

Inger-vezérelt és figyelmi integrációs folyamatok az észlelésben

Szakmai zárójelentés

A beérkező információk nagyobb értelmezhető egységekbe szervezése (integrációja) és más párhuzamosan jelen lévő egységektől való elválasztása az észlelő/kognitív rendszer egyik legfőbb feladata. Az integrációs/szegregációs folyamatok ennek megfelelően az észlelő/kognitív rendszer minden szintjén jelen vannak. Eseményfüggő agy potenciálok (EAP) módszerével végzett vizsgálatainkban az integrációs (csoportosítás, összekötés) és szegregációs (szétválasztás, elhatárolás) folyamatok négy különböző területén végeztünk kísérleteket. Az első, az észlelés és figyelem pszichológiájában klasszikus kérdésnek számító probléma a figyelem szerepe az ingervonások összekötésében. A második kérdéskör a hallási idői integráció és csoportosítás (mintázatok reprezentációja) szabályainak feltérképezése. A harmadik vizsgált kérdés a multimodális reprezentációk kialakulása figyelt és nem figyelt helyzetben. Végül a negyedik irány a párhuzamosan beérkező, de vagy külön forrásból származó, vagy a személy számára eltérő jelentőségű információk szétválasztásának vizsgálata. Mivel az éves vizsgálatokban már kísérletenként bemutattuk az eredményeket, ebben a jelentésben átfogóbb, elméleti kérdéskörönként tekintjük őket át a fenti csoportosításnak megfelelően.

1. A kutatási terv és a tárgyasult eredmények összevetése

A kutatási tervben kilenc kísérleti tervet ismertettünk. A terv végrehajtása során 15 kísérletet végeztünk el. Ezek közül nyolc megegyezik a tervben megadottal. Egy esetben (a terv 7. vizsgálata) az időközben általunk és más kutatók által kapott eredmények hatására a tervhez képest eltérő paradigmát választottunk, amely a hangsúlyt az idői integráció pszichológiai alapjaira, az előrejelzések készítésére helyezte (lásd 2.2. szakasz). Egy esetben (a terv 6. vizsgálata) az eredetileg tervezett és végrehajtott kísérlet eredményeit, más kutatókkal is megbeszélve, nem tartottuk kielégítőnek és egy alkalmasabb paradigmával azonos céllal újabb vizsgálatot végeztünk (lásd 2.3. szakasz). Úgy gondoljuk, hogy mivel a két vizsgálat módosítása az eredeti célokkal összhangban történt, ezen változtatások nem jelentenek a tervtől való eltérést. Három előre nem tervezett vizsgálatot végeztünk párhuzamosan működő hangforrások integráció/szegregációjának illetve e folyamat fejlődési menetének megismerésére (lásd 2.4. szakasz) és további két vizsgálatot a pályázat végrehajtása során felmerült elméleti kérdések tisztázására (lásd 2.5. szakasz) és.

A pályázat támogatásával összesen 14 angol nyelvű szakcikk és egy konferencia absztrakt készült, melyek közül 11 nemzetközi impakt faktoros szakmai folyóiratban megjelent, két cikk, hasonló folyóiratokban közlésre elfogadásra került (de az összefoglaló megírása idején még nem vagy csak elektronikus formában jelent meg), további egy cikk pedig hasonló folyóiratban jelenleg elbírálás alatt áll; végül a konferencia absztrakt szintén nemzetközi szakfolyóiratban jelent meg. Az előző bekezdésben leírt módosításokat figyelembe véve, az eredeti tervben szereplő kilenc vizsgálat közül nyolcból készült beszámoló cikk. A kilencedik vizsgálat (a terv 4. vizsgálata) jelenleg is folyik, mivel az eredmények megbízható értékeléséhez egyes betegcsoportokban még nem gyűlt össze megfelelő számú vizsgálati személy.

2. Az eredmények elméleti összefoglalása

2.1. Ingervonások integrációja

Két vizsgálat foglalkozott a figyelem szerepével az ingervonások összekötésében.

Takegata és munkatársai (2005; lásd publikációs lista) két két-két inger-vonásban (hangmagasság, hangszín) eltérő hangot mutattak be párhuzamosan. A hangpárt sokszor megismételve, a hangsorban időnként az egyik vonást felcserélték. A ritka hangpárok eltérési negatívitást (EN) váltottak ki, miközben a kísérleti személyek (k.sz.) egy nehéz elterelő feladatot (az u.n. n-back feladatot) oldottak meg. Az EN kiváltása jelezte, hogy a gyakori, a figyelem fókuszán kívül eső hangkombinációt a hallórendszer regisztrálta. Amikor azonban a k.sz.-eknek két azonos vagy felcserélt hangvonásokkal bemutatott párról kellett eldönteniük, hogy azonosak-e, a hibák arra mutattak, hogy a vonások összekötése nem mindig történik meg. Ez az eredmény arra utal, hogy figyelt ingereknél az ingervonásokat újraértékeljük és kellő kapacitás hiányában az összekötés nem mindig fejeződik be rövid idő alatt.

Müller és munkatársai (2009, megjelenés alatt) azt találták, hogy a vizuális eltérési negatívitás (vEN) eltérő látenciával és amplitúdóval jelenik meg attól függően, hogy két egyszerre bekövetkező szabálysértés azonos vagy két különböző vizuális tárgyon jelentkezik-e. A vizuális eltérések természetesen a két esetben azonosak voltak. A vizsgálati személyek az ingere bemutatása idején egy folyamatos figyelmet igénylő elterelő feladatot végeztek. Ez az eredmény arra utal, hogy a vizuális tárgyak vonásainak összekötése is megtörténik a figyelem fókuszán kívül eső ingerekre is.

Összesítve tehát a pályázatban végzett kutatások alapján azt mondhatjuk, hogy a vonások ingerrepresentációvá integrálása a figyelem fókuszán kívül eső ingerek esetén is végbemegy.

2.2. Az idői integráció háttere és szabályai

Három vizsgálat foglalkozott a hallási idői integráció pszichológiai hátterével és tulajdonságaival.

Bendixen és munkatársai (2009) azonos ritmusban mutattak be hangokat kétféle feltételben. A kontroll helyzetben a hangok frekvenciája véletlenszerűen változott. A páratlan sorszámú hangok frekvenciája a másik (teszt) feltételben is véletlenszerűen változott. Azonban, minden páros sorszámú hang megegyezett az előtte lévő hanggal. Időnként egy-egy hangot véletlenszerűen kihagytunk. Azt találtuk, hogy a kontroll feltételben illetve a teszt feltételben kihagyott páratlan sorszámú hangokra adott korai (<100 ms látenciájú) EAP válaszok egymáshoz hasonlóak voltak és eltértek a teszt feltételben kihagyott páratlan sorszámú hangokra adott válaszoktól. Ez utóbbiakra adott EAP válaszok viszont lényegében megegyeztek a valódi hangokra adott válaszokkal. Mivel csak a teszt feltételben bemutatott páros sorszámú hangok voltak előre bejósolhatóak (hiszen a többi hang véletlenszerűen változó frekvenciájú volt), arra következtettünk, hogy a hallórendszer bejósolható hangok esetén a hang elvárt idejében elvégzi azokat a műveleteket, amelyek egy hang beérkezésekor általában lezajlónak, akkor is, ha az adott hang valójában nem érkezik be. A hang elmaradása csak valamivel később befolyásolja a feldolgozási lépéseket. Ha azonban a hangok nem jósolhatók be,

akkor ezekre a műveletekre nem kerül sor. Mivel a k.sz.-eknek nem volt a hangokkal kapcsolatos feladata, eredményeink a halló rendszer automatikusan elővételező (jósoló) tevékenységét demonstrálják.

Oceák és munkatársai (2006) azt a jelenséget vizsgálták, hogy az idői integrációs ablakon (kb. 200 ms) belül elvárt hangok elmaradását kizárólag pontos időzítés esetén detektáljuk-e. A kontrol helyzetben a hangokat azonos ritmusban mutattuk be, míg a teszt helyzetben a hangok időzítése változó volt (de belül maradt az integrációs ablakon). Azt találtuk, hogy a hangok időnként elmaradásának detekciója mindkét esetben megtörtént, amit az EN komponens kiváltása jelzett. Tehát az idői expektancián kívül más mechanizmus is szerepet játszik az idői integrációban. Feltételezésünk szerint ez a hangosság szummációra épülő folyamat. Azonban, a teszt feltételben kiváltott EN amplitúdója szignifikánsan kisebb volt, mint a kontrol helyzetben. Ez az eredmény jelzi, hogy az idői expektancia az idői integráció egyik fontos mechanizmusa.

Végül, Oceák és munkatársai (2008) megvizsgálták az ingerek idői csoportosításának hatását az egymást követő ingeresemények értékelésére. Korábbi vizsgálatokban azt találtuk, hogy egy akusztikus szabályt (legegyszerűbb esetben egy inger ismétlődése) az idői integrációs ablakon belül kétszer egymás után megsértünk, akkor csak az első sértés váltja ki az EN komponenset. Azaz, a hallórendszer a két hangeseményt egyetlen közös eseményként értékeli. Ez mindig így van, ha a két szabálysértést ugyanaz az inger hordozza, akkor is, ha a két szabálysértés egymástól eltérő időben, de egy idői integrációs ablakon belül detektálható (pl. egy hang eltér az ismétlődő hangtól mind frekvenciájában, mind pedig hosszúságában; utóbbi nyilván legkorábban a rövidebb inger végén detektálható). Azonban, ha a két szabálysértést két egymást követő diszkrét hanginger hordozza (pl. az első hang frekvenciájában, a második erősségében tér el az ismétlődő hangtól), és a hangsorban a kétféle szabálysértés külön-külön is előfordul (azaz, az első szabálysértő inger nem jósolja be 100 százalékosan a második bekövetkeztét), akkor a két egymást követő deviáns inger külön EN-t vált ki. Ebben az esetben tehát a hallórendszer a két független eseményként értékeli a szabálysértéseket. A pályázat során elvégzett kísérletben diszkrét ingereket adtunk párokba rendezve (a párok tagjai közötti idő rövidebb volt, mint a párok közötti idő). Ebben az esetben a párban megjelenő két egymást követő deviáció ismét csak egy EN-t váltott ki, noha a hangsorban a kétféle szabálysértés külön-külön is előfordult. Eredményünk arra utal, hogy az idői integrációs ablakon belüli erős idői csoportosítás következik be, amely alapján a hallórendszer az ebben az időszakban lezajló eseményeket egy közös eseményként elemzi.

Összefoglalva, a pályázat során elvégzett vizsgálatok arra utalnak, hogy a hallórendszer automatikusan előrejelzéseket tesz a várható hangok beérkezési idejére és tulajdonságaira, ezzel gyorsítva meg a hangok feldolgozását. Az előrejelzés az un. idői integrációs ablakon belül különösen erős és amennyiben az ingersor szerkezete ezt lehetővé teszi, akkor az idői integrációs ablakon belül bekövetkező eseményeket közös keretben dolgozzuk fel.

2.3. Multimodális ingerreprezentációk kialakulása

Evvel a kérdéssel egy vizsgálat foglalkozott.

A vizsgálatban (Winkler és munkatársai, 2009, megjelenés alatt) kiejtett szótagokat zajjal kevertünk össze, amely erősen megnehezítette a szótagok tiszta megértését. Azt

vizsgáltuk, hogy a szótagokkal párhuzamosan bemutatva a szótagot kiejtő személy arcáról készült videofelvételt, az segíti-e a szótagok pontosabb reprezentációjának kialakulását. Miközben a k.sz.-ek elterelő feladatot végeztek, három feltételben mutattunk be olyan szótagsort, amelyben a szótagok többsége azonos volt, ritkán viszont egy deviáns szótag került a sorba. A csak a hangokat bemutató feltételben nem kaptunk az eltérő hangokra EN választ, ami mutatta, hogy a hangokhoz kevert zaj megakadályozta a szótagok közötti különbség detektálását. Amikor csak a vizuális ingereket (a szájmozgást mutató videókat) mutattuk be a zaj jelenlétében, de a szótag hangokat kihagyva, vEN komponenszt regisztráltunk a deviáns szótagokra. Amikor viszont a szótagokat párhuzamosan mindkét modalitásban mutattuk be, egy olyan új komponens jelent meg a deviánsokra adott válaszokban, amely nem egyezett meg sem az EN, sem pedig a vEN komponenssel és nem lehetett előállítani a csak-hallási és a csak-látási deviáns ingerekre adott válaszok összegeként. Ezt az új EAP komponenszt audiovizuális EN-nek (avEN) neveztük el és értelmezésünk szerint kiváltása arra utal, hogy az egyébként a feladat szempontjából irreleváns multimodálisan megjelenő ingerekről olyan reprezentáció készül, amely integráltan tárolja a két modalitásból nyert információkat. A jelenséget aktív helyzetben viselkedésszerűen vizsgálva ellenőriztük, hogy a vizuális információ hozzáadása az elvártnak megfelelően javítja a szótagok megkülönböztetését. Kontrol kísérlet segítségével kimutattuk, hogy ez a javulás nem egyszerűen a kétféle szájmozgás megkülönböztetéséből származik.

Az eredmények jelentősége, hogy felvetik az automatikus modalitások közötti integráció lehetőségét és egyben EAP módszert adnak ennek további vizsgálatára.

2.4. Párhuzamosan beérkező információk szétválasztása

Három vizsgálat foglalkozott avval a kérdéssel, hogy hogyan hatnak az irreleváns ingeresemények a feladathoz kötődő információk feldolgozására. További három vizsgálat párhuzamosan működő hangforrások szétválasztásával foglalkozott.

A folyó viselkedés szempontjából irreleváns ingeresemények sokszor elterelik figyelmünket a folyó viselkedés szempontjából lényeges ingerek feldolgozásáról. Ennek nyilván a túlélés szempontjából nagy jelentősége van, hiszen a váratlan ingerek jelezhetnek olyan eseményt, amire azonnal reagálnunk kell (pl. egy ragadozó megjelenése). Ugyanakkor az elterelő ingerek rontják a folyó viselkedés minőségét. Ezt a jelenséget tipikusan olyan paradigmákban vizsgálják, amiben a k.sz. egy diszkriminációs feladatot végez (pl. az ingerek fele hosszú, másik fele rövid, és a k.sz.-nek minden ingerről el kell döntenie, hogy hosszú-e vagy rövid). Eközben, az ingerek valamilyen más tulajdonsága (pl. frekvencia) időnként megváltozik. E változás hatására az adott ingerre adott viselkedéses reakció meghosszabbodik (jelezve, hogy az irreleváns változás elterelte a k.sz. figyelmét, csökkentve ezzel a feladat teljesítésére fordítható feldolgozási kapacitást) és az EAP-ben egy jellegzetes komponens sor jelenik meg: megnő az N1 komponens, kiváltódik az EN, majd a P3a, végül pedig a RON. Az egyes komponenseket az elterelődes különböző folyamatnak szokták megfeleltetni. Az N1-növekmény és az EN a változás detektálását jelzik (két különböző detekciós mechanizmus alapján), a P3a a figyelem átváltását, a RON pedig az eredeti task-set visszaállítását, a reorientáció folyamatát jellemzik.

Horváth és munkatársai (2009, közlésre benyújtva) megvizsgálták, hogy a szokásos ingerparadigmában talált EAP komponensek valóban általánosan az elterelődéshez kötődnek, avagy a paradigma vagy a feladat (diszkrimináció) sajátosságaival függenek össze. A k.sz.-ek detekciós feladatot végeztek: egy folyamatos hangingerben időnként bekövetkező rövid szakadásokra kellett reagálniuk. Az elterelő esemény pedig a hang frekvenciájának időnkénti megváltozása volt, amely megjelenhetett egy szakadás előtt, vagy attól függetlenül. A szakadás előtt megjelenő frekvencia-változás lassította a szakadásra adott viselkedéses választ, jelezve, hogy bekövetkezett az elterelődés. Az EAP válaszokban pedig megjelent a korábbi vizsgálatokból ismert komponens sor. Ez az eredmény azt bizonyítja, hogy ezen komponensek valóban, a feladattól függetlenül az elterelődés folyamatához kötődnek. Egyben egy új, a diszkriminációhoz képest bizonyos területeken előnyös inger paradigmát fejlesztettünk ki az elterelődés mechanizmusainak vizsgálatára.

Horváth, Winkler és munkatársainak (2008) másik vizsgálata azt a kérdést tette fel, hogy a sokszor leírt EAP komponens sor tagjai (lásd fentebb) valóban a feltételezett folyamat-lánc elemeinek felelnek-e meg. A klasszikus diszkriminációs helyzetet (lásd fentebb) megismételve, külön elemezték az elterelő események hatását annak függvényében, hogy a feladat szempontjából irreleváns eltérést hány reguláris próba előzte meg. Azt találták, hogy az egyes EAP komponenseket ez a változó különbözőképpen befolyásolta, sőt, bizonyos esetekben egyes EAP komponensek a sorban őket megelőző hiányában is kiváltódtak (P3a N1-növekmény és MMN nélkül, illetve RON P3a nélkül). Ezek az eredmények arra utalnak, hogy a hagyományos értelmezés nem állja meg a helyét. Az EAP sor nem jelent szoros folyamat láncot és valószínű, hogy a P3a értelmezését felül kell vizsgálni. Javaslatunk szerint, a P3a nem a figyelem áthelyezésének korrelátuma, hanem az eltérés értékelésének egy harmadik (az N1 növekménnyel és az EN-nel párhuzamosan működő) folyamata.

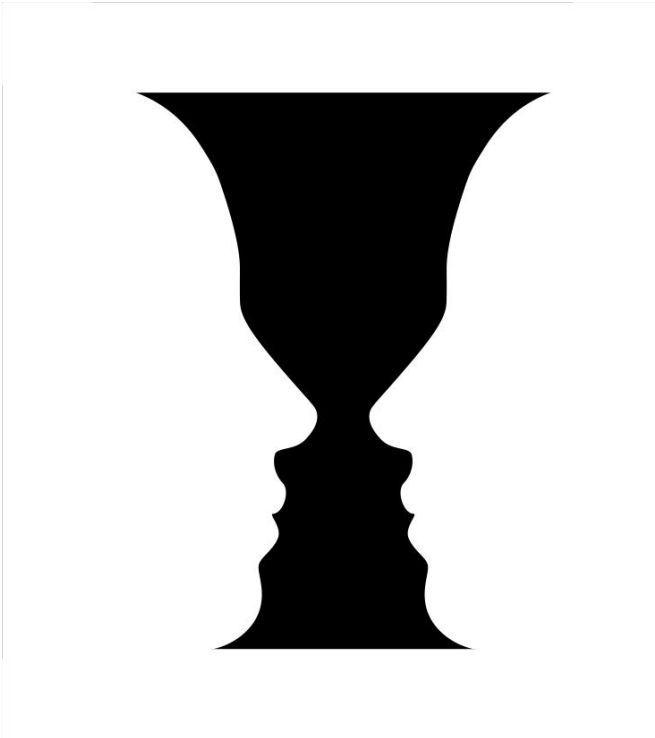
Végül, a még folyamatban lévő vizsgálat adatainak előzetes elemzése azt mutatja, hogy a benignus centrotemporális epilepsziával (BCTE) élő és figyelem zavaros (ADHD) csoportoknál az elterelődéssel kapcsolatos feldolgozási különbségek elsősorban az N2 EAP komponens látenciatartományában jelentkeznek: a figyelemzavaros csoportban az N2b komponens nagyobb amplitúdóval jelent meg, mint a BCTE-vel élők csoportjában. Ez úgy értelmezhető, hogy a feladatszempontról érdektelen (elterelő) információ a figyelemzavaros csoportban valódi jelentőségét meghaladó feldolgozási ráfordítást mozgósít.

Összegezve tehát, a folyó viselkedés szempontjából irreleváns események befolyásolják a folyó viselkedés irányítása szempontjából fontos ingerek feldolgozását, amely a viselkedés meglassulásához vezet. Az elterelődéshez több EAP komponens is köthető, amelyek azonban nem egymást szigorú sorrendben követő eseményláncot alkotnak és értelmezésükhöz további vizsgálatok szükségesek.

Egy másik fontos elkülönítési funkció a párhuzamosan több forrásból beérkező információk szétválasztása. Ez a hangok esetén különösen alapvető probléma, mivel fizikai jellegükénél fogva, a hangok még a fülbe érkezés előtt a hullámokra vonatkozó fizikai szabályok szerint összekeverednek, interferálnak egymással. A hallórendszer különböző, az evolúció során bevált algoritmust használ a hangforrások szerinti hangszétválasztásra. Ezzel kapcsolatban az irodalomban viszonylag régóta folyó vita,

hogy vajon szükséges-e figyelem a hangforrások szétválasztásához. Sussman, Horváth és munkatársai (2007) olyan rövid hangsorokat alakítottak ki, amelyekben a szabálysértő ingereket csak akkor lehetett detektálni, ha a hangsort két láncre (hangforrásra) bontotta a hallórendszer. Ezt felhasználva, a figyelmet erősen lekötő elterelő feladatot alkalmazva vizsgálták a deviáns ingerek automatikus detektálását az EN komponens segítségével. Azt találták, hogy a hangláncokra (forrásokra) bomlás akkor is megtörténik, ha a k.sz.-ek nem figyelnek a hangsorokra.

Hangforrások szétválasztását viselkedéses módszerrel vizsgálva Sussman, Wong és munkatársai (2007) azt találták, hogy a hangforrások szétválasztásához szükséges akusztikus eltérés mértéke gyermekkorban (5-11 és) az életkorral együtt csökken.



Végül, Winkler és munkatársai (2006) arra kerestek választ, hogy hasonlóak-e a hangforrások szétválasztásának szabályai a vizuális tárgyak elválasztását segítő szabályokhoz. Egy ilyen szabály az, hogy a vizuális mező egy adott pontja normálisan egyszerre csak egy tárgyhoz tartozhat, ami igaz a tárgyakat elválasztó határvonalra is. Ez utóbbi a vizuális észlelésben az előtér-háttér elválasztás fontos eleme (ti., a határvonal mindig az előtérben álló tárgyhoz tartozik). Ennek a jelenségnek egyik legjobban ismert demonstrációja az ún. Rubin serleg. Az 1. ábrán aszerint látunk fekete háttér előtt két egymás felé forduló fehér arc profilt vagy fehér háttér előtt egy középső fekete serleget, hogy a fehér és fekete mezők közötti határvonalat a

1. ábra. Rubin serleg illusztráció

fehér vagy a fekete alakzathoz tartozónak ítéljük-e. A Rubin serleg jelenség egy hallási megfelelőjét előállítva azt az eredményt kaptuk, hogy két hallási lánc közé eső hangok egyszerre csak az egyik hangláncához (hangforráshoz) tartozhatnak és, amennyiben ezek a hangok mindkét lánchoz hozzáilleszthetőek, akkor az általunk kiválasztott hangsorhoz (a hallási „előtérhez”) fognak tartozni.

Összefoglalva, hangforrások szétválasztása megtörténhet a figyelem fókuszán kívül is, de, legalábbis nem egyértelmű esetekben, akaratlagosan tudjuk befolyásolni a hangláncok tartalmát. A hangláncok tulajdonságai hasonlóak a vizuális perceptuális tárgyakéhoz. A hangláncok megkülönböztetésének finomsága gyermekkorban fejlődik.

2.5. A vizsgálatok során felmerült elméleti kérdések tisztázása

A szakirodalomban időről időre felmerül az a kérdés, hogy vajon az EN és az N1 két független komponens-e. Ennek tisztázására két vizsgálatot végeztünk.

Campbell és munkatársai (2007) kimutatták, hogy az „irreleváns hang” hatás (hangok lista tanulási teljesítményt csökkentő hatása) korrelál az N1 amplitúdójával, de nem függ az EN komponens megjelenésétől. Horváth, Czigler és munkatársai (2008) pedig elkülönítették az akusztikus eltérés nagyságának az EAP válaszra gyakorolt hatásában az N1 növekményből és az EN kiváltásából származó amplitúdó változást. Összegzőképpen tehát eredményeink alátámasztják az N1 és az EN eltérő eredetűre vonatkozó hipotézist.

Végül, saját cikkben (Winkler, 2007) adtuk meg az EN értelmezésének egy új korszerű változatát, amely figyelembe veszi az elmúlt években kapott új saját és más kutatóktól származó eredményeket. Az új értelmezés szerint az EN akkor váltódik ki, amikor a beérkező hangok eltérnek a hallórendszer által bejósolt hangeseményektől. Az új értelmezés szerint az EN fontos szerepet tölt be a hangforrások szétválasztásában: a szétválasztás alapját képező detektált szabályosságokat adaptálja a külvilágból érkező aktuális információkhoz.

3. Összefoglalás és a további kutatás lehetséges irányai

A pályázat során valamennyi a pályázatban megadott témában eredményes vizsgálatokat folytattunk, melyek többsége mára a tudományterület elfogadott nemzetközi szakfolyóirataiban megjelent és remélhető, hogy a jelenleg még bírálati szakaszban lévő cikkek is hamarosan meg fognak jelenni.

Az elért eredmények természetesen újabb kérdéseket vetnek fel, melyeket a közeljövőben kívánunk megválaszolni. Egy lehetséges kutatási irány a szenzoros predikció és a figyelem interakciójának vizsgálata komplex ingerkonfigurációk feldolgozásában (a mindennapi észlelésben). A kutatási irány alapgondolata, hogy a mindennapi észlelésben tipikusan egyszerre több inger ér bennünket, mint amennyit képesek vagyunk feldolgozni. Mind a predikció, mind pedig a figyelem olyan mechanizmusok, amelyek képesek csökkenteni a hatékony feldolgozáshoz szükséges kapacitás mennyiségét. Érdeemes lenne tehát megvizsgálni, hogyan működik együtt ez a két mechanizmus a mindennapi észlelés során.