

# STRUKTÚRA-MEMÓRIA (SM)

## Az emberi agytevékenység gráf modellje

*D é n e s T a m á s* matematikus

e-mail: [titoktan@freemail.hu](mailto:titoktan@freemail.hu)

### 1. BEVEZETÉS

Az emlékezeti teljesítmények az emberi agy működésének nehezen elkülöníthető részei, s ugyanakkor talán mégis ezek jelentik a legerőteljesebb kihívást az információalkalmazás kutatói számára. Egy hardware háttér elképzelésének követelménye ugyanis itt érződik a legerősebben. Az erre irányuló modellalkotások többsége természetesen *funkcionálisan* igaz, tehát az agy bizonyos funkcióit másoló rendszerek kialakítására törekedett.

Ebben a dolgozatban javaslatot teszek egy olyan modellezési eszközre, amely néhány alapvetőnek ítélt biológiai és pszichológiai tényből vagy ezzel kapcsolatos felvetésből kiindulván, a jelenségszinten tapasztalható fontosabb emlékezeti teljesítmények egységes rendszeren belüli szimulálására, elméleti szinten módot ad.

Ha érdeklődésünk tárgya az agyműködés, akkor az ezt szimuláló modell értékét alapvetően az általa produkálható különböző típusú pszichológiai produkciók köre, azok összekapcsolásának lehetőségei, a kezelhető elemek bonyolultsági foka és fajtaválasztéka, valamint mennyiségük nagyságrendje jelzi.

A kritériumként megjelölt pszichológiai teljesítmények körének kijelölése nyilván összefügg a modellkészítés lehetséges céljaival. Érdemes-e olyan modell létrehozásával próbálkozni, amely az emberi emlékezéshez szervesen hozzátartozó fogyatékosságokat, esetlegességeket is reprezentálja?

Ha az emberi agytevékenység megismerése a célunk, nyilván ez nélkülözhetetlen. Ha új, hatékony mesterséges rendszerek kialakítására törekszünk, s ehhez példaként vesszük a különböző élő rendszerek ötletes megoldásait, akkor (talán) szükségtelen. De figyelembe véve az evolúció optimalizáló „stratégiáját”, egyáltalán nem bizonyos, hogy a számunkra (látszólag) hatékonyság rontó funkcióknak nincs alapvető szerepe az agyműködésben. Vagyis, az élő szervezetek „hibái” gyakran hatékony működésük feltételének bizonyulnak, s a létrejöttükért felelős struktúrák, mechanizmusok más vonatkozásban igen pozitív szerepet játszhatnak.

## 2. A modellalkotás kritériumai

Az emlékezet alapvető mechanizmusaként az információk befogadása, tárolása, felidézése illetve felejtése emelhetők ki.

*Információnak tekintendő:*

- minden ismert és még nem ismert, de létező *érzékszervi úton* nyert kép, ismeret, benyomás beleértve a kommunikációs folyamat során szerzett anyagokat;
- ugyancsak információként kezelendők az ember belső folyamatai eredményeként, így az agyban valamilyen *gondolkodási folyamat révén előállított* output-ok is.

2.1. Az *információ-befogadás* (tartalmi típusait az előbbiek már körülírják), s bizonyos körülményeinek kiemelkedő jelentősége van az emlékezet teljesítménye szempontjából.

Egy adott információ, már befogadásakor különböző erősségű nyomatékot kaphat.

- Függ az információt rögzítő személyes érintettségétől (mennyire fontos szubjektíve az adott személy számára).
- Függ a személy általános állapotától a befogadás időpontjában.
- Befolyásolják az információ objektív jellemzői (típusa, pl. kép, hang, írásbeli üzenet, stb., közvetítési ereje, zajszintje).

Ugyanazon információk többszöri ismétlődésének szintén specifikus hatása van az emlékezeti teljesítményre.

2.2 Az *információ-tárolás* terjedelmi típusú feltételei és az információk egymáshoz viszonyított átstrukturálódásával kapcsolatos követelményei az emberi emlékezetet modellálva, valóban rendkívüli követelményeket támasztanak.

A korlátozott méretű hardvernek, hatalmas mennyiségű, gyakorlatilag szinte korlátlan információt kell tárolni.

Ugyanezen információknak a legkülönbélebb, hierarchikusan alig, vagy egyáltalán nem rendezhető, s ugyancsak nem limitálható számú kapcsolódásait (struktúráját) kell tudnunk tárolni.

2.3. Az *információ-felidezés*, illetve *felidéződés* mechanizmusa nem más, mint a tárolt információ felhozása, illetve felérkezése az aktuális tudati tevékenység anyagai közé, amelynek alapvető törvénye az asszociáció. Ezt a kifejezést e dolgozatban, a megszokottnál jóval tágabb értelemben használom.

A *hasonlósági asszociáció* - ebben a tágabb értelemben - valamilyen szempontból vagy szempontokból hasonló információk egymáshoz kapcsolódó felidézését vagy spontán felidéződését jelenti az erre irányuló preferábilis hajlandóság alapján.

Az *idői asszociáció* ugyancsak egyfajta preferábilis hajlandóság alapján való felidézést vagy felidéződést jelent. Itt azonban a formai vagy tartalmi szempontoktól függetlenül, egyedül csak az azonos időintervallumban rögzített információk jelentik e preferencia alapját.

A felidezés lehetősége szempontjából kitüntetett jelentősége van egy nagy biológiai értékű jelenségnek, az úgynevezett *retroaktív gátlásnak*. Ez esetben a később tanult anyagnak a korábban tanult anyag pontos felidézhetőségét rontó erőteljes hatásáról van szó. Ez a negatív hatás annál nyomatékosabb, minél inkább hasonló egymáshoz a két információ. (A proaktív gátlás mechanizmusát kisebb biológiai értéke és az előbbivel azonos jellege miatt itt nem tárgyaljuk.)

2.4. A *felejtés* voltaképpen gyűjtőfogalom: magában foglalja mindazokat a pszichológia által leírt jelenségeket, amelyekben az adott információ felidezésének akadályozása, vagy nagymértékben való megnehezülése a közös.

A felejtés fontosabb típusai okok szerint rendszerezve: primer „hardware”-sérülés, az információ használaton kívül léte (inaktivitása), a retroaktív gátlás és a proaktív gátlás, az elfojtás.

A felejtés különböző típusaival kapcsolatban a korábban már jelzett mechanizmusokon túl az *elfojtás* jelenségére indokolt kitérni. Ez esetben erősen megtartott, de az átlagos körülmények között ennek ellenére sem felidézhető információkról, vagy információk közötti kapcsolatokról van szó, melyeket a személyiség valamilyen okból aktív működés eredményeképpen kirekeszt aktuális tudatából. Itt tehát valamiféle, adott összefüggéshez kapcsolódó felidezés-letiltási mechanizmusról van szó.

A felejtés eredményével kapcsolatban, annak mértékétől függetlenül indokolt két típust elkülöníteni.

- Kieshet konkrét információ, melynek hiányát, sőt helyét más információk között emlékezetünkben esetleg pontosan érzékeljük.
- Elveszhetnek egyes információk közötti kapcsolati összefüggések, azaz összetartozásuk tudata, miközben maguk az információk megmaradnak.

Célom, hogy az előbbieken leírt követelményeknek megfelelő modell kialakításához, ráirányítsam a figyelmet egy olyan egzakt matematikai modellezési módra, amely az eddig felsoroltakon túl, számtalan pszichés jelenség modellezésére, szimulációjára is alkalmas.

### 3. A *struktúra-tároló matematikai modellje*

A matematikai modell gráfelméleti alapokra épül, mivel e bonyolult rendszer (emberi agy) leírásához szükséges, nem metrizálható, strukturális követelményeket, mint látni fogjuk, eme diszciplína eszközeivel tudjuk leginkább leképezni.

A továbbiakban a jelen szinten *axióma*-ként kezelhető feltevessel élünk, hogy *bármely információhoz egyértelműen rendelhető egy színezett élű irányított gráf, amely az adott információt reprezentálja.*

A 2.pontban leírt kritériumok az emberi agy, mint igen bonyolult rendszer működésének megfigyelése útján születtek. Szeretném megmutatni, hogy az általános rendszerekre is érvényes STRUKTÚRA-MŰKÖDÉS kölcsönhatás alkalmazásával, jelen esetben struktúra oldalról hatékonyabban lehet egységes alapokon nyugvó, az összes működési kritériumnak egyszerre megfelelő modellt konstruálni. Ezért neveztem el e modellt Struktúra-tárolónak (angolul: Structure-Memory), melyet a továbbiakban röviden SM-mel jelölök.

Vezessük be az alábbi jelöléseket:

- A fenti általános értelemben vett információkat az  $I_1, I_2, \dots, I_j, \dots$  jelekkel,
- az  $I_j$  információt reprezentáló gráfot  $G_j$ -vel,
- az SM-et modellező multigráfot  $G_{SM}$ -mel jelöljük.

Az SM tároló leírását a  $G_{SM}$  gráffal adjuk meg:

$G_{SM}$  egy  $n$  darab címkézett szögponthoz tartozó, színezett élű multigráf.

(Multigráfnak nevezünk egy gráfot, ha hurokéleket és bármely két szögpontja között párhuzamos éleket is megengedünk.)

Legyen  $G_{SM} = (P_{SM}, E_{SM})$ , ahol

$$(1) \quad P_{SM} = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$$

$$(2) \quad E_{SM} \subseteq P_{SM} \times P_{SM}$$

azaz  $P_{SM}$  a gráf szögpont,  $E_{SM}$  pedig az élhalmaza. Az  $E_{SM}$ -beli élek természetesen  $G_{SM}$  multigráf voltából következően, multiplicitással szerepelnek, valamint az alábbiak szerinti úgynevezett színezéssel rendelkeznek.

Az  $I_j$  információt reprezentáló  $G_j$  irányított gráf éleit színezzük a  $j$  "színnel"<sup>1</sup>, azaz minden  $G_j$ -beli élhez rendeljük hozzá a  $j$  címkét. Definiáljuk tetszőleges két  $G_i = (P_i, E_i)$  és  $G_j = (P_j, E_j)$  gráf összegét (jelölése:  $\oplus$ ) az alábbiak szerint:

$$(3) \quad G_i \oplus G_j = (P_i \cup P_j, E_i \cup E_j)$$

ahol  $\cup$  az általunk bővített uniónak nevezett művelet, melyre

$$(4) \quad E_i \cup E_j = (E_i \cup E_j) \cup (E_i \cap E_j)$$

<sup>1</sup> Az gráf éleinek „színe” itt absztrakt értelemben értendő, ami tulajdonképpen az összes élek egy osztályozását jelenti. Az azonos osztályba tartozó éleket az osztályhoz rendelt számmal jelöljük meg. A számokat egyszerűbb esetekben, amikor kevés osztályról van szó, jelölhetjük valóban színekkel. Ugyanígy osztályozhatók (színezhetők) a gráf szögpontjai is, amelyre ismert a majd száz évig bizonyítatlan, de mára már bebizonyított „négy színű tétel”, mely szerint, „Bármely síkba rajzolható gráf (sík gráf) szögpontjai kiszínezhetők négy különböző színnel úgy, hogy a gráf bármely élének két végpontja különböző színű legyen.” Nem sík gráfokra vonatkozóan a szögpontok minimális színnel való kiszínezését kromatikus számnak nevezik.

Tehát az  $E_i \cup E_j$  halmaz tartalmazza  $G_i$  és  $G_j$  összes élét, valamint az  $E_i \cap E_j$ -beli éleket két példányban és mindegyik élt az eredeti színezéssel. Ekkor, ha az SM tároló adott időpontban az  $I_1, I_2, \dots, I_k$  információkat tárolja, akkor

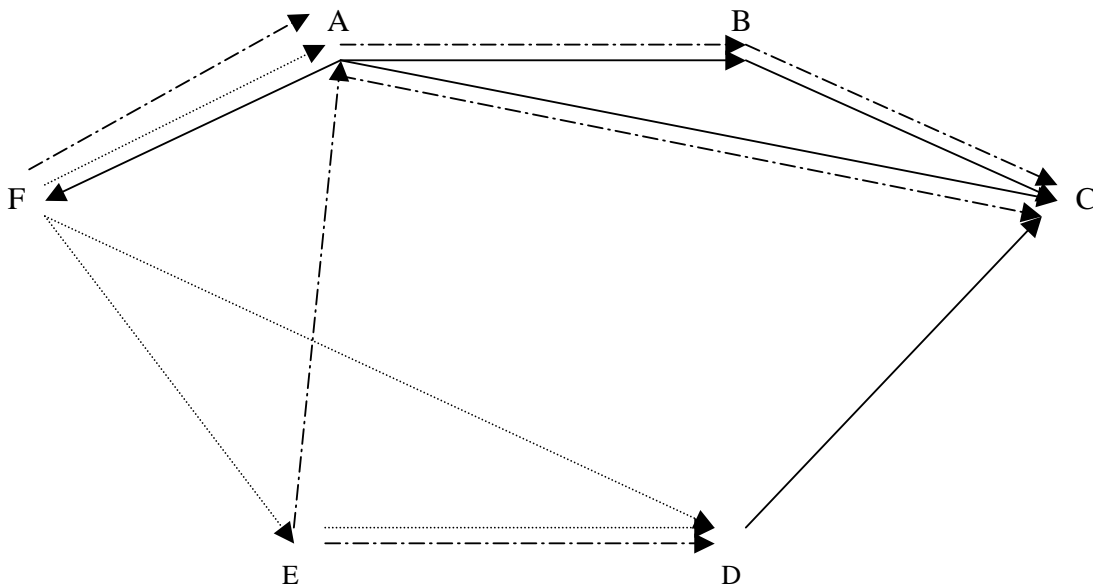
$$(5) \quad G_{SM} = G_1 \oplus G_2 \oplus \dots \oplus G_k$$

azaz

$$(6) \quad P_{SM} = P_1 \cup P_2 \cup \dots \cup P_k$$

$$(7) \quad E_{SM} = E_1 \cup E_2 \cup \dots \cup E_k$$

Példaként az 1. ábrán látható egy (5) szerinti multigráf, ahol  $k=3$ , valamint  $E_1 = \longrightarrow$   $E_2 = \cdots \cdots \longrightarrow$   $E_3 = - - - - - \longrightarrow$  típusú élekkel ábrázolt (rajzolt) részgráfok.



1. ábra

Könnyű belátni, hogy ha  $|P_{SM}| = n$ , akkor az SM tároló  $2^{n^2}$  számú különböző információ tárolását teszi lehetővé. Az SM-ben tárolható különböző információk száma ugyanis modellünkben megegyezik az összes különböző  $n$  szögpontú irányított gráfok számával, azaz  $2^{n^2}$ -el. Ezzel a 2.2. kritériumnak modellünk gyakorlatilag megfelel. Ennek szemléltetésére tekintsük az alábbi példát:

Ha  $k = 2^{n^2}$ , akkor világos, hogy

$$(8) \quad n = \sqrt{\log_2 k}$$

Egy egyszerű becslés érzékletesen mutatja az SM tároló gyakorlatilag korlátlan kapacitását. Ha minden másodpercben 1 millió különböző információ befogadását tételezzük fel (az emberi agyra ismeretesek ilyen becslések), akkor évente

$$(9) \quad k = 10^6 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 352 = 10^{13} \cdot 3.04128$$

információ tárolására kell számítanunk. Ha ez 200 éven keresztül történne, akkor  $10^{15} \cdot 6.08256$  információt jelentene, amelyhez (8) alapján:

$$(10) \quad n = \sqrt{\log_2(10^{15} \cdot 6.08256)} \approx 7.2411$$

azaz mindössze egy  $n = 8$  szögpontú  $G_{SM}$  gráf által reprezentált SM tárolóra lenne szükség.

A fenti konstrukció alapján, mint az 1. ábrán jól látható, bármely két (vagy több)  $G_i$ ,  $G_j$  gráf közvetlen kapcsolatba hozható egymással<sup>2</sup>, hiszen szögpont halmazuk közös, így könnyen kezelhetővé válik a következő fejezetben tárgyalásra kerülő és kulcsszerepet játszó *asszociációs működési elv*.

#### 4. Az emlékezeti tevékenységek szimulációjának matematikai leírása

Jelöljük a továbbiakban a  $G_i$  gráf  $(p_u p_v)$  éléhez rendelt súlyt  $s_{uv}^i$ -vel, valamint a  $G_{SM}$  gráf  $(p_u p_v)$  "multi" éléhez rendelt súly legyen a következő:

$$(11) \quad s_{uv}^{SM} = \begin{cases} \prod_{i=1}^k s_{uv}^i & , ha \quad \forall s_{uv}^i \neq 0 \\ 0 & , ha \quad \exists 1 \leq i \leq k : s_{uv}^i = 0 \end{cases}$$

ahol  $k$  az SM-ben adott időpontba tárolt információk száma.

##### 4.1.

A 2.1. pontban leírt kritériumok alapján, modellünkben az élekhez rendelt súlyok egy mennyiségi és egy strukturális összetevőből állnak (jelöljük ezeket adott  $s_{uv}^i$  súly esetén rendre  $\alpha_{uv}^i$ ,  $\beta_{uv}^i$ -vel). A strukturális összetevő az adott gráf struktúrájának (komponensek száma, stabilitási szám, artikulációs pontok száma stb.) számszerű jellemzőit tartalmazza.

<sup>2</sup> Azaz a modell az információkat reprezentáló gráfok közötti valódi közvetlen hozzáférést biztosítja.

Itt hívom fel a figyelmet arra, hogy a  $G_{SM}$  gráf definíciójában színezésként alkalmazott címkék, az információk időbeli rendezettségét (sorrendjét) reprezentálják.

A 2.1. pontban leírt kritériumok modellünkben azt jelentik, hogy bármely két  $G_i$ ,  $G_j$  gráf éleihez rendelt  $\beta$ -típusú súlyösszetevők különböző értékeket vehetnek fel már a befogadás (tárolás) pillanatában<sup>3</sup>.

4.2.

A 2.3. kritériumok teljesítése a legkézenfekvőbb modellünkben. Az asszociáció ugyanis strukturális kategória, amely ábrázolás és működés szempontjából gráfok segítségével válik könnyen kezelhetővé.

A 2.3. pontban leírt hasonlósági asszociáció ugyanis azt jelenti, hogy egy kiváltó  $I_j$  információhoz legjobban „hasonlító” információ kerül felidézésre. Azaz a  $G_j$  kiváltó gráf azt az információt váltja ki a felidézés (asszociáció) eredményeként, amelyet reprezentáló  $G_i$  gráfra teljesül, hogy

$$(12) \quad \forall G_r : G_r \neq G_i, G_r \neq G_j \Rightarrow |E_j \cap E_i| \geq |E_j \cap E_r|$$

Ha több (12)-nek eleget tevő gráf van, legyen például  $G_i$  és  $G_t$  ilyen, akkor a  $G_j$ -hez asszociált  $G_j'$  gráfot az alábbiak szerint jelöljük ki:

$$(13) \quad s_i = \sum_{(p_u p_r) \in E_i} s_{uv}^{SM}$$

$$(14) \quad s_t = \sum_{(p_u p_r) \in E_t} s_{uv}^{SM}$$

Ekkor

$$(15) \quad G_j' = G_i \Leftrightarrow s_i \succ s_t$$

Ha az  $s_i = s_t$  eset áll elő, akkor

$$(16) \quad G_j' = G_t \Leftrightarrow t \prec i$$

amely reláció biztosan eldönthető, hisz  $i$ ,  $t$  az  $I_i$ ,  $I_t$  információk időbeli sorrendjét jelöli, amit szigorú rendezési relációként kezelhetünk.

<sup>3</sup> Megjegyzem, hogy ez még egy adott  $G_i$  gráf különböző élei esetén is fennállhat.

A 2.3. pontban tárgyalt idői asszociáció működése, egy adott  $j$  időpontban kijelölt  $T$  időtartományban tárolt információk  $H_T$  halmazának kiválasztása, azaz

$$(17) \quad I_r \in H_T \Leftrightarrow j - T \leq r$$

Természetesen az asszociáció eredménye egy adott pillanatban egy adott információ, így ebben az esetben csak a szelekciós sorrend fordul meg a hasonlósági asszociációhoz képest.

Röviden a kétféle asszociációtípus működését az alábbi 2. ábra mutatja (az ábrabeli számok a megfelelő összefüggésre utalnak).

<i>Asszociáció típus</i>	<i>Szelekció sorrend</i>
hasonlósági	(12) – (15) – (16)
idő	(17) – (15) – (12)

2. ábra

A 2.3. pontban leírt és pszichológiailag kulcsfontosságúnak tekinthető retroaktív gátlás modellünkben az alábbiak szerint működik:

Legyen  $G_j$  a kiváltó gráf és  $G_j'$  a fentiekben leírt hasonlósági asszociációval kiváltott gráf. Ekkor a 3. pontban leírt tárolási mechanizmus alapján az  $E_j \cap E_j'$ -beli élekre teljesül, hogy

$$(18) \quad (p_u p_v) \in E_j \cap E_j' \Rightarrow (s_{uv}^{SM})_j \langle (s_{uv}^{SM})_j$$

ahol  $(s_{uv}^{SM})_j$  és  $(s_{uv}^{SM})_j$  a  $G_{SM}$  multigráf  $(p_u p_v)$  élének (11) szerint definiált súlya a  $j'$ , valamint a  $j$  időpontban. A gátlás mechanizmusa ezzel párhuzamosan idézi elő a  $G_j$  és  $G_j'$  gráfok alábbi változását:

$$(19) \quad (p_u p_v) \in E_j \Rightarrow (s_{uv}^j)_j \langle (s_{uv}^j)_{j-\varepsilon}$$

$$(20) \quad (p_u p_v) \in E_j' \Rightarrow (s_{uv}^{j'})_j \gg (s_{uv}^j)_j$$

ahol „ $\gg$ ” a *jelentősen kisebb* (vagy fordított irányban, a *jelentősen nagyobb*) relációt,  $(s_{uv}^{j'})_{j-\varepsilon}$  az  $E_j$ -beli élek  $j - \varepsilon$  időpontbeli (igen kevéssel a  $j$  időpont előtti) súlyát jelöli.



Érdemes megjegyezni, hogy fennáll az alábbi összefüggés, amely e jelenség modellezésének lényegére utal:

$$(21) \quad E_j \cap E'_j \rightarrow 0 \Rightarrow (s_{uv}^j)_j \rightarrow (s_{uv}^j)_{j'} \quad \text{és} \quad (s_{uv}^j)_j \rightarrow (s_{uv}^j)_{j-\varepsilon}$$

Itt térek vissza a 2.1. pontban felvetett ismétlésre, azaz azonos információ különböző időpontokban történő megjelenésére. Legyen ugyanis  $I_i = I_j$  és  $i < j$ , ekkor  $G_i = G_j$ , amiből (21) alapján az következik, hogy

$$(22) \quad (p_u p_v) \in E_i \Rightarrow s_{uv}^i = 0$$

$$(23) \quad (p_u p_v) \in E_j \Rightarrow (s_{uv}^j)_j \langle (s_{uv}^j)_{j-\varepsilon}$$

Ugyanakkor (18) alapján

$$(24) \quad (p_u p_v) \in (E_i \cap E_j) = E_j \Rightarrow (s_{uv}^{SM})_i \langle (s_{uv}^{SM})_j$$

Igen érdekes felfigyelni arra, hogy ha az ismétlések számát igen nagyra növeljük, azaz  $I_1 = I_2 = \dots = I_t$  és  $t \rightarrow \infty$ , akkor (22), (23) és (18) szerint azt kapjuk, hogy

$$(25) \quad (p_u p_v) \in E_r \Rightarrow s_{uv}^r = 0 \quad (1 \leq r \leq t)$$

$$(26) \quad (p_u p_v) \in E_t \Rightarrow s_{uv}^t \rightarrow 0$$

$$(27) \quad (p_u p_v) \in E_t \Rightarrow s_{uv}^{SM} \rightarrow \infty$$

Amint az az előzőkből kiderült a retroaktív gátlás az asszociáció (felidézés) és felejtés ötvözeté, így ennek kapcsán áttérhetünk a felejtés modellünkben való szimulációjának tárgyalására.

#### 4.3.

Csatoljunk az SM tárolóhoz egy olyan RG generátort, amely a  $G_{SM}$ -ben adott  $n$  szögponton generál irányított véletlen gráfokat időegységenként úgy, hogy mindegyik véletlen gráf azonos valószínűséggel álljon elő. Ez a valószínűség a 3. fejezetben leírtak alapján:  $\frac{1}{2^{n^2}}$

Legyen egy adott  $z$  időpontban az RG által generált véletlen gráf  $\Gamma_z$  és legyen ennek minden éle  $I$  súlyú.  $\Gamma_z$ -vel a hasonlósági asszociáció procedúráját végrehajtva, legyen az asszociált gráf  $G_i$ , ekkor

$$(28) \quad (p_u p_v) \in E_i \quad \text{és} \quad (s_{uv}^{SM})_i \neq 0 \quad \Rightarrow \quad (s_{uv}^{SM})_z = (s_{uv}^{SM})_i - 1$$

Világos a (28), illetve (19), (20), azaz az "állandó véletlen" felejtés és a retroaktív gátlás szimulációja alapján, hogy a  $G_{SM}$  gráf bizonyos éleihez tartozó súlyok elérhetik a nulla értéket, ami az adott él eltűnését jelenti. Ezzel modellünk dinamikus voltán túlmenően, a mennyiségi hatások minőségivé alakulását is képes szimulálni.

A  $G_{SM}$  gráf éleinek eltűnése ugyanis a teljes struktúra változását jelenti, azaz a felejtés struktúráisan (minőségileg) torzító hatását (lásd 2.4. kritérium).

Itt jelezzük, hogy az információk összekapcsolódása, az asszociációs lánc, pontosan a fent leírt felejtési mechanizmusok következtében szakad meg, ami modellünkben a  $G_{SM}$  gráf összefüggő részgráfjainak több komponensre való szétesésével jön létre. Ez azonban átvezet a gondolkodási folyamatok körébe, amelyek tárgyalására itt nem térünk ki.

Végül a 2.4. pontban kiemelt elfojtási jelenség az előzőekben leírt retroaktív gátlással analóg módon szimulálható, azzal a kiegészítéssel, hogy ebben az esetben feltétel a (19) összefüggésben  $(s_{uv}^j)_j$  "igen magas" értéke.

Úgy vélem, az ajánlott modell lehetséges produkciófelülete szélesebb, mint amit a dolgozatban tárgyalt emlékezeti jelenségek igényelnek, s így alapja lehet egy általánosabb strukturális rendszer-modellnek is. Ugyanakkor, a modell gyakorlati megvalósításának célszerű módja a mai technikai (számítástechnikai) megoldások adott irányú meghaladását igényli, és a jelenleg elterjedtől eltérő alapon működő új számítógépes generáció létrehozásának szükségességére is utal. Ezek érzékeltetésére mutatom be a következő fejezetben a modell működésének alaptételeit.

## 5. Struktúra beépülés SM-be

Felvett axiómánk, azaz, hogy "bármely  $I_j$  információhoz egyértelműen rendelhető egy  $G_j$  irányított gráf", csak azt biztosítja (implicit módon), hogy az adott információ struktúrája mindig megadható olyan formában, hogy azt egy irányított gráffal SM-en kívül le tudjuk írni. Ez pontosan azt jelenti, hogy  $G_j$  szögpontjai maximum az SM-től független címkézéssel (számozással) rendelkeznek, azaz SM-ben nincs előírt „helyük”.

Kérdés tehát, hogy milyen mechanizmussal épülnek be SM-be az egyes  $I_j$  információkat reprezentáló  $G_j$  gráfok (struktúrák)?

### 1. Definíció

Legyen  $G_j = (P_j, E_j)$  és  $G_k = (P_k, E_k)$  két tetszőleges irányított gráf. A két gráfot **izomorf**nak **nevezzük** (jele:  $\cong$ ), ha van  $G_j$  szögpontjainak  $G_k$  szögpontjaira történő olyan leképezése, amely egyértelmű és éltartó (izomorfizmus), azaz

$$(29) \quad G_j \cong G_k \quad \Rightarrow \quad \exists \rho : P_j \rightarrow P_k$$

$$(30) \quad \forall p \in P_j \Rightarrow \exists! q \in P_k : \rho(p) = q$$

$$(31) \quad (pp') \in E_j \Leftrightarrow (\rho(p)\rho(p')) \in E_k$$

### 1. Megjegyzés

Az izomorfia ekvivalencia reláció, azaz teljesülnek az alábbi összefüggések:

- a.  $G_j \cong G_j$  (reflexív tulajdonság)
- b.  $G_j \cong G_k \Rightarrow G_k \cong G_j$  (szimmetrikus tulajdonság)
- c.  $G_j \cong G_k$  és  $G_k \cong G_i \Rightarrow G_j \cong G_i$  (tranzitív tulajdonság)

### 2. Megjegyzés

Az 1. definícióból látható, hogy az izomorfiának van egy nagyon egyszerű speciális esete, amikor a két gráf szögpontjainak címkézése megegyezik ( $\rho$  úgynevezett identikus leképezés), azaz

$$(32) \quad \forall p_i \in P_j \Rightarrow \rho(p_i) = p_i \in P_k$$

### 2. Definíció

Legyen  $G_j = (P_j, E_j)$  és  $G_k = (P_k, E_k)$  két tetszőleges gráf, valamint  $\rho : G_j \rightarrow G_j' = (P_j', E_j')$  az a leképezés, amely esetén  $G_j' \cap G_i$  gráfok metszete maximális, azaz

$$(33) \quad \rho : G_j \rightarrow G_j' = (P_j', E_j') \Rightarrow \forall \rho^* : G_j \rightarrow G_j^* = (P_j^*, E_j^*), \rho^* \neq \rho \Rightarrow |E_j \cap E_j'| \geq |E_j \cap E_j^*|$$

Ekkor a  $G_i$  és  $G_j$  **gráfok izomorfia szintjének nevezzük** az  $m(G_i, G_j)$  számot, ahol

$$(34) \quad m(G_i, G_j) = |E_j \cap E_j'|$$

A fejezet elején feltett kérdésre az a válasz, hogy az **új struktúra beépülése SM-be, izomorfia elven történik.**

Ez azt jelenti, hogy kiválasztjuk SM-ből a  $G_j$ -vel legnagyobb izomorfia szinten levő részstruktúrákat (ha több ilyen van, akkor legyenek ezek rendre  $G_{i_u} \subset SM$ , valamint az ezekhez tartozó (33) tulajdonságú leképezések legyenek rendre  $\rho_u$ , ahol  $u=1,2,\dots,r$ . Tehát  $G_j$  beépülése SM-be úgy történik, hogy:

- a.  $G_j$  szögpontjait a megfelelő részstruktúrákkal ( $G_{i_u} \subset SM$ ) alkotott metszet szerint rendre

átcímkezzük (átszámozzuk), majd

- b. a  $\oplus$  összeadás szerint hozzáadjuk SM-hez.
- c. A metszetben nem szereplő szögpontok SM még le nem fedett szögpontjai közül a megfelelő számúra fognak illeszkedni.

Egy új  $G_j = (P_j, E_j)$  struktúra SM-be történő beépülése tehát a következőképpen írható le (az előbbieken bevezetett jelölésekkel):

Tekintsük rendre a  $\rho_u$  ( $u = 1, 2, \dots, r$ ) leképezéseket, ekkor

$$(35) \quad \begin{aligned} \rho_u(G_j) = G'_j = (P'_j, E'_j) &\Rightarrow \forall p_s \in P'_j \cap P_{i_u} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \exists ! p_t \in P_j : \rho_u(p_t) = p_s \Rightarrow t' = s, \text{ egyébként } t' = t \end{aligned}$$

$$(36) \quad G'_{SM} = G_{SM} \oplus G_{i_u} \quad (u=1, 2, \dots, r)$$

### 3. Megjegyzés

Lényeges felhívni a figyelmet arra, hogy a beépülésnél **az  $r > 1$  eset valóban előállhat**, azaz az új struktúra SM-nek egynél több „helyére” is beépülhet, természetesen a megfelelő (eltérő) szögpont címkézéssel. Ez a lehetőség modellezi az agyi információk beépülése során létrejövő **jelentés egyéni voltát**, vagyis az információ **beépülés előtt „személytelen”, beépülés után „személyes” (SM előző állapotától függő) jelentéssé válik**.

A modell ezen a ponton igen távolra mutató általános rendszerelméleti következményekhez vezet, sőt felvillantja a valóság egységes leírásának lehetőségét! Érthetővé, magyarázhatóvá és leírhatóvá válik az INFORMÁCIÓ  $\xrightarrow{\text{SM-be épülés}}$  ISMERET  $\xrightarrow{\text{kapcsolódó asszociatív struktúrák}}$  TUDÁS megismerési folyamat. Ennek jelentősége felértékelődik, ha figyelembe vesszük a mára már elfogadott (de matematikailag nem kielégítően leírt) ANYAG $\equiv$ ENERGIA $\equiv$ INFORMÁCIÓ ekvivalencia triádöt.

#### 1. Tétel

Ha  $G_j = (P_j, E_j)$  és  $G_i = (P_i, E_i)$ , valamint  $G_j \cong G_i$ , akkor  $G_j$  és  $G_i$  az SM tárolóba azonos szögpont címkézéssel épül be.

#### Bizonyítás:

A (35) összefüggésnél használt jelöléseket alkalmazva, legyenek a  $G_j$ -hez tartozó (33) tulajdonságú SM-beli részstruktúrák ( $G_{i_u} \subset SM \quad u=1, 2, \dots, r$ ), a megfelelő leképezések rendre  $\rho_u$  ( $u = 1, 2, \dots, r$ ).

Ekkor az 1. megjegyzés alapján a  $G_{i_u} \subset SM$  részstruktúrák és  $\rho_u$  leképezések  $G_i$ -hez is tartoznak. Tegyük fel továbbá, hogy van olyan (33) tulajdonságú SM-beli  $G_{i_q}$  ( $i_q \neq i_1, i_2, \dots, i_r$ ) részstruktúra (az ezekhez tartozó leképezés  $\rho_q$ ), amely  $G_i$ -hez tartozik,

de  $G_j$ -hez nem.

Mivel azonban  $G_j \cong G_i$ , így (29), (30), (31) szerint létezik olyan  $\rho$  leképezés, amely  $G_j$ -t  $G_i$ -be viszi át, így a  $\rho \circ \rho_q^4$  leképezés  $G_j$ -re vonatkozóan pontosan (33) tulajdonságú lesz és a  $G_{i_q}$  ( $i_q \neq i_1, i_2, \dots, i_r$ ) részstruktúrát rendeli  $G_j$ -hez, ami ellentmond a  $G_{i_q}$ -ra tett feltételezésünknek.

Ezzel beláttuk, hogy  $G_j$ -hez és  $G_i$ -hez pontosan ugyanazok az SM-beli részstruktúrák rendelődnek a (33) tulajdonságú leképezésekkel. Így a (35), (36) beépülési elvet ezekre alkalmazva éppen a tétel állítását nyerjük.

Q.E.D.

## KÖVETKEZMÉNYEK:

Az 1. tétel következményeként adódik, hogy az SM tárolóban úgynevezett **funkcionális blokkok alakulnak ki, éppen a beépülő struktúrák által**. A funkcionális blokkok tehát SM olyan részstruktúrái, amelyek erős rögzítési szinten (erős súlyokkal) bizonyos információ típusok „beépülési helyeként” működnek és így stabilizálódnak (éppen az erős rögzítési szint miatt).

A beépülési elvből (lásd (35), (36)) következik, hogy a kialakuló funkcionális blokkok lehetnek átfedők is. Ezzel **modellezhető az asszociációs kapcsolatok beépüléskor történő létrejötte!**

A beépülés (35) fázisa tulajdonképpen a legáltalánosabb asszociációs mechanizmust írja le. Így ennek speciális eseteként tárgyalható a 4.2. pontban tárgyalt bármelyik asszociációs folyamat, illetve azok egyes fázisai!

### 4. Megjegyzés

A beépülési elv dinamikus volta miatt, könnyen modellezhető az egyes **funkcionális blokkok bármely sérülése esetén történő áthelyeződés**. Hiszen a már stabilizálódott blokk is a struktúrák beépülése során keletkezett, így ennek **részleges vagy teljes „törtlődése” esetén ugyanaz a mechanizmus fogja a blokkot reprodukálni**, részben vagy egyáltalán nem a régire építve.

### 5. Megjegyzés

A hardware, vagyis a biológiai szervek (idegrendszeri alakulatok) a modellben igen erős rögzítési szintű funkcionális blokkokként értelmezhetők (lásd Szentágothai János „agy anatómiája”).

### 6. Megjegyzés

A struktúra beépülési elv (mint arra az 1. tétel következményeiben utaltunk) az asszociációs mechanizmus legáltalánosabb (egzakt) megfogalmazása.

Ebből és az 5. megjegyzésből következik, hogy az asszociáció fogalma kiterjeszthető a fiziológiai jelenségekre is. Így például a feltétlen reflexek, mint hardware asszociációk írhatók le és teljesen analóg módon modellezhetők SM-ben, mint az „absztrakt” asszociációs mechanizmusok. **A**

<sup>4</sup> A „ $\circ$ ” művelet a leképezések szorzását jelöli. Ezen azt értjük, hogy a két leképezést egymás után hajtjuk végre.

**feltételes reflexek a hardware és nem hardware jellegű funkcionális blokkok összekapcsolásával létrejövő asszociációs mechanizmusok**, melyeknek modellezése SM-ben szintén azonos elven történik. Így egységes rendszerben és elveken tárgyalhatók a hardware, nem hardware és vegyes típusú asszociációs folyamatok, amely rögtön könnyen megragadható kapcsolatot mutat pl. a reflexek és a tanulás, így a reflexek tanulása között is. További következmény a különböző struktúra-szintek közötti asszociáció, azaz a fizikai-biológiai-pszichés-társadalmi asszociációs lánc azonos rendszerben való modellezhetősége!!!!

## 6. Struktúra-differencia effektus SM-ben

### 3. Definíció

Struktúra-differencián (jele:  $S_d$ ) értjük két tetszőleges SM-beli struktúra eltérését. (Rögzítési szintjüket is figyelembe véve.)

### 4. Definíció

Legyen  $G_i \in SM$  és  $G_j \in SM$ , valamint a  $(p_u p_v)$  él  $G_i$ , illetve  $G_j$  -beli súlya rendre  $s_{uv}^i$  és  $s_{uv}^j$ , ekkor  $G_i$  és  $G_j$  **struktúra-differencia mértékén** értjük az  $S_d(G_i, G_j)$  számot, ahol

$$(37) \quad S_d(G_i, G_j) = \sum_{p_u, p_v \in P_i \cap P_j, (p_u p_v) \in E_i \cup E_j} |s_{uv}^i - s_{uv}^j|$$

## 7. Megjegyzés

A 4. definícióból következik, hogy azonos rögzítési szint esetén  $S_d(G_i, G_j) = 0$  pontosan akkor, ha  $G_j \cong G_i$ .

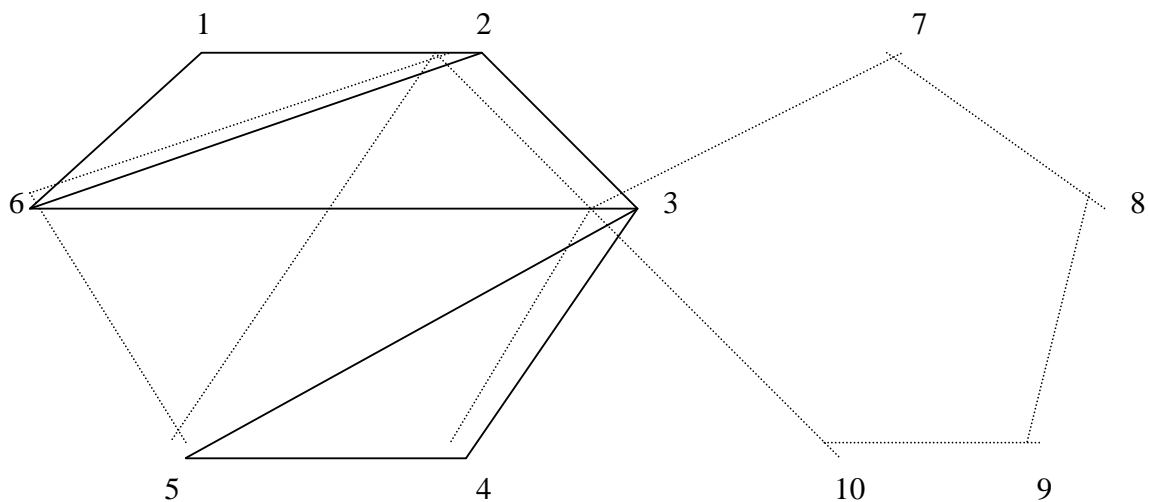
Ha a rögzítési szinteket nem tekintjük azonosnak, akkor az alábbi, a későbbiek során igen nagy jelentőségű (belső óra, felejtés, motiváció, gondolkodás, attitűd), nem megfordítható állítások teljesülnek:

$$(38) \quad S_d(G_i, G_j) = 0 \Rightarrow G_i \cong G_j$$

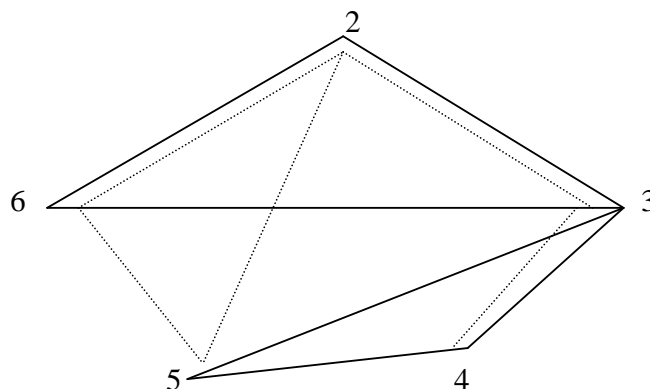
de

$$(39) \quad G_i \cong G_j \not\Rightarrow S_d(G_i, G_j) = 0$$

Példa a struktúra-differencia mértékének kiszámítására:  $G_i = \text{folytonos vonal}$   
 $G_j = \text{szaggatott vonal}$



$P_i \cap P_j = \{2,3,4,5,6\}$     Struktúradifferenciát generáló gráfok:



$$Sd(G_i, G_j) = |s_{23}^i - s_{23}^j| + |s_{26}^i - s_{26}^j| + |s_{34}^i - s_{34}^j| + |s_{45}^i - 0| + |s_{35}^i - 0| + |s_{36}^i - 0| + |0 - s_{25}^j| + |0 - s_{56}^j| =$$

$$= |s_{23}^i - s_{23}^j| + |s_{26}^i - s_{26}^j| + |s_{34}^i - s_{34}^j| + |s_{45}^i| + |s_{35}^i| + |s_{36}^i| + |s_{25}^j| + |s_{56}^j|$$

### 5. Definíció

Egy adott SM tároló  $Sd$ -küszöbén értjük, az SM-re jellemző (időben változó) kitüntetett  $Sd$  értéket. Jele:  $\delta$

**Sd effektus SM-ben:**

Bármely két SM-beli,  $\delta$  küszöb feletti Sd mértékkel rendelkező struktúra mindkét tagjának súlyai egységnyivel csökkennek. Azaz

$$(40) \quad \forall G_i, G_j \subset SM \quad \text{és} \quad Sd(G_i, G_j) \geq \delta \Rightarrow \begin{array}{l} \forall (p_u p_v)^i \in E_i \Rightarrow s_{uv}^i = s_{uv}^i - 1 \\ \forall (p_k p_l)^j \in E_j \Rightarrow s_{kl}^j = s_{kl}^j - 1 \end{array}$$

**Következmények:**

- A retroaktív gátlás nem más, mint az Sd effektus megnyilvánulása.
- Azonos (vagy közeli) rögzítési szinten levő struktúrák Sd-je igen nehezen feloldható.
- Szabad asszociációs eljárás modellje!  
Nagy rögzítési szinten, Sd-ben levő struktúrákhoz megfelelő „szabad” struktúra bevitelével az Sd szint csökkenthető.
- Az Sd effektus „mozgató” energia, amely működteti a rendszert az állandó Sd szint csökkenés irányába. (Alvás = Entrópia növekedés!)  
Ennek a működésnek az egyik eredménye a FELEJTÉS, amelynek mibenléte és funkciója is jól leírható. A felejtés tehát az Sd effektus egyenes következménye!!!! A tanulás is!

