vagy a hoz-
záférhetőség heurisztika valamilyen formája szerint. Közelebbi ismereteink
meglehetősen hiányosak ezekről a mechanizmusokról, de az 1. fejezetben
említett eredmények, valamint a mentális modellekről és a valószínűségérzé-
kelési heurisztikákról szóló kísérletek alapján ez az elképzelés sem zárható ki.
De ha a formális logika összes alapszillogizmusa alkotná a racionalitás me-
tasémáját, akkor is mindössze mintegy féltucatnyi mém együtteséből össze-
állhat ez a magasszintű séma.

Nagy kérdés, hogy mitől függhet, hogy a mémek inkább misztikus, in-
kább racionális vagy esetleg valami másféle (például művészi) metasémák
formájában építik fel magasszintű túlélőgépeiket. Elképzelhető az is, hogy
ezek a magasszintű sémák maguk is egyszerűen mémek: küzdenek a túlélésükért úgy, hogy minél több ember mémjeinek akarnak metasémái lenni.
A racionalitás mémje (vagy mémkomplexuma) életképességét talán egysze-
rűségének és általános érvényességének köszönheti: a racionális érvelés ép-
pen formális jellege miatt nem ad olyan sokféle értelmezésre lehetőséget,
mint másfajta okfejtések, így ez a mém van a legkevésbé kitéve annak, hogy
változatai, mutációi komoly vetélytársaivá váljanak. A racionalitás mémje
különösen stabil tud lenni. Ugyanakkor ez a mém egy nagyságrenddel ke-
vesebb séma koordinálását teszi lehetővé, mint más, nem racionális alapú
elvek, például az omnijektivitás sémája vagy az egyes szakmák nagymeste-
reinek egyéni magasszintű sémái. A művészetek is igen nagy komplexitás
összehangolását teszik lehetővé.

A sémák versengése

Minden sémánk egyfajta vonatkoztatási rendszer. Amikor egy bizonyos séma kerül figyelmünk középpontjába, ennek a sémának az egyéb sémákhoz fűződő kapcsolatai határozzák meg azt, hogy mi jut legkönnyebben eszünkbe. A rövid távú memóriába egyszerre nem csak egy séma tud bekerülni, de nagyon sok sem: körülbelül hét darab. Egy séma túlélési lehetőségét az biztosítja, ha minél többször figyelembe vesszük őt, ha minél gyakrabban sikerül bekerülnie az RTM-be. Annak, hogy más emberrel valamilyen formában közöljük a sémát és így megadjuk neki az önreprodukció esélyét, szintén feltétele az, hogy bejusson az RTM-be. A kognitív pszichológia számos modellje arra az elképzelésre épül, hogy a sémák folyamatosan versengenek figyelmünkért. Az ezen alapuló elméletek keretében gondolkodásunk sok paradoxnak látszó jelensége egységesen értelmezhető. Ilyen modellek segítségével például jól megmagyarázhatók azok az ismert jelenségek, amikor kétértelmű képek nézésekor gyakran váltogatunk a kétféle értelmezés között, de amikor éppen az egyik módon értjük a képet, nehezünkre esik elképzelni, hogy hogyan is érthettük az imént másképpen.





12
A 13 C
14

Az ábrák képei a sémák vetélkedését illusztrálják. Az első rajzot első ránézésre az emberek kb. 65%-a szép fiatal lánynak, a maradék 35% pedig csúnya öregasszonynak látja. Ha azonban e rajz bemutatása előtt néhány egyértelműen öregasszonyt ábrázoló képet mutatunk, akkor szinte mindenki öregasszonyt lát első ránézésre a kétértelmű képen is. Fiatal lányok képei után pedig mindenki fiatal lánynak látja. A második rajz motívumát Victor Vasarely jónéhány képén alkalmazta. Itt is állandóan változik a véleményünk, hogy a rajz melyik része mutat domború illetve homorú felületet. A harmadik példa a magasabb szintű sémák meghatározó szerepét mutatja: a középső jelet aszerint értjük B betűnek vagy 13-as számnak, hogy a sorok vagy az oszlopok kontextusában nézzük.

A kismillió már említett sémafogalom mellett szinte észrevétlenül bevezettünk egy újabbat: a vonatkoztatási rendszert. Ez a kifejezés sem jelent semmi lényegi változást, csak a sémáknak egy másik oldalát emeli ki:

azt, hogy a meglevő és egymással figyelmünkért versengő sémák gondolkodásunk kereteit, a lehetséges levonható következtetéseket és a kitalálható gondolatokat, a létrejöhető új sémákat is meghatározzák. Ez főleg akkor sokatmondó szempont, amikor a magasszintű sémákat vizsgáljuk, mint vonatkoztatási rendszereket. Az 5. fejezetben a Gödel-tétel informális átfogalmazásakor ezt a kifejezést úgy használtuk, mintha teljes axiómarendszereket jelentene: ezek változtatgatása elkerülhetetlen, ha minden igazságra nyitottak akarunk maradni. Ám az axiómarendszerek, az éppen elfogadott alapigazságok együttese is magasszintű sémák, amelyek küzdenek a túlélésért, egy ember gondolkodásán belül is és az emberek között is, hogy minél több ember gondolkodásában legyenek jelen.

Aligha akad olyan ember, akiben ne merülnének fel a séma-mémek kegyetlen és minden mélyebb értelmet nélkülöző túlélésért való harcának látán olyan kérdések, hogy „És hol vagyok én? Hol van itt egyáltalán az ember, a maga tudatos és célirányos problémamegoldó gondolkodásával? Hogyan férnek bele ebbe az elembertelenített elméletbe érzelmeink, vágyaink, örömeink és bánataink?” Nehéz elképzelni kedvenc verseinket, szeretetteink szavajárását, a szomszéddal való perlekedéseket és a karácsonyi jókívánságokat, mint túlélni kívánó mémek önző akcióit.

Szó sincs arról, hogy mindezt csak így lehetne látni, ha egyszer a tudomány ilyennek látja. A megismerésnek sokféle eszköze van, és ezek közül csak az egyik a tudomány. A megismerés hétköznapi szintjén a versek és a karácsonyi jókívánságok megmaradnak annak, amik: életünket színesebbé, tartalmasabbá tevő kifejezési eszközök. A metaszintű megismerési módok közül is csak az egyik a tudomány. A sémák versengése jelenik meg a világirodalom szinte minden konfliktusában, tépelődő hőséiben. Mégis komikus lenne Hamlet nagymonológját a túlélésükért küzdő mémek viadalaként elemezni. A különféle metaszintű megismerési módok változathatók ugyan, de nem vegyíthetők, mint ahogy még a tudományon belül sem működik a különféle paradigmák egyszerű összefésülése az interdiszciplinaritás jelszavával.

A világképek versengése

A művészet is, a misztikus gondolkodás is és a tudomány is olyan általános és következetes vonatkoztatási rendszer, ami lehetőséget ad a legnagyobb elérhető komplexitás, a nagymesteri szint sok tízezer bonyolult sémájának összehangolására. Mivel a nagymesteri szint elérése hosszú időt vesz igénybe, ezeket a megismerési módokat legalábbis nagymesteri szinten lényegében egymást kizáróknak tekinthetjük: ezek a mémkomplexumok is versengenek egymással a túlélésért. Mesterjelölt szinten akár mindegyik is jelen lehet gondolkodásunkban, folytathatják állandó küzdelmüket a fennmaradásért az egyes emberek fejében és az emberiség teljes mémkészletében is.

Európai kultúránkban az utóbbi néhány évszázadban a természettudományos világkép látványos fejlődést eredményezett, így ez a gondolkodásmód alakította ki magának a legjobb túlélési esélyeket. Elsősorban ezt tanítjuk az iskolákban és többnyire erre építünk, ha úgy akarunk érvelni, hogy érveinket minél több ember elfogadja. A tudomány átütő sikerei megváltoztatták a magasszintű sémák túlélési esélyeit, és még nem tudható, hogy az új helyzetben a különféle világképek milyen ESS-ben kerülhetnek egyensúlyba. Ezzel együtt sok jel mutat arra, hogy a kialakuló ESS-ben ha különböző arányban is, de továbbra is nagyon sokféle magasszintű vonatkoztatási rendszer, sokféle világnézet lesz jelen.

A természettudományos világkép talán egyik legnagyobb teljesítménye, hogy rá tudott világítani saját korlátaira is. A tudomány alkalmasnak bizonyult arra is, hogy saját racionális keretei között eredményesen vizsgálja az emberi gondolkodás irracionális tulajdonságait is. Johnson-Laird írja *Mentális modellek* című könyvében: „Persze hogy lehetnek a természetfölöttinek, a moralitásnak, a képzeletnek olyan aspektusai, amelyeket nem lehet számítógépes modell formájában megfogalmazni. De ezek a lehetőségek mindörökké megmagyarázhatatlanok maradnak. Minden tudományos elmélet köteles úgy kezelni a tudatot, mintha egy automata gép lenne.” Lehet, hogy ezzel a hozzáállással a tudomány sok érdekes és létező dolog megismerésétől örökre elzárkózik, de nem tehet mást: alapjaikban különböző vonatkoztatási rendszerek nem vegyíthetők.

Ráadásul a természettudományos világképhez többnyire egy annak ke-
retein belül nem igazolható hit is hozzájárul, hogy igazából ezzel a szemlélet-
tel semmi létező dologtól nem zárja el magát. Mint Heisenberg leírja, Niels
Bohrnak volt egy kifejezetten ilyen vitákra tartogatott története: „Szomszéd-
dunk Tisvildejében egy nap lópatkót szögezett az ajtajára. Megkérdezte egy

közös ismerős: 'Hát te tényleg babonás vagy? Igazán azt hiszed, hogy a lópatkó szerencsét hoz?' — Mire a szomszéd: 'Dehogyan, mit képzelsz. Csak hát úgy mondják, akkor is segít, ha valaki nem hisz benne.'

A kifejezés eszközei

A racionális gondolkodás szigorúan adott formájú következtetések segítségével vezeti le egymásból állításait; ez az egyetlen eszköze mondanivalójának kifejezésére. A vonatkoztatási rendszert tapasztalati megfigyeléseken alapuló egyértelmű axiómákkal határozza meg. Ha netán gödeli kérdéssel találkozunk, akkor megkísérel olyan új megfigyeléseket végezni, amelyek alapján az axiómarendszer úgy módosítható, hogy annak keretében már ez a kérdés is levezethető legyen. A tisztán racionális gondolkodás csakis a kiindulás szintjén, az axiómák, a teljes vonatkoztatási rendszer megváltoztatásával tud reagálni arra, ha valamilyen okból gödeli kérdéssel kell foglalkoznia. Erre pedig szükségszerűen rendszeresen sor kerül, mivel láttuk, hogy gyakran előfordulnak olyan érdekes, fontos igazságok, amelyeket egy adott rendszer keretében meg lehet fogalmazni, de nem lehet bebizonyítani.

A misztikus gondolkodás szerint fogalmak, megkülönböztetések, egyáltalán: axiómák, így többes számban, nem léteznek, a világ tökéletes harmonikus egységet alkot. A misztikus gondolkodás, a racionális gondolkodással szöges ellentétben, a gödeli kérdések felmerülésére csakis a legmagasabb szinten, a világ egységének hangsúlyozásával reagál. Abban, hogy lépten-nyomon találkozunk ilyen problémákkal, hitének igazolását látja: maga a kérdés volt hibás, mégpedig éppen azért, mert kérdés, amire a válasz csak megkülönböztetés, kategorizálás lehet. A misztikus gondolkodás számára a gödeli tulajdonságok kiemelése a legkülönbözőbb helyzetekben a kifejezés eszköze lehet. Ennek a kifejezésmódnak jellegzetes termékei a Zen-koanok.

A miszticizmus európai formái, amelyek nem szakítanak teljes mértékben a logikus gondolkodásnak ebben a kultúrkörben különösen erős hagyományaival, többnyire panteizmushoz vezetnek; Istent azonosítják a világgal és nem ismerik el természetfelettinek. Érvelésükben viszont a formális logika szabályaihoz alkalmazkodnak, jóllehet többnyire nem következetesen. Nem is lehetnek következtetések, mivel a racionalitás objektív nyelvén nem fejezhető ki az a mélyen szubjektív élmény, ami minden miszticizmus alapja, és amelynek végső formája (és célja) a megvilágosodás.

Hétköznapi érveléseinkben csak a legritkább esetben vagyunk a formális logika szigorú előírásai szerint teljesen következtetések. Körülbelül egy

nagyságrenddel nagyobb komplexitás megértésére vagyunk képesek, mint amit tisztán a racionalitás eszközeivel el tudunk mondani, így gondolatainkat sokkal pontosabban ki tudjuk fejezni, ha nem csak a formális logika eszközeit használjuk. Egyéni stíluselemekkel, képes megfogalmazásokkal sőt asszociációs lóúgrásokkal is bőven operálunk, hacsak nem tudományos közleményt írunk. Mégis számíthatunk rá, hogy megértik, amit mondunk, mert a megértés aktív folyamat, a közölt dolgok rekonstrukciója a meglévő sémák segítségével. Egyrészt nincs két ember, aki ugyanúgy értené ugyanazt, mivel minden ember fejében más és más sémák versengenek, másféle magasszintű sémákba szerveződve. Másrészt viszont a sémák túlélése azt jelenti, hogy van valami olyan állandó magjuk, lényegük, ami a pontatlan reprodukció és a folyamatos módosulások során is megmarad. Ezért lehetséges mégis, hogy a másik ember megérti mondandónkat. Mi magunk sem fejeznénk ki ugyanazt kétszer ugyanúgy, mivel sémáink, amik alapján mondanivalónk összeáll, maguk is állandóan módosulnak. Ahogy nem léphetünk kétszer ugyanabba a folyóba, ugyanúgy nem tudjuk kétszer ugyanazt a gondolatot gondolni.

Az intuíció sémáink kusza hierarchiáinak, a túlélésért folytatott állandó versengésüknek eredménye. A sémák harca a túlélésért akkor is állandóan folyik, ha nem veszünk róla tudomást. Sőt, az intuíció többnyire nem tudatos folyamatok révén jön létre. Minden emberben másféle sémák élnek, és ezek is állandóan módosulnak, új sémák születnek, mások pedig elfelejtődnek vagy teljesen átalakulnak. Sémáink kusza hierarchiái, egymásnak is ellentmondó együttesei azonban ugyanúgy összeállhatnak magasabb szinten értelmes egységekké, mint ahogy az egyszám-játékban is láttuk, hogy a sok játékos együttes gondolkodása magasabb szinten értelmes együttest, ESS-t alkotott. Talán ezt a magasszintű spontán szerveződést nevezzük észjárásnak; ezért mondhattuk, hogy ahány ember, annyi észjárás.

A racionalitás, a logika a megismerés lassú módja, amely minden pillanatban tudásunknak, intuíciónknak csak egy kicsi, de nagyon egyértelmű részét képes kifejezni. A tudományok eredményei azonban azt mutatják, hogy a módszer ugyan lassú, de hatékony: így is ki tudnak alakulni azok a bonyolultabb sémák, amelyek segítségével vonatkoztatási rendszerünk lassan megváltozik, és az így nyert mélyebb megértés még mélyebb intuíciókat tesz lehetővé a világ igazságairól. A racionális megismerés állandó velejárója az a feszültség, hogy többet tudunk, mint amit ki tudunk fejezni, mint amit az a tudunk bizonyítani. Cserébe viszont meglehetősen biztosak lehetünk abban, hogy amit mondunk, az helytálló, feltéve, hogy a kiindulási axiómák valóban a világ igazságait fejezik ki.

A misztikus mester is többet tud, mint amennyit ki tud fejezni. Tudását egy mély, meghatározó élmény alapozza meg, amelyről eleve tudja, hogy a megkülönböztetés eszközeivel, a szavakkal garantáltan nem érzékeltethető. Más kifejezési módok középutak a racionalitás és a miszticizmus között, de ezekben sem kerülhető el a vonatkoztatási rendszerek váltogatása. A jól meghatározott keret és annak tudatos szétfeszítése egyaránt a kifejezés eszköze.

A végső gödeli kérdések

Gödel tételének felismerésével a tudomány rájött, hogy akármilyen kereteket, axiómarendszereket alakít ki magának, mindig lesznek olyan igazságok, amelyek az adott kereteken belül nem bizonyíthatók be. Mindig is hit vagy legalábbis intuíció kérdése marad tehát, hogy az a tudományos rendszer, amivel éppen dolgozunk, valóban alkalmas-e mindazoknak a kérdéseknek a megoldására, amelyek vizsgálatára létrehoztuk. Ebből azonban még nem következik, hogy létezik a világnak olyan igazsága, amit ne lehetne megérteni a tudomány valamiféle alkalmasan megválasztott rendszere segítségével.

A lemezjátszós hasonlat a maga metaforikus módján élesebben megvilágíthatja mondanivalónkat. Ha a világ *igaz* állításait (legyenek akár anyagiak, akár szellemiek, sőt akár transzcendentálisak) melódiáknak fogjuk fel, akkor a tudomány hite az, hogy minden melódiához készíthető olyan lemezjátszó és ahhoz olyan lemez, hogy ez a melódia bármikor meghallgatható legyen. A tudományos megértés alatt azt értjük, hogy sikerül ilyen lemezjátszót és lemezt találni a szóban forgó melódiához, azaz igazsághoz. A lemezjátszó készítésének jól meghatározott keretei vannak: a gramofon a dolog természeténél fogva egy gép, egyfajta automata, amit a logika törvényeinek engedelmeskedő alkatrészekből kell összerakni úgy, hogy a gép akárhány tökéletesen azonosan működő példányban létrehozható legyen. Ami nem ilyen, az nem lemezjátszó. A kérdés pedig az, hogy létezhet-e valamiféle olyan melódia, a szférák zenéje, az angyalok kórusa vagy a szirének dala, amihez nem lehet olyan lemezjátszót és hozzá olyan lemezt készíteni, amelyek segítségével ez a melódia bármikor lejátszatható.

A felsorolt példák közül különösen a szférák zenéje érdekes. Ez a fogalom Püthagorasz elképzeléseinek, mondhatnánk így: mémjeinek évezredekken keresztül életképesnek bizonyult darabkája, jóllehet megváltozott értelemben, egyfajta mutáns formában. A kifejezés onnan ered, hogy Püthagorasz

világképe szerint a csillagok átlátszó gömbökhöz (*sphaerae*) vannak rögzítve, amely szférák a tengelyük körül forognak és így mozgatják a csillagokat. A gyorsan mozgó égitestek hangokat adnak ki, amelyek ereje, magassága és hangszíne a mozgás gyorsaságától, a test minőségétől és a test körüli közegtől függ. Ezek a hangok Püthagorasz elképzelése szerint egy egységes, mély harmóniában olvadnak össze. Ez lenne a szférák zenéje — nos, ha ez valóban létezik, készíthető-e olyan lemezjátszó és lemez, amellyel ezt a melódiát meghallgathatjuk?

A természettudományos világkép azon a hiten alapul, hogy minden létező melódiához készíthető annak lejátszására alkalmas lemezjátszó és lemez. Ám ha netán kiderülne, hogy nem ez a helyzet, az sem tenné semmivel sem kevésbé értékesé a tudomány módszereit és eredményeit: a lemezjátszókat és a lemezeken kódolt szép és igaz melódiákat.

Ha egy lemezjátszó szerkezete adott, akkor Gödel tétele garantálja, hogy létezik olyan melódia, amelyhez nem lehet lemezt készíteni: minden lemez vagy más melódiát ad, vagy a gép nem tudja lejátszani. A tudomány tehát a lemezjátszók örök váltogatására van ítélve, de ez még nem zárja ki, hogy minden melódiához előbb vagy utóbb megtalálja a megfelelő lemezjátszót és a hozzá való lemezt. De nem is biztosítja semmi sem ezt a lehetőséget. Eljutottunk a végső gödeli kérdésekhez, amelyek a tudomány eszközeivel, a tapasztalati megfigyelések és a logika segítségével nem dönthetők el. A szélsőséges misztikus gondolkodás keretében ezek nem gödeli kérdések, hanem nem kérdések. Ha lényegében csak egyetlen melódia létezik, akkor maga a lemezjátszó intézménye értelmetlen: ezt a melódiát csak belülről lehet meghallani.

Ugyanakkor a tudomány a természet jónéhány olyan működését tette érthetővé, sőt mesterségesen befolyásolhatóvá, amelyek megértésére más, például a vallásos vagy misztikus világképek keretében egyáltalán nincs mód. A tudomány eredményeinek hatására a nem tudományos világképek is módosultak. A tudomány segítségével megérthetjük azt is, hogy a világképek versengése során kialakuló evolúciósan stabil stratégiában miért van helye oly sokféle gondolkodásmódnak. A mémek, akár a gének, roppant találékonyság a túlélésüket biztosító élettér felfedezésében és az ennek megfelelő túlélőgépek építésében. Az emberiség túléléséhez nemcsak a világ megismerése szükséges. Más szempontok is felmerülnek, például saját belső harmóniánk megteremtése, és ehhez másfajta megismerési módok hatékonyabb segítséget adhatnak.

A sémák túlélésért folytatott harcának egyik eszköze a nyílt konfrontáció, a vita. A világszemléletek közötti viták ezért elkerülhetetlenek, másrészt

viszont végtelenek, mivel legtöbbször olyan kérdésekről szólnak, amelyek gödeliek abban a gondolatkörben, amit mindkét szemlélet egyaránt elfogad, aminek alapján meggyőzés egyáltalán elképzelhető. Az is előfordul, hogy a vitakérdés mindkét rendszerben gödeli, de a két világszemlélet szerinti intuíciók ellentétes választ sugallnak. A viták azonban akkor sem feltétlenül értelmetlenek, ha gödeli kérdésekről szólnak, és így egyik szemlélet sem győzheti meg helyességéről a másikat. A vonatkoztatási rendszerek váltogatása szükségszerű, és inspirációt adhat saját rendszerünk kérdéseinek tisztázásához is.

Az, hogy egy vita gödeli kérdésekről szól, csak annyit jelent, hogy logikai érvekkel nem dönthető el. Ettől még fennáll, hogy valamelyik fél a világ egy igazságát állítja, a másik pedig téved. Bronislaw Malinowski *Baloma* című könyvében leírja, hogy a Trobriand szigeteken élő bennszülöttek hite szerint a gyereket a baloma istenség adja; a fiziológiai apaságról semmiféle fogalmuk nincs. Misztikus hiedelmük „az emberi élet eredetének rendezett és önmagában teljes, bár nem mindig következetes elméletét nyújtja. (...) Hogy próbára tegyem hitük erősségét, néha a nemzés igazabb fiziológiai tanának határozott és agresszív ügyvédjeként léptem fel. Az ilyen vitákban a bennszülöttek nemcsak a most említettekhez hasonló pozitív példákat mondtak el asszonyokról, akiknek gyermekeik voltak anélkül, hogy valaha élvezték volna a közösülést, hanem ugyanolyan meggyőző negatív tényekre is utaltak, azaz arra a sok esetre, amelyben a hajadon nő sűrűn közösül, mégis gyermeke.” Sem Malinowskinak nem sikerült meggyőzni a bennszülötteket a fiziológiai apaságról, sem azoknak Malinowskit arról, hogy a gyereket a baloma adja. Kétségtelen, hogy ebben az esetben Malinowski állított igazságot, de azon a szűkebb vonatkoztatási rendszeren belül, amelyet mind a két fél egyaránt elfogadott, a kérdés gödeli volt. Az intuíciók pedig mást sugtak: a bennszülöttek sorolták a meggyőző példákat olyan híresen csúnya nőkről, akikkel nyilvánvalóan nem hált soha senki, és mégis volt gyerekük; Malinowski pedig tudományos ismeretei alapján tudta, amit tudott. A vita eldöntésére nem volt eszközük.

A mi kultúránkban a tudomány kivívta magának azt a tekintélyt, hogy a módszereivel bebizonyított eredményeket akkor is elfogadjuk igazságoknak, ha hétköznapi intuíciónknak ellentmondanak. A tudomány eredményei analógiák, metaforák formájában beépülnek mindennapi gondolkodásunkba, és az így keletkező sémák kitűnően helytállnak a túlélésért folytatott harcban. A végső gödeli kérdéseket azonban a tudomány nem oldhatja meg. A tudományos világkép csak egyike az életképes magasszintű vonatkoztatási rendszereknek.

Irodalom

Ez az irodalomjegyzék nem a teljesség igényével készült. Azokat a műveket tartalmazza, amelyek közvetlenül hatottak a jelen könyvre. Ezek mindegyikére sorszám szerinti utalás található a név- és tárgymutatóban; a szövegben szerző és cím szerint nem említettek is.

- [1] *Anderson, J. R.* (1983). *The architecture of cognition*. Harvard University Press.
- [2] *Anderson, J. R.* (1984). *Cognitive Psychology*. *Artificial Intelligence* 23. 1–11.o.
- [3] *Atkinson, R. L., Atkinson, R. C., Hülgaard, E. R.* (1983). *Introduction to psychology*. Harcourt Brace Jovanovich, Inc.
- [4] *Bancroft, A.* (1979). *Zen: direct pointing to reality*. Thames and Hudson.
- [5] *Barash, D. P.* (1980). *Szociobiológia és viselkedés*. Natúra, Budapest.
- [6] *Baron-Cohen, S.* (1988). "Without a theory of mind one cannot participate in a conversation." *Cognition* 28. 83–84.o.
- [7] *Barr, A., Feigenbaum, E. A.* (szerk., 1981, 1982). *The handbook of artificial intelligence* Vol. 1–2. Pitman.
- [8] *Bartlett, F. C.* (1985). *Az emlékezés*. Gondolat Kiadó.
- [9] *Berliner, H. J.* (1980). *Backgammon computer program beats world champion*. *Artificial Intelligence* 14. 205–220.o.
- [10] *Berliner, H., Ebeling, C.* (1986). *The SUPREM architecture: a new intelligent paradigm*. *Artificial Intelligence* 28. 3–8.o.
- [11] *Berne, E.* (1984). *Emberi játszmák*. Gondolat Kiadó.
- [12] *Bever, T. G., Carroll, J. M., Müller, G. A.* (1984). *Talking minds: The study of language in the cognitive sciences*. MIT Press.
- [13] *Block, N.* (1974). *Why do mirrors reverse right/left and not up/down?* *Journal of Philosophy* 259–277.o.
- [14] *Bobrow, D. G., Collins, A.* (szerk., 1975) *Representation and understanding — Studies in cognitive science*. Academic Press.
- [15] *Buchanan, B., Duda, R. O.* (1983). *Principles of rule-based expert systems*. *Advances in Computers* 22. 163–216.o.
- [16] *Buchanan, B., Shortliffe, E.* (szerk., 1984). *Rule-based expert systems: The MYCIN experiments of the Stanford heuristic programming project*. Addison-Wesley.

- [17] *Capra, F.* (1975). The Tao of physics. Shambhala Publications.
- [18] *Cavalli-Sforza, L. L., Feldman, M., W.* (1981). Cultural transmission and evolution. A quantitative approach. Princeton University Press.
- [19] *Cerf, V.* (1973). Parry encounters the Doctor. *Datamation*, 62-64.o.
- [20] *Cermak, L. S., Craik, F. I. M.* (szerk., 1979). Levels of processing in human memory. Erlbaum.
- [21] *Charness, N.* (1981). Search in chess: Age and skill differences. *Journal of Experimental Psychology* 7. 467-476.o.
- [22] *Charniak, E., McDermott, D.* (1985). Introduction to artificial intelligence. Addison-Wesley.
- [23] *Cherniak, C.* (1986). Minimal Rationality. The MIT Press.
- [24] *Cherniak, C.* (1988). Undebuggability and computer science. *Communications of the ACM* 31. 402-412.o.
- [25] *Cohen, P. R., Feigenbaum, E. A.* (1982). The handbook of artificial intelligence Vol. 3. Pitman.
- [26] *Colby, K. M., Weber, S., Hilf, F. D.* (1971). Artificial paranoia. *Artificial Intelligence* 2. 1-25.o.
- [27] *Copi, I. M., Gould, J. A.* (1985). Kortárs-tanulmányok a logikaelmélet kérdéseiről. Gondolat Kiadó.
- [28] *Csányi V.* (1979). Az evolúció általános elmélete. Akadémiai Kiadó.
- [29] *Czigler I.* (szerk., 1981.) A tanulás és az emlékezés pszichológiája. Szöveggyűjtemény II. Egységes jegyzet, Tankönyvkiadó.
- [30] *Dawkins, R.* (1982). The extended phenotype. Freeman.
- [31] *Dawkins, R.* (1986). Az önző gén. Gondolat Kiadó.
- [32] *De Gelder, B.* (1987). On not having a theory of mind. *Cognition* 27. 285-290.o.
- [33] *De Groot, A.* (1965). Thought and choice in chess. Mouton, Den Haag.
- [34] *Doyle, J.* (1983). What is rational psychology? Toward a modern mental philosophy. *AI Magazine* 4. 50-53.o.
- [35] *Doyle, J.* (1988). Big problems for AI. *AI Magazine* 9. 19-22.o.
- [36] *Dreyfus, H. L.* (1972). What computers can't do. Harper and Row.
- [37] *Dreyfus, H. L., Dreyfus, S. E.* (1986). Mind over machine. The Free Press.
- [38] *Élő, Á. E.* (1978). The rating of chessplayers. Arco, New York.
- [39] *Engländer T.* (1979). Bevezetés a leíró döntésméletbe. ÉVM Továbbképző Központja, Budapest.
- [40] *Enomiyama-Lassalle, H. M., S.J.* (1960). Zen — Weg zur Erleuchtung. Herder, Wien.
- [41] *Ericsson, K. A., Chase, W. G., Faloan, S.* (1980). Acquisition of a memory skill. *Science* 208. 1181-1182.o.
- [42] *Eysenck, M. W.* (1984). A handbook of cognitive psychology. Erlbaum.
- [43] *Feigenbaum, E. A., Feldman, J.* (szerk., 1963). Computers and thought. McGraw Hill.
- [44] *Foss, B. M.* (szerk., 1972). Új távlatok a pszichológiában. Gondolat Kiadó.
- [45] *Freud, S.* (1986). Bevezetés a pszichoanalízisbe. Gondolat Kiadó.
- [46] *Frey, P. W.* (1978). Chess skill in man and machine. Springer Verlag.
- [47] *Gardner, H.* (1985). Frames of mind. Heinemann, London.

- [48] *Garma C. C. Chuang* (1974). *Teachings of Tibetan Yoga*. Citadel Press.
- [49] *Gentner, G., Stevens, A.* (szerk., 1983). *Mental models*. Erlbaum.
- [50] *Gevarter, W. B.* (1985). *Intelligent machines*. Prentice-Hall.
- [51] *Goldman, A. I.* (1986). *Epistemology and Cognition*. Harvard University Press.
- [52] *Gregory, R. L.* (1980). *Az értelmes szem*. Gondolat Kiadó.
- [53] *Groner, R., Groner, M., Bishof, W. F.* (szerk., 1983). *Methods of heuristics*. Erlbaum.
- [54] *Hadamard, J.* (1945). *The psychology of invention in the mathematical field*. Dover.
- [55] *Hayes-Roth, F., Waterman, D. A., Lenat, D. B.* (1983). *Building expert systems*. Addison-Wesley.
- [56] *Heiser, J. F., Colby, K. M., Faught, W. S., Parkinson, R. C.* (1979). Can psychiatrists distinguish a computer simulation of paranoia from the real thing? *Journal of Psychiatric Research* 15. 149-162.o.
- [57] *Hidi, S., Baird, W.* (1986). Interestingness — A neglected variable in discourse processing. *Cognitive Sciences* 10. 179-194.o.
- [58] *Hügar, E. R.* (1968). *The experience of hypnosis*. Harcourt, Brace and World Inc.
- [59] *Hofstadter, D. R.* (1979). *Gödel, Escher, Bach*. Basic Books.
- [60] *Hofstadter, D. R.* (1985). *Metamagical Themas*. Basic Books.
- [61] *Hofstadter, D. R., Dennett, D. C.* (1981). *The mind's I*. Basic Books.
- [62] *Hogarth, R. M.* (1980). *Judgement and choice*. Wiley and Sons.
- [63] *Holding, D. H.* (1985). *The psychology of chess skill*. Erlbaum.
- [64] *Hookway, C.* (szerk., 1985). *Mind, machine and evolution*. Cambridge University Press.
- [65] *Horváth Gy.* (1984). *A tartalmas gondolkodás*. Tankönyvkiadó.
- [66] *Indurkha, B.* (1987). Approximate semantic transference: A computational theory of metaphors and analogies. *Cognitive Science* 11. 445-480.o.
- [67] *Jánossy F.* (1975). *A gazdasági fejlődés trendvonaláról*. Magvető Kiadó.
- [68] *Johnson-Laird, P. N.* (1983). *Mental models*. Cambridge University Press.
- [69] *Johnson-Laird, P. N., Steedman, M. J.* (1978). The psychology of syllogisms. *Cognitive Psychology* 10. 64-99.o.
- [70] *Johnson-Laird, P. N., Wason, P. C.* (szerk., 1977). *Thinking: Readings in cognitive science*. Cambridge University Press.
- [71] *Kahneman, D., Slovic, P., Tversky, A.* (szerk., 1982). *Judgement under uncertainty: Heuristics and biases*. Cambridge University Press.
- [72] *Kara Gy.* (szerk., 1986). *A köztes lét könyvei*. Európa Könyvkiadó.
- [73] *Karácsony S.* (1939). *A magyar észjárás*. Exodus kiadás.
- [74] *Kleene, W., Kleene, M.* (1987). *A logika fejlődése*. Gondolat Kiadó.
- [75] *Kolata, G.* (1982). How can computers get common sense. *Science* 217. 1237-1238.o.
- [76] *Kónya A.* (1980). *A tanulás és az emlékezés pszichológiája*. Szöveggyűjtemény. Egységes jegyzet, Tankönyvkiadó.

- [77] *Kotovsky, K., Hayes, J. R., Simon, H. A.* (1985). Why are some problems hard? Evidence from the tower of Hanoi. *Cognitive Psychology* 17. 248-294.o.
- [78] *Kovács P. A.* (1987). Sakkprogramozásról mindenkinek. NOVOTRADE RT., Budapest.
- [79] *Kuhn, T.* (1984). A tudományos forradalmak szerkezete. Gondolat Kiadó.
- [80] *Kun E.* (1966). A rejtvény. Gondolat Kiadó.
- [81] *Kunda, Z., Nisbett, R. E.* (1986). The psychometrics of everyday life. *Cognitive Psychology* 18. 195-224.o.
- [82] *Laird, J. E., Newell, A., Rosenbloom, P. S.* (1987). SOAR: An architecture for general intelligence. *Artificial Intelligence* 33. 1-64.o.
- [83] *Landauer, T. K.* (1986). How much do people remember? Some estimates of the quantity of learned information in long term memory. *Cognitive Science* 10. 477-493.o.
- [84] *Langley, P.* (1977). Rediscovering physics with BACON.3 in: Proc. 6th IJCAI, Cambridge, Mass. 505-507.o.
- [85] *Larkin, J. H., Simon, H. A.* (1987). Why a diagram is (sometimes) worth 10,000 words. *Cognitive Science* 11. 65-99.o.
- [86] *Lénárd F.* (1978). A problémamegoldó gondolkodás. Akadémiai Kiadó.
- [87] *Lenat, D. B.* (1982, 1983). The nature of heuristics. I.-III. *Artificial Intelligence* 19. 189-249.o.; 21. 31-59.o.; 21. 61-98.o.
- [88] *Lenat, D. B., Brown, J. S.* (1984). Why AM and EURISKO appear to work. *Artificial Intelligence* 25. 269-294.o.
- [89] *Lindsay, P. H., Norman, D. A.* (1972). Human information processing. Academic Press.
- [90] *Loftus, E. F.* (1980). Memory. Addison-Wesley.
- [91] *Lovász L., Gács P.* (1978). Algoritmusok. Műszaki Könyvkiadó.
- [92] *Lumsden, C. J., Wilson, E. O.* (1981). Genes, mind and culture. Harvard University Press.
- [93] *Lurija, A. L.* (1975). Válogatott tanulmányok. Gondolat Kiadó.
- [94] *Maynard-Smith, J.* (1982). Evolution and the theory of games. Cambridge University press.
- [95] *Meehan, J. R.* (1978). The metanovel: Writing stories by computer. Ph.D. theses, Yale University.
- [96] *Mérő L.* (1983). Experiments with tree-pruning strategies. *Computers and artificial intelligence* 2. 19-33.o.
- [97] *Mérő L.* (1984). Heurisztikus eljárások a mesterséges intelligenciában. *Pszichológia* 4. 241-259.o.
- [98] *Mérő L.* (1984). A heuristic search algorithm with modifiable estimate. *Artificial intelligence* 23. 13-27.o.
- [99] *Mérő L.* (1986). The 'least number wins' game on a large sample. Proc 10th International Conference of the PME, London. 457-462.o.
- [100] *Mérő L.* (1987). Miért mélyebb a go játék, mint a sakk? A korrelációs együttható egy újabb értelmezése. Magyar Pszichológiai Társaság VIII. Országos tudományos konferenciája, Budapest. 42.o.

- [101] Mészáros I. (1984). Hipnózis. Medicina Kiadó.
- [102] Michie, D. (1986). On machine intelligence. Ellis Horwood.
- [103] Müller, G. A. (1956). The magic number seven — plus or minus two. *Psychological Review* 63. 81–98.o.
- [104] Müller, G. A., Gildea, P. (1987). How children learn words. *Scientific American* 257. 94–99.o.
- [105] Minsky, M. (szerk., 1968). Semantic information processing. The MIT Press.
- [106] Monod, J. (1971). Chance and necessity. Vintage Books.
- [107] Motley, M. T. (1985). Nyelvbőlások. *Tudomány* 1. 88–93.o.
- [108] Naylor, C. (1983). Build your own expert system. Sigma Technical Press.
- [109] Neisser, U. (1984). Megismerés és valóság. Gondolat Kiadó.
- [110] Neumann J. (1964). A számológép és az agy. Gondolat Kiadó.
- [111] Neumann, J., Morgenstern, O. (1947). Theory of games and economic behavior. Princeton University Press.
- [112] Newborn, M. M. (1978). Recent progress in computer chess. *Advances in Computers* 18. 59–117.o.
- [113] Newell, A., Simon, H. A. (1972). Human problem solving. Prentice-Hall.
- [114] Nievergelt, J., Farrar, J. C., Reingold, E. M. (1977). Matematikai problémák megoldásainak számítógépes módszerei. Műszaki Kiadó.
- [115] Nilsson, N. J. (1980). Principles of artificial intelligence. Tioga Publishing Company.
- [116] Nisbett, R., Ross, L. (1980). Human Inference. Prentice-Hall.
- [117] Norman, D. A. (1980). Post-Freudian slips. *Psychology Today* 43–48.o.
- [118] Orne, M. T. (1959). The nature of hypnosys: Artifact and essence. *The Journal of Abnormal and Social Psych.* 277–299.o.
- [119] Papert, S. (1988). Észrengés. A gyereki gondolkodás titkos útjai. SZÁMALK, Budapest.
- [120] Pauker, S., Gorry, G., Cassirer, J., Schwarz, W. (1976). Toward the simulation of clinical cognition: Taking a present illness by computer. *American Journal of Medicine* 60. 981–996.o.
- [121] Pearl, J. (1984). Heuristics. Addison-Wesley.
- [122] Pearl, J. (1988). Embracing causality in default reasoning. *Artificial Intelligence* 35. 259–271.o.
- [123] Peat, F. D. (1987). Synchronicity: The bridge between matter and mind. Bantam Books.
- [124] Piaget, J. (1978). Szimbólumképzés a gyerekkorban. Gondolat Kiadó.
- [125] Pléh Cs. (1986). A szövegszerkezet és az emlékezeti sémák. Akadémiai Kiadó.
- [126] Pólya Gy. (1977). A gondolkodás iskolája. Gondolat Kiadó.
- [127] Pushkin, V. N. (1972). Problems of heuristics. Israel program for scientific translations, Jerusalem.
- [128] Pylyshyn, Z. (1984). Computation and cognition: Toward a foundation for cognitive science. MIT Press.

- [129] *Reitman, J. S.* (1976). Skilled perception in GO: Deducing memory structures from inter-response times. *Cognitive Psychology* 8. 336–356.o.
- [130] *Reitman, J. S., Wilcoz, B.* (1979). Modeling tactical analysis and problem solving in GO. *Proc. 10th Annual Pittsburgh Conference*. 2133–2148.o.
- [131] *Resnick, L. B.* (1976). The nature of intelligence. *Erlbaum*.
- [132] *Reynolds, R. I.* (1982). Search heuristics of chess players of different calibers. *American Journal of Psychology* 95. 383–392.o.
- [133] *Rips, L.* (1983). Cognitive processes in reasoning. *Psychological Review* 90. 38–71.o.
- [134] *Rubinstein, Sz. L.* (1960). Gondolkodáslélektani vizsgálatok. Gondolat Kiadó.
- [135] *Russell, B.* (1976). Miszticizmus és logika. Magyar Helikon.
- [136] *Schank, R. C.* (1979). Interestingness: Controlling inferences. *Artificial Intelligence* 18. 273–297.o.
- [137] *Schank, R. C., Abelson, R. P.* (1977). Scripts, plans, goals, and understanding. *Erlbaum*.
- [138] *Searle, J.* (1980). Minds, brains and programs. *The Behavioral and Brain Sciences*. 3. 417–457.o. (és utána sok vitacikk).
- [139] *Sharkey, N. E.* (szerk., 1986). Advances in cognitive science. Ellis Horwood Ltd.
- [140] *Simon, H. A.* (1974). How big is a chunk? *Science* 183. 482–488.o.
- [141] *Simon, H. A.* (1980). Cognitive science: The newest science of the artificial. *Cognitive Science* 4. 33–46.o.
- [142] *Simon, H. A.* (1982). Korlátozott racionalitás. Közgazdasági és Jogi Kiadó.
- [143] *Simon, H. A.* (1983). Reason in human affairs. Stanford University Press.
- [144] *Simon, H. A., Chase, W. G.* (1973). Perception in chess. *Cognitive Psychology* 4. 55–81.o.
- [145] *Simon, H. A., Gilmartin, K. J.* (1973). A simulation of memory for chess positions. *Cognitive Psychology* 5. 29–46.o.
- [146] *Simon, H. A., Hayes, J. R.* (1976). The understanding process: Problem isomorphs. *Cognitive Psychology* 8. 165–190.o.
- [147] *Simons, G. L.* (1987). Szakértői rendszerek és mikrók. Műszaki Kiadó.
- [148] *Singleton, W. T., Hovden, J.* (szerk., 1987). Risk and decisions. Wiley and Sons.
- [149] *Smullyan, R.* (1983). 5000 B.C. St. Martin's Press, New York.
- [150] *Smullyan, R.* (1982). The Tao is silent. Knopf.
- [151] *Smullyan, R.* (1988). Mi a címe ennek a könyvnek? Műszaki Kiadó.
- [152] *Standing, L.* (1973). Learning 10,000 pictures. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 25. 207–222.o.
- [153] *Sternberg, R. J.* (1982). Handbook of human intelligence. Cambridge University Press.
- [154] *Suzuki, D. T.* (1957). Mysticism — Christian and Buddhist. Collier Books.
- [155] *Suzuki, D. T., Fromm, E., de Martino, R.* (1960). Zen Buddhism and psychoanalysis. Harper and Brothers.
- [156] *Szeberényi J.* (1982). Értem-e a molekuláris genetikát? *Natúra*, Budapest.
- [157] *Talbot, M.* (1981). Mysticism and the new physics. Bantam Books.

- [158] *Tulving, E.* (1983). Elements of episodic memory. Oxford University Press.
- [159] *Tyihomirov, O. K., Poznyanskaja, E. D.* (1966). An investigation of visual search as a means of analysing heuristics. *Soviet Psychology* 5. 2–15.o.
- [160] *Varga T.* (1966). Matematikai logika kezdőknek 1–2. Tankönyvkiadó.
- [161] *Vernon, P. E.* (1970). Creativity. *Penguin Modern Psychology Readings*.
- [162] *Vida G.* (szerk., 1981–1984). Evolúció I.–IV. Natura, Budapest.
- [163] *Watson, J. D.* (1980). A gén molekuláris biológiája. Medicina Kiadó.
- [164] *Webber, B. L., Nilsson, N. J.* (szerk., 1981). Readings in artificial intelligence. Tioga Publishing Company.
- [165] *Weizenbaum, J.* (1966, 1983). ELIZA — a computer program for the study of natural language communication between man and machine. *Communications of the ACM* 9. 36–45.o. Újranyomva: *Communications of the ACM* 26. 23–27.o.
- [166] *Weizenbaum, J.* (1976). Computer power and human reason. Freeman, San Francisco.
- [167] *Winograd, T.* (1972). Understanding natural language. Academic Press.
- [168] *Winograd, T.* (1980). Language as a cognitive process. Addison-Wesley.
- [169] *Winston, P. H.* (1984). Artificial intelligence. Prentice-Hall.
- [170] *Woodworth, R. S., Schlossberg, H.* (1986). Kísérleti pszichológia I–II. Akadémiai Kiadó.
- [171] *Woodrige, D.* (1968). The mechanical man — The physical basis of intelligent life. McGraw-Hill.
- [172] *Yngve, V. H.* (1973). A mélységhipotézis. in: Szépe Gy. (szerk.). A nyelvtudomány ma. Gondolat Kiadó.
- [173] *Zajonc, R. B.* (1980). Feeling and thinking: Preferences need no inferences. *American Psychologist* 35. 151–175.o.

A felhasznált idézetek forrásai

Az irodalomjegyzékben is szereplő művekre itt sorszám szerint hivatkozunk.

- 7.o. *Jorge Luis Borges*: Bábeli könyvtár. in: J. L. Borges: A titkos csoda. Európa Kiadó, Budapest, 1986. 110.o.
- 9.o. *Karinthy Frigyes*: Én és énke. Móra Könyvkiadó, Budapest, 1981. 54–55.o.
- 10.o. *József Attila*: Ha lelked, logikád... in: József A. összes versei, Szépirodalmi Könyvkiadó, 1966. 617.o.
- 10.o. *Franz Kafka*: A per / A kastély. Európa könyvkiadó, Budapest, 1984. 219.o.
- 10.o. *William Shakespeare*: Hamlet II. felv. 2. szín. in: Shakespeare összes művei, Európa Könyvkiadó, Budapest, 1964. I. köt. 260.o.
- 10.o. *Bertrand Russell* [135] 23.o.
- 10.o. *Ottlik Géza*: Próza. Magvető Kiadó, Budapest, 1980. 63–64.o.
- 10.o. *Niels Bohr*, idézi: Werner Heisenberg: A rész és az egész. Gondolat Kiadó, Budapest, 1978. 190.o.
- 11.o. *Borisz Paszternak*: Zsivago doktor. Árkádia, Budapest 1988. 280–281.o.
- 11.o. *Blaise Pascal*, idézi: Ottlik Géza, i.m. 210.o.
- 11.o. *Jules Renard*: Napló. Nagyvilág, 1968. 1550.o.
- 11.o. *Daisetz Teitsaro Suzuki*: Zen mind, beginner's mind. idézi: Farkas András: A valószínűség és a szekvencia tanulás kölcsönhatásakor jelentkező szimultán interferencia. Kandidátusi értekezés, 1987.
- 23.o. A táblázat adatainak forrása: Goldman [15] 296.o.
- 45.o. *Sz. L. Rubinstein*, idézi: Lénárd Ferenc [86] 179.o.
- 47.o. *Thomas Kuhn* [79] 63.o.
- 59.o. *Thomas Mann*: Doktor Faustus. Európa Kiadó, Budapest, 1967. 220.o.
- 64.o. *Sigmund Freud* [45] 146–147.o.
- 65.o. *Mumon Ekai*: A nincs kapu. Buddhista Misszió, Budapest, 1983. 64.o.
- 65.o. *Miklós P.* (szerk.): Kapujanincs átjáró. Helikon Kiadó, Budapest, 1987. 67.o.
- 94.o. *F. C. Bartlett* [8] 292–293.o.
- 95.o. *Horváth György* [65] 227.o.
- 95.o. *J. S. Bruner és L. Postman*, idézi: T. Kuhn [79] 93.o.
- 95.o. *Bertrand Russell*: Filozófiai fejlődésem. Gondolat Kiadó, Budapest, 1968. 176–177.o.

- 115.o. *P. Laplace*, idézi: Simonyi Károly: A fizika kultúrtörténete. Gondolat Kiadó, Budapest, 1978. 283.o.
- 118.o. *A. L. Lurija* [93] 250.o.
- 133.o. *Fülep Lajos*: Művészet és világnézet. Magvető Kiadó, Budapest, 1976. 624–625.o.
- 145.o. *Sören Kierkegaard*: Mozart Don Juanja. Magyar Helikon, 1972. 79.o.
- 147.o. *E. Berne* [11] 238.o.
- 147.o. *S. M. Ulam*: Adventures of a mathematician. Scribner, New York, 1976. 275.o.
- 147.o. *Karácsony Sándor* [73] 191.o. és 295.o.
- 148.o. *Turán Pál*, in: Nagy pillanatok a matematika történetében. Gondolat Kiadó, Budapest, 1981. 198.o. és 206.o.
- 161.o. *Jánossy Ferenc* [67] 139.o.
- 162.o. *David Levy*, idézi: N. E. Sharkey [139] 330.o.
- 164.o. *G. L. Simons* [147] 12.o., 15.o., 23.o.
- 175.o. *Marvin Minsky*, idézi: G. Kolata [75] 1238.o.
- 175.o. *D. R. Hofstadter* [59] 678.o.
- 179.o. *Rejtő Jenő*: Pipacs, a fenegyerek. in: Rejtő J. (P. Howard): Az elsikkasztott pénztáros, Albatrosz könyvek, Budapest, 1970. 244.o.
- 180.o. A mondat forrása: *D. R. Hofstadter* [60] 7.o.
- 184.o. *H. Simon* [142] 217–218.o.
- 184.o. *Kindler József*, Kiss István: Bevezető. in: *H. Simon* [142] 13.o.
- 189.o. *Arthur Rimbaud*: Delíriumok II. in: *A. Rimbaud* összes költői művei. Európa Kiadó, 1965. 247.o.
- 203.o. *R. Nisbett, L. Ross* [116] xii.o.
- 205.o. *Niels Bohr*, idézi: W. Heisenberg, i.m. 143.o.
- 206.o. *M. Talbot* [157] 2.o.
- 206.o. *Bertrand Russell* [135] 17–19.o.
- 207.o. *Weöres Sándor*: Csalóka Péter. in: *Weöres S.*: Egybegyűjtött frások. Magvető Kiadó, Budapest, 1975. 2. köt. 119.o.
- 208.o. *Miklós P.* (szerk.): Kapujanincs átjáró. Helikon Kiadó, Budapest, 1987. 128.o.
- 210.o. *Bertrand Russell* [135] 32–33.o.
- 215.o. *Mihail Bulgakov*: A Mester és Margarita. Európa Kiadó, Budapest, 1969. 308.o.
- 217.o. *R. Dawkins* [31] 110.o.
- 219.o. *R. Dawkins* [31] 241.o.
- 222.o. Füles XXVIII. évf. 21. szám, 1984. 9.o. — A pályázat eredményéről: XXVIII. évf. 31. szám, 1984. 15. o.
- 226.o. *D. R. Hofstadter* [60] 764–765.o.
- 234.o. *D. R. Hofstadter* [59] 536.o.
- 235.o. *Stanislaw Lem*: Kiberiáda. Európa Kiadó, 1971. 262.o.
- 239.o. *R. Dawkins* [31] 43.o.

239.o. *S. M. Ulam*, i.m. 294.o. nyomán

239.o. *Jorge Luis Borges*: A babilóniai sorsjáték. in: *J. L. Borges*, i.m. 96.o.

244.o. *P. N. Johnson-Laird* [68] 477.o.

245.o. *Niels Bohr*, idézi: *Werner Heisenberg*, i.m. 130.o.

249.o. *Bronislaw Malinowski*: *Baloma*. Gondolat Kiadó, Budapest, 1972. 170.o. és 173.o.

Köszönöm segítségét mindazoknak, akik e könyv létrejöttéhez szakmai, emberi, technikai, stiláris tanácsaikkal, megjegyzéseikkel, értelmes értetlenkedésükkel vagy az írással járó feszültségek elviselésével hozzájárultak. Így elsősorban feleségemnek, Kovácsházy Évának és kollégáimnak az ELTE Kísérleti Pszichológiai Tanszékén: Illyés Sándornak, Bányai Évának, Czigler Istvánnak, Vassy Zoltánnak, Greguss Csillának, Vágó Péternek, Horváth Róbertnek, Varga Katalinnak, Düll Andreának, Murányi Irénnek és Bokor Juditnak. Köszönöm Vámos Tibor, Bródy Ferenc, Csaba György, Gartner Éva, Herczeg János, Kovács Erika, Fekete István, Pléh Csaba, Barkóczi Ilona, Geier János, Vargha András, Kónya Anikó, Joó András, Andor Csaba, Síklaki István, valamint egyetemi speciáelőadásaim hallgatóinak értékes észrevételeit, reflexióit. Külön köszönöm a könyv lektorának, Vekerdi Lászlónak gondos munkáját és Fraller Ágnesnek a könyv első változatához fűzött sokszáz tényszerű, stiláris, néhol vitriolos megjegyzését.

Név- és tárgymutató

Az alábbi mutatóban az oldalszámok után zárójelben álló számok az irodalomjegyzékre utalva jelzik a felhasznált forrásmunkák sorszámaát.

A

- absztrakció 26-28, 129, 140, 153 [6, 51, 131]
absztrakt festészet 209
- játékok 222
- műveletek 202 [86, 124, 141]
- számítógép 159 [59, 91, 110, 114, 128]
Ady E. 109
afrikai országok aránya az ENSZ-ben 190 [70, 71]
akkomodáció 140-141 [89, 119, 124]
aktív folyamat 56 [52, 109, 123]
alaklélektan 93 [3, 44, 52]
álom 18-19, 29, 64, 206 [3, 45, 157]
álommunka 64 [45]
általános intelligencia 28, 173-175 [131, 153]
- következtető rendszer 164 [15, 16, 82, 108]
- mintázatterkékelés 194-201, 240 [12, 35, 85, 89, 143]
AM 80-84 [87, 88]
amatőr sakkjátszmákból vett állások 110 [33]
Ampère, A. M. 88 [151]
analitikus gondolkodás 132 [47, 86, 131]

- analógia 33-34, 89, 93, 180, 250 [32, 51, 66, 68, 131, 169]
anyanyelv 134, 140, 171, 180
a priori 149, 226
Arisztotelész 19, 77, 87, 133 [27, 74]
Arkhimédész 81
asszimiláció 140 [89, 119, 124]
asszociálás 45, 55, 246 [43, 47, 61]
axióma 115, 151, 183, 205, 245
- rendszer 186, 234-247
„az egész több mint a részek összege” 10, 58, 66, 93, 118 [44, 47, 49, 52, 109, 158]

B

- bábeli nyelvzavar 83
babona 196, 224, 245
Bach, J. S. 76, 78, 96 [59]
backgammon 174 [9]
BACON 79-80 [84, 141]
barokkos stílus 98
Bartlett, F. C. 94 [8]
Beatles 68, 96 [123]
bélyeges feladat 25 [68]
Berliner, H. J. 174 [9, 10]
Berne, E. 147 [11]
Block, N. 154 [13]
Bohr, N. 11, 205, 245
Bolyai J. 232-233

Borges, J. L. 7, 239

Botvinnik, M. M. 117 [46]

Buchanan, B. G. 166 [15]

buddhizmus 65–69, 89, 96, 152–155, 168,
208–212 [4, 40, 59, 72, 150, 154, 155]

Bulgakov, M. 215

„bűvös” hetes szám 99, 104, 110, 115 [76,
103, 140, 171]

Byron, G. G., lord 146

C

„Canon per Tonos” 78, 86 [59]

Capablanca, J. 117, 128 [46]

Casanova, G. 145–146

Church–Turing tézis 158–159, 180–182,
189 [27, 59, 74, 91]

Colby, K. 37 [26, 56]

csekkes feladat 23–26, 201 [51, 69, 70]

Csontváry Kosztka T. 134

csoportszelekció 217 [30, 162]

D

da Molina, Tirso 146

Darwin, Ch. 46, 58, 98, 215–219, 226

Dawkins, R. 217–221, 239 [30, 31]

deadlock 105 [59]

deskripció 56, 183

diktafon 8, 171, 175

diszsimulálás 29–30, 37–39 [118, 166]

diszharmónia 68 [123, 150]

Dobosy A. 65

DNS 150, 154, 234, 239 [59, 156, 163]

DOCTOR 36–38, 124, 157, 162 [19, 166]

dolgok logikája 17–19, 33, 89, 93, 179,
200–201, 226, 238, 241

Dollo, L. 58

Don Juan 146

Dreyfus, H. L. 131 [36, 37]

Dreyfus, S. E. 131 [37]

Duda, R. O. 166 [15]

E

„ebben a félévben így működik a vese”
139

Einstein, A. 207, 233

egyensúly 218 [30, 31, 60, 94, 111]

egyszám-játék 222–226, 246 [99]

életművész 146

ELIZA 34–39, 157, 162 [114, 165]

ellentmondásmentesség 19, 24, 77, 179,
237 [27, 43, 59, 74]

Élő Á. 159 [38]

Élő-pontszám 159–160, 168 [38, 46, 100]

első generációs paradigma 100

emlékezet – ld. memória

emléknyomok 118 [29, 47, 76, 158]

Encyclopaedia Britannica 96, 190 [60]

energiatörvény 53

Enomiya–Lassalle H. M. 67 [40]

epifenomén 28, 104–105, 198, 201, 203,
207, 226, 228 [51, 59, 60]

Ericsson K. A. 119 [41]

Escher, M. C. 76, 78, 86, 237 [59]

esőcsináló 67 [123]

ESS – ld. evolúciósan stabil stratégia

éter 99, 104

Euklidész 232

EURISKO 82–85, 123, 174, 227, 229 [87,
88]

evolúció 46, 215–228, 235 [28, 30, 31, 60,
64, 143, 162]

evolúciósan stabil stratégia (ESS) 218–
225, 246–248 [30, 31, 94, 162]

extenzív növekedés 161 [67, 104]

Ezopusz 41 [95, 153]

F

- fajszeklekcio 217 [30, 162]
 fegyverkezési verseny 235
 fehérjék 234–239 [59, 156, 163]
 fejlődés 216 [79]
 – trendvonala 159–163, 187 [67, 104, 112]
 felidézés 55
 felidézési kísérlet 107–113 [3, 29, 76, 129, 144]
 felidézhetőség 192 [71, 116]
 figura és háttér megkülönböztetése 212 [3, 59]
 Fischer, R. 128, 168 [46, 139]
 fitness érték 219 [92, 94]
 foglison 99, 100, 104
 fogalom 72–89 [47, 59, 61, 170]
 fogalomhierarchiák 74–89 [69, 60, 65, 105]
 fordítóprogram, számítógépnyelvekre 83 [59, 110]
 – , természetes nyelvekre 8, 40–41, 170–175, 228 [59, 105, 114, 151, 167, 168]
 formális eljárás 181 [27, 91, 114]
 – logika 19–28, 40, 46–48, 53, 77, 89, 93, 140, 179, 187, 188, 200–203, 209, 211, 216, 241, 245 [27, 59, 74, 160]
 formális logikai képesség 27–28, 46, 202–203 [51, 68, 119, 131, 133]
 formális rendszer 19, 180 [59, 114]
 formalizált gondolkodás 33, 140, 202
 – nyelv 136, 149, 158, 180 [27, 36, 37, 59, 119, 160]
 Freud, S. 62, 64, 149 [45]
 freudi elszólás 63 [107, 117]
 Friedman, M. 226 [143]
 Fülep L. 133
 Füles 43, 222, 224

G

- Gardner, M. 143
 gén 217–220, 228, 239, 248 [59, 92, 156, 163]
 gén-a-génben jelenség 239 [156]
 genetika 150, 215 [59, 92, 156, 163]
 génkomplexumok 228, 240 [30, 31, 60]
 geometria 232–233
 geometriai optika 153
 Gestalt 93, 153–154 [3, 44, 52]
 Gilmartin, K. J. 124 [145]
 go 112, 167–169 [100, 129]
 – program 169 [130]
 gombnyomogató gép 82
 gondolkodás 55–57, 93–97 [3, 65, 131, 170]
 – , analitikus 132 [47, 86, 131]
 – , formális 133 [43, 59, 119, 131, 170]
 – , helyes 17 [74, 86]
 – , hétköznapi 26–33, 40–50, 60, 89, 140, 146–149, 171–172, 190, 201, 210, 220–222, 238 [23, 39, 62, 71, 89, 116, 122, 173]
 – , holisztikus 58–60, 93, 193, 211 [109, 131, 158]
 – , intuitív – ld. intuicio
 – , irracionális – ld. irracionalitás
 – , kreatív 55, 80, 237–238 [3, 65, 126, 161]
 – , keleti ill. nyugati 65–68, 146–147, 152–153, 210–213 [11, 59, 154, 155]
 – , logikus 17, 211, 245 [126, 131]
 – , misztikus 68–69, 205–214, 244–248 [134, 154, 155]
 – , racionális – ld. racionalitás
 – , szakmai 139–141, 144, 172 [37, 65, 142]

gondolkodás szintjei 71 [6, 11, 32, 59, 60, 61, 129, 153]

Gödel, K. 76–78

Gödel, Escher, Bach 76–78, 231 [59]

Gödel tétele 77, 87, 151, 155, 180–188, 211–212, 231–236, 243, 247–248 [27, 59, 60, 74]

gödeli kérdés 155, 186, 211, 231–236, 245, 247–250 [59, 61, 138]

„a gravitáció elsüllyedt” 42 [95, 153]

H

Hadamard, J. 136 [54]

hajlam 99, 142, 192, 210

haladás 216 [79]

haladó szint 132–135, 160 [37, 145]

hanglemezgyártás 96, 190 [60]

Hardy, G. H. 147

harmónia 68, 232, 245, 247, 248 [17, 150]

Heisenberg, W. 245

helyek módszere 118 [93, 109]

7 ± 2 törvény 102–103 [76, 103, 140, 171]

hétköznapi ész 40–50

– gondolkodás 40–50, 60, 140, 149, 190, 201, 222, 238 [23, 39, 62, 71, 89, 116, 122, 173]

– logika 17, 26, 30–33, 46, 60, 89

– nyelv 146, 171–172, 220–221 [107, 116, 117, 173]

heurisztika 81–89, 124, 155, 183–191, 227, 240 [39, 53, 62, 71, 87, 88, 97, 98, 116, 121, 126, 127, 148]

hierarchia 72–75, [14, 22, 59, 98, 121] ld. még: kusza hierarchia

Hieron 81

Hilbert, D. 88 [151]

Hilgard, E. R. 199 [3, 58]

hipnózis 29–31, 66, 146, 200, 209–210 [58, 101, 118]

– iránti fogékonyság 210 [58]

Hofstadter, D. R. 76–78, 96, 175, 211, 226, 231, 234 [59–61]

holizmus 58–60, 66, 93 ld. még: gondolkodás, holisztikus

Horváth Gy. 95 [65]

hosszú távú memória (HTM) 101–109, 119, 122–123, 192 [2, 3, 29, 76, 140, 144, 145]

hozzáférhetőség heurisztika 191–192, 198, 203, 224, 241 [62, 71, 116]

HTM ld. hosszú távú memória

Hull, C. L. 196 [170]

I

időbeli egybeesés 68 [17, 123]

információfeldolgozási kapacitás 100, 184–185 [29, 76, 140]

intellektualizálás 199–200, 240 [3]

intelligenciatesztek 28 [81, 131, 153]

intenzív növekedés 161 [67]

interdiszciplinaritás 7, 153–154, 243

intuíció 133–134, 145, 149–152, 163, 175, 187–189, 195, 203–206, 210, 221, 224, 246–249 [23, 36, 37, 54, 64, 138, 166]

irracionalitás 8, 61, 184–186, 202–203, 244 [23, 60, 71, 116, 173]

J

Jánossy F. 161 [67]

japán írás 130

játékelmélet 215–219 [94, 111]

játékstratégiák 215, 225 [60, 94]

Johnson-Laird, P. N. 22, 202, 244 [68–70]

jól szerkesztett rejtvény 45–50, 100, 236–237 [79, 80]

jól szerkesztett tudományos kérdés 49–50, 122 [79]

„a jó tanuló felel” effektus 173

józan ész 41–47, 135, 140–144, 184, 204 [23, 32, 47, 53, 62, 75, 122, 127, 173]

K

Kafka, F. 10

Kahneman, D. 190, 196, 198 [62, 70, 71]

kandidátusi fokozat 128

Kant, I. 149, 151

kapacitáskorlát 100–105, 137 [23, 35, 103, 110, 152]

kaparódarázs 71–72, 87, 180, 182, 209 [60, 171]

kapcsolós kísérlet 202 [68]

Karácsony S. 147 [73]

Karinthy F. 9, 59

kártyás feladat 21, 201 [51, 69, 70]

Kaszparov, G. 117, 118

kezdő szint 117, 127–135, 160, 168 [37, 86, 126]

kibernetika 154

Kierkegaard, S. 145

kifejezési eszközök 76, 201, 207, 245 [4, 36, 59, 60, 138]

kifejezés módok 155, 168, 245–246 [12, 59, 61]

kínai írás 112, 196 [60, 170]

Kindler J. 184 [142]

Kiss I. 184 [142]

klasszikus különbség 167–169 [100]

knowledge engineering 167 [7, 16, 25, 55]

koan 65–69, 96, 211–212, 245 [4, 59, 154]

kognitív pszichológia 55–62, 78, 98–103, 116, 187, 221, 241 [2, 42, 137, 168]

– séma 94, 122, 179–194 [12, 42, 109, 125, 140]

kognitív pszichológia

– tudomány 55–59, 98, 122, 154 [1, 14, 60, 113, 128, 139, 141]

kombinációs képesség 127, 133 [21, 63, 69]

Kosztolányi D. 37, 65

komplexitás 137, 150–151, 174, 187–189, 201–203, 211, 244–246 [23, 24, 60, 91, 142, 146]

– korlátok 137, 166, 171, 186

kontextus 242 [105]

kontinuumprobléma 233

korlátozott racionalitás 183–185, 192 [23, 113, 142]

következtetési formák 18–28, 53, 226 [27, 74, 160]

– mechanizmus 28, 93, 201 [15, 51, 54, 68, 69, 116, 127, 133, 173]

középfokú nyelvvizsga 129

középiskolás fok 140

kreativitás 55, 80, 237–238 [60, 153, 161]

Kuhn, Th. 47 [79]

kulturális evolúció 219–221 [17, 60, 92, 162]

kusza hierarchiák 75–76, 86–89, 117, 171, 227, 246 [14, 59, 60, 65, 96]

különböző erősségű sakkozók 110 [21, 63, 129, 132]

L

„a labda kerek” 169

La Fontaine, J. de 199 [3]

Langley, P. 79 [84, 141]

Laplace, P. S. 115, 215

leíró döntésmélet 198–199 [39, 148]

Lem, S. 235

lemezjátékos 231–236, 247 [59]

Lenat, D. B. 80, 82 [53, 87, 88]

- Levy, D. 162 [139]
 LISP 83 [7, 25, 60, 87, 88, 169]
 Linné, K. von 98
 Lobacsevszkij, Ny. 232, 233
 logika 10–11, 17, 25, 41–45, 53, 68, 133, 145, 210, 226, 232, 238, 241, 246–247 [27, 74, 160] ld. még: dolgok logikája, formális logika, hétköznapi logika, transz-logika
 – evolúciója 226 [60]
 – , férfi ill. női 27–28, 201, 223–224 [3, 81, 131, 170]
 logikailag izomorf feladatok 24–26 [77, 127, 133, 146]
 logikátlanság 134–135
 Lumsden, Ch. J. 220 [92]
 Lurija, A. 118 [93]
- M**
- magánhangzós–mássalhangzós feladat 21–25 [51, 69, 70]
 magasszintű gondolkodási sémák 189–202, 240–244 [3, 20, 70, 71, 116]
 magyar észjárás 144 [73]
 Malinowski, B. 249
 Mallarmé, S. 189
 Mann, Th. 59
 MAPP 116, 124–128 [145]
 matekvakság 209 [119]
 matematikai logika 77, 179, 185–186 [27, 59, 74, 160]
 maya 206 [48, 157]
 Maynard Smith, J. 218 [30, 31, 94]
 meditáció 29, 96, 209, 212 [4, 40, 155]
 Meehan, J. R. 41 [95, 153]
 megelégedésre törekvő keresés 184 [142]
 megértés 56, 95 [14, 65, 88, 105, 146]
 megismerési módok 26, 118, 243–244 [4, 109, 149, 150, 155]
 megvilágosodás 66–68, 89, 96, 206–212, 245 [4, 17, 59, 72, 154, 155]
 melódia 231–236, 247 [59, 150]
 mélység, szakterületeké 167–169 [100]
 mém 219–236, 239–243, 248 [30, 31, 60]
 mémkomplexum 221–226, 241–244 [30, 31, 60]
 memória 55, 103–104, 117–121 [8, 29, 42, 76, 85, 90, 158] ld. még: HTM, RTM
 memóriaművész 119 [90, 93]
 memóriakapacitás 117–118, 137 [24, 41, 83, 104, 152, 158]
 mentális modell 93, 179–180, 197–200, 221, 241 [49, 68, 136]
 mester 11, 110, 134 [37.97] ld. még: nagymester
 mesterjátszmából vett sakkállások 110, 122 [33, 46, 144, 145]
 mesterjelölt 125–141, 150, 160, 187–189, 203, 244 [37, 97]
 mesterséges evolúció 227 [28, 60]
 – intelligencia 8, 20–21, 25, 34–42, 54–60, 76–89, 115, 123, 131, 157–176, 186–188, 227–228 [7, 22, 25, 50, 59, 102, 115, 164, 169]
 – paranoia 37 [19, 26, 56]
 – mémek 228 [28, 60]
 meta- 86 [59, 60]
 metafizika 87, 209–210 [149, 150, 154]
 metafora 236, 247, 250 [66]
 metaheurisztika 84–88, 183–184, 227–229 [53, 59, 60, 87, 88]
 metamatematika 87, 179 [27, 59, 74]
 meta-metaheurisztika 85 [59]
 metaséma 117, 149–150, 184, 200, 212, 240–241 [1, 20, 60]

metaszint 86–89, 98–99, 149–150, 207, 212, 240–241 [27, 59, 60]
 Miklós P. 65
 Miller, G. A. 100 [103]
 Minsky, M. 175 [75, 105]
 mintakövetés 140 [3, 124]
 mintha-jelenség 226 [143]
 miszticizmus 66–69, 205–214, 244–248 [4, 17, 59, 135, 154, 155]
 modell 33–34, 49, 55–57, 74–78, 89, 98–100, 119, 179, 217–220, 241 [1, 14, 20, 32, 105, 113, 128, 141]
 módosult tudatállapot 29, 66, 146–147, 207–209 [3, 58, 101]
 modus ponens 18, 23, 201
 modus tollens 22
 molekuláris biológia 234–235, 239 [59, 156, 163]
 „a molekuláris biológia Gödel-tétele” 234 [59]
 mondanivaló 133
 Monod, J. 136 [106]
 Morgenstern, O. 215 [111]
 Motley, M. 62 [107]
 Mozart, W. A. 128, 146
 Mumon Ekai 65
 mutáció 85, 227–229, 233
 működés létrehozása 54–57, 123 [10, 82, 102]
 műszaki diszciplína 54–57, 186
 művészet 146–147, 244
 MYCIN 165 [16, 55, 147]

N

nagymester 110–113, 117–118, 127–135, 145, 150, 160, 168, 186–195, 212, 244 [33, 37, 97, 106, 145]
 Nan-Csüan 65–66

Nanszen 65–66
 Napoleon, B. 115
 négydimenziós tér 51, 86
 nemek szerinti különbségek a gondolkodásban 27–28, 201, 23–224 [3, 81, 131, 170]
 „Nem volt szükségem erre a hipotézisre, Sire” 115
 Neumann J. 82–83, 215 [110, 111]
 Neumann-elv 82–83, 121, 159 [110]
 Newell, A. 58 [113]
 Nisbett, R. 203 [116]
 nonszensz gyermekversikék 26
 normatív döntéelmélet 199 [39, 148]
 normativitás 183
 nyelv 83, 133–136, 145–147, 152, 170–175, 21, 228 [105, 106, 110, 167, 168, 171]
 nyelvbtlások 62 [45, 107, 117]
 nyilvánvaló álom 64 [45]
 nyugati és keleti gondolkodás 65–69, 146–147, 152–153, 210–213 [11, 59, 154, 155]

O

objektivitás 149, 203–205, 211, 245 [79, 157]
 Occam borotvája 50, 115, 183, 216
 omnijektivitás 205–209, 240–241 [157]
 Organon 19 [74]
 Orne, M. T. 30 [58, 118]
 orvosi gondolkodásmód 135, 139
 orvosi tények mennyisége 139 [24, 120]
 Ottlik G. 10
 önreprodukció 227 [28, 30, 31, 59, 60]
 önző gén elmélet 217–225 [30, 31]

P, Q

panteizmus 245

Papert, S. 192 [119]
 paradigma 48–51, 55, 58–61, 74, 99–100,
 137, 144, 149–154, 183, 187, 203, 222,
 225 [79]
 paraprocesszor 186
 párhuzamossági axióma 232–233
 PARRY 37–39 [19, 26, 56]
 Pascal, B. 11
 Paszternak, B. 11
 Pavlov, I. P. 73
 pénzdobálás szimulálása 195–195, 229 [71]
 Piaget, J. 140, 202 [124]
 Platon 131, 154
 Poincaré, J. H. 147 [86, 126]
 Polgár-nővérek 128 [37]
 polihisztor 181
 politikus 54
 Pólya Gy. 85 [126]
 problémamegoldás 55, 100, 133, 166, 220,
 243 [47, 82, 86, 126, 170]
 programozási nyelvek 83 [60, 114]
 pszichoanalitikus iskolák 61–62, 221
 pszichológia 9, 25, 55–62, 87, 93, 97, 102,
 183 ld. még: kognitív pszichológia
 pszichológiai realitás 191, 198, 201, 206,
 209, 226
 puffertároló 101 [103, 140]
 QWERT-jelenség 192, 198, 200 [119]

R

r betűs kísérlet 191 [2, 70, 71]
 racionális viselkedés látszata 226 [23, 143]
 racionalitás 8, 21–24, 60–61, 132–136, 145,
 179–187, 201–203, 211, 224–226, 240–
 247 [12, 23, 34, 68, 133, 141, 142, 166,
 171]
 racionalizálás 199–200, 240 [3, 58]
 Radnóti M. 44

ráérzés 133, 163 ld. még: intuíció
 Ramanujan, S. 147–148 [59]
 redukcionizmus 58–61, 67–68, 93, 98–99,
 122, 158 [59, 61, 79]
 Rejtő J. 179
 rejtvény 11, 21, 43–49, 66, 98 [79, 80]
 – fejtés 47–50, 61, 103, 144, 154, 218
 [79, 80]
 – szerkesztő 45 [80, 134]
 Renard, J. 11
 replikátor 239 [28, 30, 31, 59, 60]
 reprezentativitás heurisztika 196–197, 203,
 241 [62, 71, 116]
 repülő birkák 17, 28 [160]
 retrovírus 234
 Rimbaud, A. 189
 Rogers, C. 36
 „a rossz tanuló felel” effektus 193
 Rousseau, J. J. 95
 Ross, L. 203 [116]
 rögzítés és igazítás heurisztika 190–191,
 196–198, 224, 241 [62, 71, 99, 116]
 rögzítési idő 102 [3, 29, 76]
 rövid távú memória (RTM) 101–115, 122–
 123, 137, 183, 192, 241 [2, 3, 29, 76, 140,
 144, 145]
 RTM ld. rövid távú memória
 Rubinstein, Sz. L. 45 [134]
 Russell, B. 10, 95, 206, 210 [135]
 „rút kiskacsa” effektus 142

S, Sz

sakkállások mennyisége 81, 109–111 [97,
 145]
 sakkozók sémái 108–113, 115–120, 127–
 128 [21, 33, 46, 63, 132]
 sakkprogramok 8, 55, 157–162, 167–169,
 172 [46, 78, 112]

Sax Gy. 142
 Schumann, R. 53 [151]
 Schwann-jegyzék 128
 sejt 234–235 [59, 156]
 séma 94–98, 99–106, 107–113, 115–120, 121, 128, 137, 150, 160, 171, 175, 222–225, 240–243, 246 [12, 42, 90, 109, 125, 137, 140, 158]
 sémák kialakulása 95, 193 [41, 60, 104, 109, 124]
 – mennyisége 107–113, 124–125, 128, 137, 160 [24, 83, 97, 145]
 sémafogalmak 97, 104, 137, 221, 243
 S. F. 119 [3, 41]
 Shakespeare, W. 10
 SHRDLU 170, 174 [59, 167, 168]
 Simon, H. A. 58, 112, 116, 124, 158, 159, 161, 183, 184, 192 [140–146]
 Smullyan, R. 208 [149]
 Suzuki, D. T. 11, 127
 szabályosság-érzék 195
 szabálytalan kártyás kísérlet 94 [79]
 szakértő rendszer 163–166, 172–173 [7, 15, 25, 50, 55, 108, 147]
 szakmaváltás 151
 szaktudományok 112, 149–151
 Szaltikov-Scsedrin, M. J. 53
 számítógép 25, 40, 82–83, 121, 159
 számítógépes állatmesék 41 [95, 153]
 – modell 99, 225, 244
 számítógéphálózat 104 [59]
 szamuráj 152, 168 [40]
 szatori 66–68, 146, 206–210 ld. még: megvilágosodás
 szemiotika 154
 szemmozgás 124 [144, 159]
 szerencseszám 224
 szférák zenéje 247

szillogizmus 19–23, 40, 46–48, 140, 201, 211, 226, 241 [27, 51, 68, 69, 74, 133]
 szimulálás 29–30, 37–39, 198, 207, 229
 szimuláció szimulálása 229
 szimulációs heurisztika 199 [71]
 szintek váltogatása 238 [6, 20, 59, 60, 61, 129]
 „színvakok és színlátók” 208 [149]
 szociobiológia 49, 219–222, 239 [5, 31, 162]
 szókinsz növekedése 137 [24, 104, 168]
 Szókratész 18
 szubjektivitás 206, 245 [58, 157, 163]
 szuperlemezjátszó 231–232, 235 [59]

T

„találkozás egy fiatalemberrel” 8, 59
 Talbot, M. 206 [157]
 Tantra 206 [48, 72, 157]
 tanulás 55 [29, 76, 104]
 tananyag nehéz részei 140–141 [86, 124]
 tárgyi tagoltság 212 [3, 59]
 Tarrasch, S. 134
 tehetség 141–142, 210
 természetes szelekció 215–217, 226–229, 239 [18, 30, 31, 60]
 természettudomány ld. tudomány
 Timaios 154
 tisztafejűek 12, 238 [149]
 totális eszmék 235
 „a történelemnek nincs megoldása” 235
 tranzlogika 29–31, 146, 207 [58, 118]
 trendvonal 161–163 [67, 104, 112]
 „a tudás kicsalogatása” 175 [7, 16, 25, 55, 139]
 tudásbázis 164 [15, 55, 108, 147]
 tudásmérnök 167, 175

tudomány 43–51, 59–61, 68, 149–150, 181,
205, 221, 243–244, 250 [79, 166]
túlélés 219, 226–228, 243–250 [30, 31,
143, 162]
túlélőgép 217, 228, 239–241, 248 [30, 31]
Turán P. 109, 148
tünetegyüttesek 135 [24, 56]
Tversky, A. 190, 196, 198 [62, 70, 71]

U, V

udvarlás 49, 186, 218 [5, 31]
Ulam, S. 147
unalom 87–88, 181, 196 [57, 60, 136]
utánzás 220
vallástudomány 205
valószínűségérzékelés 194–199, 229, 241
[39, 62, 71, 148]
valószínűségi számítás 197–199, 215
variabilitás 227 [18, 28]

végző gödéli kérdések 247–250
végtelen hurkok 180–186, 196 [59, 114]
véletlen 215, 228–229 [31, 96, 111, 153]
Viktória királynő 95
Volkova, V. D. 73 [3]
vonatkoztatási rendszer 75, 97, 231, 236–
250 [59, 60, 61]

W, X, Z

Wason, P. C. 22 [70]
Weizenbaum, J. 34, 36 [165, 166]
Weöres S. 207
Wilson, E. O. 220 [92]
Winograd, T. 170, 171 [167, 168]
XCON 165 [50, 55, 147]
zavarosfejek 12, 238 [149]
Zen 65–69, 89, 96, 152–155, 168, 208–212
[4, 40, 59, 150, 154, 155]
Zweig, S. 134



Felelős kiadó: Akadémiai Kiadó főigazgatója és az Optimum Kiszövetkezet elnöke
Felelős szerkesztő: Pintér Tibor
Készült az Akadémiai és az Optimum Kiadó közös kiadásában
Műszaki vezető: Muskát Péter
Borító, illusztráció: Szabadi Zoltán
ISBN 963 05 5300 7
A kéziratot a Magiszter Számítástechnikai Szerkesztőség gondozta
Kivitelezés: Typo TEX GT · Felelős vezető: Votisky Zsuzsa
89-223 Pécsi Szikra Nyomda
Felelős vezető: Farkas Gábor igazgató



Mérő László: Észjárások a racionális gondolkodás korlátai és a mesterséges intelligencia

A vezérkari főnök betáplálja a szuperintelligens számítógépbe a kérdést: A Szovjetunió vagy az USA fog legelőször embert küldeni a Marsra? Rövid gondolkodás után a gép kiírja a választ: „Igen”. A vezérkari főnök dühbe gurul és beüti a következő kérdést: „Igen, de ki?” Rövid gondolkodás után a számítógép kiírja a választ: „Igen, uram”.

A szerző hosszú időt töltött a mesterséges intelligencia kutatásával, és tapasztalatait röviden így összegzi: Ebben a viccben az a vicc, hogy nem vicc. A nagy hangon hirdetett „intelligens” számítógépek léptenyomon produkálnak ilyenfajta válaszokat. A mesterséges intelligencia kutatások jelenlegi állása nem teszi lehetővé, hogy a józan hétköznapi ész számára nyilvánvaló sületlenségeket elfogadható biztonsággal elkerüljük.

Ez a könyv élvezetes olvasmány, izgalmas szellemi kaland a számítógépes szakértelemmel alig vagy egyáltalán nem rendelkezőknek. Megtudhatjuk, hogy mit várhatunk és mit nem az „intelligens” számítógéptől, és ami még izgalmasabb: saját gondolkodásunk működésének mélyebb rétegeibe nyerünk bepillantást.

A szöveget nem törik meg jegyzetek, pontos szakirodalmi hivatkozások, de a tárgymutatóban ezek is megtalálhatók. Így a téma iránt mélyebben érdeklődő olvasó a szerző körmére nézhet, hogy milyen tudományos eredményekre alapozza sokszor meglepő, helyenként vitatható állításait az emberi gondolkodás nem racionális tulajdonságairól, a tudomány és az egyéb megismerési módok lehetőségeiről (a művészettől a Zen-buddhizmusig), valamint a természetes és a mesterséges intelligencia erősségeiről és korlátairól.