

Sinteza lucrării

Proiect TE-11, **contract** Nr. 23/28.07.2010

Perioada de raportare: 28.07.2010 – 31.12.2010 (5 luni)

Titlu proiect: *Recunoașterea obiectelor în creierul uman prin intermediul atractorilor.*

Director de proiect: Dr. Raul C. Mureșan

1. Obiective

Pentru anul 2010, s-au previzionat două obiective:

- Dotare laborator;
- Obiectiv 1, inițial: dezvoltarea teoriei recunoașterii prin atractorii.

2. Implementarea obiectivelor

Având în vedere natura experimentală a proiectului de față, primul obiectiv a presupus dotarea completă a laboratorului în prima etapă de derulare. Achizițiile specificate în planul de realizare a proiectului au inclus în principal un sistem de amplificare de semnale electrofiziologice de înaltă performanță (capabil să înregistreze cu o frecvență de sampling foarte mare) și echipamente laborator. Ca urmare, s-a achiziționat un sistem de electrofiziologie complet de la Multi Channel Systems GmbH, cu următoarele caracteristici:

- număr de canale: 64 (extensibil la 128);
- frecvență de sampling: 50 kHz per canal (de 10 ori mai mare decât cel mai performant aparat care înregistrează exclusiv EEG la ora actuală);
- amplificare totală: $10 \times 5000 = 50.000$;
- accesorii aparat: software înregistrare, module pentru stimulare electrică (la înregistrări extracelulare), preamplificatoare etc.

Pe lângă sistemul propriu-zis de electrofiziologie, s-au mai achiziționat și o serie de echipamente “upgrade” pentru laborator, care să permită înregistrări EEG mai precise și mai bine sincronizate cu stimularea vizuală. Astfel, s-au mai achiziționat următoarele:

- monitor LCD de înaltă performanță pentru stimulare vizuală (Samsung 2233RZ), primul monitor utilizabil pentru experimente psihofizice de tip “visual masking”, fiind capabil de o frecvență de “refresh” de 120 de Hz și cu o temporizare a cadrelor comparabilă cu monitoarele CRT;
- plăci video cu memorie de ~1.5 GB (Nvidia GTX480), utilizate pentru încărcarea stimulilor în format necomprimat direct în memoria video; pentru obținerea unei temporizări foarte precise, la nivel de milisecundă și comparabile cu perioada de sampling a semnalelor EEG, este necesar să se elimine orice întârziere datorată încărcării stimulului vizual pe ecran; astfel software-ul de stimulare implementat de membrii laboratorului permite încărcarea direct în memoria video a tuturor stimulilor și prezentarea acestora aproape instantaneu pe ecran (precizie la nivel de microsecundă relativ la cadrul video); cantitatea de memorie video disponibilă este așadar un factor critic pentru precizia măsurătorilor vizuale/EEG/eye-tracking;
- diverse soluții pentru stocare/portabilitate date înregistrate și asigurarea protecției electrice a echipamentelor de laborator prin UPS 1500VA.

Cel de-al doilea obiectiv se referă la dezvoltarea teoriei recunoașterii obiectelor prin atractori. În cadrul acestei noi teorii, am propus scenariul prin care recunoașterea unui obiect se realizează în două etape: explorare (evoluție dinamică în spațiul stărilor cerebrale) și selecție (convergența către un atractor – echivalent cu percepția conștientă a obiectului). Procesul de explorare poate să fie:

- *intern*, caz în care avem de-a face cu o evoluție exclusiv internă a stării corticale în spațiul atractorilor, evoluție neghidată de stimuli externi (după plasarea sistemului într-o stare inițială de către stimul, acesta evoluează singur);
- *extern*, caz în care există o interacțiune reciprocă între starea internă și stimulul extern (o secvență de informații vizuale externe determină o secvență de stări inițiale interne; stările interne ghidează la rândul lor selecția următoarelor zone de unde informația externă este extrasă – proces de tip Markov).

În procesele vizuale “naturale”, oamenii (ca de altfel majoritatea animalelor) integrează informația vizuală în mod activ, prin efectuarea așa-numitelor sacade și fixații (Ottero-Millan et al., 2008). Sacadele sunt mișcări oculare foarte bruște și de amplitudine mare, iar fixațiile sunt momente în care privirea rămâne relativ fixă într-o

anumită zonă a câmpului vizual (Martinez-Conde et al., 2004). În momentul integrării informației vizuale în vederea recunoașterii unui obiect, oamenii realizează pattern-uri active de sacade/fixații, informația fiind integrată discontinuu, în valuri corespunzătoare fixațiilor vizuale. În cadrul teoriei recunoașterii prin mecanisme de tip atractor, este important a fi studiat modul în care subiecții umani explorează stimulul vizual prin aceste fixații. Fixațiile corespund unui proces de explorare extern, ce include schimbarea iterativă a stării inițiale interne prin integrarea secvențială a locațiilor corespunzătoare obiectului explorat din câmpul vizual. Descriem în continuare studiul pilot al explorării vizuale externe, realizat în etapa de raportare.

3. Investigarea explorării vizuale

Pentru a investiga modul în care subiecții umani explorează vizual un obiect cu scopul de a-l recunoaște, am realizat un studiu experimental în care participanților li se prezentau stimuli precum cei incluși în Fig. 1 (stânga) și li se cerea să recunoască obiectul prezentat în imaginea respectivă. Stimulii erau prezentați în 7 blocuri experimentale, cu pauze între ele. În acest studiu au fost implicați 12 participanți (5 femei, 7 bărbați) cu vârste cuprinse între 22 și 34 ani ($M = 28.17$ ani, $AS = 4.61$).

Studiul comportamental a fost însoțit de înregistrarea mișcărilor oculare ale participanților, cu ajutorul unui sistem de eye-tracking ASL EyeStart 6000. Pentru a asigura o înregistrare cât mai precisă a poziției oculare, înaintea fiecărui bloc din experiment s-a realizat calibrarea eye-tracker-ului. De asemenea, pentru a putea corecta eventualele devieri ale poziției oculare, la începutul fiecărui trial se prezenta – în centrul display-ului – un marker de fixație, iar participanților li se cerea să privească fix acest marker. Datele obținute în acest fel au fost utilizate în analize pentru a corecta devierile de la poziția inițială a ochilor (vezi detalii mai jos).

Fixațiile au fost identificate cu ajutorul unei variante simplificate a algoritmului bazat pe viteza mișcărilor oculare introdus de Nyström și Holmqvist (2010), ce utilizează praguri adaptive pentru detecția sacadelor. În varianta utilizată aici, algoritmul folosește doar două praguri. O sacadă este detectată dacă viteza mișcărilor oculare depășește pragul de detecție al sacadelor, v_D . Un alt prag, v_S , cu valoare mai scăzută este utilizat pentru identificarea începutului și sfârșitului sacadei. În algoritmul original (Nyström și Holmqvist 2010) se pornește de la o valoare mare a lui v_D și la fiecare pas al algoritmului iterativ se ajustează această valoare conform relației:

$$v_D = \mu_v + k_{vD}\sigma_v \quad 1$$

unde, μ_v și σ_v sunt media și respectiv deviația standard al tuturor vitezelor mai mici decât v_D , iar $k_{vD} = 6$.

Procesul iterativ se oprește atunci când diferențele dintre două valori succesive ale lui v_D sunt mai mici de $1^\circ/s$. În mod similar, pragul pentru detecția începutului sacadelor, v_S , se calculează (după ultima iterație) conform relației:

$$v_S = \mu_v + k_{vS}\sigma_v \quad 2$$

unde, $k_{vS} = 3$.

În cazul nostru, valorile $k_{vD} = 3$ și $k_{vS} = 1,5$ au dus la o mai bună identificare a sacadelor. Spre deosebire de algoritmul lui Nyström și Holmqvist (2010), nu am putut identifica corect glisadele (perioade scurte aflate la sfârșitul sacadelor) deoarece durata acestora este apropiată de perioada de eșantionare (20 ms) a aparaturii de înregistrare a pozițiilor oculare („eye-tracking”). Datorită acestui fapt, pragul de detecție a sfârșitului de sacade ce ține cont, în varianta originală, de aceste glisade nu a putut fi calculat. În schimb am folosit pentru detecția sfârșitului de sacade același prag, v_S , ca și pentru detecția începutului de sacade.

Odată ce sacadele au fost identificate, fixațiile sunt definite ca fiind eșantioanele dintre două sacade succesive. Fixațiile în care la mai mult de jumătate dintre eșantioane nu a putut fi determinată poziția ochilor (clipiri ale ochilor, pierderea pupilei sau a corneei) au fost eliminate din analize (cazuri extrem de rare).

Pentru a face față nivelului variabil de zgomot prezent în înregistrările eye-tracking au fost luate următoarele măsuri:

- Ambele praguri au fost calculate pentru fiecare trial individual.
- Pentru fiecare trial, posibilele devieri prezente în estimarea poziției ochilor au fost corectate utilizând poziția ochilor corespunzătoare marker-ului de fixație. Marker-ul a fost prezentat în centrul ecranului înainte de fiecare stimul iar participanții la experimente au fost instruiți în mod explicit să fixeze vizual pe acesta.
- Aparatura de înregistrare a pozițiilor oculare a fost calibrată pentru fiecare bloc experimental (50 trial per bloc experimental și 7 blocuri experimentale per participant).

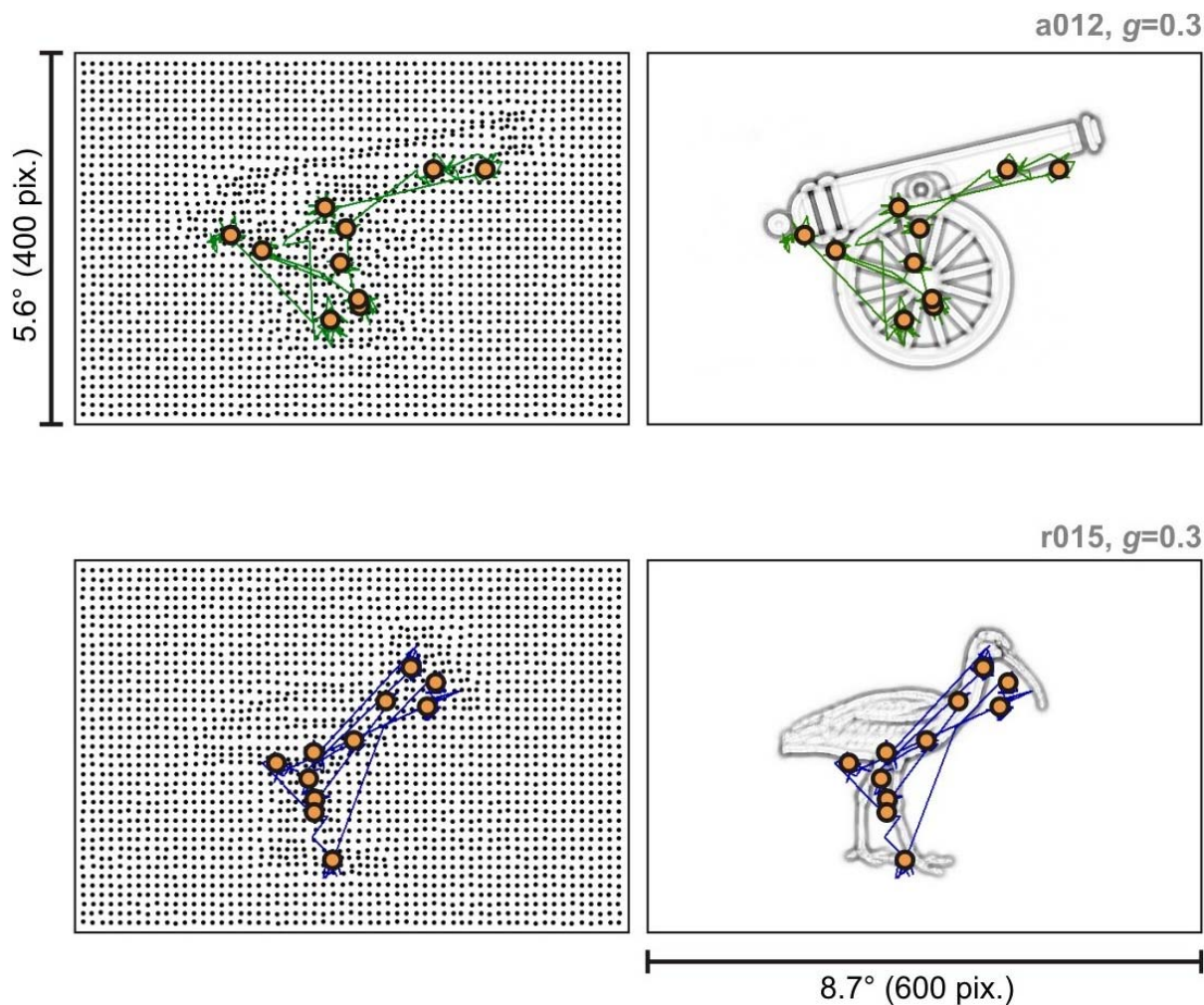


Fig. 1. Fixațiile vizuale. Fixațiile (discuri portocalii) sunt reprezentate în relație cu stimulii vizuali (coloana din stânga) și în relație cu hărțile POI (coloana din dreapta) care ghidează distorsiunea laticii de puncte pentru a reprezenta obiectul. Sunt prezentate expemple pentru doi stimuli țintă (tun – sus și pasăre – jos). Mișcările oculare sacadice sunt reprezentate prin linii.

Datele obținute în urma acestui studiu vor fi utilizate în continuare pentru analize mai detaliate ale explorării vizuale. Aceste analize implică variabile care vizează numărul de fixații, durata acestora, dispersia fixațiilor pe suprafața stimulului, respectiv cantitatea de informație pe care subiecții o integrează prin intermediul fixațiilor (operaționalizată prin densitatea conturului local explorat și gradul de vizibilitate a acestui contur în zonele explorate de subiect). Rezultatele acestor analize ne vor permite generarea de noi ipoteze pentru dezvoltarea și rafinarea teoriei recunoașterii obiectelor prin atractori.

Bibliografie

1. Martinez-Conde S, Macknik SL, Hubel DH (2004) The role of fixational eye movements in visual perception. *Nat Rev Neurosci* 5(3): 229-240.
2. Nyström M, Holmqvist K (2010) An adaptive algorithm for fixation, saccade, and glissade detection in eyetracking data. *Behavior Research Methods* 42(1): 188–204.
3. Otero-Millan J, Troncoso XG, Macknik SL, Serrano-Pedraza I, Martinez-Conde S (2008) Saccades and microsaccades during visual fixation, exploration, and search: foundations for a common saccadic generator. *Journal of Vision* 8(14):21.1-18.

4. Diseminare rezultate în anul 2010

Pentru anul 2010 (5 luni de derulare) nu s-a previzionat diseminarea rezultatelor având în vedere că un proiect de natură experimentală necesită o perioadă relativ lungă de la inițierea studiilor, la colectarea datelor experimentale, analiza acestora și în final diseminare. Cu toate acestea, o parte dintre rezultatele analizei explorării vizuale, descrise mai sus, au fost incluse în revizia articolului:

- **Moca V.V., Țincaș I., Melloni L., Mureșan R.C.** (submis) Visual Exploration and Object Recognition by Lattice Deformation. *Journal of Vision* (ISI, factor de impact 3.022).

Prezentări invitate susținute de directorul de proiect:

- **Mureșan R.C.** (2010), Looking into the brain: where modeling, experiment and analysis meet, Diaspora în Cercetarea Științifică și Învățământul Superior din România, Workshop Exploratoriu: "Noi perspective de investigare a creierului", București, Septembrie 2010.