



**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Pszichológia Doktori Iskola – Kognitív Tudomány**

**Füzesiné Hudák Mariann**

**LÁTÁSI ALAPFOLYAMATOK MEGÉRTÉSE VIZUÁLIS  
ILLÚZIÓKON KERESZTÜL  
(UNDERSTANDING BASIC VISUAL MECHANISMS THROUGH VISUAL ILLUSIONS)**

**PhD Tézisfüzet**

**Témavezető: Dr. Kovács Ilona**

**Budapest, 2013**

## Előzmények és célkitűzések

A vizuális illúziók árulkodnak a humán látórendszer információfeldolgozásának belső folyamatairól. Vizuális rendszerünknek egyetlen kapcsolata a fizikai külvilággal a retinánkra eső fényeloszlás, ebből mégis háromdimenziós, színes modellt épít fel, amely lehetővé teszi a vizuális térben való tájékozódást, cselekvést. Eközben mégis mintegy hibákat vét látórendszerünk: percepciónk gyakran eltér a fizikai fényeloszlástól. Munkám során ezeknek a hibázásoknak, a vizuális illúzióknak szisztematikus vizsgálatával szándékozom feltárni a látórendszeri alpműködések fontosabb tulajdonságait. Ezen hibázások törvényszerűségeiből ugyanis következtethetünk az észlelés működési módjára, miáltal a fiziológiai kísérletek alternatívájaként, pszichofizikailag mérhető jelenségek szabályszerűségeinek feltárásával és modellezésével nyerhetünk betekintést a látórendszer működésébe. Kutatásom célja a világosság-és színészlelés, valamint a binokuláris látás szabályszerűségeinek kutatása illúziókkal végzett pszichofizikai kísérletek segítségével.

A világosságillúziók közös jellegzetessége, hogy az észlelt világosságviszonyok eltérnek a fizikai fényintenzitás-viszonyoktól. A világosságillúziók kontraszt illetve asszimilációs jelenségekre oszthatók. Kontraszt jelenségek esetében a világos környezetbe helyezett terület látszólag besötétedik, míg a sötét környezettel körülvett, fizikailag azonos intenzitású terület kivilágosodik. Az asszimiláció ezeknek ellenkezője: itt a középszürke terület világosabbnak látszik, ha környezete is világos, és sötétebbnek, ha környezete sötét.

Az asszimilációs és kontraszt jelenségeknek máig nincsen egységes modelljük. A kontraszt jelenségeket tradicionálisan a laterális gátlás elvével magyarázzák. Eszerint egy kis retinális területen belül (receptív mező) a szélen lévő világos részek gátolnak, a középén lévők pedig serkentenek (Baumgartner, 1960). Viszont az asszimilációs jelenségekre ez nem alkalmazható, mert ez az elv ezeknél pont az ellenkezőjét jósolja annak, amit látunk. A mai alacsony szintű modellek (itt a látási feldolgozási folyamat korai, retinához még közel eső szintjéről van szó) egy jelentős része ma is a laterális gátlás elvére alapoz (pl. Dakin és Bex, 2003), melyet némely elméletben irány szelektivitással is kiegészítettek (Blakeslee és McCourt, 2004). Ezek a laterális gátlás alapú konvolúciós modellek a kép minden pontját az adott pont szűk környezetének adott módon súlyozott intenzitás-átlagával helyettesítik, különféle méretű receptív mezők számítógépes implementációinak használatával. Ezzel szemben a középszintű modellek (alacsony szintnél magasabb, de még nem tudatos szint) csoportosítási tényezők szerepét hangsúlyozzák (pl. Gilchrist, 2006), továbbá az egyes képtartományok értelmezését áttetsző felületként (pl. Adelson, 1993) vagy árnyékként (Logvinenko, 1999). Értekezésem bevezetőjében illúziók új variánsait is bemutatom, melyek kihívást jelentenek mind ezen alacsony szintű, mind a középszintű magyarázatok számára. Ezáltal rámutatok arra is, hogy egyik jelenlegi modell sem tekinthető a világosságillúziók átfogó modelljének, s ezáltal valós képek világosságpercepciójának sem lehetnek ezek egységes elméletei.

Értekezésem első tézispontjának témája a klasszikus laterális gátlás alapú magyarázat cáfolata azon két illúzió variánsai segítségével, melyeket a tankönyvek hagyományosan éppen a laterális gátlás működési elvének bemutatására használnak (Valberg, 2005; Blake és

Sekuler, 2006; Snowden, Thompson és Troscianko, 2006; Goldstein, 2009). Ezek a Hermann rács illúzió (Hermann, 1870) és a Chevreul illúzió (Chevreul, 1839).

Baumgartner (1960) a Hermann rács illúzióra adott klasszikussá vált magyarázatában kiemel egy olyan retinális receptív mezőt, ami éppen a Hermann rács egy utcájára vetül, és egy másikat, amely egy kereszteződésre (ld. pl. a 3.a. ábrát az I. Publikációban). Így a kereszteződésre vetülő receptív mező gátló perifériáját kétszer annyi fehér inger éri, mint az utcára vetülő receptív mező gátló perifériáját. Baumgartner magyarázata szerint tehát az a retinális ganglionsejt, amelynek receptív mezője a kereszteződésre esik, kisebb választ fog adni, mivel kétszer annyi gátló ingert kap, mint a másik. A kisebb válasz pedig sötét foltban nyilvánul meg a percepcióban, minden egyes kereszteződésben.

A magyarázat hasonló a Chevreul illúzió esetén is: azok a receptív mezők, amelyek az egyes lépcsőfokok világosabb lépcsőfokkal szomszédos oldalára esnek, több gátlást kapnak, mint amelyek egy sötétebb lépcsőfokkal határos oldalra vetülnek. Ezáltal minden egyes lépcsőfok azon oldala, amely egy világosabb lépcsőfokkal határos, sötétebbnek fog látszani, mint az az oldal, amely a sötétebbik szomszéd mellett helyezkedik el (részleteket ld. a II. Publikációban). A Chevreul illúzió is a Baumgartner modell egy világos szemléltető példaként került be a tankönyvekbe, melyek vizuális tudósok generációinak gondolkodásmódját alapozzák meg.

A Baumgartner-féle magyarázat nem tudja kezelni saját módosított változatainkat, sem a Hermann rácsból, sem a Chevreul illúzióból, noha a laterális gátlás magyarázatának feltételei nem változtak meg ábráinkon. Illúzióvariánsaink szintén kihívást jelentenek a fent említett mai laterális gátlás alapú, több téri skálát is használó konvolúciós modellek különféle változatainak.

Értekezésem második tézisének témája ugyanezen klasszikus illúziók módosításaihoz kapcsolódik. E módosítások segítségével megkíséreltünk egy egységes magyarázóelvet találni mind a klasszikus, mind azok általunk előállított új változatainak megragadása céljából. Értekezésem során a kitöltési modellek mellett érvelek (pl. Cohen és Grossberg, 1984; Geier, 2009), melynek során nemcsak a világosságészlelés területéről sorakoztatok fel bizonyítékokat, hanem a dinamikus illúziók és utóképek területeiről is. Az ilyen modellek központi gondolata, hogy az élek alapvető szerepet játszanak a világosságészlelésben, mivel az általuk közrezárt képterületeket a belőlük induló és terjedő jelek töltik ki. Ezen modellek számítógépes szimulációinak output képe, melyet az inputkép élstruktúrája alapján reprodukálnak, megfelel az emberek által észlelt fényintenzitás-mintázatnak.

Egy ilyen modellel szemben azonban jogos követelmény, hogy fix paraméterek mellett jósolja be perceptuális jelenségek széles skáláját. Az egységes paraméterbeállítás elméleti megfontolásból kulcskérdés, hiszen a jelenségek szintjén látszólag ellentétes hatások nyilvánulnak meg (hol a világos, hol a sötét területtel körülvett képtartomány látszik világosabbnak, és máig nem tisztázott, pontosan mely körülmények között áll elő egyik vagy másik eset (Gilchrist, 2006)). Mégsem feltételezhetjük azonban, hogy az idegrendszer, felismerve egyik vagy másik képet, átkapcsol egyik működési módból a másikba, ahhoz idomulva, hogy asszimilációs vagy kontraszt jelenséget lát-e éppen, vagy esetleg természetes képet.

Még ha sikerül is létrehozni egy olyan modellt, amely egységesen képes magyarázni a világosságészlelési hibázások mintázatát, felmerül a kérdés, hogy hogyan tudjuk megmagyarázni a színészlelési jelenségeket. Geier (2009) aktivációterjedéses kitöltési modelljét megkíséreltük kiterjeszteni színes jelenségekre is (Hudák and Geier, 2007).

Eleddig csak statikus jelenségeket említettünk. Ezen jelenségek segíthetnek feltárni a látórendszer szín-és világosság-szignáljainak téri integrációját. A természetes ingerek azonban időben állandóan változnak. Ezért harmadik témám a vizuális ingerek változásának idői integrációja.

Bizonyos körülmények között még statikus képek is gyors illuzórikus változásokat indukálnak szemmozgások során. Ilyen például a villogó rács illúzió (Bergen, 1985; Schrauf, Lingelbach, & Wist, 1997), vagy az Akiyoshi Kitaoka által tervezett illuzórikusan forgó és mozgó mintázatok (pl. Kitaoka és Ashida, 2003). A lehető legstatikusabb kép, ami előállítható, és mégis a változás látszatát kelti, a stabilizált retinakép. Normál körülmények között a szemek állandó tremorban vannak, még merev fixáció alatt is, így a retinakép mindig mozog egy kissé a retinához viszonyítva. A retinális stabilizáció megakadályozza ezt az állandó mozgást, amely azt eredményezi, hogy a képet 1-10 másodpercig még tisztán és élesen látjuk, ezután viszont teljesen elhalványul, eltűnik (Yarbus, 1967; Ditchburn, 1973; Cornsweet, 1974). Ez azt bizonyítja, hogy a látás szükséges előfeltétele, hogy legyen idői változás bizonyos retinális pontokon.

A látvány eltűnése világosan rámutat az élek szerepére a percepcióban, amely a kitöltési modellek mellett szól. Ha egy kép nagy homogén területeket tartalmaz, ezen homogén területek színét és világosságát is észleljük, noha az ilyen területekre vetülő retinapontokon nem történik változás a szem tremorja következtében sem. A szem tremorja csak az élek környékén okoz idői változást ezeken a képeken, ami azt bizonyítja, hogy a nagy homogén területek világossága és színe csakis az élekből terjedhet (Cornsweet, 1974). A fent említett, statikus képek által kiváltott jelenségeknek, mint a villogó rács illúzió és Kitaoka illúziói, egy hipotetikus magyarázata is azzal lehet összefüggésben, hogy ezen képeken sűrűn helyezkednek el erős élek, és szemmozgásoknál ezek hirtelen erőteljes lokális változásokat váltanak ki, melyek megzavarhatják az ezen élekből kiinduló kitöltési folyamatot.

A vizuális utóképek szintén a dinamikus illúzióknak egy csoportjának tekinthetőek, mivel az utókép észlelésekor fizikailag nincsen jelen az inger. Ezt a jelenséget idegi adaptációs folyamatoknak tulajdonítják. Viszont egy friss, az adaptációs kutatásokat összefoglaló tanulmány szerint az adaptáció definíciója máig nem tisztázott (Webster, 2011). Néhány ismert utókép szintén az élek szerepét mutatja a világosság-és színészlelésben (pl. Vergeer, Van Lier and Anstis, 2009; Anstis, 2013; vagy a McCollough hatás, melyet pl. Barlow, 1990 ismertet).

Az itt említett hatások esetén olyan téri támpontok, mint például a határélek formája vagy irányultsága segítették a szín-és világosság-szignálok idői integrációját. Felmerül viszont a kérdés, hogy a látórendszer véghezviszi-e ezt az idői integrációt ezen kiugró támpontok nélkül is. Ezt a kérdést kivehetetlen formák utóképeinek vizsgálatával próbáltuk megválaszolni, melyhez random módon villogó négyzeteket használtunk ingerként, értelmes formákat kiváltva utóképként (III. Publikáció).

A fent említett jelenségek egy szemmel is működnek. Rendszerszintű megértéshez azonban szükség van a kétszemes látás vizsgálatára is. A kétszemes –vagy sztereólátást szintén lehet olyan ingerekkel provokálni, amelyek esetén az észlelet el fog térni a fizikailag jelen lévő ingertől. Egy ilyen binokuláris illúzió például a Random Pont Sztereogram (Julesz, 1971/2006). Noha kétdimenziós, random módon elhelyezkedő fekete-fehér pontok halmazából álló képeket mutatunk külön-külön a két szemnek, egy 3-D formát észlelünk, mely a háttér előtt lebeg. Ez a forma fizikailag nincs jelen, a látórendszer építi fel kizárólag a binokuláris diszparitásra támaszkodva. Ez a jelenség bizonyította, hogy a sztereólátáshoz nem szükséges az előzetes alakfelismerés.

Annak tanulmányozása is érdekes lehet azonban, hogy mi történik akkor, ha két teljesen különböző képet mutatunk a két szemnek. Meglepő módon ekkor nem átlagolódik össze a két kép, hanem a két statikus kép helyett egy dinamikus változó mozaikját látjuk a kettőnek, vagy pedig állandóan, spontán módon váltakozva hol az egyiket, hol pedig a másikat látjuk. E binokuláris illúzió, a binokuláris rivalizáció dinamikájának vizsgálata fontos tényeket árulhat el a binokuláris látásról. Például széles körben elfogadott volt az a nézet, miszerint binokuláris rivalizáció alatt a két szem két képe alacsony szinten verseng egymással (pl. Blake, 1989). Viszont Kovács, Papathomas, Yang és Fehér (1996) kétségbe vonták ezt a nézetet. Patchwork ingerekkel végzett kísérletei eredményeik arra utalnak, hogy a képtartományok értelmes csoportosítása szerepet játszik a binokuláris rivalizációban, és nem csupán alacsony szintű gátlási folyamatokról van szó. Saját, fiatal felnőtteken és gyerekeken végzett binokuláris rivalizációs kísérleti eredményeinket Pastukhov és Braun (2011) elméleti keretében értelmezzük (IV. Publikáció). Ezen elmélet neurális adaptációt tételez fel a képek váltakozása mögött, melyet a szerzők más bistabil perceptuális jelenségekre is alkalmaznak, mint például kétértelmű ábrákra.

Az eddig említett szakirodalmi adatok és saját kutatásaim fényében a következő állításokat fogom megvitatni értekezésemben és a kapcsolódó publikációkban:

- 1. A klasszikus világosságillúziók módosított változatai azt mutatják, hogy az általánosan elfogadott laterális gátláson alapuló magyarázóelvetek el kell vetni.*
- 2. Egy átfogó elmélet felé: a világosságillúziók azt mutatják, hogy a fényerőeloszlás téri változásait egy kitöltési mechanizmus integrálja, amelyben az élek kritikus szerepet játszanak.*
- 3. A dinamikus illúziók és utóképek azt demonstrálják, hogy a vizuális rendszer időben is integrálja a változásokat, olyan téri támpontok nélkül is, mint a forma.*
- 4. Egy kétszemes illúzió: a binokuláris rivalizáció jelenségének vizsgálata arra utal, hogy a vizuális rendszer az olyan csupán perceptuális idői változásokat is képes integrálni, melyek a fizikai inger megváltozása nélkül jönnek létre. Ezen integráció változásokon megy át az egyedfejlődés során.*

## Új tudományos eredmények<sup>1</sup>

### 1. Tézis

*A klasszikus világosságillúziók módosított változatai azt mutatják, hogy az általánosan elfogadott laterális gátláson alapuló magyarázóelveket el kell vetni.*

a.) Az I. Publikációban közzétett kísérletünkben meggörbítettük a Hermann rács utcáit, amely megszüntette az illuzórikus foltokat. Ha a foltok oka valóban a nagyobb arányú laterális gátlás lenne a kereszteződésre eső receptív mezőkben, akkor továbbra is észlelnünk kellene a foltokat a görbített rácsokban is, mivel a receptív mezők ingerlésének aránya az utcákra és a keresztezésekre eső receptív mezőkben változatlan. Azonban mégsem észlelünk foltokat a görbített rácsokban.

Ezért a Baumgartner modell, mely csupán a keresztezésekre és az utcákra eső receptív mezők perifériájának eltérő arányú ingerlésére alapoz, nem tartható fenn. Az a tény, hogy a görbítés megszünteti az illúziót, a klasszikus magyarázat elvetését, valamint egy új magyarázat kidolgozását kívánja.

b.) A II. Publikációban a Chevreul illúzió módosítását közöltük, amelynek során egy luminancia rámpaháttérbe helyeztük a lépcsősort, úgy, hogy az fizikailag nem módosult. Ez a módosítás jelentősen befolyásolta az illúziót: amikor a rámpa és a lépcsősor iránya megegyezett, akkor az illúzió felerősödött, amikor ellentétes volt az irányuk, akkor pedig jelentősen gyengült vagy meg is szűnt. Az illuzórikus változás egyformán erős a lépcsősor teljes magasságában. Más szóval a változás nem korlátozódik a lépcsősor és a háttérrámpa közvetlen határterületére. Ez akkor is így van, ha a lépcsősor középvonala már kifejezetten távolra esik a háttérrámpa és a lépcsősor határától, és kitartóan a lépcsősor középvonalára fixálunk.

A rámpahatás elméleti jelentősége abban áll, hogy kihívást jelent az általánosan elfogadott laterális gátlás alapú magyarázat számára. A lépcsősor fehér háttérének luminanciarámpára való lecserélése ugyanis csak a lépcsősoron *kívüli* képterületen okozott fizikai változást. A klasszikus magyarázat azonban csak a lépcsősoron *belüli* luminanciaviszonyokra alapoz. Ha tehát a klasszikus laterális gátlás alapú magyarázat fenntartható lenne a Chevreul illúzió vonatkozásában, akkor a lépcsősoron belüli perceptuális élményt nem befolyásolhatta volna a háttérrámpa. A klasszikus magyarázat a legjobb esetben is csak a lépcsősor határelei közvetlen közelében fellépő változást magyarázhatná. Viszont az a tény, hogy illúzió a lépcsősor teljes magasságában megváltozott, ellentmond a magyarázatnak. Következtetésünk szerint tehát a laterális gátlás elve nem tartható fenn magyarázatképpen a rámpahatásra.

Feltételezhető lehetne viszont, hogy a több téri skálát is használó modellek nagy szűrőit (a McCourt és Blakeslee ODOG modelljének legnagyobb szűrője 36 fok a perifériával együtt) befolyásolja a háttérrámpa, és ezáltal helyesen változást jósolnak a lépcső teljes magasságában. Azonban az ilyen modelleknek gondot okoznak dupla rámpás változataink. A nagy rámpaháttér és a lépcsősor határára helyeztünk egy, a nagy rámpával ellentétes irányú

---

<sup>1</sup> Ezen alfejezet egyes szövegrészeinek angol változatát könyvfejezetben publikáljuk (Geier és Hudák, megjelenés alatt).

egészen vékony belső rámpát. A perceptuális élményben a keskeny belső rámpa dominál a nagy területű külső rámpa felett. A nagy receptív mezőket is használó konvolúciós modellek ekkor a külső rámpa hatását jósolják a lépcső belsejében, mivel ezek a nagy szűrők jelentős területen érnek át a külső rámpába, a keskeny belső rámpa ehhez képest elhanyagolhatóan kis arányban érinti őket. Ez ellentmond a humán percepciónak. Kizárólag kis receptív mezőket használva viszont nem juthat el a rámpa hatása a lépcsősor belsőbb területeire, így oda semmilyen rámpahatást nem fognak jósolni.

Következésképpen levonhatjuk, hogy a laterális gátlás alapú modellek nem tudják bejósolni a rámpahatást, mivel sem a nagy, sem a kis receptív mezők nem képesek kezelni ezen perceptuális változásokat, tekintet nélkül arra, hogy ezek körszimmetrikusak, vagy irányérzékenyek.

## **2. Tézis**

***Egy átfogó elmélet felé: a világosságillúziók azt mutatják, hogy a fényerőeloszlás téri változásait egy kitöltési mechanizmus integrálja, amelyben az élek kritikus szerepet játszanak.***

a.) Egy egységes modell kidolgozásának céljából a Hermann rács illúzió létrejöttének szükséges és elégséges feltételeit kerestük. E célból a szinuszos görbítésen kívül további változatokat is bevezettünk.

Pszichofizikai kísérletünket egy általunk bevezetett mérőszámra, a torzítástoleranciára alapoztuk (I. Publikáció). A torzítástoleranciát úgy definiáljuk, mint a görbítés azon amplitúdóját, amelynél az illuzórikus foltok éppen megszűnnek az adott kísérleti személy számára. Célunk az volt, hogy empirikus adatok segítségével feltárjuk, mely paraméterek függvénye a torzítástolerancia.

Kísérleti eredményeink azt mutatják, hogy nagyobb mértékű torzítás szükséges, ha a Hermann rács utcáinak egyik oldala egyenes marad. Erre alapozott következtetésünk szerint a Hermann rács illúzió jelenségének oka az utcák fekete-fehér éleinek egyenessége.

A foltok jelenlétére az egyenes rácsban és hiányára a görbítettben egy aktivitásterjedésen alapuló diffúziós kitöltési modellt javasolunk, amelyben az élek egyenessége kritikus szerepet játszik. Az I. Publikációban megadtuk e modell kvalitatív leírását is.

b.) Ha szeretnénk egy egységes magyarázóelvet keresni a Chevreul illúzióra és annak rámpás változataira, akkor meg kell állapítanunk, hogy a lépcsősor rámpaháttérbe helyezésével nemcsak a háttérterület változott meg fizikailag, hanem a lépcsősor határélei is. Annak érdekében, hogy eldöntsük, melyik játssza ezek közül a fontosabb szerepet az illúzió megváltozásában, egy keskeny, az eredetivel ellentétes irányú belső rámpát helyeztünk közvetlenül a lépcsősor határéleinek közelébe (II. Publikáció).

E módosításnak eredménye az volt, hogy noha a keskeny belső rámpa területe elhanyagolható a nagy külső rámpához képest, a perceptuális élményt a belső rámpa iránya határozza meg. Ha a belső rámpát egy homogén fehér területre cseréljük, a rámpahatás megszűnik, vagyis a külső rámpa semmilyen hatást nem fejt ki.

Ez az eredmény amellezt szól, hogy a perceptuális élményt a lépcsősor alsó és felső határéle határozza meg, és nem pedig a háttérrámpák területe, hiszen egy fél fok szélességű rámpaháttér hatása dominál a nála jelentősen nagyobb területű külső rámpa hatása felett. Ebből arra következtetünk, hogy a perceptuális élményt az élek határozzák meg, és hosszútávú interakciókat kell feltételeznünk a határélek és az általuk közrezárt területek között.

A Hermann rács és a Chevreul illúziók módosításainak elméleti vonatkozásai tehát nagyban átfednek mind a hagyományos magyarázat cáfolatának, mind pedig az élek kitöltésben játszott szerepének tekintetében, ami egy új, egységes modell alapja lehet.

### **3. Tézis**

***A dinamikus illúziók és utóképek azt demonstrálják, hogy a vizuális rendszer időben is integrálja a változásokat, olyan téri támpontok nélkül is, mint a forma.***

Az idői integrációnak is vizsgáltuk egy aspektusát egy újfajta utókép segítségével. A vizsgálati személyeknek (n=130) egy olyan mozgóképet vetítettünk, amelyen 45 másodpercen keresztül random módon villogó színes vagy fekete-fehér négyzetek látszódtak. A villogásba egy nyomtatott nagybetű képét rejtettük úgy, hogy egy rejtett eltolódás volt a zöld (vagy a fekete-fehér verzióban a fehér) felé a nagybetű területén. Így, noha a személyek csak véletlenszerűen villogó négyzeteket észleltek, a villogás megszűnésével a fehér háttéren előtűnő nagybetű bíborvörös utóképéről számoltak be (akromatikus változatban pedig fekete utóképről), helyesen nevezve meg a betűt. Ez az eredmény azt demonstrálja, hogy a vizuális rendszer időben integrálja a váltakozó színeket és tárolja őket. Egyfajta adaptáció megy végbe minden retinális ponton az ottani ingerlés idői átlagára, ami egy felismerhető, értelmes forma utóképét eredményezi, noha semmilyen értelmes forma nem volt kivehető az adaptációs periódus alatt.

### **4. Tézis**

***Egy kétszemes illúzió: a binokuláris rivalizáció jelenségének vizsgálata arra utal, hogy a vizuális rendszer az olyan csupán perceptuális idői változásokat is képes integrálni, melyek a fizikai inger megváltozása nélkül jönnek létre. Ezen integráció változásokon megy át az egyedfejlődés során.***

A látórendszer nemcsak a fizikai változásokat képes időben integrálni, hanem a csupán perceptuális, illuzórikus változásokat is. Ez binokuláris rivalizációval jól demonstrálható, amelyben a két szemet két különböző statikus kép ingerli, ehelyett mégis a két kép dinamikusan változó mozaikját látjuk, vagy a két kép állandó, spontán váltakozását.

Ezt a binokuláris illúziót egy nemzetközi együttműködésben kifejlesztett paradigmában vizsgáltuk pszichofizikai kísérleteink során (IV. Publikáció). Arra kértük vizsgálati személyeinket, hogy egy joystickkal mindig abba az irányba mutassanak, amelyik kép éppen dominál a percepciójukban. Eközben a számítógép rögzítette válaszaikat. Ezáltal a jelenség mögött meghúzódó adaptációs hatásokat és annak dinamikáját tudtuk vizsgálni.

9 és 12 évesek valamint fiatal felnőttek csoportján végeztük el a vizsgálatot (IV. Publikáció). Eredményeinket Pastukhov és Braun (2011) elméleti keretében értelmeztük,



mely szerint a vizuális rendszer időben integrálja az egyes észleletek dominanciaidejét, amely befolyásolja a további dominanciaidőket. Így a modell leír egy bizonyos típusú, a bistabil percepcióban szerepet játszó neurális adaptációt, amelyet a mi eredményeink is megerősíteni látszanak. Azt találtuk továbbá, hogy szignifikáns fejlődési különbségek mutathatóak ki ezen adaptációban: a gyerekek gyorsabban alternáltak és adaptálódtak, mint a felnőttek. A fejlődési görbe viszont még nem teljes, serdülők vizsgálata e kérdésben előremutató lenne.

## Összegzés és kitekintés

A klasszikus laterális gátlás alapú modellt cáfoló eredményeink már most nemzetközi elismerést váltottak ki (Anstis 2006, Bach & Poloschek, 2006; Hoffman, 2008; Howe & Livingstone, 2007; Lingelbach & Ehrenstein, 2004; Schiller & Carvey, 2005). Geier (2009) kitöltéses modelljét szeretnénk úgy továbbfejleszteni, hogy minden ismert világosságészlelési jelenséget képes legyen modellezni. Az értekezésemben felsorakoztatott bizonyítékok azt mutatják, hogy a kitöltési modell típus az, ami a legalkalmasabb a világosságészlelés lényegének megragadására, viszont a konvolúciós modelleknek jelentős nehézségekkel kell szembenéznük. Az eddig létező modellek a világosságészlelési jelenségek csak egy kisebb hányadát tudják kezelni, és még nem terjesztették ki őket színészlelési jelenségekre. További célunk kiegészíteni színes modellünket úgy, hogy színészlelési jelenségek még szélesebb körét tudja bejósolni, ami által közelebb kerülhetünk a látórendszer színefeldolgozásának megismeréséhez. Egy másik távlati célunk a világosság-és színészlelés, valamint a sztereólátás és a binokuláris rivalizáció egyedfejlődésének vizsgálata. Emellett a dinamikus jelenségek vizsgálatát és azok hasonlóan egzakt komputációs modellbe foglalását is további célunknak tartjuk.

## A tézispontokhoz kapcsolódó saját publikációk

### I. Tézis

Geier J., Bernáth L., Hudák M., Séra L. (2008). Straightness as the main factor of the Hermann grid illusion. *Perception*, 37(5), 651 – 665. ([I. Publikáció](#))

Geier J., Hudák M. (2011). Changing the Chevreul Illusion by a Background Luminance Ramp: Lateral Inhibition Fails at Its Traditional Stronghold - A Psychophysical Refutation. *PLoS ONE*, 6(10), e26062. doi:10.1371/journal.pone.0026062 ([II. Publikáció](#).)

Geier J., & Hudák, M. (megjelenés alatt). The curved grid non-illusions: eliminating Hermann's spots and Lingelbach's scintillation. In: Todorovic, D. and Shapiro, A. (eds.). *The Oxford Compendium of visual illusions*. London: Oxford University Press.

Geier J., & Hudák, M. (megjelenés alatt). Changing the Chevreul Illusion by a Background Luminance Ramp. In: Todorovic, D. and Shapiro, A. (eds.). *The Oxford Compendium of visual illusions*. London: Oxford University Press.

Geier J., Séra L., Bernáth L., Hudák M. (2006). Increasing and decreasing the Chevreul illusion by a background luminance ramp. *Perception*, 35, ECVP Abstract Supplement

## II. Tézis

Geier J., Bernáth L., Hudák M., Séra L. (2008). Straightness as the main factor of the Hermann grid illusion. *Perception*, 37(5), 651 – 665. (I. Publikáció)

Geier J., Hudák M. (2011). Changing the Chevreul Illusion by a Background Luminance Ramp: Lateral Inhibition Fails at Its Traditional Stronghold - A Psychophysical Refutation. *PLoS ONE*, 6(10), e26062. doi:10.1371/journal.pone.0026062 (II. Publikáció)

Geier J., & Hudák, M. (megjelenés alatt). The curved grid non-illusions: eliminating Hermann's spots and Lingelbach's scintillation. In: Todorovic, D. and Shapiro, A. (eds.). *The Oxford Compendium of visual illusions*. London: Oxford University Press.

Geier J., & Hudák, M. (megjelenés alatt). Changing the Chevreul Illusion by a Background Luminance Ramp. In: Todorovic, D. and Shapiro, A. (eds.). *The Oxford Compendium of visual illusions*. London: Oxford University Press.

Hudák M. F. & Geier J. (2007). Modelling with flying colours: The application of the RadGrad model to chromatic Hermann grids. *Perception*, 36, ECVP Abstract Supplement.

Hudák M. & Geier J. (2011). The segmenting effect of diagonal lines in the ramped Chevreul illusion. *Perception*, 40, ECVP Abstract Supplement, 202.

## III. Tézis

Anstis S, Geier J, Hudák M. (2012). Afterimages from unseen stimuli. *i-Perception* 3(8) 499–502. (III. Publikáció.)

Geier J., Séra L. & Hudák M. (2007). Whiter than white, blacker than black-overshot in lightness perception. *Perception*, 36, ECVP Abstract Supplement.

Hudák M, Geier J. & Lingelbach B. (2010). Scintillation in the Spillmann–Levine grid. *Perception*, 39, ECVP Abstract Supplement, 166.

## IV. Tézis.

Hudák M., Gervan P., Friedrich B., Pastukhov A., Braun J., Kovacs I. (2011). Increased readiness for adaptation and faster alternation rates under binocular rivalry in children. *Front. Hum. Neurosci.*, 5:128. doi: 10.3389/fnhum.2011.00128 (IV. Publikáció)

Hudák M., Jakab Z. & Kovács I. (2013). Phenomenal qualities and the development of perceptual integration. In: Albertazzi, L (ed.). *Handbook of experimental phenomenology: visual perception of shape, space and appearance*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd. pp. 145-163.

## Irodalomjegyzék

- Adelson, E. H. (1993). Perceptual organization and the judgment of brightness. *Science*, 262 (5142), 2042–2044.
- Anstis, S. (2006). In honour of Lothar Spillmann - filling-in, wiggly lines, adaptation, and aftereffects. *Prog. Brain Res.*, 155, 93-208.
- Anstis, S. (2013). Contour adaptation. *Journal of Vision*, 13 (2), 25.
- Bach M. & Poloschek, E. (2006), Optical illusions. *Advances in Clinical Neuroscience and Rehabilitation*, 6(2), 20-21.
- Barlow, H. B. (1990). A theory about the functional role and synaptic mechanism of visual aftereffects. In Blakemore, C. (Ed.). *Visual coding and efficiency*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, pp. 363–375.
- Baumgartner, G. (1960). Indirekte Größenbestimmung der rezeptiven Felder der Retina beim Menschen mittels der Hermannschen Gittertauschung. *Pflugers Archiv für die gesamte Physiologie*, 272, 21-22.
- Bergen, J. R. (1985). Hermann's grid: new and improved (abstract). *Investigative Ophthalmology and Visual Science, Supplement* 26, 280.
- Blake R. (1989). A neural theory of binocular rivalry. *Psychol. Rev.*, 96, 145–167.
- Blake, R. & Sekuler, R. (2006). *Perception*. Boston: McGraw-Hill.
- Blakeslee, B. & McCourt, M.E (2004) A unified theory of brightness contrast and assimilation incorporating oriented multiscale spatial filtering and contrast normalization. *Vision Research*, 44, 2483–2503.
- Chevreul, M. E. (1839). *De la loi du contraste simultané des couleurs et de l'assortiment des objets colorés*. - translated into English by Charles Martel as *The principles of harmony and contrast of colours* (1854)
- Cohen, M.A. & Grossberg S. (1984). Neural dynamics of brightness perception: features, boundaries, diffusion, and resonance. *Perception and Psychophysics*, 36, 428-456.
- Cornsweet, T. (1974) *Visual Perception*. New York: Academic Press.
- Dakin, S. C. & Bex, P. J. (2003). Natural image statistics mediate brightness 'filling in'. *Proc. R. Soc. Lond.*, 270, 2341–2348.
- Ditchburn, R. W. (1973). *Eye movements and visual perception*. London: Oxford University Press
- Geier J. (2009). A diffusion based computational model and computer simulation for the lightness illusions. *Perception*, 38, *ECVP Abstract Supplement*, 95.

- Gilchrist A. (2006). *Seeing Black and White*. Oxford: Oxford University Press.
- Goldstein, E. B. (2009). *Sensation and perception*. Belmont: Wadsworth Cengage Learning.
- Hermann L (1870) Eine Erscheinung simultanen Contrastes. *Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie*, 3, 13–15.
- Hoffmann, K. P. (2008), Faculty of 1000 Biology, 5 Aug 2008  
Link: <http://www.f1000biology.com/article/id/1118826/evaluation>
- Howe, P.,D.,L. & Livingstone, M. S. (2007). The use of the cancellation technique to quantify the Hermann grid illusion. *PLoS ONE* 2(2) e265.
- Hudák M. F. & Geier J. (2007). Modelling with flying colours: The application of the RadGrad model to chromatic Hermann grids. *Perception*, 36, *ECVP Abstract Supplement*.
- Julesz B. (1971/2006). *Foundations of Cyclopean Perception*. University Of Chicago Press/MIT Press
- Kitaoka A, & Ashida H. (2003). Phenomenal characteristics of the peripheral drift illusion. *Vision*, 15, 261–262.
- Kovács, I., Papathomas, T., Yang, M. & Fehér Á. (1996). When the brain changes its mind: interocular grouping during binocular rivalry. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93, 15508–15511.
- Lingelbach, B. and Ehrenstein, W. (2004), Neue sinusförmige Variante des Hermann-Gitters. *Optikum*, December 14, 2004  
Link: <http://www.optikum.at/modules.php?name=News&file=print&sid=319>
- Logvinenko, A. (1999). Lightness induction revisited. *Perception* 28, 803–816.
- Pastukhov, A. & Braun, J. (2011). Cumulative history quantifies the role of neural adaptation in multi-stable perception. *Journal of Vision*, 11(10), 12.
- Schiller P H, Carvey C. E. (2005). The Hermann grid illusion revisited. *Perception*, (34) 1375- 1397.
- Snowden, R., Thompson, P. & Troscianko, T. (2006): *Basic Vision - an introduction to visual perception*. Oxford: Oxford University Press.
- Valberg, A. (2005). *Light, vision, colour*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Van Lier, R., Vergeer, M. & Anstis, S. (2009), Filling-in afterimage colors between the lines. *Current Biology*, 19 (8), R323-R324.
- Webster, M. A. (2011). Adaptation and visual coding. *Journal of Vision*, 11(5), 3, 1–23.