

Hogyan gondolkodunk?

Elképzések a tudásreprezentációról

Az elmúlt harminc évben a gondolkodáskutatók újra felfedezték a megismerő embert. Sorra születtek és ma is keletkeznek a humán gondolkodás folyamatának egzakt magyarázatára törekvő elméletek, memóriamodellek és az új közelítéseket adaptáló taxonómák. Hazai kutatóműhelyeink, lehetőségeikhez mérten igyekeznek lépést tartani a gyorsuló fejlődés ütemével: ennek bizonyítékeként íródott e dolgozat. A gondolkodás folyamatának egy lehetséges új megközelítése, csak a kapcsolódó tudományok (úgy mint kognitív pszichológia, orvosi fiziológia, mesterséges intelligencia, információelmélet) eredményeire támaszkodva, velük összhangban, de legalábbis azoknak nem ellentmondva fogalmazódhat meg. A bemutatott modell kísérlet az aktív problémamegoldó gondolkodás formalizálható szimulációjára.

A tudás modellje

Az emberi agy működésével foglalkozó kutató legnagyobb problémája, hogy a kidolgozott elmélet képtelen tényleges *folyamatban*, egzaktul igazolni. Egyelőre igaznak tűnik az állítás, amely szerint a gondolkodás minden megközelítése egy-egy feketedobozmodell, ahol az input indikálta agyműködési mozzanatoknak csak a helyét tudjuk pontosan behatárolni. Arról, hogy mi történik azzal az információhalmazzal, amit a szenzoros érzékelők a külvilágból felvesznek, az ember hogyan aktualizálja egyéni habitusának megfelelően a reakciókat, csak a gondolati modellek működésének kísérleti eredményét elemezve szólhatnak.

Korai közelítések

Az első, tudományos igényű memóriaműködési modellt *Herman Ebbinghaus* 1885-ben tette közzé. Gondolataira alapozva *William James* 1890-ben publikálta az azóta klasszikusnak számító memória-struktúra modelljét, (1) amelynek lényege, hogy a memória nem homogén egység, hanem két, jól elkülöníthető területre osztható. Nevezetesen: az azonnal válaszoló *rövidtávú* (primary), illetve az összetettebb működésű *hosszútávú* (secondary) memóriára. *James* leírása a mai napig is hat minden megközelítésre, csaknem valamennyi modellben megtalálhatjuk a feldolgozási folyamat azonnali, illetve másodlagos minősítését.

A korai neurológiai kutatások eredményei sokat segítettek a memóriamodellek fejlődésében. *Henry Head* javasolta például a *séma* kifejezés használatát. *Head* behatóan vizsgálta az afferens érzékenység természetét és funkcióját; azt próbálta feltárni, hogy milyen kapcsolat van a hám (epidermisz) idegvégződéseivel keltette érzetek és az agykérgi folyamatok között. Szerinte a szenzoros kéreg a múltbeli benyomások tárháza, és ezen agykérgi nyomok mint sémák nyomán szervezett mozgásmodellek alapján koordináljuk mozgásunkat. (2)

Az agyban lejátszódó folyamatok bioáram-impulzussal való leírásához *John Carew Eccles* szolgáltatta az első bizonyítékot azzal, hogy 70 mikrovolt potenciált mért egy nyugalmi állapotban levő agyideg felszíne és belseje között. Egyben megállapította azt is, hogy a

sejtmembrán depolarizálódásához legalább 10 mikrovolt küszöbfelettség szükséges, melynek hatására kisülés lép fel, s ez ingerület formájában az axon felszínén fut tovább.

A fiziológia, a fejlődéslélektan és az információfeldolgozás kutatási eredményeire támaszkodva, az 1950-es évektől sorozatban születtek a memória működését leíró elméletek. Ezeket vázlatpontokba szedve a következőkben láthatjuk.

Működési modellek

G. A. Miller (3) az információk tárolását sokrekeszű fiókos szekrényben tartott jegyzetek formájában javasolja leírni, ahol a felejtés funkcióját a „szemetes” jelképezi.

E. Tulving (4) a tanulás és az információátvitel folyamatának leírását a kognitív pszichológia szemszögéből közelíti meg, s egyben a memóriastruktúra szerveződésének új elméletét vázolja föl.

H. A. Simon és E. A. Feigenbaum (5) az információelmélet általuk kidolgozott matematikai modelljét alkalmazva, a gondolkodást mint egy jól szervezett programot írják le, ahol az ismeretek tárolását bináris fastruktúrában vélik megvalósulni.

J. R. Anderson és G. H. Bower (6) a számítástechnikában megjelenő hálózatok szervezési megoldásait alkalmazzák a humán memória felépítési modelljéhez. Szerintük a tudás egy asszociatív hálózat (*neural network*), ahol az egyes csomópontok több, „színezett” éllel kapcsolódhatnak össze.

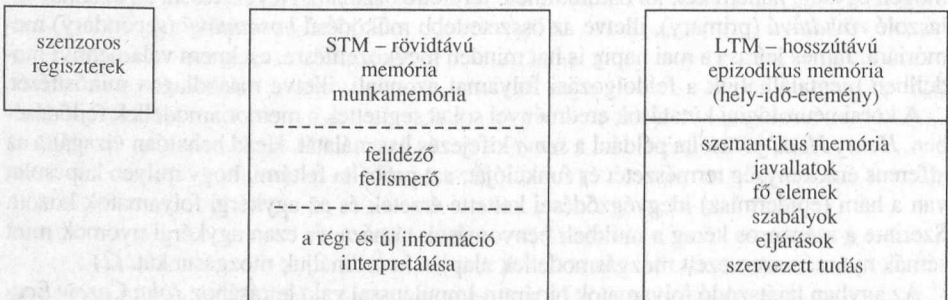
D. E. Rumelhart (7) egy régi gondolat (8) ihletése alapján úgy gondolja, hogy minden folyamat lebontható egyszerű alapegységekre, ezek mint tények egy-egy *schema*-hálóba szerveződnek, és az inputra generálódó válaszok, a gondolkodás folyamatai ezen sémák mentén zajlanak le.

M. Minsky (9) szerint a külvilágról szerzett ismeretek tudáselemekként egy-egy csomópontba (*node*-ba) tömörülnek, s ezek a csomópontok egymástól teljesen elhatárolódnak. A *node*-ok között gráfok kiépített kapcsolatrendszere teszi lehetővé az asszociációt. A felidézés egy egyszerű gráfnyelvtanon alapuló folyamat, ahol az input tulajdonságai, az objektum attribútumaitól függő vezérlése alapján háromszintű hierarchián szerveződik a válasz.

J. R. Anderson az *Intelligens Tutor Rendszer* természetes nyelvi interfész kifejlesztése kapcsán *I. Goldstein* AND/OR gráf elméletét alkalmazza a fogalmak propozíciós szemantikus hálókba szervezéséhez. A gráfokon halmazelméleti operátorok közreműködésével érhető el egy-egy báziselem.

C. E. Greenes, R. E. Willbut és M. A. Spikell (10) a gráfelmélet továbbfejlesztésével nyelvi oldalról közelednek a memória működésének leírásához. A kanonikus gráfok egyik speciális változatával, a blokkosított attribútum-nyelvtanonok, affix nyelvtani változatával kísérlik meg modellezni a felidézési folyamatot.

R. M. Gagnè és R. Glaser (11) memóriamodellje mintegy összegezi az addigi leírások pozitívumait, és az alábbi rendszert építette fel:



I. táblázat

Az elmélet szerint minden információ egy-egy beérkező input, amelyek előfeldolgozása a szenzoros regiszterekben történik (lényegkiemelés, fókuszálás). A szenzoros regiszterek tárolási kapacitása: akusztikus – 2–4 sec., ikonikus – 20–250 sec.

Az előszűrt input feldolgozása a rövidtávú memóriában lévő munkamemóriában zajlik: a meglévő adatok munkarekeszbe töltődnek, majd az első fázisban a felismerés, a másodikban a már tárolt és a beérkező információk összehasonlítása, a harmadikban a válasz realizálása és/vagy a módosulások, illetve az új adatok bevésése történik.

A hosszútávú memória a tárolás helye, szerveződése a tárolt információ jellegétől függő, epizodikus, ill. szemantikus neurális hálózati box.

S. Zola-Morgan és D. L. Squire (12) az orvosi fiziológiai kutatások eredményeinek hatására szakítanak a klasszikus elméletek megközelítési módszerével. Modelljükben eltűnik a rövid- és hosszútávú memória felosztás, helyette az információ tárolásának szervezése válik besorolási szemponttá. Az információk elérésében szerintük nincs prioritási sorrend. E szerint tehát (*declarative and nondeclarative memory*) szemantikus és műveleti memória-struktúrák léteznek.

MEMÓRIA

DEKLARATÍV (explicit)		NEM DEKLARATÍV (implicit)			
Szemantikus Tények	Epizodikus Események	Készségek motoros észlelő megismerő	Alapozás észlelő szemantikus	Rendezés osztályozó feltételelemző	Nonasszociatívák habituációk érzékenységek
		adaptációs szint	törvények javítása	operációk besorolások	

2. táblázat

A deklaratív memória epizodikus, illetve szemantikus részletre bontható, hasonlóan R. Glaser és R. M. Gagnè elgondolásához, de a tárolás szervezése itt más. A nem deklaratív memória „rekeszei”:

- készség rekesz: pl. kézügyesség vagy felismerés, ez az adaptáció szintje;
- tanuló rekesz: beazonosítási folyamatok, séma-kiegészítés, ill. -módosítás;
- rendező rekesz: egyszerű osztályozás, besorolás, hierarchizálás;
- nem asszociatív rekesz: szigorúan egyedülálló, nem kapcsolódó lineáris elérési csomópontokban, a szokások, az érzékenységi szintek.

A modell felhasználja azokat a klinikai kísérleteket, illetve megfigyeléseket, amelyek az agy működésének területi lokalizációját vették célba.

A felsoroláshoz tartoznak még a gépi *Természetes Nyelvi* (TNYV), illetve *Metanyelvi* (MNY) reprezentációkat kidolgozó kutatások eredményei, amelyek komoly hangsúlyt kapnak az ember-gép kapcsolatot fenntartó interaktív interface kialakításakor, ez azonban egy önálló diszciplína, melynek ismertetését *Prószéki* kiváló monográfiájában (13) találhatjuk meg.

Ha végigkövetjük a fejlődés menetét, szembetűnik, hogy a humán gondolkodási folyamat modellezéséhez napjainkban új szempontból közelítenek. Egyre több kivétel, rendhagyó viselkedés teszi bizonytalaná, pontatlanná a rövid- és hosszútávú memória-fel-

osztást alkalmazó megközelítéseket, illetve a kapcsolódó adattárolási folyamatok leírásával nem magyarázhatók a hiteles megfigyelések eredményei. Például a rövidtávú memória kapacitásához 7 plusz/mínusz 2 egységnyi, illetve 12–35 secundumnyi időtartamot rendelnek (14). Ha elfogadjuk Glaser és Gagnè megállapítását, amely szerint a rövidtávú memóriában van a munkamemória, ahol az információfeldolgozás folyik (10) – kapacitásértékei az általánosan elfogadott 7 plusz/mínusz 2 egység és 35 secundum időtartam, (15) semmi sem magyarázza azt a kísérleti eredményt, amely szerint egy egyetemi hallgató 20 hónapig hibátlanul megőrzött egy 80 karakterből álló stringet, amelyet egyszer látott 30 sec-ig (16). De az a megfigyelés sem fér ebbe a keretbe, mely szerint egy, a kísérlet kezdetekor 2 éves és 10 hónapos, egészségesen fejlődő, átlagos körülmények között élő fiúgyermek, egyszeri megfigyelés után (25–30 sec. időtartamú szemlélődéssel) 20, 60, 120 nap elteltével, szabályosan felrakta a 32 darabos, 6 különböző alakzatú, két színű figurából álló sakktáblát (saját megfigyelés).

Szükség van tehát egy olyan memóriaműködési modellre, amellyel a fenti esetek magyarázhatók, ugyanakkor bepillantást enged az új információk feldolgozásának menetébe, azaz a tanulási folyamat mozzanataiba.

Az új közelítés alapjai

Ha a megismerés, az információfeldolgozás folyamatát kívánjuk modellezni, elkerülhetetlenek az egyszerűsítő feltevések. Deklaráljuk, hogy egy informéma szorosan összetartozó elemeit egységként értelmezzük és *egyelőre* figyelmen kívül hagyjuk az emocionális tényezők hatását az *input-kiértékelés* folyamatára. Továbbá a szenzoros inputok vizsgálatokor csak a végeredményt tekintjük alkalmazható objektumnak a látás- (17) és a hallás- (18) humán kódolás folyamatában. Az említett két dolgozat az információfeldolgozás szöfelismerő folyamatát írja le a látás, ill. a hallás fiziológiai tényeire támaszkodva.

Alapfeltevésünk, hogy az ember három ingertípust képes felfogni: hullámtermészetű, vegyi természetűt és mechanikai természetűt.

A szenzorok egy objektumról érkező információhalmazból csak az adekvát elemeket adaptálják az ingertömeg 10^{11} bit/s-os „áramából”. Minden szenzor kiemeli a lényegét, és $3 \cdot 10^6$ bit/s kapacitással továbbítja azt, mint elektromos bioáramot (Oskar Frank nyomán). A szenzorok lényegkiemelési működését átlagos lelki beállítottság mellett, releváns környezeti kontextusban vesszük szemügyre. Az inputtípusok besorolását a 3. táblázat mutatja meg.

Két dolgot kell szem előtt tartanunk: 1. Minden idegrost átkereszteződik, egy részük a gerincagyba való belépés magasságában, más részük a nyúltvelőben; 2. Minden érzőrost a talamuszba fut be. Elgondolásunk megalapozásához ezt a fiziológiai tényit igyekszünk kihasználni.

Hullám	vegyi	mechanikai
látás	szaglás	hőérzékelés
48–50 Hz/s	200 ng/ml	1/5°C
az éleslátás helyén	minimális inger	hőváltozás észlelése
ganglionpotenciál $\lambda=420\text{--}760\text{nm}$	„töménység”	
hallás 16–22e Hz	ízlelés	nyomásérzet
Wever-Bray	5 alapíz	$p=2,5\text{--}48\text{ g/mm}^2$
csigapotenciál	keveredésével	helyfüggő minimum

3. táblázat

Az alapok gépi reprezentációja

Mivel a modellt elsősorban számítógépes tudásreprezentáció megjelenítésére javaslom, a fentieket a gépi környezethez kell alkalmazni. Eddig a pontig ez nem okoz problémát: tetszőleges perifériáról egy külvilágból érkező input, a használt gépi installációtól függő bitrate-tel a processzorba fut egy bitsorozat. Feltesszük, hogy ez a sor egyetlen informémát reprezentál, úgy, hogy a szükséges helyen, az értékelő algoritmusnak megfelelő módon hordozza az attribútumokat is. Ezért meg kell még adnunk az ingerek gépi analogonjait. Ezek legyenek a következők: kép = grafikus kód és attribútumok (szín, pozíció); hang = karakter (ASCII) kód és attribútumok (normál/inverz); illat = forma (az inputot felépítő adekvát alaki egységek, felbontás); íz = megjelenítési mód; hő = valószínű memóriapozíció (az informéma környezeti jellemzőiből felépülő adat); nyomás = a pozíció lehetséges kapcsolatainak kontextusfüggő mértéke.

Felmerülhet a kérdés, mi indokolja a fenti megfeleltetéseket? Ehhez térjünk vissza a humán memória modelljének tárgyalásához.

A hipotalamusz szerepe

A memória működésének neurofiziológiai hátterét a 17. század elején működő *Franz Joseph Gall* megfigyeléseitől kell nyomon követnünk. Galltól számíthatjuk az agy lokalizációs alapon történő vizsgálatának kezdetét. A hipotalamusz humán viselkedésben játszott döntő szerepének első bizonyítéka *Gottfried Foester* műtéti leírása. A kiváló agysebész, egy 3. agykamrai műtete során tamponnal letörölte a hipotalamusz felszínét, ami a beteg addigi apatikus viselkedését gyökeresen megváltoztatta. A tamponálás megszűntetésekor visszaállt az eredeti állapot. *Hans Berger* 1924-ben 8–12 Hz nyugalmi alfa-ritmust, 13–30 Hz béta hullámot és 4–7 Hz téta-ritmusú, „alvó” hullámot mért ki. A hetvenes években bizonyították be, hogy a központi idegrendszer, valamint az endokrin rendszer működésének vezérlése a hipotalamuszon keresztül valósul meg. A vegyi szervezés pontos leírásáért 1977-ben *Guillemin* és *Schally* élettani és orvostudományi Nobel-díjat kapott. A további kutatások már célzottan az agy működési folyamatainak felderítésére irányultak. Elsősorban amnéziában szenvedő betegeken végzett műtéti beavatkozások kiértékelése során próbálták meg pontosan behatárolni a humán gondolkodás folyamatát befolyásoló agyalapi területeket, illetve azok egyes részeinek szerepét, mint például a hippokampust vagy a cortikális mező működéséhez köthető reakciókat. (19)

A modell és a hipotalamusz

A felállított hipotézisek igazolására patkányokon, illetve majmokon végrehajtott roncsolásos (pontosan meghatározott terület kimetszése) kísérletekkel is próbálták lokalizálni az egyes funkciók agyi helyzetét. A gyakorlatilag 1957 óta tartó kutatások eredményét *Larry R. Squire* (20) foglalja össze. Dolgozatában – az egyes mozzanatok magyarázataival – a memória működési folyamatát próbálja jól körülírt területekhez kötni, és egy, eddig sejtésen alapuló modellel (21) kísérli meg a gondolati működési szimulációt „térképhez” kötni. Munkája nyomán a memória felosztását a 3. táblázattal közelíthetjük meg (22).

A jelenlegi kutatások a fenti rendszert tekintik alapnak, s az új modell felállításához is felhasználom ezeket az eredményeket.

A gondolkodási folyamat elméleti modellje

Egy folyamatot kell modelleznünk: tetszőleges input hatására valamilyen válasz generálódik. Hagyományosan kettéválasztjuk a jelenséget, felismerés (recognition), illetve felidézés (free recall) kategóriákra (23). Ha figyelembe vesszük, hogy az agyban az asszociációs terület 3 alapvető részre tagolódik – frontális, temporális, parietális lebeny (24) – gondolati közelítésként közelfekvőnek látszik az alábbi besorolás: a szenzoroktól érkező

input-bioáram az „értékelő” inputmezőjébe kerül, az ingertípusnak megfelelő területre (a hipotalamusz megfelelő lebenye):

kép/hang	1. alak (25)	A hullámforma formáns-struktúra (26)
	2. mozgás (27)	A forrás kb. helye (28)
	3. szín	A forrás minőségi azonosítói
illat/íz	1. molekulatípus	A molekulatípus
	2. reakcióhevedesség	A reakcióhevedesség
	3. pozíció az illatskálán	A pozíció az ízskálán
hő/nyomás	1. lokalizáció, irány	A lokalizáció, irány
	2. fixált, terjedő	A fixált, terjedő
	3. hatás (sugár, diszperz, folytonos)	A hatás típus (vágás, szúrás, nyomás)

4. táblázat

Követve a fenti gondolatmenetet, a gépi reprezentáció információfelosztását az 5. táblázattal írhatjuk le:

input	mi	hol	milyen
	(alak)	(mozgás)	(minőség)
kép/hang	megjelenítő kód	pozíció	szín, mód
illat/íz	forma	változás	felbontás
hő/nyomás	memória hely	kontextus	mérték

5. táblázat

Az adott objektumról érkező szenzoros bioáramok hordozzák a feldolgozáshoz szükséges teljes információhalmazt, egy elektromos aktivációs potenciálban (AP). Ez a potenciál különböző frekvenciájú és intenzitású hullámok (az objektumról érkező különböző adatok eltérő elektromos értékei) szuperpozíciójának egyes értékei, mint *burkolók* mutatják meg a memória, az inputhoz releváns területi címét, annak a szürkemagnak az elérési útvonalát, ahol a lekezeléshez szükséges operátorok találhatók.

A fizikai magyarázathoz vegyük igaznak azt a megállapítást, hogy az információk valamilyen hálóba szervezett csomópontokban találhatók (29) és ezek elektromos állapotainak megtartásához (egyetlen agyidegsejtre redukálva: a határhártya polarizált állapotban tartásához) n joule, eddig ki nem mért bioelektromos energia szükséges. A jelzett energia a csomópont „bevéésekor” kapott elektromos állapot megtartásához kell.

Az adott operátorbázishoz érkező input (a hely meghatározásához *Korbinian Brodman* vagy *Constantin Economo* és *Koskinas* mező-felosztásán alapuló területi lokalizációkat vehetjük) a hordozott tulajdonságoknak megfelelő állapotba hozza az operátort (operátorokat), amely(ek) a területi lokalizációval (a burkoló által meghatározott címen) az AP-lal gerjesztődött *node*-ok között megkeresi(k) azt, amelyik annak(azok) állapotára a leg-erősebben rezonál. A megtalált elektromos állapottal az operátormező munkaterületét felgerjeszti, majd az állapotot létrehozó komponenseket kibontva burkolójukból (hasonlatként a Fourier transzformációt említeném), az input elemeivel összehasonlítja.

Az összevetés szigorúan monoton, egyirányú, rekurzív folyamat, abban az értelemben, hogy az értékelés menete a belépési ponttól az utolsó elemig, visszalépés nélkül, csak egy

irányban, jobbról balra, vagy fordítva történik, miközben a külső input értéke nem változik, de a folyamat többször ismétlődhet. A rekurzió addig folytatódik, amíg az input és a lehívott elektromos állapot között fennálló különbség egy küszöbérték alatti szintre nem süllyed. A küszöbértéket minden esetben a gerjesztett *node* állapota határozza meg, ezt azonban módosíthatja, szélsőséges esetben negligálhatja az individuum pillanatnyi fiziológiai és/vagy emocionális állapota.

A kiértékelési folyamat sebességének, illetve minőségének határt szab a memória munkaterületének gerjeszthetősége, ami gyakorlatilag az egocentrikus szempontból értelt mennyiségi limit beállítása. Küszöb feletti gerjesztés esetén az inputból levágással olyan burkoló generálódik, amit az értékelő mező már képes elviselni, így a komparálást végre tudja hajtani. A következményeket könnyen belátjuk: releváns információk elveszhetnek, lényegtelenek felértékelődhetnek. A keretet minden esetben a hipotalamusz kapacitása határozza meg, mivel minden információ összerendezése, területi lokalizációja itt történik.

A kiértékelési folyamat befejezésekor a küszöb alatti elektromos állapot, az input és a lehívott *node* egyes elemei között fennálló különbséget hordozza, ami jellegétől függően vagy generálni fogja a szükséges motoros effektusokat – mozgásreakciók, verbális megnyilvánulások, hormonális működési funkciók állítása stb. –, vagy irreleváns gerjesztés miatt törli a kiépített útvonalat az inicializált *node*-hoz. Ez az állapot visszajut a hipotalamusz output mezőjébe, ahol generálódik a válasz előírta művelet, illetve a szenzorok motoros reflexíve pontosítja, korrigálja az objektumról felvett adatok bevételeit.

A modell lehetőségei

A fenti megközelítéssel több, eddig felderítetlen, nem pontosan értelmezhető folyamat magyarázhatóvá válik. Például a téves asszociációk követhető lefutása, a nem illeszkedő adatlehívások oka, az irreleváns elemi mozgássorozatok eredete. Ha ugyanis egy objektumról bevételezett, a szenzoros input által kiváltott aktivációs potenciál, a kiértékelő mező kapacitáshiánya miatt nem tartalmazza a releváns *node*-ot inicializáló elektromos állapotokat, vagy két *node* burkolófrekvenciája „nagyon” hasonló és a kontextus asszociációs eleme bizonytalan, esetleg teljesen rossz, vagy az egyik *node* kisebb területre korlátozódik, közelebb fekszik, esetleg újabb, a kibontási művelet során a komponensek összevetése nem eredményez output burkolót, illetve a generálódott elektromos állapot irreleváns reakciósorozatot indít el.

Ekkor a válasz lehet a kontextusnak megfelelő, de inadekvát – vagy adekvát, de a kontextusnak nem megfelelő, azonban sosem generálódik olyan reakció, amely egyáltalán nem hordoz az inputtól teljesen idegen információt.

Második példaként említhetjük az ún. „ahá” élményt. Az *ahá*-élmény általában egy sikeres problémamegoldás során figyelhető meg. Magyarozatához vegyük figyelembe, hogy az egyes csomópontok „életben tartásához”, mint azt már említettem, energia kell, és ez az energialehíváskor az operátormezőbe kerül. Egy jelenség magyarozatához egyszerre több információs-objektumot kell a komparáló mezőben kibontva megtartani, egyszerre több *node* elérési útvonala él és egyszerre több operátormező aktív, aminek következménye az inicializált területek relatíve magas energiaigénye, a küszöbszintek megemelkedése.

Tegyük fel, hogy a kérdéses jelenség vizsgált összetevői megegyeznek a különböző értékelő mezőkbe generálódott belső elemek elektromos állapotával, tehát az aktív operátorbázisok mindenkori állapota fedi a valós eset keltette állapotot, így a keletkezett burkolók egyszerre esnek a küszöbszintre, a további magasán gerjesztett „benntartás” szükségtelessé válik. Mivel a külön lehívott, illetve a frissen beírt információk gerjesztéséhez szükséges energiára tovább nincs szükség, és az új információ teljes hálójának kiírásához (új memória-*node* generálásához) igényelt energia azt nem emészti fel teljesen, a fölös energiát a hipotalamusz az *ahá*-élmény megnyilvánulásaira fordítja.

Az így bevésített új *node*, a bevésésig megszerzett részinformációk fenntartási energiáit is megkapja, és mivel egy hálóba szerveződött információ megtartási energiája jóval kevesebb, mint ugyanazon adat önálló helyzetben, a részenergiák összegeződéssel az elérési út, a csomópontterjesztési frekvencia burkolója nagyon finoman követi a komponensek csúcsait, következésképpen lehíváskor a téves asszociációk lehetősége erőteljesen csökken.

Összegezés

A fenti közelítés matematikai modelljének tesztelése folyamatban van. Az eredmények közlése egy későbbi időpontban várható, amikor egy teljes számítógépes tudásreprezentáció bemutatása ezzel a módszerrel lehetővé válik.

A fent ismertetett elképzelés alkalmazását elsősorban a megtanítás stratégiájának új kidolgozására javaslom. Ha ugyanis a rögzítés menetét követni tudjuk, ismerjük a lehetséges és a szükséges kapcsolatok bejárhatóságát, illetve tudunk a hiányukról, pontosan behatárolhatjuk a megtanítandó tananyag keretét, a megvilágítandó, részletezendő csomópontokat és elkerülhetjük a felesleges ismétléseket; a tanítás folyamatának redundanciáját az optimális szintre állíthatjuk be. Az új anyag ismertetésekor, a tanulás folyamatának ismeretében, könnyebb *érdekeltté* tenni a tanulót, és a megtanításhoz alkalmazhatjuk az *ahá*-élmény stratégiáját. Jól ismert vagy pontosan körülírt, könnyen megtartható leírásokkal egyszerre több kapcsolódó modul aktivizálásakor, folyamatos gerjesztéssel, egy feszített gondolat-hálózat-építő állapotot hozunk létre, amely az utolsó momentum bemutatásával a teljes hálóstruktúra kialakulását eredményezheti.

Jegyzet

- (1) James, W.: *Principles of psychology*. New York: Holt, 1890.; illetve Kidd, A. L.: *Knowledge Acquisition for Expert Systems*. Plenum Press, New York, 1987.
- (2) Head, H.: *Studies of Neurology*. Oxford, 1920, 606. p.
- (3) Miller G. A.: *Human memory and storage of information*. IRE Transaction on Information Theory, IT-2, 1956, 129–137. p.
- (4) Tulving, E.: *Subjectiv Organization in Free Recall of „underlated” Words*. Psychological Review (69.), 1962, 344–354. p.
- (5) Simon, H. A. – Feigenbaum, E. A.: *An information processing theory of some effects of similarity, familiarization, and meaningfulness in verbal learning*. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, (3.) 1964, 385–396. p.
- (6) Anderson, J. R. – Bower, G. H.: *Human Associative memory*. D. C.: Wintson, Washington, 1973.
- (7) Rumelhart, D. E.: *Notes on a Schema for Stories*. In: D. Borbow – A. Collins (Eds.): *Representation and Understanding: Studies in Cognitive Science*. Academic Press, New York, 1975.
- (8) Head, H.: i.m.
- (9) Minsky, M.: *A Framework for Representing Knowledge*. In: P. Winston (Ed.): *The Psychology of computer vision*. McGraw-Hill, New York, 1975.
- (10) Greenes, C. E. – Willbutt, R. E. – Spikell, M. A.: *Problem Solving in the Mathematic Laboratory*. Prindle, Weber & Schmidth Inc. Boston, 1982.
- (11) Gagné, R. M. – Glaser, R.: *Foundations in Learning Research*. In: *Instructional Technology: Foundations*. Laurence Erlbaum Associates, Publishers London, 1987.
- (12) Zola-Morgan, S. – Squire, L. R.: *Neuropsychological Investigations of Memory and Amnesia*. In: A. Diamond (ed.): *The Development and Neural Bases of Higher Cognitive Functions*. Academy of Sciences, New York, 1990.
- (13) Prósztéki, G.: *Számítógépes nyelvészet*. Akadémia Kiadó, Budapest, 1990.
- (14) Solso, R. L.: *Cognitive Psychology*. Allan and Bascon, Inc. 1988.
- (15) Gagné, R. M. – Glaser, R.: i.m.
- (16) Uo.
- (17) O'Regan, J. K.: *Visual Acuity, Lexical Structure, and Eye Movements in Word Recognition*. In: Ben A. G. Elsendoom – Herman Bouma (Eds.): *Working Models of Human Perception*. Academic Press, London, 1989.
- (18) Ghíza, O.: *Auditory Nerve Representation as a Front End for Speech Recognition in a Noisy Environment*. Computer, Speech and Language (1), 1987, 109–130 p.

- (19) Corkin, S.: *Lasting consequences of bilateral medial temporal lobectomy: Clinical course and experimental findings*. In: *H. M. Seminars in Neurology* (4), 1984, 249–259. p.; illetve: *Milner, B.: Disorders of learning and memory after temporal lobe lesions in man*. *Clinical Neurosurgery* (19), 1972, 421–466. p.
- (20) Squire, L. R.: *Memory and the Hippocampus: A Synthesis from Findings with Rats, Monkeys, and Humans*. *Psychological Review* (99) 2., 1992, 195–229. p.
- (21) Zola-Morgan, S. – Squire, L. R.: *Neuropsychological Investigations of Memory...*, i. m.
- (22) Squire, L. R.: *Memory and the Hippocampus...*, i. m.
- (23) Tulving, E.: *Elements of episodic memory*. New York: Oxford University Press, 1983.
- (24) Squire, L. R. – Zola-Morgan, S. – Cave, C. B. – Haist, F. – Musen, G. – Suzuki, W.: *Memory: Organization of Brain Systems and Cognition*. *Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology* (55), 1990.
- (25) Fischer, M. A. – Frischein, O.: *From signal to symbol*. In *Intelligence: The Eye, the Brain, and the Computer*. Addison-Wesley Publishing Company, 1987.
- (26) Ghitza, O.: i. m.
- (27) Stuart, M. A.: *Models and Experiments on Directional Selectivity*. In Ben A. G. Elsendoom – Herman Boma (Eds.): *Working Model of Human Perception*. Academic Press, London, 1988, 234–249. p.
- (28) Costalupes, J. A. – Rich, N. C. – Ruggero, M. A.: *Effects of excitatory and non-excitatory suppressor tones on two-tone rate suppression auditory nerve fibers*. *Hearing Research*, 1878, (25) 155–164. p.
- (29) Tulving, E. – Schacter, D. L.: *Priming and human memory systems*. *Science* (247), 1990, 301–396. p.