

Tudományközi beszélgetések: kognitív tudomány

Az MTA Filozófiai Kutatóintézet *A 21. század tudományrendszere* című nagy projektjének keretében indított tudományközi beszélgetéssorozat harmadik alkalomával a kognitív tudományról volt szó. A 2003. október 16-ai találkozón Kovács Ilona, Pléh Csaba és Kovács Gyula kognitív tudósok beszélgettek a filozófusokkal és más tudományágak képviselőivel.

A KOGNITÍV TUDOMÁNY KULCSFOGALMAI TUDOMÁNYRENSZERTANI SZEMSZÖGBŐL

Pléh Csaba a reprezentáció tudományának nevezte a kognitív tudományt. Quintilianus általános megfogalmazása szerint a reprezentáció valami helyett áll valakik számára. Elgondolkodtató, hogy mennyire hasonlít a kognitív tudomány szemlélete azokhoz az ismeretelméleti törekvésekhez – mondjuk Helmholtz vagy Mach törekvéseihez –, amelyek minden emberi megismerést valamilyen jeltani keretben próbálnak hangsúlyozni. A mai kognitív tudomány – és XIX. századi vagy azelőtti szerveződése is – abban különbözik a pusztán jelfogalmat előtérbe állító felfogásoktól, hogy számukra a reprezentációk olyan leképezések – gondolatok, képek stb. –, amelyek a fejünkben vannak, és fejünkön belül is összekapcsolódnak egymással. A megismerés problémáját épp ez az egymással való kapcsolatteremtés adja.

Az ember viselkedésének vizsgálata meghatározottsági viszonyokkal foglalkozik: bizonyos külső események hatására hogyan változik viselkedésünk. Az elmúlt ötven évben a belső feldolgozás vált a legérdekesebb kérdéssé. Ha tágabb biológiai értelemben vizsgáljuk a meghatározottságot, akkor az lehet nagyon közvetlen, lehet késleltetett – ez az emlékek világa –, és olyan, ahol maga a belső rendszer saját munkájának a tárgyává válik, ezeket szoktuk reprezentáción keresztüli meghatározottságnak nevezni. Biológiai perspektívában vizsgálva, az élő megismerő rendszerek kapcsán izgalmas evolúciós kérdés, hogy hogyan válik ez a meghatározottság egyre komplexebbé, oly módon, hogy végül már ígérek stb. lesznek az alapjai. A reprezentációk belső szervezettségéhez kapcsolódóan – mondjuk Roger N. Shepard képei kapcsán – előtérbe kerül a másodrendű izomorfizmus kérdése. Már nem csupán arról van szó, hogy a képek hasonlítanak a dolgokra, hanem hogy A kép pont olyan viszonyban van B képpel, mint A' dolog B' dologgal a világban.

A reprezentáció fogalmát a kognitív tudomány természetesen a Brentano által kidolgozott keretben is kezeli: a mentális folyamatokat az különbözteti meg a fizikai folyamatoktól, hogy valamilyen intencionális viszonytal rendelkeznek, valamire irányulnak, ami nem saját maguk. „Nincs hallás valami meghallott, hívés valami elhitt, remény valami reményllett nélkül, nincs törekvés a törekvés célja nélkül...”. A vágyakozásnak és

minden más pszichikai aktusnak is a megjelenítési eljárás képezi tárgyát, ezért Brentanohoz hasonlóan Pléh Csaba is úgy gondolja, hogy az érzelmek, sőt a vágyak problémája is beletartozik a kognitív tudományok perspektívájába. A kidolgozott filozófiai reprezentációs elméletek – például Fodor reprezentációelmélete – abból indulnak ki, hogy a megismerés világát bizonyos kijelentések, és a kijelentésekkel kapcsolatos sajátos hozzáállások és vágyrendszerek jellemzik, és ebben a kétdimenziós rendszerben értelmezhető minden megismerési folyamat.

A mai kognitív tudomány az európai ismeretelméleti és természettudományos szemlélet sajátos egymásra találásából fakad. A régmúltban volt egy empirista hagyomány, amely letről felfelé szeretne volna felépíteni az emberrel kapcsolatos ismereteket, és úgy gondolta, hogy az egyes ember fejében is így történik az építkezés. A racionális hagyomány a tiszta formákból kiindulva, felülről lefelé szeretne gondolkodni. Ehhez kapcsolódóan a felvilágosodás korában újra uralkodóvá válik a sajátos természeti egyiségről szóló nézet. A kérdés az, hogy ez a három a mai kognitív tudományban hogyan kapcsolódik össze.

ÁLLOMÁSOK A MAI KOGNITÍV TUDOMÁNY TÖRTÉNETÉBEN

Pléh Csaba négy szakaszt különböztet meg a mai kognitív tudományban, melybe még a XIX. század vége is beletartozik. Ezután következett az ötvenes évektől a kísérleti pszichológia kialakulása, majd valamikor a 70-es és 80-as évek táján annak észrevétele, hogy a szakmánkban létrejött modellálási és reprezentáció központú felfogások – az etológia, a neurobiológia, a pszichológia felfogása – együtt hozza létre a kognitív tudományt, amely akkoriban valamely testetlen, gépies metaforából indult ki. Az utóbbi másfél évtizedben ezt a felfogást szeretné meghaladni a kognitív tudomány.

Ha úgy tetszik, az első próbálkozások idején három különböző mintázat fogalmazódott meg a megismerés vizsgálatára, de ezek sajnos nem nagyon kommunikáltak egymással. Ez volt a kísérleti pszichológia mintázata, amely kizárólag alulról felfelé építkezve szeretne volna létrehozni az egyéni megismerés elméletét. A másik a Frege–Husserl vonal, amely úgy foglalkozott az eszmék rendjével, hogy nem akart rákérdezni, hogy az hogyan került a fejünkbe. A folyó túloldalán áll Durkheim munkássága, aki szerint a megismerés igazi keretét az embert körülvevő közösség által szabott korlátok képezik.

Az elmúlt 15 évben megfogalmazódott, hogy nem lehet testetlenül tekinteni a megismerést. Három interpretáció jött létre. A két biológiai közül a proximális az idegrendszer működésére helyezi a hangsúlyt. A másik, a disztális biológiai azt a kérdést teszi fel, hogy az idegrendszer miért jut arra az evolúció során, hogy tárgyakat fog reprezentálni. A harmadik értelmezés szerint a megismerést társadalmi minták korlátozzák. Ezekkel a korlátokkal foglalkozik Durkheim, ám ez az interpretált kognitív tudomány már valami újnak az igénye. A 25 évvel ezelőtti – még klasszikusnak nevezhető – felfogás már kész szimbólumokban, kész rendszerben gondolkodik. Ezzel szemben a mai felfogás mindenben – az evolúciós gondolatától az egyedfejlődésig – változásközpontú.

TENGELY ÉS PONT ALAPÚ REPREZENTÁCIÓ

Egy kétdimenziós rajzot sokféleképpen lehet leírni, a határvonalaival, a felszín tulajdonságaival, egy bonyolultabb formát részekre lehet bontani. Kovács Ilona a tengely-alapú reprezentációt mutatta be, amely a többi reprezentációval ellentétben a tárgyból, a formából csak néhány egyszerű, de nagyon informatív vonalat tart meg. Erre példa a pálcikaember is. Néhány kis vonal nagyszerűen megmutatja számunkra a reprezentáció tárgyát, felismerjük, hogy egy emberről van szó, esetleg azt is, milyen cselekvést hajt végre.

Kovács Ilona és kollégái arra a kérdésre keresték a választ, hogy létezik-e egy olyan – a mesterséges képfeldolgozó eljárásoknál is alkalmazott – algoritmus, amely a tárgyakat a tengelyeikkel helyettesíti.

Egy pszichofizikai kísérlet során kiderült, hogy ha egy körvonal által behatárolt területen megjelenő különböző szűrkeségű foltokat kell detektálnia a kísérleti alanyoknak, a kontrasztérzékenység függeni fog a folt elhelyezkedésétől: a körvonalakhoz közel gyengébb, míg a terület szimmetria-középpontja felé erősebb az érzékenység.

Az előzetes becsléseket egy mesterséges modellre alapozták a kutatók, ami segített megjósolni a pszichofizikai eredményeket. Ez a modell nagyon hasonlít a tengely-alapú reprezentációra, azzal a különbséggel, hogy a tengelyen belül speciális pontokat lehet meghatározni, és ezek a pontok informatívabbak, mint a tengely egésze. A modellben használt algoritmus tulajdonképpen a tökéletes szimmetria pontjait keresi meg egy tetszőleges formán belül. A szimmetriapontokkal behelyettesített alakzat is nagyon jó leírást ad, tehát nagyon sok pontot, térkoordinátát néhány ponttal tudunk helyettesíteni.

A kontraszt változásaira az agykérgi rendszeren belül az úgynevezett elsődleges látókéreg reagál nagyon érzékenyen, tehát ahova először érkezik meg a képi információ. Ezért ha létezik ilyen fajta reprezentáció az agyban, akkor ezekhez a nagyon alacsony területekhez kötődik. Ez persze nagyon gazdaságos, ha a memóriáról, a tárolásról van szó. De részletek veszhetnek el, ami az alakfelismerésnél nem előnyös.

Ez a reprezentáció ugyanakkor nagyon előnyös lehet a biológiai mozgás érzékelésénél. Az élőlényeknek a tárgyakkal szemben nem állandó a formájuk, rengeteg izületük van, ahol a mozgás szabadságfoka igen nagy, a különböző testrészek egymáshoz viszonyított helyzete folyamatosan változik. A mozgó tárgyról bejövő összes információ megtartásával komputációs szempontból nagyon sokba kerülne a mozgás hatékony reprezentációja.

MAREY IDŐFÉNYKÉPEI

Jules Marey, egy XIX. századi francia orvosdoktor, a könnyebb diagnosztizálás érdekében szerette volna valami módon megragadni a *mozgást*. Hosszú kísérletezés után az állólemezes fényképezőgép mellett döntött: itt a lemez előtt egy nyílásokkal ellátott zár forog, és ahogy a nyílások elmozdulnak, sorozatfelvétel készül a mozgó alanyról. Ezzel a megoldással csak az volt a baj, hogy kevesebb expozíció – tehát egy képen kevesebb fázis – esetében a test kivehető volt ugyan, de rossz volt az időbeli felbontás. Több expozícióval javult az időfelbontás, több fázis volt kivehető egy képen, de egymásba csúsztak, összerosódtak a testek, romlott a térbeli felbontás. Ez a szituá-

ció rámutatott a térbeli és időbeli felbontás ellentmondására a mozgás és a forma összekapcsolásánál.

Marey fényképen a testek kiterjedését manipulálva a térbeli dimenzióban csökkentette a redundanciát. Intuitíven rájött arra, hogy a mozgás szempontjából vannak fontos és kevésbé fontos helyek egy testen. A fontos helyek azok, ahol a mozgásszabadság foka a legnagyobb, tehát az ízületeknél. Az ízületeken elhelyezett kis csillogó gombokat, ezeket a biztonság kedvéért összekötötte csillogó drótokkal, és a fekete ruhába öltöztetett alanyt megkérte, hogy fekete háttér előtt sötétben sétáljon, miközben ő a gombokról és drótokról visszaverődő fényt regisztrálta speciális fényképezőgépével. Az ún. időfényképen látható reprezentáció, ha úgy tetszik, a sétálás függvénye. Az időfényképezésnek vannak mai alkalmazásai is, Marey-t használják a patológiai mozgásformák kiszűrésére is, természetesen kiegészítve a videotechnikával, és kis gombok helyett LED-eket helyeznek el az ízületeken.

A biológiai mozgás mai kutatásában nem feltétlenül hivatkoznak a Marey-féle megoldásra, de nyilvánvaló a hasonlatosság. Egy mozgó modellen az emberi test 13 releváns pontjából megállapítható, hogy milyen fajról van szó, milyen tevékenységet folytat, esetleg az is, hogy férfit vagy nőt látunk.

A tengelyekre és pontokra való fent leírt érzékenységről tudjuk, hogy specifikus adottságnak tűnik, tehát olyan készsége az embernek – és nem csak az embernek –, ami már az újszülött korban is működik, egy speciális agyterület foglalkozik vele. A tengely, ill. pont alapú reprezentációt az elsődleges látókérgi idegsejtek kötik össze a biológiai mozgás érzékelésével. A kétdimenziós formák pontszerű leírása – kétdimenziós, mert az elsődleges látókéreg a retinaképet használja fel – az elsődleges látókéregből megy tovább a temporális kéreg felé, a fali lebeny felé. Ez az a specializálódott agyterület, amely a biológiai mozgással és az arcfelismeréssel is foglalkozik, ahol létrejön a pontokból a mozgás.

SPECIÁLIS-E AZ ARCPERCEPCIÓ?

Kovács Gyula az arcpercepcióról beszélt, amely elmondása szerint nagyon jó modell-jét adja az agy működésének. Az agy nem minden területe látja el ugyanazokat a feladatokat, a különböző funkcióknak létezik egyfajta elosztása. Ezeknek a területeknek – ún. moduloknak – el kell különülniük egymástól, mindig egy adott ingertípus, egy adott csoport reprezentációjáért felelősek.

Az egyik legfontosabb jelöltjei ennek a reprezentációnak az arcok, hiszen körül vagyunk véve velük, gyakran a legkülönbözőbb dolgokban arcot fedezünk fel.

Az ún. *face recognition debate*-nek nevezett vita arról szól, hogy felismerésüket illetően speciálisak-e az arcok. Ha azok, akkor van-e hozzájuk egy domainspecifikus folyamatfeldolgozó rendszer az agyban, vagy pedig több általános, a tárgyakat egyformán feldolgozó modul van az agyunkban.

Az arcok és a tárgyak felismerése lényegesen különbözik, mind a részletek felismerése, mind az egészben – a holisztikus reprezentáción keresztül – történő felismerés terén. Az arcok precíz konfigurációját sokkal könnyebben jegyezzük meg, mint más tárgyakét, például a házakét. Ugyanakkor egy arcból kiragadott részletet sokkal nehezebben ismerünk fel, ha nem az arc kontextusában látjuk.

Az arcfelismerés speciális voltát támasztja alá a prozopagnóziások esete. Ezeknek az arcfelismerési képtelenségben szenvedő embereknek kiesett az arcfelismerés valamelyik eleme. Bár tudják, hogy emberi arcot látnak, de sokszor nem tudnak elkülöníteni érzelmeket, sokszor nemeket, személyeket nem ismernek föl.

Másrészt létezik egy N170 elnevezésű agyhullám (negatív, 170 milliszekundumos látencia) az ember fejében, amiről tudjuk, hogy egy arcspecifikus vonal. Házak vagy tárgyak képeire sokkal kisebb amplitúdóval jelenik meg, mint arcok esetében. Az arcok megfordításával erősen leromlik a percepció, a hullám látenciája eltolódik és az amplitúdója nagyobb lesz. A látencia eltolódása azt jelenti, hogy nehezebb és lassabb a felismerés.

Az ún. fuziform arc terület (FFA) sokkal nagyobb aktivitást mutat, ha arcokat néz az ember, mint tárgyak, vagy – mondjuk így – picasso arcok estében.

Elektrodás méréssel találni lehet olyan területeket a temporális lebeny alsó részén, amelyen az arcra érzékenyebb egysejt aktivitás tapasztalható.

Ezek az adatok arra utalnak, hogy vannak speciálisan az arcok feldolgozásáért felelős területek, amelyek arcok és egyéb dolgok esetében más-más aktivitást mutatnak. De ugyanezen adatok másképp is interpretálhatóak.

SZÉTOSZTOTT REPREZENTÁCIÓ, PLASZTIKUS AGYMŰKÖDÉS

Az invertált arcok esetét vizsgálva megismételték a kísérletet kutyaszakértőkkel és írásszakértőkkel. Mindkét csoportban azt találták, hogy a laikusokkal szemben a szakértők mutatták a *felfordult hatást*, tehát a kutyaszakértők nehezebben ismerték fel a fejfelé lefelé bemutatott kutyát, és ugyanez volt jellemző az írásszakértőkre is. Vagyis a felfordult hatás nem specifikus az arcokra.

Erre a célra kifejlesztett háromdimenziós számítógépes figurákkal (*greebles*) való kísérletezés során kiderült, hogy megfelelő tréning után az ember nem pusztán családokra képes osztani ezeket a figurákat a megjelenésük alapján, de a részletfelismerés, ugyanolyan módon, mint az arcok esetében, csak az egész figura kontextusában működik jól. Vagyis ez sem arcspecifikus.

Vizsgálták az N170-et madárszakértőknél is, akiknek arra kellett válaszolniuk, hogy a látott barna réti héja tojó vagy hím. Náluk is, ahogy a korábbi esetekben, a hullám amplitúdója szintén sokkal nagyobb volt a szakértett tárgyra. Egy másik, erősebb bizonyítékozási kísérlet: interferenciába lehet hozni az arcfelismeréshez kapott N170-et a szakértett kategóriára kapott N170-nel. Ha ugyanaz a modul felelős mindkettőért, akkor a kutatók elvárása szerint interferencia kell, hogy legyen a kettő között. Az arcra kapott N170 változik, elromlik, interferenciába kerül például a madarakra kapott N170-nel a szakértő csoportban. Ez sem speciális. Az FFA nem csak arcokra aktiválódik. Kimutatták, hogy az aktivitás összemérhetően nagy ezekben a szakértőcsoportokban az arcokra kapott aktivitással.

Még az arcfelismerés esetében is – ahol annyi adat utal egy specifikus modulra – kiderül, hogy az agyban szétosztottak a reprezentációk, és sokszor fedésben is vannak. Ezt jelenti a plaszticitás. Az agyban nem rigidek a területek, hanem a tanulás, a tapasztalat, a környezettel való interakció változtatja őket, tehát az agyunk távolról sem rigid struktúra, hanem folyamatosan, plasztikusan változik.

Nyíri Kristóf a belső kapcsolatokkal rendelkező reprezentációk kapcsán megjegyezte, hogy a fejünkben hálózatokba rendeződő reprezentációkból kiindulva érthető, hogy a tudás világában egy hálózatszerű reprezentáció hatékonyabb tud lenni, mint egy lineáris. A mindentudás ugyanakkor azt jelenti, hogy mindent modellezni képes ugyanaz az elme. Nyíri Kristóf feltette a kérdést: vajon az ember mennyire sok modellt képes raktározni magában, hol vannak a határok.

Pléh Csaba válaszában elmondta, régen azt tanította, hogy azért is kell strukturált nyelv, mert az ember nem tudna megjegyezni minden mondatot, amit életében hallott. Ezt ma már nem tartja igaznak. Az oldalsó lebeny hallással és szókinccsel kapcsolatos részeinek finom szövettani szerkezetét vizsgálva kiderül, hogy 1 köbmilliméterben 100 millió szinapszisnak van helye. Egyszerűen biológiailag nehezen értelmezhető érv, hogy a fejünkbe nem fér több információ.

Nyíri Kristóf hozzáfűzte, ha el is képzelhető ugyanolyan fajta információból megjegyezni akár tízezer darabot, a különböző megközelítéseknek, reprezentációknak, diszciplínáknak különbözőek a látásmódjai. Különböző sémákat, különböző modelleket kell használni a különböző látásmódok megértéséhez, később ezeken belül lehet megjegyezni tízezer adatot.

Kovács Ilona ennek kapcsán elmondta, hogy egy új világba bekerülve meg kell tanulni látni, értelmes egységekre kell szegmentálni a világot. Így működhet ez egy új tudományággal, nyelvvel, hangszerrel való találkozásokor is. A szegmentáció során kerülnek a kezünkbe az elemek, de miközben szegmentálunk, már szervezzük is őket. A szegmentáció elég alacsony szinten történik, akár perceptuális és még nem kognitív.

Bedő Viktor a kogníció határaitra kérdezett rá: mi történik akkor, ha a folyamatok vizsgálatánál például vegyi folyamatokat is figyelembe veszünk, és nem csak az agy és az érzékszervek zárt rendszerén belül gondolkodunk?

Pléh Csaba válaszában ezeket a tényezőket – mint moduláló tényezőket – fontosnak nevezte a kognitív kutatásban. Pont azokat a határokat mutatják meg, hogy egy adott érzékeny kognitív rendszer milyen nem kognitív rendszerekhez kötődik. Vannak olyan énekes madarak, amelyek a szezonális, hormonális változásoknak megfelelően minden tavasszal új éneket tanulnak meg. De ez a kémiai beállítás nem egy kognitív rendszer, hanem moduláló tényező.

Kovács Ilona kiegészítésképpen hozzáfűzte, hogy ez a fajta moduláció a madarakban azt eredményezi, hogy egy bizonyos sejtcsoport elpusztul azon a kis agyterületen belül, ami az énekért felelős, és minden évben újra keletkezik. Ez egy nagyon extrém példája a plaszticitásnak. Olyan esetekben, amikor sikerül elhíttetni az ember agyával, hogy új környezetbe került, beindulnak ezek a mechanizmusok, és például hatékonyabbá válik a tanulás.

Békés Vera összefüggésbe hozta azt a gondolatot, hogy sikerül-e elhíttetni az aggyal, hogy új környezetbe került, a William James által kidolgozott – Polányi Mihály által is tárgyalt – ismeretelméleti kérdéssel, méghozzá a precedens nélküli események észlelésének problémájával: a tűzföldi indiánok nem nagyon vettek tudomást Darwinnak az öbölben kikötő óriási hajójáról, viszont nagy figyelmet fordítottak az apró csónakokra. Vajon ki vagy mi hiteti el az aggyal azt, hogy teljesen új szituáció áll fenn, és ebben milyen szerepe van annak a plauzibilitás struktúrának, amelyekben egyesével létezőnk? Milyen szerepe van az egyénnek, a kollektívának, ill. a társas meghatározottságnak?

Pléh Csaba leszögezte, hogy a modern kognitív kutatásnak az alapfogalma a reprezentáció, de az emberi működés egészét tekintve nagyon nagy szerepe van a reprezentáció nélküli komplex teljesítményeknek. Az ötvenes években Innsbruckban olyan adaptációs kísérleteket folytattak, melyek során megfordították az emberek látását, balról jobbra, fentről lentre. Már a reprezentáció adaptálódása előtt, mikor az alany még mindig fordítva látta Innsbruckban a világot, helyesen nyúlt a pohár után, mivel inni akart. Minden ilyen kísérlet eredménye az, hogy a cselekvés előbb alkalmazkodott. A hajót ugyanis nem kell megfogni. Ezt a látáskutatásban a cselekvési és a felismerési látórendszer kettősségének nevezik.

Nyíri Kristóf megkérdezte, hogy miután a meghívott kutatók egyszerre beszélnek kognitív tudományról, megismeréstudományról, kognitív pszichológiáról, minek neveznék magukat: pszichológusnak, vagy nem pusztán annak? Továbbá Nyíri ezen kutatási területek akadémiai világban tapasztalt ütközései felől érdeklődött, és afelől, hogy hogyan reagálnak a befogadó vagy nem befogadó intézmények egy diszciplína imperialisztikus törekvéseire.

Pléh Csaba ennek kapcsán a San Diego-i, a kaliforniai vagy a massachusettsi egyetemre hivatkozott, ahol különböző okokból és kontextusokban létrejött a pszichológusok kettéválása. Ugyanolyan tudósok dolgoznak a pszichológiai és a kognitív pszichológiai tanszéken, csak utóbbiak jobbnak tartják magukat, szerintük jobb módszerrel, interdiszciplinárisabban, sokoldalúbban kutatják ugyanazt. Magyarországon sokak számára probléma, hogy miért csak a kognitív jelző lehet integratív erejű a fiatalok számára. A pszichológiában – a nyelvészethez hasonlóan – létrejött a modern és a hagyományos kettőssége, Pléh Csaba véleménye szerint a modern pszichológiát nevezzük kognitív tudománynak.

Palló Gábor megjegyezte, hogy a leírt folyamatot nem összeolvadásnak, hanem fragmentálódásnak tekinti, miszerint a nagyobból levált egy kisebb, és önállósult. Természetes, hogy egy fragmentálódó tudomány fölhasznál társtudományokból vett módszereket és gondolatokat, ez minden fragmentációs folyamatnál előfordul. A biokémiától a fizikai kémiáig, molekuláris biológiáig. Palló szerint ez egy új terület territóriumfoglalása.

Pléh Csaba nem ért egyet a fragmentáció gondolatával. Példaként a kollégáival folytatott éppen aktuális kutatásra hivatkozott: a csoportban hat emberből négyen valójában különböző genetikai eredetű megismerési, fejlődési zavarok új típusú vizsgálatával foglalkoznak, amely a gyerekek gyógypedagógiai rehabilitációs ellátását hivatott megváltoztatni. A kognitív kutatások segítségével lehet bebizonyítani, hogy például a gyerekek alvásmintázatát megváltoztatva máshogy fognak tanulni.