

A tudományról

Az emberi természet egészét csak akkor ismerhetjük meg igazán, ha az emberről szerzett sokféle ismeretünk mellett felhasználjuk a természettudományos gondolkodás eszközeit is, mert ezek alkalmasak összetett problémák racionális kezelésére. Ez a gondolkodás segítette az embert a mikrovilág szerkezeti problémáinak tanulmányozásában, az élővilág kialakulásának, fejlődésének megismerésében, és elvezetett egészen az Univerzum történetével, működésével kapcsolatos kérdések felvetéséig. Ezért szeretnék rövid áttekintést adni a természettudományokban használt tudományos módszerről. Ez talán segít eligazodni, ha sokféle különös, esetleg egymásnak részben ellentmondó ismeretről kell elgondolkoznunk.

Az állati idegrendszer egyik létfontosságú funkciója az állat külső környezetének modellezése. A külvilágból érkező ingerek hatására az agyban neuroncsoportok kapcsolódnak össze, amelyek valamennyire leképezik az ingerforrás viselkedését, modellezik azt, és a modell belső aktivitásából következtetni, jósolni lehet az ingerforrás tulajdonságaira, viselkedésére, ez segíti az állatot mindennapi viselkedésében.

Az ember azzal vált el viselkedésében az állatvilágtól, hogy kifejlesztett egy különleges modellkonstrukciós képességet, a beszélt nyelvet. Ezt az tette szükségessé, hogy kis együttműködő csoportjaiban megjelent a „kommunikációs kényszer”. Az együttműködés legfejlettebb formáihoz a tapasztalatok, gondolatok, elképzelések, tervek, szándékok gyors kommunikációja szükséges, ennek eszköze az emberi nyelv. A gondolatok cseréje a modellezést is új, az állatoknál sohasem ismert szintre emelte. Megjelentek az emberi közösség környezetről kialakított modelljei. A kommunikáció révén a társak, az ősök tapasztalatai közös használatba kerültek. A kis közösségekben kialakuló hiedelmek, szokások, ismeretek, rítusok, mesék, tradíciók formájában megjelent a kultúra, amely szintén egy adott környezet modelljének tekinthető, amit a benne élő közösség hozott létre.

Hiedelem, történet, magyarázat

A nyelv nagyszerű képessége alkalmas arra, hogy az ember a világ dolgait, jelenségeit, de még a saját belső élményeit is nyelvi szimbólumok, szavak, mondatok segítségével történetekbe, leírásokba, magyarázatokba, hiedelmekbe sűrítve tárolja és forgassa elméjében. Amikor az emberi elme működik, általában történeteket vizsgál, készít, azokra emlékezik. Ha végiggondolunk bármilyen, saját személyünkre vagy tapasztalatainkra vonatkozó ismeretet, kiderül, hogy ezek mindig apró történetek. A történetekben vannak szereplők, mi magunk és mások; tárgyak, állatok, növények, és vannak akciók, azaz a szereplőkkel történik valami. Amikor egy olyan hétköznapi tárgyra gondolunk, mint egy golyóstoll, akkor azonnal események, történetek jutnak az eszünkbe: írtunk vele, kifogyott belőle a tinta, kaptunk egyet stb. Ezek a történetek részben saját tapasztalatainkat, élményeinket dolgozzák fel, részben – és ez nagyon fontos – bizonyos embertársainkkal közös hiedelmeket, ismereteket elevenítenek fel. Amikor reggel kinézünk az ablakon, és megállapítjuk, hogy már felkelt a Nap, a Napról szóló történetekben nemcsak a napkeltével kapcsolatos saját élményeink jelennek meg, hanem az a hiedelem is, hogy a

Föld gömbölyű, forog a tengelye körül, és ez magyarázza a napfelkelte jelenségét. Azért nevezhetjük ezt hiedelemnek, mert nincsen róla közvetlen tapasztalásunk, hanem a szüleinktől, a tanárainktól vagy másoktól hallottuk, könyvből tanultuk. Mivel a történet jól egyezik saját tapasztalatainkkal, el is hisszük, azaz elfogadjuk magyarázatnak.

Az ember elméje elképesztő sokaságú ilyen hiedelem-történetecskét, továbbá saját élményt és tapasztalatot képes befogadni. Jellemző rá az is, hogy ha egy új történettel találkozunk, akkor azt mindig összeveti a már meglévőkkel, és csak azokat fogadja el igaznak, jónak, érthető magyarázatnak, melyek nincsenek ellentmondásban az előzőleg szerzett tapasztalatokkal. Ha valaki azt állítaná, hogy a Nap tüzes gömbje tulajdonképpen a Föld körül kering, mert egy nagy szekéren van, amelyet hat paripa húz, nem hinnénk el, mert ma az a hiedelmünk, hogy a Nap óriási méretű égitest, a felületén a hőmérséklet 6000 fok, és ez már magában is kizárja a szekeres történet lehetőségét. De egy-kétezer évvel ezelőtt ez még egészen hihető történet és jó magyarázat volt.

Az elme nemcsak tárolja a sok ezer történetet, hanem állandóan fel is újítja, kombinálja a mindennapok tapasztalatai folyamán. Minden ember megfigyelő, figyelő saját magát, a társait, a körülötte lévő világot, és az így szerzett adatokkal folyamatosan hozzájárul elméjének történetépítő tevékenységéhez. A megfigyelések néha ellentmondásba kerülnek a már meglévő történetekkel, ilyenkor egy újabb történet kerekedhet belőlük, de ennek igazságát bizonyítani kell. Tehát az új történetnek valamiképpen illeszkednie kell a már meglévő és elfogadott történetekhez. A hiedelmek, magyarázatok mindig egy közösség konstrukciói, egy közösség kultúrájának alkotórészei, komponensei. A sokféle hiedelem és magyarázat hálózata valamiféle funkcionális egészet alkot, mert a közösség tagjai mindig igyekeznek a hiedelmek közötti ellentmondásokat kiküszöbölni. Sokszor úgy, hogy változtatnak a megszokott hiedelmen, sokszor meg úgy, hogy újabb hiedelmeket gondolnak ki, amelyek segítségével a kultúra egysége, sajátos logikája megőrizhető. Ez az állandóan folyó felülvizsgálat, kiegészítés a kultúrák lassú fejlődését eredményezi, kiesnek belőle az elavult hiedelmek, a megcáfolt magyarázatok. A változások természetesen csak akkor következhetnek be, ha azokat a közösség többsége elfogadja. Hiába talál ki valaki egy egészen új magyarázatot valamire, ha társai az új hiedelmet nem fogadják be.

Még egyszer szeretném hangsúlyozni, hogy egy-egy kultúra összehangolt hiedelemrendszere a külső és belső környezet modellje. Ismeretében például nagyjából meg lehet jósolni, hogy új, megváltozott körülményekre hogyan reagálnak a kultúra hordozói, a közösség tagjai.

Hiedelmek és a tudományos gondolkodás

A kultúrák fejlődésének hozzánk közelebb eső fázisaiban, a legutóbbi néhány száz évben, kezdtek létrejönni a gondolkodásnak és a hiedelmeknek azok a formái, amelyek lehetővé tették a tudományos gondolkodás kialakulását. Ma már modellezni tudjuk azt is, hogy hogyan modellezzünk.

A tudományos gondolkodás nincs olyan távol az ember természetes, mindennapi elmélkedéseitől, mint sokan vélik. A tudományok is egy-egy közösség, az adott tudomány művelői által elfogadott hiedelmeken alapulnak, mint minden kultúra. A tudósok szeretik hiedelmeiket elméletnek nevezni. A tudományos hiedelmek, elméletek tárháza hatalmas, és az is bizonyos, hogy jókora része rossz vagy téves, ezért könnyű benne tisztázatlan kapcsolatokat, ellentmondásokat találni. Visszaulva az előbbi eszmefuttatásra a nappal kapcsolatban, ha valaki megméri megfelelő módszerekkel a nap felszínének hőmérsékletét és azt kb. hatezer Celsius fokban állapítja meg, akkor ugye minden olyan hiedelem, amely ezzel a hőmérséklettartománnyal nem egyeztethető össze (Apolló szekerere például), azonnal ellentmondásként jelentkezik, és ha a mérés sok más egyéb hiede-

lemmel összhangban van, akkor ezt az ellentmondást ki kell küszöbölni. A régi elmélet helyett újat kell alkotni, amely a legújabb megfigyeléssel is összhangban van.

A legfontosabb tudományos tevékenység éppen az ilyen ellentmondásokkal kapcsolatos. Ha az elfogadott hiedelmek, tudományos elméletek között valamilyen ellentmondásra bukkanunk, akkor megfogalmazhatunk egy új tudományos kérdést, amely legtöbbször maga is egy kisebb elmélet, és valamelyest eltér a régebbiektől. Erre megfigyelésekkel, valamint a megfigyelésekből készített új elméletekkel keressük a válaszokat. Ha sikerül, akkor kigyomláltunk valamilyen bosszantó ellentmondást a közös tudáskincsből.

A tudós tehát mindig valamilyen előzetes hiedelem, elmélet, feltevés, hipotézis alapján fog neki a megfigyelésnek. Az előzetes elmélet alapján választja ki például megfigyelése tárgyát, azt a módszert, ahogyan a megfigyelést végzi, vagyis hogy pusztá szemmel vagy mikroszkóppal, távcsővel, esetleg műszerekkel felfegyverkezve dolgozik-e. Fontos a megfigyelés tárgyául kijelölt dolog vizsgálható egységének jó megválasztása. Hogy ez mi, az mindig a megválaszolandó kérdéstől függ. Például megfigyelhetek egyetlen farkast, kettőt, egy egész farkát, esetleg egy sok farkából álló farkas-populációt. De megfigyelhetem egyetlen farkas valamelyik részét is, például a farkát vagy a füleit, esetleg csupán néhány idegsejtet az agyában, amelyek közreműködnek a fark mozgásában. Bármit is választok a sokféle lehetőség közül, azt valamilyen elmélet, hipotézis alapján teszem, és ez jórészt meghatározza, mit is fogok megfigyelni. Ha egyetlen farkast választok, az lehet kölyök, felnőtt, hím vagy nőstény. Ha mondjuk az az elméletem, hogy a farkas önállóan szerzi meg a prédáját, akkor hiába figyelek meg kölyköket. Ha az anyai gondoskodásra vagyok kíváncsi, akkor legalább két példányt, egy anyát meg egy kölyköt kell megfigyelnem. Fontos tehát, hogy már a megfigyelés kezdetén korábbi ismereteket, hiedelmeket használók-e, mert ez nagymértékben befolyásolja, amit találok.

Tegyük fel, hogy megfelelő elméletből indulok ki, és helyesen választottam meg a megfigyelésem tárgyát is. Ezután következhet a megfigyelés a természetben, vagy a magam konstruálta kísérleti körülmények között. Kellő mennyiségű megfigyelési adat begyűjtése után már megfogalmazhatok egy új állítást, ami tulajdonképpen mindig egy új elmélet. Olyan leírás, amely a megfigyelés előtti elméleteimre támaszkodva az új adatokat értelmezi, és az új értelmezést bizonyítja.

Sokféle buktató van. Ha mondjuk az állatok viselkedését tanulmányozom, és arra vagyok kíváncsi, hogy egy kutya megtanítható-e olvasni, fogok egy papírlapot, ráírom: labda, és a kutyát megtanítom arra, hogy a lap felmutatása után hozza elém a labdát. Ez bizonyosan sikerül majd, ilyen feladatokat a kutyák gyorsan megtanulnak. A feladat jó végrehajtása azonban még nem bizonyítja, hogy a kutya olvasni tud. Ehelyett be kell érnem egy jóval egyszerűbb állítással, azzal, hogy a kutya képes egy írott jelet felismerve egy utasítást végrehajtani. Könnyen be lehet bizonyítani, hogy ez tévedés: a papírra például azt írom „ágyú”, megmutatom a kutyának, és egészen bizonyos, hogy akkor is a labdát fogja hozni. Vagyis a mutató rítusa a fontos számára, az írás értelmezésére képtelen. Sokféle ilyen kísérletet lehet megtervezni. Mindig azon igyekszünk, hogy cáfoljuk az eredeti elméletünket, mert akkor gyorsabban haladunk. Mert csak akkor tekinthetem bizonyítottnak az elméletemet, ha az minden lényeges megfigyelési adattal összhangban áll. Ilyen bizonyítékot eddig még senkinek sem sikerült szereznie, bár többen gondolták már, hogy a kutyájuk tud olvasni.

A bizonyítás az az eszköz, amelynek segítségével a sokféleképpen értelmezhető adatokra épülő, sokféle elmélet közül kiválaszthatom azt az egyet, amely megadja a végső, azaz a pillanatnyilag lehetséges legjobb magyarázatot. Nincs olyan tudományos módszer, amely az új elmélet elkészítését és a sokféle lehetséges elmélet közül a megfelelő kiválasztását egyszerűbbé, esetleg automatikussá tudná tenni. Egy elmélet jóságát, igazságát nem a szépsége vagy az egyszerűsége, hanem a gyakorlati értéke bizonyítja. Ezen általában azt értjük, hogy a jó elméletet eredményesen lehet felhasználni a következő

megfigyelésnél mint előfeltevést. Vagyis a jó elmélettel jóslani lehet. Ha ismerem a kénpor, a faszénpor és a nitrátvegyületek tulajdonságait, akkor meg tudom jóslani, hogy ha megfelelő arányban összekeverem őket, és egy zárt edényben melegíteni kezdem, akkor a keverék felrobban. Vagyis feltaláltam a puskaport.

Az embernek nemcsak tudományos elméletei vannak, hanem különféle egyéb hiedelmei is: babona, mágia, varázslat, vallásos hiedelmek. Ezek önmagukban nagyon szépek és megnyugtatóak lehetnek, de egészen bizonyos, hogy nem lehet őket jóslásra használni. Hihet valaki az angyalokban, de nem tud egyetlen olyan ellenőrizhető, megfigyelhető eseményt sem előre megjósolni, amely az angyalok létezését, tevékenységét igazolná. Vagyis nem képes olyan elmélet konstrukciójára, amelyben angyalok szerepelnek, és valamiképpen kapcsolatban vannak egy, az érzékelhető, látható világban előre megjósolható eseménnyel, tapasztalattal. Es ez nem azon múlik, hogy az angyalokat nem lehet érzékelni. A radioaktivitást sem lehet érzékelni, feltételezésével mégis meg tudok jóslani számtalan gyakorlatban megfigyelhető eseményt egészen pontosan. Például egy fényképező lemez elsötétedését, elektromosság megjelenését, hő keletkezését, élőlények elpusztulását, atomrobbanást stb.

A hiedelmek, az elméletek és a megfigyelés, valamint a gyakorlat viszonya minden természettudományban hasonló. Mindig megfigyelési adatokat, kísérletek eredményeit kívánjuk a hiedelmeinkkel összhangba hozni. A megfigyelést tekintjük elsődlegesnek és az elméletet másodlagosnak, a megfigyelésből következőnek. Tehát az elméleteinkhez nem ragaszkodunk túlságosan, és bár jó mulatság elméleteket kigondolni, minden esetben arra törekszünk, hogy az adott pillanatban a lehető legjobb elméletet, a legjobb modellt, a legjobb magyarázatot hozzuk létre. Persze, ha új adatok fényében ezt is el kell dobni, készséggel megteesszük, és megint igyekszünk új, jobb elméletet kialakítani.

A tudományok történetében számos ismert esetet találhatunk, amely szépen mutatja, hogy az elmélet és a megfigyelés, azaz a gyakorlat és a bizonyítás hogyan függ össze. A század elején még a napilapoknak is gyakori témája volt egy különleges képességű ló, az okos Hans, az ausztriai von Osten úr csődőre. Ez a ló az akkori beszámolók szerint meglehetősen bonyolult számtani műveletek elvégzésére volt képes. Ismerte az órák és percek közötti átszámítást, ki tudott javítani tévesen leütött zenei akkordokat, és képes volt arra is, hogy kibetűzze a neki mondott szavakat, sőt mondatokat. Nagyban hozzájárult a mutatvány hiteléhez, hogy a ló gazdája semmiféle anyagi hasznot nem kívánt belőle szerezni. Nem mutogatta cirkuszban, nem kért pénzt a bemutatók résztvevőitől, és minden érdeklődőnek lehetővé tette a csodálatos állat képességeinek megfigyelését. Sőt még arra is hajlandó volt, hogy úgy is vizsgálják, hogy ő nincs jelen. Vagyis az önérdékű család esetét nagy valószínűséggel kizárhatták. A szenzációs hírek a szakemberek figyelmét is felkeltették, és tisztességes tudományos vizsgálatok során fényt derítettek Hans különleges képességeinek mechanizmusára. A lovat gazdája már fiatal korában feltűnően intelligensnek találta. Éveken át naponta több órát foglalkozott vele, amíg különleges képességeit kifejlesztette. Először arra tanította meg, hogy számjegyeket ismerjen fel, és az egyik mellső patájával annyit dobbantson, amennyit a számjegy mutat. Később beszámolta az ábécé betűit, és az egyes betűk, majd a szavak felismerését az állat a dobbantások számával jelezte. A kísérletek nagyon egyszerűek voltak. Ha valaki a ló elé állt, és mondjuk azt kérdezte tőle: – Kedves Hans, mennyi ötször három?, a ló dobolni kezdett a patájával, és tizenötönél megállt.

A kiindulási elméletünk tehát az, hogy Hans tud számolni. A megfigyelés egy egyszerű kísérlettel ellenőrizhető: elmondjuk a feladatot a lónak, és számoljuk a dobbantásokat. Minden úgy történt, ahogyan feltételeztük, csak az a probléma, hogy az egyszerű kísérlet alapján egy további, új elméletet kellene elfogadnunk: azt, hogy egy ló képes számolni. Ez az eddigi hiedelmeinkkel nemigen egyeztethető össze, eddig ugyanis ilyen értelmes lovat nem találtak. Nagyon sok ember van közeli kapcsolatban lovakkal, de effajta értel-

mi képességet még senki sem figyelt meg. Ha mégis kiderülne, hogy az új elmélet igaz, és Hans csakugyan tud számolni, akkor magyarázatot kell találnunk arra, hogy a többi ló miért nem ilyen okos. Talán nem megfelelően foglalkoztak velük? Esetleg a legtöbb ló megtanítható számolni, ha megfelelően foglalkozunk velük? Lehet, hogy a lovak ugyanolyan intelligensek, mint az emberek, de ezt az elmúlt ötezer évben senki sem vette észre?

Vagy mégis ez az új elmélet hibás?

Talán nem szakszerűek a megfigyelések, vagy rosszak a következtetések?

Ilyen esetekben további megfigyeléseket kell végezni, mindaddig, amíg a megfigyelt jelenség és az eddigi tudásunk között értelmes kapcsolatot lehet találni.

A lovat először egy alkalmi bizottság vizsgálta meg, amelynek tagjai között volt Paul Busch, a híres cirkuszigazgató és állatidomár, Heinroth, Nagel és Stumpf, a berlini egyetem neves professzorai és mások. A bizottság fő feladatának az esetleges csalás kiderítését tartotta, és néhány vizsgálat után kinyilvánították megalapozott véleményüket, hogy Hans teljesítményei mögött semmiféle szándékos megtévesztés vagy csalás a gazda részéről nincs. A ló teljesítményének titkát azonban nem tudták megfejteni. Valamivel később Otto Pfungstnak, a jó nevű pszichológusnak szabatos tudományos kísérletekkel ez is sikerült. Először megnehezítette a feladatokat, és kiderült, hogy Hans nemcsak a négy alapműveletet ismeri, de hatványozni és gyököt vonni is tud, pedig erre sohasem tanították. A számoló ló teljesítménye ezáltal még hihetlenebbé vált. Azután jött egy kitűnő kísérlet. Olyan személyek adták a bonyolult feladatokat a lónak, akik maguk nem tudták a végeredményt. Ilyen esetben Hans hosszú ideig dobolt, majd egy idő után abbahagyta, vagy sok esetben neki sem kezdett a dobolásnak. Ebből a megfigyelésből két új elmélet is következett: az első, hogy a ló valójában mégsem tud számolni; a másik, hogy a korábbi helyes válaszokhoz talán valamiféle jelet kapott attól a személytől, aki a kérdéseket feltette. És ezeket az elméleteket sikerült igazolni. Kiderült, hogy azok a kérdező személyek, akik tudták a választ, maguk is izgatottan számoltak magukban, számolták a dobbantásokat, hiszen kíváncsiak voltak, sikerül-e Hansnak a megfelelő eredményt kihozni. Amikor az a kellő számú dobbantást elvégezte, mindenki megkönnyebbült, és anélkül, hogy tudatában lett volna, egy egészen aprót biccentett a fejével, vagy más, alig észrevehető módon fejezte ki meglepedettségét. Erre Hans abbahagyta a dobbantást. A hosszú tanítás idején a lovat kenyérdarabokkal és répával jutalmazták, ha megfelelő számút dobbantott, és ő valahogy rájött, hogy akkor kap jutalmat, ha a dobbantásokat a tanító szinte észrevétlen, öntudatlan fejbólintása után hagyja abba. A kísérletek során Pfungst tökéletesen megtanulta, hogyan irányíthatja a ló dobbantásait szándékosan adott apró mozdulatokkal. Ismeretét más emberek is képesek voltak Hans vezérlésére felhasználni.

Kiderült tehát, hogy a ló viselkedésének magyarázatához nem szükséges valamilyen különleges képesség hiedelme. Egy jutalmazó aktus, és az állatnak vagy a környezetének az aktust közvetlenül megelőző apró változása közötti összefüggést még egy csiga idegrendszere is könnyen felismeri. Ez a társítás vagy asszociáció képessége, amelynek minden állat birtokában van. Voltaképpen nagyon egyszerű tanulási folyamat, amely nem kíván semmiféle tudatos belátást vagy gondolkodást. Egy nem is túl bonyolult elmélet tehát tökéletesen megmagyarázza a megfigyeléseket, és nagyon egyszerűen beilleszthető állatpszichológiai tudásunk tárházába, mert nem kíván semmiféle különleges tehetséget. Nem kell feltételeznünk, hogy Hans, esetleg más lovak eddig fel nem ismert zsenialitása a számolás alapja.

Okos Hans története mégis bevonult az állatpszichológiába, mert még ma is „okos Hans hatás”-nak nevezik azt, ha egy állatkísérlet során a kísérletező öntudatlanul apró jeleket ad a kísérleti állatnak, ami befolyásolhatja annak viselkedését. Az „okos Hans hatás” néha még emberek között is előfordul. Bizonyosan olvastak, hallottak vagy láttak

olyan előadást, amelyben a bűvész arra kéri a közönséget, hogy a távollétében rejtse el valakinél egy apró tárgyat, és ha visszajön, mágikus erejével megtalálja azt. Általában sikerrel, mert pontosan tudja, hogy csak a résztvevőket kell figyelnie, azok izgalmi állapota, apró, önkéntelen mozdulatai pontosan jelzik, ha a tárgyat elrejtő személy közelébe ér. Ocska trükk, mondhatnánk, de mondjuk inkább, hogy okos pszichológia.

Azóta sokszor kiderült, hogy a pszichológiai állatkísérletek résztvevői nagyon sokféleképpen befolyásolhatják a kísérletek eredményét, akár öntudatlanul is. Egy amerikai egyetemen egyszer két csoport patkányt adtak egyetemi hallgatóknak. Az volt a feladatuk, hogy minden állattal végezzenek el egy labirintuskísérletet. A patkányok elég könnyen megjegyzik egy labirintus szerkezetét, az effajta intelligenciájukat azzal szokás mérni, hogy megismételt futások során hány hibát követnek el, azaz hányszor lépnek be a labirintus valamelyik zsákutcájába. Kitenyészettek nagyon jól és nagyon rosszul teljesítő patkánytörzseket, de ebben a kísérletben egy átlagos teljesítményű törzset használtak. Mindkét csoport ebből a törzsből származó állatokat kapott, tehát a teljesítményüknek is nagyjából azonosnak kellett volna lennie. A hallgatók mérései szerint az egyik csoport mégis kimagaslóan jó eredményt ért el, a másik viszont nagyon gyengén teljesített. A különböző teljesítményeknek nagyon egyszerű oka volt: amikor a kísérletvezető a hallgatóknak átadta a két ketrecet a patkányokkal, az egyikről minden különösebb hangsúly nélkül megjegyezte, hogy ezekben híresen intelligens állatok vannak, a másik ketrec lakóit pedig a nagyon buta jelzővel illette. A hallgatóknak mindkét csoport egyedeit azonos módon kellett kezelniük: egyenként minden patkányt kivettek a ketrecből, elhelyezték a labirintus indulórekeszében, futás közben számolták a hibákat, végül a jutalomfalatot tartalmazó célrekeszből kiemelték az állatot, és az egész műveletet négyszer-ötször megismételték, hogy a labirintus tanulását követni tudják. Titokban figyelték a műveleteket végző diákokat, és kiderült, hogy a világos utasítások ellenére egészen különböző módon kezelik az okosnak és a butának vélt csoport egyedeit. Az okosakat finoman vették ki a ketrecből, kicsit babusgatták, simogatták, óvatosan tették be a labirintusba, menet közben izgultak értük, biztatták, és időnként még a labirintus falának kopogtatásával is segítették őket a helyes út kiválasztásában. Ezzel szemben a buta csoport állatait durván megragadták, jól odacsapták őket az indulóhelyre, és sokszor már azért is rossz pontot adtak nekik, ha csak bepillantottak egy zsákutca. A végeredmény ezek után teljesen érthető volt. A gorbán kezelt állatok féltek, és ez erősen rontotta a teljesítményüket.

Ez az eset is szépen példázza, hogy az előzetes hiedelmek, elméletek mennyire befolyásolhatják egy megfigyelés eredményét.

A tudományos gondolkodás fázisai

A tudományos gondolkodásban tisztán felismerhetők meghatározott fejlődési fokozatok. A legalacsonyabb szerveződésű forma csupán pletykák, hiedelmek, sejtések, egymástól elkülönült tapasztalatok szervezetlen együttese. A következő fokozatban megjelenik egy név, amellyel első, kezdetleges elméletünket jelöljük, ez tulajdonképpen egy metafora, amelynek értelmezése még bizonytalan, sokféle, de a sejtések, hiedelmek a metaforán keresztül már kapcsolatba kerülnek egymással. A metafora egyfajta „fekete doboz”, amelynek belső szerkezetét, valóságos és jellemző tulajdonságait még nem ismerjük pontosan, de már felismertük, hogy létezik, megneveztük, ezáltal elgondolhatóvá és vizsgálhatóvá tettük. A metafora csupán sejtés, valamilyen jellemző dolog kiemelése a látszólag kaotikus történésekből. A tudományos modell viszont egy megszerkesztett, leegyszerűsített, mesterséges rendszer, amely lényeges komponenseiben és

tevékenységeiben hasonló a tanulmányozott rendszerhez, viselkedésük egy- vagy több-féleképpen összevethető.

A legegyszerűbb modell csupán leíró nyelvet tartalmaz, segítségével képesek vagyunk a vizsgált eseményekről beszélni. A metafora a tudományos vizsgálódások során modelle alakul – a modell utánozza, szimulálja a vizsgált rendszer viselkedését. A modell és a modellezett rendszer működésbeli azonossága egyszerűsítéseken, hasonlóságokon alapul és a modellezett bonyolult rendszer magyarázatára, valamint működésének kiszámítására, megjósolására használjuk.

Egy modell értékét mindig a gyakorlati használhatósága adja meg, de mint azt egyszer Neumann János kifejtette, a modelltől megköveteljük a logikai eleganciát is. A modell első szerveződése ellentmondásmentes kell, hogy legyen, ez független attól, hogy tulajdonképpen mennyire jó, mennyire használható a modell. Ami persze gyakran azzal a hátránnyal is jár, hogy sokan, ha logikailag korrekt modellt használnak, azt hiszik, hogy a tiszta logika egyben a modell jóságát is bizonyítja. Ez természetesen nem igaz. A megfelelő logikai szerkezet elengedhetetlen, de nem elegendő feltétele a modell használhatóságának. A tudományos gondolat legmagasabb fokú szerveződése a tudományos „paradigma”, amely lényegét tekintve különböző tudományos modellek és alacsonyabb-fokú szerveződési formák (metaforák, sejtések, hiedelmek) többé-kevésbé ellenmondásmentes, magasabb szintű rendszere. A hangsúly itt a „többé-kevésbé” szófordulaton van.

A sejtések – metaforák – modellek fejlődésére számtalan jó példát kínál a kémia és a biológia története.

Az ókor anyag-konceptiói a négy őselemmel példázzák a leíró metaforát. Beszélhetünk az anyagokról és összetevőikről, a levegőről, a földről, a vízről, tűzről, de azon kívül, hogy bizonyíthatatlan hiedelmeket fogalmazunk meg, nem értünk semmit és nem tudunk semmit.

Az alkímia, megtartván a négy elem koncepcióját, már roppant bonyolult magyarázó modelleket írt le, mert központi koncepciója a transzmutáció, az átalakulás, és még inkább a recept alapján az egyes átalakulások megismételhetővé és ezáltal bizonyos szempontból érthetővé váltak. Az alkímia alkalmazott először szisztematikus kísérleteket a megismerés érdekében. Ez nagyon fontos előrelépés volt, míg mai ismereteink birtokában nem neveznénk az alkímista laboratóriumokat tudományos műhelyeknek. Végül az elemek és az atomok feltételezésén alapuló modellel a modern kémia megindította a kémiai felfedezések történetét.

A 18. század elején a kémikusok már igyekeztek a kémiai jelenségeket egységes elvek alapján megmagyarázni. Sejtették, hogy az egyes kémiai átalakulások valamiképpen visszavezethetők lesznek majd egyszerűbb komponensek kölcsönhatásaira. G. E. Stahl (1660–1734) kidolgozott egy elméletet, a flogiszton-teóriát, amely megmagyarázza, hogy a fémek elégetésekor keletkező maradványok miért lesznek nehezebbek. Ez egy korrekt modell volt a mai értelemben is, a teória magyarázta a fémek elégetésekor kimutatható, mérhető tömegváltozásokat. A „flogiszton-modellben” szereplő flogiszton egy metafora, egy feltételezett anyag, amely antigravitációs tulajdonságú, a fémekkel egyesülve azokat könnyebbé teszi, hevítéssel a fémekből kiűzhető. A flogiszton metaforája azonban nem bizonyult fejlődésképesnek. A. L. Lavoisier 1777-ben született metaforája, a „savanyító princípium”, görögül az „oxygine principle” ugyanezen jelenségek magyarázatára megfelelőbbnek bizonyult, modellé volt fejleszhető. Lavoisier azt gondolta, hogy a savanyító princípium a levegőben található és fémek elégetésekor nem valami távozik azokból, hanem éppen ellenkezőleg, valami – a savanyító princípium – egyesül velük és ez okozza tulajdonságaik megváltozását. Százhusz évvel később, az oxigén cseppfolyósításával a metafora átalakult egy látható, kézzelfogható valamivé: kékes színű, cseppfolyós, sistergő folyadékká. A metaforából érzékelhető realitás lett.

A folyamatok nemcsak leírhatóak és érthetőek lettek, hanem a megfelelő ismeretek birtokában képesek vagyunk még el nem indított kémiai reakciók lefolyását is jó megközelítéssel megjósolni.

A biológia is rendelkezik hasonló példákkal. A szervezetnek mint egy hatalmas, sejtekből álló organizációnak a modellje alkalmas a leírásra, a tárgyalásra és elvezet az anatómiához, amely magyarázza a szervezet működési mechanikáját, azt, hogy hol, mi folyik, honnan és hova. A modell megmutatja, hol vannak szűrők, pumpák, emelők, motorok a szervezetben. Az élettani és biokémiai mechanizmusok komponenseivel kiegészített modell pedig elég jó jóslásokat adhat a szervezet stabilitásának feltételeiről, rövidebb időszakra pedig előre látható belső dinamikájáról is.

Jó biológiai példa erre a malária betegség magyarázata, amelynek neve két olasz szóból származik, együtt ezek rossz levegőt jelentenek. Ez a metafora azokat a hiedelmeket foglalta össze, amelyek szerint a mocsarak, nedves árterületek látható, érzékelhető párái, kigőzölgései a légrézzel a szervezetbe jutnak, és súlyos betegséget okoznak. Ha el akarod kerülni a maláriát, óvakodj a nedvességtől és az éjszakától! Persze senki sem tudta, hogy pontosan hogyan lesz a belélegzett mocsárgőzökből betegség. Nem volt még megfelelő modell. Később rájöttek arra is, hogy nem elég a nedves éjszaka, beteg csak akkor lesz valaki, ha megcsípi egy szúnyog. Az világos volt, hogy máshol a szúnyogcsípés nem okoz maláriát. Ki is derült, hogy csak egy bizonyos szúnyogfaj, az Anopheles csípése okoz betegséget, de ez se mindig. Végül 1880-ban felfedezték a malária kórokozóját, kiderült, hogy a betegség alapja egy állati parazita, a mikroszkopikus *Plasmodium malariae*, amely a vörösvértestek szétroncsolásával károsítja a szervezetet, és az Anopheles csípése juttatja az emberi szervezetbe. A betegség kialakulását és terjedését magyarázó, gyakorlatilag is hasznos, jó modellt akkor voltak képesek elkészíteni a tudósok, amikor felfedezték, hogy a mocsaras vidékeken gyakori Anopheles szúnyog döntő szerepet játszik a plazmodiumok terjesztésében. Láthatjuk, hogy a metafora sem volt haszontalan, a betegség kialakulását illetően igen lényeges ismereteket tartalmazott (tartózkodj a nedves, mocsaras vidéktől!), belső szerkezete fejletlen volt ugyan, a tapasztalatok, sejtek nem alkottak logikailag is korrekt hiedelem-struktúrát, de a modell fokozatosan javult, egyre pontosabbá vált. A sejtek lényeges komponensei a metaforának, a metafora egészét azonban mégis inkább egy „fekete doboznak” tekinthetjük, és a tudományos fejlődés éppen e fekete doboznak pontos jóslásra használható modellé alakulásában nyilvánul meg.

A korszerű természettudomány tudományfilozófiai üzenete az, hogy a természeti „törvények”, „igazságok” az ember alkotásai, nem a külső valóság létezői, amelyek felfedezésre várnak, nem egy omnipotens isten vagy értelmes anyatermészet logikus konstrukciói, hanem modellek, olyan emberi konstrukciók, amelyeket működtetve képesek vagyunk a természet egy korlátozott területén néhány jelenség lezajlásának korlátozott magyarázatára, jövőbeli történések bizonyos valószínűségű predikciójára, megjósolására. A modelleknek elsősorban gyakorlati hasznuk van, ez lehet egy jó hajózási térkép, televíziós műhold vagy csupán értelmes magyarázat arról, hogy a nap valószínűleg holnap is felkel. Az ember ősidők óta igyekszik a környezetében előforduló jelenségeknek valamiféle oksági alapú magyarázatot adni. A nap időtlen idők óta felkel hajnalban, végigvonul az égen és este eltűnik. Ez a jelenség valamiféle magyarázatot kíván, nyilvánvaló, hogy a legegyszerűbb magyarázat az aktor-akció logikájában lelhető fel. Valaki csinál valamit, ez hozza létre a jelenséget, ahogyan az ember is számtalan jelenséget képes önkaratából előidézni. A korai görög mitológia hiedelme, mint már említettük, egészen jó elmélet az akkori kor szintjén: a napot Apolló isten szállítja tüzes szekeren.

Később felfedezik a bolygókat, megfigyelik a bolygók furcsa pályáit és a magyarázat-hoz már nincs szükség valamilyen szociális aktor feltételezésére, kiderült már, hogy a tárgyak, így a bolygók, maguktól is végezhetnek szabályos mozgásokat. A földközpon-

tú, ptolemaioszi univerzum korrektebb jóslásokat tesz lehetővé, mint Apolló szekerének ideája, a copernicusi heliocentrikus, napközpontú modell tovább pontosít, évekre előre képes a csillagképek mozgását megjósolni, lehetővé téve ezzel a tengeri hajósok pontosabb helymeghatározását. A gravitációt, tömeget, megmaradási elvet alkalmazó newtoni

modell pedig már alkalmas a műholdak felbocsátására. A mostanában készülő, kvantumrelativitási modellek pedig kiterjesztik predikciós lehetőségeinket az egész univerzumra, de biztos, hogy ezek sem a végső, a megváltoztathatatlan igazság hordozói.

A modell tehát emberi mű, az elme játéka, sokban hasonlít a szociális egyezségekhez, a kultúra és az ideológiák struktúráihoz, bár ellentétben azokkal nem teljesen önkényes. A tudományos modellt készítő számára kötelező az egyeztetés a valósággal, kötelező az említett predikciós képesség vizsgálata. Az elmélet, a modell akkor jó, ha alkalmas valamire, ha képes valamit leírni, elmagyarázni, ha képes jelenségek, folyamatok jövőbeli állapotát több-kevesebb pontossággal megjósolni.

Az újabbkori „konstruktivisták”, a társadalomtudományok művelőinek kis csoportja, ezt nem ismerik el, azt képzelik, hogy a modellkészítés teljesen és lényegében független a realitástól, csupán az elme szociálisan jóváhagyott csinálmánya. Az emberi elme ugyan sokszor téved, sokszor tűnik alvajárónak, hogy Arthur Koestler kitűnő könyvére utaljak, hajlamos arra, hogy elméletjében a valóság elemeit elképzélésekkel, és kegyes, esetenként kegyetlen csalásokkal helyettesítse, de a tudománynak nevezett hiedelemrendszer kultúrájának belső rítusai rákényszerítik, hogy elméletjüket végül is összevesse a realitással. A természettudós modelljüket úgy változtatgatja, úgy csi-szolja, hogy azok mindig tükröznek valamit a rajta és társadalmán kívüli objektív valóságból. Ez a legfontosabb jellemzője a természettudományoknak.

Éppen ez a probléma a ma oly divatos paratudományok hiedelemvilágával. Megérzésekre, sejtésekre, metaforákra alapozva nagyon összetett konstrukciók készíthetők és kommunikálhatók: telepátia, telekinézis, akaratátvitel, kanálhajlítás, bioenergia, gyógyító kézrátétel, apró zöld emberkék a galaxisból és az elme megannyi más érdekes

Az ember mindig két birodalomban tevékenykedik: az egyik a mindennapi emberi gyakorlat, a munka, a technika, a technológiák, kísérletek, megfigyelések következetes valósága; a másik, nem kevésbé fontos birodalom a hiedelmeké, az elméletek, az elme konstrukcióinak világa. Ehhez a birodalomhoz tartoznak a babonák, a mesék, a mítoszok, a vallások, a filozófiák, a szigorú szabályok szerint teremtett világok, mint a matematika és a geometria. Mind a két birodalom emberi és nagyszerű. Örök problémáinkra hol az egyikből, hol a másikkól kölcsönzött eszközökkel keressük a választ és várjuk a segítséget. A természettudomány az egyetlen olyan találmányunk, amelynek mindkét birodalomban egyformán vannak gyökerei. Az elmekonstrukciókat látszólag szabadon építjük a hiedelemvilágban, de gyakorlati problémák megoldására használjuk, és csak azokat használhatjuk, amelyek a gyakorlat világában is működnek.

szüleménye. Tátott szájjal hallgathatjuk őket mindaddig, amíg nem kell megfelelniük a gyakorlat kritériumainak, a megismételhetőség, az előre megjósolható és ellenőrizhető

előfordulás egyszerű, természettudományos kritériumainak. Csak ennyi az oly hön óhajtott befogadás, a tudományhoz tartozás feltétele. S ennek nem tudnak megfelelni.

A vallások, nagyon bölcsen, nem foglalkoznak a bizonyítással, a hit elegendő és egyetlen feltétele tanaik elfogadásának. A hívő számára érdektelen bármiféle kicsinyes bizonyosság. A vallás lényegét, a hit nagyszerűségét zúzná össze az, ha hitünket kívülállók idegen feltételeinek vetnénk alá.

Az ember mindig két birodalomban tevékenykedik: az egyik a mindennapi emberi gyakorlat, a munka, a technika, a technológiák, kísérletek, megfigyelések következetes valósága; a másik, nem kevésbé fontos birodalom a hiedelmeké, az elméletek, az elme konstrukcióinak világa. Ehhez a birodalomhoz tartoznak a babonák, a mesék, a mítoszok, a vallások, a filozófiák, a szigorú szabályok szerint teremtet világok, mint a matematika és a geometria. Mind a két birodalom emberi és nagyszerű. Örök problémáinkra hol az egyikből, hol a másiból kölcsönzött eszközökkel keressük a választ és várjuk a segítséget. A természettudomány az egyetlen olyan találmányunk, amelynek mindkét birodalomban egyformán vannak gyökerei. Az elmekonstrukciókat látszólag szabadon építjük a hiedelemvilágban, de gyakorlati problémák megoldására használjuk, és csak azokat használhatjuk, amelyek a gyakorlat világában is működnek.

Volt idő, amikor minden problémánkra a hiedelemvilágból vártuk a megoldást, a vallás természetes igényét hihetetlen méretű és összetettséggű szociális konstrukcióvá fejlesztettük, amely egész életünket átfogta és a gyakorlati problémák tökéletlen megoldása helyett a hiedelemvilág harmóniáját és stabilitását kínálta. Azután az ipari forradalommal kezdődően, és még ma is, a gyakorlat birodalmához fordultunk, technikai, technológiai megoldásokat kerestünk és keresünk mindenre, a katasztrófális eredmény már jól mutatkozik. Sokan tévesen azt hiszik, hogy a tudomány teljes egészében a gyakorlat birodalmához tartozik, hogy a tudós pontosan tudja, mit csinál és teljes mértékben felelős a jó megoldások elkészítéséért. Ez nem így van, nem így volt és sohasem lesz így. A tudomány mindkét birodalom gyermeke. A tudós naiv hittel szerkeszti elméleteit, sokszor szertelenül, vad fantáziával. Ezek az elméletek nem igazságok, nem felismerések, nem megtalált törvények, hanem modellek, működő elmekonstrukciók, be lehet őket indítani, szabadon változtatni, egyszerűsíteni, bonyolítani, lehet velük játszani. Többek között ki lehet őket próbálni a gyakorlatban. És ekkor az elmélet sorsa eldől: vagy eredménytelen a gyakorlatban és akkor rövidesen a szemétdombra kerül, vagy valamivel jobb, mint amit eddig alkalmaztunk, valamit pontosabban ír le vagy jósol meg, mint az előző elmélet, és akkor használjuk. Használjuk, hiszünk benne, mindaddig, amíg egy jobb nem akad. Ennyi a tudomány, nem több és nem is kevesebb. Ami a gyakorlati világban ezután jön, amikor vakcina lesz a vibriókból, a radioaktivitásból atombomba, az elektromos delejből számítógép, az már nem tudomány, az már technológia, fajunk kiirthatatlan szenvedélye az ideakonstrukciók anyagi megvalósítására, függetlenül a végeredmény kárától vagy hasznától.

Az ember lényegét éppen az a kettősség adja, hogy mindkét birodalomban szabadon kószálhat. Problémái akkor keletkeznek, amikor barangolásai közben megfelejtkezik erről és kizárólag egy istenben, egy ideológiában vagy egy technológiában keresi a végső megoldást. A tudomány az egyetlen olyan emberi intézmény, amely gyarlóságai ellenére megóvhat ettől, csak ne akarjuk vallásnak hinni, és ne tekintsük mindenre választ adó technológiának. A tudomány sokkal emberibb jelenség, mint gondolnánk.

A „szupertudomány”

Lényeges itt megjegyezni azt, hogy napjainkban felgyorsultak az integrációs folyamatok a tudományok között. A természettudományok kezdeti fejlődési szakaszában az egyes részterületek, a fizika, a kémia, a biológia, a pszichológia kizárólag a saját problémáikkal

törődtek, leírták a megfigyelt jelenségeket és igyekeztek azt valamilyen módon értelmezni, de nem feltétlenül vették figyelembe a társtudományok eredményeit. Később aztán kiderült, hogy vannak olyan elvek, törvényszerűségek, amelyek minden tudományterületre érvényesek. Ilyen például az anyag vagy az energia megmaradásának elve. Az elmúlt évszázadban jöttek rá a biológusok, hogy a biológiai jelenségek mögött mindig kémiai reakciók állnak. Ebből a felismerésből született a molekuláris biológia. A világ megismerése során kiderült, hogy noha minden szerveződési szintnek megvannak a maga sajátos törvényei, végső magyarázatokat csak akkor vagyunk képesek kimunkálni, ha a magasabb szintű jelenségek mögött feltárjuk az alacsonyabb szintek mechanizmusait, a biológia esetében tehát a kémiai reakciókat, de a galaxisok keletkezésének magyarázatához is szükségünk van az elemi részek fizikájára. Kialakulóban van egy hatékony „szupertudomány”, amelynek minden részét közös elvek, idővel közös nyelv köti majd össze. Három jellegzetessége van:

- a. kettős leírás,
- b. logikai átjárhatóság,
- c. átfordíthatóság.

A kettős leírás azt jelenti, hogy egy-egy jelenségcsoport magyarázatát legalább két szerveződési szinten történő leírással szükséges megadnunk. A sejt leírása például „sejtszinten”, a szaporodás, táplálkozás, ingerlékenység, sejtkölcsönhatások, valamint „molekuláris szinten”, a kémiai reakciók, a katalízis, az anyagcsere-folyamatok, a makro-molekula szintézis stb. folyamatainak leírásával történik. Az egyedi állati viselkedés magyarázatait egyrészt az egyedi szervezet szintjén megfogalmazott, etológiai leírás, másrészt az idegrendszeri szinten működő, molekuláris, idegéletteni mechanizmusok leírásának együttese adja. Az állatpopulációk viselkedését az ökológiai és az etológiai leírási szint magyarázza. Nagyon fontos, hogy amikor például emberi jelenségek leírásával foglalkozunk, nagy figyelemmel legyünk a szerveződési szintekre. Egy ember érez, figyel, gondolkodik. Ezeket a fogalmakat értelmezhetjük az egyedi viselkedés és az elmében zajló folyamatok szerveződési szintjén, de hatásukat kimutathatjuk társadalmi folyamatokban is. Sokszor olvashatjuk, hallhatjuk azonban, hogy az „értelmiség azt gondolja”, a „nemzet úgy érzi”, és esetleg olvasás közben egyet is értünk az íróval. De ha elgondolkozunk azon, hogy pontosan miről is van szó, kiderül, hogy itt hirtelen egy szerveződési szintváltás következett be, és nem biztos, hogy az egyén szintjén modellként funkcionáló „gondolkodás” fogalma gyümölcsözően használható egy elég rosszul meghatározható társadalmi réteg esetében is. A „gondolkodás” itt nem modell már, hanem csak metafora, egészen más tartalommal, más jelentéssel. A tudományos gondolkodás legtöbb problémája éppen abból adódik, hogy egy-egy leírásban, érvelésben észrevétlenül marad a szerveződési szint megváltozása.

A logikai átjárhatóság egyszerűen úgy fogalmazható meg, hogy az integrált tudományterületek bármelyik két jelenségét képesek vagyunk minden rákövetkező egységében valamilyen értelmezhető logikai láncsal összekötni. Pl. a cukorbetegség a biológiai, az atom a fizikai tudományok területére tartozó fogalom, a kettőt összekapcsoló logikai lánc pedig a következő: a cukorbetegség az organizmus szintjén megjelenő tünet-együttes, amelyet visszavezethetünk a hasnyálmirigyre, a vércukorszint szabályozására, az inzulin-termelő sejtekre és egyebek között az inzulinra. Az inzulin fehérjemolekula, atomcsoportok, atomok találhatóak benne. A logikai lánc minden elemét kielégítő kauzális magyarázatokkal köthetjük össze. Az is nyilvánvaló már, hogy az inzulin csak az egyik molekuláris szereplő, tíznél is több fajta cukorbetegség van, és pontos molekuláris mechanizmusaik felderítése intenzív kutatások tárgya.

A harmadik jellegzetesség az átfordíthatóság, ez utal az egységes tudományos nyelvre, vagyis arra, hogy a logikai átjárhatóság bizonyítása során az egyes szerveződési szinteken alkalmazott magyarázatok szemantikailag egyenértékűek és egymásnak pontosan megfeleltethetőek. A sejtszótódás folyamatainak sejtszintű leírását például pontosan átfordíthatjuk molekuláris folyamatokra.

A szupertudomány ma még csak a természettudományokat, a fizikát és társtudományait, a kémiát és a biológiát foglalja magában, de megindult a társadalomtudományok csatlakozása is, ami szükségszerűen a pszichológiai, szociológiai és gazdasági jelenségek természettudományos vizsgálatát kívánja. Az emberrel foglalkozó hagyományos tudományok közül a pszichológia reagált a leggyorsabban a természettudományok kihívására az evolúciós pszichológia irányzatának megjelenésével, amely éppen a biológiai megalapozottságú humánológiai és evolúciógenetikát kívánja a hagyományos pszichológiai szemlélettel, több-kevesebb sikerrel ötvözni. De beszélnek már molekuláris antropológiáról is, amely egyes antropológiai kérdéseket az emberi génszerkezet vizsgálatával kíván eldönteni.

Csányi Vilmos

akadémikus

Akadémia Magyar Tudományos Akadémia