



Kognitív informatikai modellek intelligens mérnöki rendszerekhez

Ph.D. Tézisfüzet

Reskó Barna

Témavezető:
Baranyi Péter, D.Sc.

Társ-témavezető:
Korondi Péter, D.Sc.

Budapest, 2008.

1. Bevezetés

1.1. Kognitív informatika fogalmáról és irányzatairól

A kognitív tudományok (cognitive sciences) új kutatási eredményei és a nagy kapacitású modern számítástechnikai eszközök együtt eredményezték a kognitív informatika megjelenését, amelyről a University of California, Irvine Egyetem honlapján az alábbi megfogalmazás található: *„A kognitív informatika egy élvonalbeli és multidiszciplináris kutatási terület, amely megoldást keres a modern műszaki informatika, számításelmélet, szoftvertervezés, mesterséges intelligencia, kibernetika, kognitív pszichológia, neuropszichológia és orvosi tudományok közös és alapproblémáira. A kognitív informatika a kognitív módszerek és az informatikai tudományok transzdiszciplináris megközelítése, amely a természetes intelligencia (az emberi agy és elme) belső információfeldolgozó mechanizmusait és folyamatait figyelembe véve, azok szemléletét igyekszik felhasználni mérnöki alkalmazásokban a számítástechnika és az információs és kommunikációs technológiai ipar területén”.*

A disszertáció nem a hagyományos értelemben vett orvosi biológia kutatási területén szándékozik eredményeket elérni, hanem felhasználva azok szemléletét, a kognitív informatika műszaki alkalmazásaihoz kíván olyan modelleket alkotni, amelyek alkalmasak bonyolult műszaki informatikai feladatok megoldására.

A kognitív módszerekkel kapcsolatban hazai vonatkozásban feltétlenül meg kell említeni Julesz Béla és Pléh Csaba nevét. A műszaki területeken is különféle megközelítések vannak Magyarországon, amelyek a kognitív módszerek szemléletének figyelembevételével foglalkoznak például neuronsejtek dinamikus vizsgálataival [4], sejtszintű modellezésével [13], információelméleti megközelítéssel [1]. Magyarországon kiemelkedő példaként említhetjük Roska Tamást és kutatócsoportját, akik jelentős eredményeket értek el a retina szerű CNN analóg számítógép elkészítésében, amelyet eredményesen alkalmaztak különféle műszaki problémák megoldásában.

Moore előrejelzésének megfelelően az előző évtizedekben a szilikon alapú számítástechnikai eszközök exponenciális kapacitásbővülésen mentek keresztül, amely lehetőséget és inspirációt jelentett a klasszikus mesterséges intelligencia előretörésének. Mára nyilvánvalóvá vált, hogy annak ellenére, hogy a fejlett számítógépek bonyolultsága elérte az emberi agy bonyolultságát (a tranzisztorok száma és az agyi neuronok száma egy nagyságrendbe esik), a számítógépek nem képesek megbirkózni számos olyan problémával, amelyeket az alapszintű emberi intelligencia gond nélkül megold. Ezt a különbséget még jobban kiemeli, hogy a számítógépek alapszintű feldolgozóegységének, a tranzisztornak a válaszideje a nanoszekundumos tartományba, míg az agy alapszintű feldolgozóegységének, a neuronnak a válaszideje a milliszekundumos tartományba esik. Az agy számítási

kapacitásának kulcsa ugyanis a feldolgozóegységek (neuronok) nagy száma mellett az azok közötti széles interneuronális kapcsolatokban rejlik, amelyek egy még nem feltárt, nagy komplexitású, párhuzamos, visszacsatolt rendszerben szimultán működnek. Ezek alapján érthető, hogy a tranzisztorok által támasztott korlátokon túli mesterséges intelligenciák megalkotásának céljából, új irányokat keresve, miért fordultak a műszaki tudományok a neurobiológia és a kognitív módszerek felé.

A kognitív és biológiai szemléletű módszerek műszaki megközelítése nem újdonság, viszonyukat legalább három alapvető irány jellemzi.

A biológiaiilag inspirált intelligens algoritmusok irányba tartozónak számítanak a mesterséges intelligencia, a matematika illetve a numerikus modellezés területéről származó módszerek, algoritmusok, melyek az agyműködés neurobiológiai és kognitív aspektusaira támaszkodnak [6, 20, 37]. Ezen módszerek magas szintű matematikai műveleteket és kimerítő algoritmikus feldolgozást hajtanak végre, és úgy tervezték őket, hogy kihasználják a rendelkezésükre álló matematikai eszköztárakat, és Von Neumann-féle architektúrán működjenek.

A biológiai modellezés irányába tartozónak tekinthetjük azokat az informatikai, matematikai, információelméleti és egyéb műszaki modelleket, amelyek az agyműködés biológiai struktúrájának, „hardverének” mélyebb megértése céljából készültek [41–43]. A modellek a biológiai megfelelőiket szimulálják matematikai, numerikus és számítástechnikai eszközök segítségével. A biológiai modellek célja, hogy segítsenek alátámasztani vagy megcáfolni a neurobiológia elméleteit vagy a kognitív módszerek helyességét. Szorosan ide kapcsolódik még a neurokomputáció, ahol a neurobiológia informatikai modelljeit akár az adott területtől távoli problémák megoldására, kiszámítására használják. E terület céljaként a „*kognitív hardver*” tervezését is megnevezhetnénk.

A kognitív informatikai modellezés területéhez tartozónak számítanak azok a modellek, amelyek célja, hogy a műszaki informatika gyakorlati problémáira nyújtsanak megoldást a kognitív módszerek eredményeit figyelembe véve. Ezen modelleknek nem céljuk, hogy tökéletesen lemásolják a biológiai rendszerek struktúráját és jellemzőit, hanem az, hogy működésükben, funkciójukban hasonlítsanak azon kognitív folyamatokra, amelyek alapján készültek. A kognitív informatika valójában informatikai eszközökön létrehozott mesterséges vagy imitált valós kognitív folyamat módszertana. E terület céljaként a „*kognitív szoftver*” tervezését is megnevezhetnénk. Fontos megemlíteni, hogy az ilyen modellek céljából kifolyólag alapvető elvárás velük szemben a párhuzamos és analóg hardver alapú hatékony megvalósíthatóság.

Az előbbi három irány közötti határvonal nem húzható meg egyértelműen és sok átfedés is található. A fő különbség inkább a három irány céljában és kognitív módszerekhez való viszonyában van. Kutatómunkám a kognitív informatikai modellezés területén mutat be új eredményeket, és ezért implementációs szin-

ten támaszkodik mind a neurális hálózatokra, mind pedig párhuzamos szoftver és hardver megoldásokra.

Jól ismert, hogy a kognitív módszerek orvosi, biológiai és agykutatással foglalkozó területei elsősorban a különböző agykéreg paradigmák alapján anatómiai, sejtbiológiai, neurobiológiai, és fiziológiai modellezéssel foglalkoznak. A kutatásaim során olyan céllal veszem figyelembe a fenti modelleket, hogy azok szemléletét minél eredményesebben tudjam alkalmazni konkrét műszaki feladatok kognitív informatikai modellezésében.

1.2. A látás kognitív informatikai megközelítése

Egy intelligens kognitív rendszer három fő egységre osztható, melyek a környezet észleléséért, az észlelt információ feldolgozásáért, valamint a környezetbe való beavatkozásért felelősek. Ezen három funkciót nem lehet élesen elválasztani egymástól, és így a kognitív funkciók sem rendelhetők hozzá egyértelműen az információfeldolgozó egységhez. Ezért releváns mind az észlelés, mind a beavatkozás a kognitív módszerek szempontjából.

Számos agykutatással foglalkozó tudós szerint „*a szem az ablak az agyhoz*”, ami indokolja azt, hogy a természetes intelligencia megismerését célzó neurobiológiai és kognitív kutatások jelentős része miért foglalkozik a látással. A vizuális információ feldolgozás az egyik legfontosabb észlelési modalitás mivel a környezettel kapcsolatos információk legnagyobb részét a látás segítségével érzük el [29].

A fentiek alapján már számos kutatás foglalkozott a látással neurobiológiai [5, 10, 12, 17, 18, 27, 30, 32, 44], kognitív [9, 19, 34] valamint neurokompútációs szempontból [15, 21]. David Hubel térképezte fel először az elsődleges látókéreg szerkezetét és funkcióit [23], írta le a látókérgi irányselektivitást. Később Shevelev megmutatta, hogy az elsődleges látókéregben történik a sarokpontok és kereszteződések feldolgozása is [38–40]. A kognitív és biológiai kutatások eredményeire alapozva számos kutatás foglalkozott a látás modellezésével biológiai [24] és kognitív [14, 25, 26, 47] szempontból. Ezek szemléletét figyelembe véve jelentek meg a látással foglalkozó kognitív informatikai modellek is, amelyek célja nem a látási folyamat sejt szintű lemásolása volt, hanem a kognitív funkciók alkalmazása bonyolult műszaki informatikai problémák megoldására [7, 8, 11, 16, 21, 22, 28, 31, 35, 36, 45, 46]. Ezen modellek mindegyike a Hubel által leírt funkciókra épít, ám a koncepció és a megvalósítás szintjén erősen eltérnek egymástól.

A látással kapcsolatos kognitív informatikai modellek mellett megjelentek a természetes látórendszer neurális struktúrájának analógiájára a párhuzamos architektúrával rendelkező számítástechnikai eszközök, amelyek lehetővé tették egyszerű kognitív látással kapcsolatos informatikai modellek hatékony futtatását. Ilyen

eszközök voltak a pixelenkénti párhuzamos feldolgozást lehetővé tevő képzé-
kelő áramkörök [2, 3, 13] és az FPGA alapú megvalósítások [33].

2. A műszaki probléma általános felvetése

A kognitív módszerek által felölelt tudományterületek az utóbbi évek során je-
lentősen kibővültek és nagy hangsúlyt kaptak, melyek eredményeit, szemléletét
egyre gyakrabban veszik figyelembe a nagy bonyolultságú intelligens rendszerek-
kel foglalkozó mérnöki tudományterületek. Példaként említhetők a modern kép-
feldolgozás és objektumfelismerés látás szerű implementációi, melyeket a kog-
nitív módszerek motivációja alapján terveztek. Ez alapján fontos feladat, hogy
a legmodernebb informatikai eszközökre támaszkodva modellezzük a kognitív
módszerek által leírt folyamatokat, és segítségükkel új, kognitív informatikai esz-
köztárat hozunk létre bonyolult mérnöki feladatok megoldása céljából. Felada-
tom - amelyre az értekezésem fókuszál - elsősorban a látás folyamatának kognitív
informatikai modellezése.

3. Az értekezés céljai

1. Cél: Az elsődleges látókéreg kognitív informatikai modelle- zése

Közismert, hogy számos kognitív informatikai modellt alkalmazunk, amelyek a
számítógép számára nehéz, az ember számára könnyű problémák megoldását tűz-
ték ki feladatul.

Az ilyen jellegű modellek célja az adott probléma megoldásán túl az, hogy az
agyhoz hasonló funkcionális tulajdonságokkal bírjanak. Ezen modellek készítésé-
nél kézenfekvőnek tűnik, hogy az alap építőelemek szintjén is a lehető legjobban
figyelembe vegyék az agy funkcióit.

Az elsődleges látókéregben a vizuális információfeldolgozás első lépése az
egyszerű képi primitívek egyidejű, párhuzamos detektálása, amely a magasabb
szintű vizuális információfeldolgozás (pl. objektumfelismerés) szempontjából ki-
emelkedő jelentőségű. A szakirodalomból ismert kognitív informatikai modellek
foglalkoznak ezen funkció modellezésével, ám koncepciójukban és implementá-
ciójukban egymástól erősen eltérnek.

A szakirodalom vizsgálata alapján megállapíthatjuk, hogy az elsődleges lá-
tókéreg képi primitíveket detektáló folyamatának számos informatikai modellje
létezik, ám ezek nem a kognitív informatika, hanem a biológiai modellezés terü-
letéhez tartozónak tekinthetők. Az ismert modellek általánosan nem elfogadottak

és nem uniformak, valamint nem definiálnak műveleteket a V1-et leíró adatstruktúrák között.

A fentiek alapján a értekezésben céloim volt

- Bevezetni egy koncepciót, amely egységes és általános keretet biztosít kognitív funkciók informatikai modellezésére.
- A javasolt koncepción belül kidolgozni egy kognitív informatikai modellt, amely az elsődleges látókéreg képi primitíveket detektáló főbb funkcióit és műveleteit megvalósítja. A modell célja továbbá, hogy közvetlenül illeszthető legyen magasabb rendű kognitív funkciókat megvalósító informatikai modellekhez, és alkalmazható legyen műszaki problémák tág osztályának megoldására.
- A szakirodalom alapján maximális kognitív hűség megőrzése a modell tervezése során úgy, hogy a modell ne veszítsen hatékonyságából a műszaki feladatok megoldása szempontjából.
- A javasolt modell párhuzamos számítástechnikai eszközökön való közvetlen implementálhatósága.

2. Cél: Opto-mechatronikai szűrés megvalósítása

Az elsődleges látókéreg által végrehajtott funkciók nagy számításigényűek, ezért az ilyen jellegű informatikai modellek hatékony megvalósíthatósága érdekében a nagy sebességű kiszámíthatóság alapvető követelmény. Az elsődleges látókéreg a modell által megvalósított funkciót nagy sebességgel képes végrehajtani, ami a nagy számú párhuzamos feldolgozóegységének és az ezek között lévő nagy számú információs kapcsolatnak köszönhető. Ilyen nagy számú egyidejű összeköttetés nem valósítható meg modern szilícium alapú integrált áramkörökben.

Ezek alapján a disszertációm célja volt egy opto-mechatronikai eszközt tervezni és készíteni, amely megvalósítja az elsődleges látókéreg főbb, magas számításigényű funkcióit. Az eszközzel kapcsolatban alapvető elvárás volt, hogy a funkciókat az eredeti modellhez hasonló minőségben hajtsa végre, ám nagyságrendekkel kisebb számítási komplexitás igénybevételével.

3. Cél: Optikai aberrációk informatikai szerepe

A Packer és Dacey által felfedezett ganglion receptív mezők nem átlapolt elrendezése koncepcionális ellentmondásban van a hagyományos, konvolúció alapú lineáris szűrés eljárásokkal.

Ezek alapján az alábbi konkrét feladatok megoldását tűztem ki célul:

- Megvizsgálni a fent említett ellentmondást, és egy kognitív informatikai modellt javasolni, amely segítségével az ellentmondás feloldható.
- A kognitív informatikai modell tervezése során célszerű figyelembe venni az optikai aberrációkat, a fókuszingadozást és a ganglion sejtek receptív mezőjének elrendezését.
- Célszerű továbbá a modell hardver-szoftver alapú elkészítése, és az ellentmondás feloldásának laboratóriumi kísérletekkel való igazolása.

4. Cél: A kidolgozott modell alkalmazása

Az 1. Célban kidolgozásra javasolt modell illeszthető kell legyen magasabb rendű kognitív folyamatokat megvalósító informatikai modellekhez olyan műszaki problémák megoldása érdekében, mint például a képkategorizálás vagy a helymeghatározás.

Ezek alapján konkrét célnak az alábbi feladatok megoldását tekintetem:

- A modellel kiegészíteni egy modern objektumfelismerő motort úgy, hogy annak működéséhez szükséges, a felismerendő objektumokat leíró képi primitíveket a javasolt modell készítse el úgy, hogy a kapott rendszer alkalmas legyen konkrét felismerési és kategorizálási feladatok megoldására.
- Absztrakt (kézzel rajzolt vonalhálós) képek kategorizálása az objektumfelismerő rendszer segítségével.
- Az NTNU egyetem laboratóriumában működő mobil robot navigációjához szükséges helymeghatározó rendszer támogatása a robotot körülvevő kulcsobjektumok felismerését végző objektumfelismerő rendszer segítségével.

4. Tézisek

Az értekezés eredményeit négy téziscsoportban foglaltam össze, melyek a szögletes zárójelekben jelzett helyeken kerültek publikálásra. A disszertáció témájával kapcsolatos egyéb publikációk az alábbiak: [P22–39].

1. Tézis: A Visual Feature Array koncepció [P1–2, 6–15, 19]

Bevezetem a Visual Feature Array (VFA) koncepciót, amely egy egységes keretet biztosít különböző kognitív funkciók informatikai modellezésére, valamint alacsony szintű észlelési modalitások (különösen a látás) reprezentációjára.

A VFA koncepcióba ágyazva megalkottam a VFA modellt, valamint ebben a modellben definiáltam és kidolgoztam az elsődleges látókéreg szűrő, laterális és projektív kognitív funkciók alap és komplex műveleteit véges elemű ortogonális hiper-rácsszerkezetre és SIMD (Single Instruction Multiple Data) jellegű műveletekre támaszkodva. Ez a modell uniform módon integrálja a korábbi kognitív alapú megoldások tág osztályának ismertebb módszereit is.

Ezen kognitív informatikai modellek hatékonyságát és jóságát a Heath-féle eljárással validáltam, valamint ugyanezen eljárással összehasonlítást végeztem klasszikus műveletekkel (Sobel, Canny, Laplace), melynek alapján igazoltam, hogy az általam javasolt kognitív műveletek hatékonyan alkalmazhatóak a műszaki informatikai feladatok széles skáláján.

1.1 Altézis. *Kontúr kivonás alapú, Gábor függvény alapú, és ún. foveált szűrő műveleteket definiáltam a VFA modellen belül. Megmutattam, hogy ezen műveletek megvalósítják a ún. Hubel-féle "jégkocka" (Ice Cube) modell monokuláris funkcióit, és azok eredményeit az elsődleges látókéreg kognitív funkcionális egységeinek megfeleltethető n-dimenziós adattömbbe képezik le.*

1.2 Altézis. *A VFA modellbe integráltam az elsődleges látókéreg két kognitív folyamatát: a kontúr integrációt és a laterális gátlást iteratív laterális műveletek formájában. Meghatároztam az iteratív laterális műveletek paramétereinek azon értékét, amelyeknél mind a kontúr integrációt, mind a laterális gátlást a VFA modell az emberi érzékeléssel összevethető módon hatékonyan megvalósítja. Laterális gátlások esetében megmutattam, hogy az általam javasolt iteratív művelet eredményeképpen a kognitív funkcionális egységek winner-take-all tulajdonsága megvalósul, azaz a VFA modell irány szelektív dimenziójában lévő rétegek közötti átlapolódás megszűnik, az adott tulajdonságot leíró információ diszjunkt módon jelenik meg.*

1.3 Altézis. *Projektív alap és komplex műveleteket definiáltam a VFA modellben, amelyek az egyszerű és komplex kognitív egységek közötti információfeldolgozást modellezik. Megmutattam, hogy az általam definiált projektív műveletek hatékonyan alkalmazhatóak komplex képi primitívek (kereszteződések és sarokpontok) detektálására.*

2. Tézis: Kognitív informatikai művelet megvalósítása opto-mechatronikai eszközzel [P3,4]

Az 1. Tézisben kidolgozott Gábor függvény alapú szűrőművelet és kontúrintegrációt megvalósító laterális művelet végrehajtására egy opto-mechatronikai hardver

eszközt terveztem és laboratóriumi prototípus formájában megépítettem.

2.1 Altézis. Egy rezgő tükör optikai és a Sobel operátor tulajdonságaira alapozva egy irányított elmosás (oriented motion blur) alapú szűrési eljárást valószínűsítettem meg egy opto-mechatronikai rendszerrel. A Heath-féle összehasonlítási eljárás szubjektív technikáira támaszkodva megmutattam, hogy az így megvalósított szűrési eljárás az 1. Tézisben ismertetett Gábor függvény alapú szűrési és a kontúrintegrációt megvalósító laterális műveletek együttesével egyenértékű.

2.2 Altézis. Bebizonyítottam, hogy a megvalósított opto-mechatronikai rendszer számítási komplexitása $O(x_{max} \times y_{max} \times h(\theta))$, ezzel szemben az 1. Tézisben ismertetett Gábor függvény alapú szűrési művelet és a kontúrintegrációt megvalósító laterális művelet komplexitása $O(x_{max} \times y_{max} \times p \times q \times h(\theta))$ illetve $O(x_{max} \times y_{max} \times p \times q \times i \times h(\theta))$.

3. Tézis: Fókuszringadozás és optikai aberrációk informatikai szerepe és hatása a kognitív informatikai műveletekre [P5,17-18,21]

Megvizsgáltam a koncepcionális ellentmondást a Packer és Dacey által felfedezett, 2002-ben publikált, nem átlapolt ganglion receptív mezőkkel történő, valamint a műszaki informatikai feladatokban elterjedten alkalmazott konvolúció alapú lineáris szűrési műveletek között.

3.1 Altézis. Megmutattam, hogy ha ezen szűrési műveleteket az új felfedezés analógiájára alkalmazzuk, akkor az információvesztés meghaladja az ilyen jellegű feladatokban elfogadható mértéket. Ezzel kimutattam, hogy ezen szűrőműveleteknek nincs kognitív informatikai relevanciája.

3.2 Altézis. Bebizonyítottam, hogy ezen információvesztéséget fókuszringadozással és optikai aberrációval lehet kompenzálni. Megmutattam a szem optikai modellje és a receptív mezők mérete alapján, hogy ezen információvesztéséget kompenzálni képes mértékű fókuszringadozás és optikai aberráció azonos tartományba esik a szem fókuszringadozásával és optikai aberrációjával.

3.3 Altézis. Ezek alapján egy olyan kognitív informatikai modellt dolgoztam ki, amely az új felfedezés analógiáját megtartva, valamint a fókuszringadozás és optikai aberrációk modelljét magába foglalva feloldja a koncepcionális ellentmondást.

3.4 Megjegyzés. *Ez az új kognitív informatikai modell a kognitív módszerekkel kapcsolatban is magyarázatot adhat arra, hogy a nem átlapolt ganglion receptív mezők esetén miért nem történik az agy számára érzékelhető információvesztés.*

3.5 Megjegyzés. *A fentiekén kívül még kimondtam három hipotézist az új felfedezéssel kapcsolatban, amelyeket a kognitív módszerek figyelembevételével összeállított laboratóriumi kísérletekkel támasztottam alá. Ezen eredmények alapján David Hubel¹ professzor kognitív látással foglalkozó kutatócsoportjával végeztünk közös vizsgálatokat.*

Az első hipotézis szerint a fixálás közbeni szemlencse lengésnek és optikai aberrációknak információelméleti jelentőségük van.

A második hipotézis szerint a fixálás közbeni szemlencse lengésnek és optikai aberrációknak szerepük lehet a nem átlapolt retinális receptív mező elrendezések következtében fellépő információvesztés kiküszöbölésében.

A harmadik hipotézis szerint a retinális foltméret éppen az optimális logikai kapcsolatot teremti meg a retinális receptív mezők között.

4. Tézis: A VFA koncepció alkalmazása intelligens mérnöki rendszerekben [P16]

A VFA modellel kiegészítettem az Alex Berg által a Berkeley Egyetemen kifejlesztett és 2005-ben publikált objektumfelismerő motort. A motor objektumokat leíró epitóma könyvtárának feltöltését és az általa végzett osztályozáshoz szükséges képi információknak az objektumra vonatkozó karakterisztikus primitíveinek detektálását a VFA modell segítségével végeztem el. Az így felépített rendszert két műszaki informatikai probléma megoldására alkalmaztam.

4.1 Altézis. *Kép formájában megadott absztrakt (kézzel rajzolt egyszerű vonalhálós sematikus) objektumok osztályozására alkalmaztam az általam kiegészített objektumfelismerő motort. Megmutattam, hogy ezzel a technikával az információ absztraktságától függően 75-85%-os találati aránnyal lehet három kategóriában absztrakt objektumokat osztályozni. A teszteredményekre támaszkodva megmutattam, hogy a kiegészített objektumfelismerő motor legnagyobb hatékonyságát akkor érte el, amikor a valós kognitív folyamatnak megfelelően a VFA modell irány szelekció dimenzionalitása megközelítette a Hubel által mérés alapján meghatározott értéket, valamint Gábor függvény alapú szűrő műveleteket alkalmaztam.*

¹David H. Hubel társaival, Roger W. Sperry-vel és Torsten N. Wiesel-el közösen megnyerte az 1981-es Nobel díjat az Orvostudomány és fiziológia területén.

4.2 Altézis. Az általam kiegészített objektumfelismerő motort egy az NTNU egyetem laboratóriumában lévő, négy irányban mintavételezett panoráma képet látó mobil robot navigációjához szükséges pozíciómeghatározásra használtam. Megmutattam, hogy a mobil robot kameráinak felvételeiből a VFA modell által készített reprezentációra épülő objektumfelismerő motor 80%-os találati aránnyal ismeri fel a robotot körülvevő strukturált környezet kulcs-objektumait, amely meghaladja a sikeres pozíciómeghatározáshoz minimálisan szükséges 75%-os találati arányt.

A szerző tudományos közleményei

- [P-1] B. Reskó, Á. Csapó, and P. Barnayi. Cognitive vision inspired contour and vertex detection. *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, 10(4):527–533, 2006.
- [P-2] B. Reskó, Z. Petres, A. Róka, and P. Baranyi. Visual cortex inspired intelligent contour detection. *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, 10(5):761–768, 2006.
- [P-3] B. Reskó, P. Baranyi, P. Korondi, and H. Hashimoto. Opto-mechanical filtering applied for orientation and length selective contour detection. In *Proc. of the 33rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON)*, pages 2553–2558, Taipei, Taiwan, November 5–8 2007.
- [P-4] B. Reskó, P. Baranyi, and P. Korondi. Orientation selective contour detection using oriented motion blur. In *Proc. of Intl. Conf. on Artificial Intelligence and Pattern Recognition*, pages 272–277, Orlando FL, USA, July 9–12 2007.
- [P-5] B. Reskó, K. Kouhei, S. Zheng, and H. Hashimoto. Retina inspired edge detection for robot vision. In *Proceedings of the 2007 JSME Conference on Robotics and Mechatronics (ROBOMECH 2007)*, pages 2A2–K05(1–2), Akita, Japan, May 10–12 2007.
- [P-6] B. Reskó, P. Baranyi, and H. Hashimoto. Foveated visual feature array - model of the visual cortex. In *7th SICE System Integration Division (SI 2006)*, pages 762–763, Sapporo, Japan, December 14–17 2006.
- [P-7] B. Reskó, A. Róka, A. Csapó, P. Baranyi, and H. Hashimoto. Cognitive informatics based dind for corner and crossing detection in intelligent space. In *Proc. SICE-ICCAS International Joint Conference*, pages 1234–1239, Busan, Korea, October 18–21 2006.

- [P-8] B Reskó, D. Tikk, H. Hashimoto, and Péter Baranyi. Visual feature array based cognitive polygon recognition using the ufix text categorizer. In *International Conference on Mechatronics*, pages 539–544, July 3–5 2006.
- [P-9] B. Reskó, Z. Petres, and H. Hashimoto. Cognitive vision inspired feature understanding in intelligent space. In *Proceedings of 2006 JSME Conference on Robotics and Mechatronics*, pages 2P1–E14(1–4), Tokyo, Japan, May 26–28 2006.
- [P-10] Z. Petres, B. Reskó, and H. Hashimoto. Cognitive contour detection for negative filtering. In *11th International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 2006)*, pages 538–541, Beppu, Japan, January 23–25 2006.
- [P-11] B. Reskó, Z. Petres, and P. Baranyi. Two feature extraction methods in the construction of a visual feature array. In *6th International Symposium of Hungarian Researchers on Computational Intelligence*, pages 227–236, Budapest, Hungary, November 18–19 2005.
- [P-12] Z. Petres, B. Reskó, P. Baranyi, and H. Hashimoto. Biology Inspired Intelligent Contouring Vision Device in Intelligent Space. In *Proceedings of the 6th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS 2005)*, pages 865–870, Yeosu, Korea, Sept 28–Oct 1 2005.
- [P-13] Z. Petres, B. Reskó, P. Baranyi, and H. Hashimoto. Human Vision Inspired DIND in Intelligent Space. In *Proceedings of 23rd Annual Conference of the Robotics Society of Japan*, page 2B23, Yokohama, Japan, Sept 15–17 2005.
- [P-14] B. Reskó, Z. Petres, A. Róka, and P. Baranyi. Visual cortex inspired intelligent contouring. In *IEEE Proceedings of Intelligent Engineering Systems (INES 2005)*, pages 47–51, Athens, Greece, September 16–19 2005.
- [P-15] Z. Petres, B. Reskó, P. Baranyi, and H. Hashimoto. Cognitive Psychology Inspired Distributed Intelligent Network Devices. In *Proceedings of International Conference on Instrumentation, Control and Information Technology (SICE 2005)*, pages 3299–3304, Okayama, Japan, August 8–10 2005.
- [P-16] B. Reskó. Demonstration of the VFA based object recognition system at the Industrial Open Day of the Institute of Industrial Sciences of the University of Tokyo.

- [P–17] A. Róka, A. Csapó, B. Reskó, and P. Baranyi. Edge detection model based on involuntary tremors and drifts of the eye. *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, 11(6):648–654, 2007.
- [P–18] B. Reskó, A. Róka, A. Csapó, and P. Baranyi. Edge detection model based on involuntary eye movements of the eye-retina system. In *5th Slovakian - Hungarian Joint Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI 2007)*, pages 301–312, Poprad, Slovakia, January 25–26 2007.
- [P–19] B. Reskó and P. Baranyi. Lateral operations in the vfa model. In *Proc. of 6th Intl. Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics*, pages 141–145, Herl’any, Slovakia, January 21–22 2008.
- [P–20] B. Reskó, P. Baranyi, and P. Korondi. Opto-Mechanical Oriented Egde Filtering. In *Proc. of Canadian Conference on Computer and Robot Vision*, pages 253–260, Windsor ON, Canada, May 28–30 2008.
- [P–21] B. Reskó, A. Antal, and P. Baranyi. Cognitive Informatics Model for Non-overlapped Image Filtering based on the Optical Aberrations of the Eye. *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, (Elfogadott publikáció), 2008.
- [P–22] B. Reskó P. Baranyi A. Róka, A. Csapó. Edge detection model based on involuntary eye movements of the eye-retina system. *Journal of Applied Sciences at Budapest Tech*, 4(1):31–46, 2007.
- [P–23] A. Gaudia, B. Reskó, T. Thomessen, and P. Korondi. Robot programming based on ubiquitous sensory intelligence. In *IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems*, pages 153–158, Cluj-Napoca, Romania, September 19–21 2004.
- [P–24] B. Reskó and P. Baranyi. Stereo camera alignment based on disparity selective cells in the visual cortex. In *IEEE International Conference on Computational Cybernetics*, pages 285–290, Mauritius, April 13–16 2005.
- [P–25] B. Reskó, P. Baranyi, and H. Hashimoto. Camera control with disparity matching in stereo vision by artificial neural networks. In *Workshop on Intelligent Solutions in Embedded Systems*, pages 139–150, Vienna, Austria, June 27 2003.

- [P-26] B. Reskó, P. Baranyi, and H. Hashimoto. Artificial neural network based stereo matching in stereo vision system. In *RAAD Workshop*, Brno, Czech Republic, 2004.
- [P-27] B. Reskó, P. Baranyi, P. Korondi, P. T. Szemes, and H. Hashimoto. Stereo matching in robot vision by artificial neural networks. In *IEEE International Conference on Industrial Technologies*, pages 348–353, Maribor, Slovenia, December 10–12 2003.
- [P-28] B. Reskó, J. F. Bourges, P. Baranyi, and H. Hashimoto. Panoramic picture attachment with genetic algorithms. In *IEEE International Conference on Computational Cybernetics*, pages 343–346, Siofok, Hungary, August 29–31 2003.
- [P-29] B. Reskó, J. F. Bourges, P. Korondi, H. Hashimoto, and Z. Petres. Image attachment using fuzzy-genetic algorithms. In *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, volume 2, pages 1025–1029, Budapest, Hungary, July 25–29 2004.
- [P-30] B. Reskó, A. Gaudia, P. Baranyi, and T. Thomessen. Ubiquitous sensory intelligence in industrial robot programming. In *Proc. of 5th International Symposium of Hungarian Researchers on Computational Intelligence*, pages 347–358, Budapest, Hungary, November 11–12 2004.
- [P-31] B. Reskó, D. Herbay, P. Korondi, and P. Baranyi. 3d image sensor based on opto-mechanical filtering. In *Proceedings of the 8th International Symposium of Hungarian Researchers on Computational Intelligence and Informatics*, pages 17–27, November 15–17 2007.
- [P-32] B. Reskó, D. Herbay, P. Krasznai, and P. Korondi. 3d image sensor based on parallax motion. *Journal of Applied Sciences at Budapest Tech*, 4(4):37–53, 2007.
- [P-33] B. Reskó, P. T. Szemes, P. Baranyi, P. Korondi, and H. Hashimoto. Artificial neural network based object tracking. In *SICE International Conference*, pages 1398–1403, Sapporo, Japan, August 4–6 2004.
- [P-34] B. Reskó, P. T. Szemes, P. Korondi, P. Baranyi, and H. Hashimoto. Artificial neural network based object tracking. *Transaction on Automatic Control and Computer Science, Scientific Bulletin of "Polytechnica" University of Timisoara*, 4:125–130, May 25–26 2004.

- [P–35] B. Reskó, P.T. Szemes, P. Korondi, P. Baranyi, and H. Hashimoto. Camera motion control based on ubiquitous computing. In *EPE-Power Electronics and Motion Control Conference*, Riga, Latvia, 2004.
- [P–36] B. Reskó, M. Niitsuma, P. Baranyi, and P. Korondi. Intelligens tér és alkalmazásai. *Acta Agraria Kaposvariensis*, 11(2):41–52, 2007.
- [P–37] András Róka, Ádám Csapó, Barna Reskó, Péter Baranyi, and Hideki Hashimoto. A cognitive computational model to demonstrate the importance of eye-movements in edge detection. In *3rd International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 7th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS and ISIS 2006)*, pages 1154–1158, September 20–24 2006.
- [P–38] B. Solvang, B. Reskó, P. Korondi, and G. Sziebig. Distributed image processing system using the rt-middleware framework. In *Proc. of the 33rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON)*, pages 2807–2812, Taipei, Taiwan, November 5–8 2007.
- [P–39] K. Wang, B. Reskó, Y. Wang, M. Boldin, and O. R. Hjelmervik. Application of artificial neural networks to predicate shale content. In *Advances in Neural Networks - Proceedings of Second International Symposium on Neural Networks*, volume 3498, pages 1046–1051, Chongqing, China, May 30–June 1 2005.

Hivatkozások

- [1] P. Adorjan. *Dynamics and Representation in the Primary Visual Cortex*. PhD thesis, Technical University Berlin, 2000.
- [2] S. Ando and A. Kimachi. Correlation image sensor: Two-dimensional matched detection of amplitude-modulated light. *IEEE Transactions on Electron Devices ON ELECTRON DEVICES*, 50(10):2059–2066, October 2003.
- [3] S. Ando, T. Nakamura, and T. Sakaguchi. Ultrafast correlation image sensor: Concept, design, and applications. In *IEEE International Conference on Solid-State Sensors and Actuators*, pages 307–310, Chicago, June 1997.
- [4] I. Aradi and P. Érdi. Signal generation and propagation in the olfactory bulb: multicompartamental modeling. *Computers and Mathematics with Application*, 32:1–27, 1996.

- [5] H. B. Barlow. Summation and inhibition of the frog's retina. *J. Physiology*, 119:69–88, 1953.
- [6] P. Bayerl and H. Numann. A fast biologically inspired algorithm for recurrent motion estimation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 29(2):246–260, 2007.
- [7] A. C. Berg, T. L. Berg, and J. Malik. Shape matching and object recognition using low distortion correspondence. *IEEE Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2005.
- [8] A. C. Berg and J. Malik. Geometric blur for template matching. *Computer Vision and Pattern Recognition*, 1:607–614, 2001.
- [9] I. Biederman and E. E. Cooper. Priming contour-deleted images: Evidence for intermediate representations in visual object recognition. *Cognitive Psychology*, 23:393–419, 1991.
- [10] W. Bosking, Y. Zhang, B. Schofield, and D. Fitzpatrick. Orientation selectivity and the arrangement of horizontal connections in tree shrew striate cortex. *Journal of Neuroscience*, 17(6):2112–2127, 1997.
- [11] T. Bosse, P. P. van Maanen, and J. Treur. A cognitive model for visual attention and its application. In *Proceedings of the IEEE/WIC/ACM international conference on Intelligent Agent Technology*, pages 255–262, Washington, DC, USA, 2006.
- [12] O. J. Braddick, J. M. D. O'Brien, J. Wattam-Bell, J. Atkinson, T. Hartley, and R. Turner. Brain areas sensitive to visual motion. *Perception*, 30(1):61–72, 2001.
- [13] L. O. Chua and T. Roska. *Cellular Neural Networks and Visual Computing: Foundations and Applications*. Cambridge University Press, 2005.
- [14] B. Edelman D. Valentin, H. Abdi. What represents a face: A computational approach for the integration of physiological and psychological data. *Perception*, 26:1271–1288, 1997.
- [15] J. G. Daugman. Uncertainty relation for resolution in space, spatial frequency, and orientation optimized by two-dimensional visual cortical filters. *J. Opt. Soc. Am. A*, 2, 1985.
- [16] J. Davies, A. K. Nersessian, and N. J. Nersessian. A cognitive model of visual analogical problem-solving transfer. In *Nineteenth Annual International Joint Conference on Artificial Intelligence.*, pages 1556–1557, 2005.

- [17] S. Devries and D. Baylor. Mosaic arrangement of ganglion cell receptive fields in rabbit retina. *J. Neurophysiology*, 78(4):2048–2060, October 1997.
- [18] M. A. Georgeson and S. T. Hammett. Seeing blur: 'motion sharpening' without motion. *Proc. R. Soc. Lond. B.*, 269:1429–1434, 2002.
- [19] S. J. Gislason. *The Book of Brain*. 2004.
- [20] E. Grassi and S. A. Shamma. A biologically inspired, learning, sound localization algorithm. In *Conference on Information Sciences and Systems*, Johns Hopkins University, pages 344–348, 2001.
- [21] C. Grigorescu, N. Petkov, and M. A. Westenberg. Contour and boundary detection improved by surround suppression of texture edges. *Image and Vision Computing*.
- [22] C. Grigorescu, N. Petkov, and M. A. Westenberg. Contour detection based on nonclassical receptive field inhibition. *IEEE Transactions on Image Processing*, 12(7):729–739, 2003.
- [23] D. Hubel. *Eye, Brain and Vision*. W.H. Freeman & Company, 1995.
- [24] D. H. Hubel and T. N. Wiesel. Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex. *J. Physiology*, 160:106–154, 1962.
- [25] M. Hubener, D. Shoham, A. Grinvald, and T. Bonhoeffer. Spatial relationships among three columnar systems in cat area 17. *The Journal of Neuroscience*, 17:9270–9284, 1997.
- [26] B. Julesz. *Dialógusok az észlelésről*. Típotex Kiadó, 2000.
- [27] S. W. Kuffler. Discharge patterns and functional organization of mammalian retina. *J. Neurophysiology*, 16:37–68, 1953.
- [28] H. Bulthoff M. Tarr. Image-based object recognition in man, monkey and machine. *Cognition*, 67(1-2):1–20, 1998.
- [29] J. Maunsell and D. Van Essen. Functional properties of neurons in middle temporal visual area of the macaque monkey. i. selectivity for stimulus direction, speed, and orientation. *J Neurophysiol*, 49(5):1127–1147, 1983.
- [30] M. Meister. Multineural codes in retinal signaling. In *Proc Natl Acad Sci USA*, volume 93, pages 609–614, January 1996.

- [31] T. N. Mundhenk and L. Itti. Computational modeling and exploration of contour integration for visual saliency. *Biological Cybernetics*, 93(3):188–212, 2005.
- [32] O. S. Packer and D. M. Dacey. Receptive field structure of h1 horizontal cells in macaque monkey retina. *J. Vision*, 2(4):272–292, 2002.
- [33] N. J. Parikh, J. D. Weiland, M. S. Humayun, S. S. Shah, and G. S. Mohile. Dsp based image processing for retinal prosthesis. In *Proceedings of the 26th IEEE Annual International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society*, volume 1, pages 1475–1478, 2004.
- [34] F. T. Qiu and R. von der Heydt. Figure and ground in the visual cortex: V2 combines stereoscopic cues with gestalt rules. *Neuron*, 47:155–166, 2005.
- [35] M. Riesenhuber. *How a Part of the Brain Might or Might not Work: A New Hierarchical Model of Object Recognition*. PhD thesis, M.I.T., 2000.
- [36] M. Riesenhuber and T. Poggio. Hierarchical models of object recognition in cortex. *Nature Neuroscience*, 2:1019–1025, 1999.
- [37] A. Saudargiene, B. Porr, and F. Wörgötter. *Biologically inspired artificial neural network algorithm which implements local learning rules*. ISCAS, Vancouver, 2004.
- [38] I. A. Shevelev. Second order features extraction in the cat visual cortex: Selective and invariant sensitivity of neurons to the shape and orientation of crosses and corners. *Biosystems*, 48(13):195–204, 1998.
- [39] I. A. Shevelev, N. A. Lazareva, G. A. Sharaev, R. V. Novikova, and A. S. Tikhomirov. Selective and invariant sensitivity to crosses and corners in cat striate neurons. *Neuroscience*, 84(3):713–721, 1998.
- [40] I. A. Shevelev, N. A. Lazareva, G. A. Sharaev, R. V. Novikova, and A. S. Tikhomirov. Interrelation of tuning characteristics to bar, cross and corner in striate neurons neuroscience. *Neuroscience*, 88(1):17–25, 1999.
- [41] N. W. Swindale. A model for the formation of ocular dominance stripes. *Proc. of the Royal Society of London, Biol. Sciences*, 208(1171):243–264, 1980.
- [42] N. W. Swindale. A model for the formation of orientation columns. *Proc. of the Royal Society of London, Biol. Sciences*, 215(1199):211–230, 1980.

- [43] N. W. Swindale. The development of topography in the visual cortex: a review of models. *Computation in Neural Systems*, 7:161–247, 1996.
- [44] R. B. Tootell, M. S. Silverman, E. Switkes, and R. L. De Valois. Deoxyglucose analysis of retinotopic organization in primate striate cortex. *Science*, 218(4575):902–904, 1982.
- [45] Y. Wang. On cognitive informatics. *Brain and Mind: A Transdisciplinary Journal of Neuroscience and Neurophilosophy*, 4(2):151–167.
- [46] Y. Wang. The oar model of neural informatics for internal knowledge representation in the brain. *The International Journal of Cognitive Informatics and Natural Intelligence (IJCINI)*, 1(3):64–75, 2007.
- [47] Y. Wang, D. Liu, and Y. Wang. Discovering the capacity of human memory. *Brain and Mind: A Transdisciplinary Journal of Neuroscience and Neurophilosophy*, 4(2):189–198.