

KARÁDI KÁZMÉR

*Magatartástudományi Intézet,
Kognitív Laboratórium, POTE, Pécs*

KÁLLAI JÁNOS

*Személyiség- és Pszichopatológiai
Tanszék, JPTE, Pécs*

A MENTÁLIS REPREZENTÁCIÓ KOMPUTÁCIÓS VIZSGÁLATA: KOGNITÍV TÉRKÉPMODELLEK¹

A téri tájékozódás a pszichológia számára fontos teljesítmény, amely érzékleti információkat igényel és eredménye az alkalmazkodó helyváltoztatás. Ennek szerveződése azonban automatikus, implicit folyamatokat foglal magában. Ezért az implicit neurális folyamatok jellege-természete idegéletteni történések vagy komputációs modellek segítségével, esetleg ezek illesztésével írható le. Az implicit neurális folyamatok egyik részletesen vizsgált területe a kognitív térkép megszerkesztésének kivitelezése.

Az allocentrikus kognitív térkép kialakulása aktív információfeldolgozó folyamat, amely mind az egocentrikus, mind az allocentrikus információkra támaszkodik. A klasszikus kognitív pszichológia szerint a környező térről elménkben sémát alakítunk ki, ami mindig irányítja magatartásunkat, de közben maga is megváltozik. NEISSER (1984) erről így ír: „A saját magunkra vonatkozó információt, mint minden más információt, csak megfelelően hangolt sémával lehet felvenni. Ugyanez megfordítva is igaz. Minden felvett információ, beleértve a proprioceptív információt, módosítja a sémát. Ha a környezetben mozgunk, a séma egy orientálós séma vagy kognitív térkép. Ez azt jelenti, hogy a kognitív térkép mindenkor magában foglalja mind az észlelőt, mind pedig a környezetet. Az én és a világ perceptuálisan elválaszthatatlan” (117. o.).

¹ A cikk elkészítését az OTKA T023657., T026558. számú és a Népjóléti Minisztérium 074/1996. sz. pályázata támogatta.

Tehát az egocentrikus térben a régi kognitív sémák által is irányítva minden élőlény feltérképezi a környezeti tárgyakat, valamint azok saját testéhez viszonyított helyzetét. Az így kapott „Hol?” és „Mi?” információkból kiszámítjuk a tárgyak egymáshoz való viszonyát, és az így kialakult allocentrikus téri rendet egy komparátor rendszer összehasonlítja a régi mentális kognitív térképsémával, ha pedig szükséges, akkor módosítja azt. Az adott térről informáló térkép mentális megjelenése nem egyenlő a kognitív térképezés folyamatával. A térről szóló ismereteink mentális megjelenítése része a folyamatnak. Ez a folyamat két részből áll. Az első lépés az új téri információ felvétele, míg a második lépés a régi séma előhívása és az újjal való összemérése, amiből agyunk mentális komputációval, „számítással” kiszűri a környezetben lévő invariáns helyzetű tárgyakat.

A környezetben történő eligazodás, tájékozódás során megszerzett információk belső újraszervezése teremti meg a környezet kognitív reprezentációját. A kognitív térkép alapvető egysége a hely- (place) reprezentáció. Az operacionális meghatározás szerint a hely (place) az adott környezeti tájékozódási pontok közötti viszony által meghatározott pont vagy terület (POUCET, 1993). Az ilyen információ magában foglalhatja a tér egészes alakját (geometriáját) és az egyes navigációs pontok (cues) konfigurációját. A navigációs pontok közeli vagy távoli jelleget vehetnek fel. Szervezetünk az exploráció során a közeli tájékozódási pontok térbeli elhelyezkedésének reprezentációját formálja meg. Minden kognitív térkép felvételénél a mentális reprezentációnak tükröznie kell a külvilág sajátosságait. A téri ismeret magában foglalja a tér szerkezetének információját. A téri információ egyrészt tartalmazza a tér topológiai jellegzetességeit, másrészt magában foglalja a tér metrikus (szögek, távolság) tulajdonságait. A topológia a tér durva leírását adja. A tér topológiai újraszerveződése ismét explorációs viselkedést kíván meg. Az explorációs magatartás által felvázolt topológia a folytonosság és a határok fogalmára alapozott geometria, melyből levezethető a kompaktság, a szomszédosság, a zárttság és a konnektivitás. A hely (place) absztrakt reprezentáció, mely a környezet helyi látványára (local view) alapozott. A „helyi látványok” téri észleletek, melyek kapcsolatai szolgálják a helyreprezentációt.

Az explorációs magatartás során a vizuális és a mozgási ingerek helyreprezentációba integrálódnak. A kognitív térkép kialakulása nagy vonalakban két információra támaszkodik. Az első egy vektorális összetevő kiszámítása egy polár koordináta-rendszer felvételével. Az ilyen rendszerben számos kitüntetett hely szolgál referenciapontként, melyből más pontok

iránya és távolsága kiszámítható (erre látunk majd példát, mikor a *centroid modellt* tárgyaljuk). Ez a rendszer azonban nem írja, nem magyarázza meg teljes mértékben a tájékozódó mozgás többi kognitív összetevőjét. Nem ad választ például a „kerülőút” és a „rövidítés” jelenségére. Az ilyen képességek a tér topológiai információinak összegét igénylik. A topológiai információ egyik forrása a téri mozgás által szolgáltatott idő. A tér topológiai megszerkesztésének komputációs leírását a *gráfmodellből* ismerjük meg. A kognitív térkép megszerkesztésének végső szakasza, mikor a helyfüggő reprezentációk globálisabb, hely-független reprezentációba íródnak át. A fenti két folyamatot kombináló *konfigurációs modelleket* akár környezeti modelleknek is nevezhetjük, mivel a kognitív komputáció során erőteljesen hangsúlyozzák a környezet matematikai reprezentációját.

A kognitív térkép centroid és gráf modellje

A *centroid modellben* O'KEEFE (1991a, 1991b) abból indul ki, hogy a környezet explorációja során az allocentrikus tér állandó referenciapontjait az állandóan változó egocentrikus térből a hippocampus szűri ki. A centroid elmélet szerint a hippocampális „hely”-sejthálózat az allocentrikus referenciakeretet egy polár koordináta-rendszerként kezeli, melynek középpontja az allocentrikus navigációs pillanatnyi, geometriai középpontja (centroid), a koordináta-rendszer tengelyei pedig az adott tájékozódási pontokhoz való eljutás irányát adják. Az így kiszámított centroid, geometriai középpont nem más, mint a tájékozódási pontokhoz képest az élőlény elhelyezkedéséből származó egocentrikus vektorok átlaga. A centroid modell esetében a hippocampusnak két fontos dolgot kell elvégeznie: az egyik a test és a tájékozódási pontok közötti vektorok felvétele, a másik pedig a vektor kiszámítása, mely során a neuronálisan definiált virtuális geometriai középpont létrejön. Az exploráció során kialakított egocentrikus térből születik meg az allocentrikus tér. A centroid modellben O'Keefe azért helyezi a hangsúlyt a kereső magatartásra, mert az exploráció alatti hippocampális EEG, valamint a nyugalomban lévő állat EEG-min-tája jelentősen különbözik egymástól. Az explorációs hippocampális EEG-re jellemző theta-hullámok ritmikus szinuszoszerű hullámformák 3-tól 12 Hz frekvenciasávban. O'Keefe szerint a polár koordináta-rendszerben a vektorok hosszát a szinuszos theta-hullám amplitúdója képviseli, míg a vektor szögét a szinuszhullám fázisa. Így a theta-rendszer a vektorok felvételében segédkezik, míg a „hely”-sejthálózat az adott vektor-centroid kalkulációval járul hozzá az allocentrikus kognitív térkép kialakulásához.

A centroid kalkuláció olyan állandó pontot jelöl ki a környező térben, ami nem mozdul el, amikor az állat mozgatja a fejét vagy ha ő maga

mozog. Ehhez az állandó referenciaponthoz lehet viszonyítani a többi tárgy helyzetét. Azonban az is előfordul, hogy az allocentrikus tér és a benne lévő tárgyak helyzete megváltozik. O'Keefe modelljében a *centro-id-hippocampális térképező* rendszeren kívül az *extrahippocampális „fejirány”-sejtszisztéma* a környező tér aszimmetrikus/szimmetrikus változását is kiszámítja. A neurális hálózat által reprezentált polár koordináta-rendszer mellett egy, az állat anatómiai hossz tengelyén nyugvó koordináta-rendszer keretei között két allocentrikus tájékozódási ponton keresztül egy egyenes húzható. A koordináta-rendszerben meghatározható az egyenes meredeksége (slope), a két navigációs pont egymáshoz való geometriai viszonya. Az összes pont pár között felvett meredekségek átlagát véve egy közös átlagos meredekséget kapunk, mely a tájékozódási pontok által kijelölt tér szimmetriáját jelöli. Szimmetrikus téri változásnál (a környező tér zsugorodik vagy tágult, de a jelzőmózzanatok egymáshoz viszonyított helyzete nem változik) a meredekség sem változik, míg aszimmetrikusnál (a navigációs pontok helyzete is változik) szükségszerűen a meredekségnek is meg kell változnia.

A kognitív tájékozódás O'Keefe-i elméleti megközelítését összefoglalva a következőket mondhatjuk a téri tájékozódás folyamatáról. Az állat vagy az ember agya az egocentrikus tér szűrőjén keresztül felveszi a tájékozódási pontok tulajdonságait (méret, nagyság, távolság), majd ezen reprezentációk alapján a kéregalatti térképező rendszerek allocentrikus koordináta-rendszert alakítanak ki. A hippocampális rendszer meghatározza a tájékozódási pontok és az élőlény teste által kijelölt polárkoordináta-rendszer állandó geometriai középpontját (centroid), míg az extrahippocampális térképező rendszer a környező tér aszimmetrikus/szimmetrikus változásait reprezentálja. Egy mondatba foglalva: az allocentrikus tér az egocentrikus téren keresztül születik.

A fenti elmélet jól leírja egy adott tér mentális reprezentációjának kialakulását, de semmit sem mond arról, hogy az eltérő terekről szerzett információ tárolása milyen szinteken és hogyan megy végbe. MULLER és munkatársai (1991, 1996) konneccionista munkája kísérletet tesz a fenti probléma megoldására.

Muller arra keresett választ, hogy az adott térben az állat által bejárt kétdimenziós út miképpen kódolódik a hippocampusban. Az információ tárolása a mesterségesintelligencia-kutatások és az LTP-vizsgálatok szerint a szinapszisokban megy végbe, ezért Muller feltételezte, hogy a téri információ kódolását a hippocampus CA3 „hely”-sejtjei között kialakuló szinapszisok végzik. Az alapvető tanulási forma ebben az esetben is a Hébb-

féle tanulási szabály. Muller *gráfmodelljében*, ha két „hely”-sejt a tér azonos vagy nagyon közeli pontján aktiválódik, akkor a két sejt hely-mezője közel van egymáshoz. Mikor az állat eljut ezekre a hely-mezőkre, akkor az adott két sejt szinte azonos időben, egyszerre és igen erősen aktiválódni fog. Ha a két sejt szinapszissal össze van kötve, akkor az LTP szabálya szerint az egy időben megvalósuló preszinaptikus és posztzinaptikus működés az adott sejtek között a szinapszis megerősödését okozza. Ez pedig azt mutatja, hogy a CA3-CA3 rekurrens hálózat a környezetben levő pontpárok közötti távolságot reprezentálni képes. Más szavakkal: két „hely”-sejt közötti LTP által módosított szinapszis erőssége az adott két sejt „hely”-mezőjének középpontja közötti kétdimenziós távolságot jelöli. Muller szerint a CA3-CA3 rekurrens hálózat egy gráfot jelöl, ahol a hálózat csomópontjai a sejtek, a gráf élei pedig a sejtek közötti összeköttetések. A térben mozgó állat egy kétdimenziós utat jár be, az út adott pontjai egy-egy „hely”-sejt „hely-mezőjét” jelöli. Így a térben pontról pontra megtett út a hálózati gráfban egy sejtlancolatnak felel meg. Bár pontról pontra való megfelelés nincs a hálózat sejtei és a tér pontjai között, a mulleri teória szerint a kognitív térképezés során az állat által a térben bejárt út, terület nagy vonalakban megfelel a neurális térben bejárt útnak.

Az állat az exploráció során különböző utat jár be, az eltérő utaknak eltérő neurális gráfok felelnek meg. A gráfmodell megmutatja, hogy a lehetséges legrövidebb út egy olyan neurális gráf, melyben a sejtek közötti szinaptikus erősség az adott útvonallal kapcsolatban a legnagyobb.

Muller megpróbálja összeegyeztetni O’Keefe tüzelési frekvenciát hangsúlyozó centroid modelljét a saját, szinapszisokat hangsúlyozó gráfmodelljével. Szerinte a téri exploráció során az EEG theta-ritmusa alatt a „hely”-sejtrendszer aktivitása (tüzelési frekvencia) felveszi a bejárt utak gráfját. Ha az állat megáll, akkor a hippocampus más elektromos állapotba kerül, az EEG-képen szabálytalan aktivitást látunk. Ebben a szabálytalan állapotban a hippocampus kiválasztja (a közeli helymezőkkel rendelkező sejtek közötti szinapszisok megerősödnek) azt a neurális gráfot, mely a térben való mozgás legalkalmasabb útját jelöli. Muller egyeztetési kísérlete nem véletlen, mivel a hippocampussal foglalkozó szakemberek kétféle elméletet követnek. A kognitív térkép elmélet szerint a hippocampus a környező tér geometriai arculatát fogja fel, számolja ki és raktározza el a hosszú távú emlékezetben (HTM), míg az asszociatív emlékezeti funkciók elmélete szerint a hippocampus nem mint térkép reprezentálja a környezetet, inkább a környezeti események perceptuális jegyeit (szín, szag,

íz) dolgozza fel asszociatív módon. Worden 1992-ben megpróbálta kibékíteni, egységes egésszé alakítani a két elméletet. *Töredékeket illesztő elmélete* (fragment fitting theory) szerint az állat a környező tér emlékét nagy számú független töredékeként tárolja. Mindegyik töredék néhány fontos helyről, annak geometriai összefüggéseiről és tulajdonságairól tartalmaz információt. A kognitív térkép felfrissítése ezen töredékek összerakásából áll. Azonban a nem geometriai információknak (szagok, színek, ízek, hangok) nagy szerepük van a töredékek összerakásában és a tájékozódás szempontjából helyes töredékek (geometriai információk) előhívásában. A tájékozódási információ töredékek formájában a neocortexben van tárolva, és szükség esetén az információkat a hippocampus hívja elő. Ilyenformán a tájékozódás nem más, mint a megfelelő töredékek egymáshoz illesztése. Azonban két töredék viszonylagos helyzete és orientációja nincs tárolva a hosszú távú emlékezetben, de amikor a hippocampus előhívja őket, akkor egy rotáción kell átesniük, hogy pontosan illeszkedjenek egymáshoz és a jelenlegi térképhez.

Konfigurációs modellek

A Morris-féle vizes útvesztő kísérletben (BENHAMOU, 1998) a patkány helyváltoztatási viselkedése erőteljesen támaszkodik a tájékozódási pontok elrendeződése által biztosított geometriai információra, és figyelmen kívül hagyja az egyedi tájékozódási pontokat reprezentáló jellemzőket. Kísérletek kimutatták, hogy a patkányoknál és az embergyermekéknél a helyváltoztatás erőteljesen támaszkodik a környezet „geometriai alakjára”. A konfigurációs modellek a hely alapú információra támaszkodó téri tájékozódás biológiailag elfogadható modelljei (BENHAMOU és mts., 1995, BENHAMOU, 1998). A modell alapjai a következők:

1) A helyek (place), a tájékozódási pontok nyilvánvaló elrendeződését jellemző *panorámák* reprezentáltak.

2) A hely—hely asszociatív emlékezet segítségével az állat megtanulja, hogyan változik a jelenlegi panoráma a mozgás során.

3) A hely—irány asszociatív emlékezet segítségével az állat képes kiszámítani a panoráma orientációját.

Kétdimenziós, leegyszerűsített térben az állat a hozzáférhető tájékozódási pontok adott halmazát látja. Ez a halmaz a „helyi nézet” (local view). A szem, fej és a test rotációs mozgásának integrációja által az állat összeköti az adott irányokban kapott „*helyi nézeteket*”, és ebből kialakítja a panorámát. A panorámában a tájékozódási pontok viszonylagosak, irá-

nyuk egymáshoz viszonyított. Ez a relatív irány adja meg a lokális referenciáirányt (local reference direction, LRD). A modellben az LRD felvételének matematikai értelme van. A panoráma kialakítása lehetővé teszi a tér strukturálását. Így a panoráma szomszédos helyek mozaikja lesz. A helyek hexagonális alakú, egyforma kinézetű alakzatok. A modellben az állat által bejárt környezet egyenlő lesz azon összes hely halmazával, melyek legalább egy tájékozódási ponttal rendelkeznek. A tájékozódási algoritmus kiszámítja a célpont panorámájának és a jelenlegi helyzet panorámájának a különbségét. A tájékozódás során az állat úgy mozog, hogy ez a széttartás nulla legyen, vagyis az állat elérje a célpontot. Ehhez szükség lesz arra, hogy az állat explorációs mozgása során bejárt helyek panorámáját emlékezetében tartsa. Ennek az emlékezeti rendszernek egyik fontos része a hely—hely asszociatív emlékezet, mely reprezentálja és felméri a környezet perspektivikus változását. Az állat ezenkívül kiszámítja a jelenlegi panoráma irányát. Ehhez az szükséges, hogy az állat minden egyes helynél rögzítsen egy hely-független referenciáirányt (overall reference direction, ORD). Az ORD helyről helyre átvihető anélkül, hogy iránya megváltozna. Ez állandó referenciakeretet biztosít a panoráma irányának felvételére. A hely—irány asszociatív emlékezet pedig hathatósan tárolja a bejárt helyeknél kiszámított ORD-eket. Az ORD az emlékezetben a jelenlegi panorámával társított azon szög értéke lesz, amely az LRD és ORD vektor közötti szög. Ebből számítja ki a rendszer egy tájékozódási pont abszolút irányát. A folyamat alatt kiszámított „helyi látvány” információi egocentrikus adatokat biztosítanak, míg az adott panoráma kiszámítása allocentrikus információkat szolgáltat az állat számára.

A konfigurációs modell értelmében a vizuális információ mint kognitív térkép a központi idegrendszerben a következőképpen reprezentálódik. A vizuális információ a vizuális kérgi feldolgozás (Brodmann, 17, 18, 19) után két ágra válik (MISHKIN és mts., 1983). A dorzális ág eléri a parietális kérget, mely a vizuo-téri és testérzéketli információ reprezentációjának kialakításában játszik szerepet. A parietális kéreg felelős az egocentrikus információk feldolgozásáért, melynél a parietális kéreg a téri információra vonatkozó hosszú távú emlékezetet kognitív térkép formájában tárolja. A parietális kéreg egy interface az egocentrikus és allocentrikus reprezentáció között (KESNER és LONG, 1998; SAVE és mts., 1998), mely a holografikus egocentrikus információt az allocentrikus reprezentációhoz kapcsolja (KÁLLAI és mts., 1998; KARÁDI és BENDE, 1998). Az információ a parietális kéregből további feldolgozásra a hippocampusba kerül. Itt a különböző időpillanatokban megnyilvánuló „helyi látványok” elrendeződése alapján számítható ki a lokalizációk hely-repre-

zentációja (*panorámák*). Az élőlény mozgása következtében topologikus aktiváció megy végbe a hippocampusban (ez az aktiváció megegyezne a gráfmodell funkciójával). A postsubiculum fej-irány (head-direction) sejtjei a referenciairányok teljes halmazát adják. Ez biztosítja a hippocampális hely-sejtek által meghatározott hely-függő referenciakeretben a vektorális irányok kiszámítását. A hippocampus-parietális kéregrendszer működése közben az allocentrikus, metrikus információ összeépül a topológiai és egocentrikus információval. Ezzel megnő az emlős agy alkalmazkodási képessége, mivel az egocentrikus információ mellett feldolgozásra kerül az allocentrikus információ, mely pontosabb eligazodást eredményez a külső környezetben. Erre mutat rá BENHAMOU és munkatársainak szimulációs munkája (1989, 1990; BOVET és BENHAMOU, 1988). Az explorációs mozgás során számos hely egocentrikus kódolásának folyamatos felújítása jön létre. Az egocentrikus kódolási folyamat hibája nő a megtett út hosszával. Ennek a hibának az enyhítése lenne az allocentrikus kódolásra való átkapcsolódás.

ÖSSZEFOGLALÁS

A környezetben történő eligazodás, helyváltoztatás során az élő szervezet a kognitív térképben tárolja a folytonos időbeli eseményekről vagy a proximális téri helyekről nyert információt, és ezt kombinálja az időben és a térben lokalizációban távoli eseményekkel (SCHMAJUK, 1995). A kognitív térkép felvétele dinamikus folyamat. Ennek során a régi kognitív téri ismeretet a környezetben viselkedő állat folyamatosan megújítja. A fenti modellek több oldalról jellemzik ezt a folyamatot. A centroid modell arról ad információt, hogy a hippocampus mely elektrofiziológiai működése (theta-ritmus) felelős a téri információk kiszámításáért. A hippocampus az egocentrikus tér szűrőjén keresztül felveszi a tájékozódási pontok tulajdonságait (méret, nagyság, távolság), majd ezek reprezentációja alapján kéregalatti térképező rendszerek allocentrikus koordináta-rendszert alakítanak ki. A hippocampális rendszer meghatározza a tájékozódási pontok és az állat teste által kijelölt polár koordináta-rendszer állandó, geometriai középpontját (centroid), míg az extrahippocampális térképező rendszer a környező tér aszimmetrikus/szimmetrikus változásait reprezentálja. Egy mondatba foglalva az elméletet: az allocentrikus tér az egocentrikus téren keresztül jön létre. A gráfmodell a kognitív térkép tárolására keres választ. Bár pontról pontra való megfelelés nincs a hippocampusban lévő hálózat sejtjei és a tér pontjai között, a mulleri elmélet szerint a kognitív térképezés során az állat által a bejárt út, terület nagy vonalakban megfelel a neurális térben bejárt útnak. Az állat az explorációja során külön-

bőző utat jár be, az eltérő utaknak eltérő neurális gráfok felelnek meg. A gráfmodell megmutatja, hogy a lehetséges legrövidebb út egy olyan neurális gráf, melyben a sejtek közötti szinaptikus erősség az adott útvonallal kapcsolatban a legnagyobb. Ezen modellek azonban elnagyoltan írják le azt a környezetet, amelyben a tájékozódási mozgás történik. A konfigurációs modellek biológiailag kézenfekvőbb számítást képviselnek. Ezen modellek már az integrálás igényével készültek, mely során világossá válik, hogy a tér geometriai változása hogyan befolyásolja az agy működését. A téri geometria háromdimenziós regisztrálása és a téri tanulás vizsgálata klinikai pszichológiai szempontból is előtérbe került. Számos vizsgálat indult ezen a területen, melyeknek egyik eszköze az összehasonlító lélektani vizsgálatokban jól ismert Morris-típusú útvesztő humán változata (JACOBS és mts., 1997). Nevezett vizsgálatok rámutatnak arra, hogy a téri kontextus létrehozása nem feltétlenül jár együtt a kontextus részeit képező jelzőmozzanatok (cues) jelentésének kontrollált azonosításával (JACOBS és NADEL, 1985; JACOBS és mts., 1992). A jelzőmozzanat illesztése, főleg szorongásos állapotokban érzékeny a thalamus-amygdala struktúrák között működő, viszonylag gyors pályákon érkező információkra (LeDOUX, 1995; WILDMANN és KRUGER, 1998). A regisztrált jelzőingerek emocionális értékét — főleg intenzív stressz időszakában — a kérgi eredetű hosszú és lassú pályákon késlekedve beérkező információk miatt egy figyelemmel nem kontrollált beállítódás határozza meg. Az utóbbi azonban függetlenül az adott kontextustól, mivel az emocionális minősítés még a téri inger lokális szerkezetének meghatározása előtt megtörténik. Így a jelentés és annak a kontextusa főleg erős stresszként ható helyzetben elválik egymástól (KÁLLAI és mts., közlés alatt). Erre utaló adatokat nyújtó vizsgálatokat széles körben folytatnak. Ezek a vizsgálatok a kéregalatti információfeldolgozás hatásait vizsgálják különböző szorongásos helyzetekben. Ezekben azt tapasztalják, hogy a szorongás és a téri percepció adatai feltárják a szorongás következményeként létrejött perceptuális és kognitív referenciák torzulását. Így a pszichológia régi törekvése teljesülhet, ha az idegtudományi ismeretek kiegészülnek a számítási eljárások felismeréseivel és így az agy működéséről képet nyújtanak.

A kézirat elfogadva: 1999. április

IRODALOM

BENHAMOU, S., 1989, An olfactory orientation model for mammals' movements in their home ranges, *J. Theor. Biol.*, 139, 379—388.

- BENHAMOU, S., SAUVE, J. P., BOVET, P., 1990, Spatial memory in large scale movements, efficiency and limitation of the egocentric coding process, *J. Theor. Biol.*, 145, 1—12.
- BENHAMOU, S., 1998, Place navigation in mammals: a configuration-based model, *Anim. Cog.*, 1, 55—63.
- BOVET, P., BENHAMOU, S., 1988, Spatial analysis of animals' movements using a correlated random walk model, *J. Theor. Biol.*, 131, 419—433.
- JACOBS, W. J., NADEL, L., 1985, Stress induced recovery of fears and phobias, *Psychological Review*, 92, 512—531.
- JACOBS, W. J., NADEL, L., HAYDEN, V., 1992, Anxiety disorders, In: D. J. STEIN and J. YOUNG (eds.), *Cognitive Science and Clinical Disorders*, New York, Plenum, 211—233.
- JACOBS, W. J., LAURANCE, H. E., THOMAS, K. G. F., 1997, Place learning in virtual space, I., Acquisition, overshadowing, and transfer, *Learning and Motivation*, 28, 521—541.
- KÁLLAI, J., JACOBS, W. J., KARÁDI, K., THOMAS, K. G. F., NADEL, L., Stress dependent spatial learning disorders in patients and normal control, *Brain Research and Therapy* (in press).
- KÁLLAI, J., KARÁDI, K., TÉNYI T., 1998, A térélmény kultúrtörténete és pszichopathológiája, Tertia Kiadó, Budapest.
- KARÁDI, K., BENDE, I., 1998, A tér neurofenomenológiája, *Végeken*, 2-3, 32—45.
- KESNER, R. P., LONG, J. M., 1998, Parietal cortex and a spatial cognitive map. *Psychobiology*, 26, 162—166.
- LeDOUX, J. E., 1995, Emotion: Clues from the brain, *Annual Review of Psychology*, 46, 204—235.
- MISHKIN, M., UNGERLEIDER, L. G., MACKO, K. A., 1983, Object vision and spatial vision: two cortical pathways, *TINS*: October, 414—417.
- MULLER, R. U., KUBIE, J. L., SAYPOFF, R., 1991, *The Hippocampus as a Cognitive Graph (Abridged Version)*, *Hippocampus*, 1, 3, 243—246.
- MULLER, R. U. STEAD, M. PACH, J., 1996, *The Hippocampus as a Cognitive Graph*, *Journal of General Physiology*, 107, 663—694.
- NEISSER, U., 1988, Megismerés és valóság, Gondolat Kiadó, Budapest.
- O'KEEFE, J., 1991a, An Allocentric Spatial Model for the Hippocampal Cognitive Map, *Hippocampus*, 1, 3, 230—235.
- O'KEEFE, J., 1991b, The hippocampal cognitive map and navigational strategies, In: PAILLARD, J. (ed.), *Brain and Space*, New York, Oxford Univ. Press, 273—295.
- POUCET, B., 1993, Spatial cognitive maps in animals: new hypotheses on their structure and neural mechanisms, *Psychological Review*, 100, 163—182.
- SAVE, E., POU CET, B., FOREMAN, N., THINUS-BLANC, C., 1998, The contribution of associative parietal cortex and hippocampus to spatial processing in rodents, *Psychobiology*, 26, 153—161.

- SCHAMJUK, N. A., 1995, Cognitive maps, in *The handbook of brain theory and neural networks*, (ed.) M. A. ARIB, 197—199.
- WILDMANN, S., KRUGER, T., 1998, Subconscious detection of threat as reflected by an enhanced response bias, *Consciousness and Cognition*, 7, 603—633.
- WORDEN, R., 1992, Navigation by fragment fitting: A theory of hippocampal function, *Hippocampus*, 2, 2, 165—188.

KÁZMÉR KARÁDI and JÁNOS KÁLLAI

COMPUTATIONAL ANALYSIS OF MENTAL REPRESENTATION: THE MODELS OF COGNITIVE MAP

Spatial navigation is very important performance to the psychological examination. This process represents an implicit neural activation which may be explored by computational sciences. Formation of the cognitive map is active, information processing mechanism. According to classical cognitive psychology we form a scheme about environmental of the close space. The first step of the cognitive mapping is the inclusion of new spatial information, from which our brain takes the computation about this information. In this work we describe several computation models about cognitive mapping. In the first model we present O'Keefe's centroid model. This model explains the space perception as a computation of activation frequency of the hippocampal neurons. The cognitive mapping depends on some spatial information. In the centroid model the one component is the development of polar coordinate system. Where the hippocampus computes the stable reference point (centroid). The second model describes how the brain can use the topological information of the space. This is the Muller's graph model. In this model the synaptical information is very important in the development of cognitive map. The configuration model combines the above mentioned processes. This model emphasizes the mathematical representation of environment beside the neural representations.