

Horváth Péter

Az információtudomány történeti háttere VI.

A sorozatban az információtudomány fogalmait, megjelenésüket és kialakulásukat, összefonódásaikat kívánjuk bemutatni történeti fejlődésük keretében. A kultúrtörténeti tabló mellett célunk egy olyan modell bemutatása is, amely egységes keretbe foglalja az információról alkotott képünket. A hatodik részben a logika és a mesterséges intelligencia 20. századi összefonódásával, a természetes és mesterséges értelem hasonlóságával és különbözőségével foglalkozunk.

Az elme működéséről gondolkodó tudósok az elmúlt évszázadokban koruk tudományos modelljeihez hasonlították az agy működését. *Descartes* például az automata szökökúthoz. Nem véletlen tehát, hogy az első elektronikus digitális számítógépek elkészültével hamarosan ez az eszköz vált egyfajta modellé, és a gondolkodás teljesítményeit gépi úton megvalósítani kívánó új tudomány, a mesterséges értelem kutatása sok tudós, alkalmazása pedig a különböző szakterületek kutatói számára vált izgalmas feladattá. Áttekintésünk egyik célja azt bemutatni, hogy az információtudomány alapfogalmai milyen szoros kapcsolatban állnak e szakterület fogalomkészletével.

Talán *Alan Turing* volt az első, aki először szólt az intelligens gépezetekről egy 1947-ben tartott előadásában. Ő volt az, aki felhívta a figyelmet arra, hogy inkább programozással kell megoldani intelligens feladatokat, mint gépek építésével. 1950-ben ő publikálta az első tudományos közleményt e tárgyban, azokat a feltételeket tárgyalva, amelyek meghatározzák egy gépezet értelmességét, a mesterséges intelligenciát [Turing, 1950, 1965]. 1956-ban egy kutatócsoport pedig megfogalmazott egy számítógép-fejlesztési programot, amellyel modellezni kívánták az agy működését. Az egész történet nehéz, de kiváló összefoglalását adó *Andy Clark* szerint: Nem járunk messze az igazságtól, ha azt mondjuk, hogy Turing tette elképzelhetővé az MI-t, *McCharty* pedig (*Minsky*, *Newell* és *Simon* társaságában) lehetővé tette ezt [Clark, 1996].

Az előzményekhez tartozik – többek között – az is, hogy a biológus *Warren McCulloch* és a matematikus *Walter Pitts* már korábban foglalkoztak az idegrostok működésének logikai modellezésével. Munkájukról és a környező kutatásokról részletesen ír *Norbert Wiener* *Kibernetika* című alapművének bevezetőjében [1965]. Hamarosan széles

körben vitatott kérdéssé vált, hogy tudnak-e a gépek gondolkodni? A hallatlanul széles körű irodalomból *Neumann János* 1956-ban írt briliáns torzóját, a betegsége és halála miatt befejezetlen, mégis zárt és egész remekművét említjük, *A számítógép és agyat*, amelynek befejező gondolata, hogy az agy nem a matematika nyelvét használja [1964]. Ebben az alábbiak megerősíthetnek bennünket.

Mi a mesterséges értelem (MÉ, MI, artificial intelligence)?

A kifejezést 1955 táján *John McCharty*, amerikai matematikus vezette be, de jelentéséről máig folyik a vita. Jogos tehát, hogy *McCharty*t idézzük egy interjúból [node1]: *„Intelligens gépek, különösen intelligens számítógépes programok készítésének kutatása és tervezése kapcsolatban áll azzal a hasonló feladattal, hogy számítógépet használunk az emberi értelem megértésére, de nem kell, hogy a mesterséges értelem (kutatása) a biológiailag megfigyelhető módszerekre szorítkozzék.”* A kérdező nem hagyta annyiban: Rendben, de mi az intelligencia? És a válasz: *„Az intelligencia annak a képességnek számítási része, hogy elérjük céljainkat a világban. Az intelligencia változó fajtái és foka léteznek az emberben, sok állatban és néhány gépben.”*

Az intelligencia, az intelligens kifejezések gyakori és felesleges használatával a fogalmat a köznyelvben is sikerült zavarossá tenni. *McCharty* meghatározása jó, de sokan az MÉ-t csak egy munkadefiníciónak tekintik, amely úgy használandó, mint közelítő összefoglaló fogalom egy sor olyan speciális feladat számára, amelyek elvégzéséhez különböző okokból számítógép szükséges. Mielőtt ezeket a többnyire interdiszciplináris fel-

adatokat áttekintենek, célszerű a mesterséges-értelem-kutatás motivációit összefoglalni, amelyek egyébként nagyon hasonlóak a tudományos munka indítékaihoz.

- Minden automatizálási törekvés az ember helyettesítésére irányul, így van ez az értelemmel is. Az emberi értelem használata költséges, nem elegendő, gyakran távolról sem megbízható, és veszélyes helyzetekben vagy nem élettani körülmények között nem is használható.
- Az ember természetes érdeklődésének tárgya saját értelme, agyi gondolkozási tevékenysége. A számítógéppel olyan eszköz került a kezébe, amellyel modellezni, szimulálni képes eddig csak elgondolt és empiriával megismert folyamatokat.
- Végül erre vezet a számítástudomány önfejlődése is: a szakadatlan programfejlesztés, a megújuló igény nagyobb teljesítményű programnyelvekre és számítógépes rendszerekre.

A témakör forrásai, kapcsolódásai közé sorolhatjuk:

- a matematikai logikát;
- az elméleti és természetes nyelvvel foglalkozó nyelvtudományt;
- a LISP (listafeldolgozó) programozási nyelvet, amelyet McCharty vezetett be 1960-ban;
- a robotikát, a kognitív pszichológiát és a neuropszichológiát;
- az idegélettan kutatását.

A mesterségesértelem-kutatás témái és alkalmazásai

A McCharty-interjú néhány további részlete [node2, és node3] már rávilágít arra, hogy a mesterséges értelem kutatása milyen sok ponton érintkezik az információtudománnyal.

Az MÉ jellemző témakörei

Problémamegoldás

Kezdetben az MÉ-t gyakran azonosították az általános problémamegoldóval. A számítógép szimbólumokon végez műveleteket, és a matematikai tételek bizonyítása szimbólumok feldolgozásáról szól, ezért kézenfekvő volt a feltételezés, hogy tételbizonyításra is alkalmas. Előbb-utóbb kiderült, hogy ez a feladat nem is olyan egyszerű – később filozófiát is kerítettek a tapasztalat mellé Gödel tételére hivatkozva. A felismerés gyakorlatibb oka az volt, hogy a mindennapi életben számos intelligens problémát oldunk meg minden matematika és logikai okoskodás nélkül.

Logikai következtetések és érvelések

A mesterséges értelem egyik vezető paradigmája az a fajta intelligencia, amely az ismeretekből való következtetés eredménye [Scaruffi, machine]. Az értelmes viselkedés e szemlélet szerint két dologból ered: egyrészt egy – az adott témára vonatkozó – ismeretbázisból, másrészt az ismereteken végrehajtott következtetések képességén, az ismeretek feldolgozásán. A számítógép ilyen képességei a szimbólumokkal ábrázolt ismeretek feldolgozásán alapulnak. Tehát bizonyos tényekből másokra lehet következtetni. A monoton matematikai logikai dedukció hagyományos módszere ilyen célra alkalmas eszköz, de az ún. nem monoton következtetéseket is kifejlesztették az 1970-es évek óta. A környezet állapota és a célok, amelyeket egy program ismer, valamilyen matematikai-logikai nyelv mondataiban vannak megfogalmazva. Ezek alapján logikai következtetéssel dönti el a program, mit tegyen a cél elérésére. A logikát az MÉ ún. gyengébb eljárásaiban is használják (adatbázisok, a számítástudomány különböző területei).

Keresés

Az MÉ programok gyakran vizsgálnak meg nagyon sok döntési lehetőséget, például a logikai játékokban vagy tételbizonyító feladatokban. A feladat úgy általánosítható, hogy adott kezdő vagy közbülső állapotban meg kell keresni a továbblépés lehetőségeit, és abból ki kell választani egyet vagy az optimálist, amely a megoldás, a cél felé visz. A rendszer három összetevője:

- a kezdő állapotot, a célt és a megoldandó probléma ismeretanyagát tartalmazó adatbázis;
- a döntési szabályok halmaza;
- az az irányító eljárás, amely megadja, hogy egy adott állapotban mit kell tennünk, hogy a megoldás felé haladjunk.

A problémát általánosan az alábbiak szerint fogalmazhatjuk meg:

Legyen adva

- az állapotok U véges vagy végtelen diszkrét halmaza, amely a problémát ábrázolja;
- egy $u_a \in U$ elem, a probléma kezdeti állapota;
- a $T \subseteq U$ végállapotok részhalmaza, amely az elérendő célállapotokat adja meg; végül
- az állapottranszformáció szabályainak halmaza, amely (bár csak részlegesen érvényes adott állapotokra) az U halmaz elemeit átviszi egy másik elembe. Feltételezzük, hogy minden $u \in U$ -ra adott az u -ra érvényes szabályok véges részhalmaza, és nincs olyan szabálykettős, amely u -ból két azonos transzformációt hozna létre.

A cél eljutni a kezdeti u_a állapotból egy vagy több végállapotba. A megoldás során valamilyen gráfon haladunk végig. A szabályok állapottranszformációkat jelentenek, a keresési eljárás pedig az, hogy megkeressük U -nak azt a részhalmazát, amely a végállapot felé visz.

A fellépő nehézségeket csak megemlítjük:

- nem biztos, hogy pontosan ismerjük U -t és T -t;
- előfordulhat, hogy u_a -ból többféle úton is eljuthatunk egy adott későbbi állapotba – a keresés ekkor redundássá válhat;
- a keresés során felléphetnek konvergenciakérdések (különösen akkor, ha nincs megoldás), ezért meg kell határozni a megállás feltételét;
- az előző ponttal kapcsolatban vizsgálható a költség és az optimum kérdése is, amely szoros kapcsolatban van a bonyolultság kérdéskörével.

A fentiek bizonyos módosításokkal a kétszereplős játékokra is kiterjeszthetők, jellemző példaként említhetjük a logikai játékokat (sakk, go stb).

Az irodalomban széles körű matematikai apparátust használnak a problémák formális megoldására. Hamarosan kiderült, hogy egyszerű és triviális problémák megoldására könnyű programot írni. A gyakorlatban azonban – pl. egy sakkjátzsma esetében – a megoldások halmaza nagyon nagy, és a kombinatorikai robbanás miatt teljes keresést nem lehet végrehajtani. Részoptimumok, relatív előnyök keresésére van szükség, amiben az ún. heurisztikus szabályok segíthetnek. Ezeket az MÉ program automatikusan generálja úgy, hogy a keresési mező szerkezetét felismerve halad tovább, lecsökkentve ezzel a számítási időt és a szükséges memória nagyságát.

A heurisztika itt nem az esetlegességet jelenti a véletlenszerű tapogatózás értelmében, hanem bármely olyan módszert, amellyel egy keresés bonyolultsága csökkenthető. A heurisztikus módszerekkel szemben gyakran hangoztatták, hogy *ad hoc* jellegűek, pontatlanok, nem vezetnek biztos eredményre. Tisztábbá válik a dolog, ha azt mondjuk, hogy heurisztika az, ha az adott probléma speciális információit, ismereteit használjuk a feladat megoldására. Ezt nem lehet közvetlenül általánosítani, más feladatokra alkalmazni. Ez a metodika azért került előtérbe, mert a bonyolultság csökkentésére nem voltak módszeres eszközeink; ezért volt például sikertelen egy általános problémamegoldó megalkotása. Különböző problémákra ugyanazon vezérlő eljárás különböző heurisztikus módszereket használ.

Mintázatfelismerés

A külvilág észlelt mintázatait – legyen az kép, hang, írás, sakkpozíció, egy természetes nyelvű mondat, valamely esemény története – vizsgálva a program gyakran végez összehasonlításokat annak eldöntésére, hogy melyik tárolt mintázathoz hasonlít a legjobban. A képfelismerésben, a számítógépes látásban sok jelentős eredményt értek el. A beszédfelismerés kutatása a '90-es években vezetett gyakorlatban használható programokhoz, de csak korlátozott mértékben.

Reprezentációk vizsgálata

A világról, a vizsgált témakörrel szóló ismereteket, mint minden tudományban, valamilyen módon – rendszerint a matematikai logika nyelvein – ábrázolni, reprezentálni, kódolni kell. Az ismeretek világában az ismeretet kell formálisan ábrázolni. Ismereteinket az MÉ szempontjából három csoportba gyűjthetjük:

- *tények*, amelyeket logikai kifejezések formájában ábrázolhatunk az elsődrendű kijelentéslogika segítségével;
- *a fogalmak közötti kapcsolatok*, amelyeket ún. szemantikus hálókkal, vagy ún. kertekkel ábrázolhatunk (A szemantikus hálóban a fogalmat a csomópontok, a megnevezett kapcsolatokat az élek ábrázolják, míg a keret egy fogalom belső szerkezetét ábrázolja a fogalom jellemzőivel, azok alapértékeivel, az értékekből következő következményekkel és a fogalmak kapcsolataival. Ezek szintén leírhatók az elsődrendű kijelentéslogika eszközeivel);
- *ok-okozat típusú kapcsolatok*, amelyeket általában ún. produkciós szabályokkal jellemezhetünk, olyan leírási formákkal, miszerint egy tény bekövetkezte (igaz volta) maga után vonja egy másik tény bekövetkezését (igaz voltát). Ezek szintén kifejezhetők a kijelentéslogika *Ha-Akkor* implikációs formulájával.

John McCharty az MÉ témái és alapfogalmi között felsorol három olyat, amelyek nélkülözhetetlenek az ismeretreprezentáció számára: meg kell tudni állapítani a releváns tényeket (ontológia), le kell tudni írni a releváns ismereteket (episztemológia), és el kell tudni végezni a releváns következtetéseket (heurisztika). A logika erre alkalmas, és ebből következően a szimbolikus feldolgozás képes produkálni az emberhez hasonló értelmes viselkedést. Ebből a felfogásból eredeztethető az MÉ ún. erős irányzata, amely szerint a természetben létező mindenfajta intelligencia leírható fizikai jelek és szimbólumrendszerek segítségével, és elvileg e szimbólumok között minden létező ösz-

szefüggés egyértelműen megfogalmazható (redukcionizmus elve). Az erős irányzat másik alapja a *Church–Turing-tétel* (amelynek megismételjük két-féle megfogalmazását): ha valami megfogalmazható úgy, hogy mindenki ugyanazt érti belőle, akkor ugyanaz elmondható egyfajta absztrakt számítógépen működő program formájában is. Vagy egy kissé formalizáltabb nyelven: feltéve, hogy egy értelmes lény valamilyen módon két osztályba sorolja az egész számokat, és ezt az osztályozási elvet kommunikálni tudja bármely eszköz felhasználásával úgy, hogy egy másik értelmes lény meg tudja az osztályozást ismételni azonos eredmény-nyel, akkor ez az osztályozási elv matematikai algoritmus formájában is megfogalmazható, és az adott absztrakt számítógépen végrehajtható. A létező Neumann-elvű számítógép egyenértékű az absztrakt számítógéppel, ezért az általános intelligencia számítógéppel megvalósítható.

Tanulás tapasztalatokból

Az ún. tanuló algoritmusok képesek viselkedésüket módosítani korábbi működésük eredményeinek alapján. Ez összefügg a reprezentáció problémájával, mert a programok csak olyan tényeket tudnak megtanulni, amelyeket saját tudásuk alapján ábrázolni is tudnak.

Szakértői rendszerek

A szakértői rendszerek gondolata és kutatása annak a felismerésnek hatására indult el, hogy az általános problémamegoldó megalkotása illúzió. Ehelyett meg kell kísérelni szűkebb területen, kisebb ismeretanyagot felhasználva következtető rendszert építeni, amely már versenyre kelhet az ember teljesítményével. Egy másik alapgondolat az volt, hogy ha az általános ismeret nem ragadható meg, akkor töltsük fel az ismeretbázist egy hozzáértő szakértő ismereteivel. Végül a harmadik – igazán soha meg nem valósított – elv szerint válasszuk szét teljesen az ismeretbázist a következtető egységtől, amelyet következtetőgépnek nevezhetünk. Az így szervezett gép, azaz program úgy viselkedik, mint egy témában képzett szakértő: ugyanazon körülmények között ugyanolyan döntéseket hoz.

Mint láttuk, az ismeretbázisban a kijelentéslógika előnyös az ismeretek ábrázolására és következtetések levonására. Ennek egyik leggyakoribb változata az ún. produkciós rendszer, amelyben az ismeret produkciós szabályokban kódolódik, ami azt jelenti, hogy bizonyos tények hatására a szabály létrehoz egy új tényt, amely más tényekkel együtt ismét új szabályokat *ingerel*, és így előre-

láncolódva adott szabályokon végigfut a következtetések sora egy végső megállapításig vagy döntésig. A következtetési láncok visszafelé is végigjárhatók; ekkor egy adott döntésből kiindulva vizsgálja meg a program, hogy a kezdeti tényeként megadott feltételekkel ez a döntés igaz lehet-e vagy sem.

Ilyen rendszereket az 1970-es években kezdtek építeni pl. orvosi diagnosztikai területeken. Néhány jellegzetes modell nagy hírre tett szert a szakirodalomban. A következő évtizedben úgy tűnt, hogy elterjednek a kereskedelemben is eladható modellek, de inkább a kezdő vagy csak részben szakértő orvosok, mérnökök, banki alkalmazottak, autószerelők stb. asszisztenseivé tudtak válni, különösebb emberi szintű intelligencia nélkül.

A szakértő rendszerek fejlesztési stratégiája hangsúlyossá tett néhány elvet, amely azután a pszichológusok modellalkotásait is megtermékenyítette. A produkciós elv, miszerint minden új külső és belső – az eddigi következtetésekből származó – ismeretet folyamatosan el kell helyezni az ismeretbázisban, fejlődő szakértői rendszert eredményez. Következtek azok a kognitív szerkezetek, amelyek együtt képesek kezelni propozicionális hálózatokkal ábrázolt deklaratív ismereteket és a produkciós szabályokkal ábrázolt procedurális ismereteket, tehát a mit és a hogyan ismeretét.

Heurisztika

Az MÉ-munkák legtöbbje a korábban már említett heurisztikával foglalkozik, olyan algoritmusokkal, amelyek problémákat oldanak meg, feltételezve egy speciális tartomány speciális episztomológiáját (pl. a sakkállások reprezentációja). A sok-sok alkalmazás egyik legérdekesebbje az ún. elméletalkotás, mert itt már nem a probléma megoldása a kérdés, amelyhez talán nem is szükséges nagyobb értelem, hanem a probléma képzése. Arról van szó, hogy adott fogalomhalmazból hogyan lehet egy adott témakörre vonatkozó elméletet létrehozni; mondhatjuk talán úgy, hogy a sok-sok, fogalom közötti relációból kiválasztani az ésszerűeket, amelyekből tudományos törvény lehet.

Egyes vélemények szerint erre csak a bizonyos tapasztalati modellekre épülő heurisztika alkalmas, míg mások felfogása az, hogy adott kísérleti adatokra építve kell a hipotézisek hierarchiáját, majd heurisztikus módszerekkel a szabályszerűségeket észrevéve, az ezeket magyarázó elméletet létrehozni [Scaruffi, machine]. Úgy tűnik azonban, hogy az ilyen feladatokra a neurális hálózatok előnyö-

sebben lesznek alkalmazhatók, mint a tanulásra képes ismeretbázisú rendszerek.

Köznapi gondolkodás és érvelés

Az ember egy sor olyan ismerettel bír a világról, amelyet nem lehet precíz elmélet formuláiba önteni. Bár ez az információ pontatlan, azt hisszük, hogy mégis logikai formába helyezhető.

Képünk az agyról

Az emberi agynak sokféle hiányossága van, de rendkívül jó a felismerés tulajdonságában. Egy alakzatnak vagy mintázatnak sokféle módosulata lehet, különböző szögből nézhetjük, változhatnak nem lényeges tulajdonságai, mégis képesek vagyunk megnevezni. E képességünk háttérben agyunk speciális szerkezete áll, amely – szemben gépeink legtöbbjével – nem moduláris, szervezése nem hierarchikus, és működése nemlineáris.

Amint már említettük, a tudomány mindig kereste az agy és működése modelljeit. Az elmúlt évtizedekben – már a struktúra pontosabb ismeretében – a hálózat vált az elfogadott képpé; ezt a modellfelfogást általánosságban konnekciónizmusnak nevezik, amely főként az idegélettanra támaszkodik. Az elmélet fejlődése itt is kölcsönhatásban áll a műszaki eredményekkel, hivatkozhatunk akár a kibernetikára, akár az internetre.

A múlt század elején *William James* amerikai filozófus és pszichológus többek között megállapította [Scaruffi, brain]:

- az agy mint egy asszociatív hálózat szerveződik,
- a kapcsolatokat az ún. megerősítés szabályai irányítják.

Sokan járultak hozzá a konnekciónizmus kimunkálásához. *Ivan Pavlov*nak és *Burrhus Skinner*nek köszönhetjük a kondicionálással történő tanulás elvét. Kutatásaik alapozták meg az ún. behaviourista iskolát, amelynek követői a tanulás minden formáját a kondicionálás jelenségére vezették vissza. Skinner szerint minden tanult viselkedés úgy alakul ki, hogy a teljesen véletlenszerű válaszokból a környezet részéről pozitív visszaigazolást kaptak szelektálódnak ki, és ezekhez a mentális állapotoknak semmi köze sincsen.

A *Gestalt-elmélet* iskolája – amely élesen szemben állt a behaviourizmussal – kiállt a magasabb kognitív folyamatok létezésé mellett, és úgy tartotta,

hogy az egyedi stimulus önmagában nem vált ki egyedi választ.

A század húszas éveiben a német biológus, *Wolfgang Köhler* arról írt, hogy a problémák megoldása nem módszeres dekompozícióval, hanem hirtelen belátással történik. 1938-ban az ugyancsak német *Max Wertheimer* megállapította, hogy az érzékelés több, mint az érzékelt dolgok összessége, az egész több, mint a részek összege. Ez a rendszerelmélet egyik alapelve. Az érzékelés egy-sége a Gestalt hívei számára a forma: nem úgy érzékelünk, hogy milliányi adatot feldolgozunk, hanem a formát mint egészet érzékeljük.

1950 körül erősítette meg az amerikai *Karl Lashley* agyi sérülések vizsgálatával, hogy az agyban az egyes funkciók nem lokalizáltak működnek, hanem nagy területeken elosztottan, ezért működik az agy nagy hibátűréssel. Ez akkor is igaz, ha ma már tudjuk, hogy az agy egyes régiói specializált feladatokat végeznek. Minden egyes speciális működés hatásai mégis az egész agyra kiterjednek.

Edward Thorndike – szintén behaviourista – volt az, aki elsőként körvonalazta a konnekciónista modell lényegét: az elme működésének alapja az elemek közötti kapcsolat; tanulás akkor jön létre, amikor a hálózat elemei összekapcsolódnak a különböző stimulusokra adott akciók eredményeinek hatására. A konnekciónizmus az elme szervezésének különböző szintjein szemlélhető. A legalsó szint az agy együttműködő idegsejtjeinek szerkezete. Működését tekintve a neuron egyszerű kapcsolószerkezet: a szinapszisznak nevezett érintkezési pontokon át impulzusokat továbbít más neuronokhoz, és a hatás gyorsan terjed egyikről a másikra. A agyszerkezet komplexitását jól jellemzi két adat. Az agyban $100 \cdot 10^9$ neuron van, ennek fele a kéregben. Itt az átlagos szinapsziszszám neurononként 10 000, ami összesen $500 \cdot 10^{12}$ kapcsolatot jelent.

A neuronok több rétegben helyezkednek el; az első neuroncsoportra érkező inger végül az utolsó réteg kimenetén eredményezi a választ. Amíg a kapcsolatok stabilak, addig a válasz is állandó marad. Ha a kapcsolatok rendje megváltozik, akkor a válasz is megváltozik. Ez a *tanulás*: adott stimulushoz úgy változtatni a kapcsolatokat, hogy jobb választ kapjunk. Az agyműködést a neuronok kapcsolatai folyamatos finomításának tekinthetjük. A szinapsziskapcsolatok erősödhetnek és gyengülhetnek. 1949-ben a kanadai biológus, *Donald Hebb* mondta ki: ez a folyamat attól függ, hogy a

kapcsolatokat milyen gyakran aktiválják. A sohasem használt lassan megszűnik, a gyakrabban használt megerősödik.

Hasonló szervezethez található az elme magasabb szintjén is. A fogalmak is kapcsolatban állnak egymással, gyakran határoznak meg egy fogalmat más fogalmak egymáshoz való viszonya segítségével, és ezek is asszociatív hálóba szervezhetők.

Megjegyzendő, hogy *Roger Sperry*nek a hatvanas években végzett kutatásai nyomán tudjuk, hogy a két agyfélteke a szellemi élet különböző részeit irányítja: a bal oldali rész uralja inkább a nyelvet és a beszédet, míg a jobb fél elsősorban a látási és mozgató feladatokat végzi.

Az 1963. évi Nobel-díjat *John Eccles* brit neurobiológus azért kapta, mert kimutatta, hogy a neuronokban keletkező akciós potenciál a szinapszison át ún. neurotranszmittereknek nevezett kémiai anyagok közvetítésével jut át a kapcsolt neuronokra, és ott vagy ingerli, vagy gátolja az elektromos impulzus kialakítását. A neuronok műszaki nyelven szólva bináris kapcsolóelemek. Az agyi intelligencia úgy működik, hogy egy beérkező inger a kialakult idegstruktúrában az aktivitás összetett láncreakcióit indítja el.

Az agykutatók már az ötvenes-hatvanas években kezdték felismerni, hogy az agy dinamikus és egyfajta evolúciós rendszer. Születésekor az egyed agya bizonyos mértékig előrehuzalozott ugyan genetikai programja szerint, és kezelni tud bizonyos fogalmi kategóriákat és mozgáskoordinációs feladatokat. Az ezt követő tapasztalatok önmagukban nem képesek az agyat formálni, azonban mégis alakítják, mégpedig a nem szükséges szinapszisek szelektálásával, *Darwin* elméletének megfelelően. A szinapszisek száma ennek ellenére szaporodik. Születésekor agyunk negyede létezik, mind mennyiségileg, mind minőségében, majd az első két évben dinamikus növekszik, és ez a folyamat még a felnőtt korban sem ér véget. Ezek a szinaptikus változások képezik minden tanulás és ismerettárolás alapját. *Donald Hebb* már a negyvenes évek végén felismerte, hogy az agyban folyamatosan zajlanak a metabolikus változások [1949].

A szinapszisek szelektív erősödése, illetve gyengülése segítségével formálja az agy sejtcsoportjait, régióit, alhálózatait, amelyek kapcsolatban állnak a többi alhálózattal. Ezek a csoportok reprezentálják az egyes fogalmak töredékeit. A csoportok átlapo-

lódnak, és természetes módon csatolódnak a magasabb fogalmak hálózatává. Egy-egy külső inger egész folyamatot vált ki: a gondolatok a hálózaton futó aktivitások folyamatában következnek egymásra.

Évtizedek óta újra zajlik a vita, milyen mértékben határozza meg a környezet, illetve a genetikai programozás az agy működését. Igaz ugyan, hogy *Scaruffi* is már *Szókratészre* hivatkozik, aki szerint minden tanult dolog abból az emlékezetből áll, amit már tudunk. A 19. század második felében *Herman Helmholtz*nak éppen ellenkező a véleménye: az emberben nincs semmiféle veleszületett ismeret, minden ismeret a tapasztalatból jön.

A 20. század végére az új kutatási eredmények ismét felvetették a kérdéseket: Melyik az elsődleges? Mi szervezzük a gondolatainkat, vagy a környezet hatására egy már előre létező könyvtárból szedjük elő? Olyan könyvtárból, amit az evolúció évmilliói írtak tele.

A dinamikus agy elképzelése elvezetett addig a gondolatig, hogy a különböző fogalmak, kategóriák nem hogy nem lokalizálhatók egy agyi memóriában, de még elosztott hálózat formájában sem található meg, nem léteznek fizikailag, hanem csupán neurális térképek közötti relációk képződésének folyamatai. Az agy működése elvesztette statikus, determinisztikus jellegét, és dinamikus, sztochasztikus folyamattá vált [*Edelman*, 1987].

Az említett vita nyelvi ága az, amely *Chomsky* univerzális nyelvtanának folyományaként alakult ki. Sokan vélik úgy – a gyermekek gyors nyelvtanulására is hivatkozva –, hogy a nyelvi ismeretek már a születéskor az agyban vannak, és csak azt kell tenniük, hogy a környezetük által beszélt speciális nyelvet magukba vegyék. A nyelv tehát ösztön [*Pinker*].

Kísért az a gondolat, hogy a különböző agymodellek formálásában nemcsak az idegéletlen újabb és újabb kutatási eredményei, hanem a műszaki fejlesztés különböző matematikai-műszaki modelljei is szerepet játszanak. *Scaruffi* többek között megemlíti *Llinast*, aki egyrészt többnek gondolja az idegsejteket, mint egyszerű kapcsolóknak, amelyek az ingerre válaszolnak, hanem állandó aktivitásuk nyomán állnak elő a viselkedés különböző mintái. Másrészt az agy predikciós, előre jelző gép is, amely a múltból és a jelen állapotából előre jelzi, mi fog történni. Akár *Wiener* is megfogalmazhatná a kibernetika alapjaiban.

Scaruffi kiváló összefoglalójában következetesen megemlíti a különböző modellek ismertetése során, hogy az agy kategorizál, osztályoz. A kategorizálásra a túlélés végett van szükség. Minden másodpercben stimulusok milliói érik, ezek egy részét törölni kell, és keveseket megtartani. A véletlen stimulusok káoszából létre kell hozni a mintázatok rendezett áramát. Ezeket események, helyzetek és dolgok osztályaiba rendezzük, amelyek idegi aktivitási mintázatokban nyilvánulnak meg. Az érzékelés, az akció, a gondolkodási, kognitív folyamatok és ez utóbbiak fejlődése mind ugyanebből a folyamatból erednek. Az osztályok, kategóriák spontán jönnek létre, és a külvilággal való kölcsönhatás tapasztalatait tükrözik. Természettudományos nyelven fogalmazva „a kognitív fejlődés a nemlineáris dinamikus, önszervező, komplex rendszerek sajátosságainak közvetlen következménye” [Scaruffi, brain].

A sémák, alakzatok, mintázatok stb.

Az idők során a kizárólag logikára, produkciós szabályokra épülő elmemodellekkel szemben egyre több ellenvetés keletkezett. A dedukciós következtetés nem a gondolkodás természetes formája. Ahogy Mérő László megfogalmazta: „az ember még azokra a következtetéseire sem a formális logika segítségével jut el, amelyek leírására a formális logika eszközei tökéletesen alkalmasak” [1997. p. 117.]. A természetes folyamat az, hogy agyunkban belső mentális modelleket (analógiákat, típuspéldákat) készítünk a kiindulási helyzetből.

Az 1980-as években a vita két szemlélet között polarizálódott igazán. Az egyik szerint az agy a való világot ábrázoló mentális képeket tárol, míg a másik azt állítja, hogy a képek egy nem leképező, hanem leíró jellegű – a nyelv által közvetített – reprezentációs típusban képződnek. Mivel mindkét álláspont mellett szólnak érvek, megkísérelték a kétféle álláspontot kiegyenlíteni, részben úgy, hogy mindkét reprezentáció együtt működik, részben úgy, hogy a neurális szerkezet mellett van egy reprezentációs tér is.

Mi is az agyi mentális modell? Az 1920-as években Otto Selz volt, aki a séma fogalmát bevezette a kognitív pszichológiába. Később a már említett alaklélektani (Gestalt-elmélet) is az élő, szerveződő formáról beszélt. Az 1960-as években Marvin Minsky fedezte fel ismét ezt a megismeréstudomány részére, a korábban már említett keret fogalmának bevezetésével.

Egy séma a fogalmak múltbeli tapasztalatokból szerveződött hálózata. Egy adott problémával szembekerülve a kognitív rendszer a hosszú távú memóriában keres egy sémát, amely a problémát reprezentálni képes. A jó séma egyben a megoldást is adja. Közben a séma maga is fejlődik, gazdagabb, teljesebb lesz. „A keret egy információs csomag, amely segít felismerni és megismerni egy helyzetet. Sztereotíp szituációkat ábrázol, és elvezet rendezett alaproblémákhoz. A keret egy kategória leírása egy prototípussal, annak sajátosságaival, jellemzőivel, továbbá egy cselekvési lista, amely az adott kategória bármelyik tagján elvégezhető. A prototípust egyszerűen az alapsajátosságok halmaza írja le. Ezek alapértékei a gyakorlatban, információhiányt jeleznek, amelyeket új információk orvosolnak” [Scaruffi, cognition]. Így minden egyedi eset a jellemző értékek megadásával írható le.

A keret több szempontú ábrázolást is lehetővé tesz: taxonomikusát, leíró és funkcionálisát egyaránt. A memória ebben a modellben a keretek hálózata, minden fogalom számára létezik egy keret. „Minden érzékelés kiválaszt egy keretet (azaz a konkrét szituációt egy osztályba besorolja), amelyet ezután adaptálni kell a konkrét érzékeléshez, ami megegyezik a szituáció értelmezésével, és el kell döntenie, hogy mi legyen az elvégzendő akció. Az érvelés a keret adaptálását jelenti a szituációhoz” [Scaruffi, cognition].

Vámos Tibor a műszaki szóhasználatnak megfelelően alakzatról beszél (pattern: alakzat, mintázat). „Minden, ami valamennyire is bonyolultabb, és valamilyen módon koherens, az alakzat. ... Nyilvánvaló, hogy ezek az alakzatok valahol egymásra épülnek, a végén a legnagyobb alakzat az egész világ. ... Minden tudás mögött iszonyú sok alakzat van” [1998. p. 13–19.]. Az alakzatok reprezentációja egy adatbázis listáiban lehetséges. A szakértő, a tudós fejében sok, tárgyához kötött alakzat van, és azokhoz kötötteen valamiféle metrika. A metrika valamiféle matematikai-logikai mértéket ír le, de az ember fejében a folyamatok többnyire nem számításokkal folynak, *becslésekben, hiteiben, hiedelmeiben, meggyőződésekben, megérzésekben* nyilvánulnak meg. Ez a Polányi-féle *tacit, rejtett ismeret*. Ha mindez nyelvileg is reprezentálható, akkor már jó a helyzet.

Mérő László nem a műszaki ember, hanem a pszichológus oldaláról elemzi a séma szerepét. „A kognitív, vagyis 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" [1997. p. 119.]. A sémafogalom Mérő által leírt elemzésének csak egy eredményét említjük: a különböző kompetenciaszinteknek megfelelő sémák mennyiségét meg lehet becsülni. A szakértői szint (a sakkjátékban a mesterjelölt szintje) néhány ezer kognitív sémával bír, és ez megfelel a megtanulható, racionálisan dolgozó gondolkodás kereteinek. Az egy-egy szakterületen elérhető maximális kompetenciaszinten (a nagymesterek szintje) a birtokolható sémák száma elérheti a néhány tízezret. Ezen a szinten a gondolkodás már nemcsak a racionalitáson, hanem a sokkal bonyolultabb intuitív sémákon alapszik.

A nagy nézeteltérés

Már az eddigiekből is kitűnhetett, hogy erős megosztottság létezik a hagyományos MÉ szimbolista felfogása és a hálózati leírásokon alapuló konnekcionista irányzatok között. A hagyományos MÉ, a klasszikus kognitívizmus képviselői Turing, McCharty, Newell és Simon nyomdokain az intelligens viselkedést a szimbólumstruktúrák manipulálására, konkrétan a számítógépre alapozták, és a konnekcionizmust csak a magasabb rendű kognitív folyamatok egyszerű megvalósítási szintjének. A konnekcionista véleménye szerint a szimbolista irányzat nem képes megadni a kognitív folyamatok lényegét, ellentétben a konnekcionista leírással. A konnekcionizmus új változata az 1980-as években erősödött meg, részben akkor, amikor műszakilag is lehetővé vált működő modellek kipróbálása a párhuzamos osztott processzálás révén. (PDP = Parallel Distributed Processing néven is emlegetik.) A viták után több kísérlet történt hibrid modellek és értelmezések létrehozására. A két álláspont szembeállításáról sok helyen olvashatunk [Clark, 1996. Molnár, Scaruffi (neural), Bocz, 1998].

A konnekcionista rendszerek néhány tulajdonsága:

- A rendszer memóriája súlyozott kapcsolatokkal összekötött egyszerű, elemi feldolgozóegységek hálózata. Az egyedi processzálás az inputok összegzése és saját aktivációs szint előállítására.

- A kialakult aktivációs minták képezik a rövid távú memóriát, míg a kapcsolatok súlyozásának összessége képezi a hosszú távú memóriát. A tanulás a súlyok módosulása.
- A feldolgozás nem sorosan, hanem párhuzamosan, egy időben történik.
- A vezérlés nem központi, a tevékenység az elemi egységek kölcsönhatásából jön létre. A probléma megoldását az jelenti, hogy a hálózat az inputok megváltozása esetén ismét stabil állapotba kerül, és egy új aktivációs mintát mutat.
- Korábban úgy képzelték, hogy egy-egy egység adott fogalomnak, szimbólumnak felel meg, az új irányzat szerint minden egység nagyobb számú fogalom ábrázolásában vesz részt, tehát elosztott ismeret az információ tárolása.
- A hálózat szerkezete több réteget tartalmaz, vannak olyan rejtett rétegek, amelyek nem állnak a külvilággal kapcsolatban, csak belső reprezentációkat képeznek, és többek között elvégzik a lényegkiemelés feladatait.

A vita további részleteire nincs mód kitérni. Fontosnak tartjuk megjegyezni, hogy az áramköri technika ma már lehetővé teszi hálózati, PDP elven működő számítógépek kialakítását. E területen lényeges, és magyar vonatkozású munkának tekinthetjük az ún. CNN (celluláris neurális hálózatok) kifejlesztését; a munkában Roska Tamás és munkatársai jelentős eredményeket értek el. A CNN egy négyzet rácson elhelyezkedő lokálisan összekötött analóg, dinamikus, nemlineáris processzor csoport. A CNN univerzális számítógépben a CNN struktúra egy mikroprocesszorhoz hasonló felépítésű külső memóriában tárolt program által vezérelt, elsősorban analóg képfeldolgozási feladatokra alkalmas egység.

Irodalom

- BOCZ András: A nyelvi kompetencia modellálása konnekcionista alapú rendszerekkel: újabb kísérletek. = A kognitív szemlélet és az agy kutatása. (Szerk.: Pléh Csaba és Györi Miklós) Pólya, Budapest, 1998.
- CLARK, Andy: A megismerés építőkövei. Osiris, Budapest, 1996.
- CRAIK, Kenneth: The nature of explanation. Cambridge Univ. Press, 1943.
- EDELMAN, Gerald: Neural darwinism. Basic, 1987.
- HEBB, Donald: The organization of behavior. John Wiley, 1949.
- MÉRŐ László: Észjárások. A racionális gondolkodás korlátai és a mesterséges intelligencia. Tercium, Budapest, 1997.

MINSKY, Marvin: Semantic information processing. MIT Press, 1968.

McCHARTY, John: What is artificial intelligence?

<http://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai/whatisai.html>

<http://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai/node1.html>

<http://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai/node2.html>

<http://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai/node3.html>

MOLNÁR László: Információs vagy tudás társadalom?

Néhány gondolat a tudásról és az információról.
<http://www.inco.hu/tudas/cikk2h.htm>

NEUMANN János: A számológép és az agy. Gondolat, 1964.

Theory of self-reproducing automata. Princeton Univ. Press, 1947.

PINKLER, Steven: A nyelvi ösztön. Typotex, 1999.

SCARUFFI, Piero: Thinking about Thought.

<http://www.thymos.com/tat/brain.htm>

<http://www.thymos.com/tat/cognition.htm>

<http://www.thymos.com/tat/machine.htm>

<http://www.thymos.com/tat/mind.htm>

<http://www.thymos.com/tat/neural.htm>

TURING, Alan M.: Computer machinery and intelligence. Mind 1950. október.

Számítógépek és gondolkodás. = A kibernetika klasszikusai. Gondolat, 1965. p. 120–160.

VÁMOS Tibor: Alakzat és tudás. = A kognitív szemlélet és az agy kutatása. (Szerk.: Pléh Csaba és Győri Miklós) Pólya, Budapest, 1998.

WIENER, Norbert: Kibernetika. Bevezető. = A kibernetika klasszikusai. Gondolat, 1965. p. 9–50; 120–160.

Beérkezett: 2001. VIII. 30-án.

Az ETO online is elérhető

A tudomány minden területére kiterjedő osztályozási rendszer, az Egyetemes Tizedes Osztályozás angol nyelven online is elérhető, mint az *UDC Online BS 1000* adatbázis. A BSI a nemzetközi ETO Konzorcium kizárólagos és hivatalos angol nyelvű kiadó tagja (www.udcc.org).

Az új termék multimédia-, térkép-, mozgókép- és művészeti állományok, valamint tanuló és oktatási erőforrások webűtmutatóinak indexelésére és visszakeresésére alkalmas eszköz. Az UDC Online csokolással is kereshető, és a keresőprofil szélesítését is lehetővé teszi. A továbbfejlesztett termék újdonságai:

- A nemzetközi tulajdonban levő hivatalos ETO adatbázis teljes tartalma.
- A legfrissebb változat állandó online elérése.
- Keresés és megjelenítés online.
- Másolás és beillesztés időkímélés és az átirási hibák elhárítása érdekében.
- Felhasználóbarát képernyő.
- Többszörös keresési stratégiák komplex módszerekkel.
- Kontextusra érzékeny online segítség.

Az online módszer lehetővé teszi például összetett ETO-számok szerkesztését a képernyőn, munka közben. A szám elkészülte után egyszerűen átvihető másolással és beillesztéssel. Az UDC Online BS 1000 bevezető éves előfizetési díja 295 GBP.

/ASLIB Managing Information, 8. köt. 5. sz. 2001. p. 20./

Információk az etnikai kisebbségeknek Dániában

A *FINFO* nevű webalapú dániai információszolgáltatás az etnikai kisebbségek jogaival, kötelezettségeivel és lehetőségeivel foglalkozik az országban. Az általános információk között Dániára vonatkozó tények és adatok kapnak helyet. Az ugrópontok további információkhoz vezetnek: kisebbségi jogok és köteleességek, munkaerőpiac, oktatás, szociális jóléti rendszer, tanácsadó szolgálatok, önkéntes szervezetek.

A regionális és a helyi közigazgatási információk és ugrópontok speciális regionális és helyi információkhoz vezetnek, amelyeket a helyi könyvtárak állítanak elő. Több mint 50 városi és járási közigazgatási egységre vonatkozó adatok állnak rendelkezésre, s a továbbiakban csakhamar kiegészül a *FINFO* adatbázis. Egy globális ugrópontindex szolgál a betelepülő nép- és nyelvi csoportok információinak kapuátjárójához. A *FINFO* projektet két év alatt 11 nyelven tervezik megvalósítani.

További információ: www.finno.dk
e-mailen: ldn@aakb.bib.dk

/Information Retrieval and Library Automation, 37. köt. 1. sz. 2001. p. 3./

(R. P.)