

Szegedi Tudományegyetem  
Szent-Györgyi Albert Orvostudományi Kar  
Elméleti Orvostudományok Doktori Iskola

**A Vizuális Szóforma Feldolgozás Feltáratlan Aspektusai: Elforgatás és Ékezetek**

PhD Tézis

**Dr. Benyhe András**

Élettani Intézet, Szent-Györgyi Albert Orvostudományi Kar  
Szegedi Tudományegyetem, Szeged

Témavezetők:

**Csibri Péter PhD**

Pszichológia Intézet, Bölcsészettudományi Kar,  
Szegedi Tudományegyetem, Szeged

**Prof. Dr. Sály Gyula PhD**

Élettani Intézet, Szent-Györgyi Albert Orvostudományi Kar  
Szegedi Tudományegyetem, Szeged

Szeged

2023

## Közlemények listája

I. **Benyhe, András**; Csibri, Péter

“Can rotated words be processed automatically? Evidence from rotated repetition priming”

MEMORY & COGNITION, 49: 1163-1171 (2021)

IF: 2.481; SJR indicator (Experimental and Cognitive Psychology): Q1

<https://doi.org/10.3758/s13421-021-01147-4>

II. **Benyhe, András**; Labusch, Melanie; Perea, Manuel

“Just a mark: Diacritic function does not play a role in the early stages of visual word recognition”

PSYCHONOMIC BULLETIN & REVIEW (2023)

IF<sub>2021</sub>: 4.412; SJR indicator (Experimental and Cognitive Psychology): D1

<https://doi.org/10.3758/s13423-022-02244-4>

Kumulatív IF: 6.893

# 1 Bevezetés

Az elmúlt évszázadokban az írás és olvasás az emberi kommunikáció kiemelten fontos módjává vált. Az írás kialakulása óta eltelt idő túl rövidnek tűnik az érdemi biológiai evolúcióhoz, ami azt jelenti, hogy egy ősi, írásbeliség előtti aggyal kell írunk és olvasnunk. Paradox módon, az olvasásspecifikus funkciók a legtöbb embernél mégis ugyanazt a kérgi területet, a bal *gyrus fusiformis*-ban található vizuális szóforma terület (visual word form area, VWFA) foglalják el. Az olvasási rendszer megismerése azt is elősegíti, hogy megértsük, hogyan alakulhatott ki, és hogyan közelíthetjük meg működési hibáit. Dolgozatomban összefoglalom a vizuális szóforma feldolgozással kapcsolatos viselkedéses kutatásaimat, és levonom a következtetéseket az alapját képző idegrendszeri folyamatokra. Két olyan szempontra összpontosítottam, amelyek általában kimaradnak a szóforma feldolgozás fő elméleteiből: az elforgatott szavak és az ékezetes betűk hatásaira.

A gyakorlott olvasók (mint például a dolgozat olvasói) képesek egy pillantással és látszólag könnyedén dekódolni az írott szavakat. A szót alkotó egyes betűk feldolgozása egyszerre, párhuzamosan kell, hogy megtörténjen, amiből az ortográfiai kódot össze lehet állítani, ahhoz, hogy a szó egyetlen pillantás alatt történő azonosítása lehetségessé váljon. Az ehhez hasonló párhuzamos feldolgozás képessége a ventrális vizuális pályában jelen van, és a legelső bizonyítékok is már rámutattak az ehhez tartozó régiók írásban betöltött szerepére. Dejerine esetleírásaiban "szóvakaságot" okozó területeket (a *sulcus occipitotemporalis* és a *gyrus fusiformis*) később a VWFA-ként azonosították, és ennek a ventrális vizuális útvonalba való beilleszkedése kulcsfontosságú az olvasás legelfogadottabb neurális modelljében, a helyi kombinációs detektor (local combination detector, LCD) modellben.

Az LCD modell a vizuális szóforma feldolgozás stabil, hierarchikus elrendezését írja le. A ventrális vizuális pálya mentén megfigyelhető konvergencia mintázatra épül: a helyi, alacsonyabb szintű részletek együttes előfordulása magasabb szintű részletekké kombinálhatók. A V1 orientáció-érzékenységének jól ismert jelenségétől indulva, amely több, egy sorba rendezett pontszerű bemenet összekötéséből jön létre, a gondolatmenetet tovább követhetjük az absztrakt betűreprezentációk kialakulásáig. Az olvasásban az absztrakció egy kiemelt lépés, mivel azonos nevű betűk is sokféle alakúak és méretűek lehetnek, és a neurális erőforrások végeessége miatt ezektől a tulajdonságoktól függetlenül kell őket kódolni. Miután egy szó betűi felismerésre kerülnek, a szóalak-feldolgozó rendszernek dekódolnia kell azok sorrendjét is, mivel ugyanaz a betűhalmaz több szót is alkothat (pl. "dráma" és "madár").

Számos komputációs modellt fejlesztettek ki arra, hogy az agyban történő ortográfiai feldolgozást utánozza. Ideális esetben ezek a modellek meg tudják magyarázni az emberi olvasóknál megfigyelhető jelenségeket, például a szóazonosítást, a szógyakoriság hatást vagy a szófelsőbbtség hatást. A legtöbb korai modell ez utóbbiakra koncentrált, és elhanyagolta a kód nyilvánvaló elmosódottságát, ami a felcserélt betűket tartalmazó szavak olvasásakor figyelhető meg (ezt a hiábs mondataot is valószínűleg könnyen el tudják olvasni). Ha a kód úgy épülne fel, hogy minden betűt fix pozícióhoz rendelünk (pl. *tézi*s = 1:<sup>t</sup> 2:<sup>é</sup> 3:<sup>z</sup> 4:<sup>i</sup> 5:<sup>s</sup>), akkor a *tézi*s és a *tégos* álszavak hasonlóan viselkednének, mivel mindkettő eltér a kódtól a 3. és 4. pozícióban. Az emberi olvasás során azonban azt tapasztaljuk, hogy a betűfelcserélések (*tézi*s) gyakran elkerülik a figyelmet, míg a betűhelyettesítések (*tégos*) könnyen kiszűrhetők. Ezt a jelenséget célozva több modellt is kidolgoztak a betűpozíciók problematikájának feloldására. Ilyen a „Serial Encoding Regulated by Inputs to Oscillations within Letter units” (SERIOL) modell, az „overlap” modell és a „Bayesian reader” modell. Mindegyik más-más elméleti háttérrel magyarázza a betűpozíció kódolásának bizonytalanságát. Fontos, hogy a komputációs modelleket le is lehet tesztelni, mivel a kísérleti adatokkal összevethető, számszerűsíthető predikciókat alkotnak.

A szóolvasásnak van néhány olyan aspektusa is, amelyek a komputációs modellekből többnyire kimaradtak. Az egyik ilyen elem a szóorientáció. Mindennapi életünk során gyakran találkozunk elforgatott szavakkal (pl. a könyvek gerincén). Bár ezek ritkán okoznak észrevehető nehézséget, kísérletileg bizonyított, hogy az elforgatott szavak olvasása komoly késéssel történik meg. A válaszügy megnyúlását általában mentális elforgatással magyarázzák, és az LCD modell azt tételezi fel, hogy a betűdetektorok 45° feletti elforgatás esetén nem képesek megfelelően működni. Ezzel szemben meggyőző eredmények mutatnak arra, hogy a betűfelismerés rendkívül ellenálló a forgatásokkal szemben, így az olvasásban megmutatkozó hátrány a feldolgozás későbbi lépéseiből kell származnia.

Az olvasási modellek másik alulreprezentált területe az ékezetes betűk kérdése. Számos írásrendszer használ olyan mellékjeleket, amelyek kibővítik a latin ábécét. Egyes nyelvek ezeket önálló betűnek tekintik (pl. a magyar é), míg mások az alapbetű módosított változatának tekintik (pl. a spanyol é). Felmerül a kérdés, hogy ezeket a betűket hogyan kódolhatja a VWFA. Van némi szakirodalmi utalás arra, hogy az ékezetes betűk nyelvi funkciója módosítja az ékezetes betűk kódolási módját. Eközben a bayesi olvasási modellek azt állítják, hogy ezek a hatások tisztán a vizuális jellemzők alapján is megmagyarázhatók.

## 2 Célkitűzések

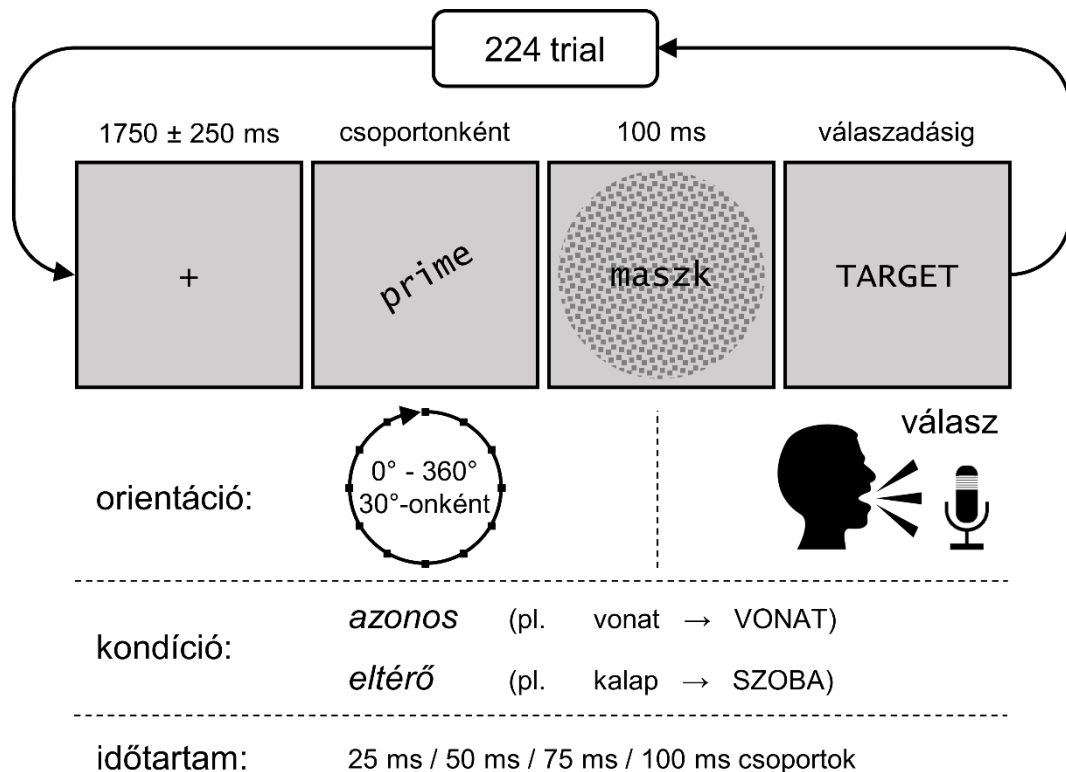
Eddig egyetlen tanulmány sem mutatott be részletes képet az elforgatásnak az automatikus szóforma feldolgozásra gyakorolt hatásáról. Célkitűzésünk egy olyan maszkolt ismétléses előfeszítés (priming) kísérlet elvégzése volt, amely a szóorientáció és az olvashatóság közötti kapcsolatot tárja fel. Ehhez a kísérlet során csak az előfeszítő (prime) stimulusokat forgattuk el, és a célstimulust (target) normális orientációban mutattuk be. Fontosnak tartottuk, hogy a teljes, 360°-os tartományban teszteljünk (szemben a korábbi, csak kisebb tartományra és egy irányra szűkített munkákkal), hogy elkerüljük a forgatási hatások túlzott általánosítását. Mivel az elforgatott ingerek bemutatásakor várhatóan korrekciós kognitív mechanizmusok (pl. mentális forgatás) lépnek működésbe, úgy döntöttünk, hogy több prime bemutatási időtartamot vizsgálunk, és ezáltal a korrekciós mechanizmusok lehetőségét is moduláljuk. A korábbi elméletek és kutatások alapján arra számítottunk, hogy meredek változást találunk az elforgatott priming hatások megjelenésében; az LCD modell előrejelzése szerint a hatás lényegében 45°-os forgatás fölött eltűnik, és ezt a mintázatot nem befolyásolja a priming időtartama. Azt is meg akartuk vizsgálni, hogy az esetleges elforgatott priming hatások magyarázhatók-e kizárólag a megfelelő betűk jelenlétével, a helyes ortográfiai információ nélkül. Ehhez egy második kísérletben megfordítottuk a prime szavak betűsorrendjét.

Az ékezetes betűk kódolásának helyzete még mindig vitatott. Bár széles körben használják őket, a legtöbb olvasáskutatás az angol nyelvű írásra összpontosít, és nem foglalkozik a módosított karakterek mentális reprezentációjával. Mivel számos nyelv különböző okokból használ ékezetes betűket, több nyelv tanulmányozására van szükség ahhoz, hogy egységes képet kapjunk az ékezetes betűk feldolgozásáról. Az eddigi szakirodalom kiegészítéseként a magyar nyelv éles ékezeteinek vizsgálatát tűztük ki célul. A magyar írás kifejezetten alkalmas ennek a kérdésnek a vizsgálatára, mivel a gyakori ékezethasználattal sekély ortográfiával párosul. Az ékezetek jelenlétének vagy hiányának különböző alapbetűkön való variálásával egy priming paradigmában ugyanazon ékezetnek külön nyelvi funkcióit célozhattuk meg. A priming mintázat vagy aszimmetriát mutat, ami a vizuális tényezők elsőbbségét bizonyítja, vagy szimmetrikus lehet, kiemelve a nyelvi szerepek fontosságát. Mivel az "o" és az "ó" (első kísérlet) fonetikai szempontból közelebb áll egymáshoz, mint az "a" és az "á" (második kísérlet), arra számítottunk, hogy ha kimutatható, a nyelvi mintázat az utóbbi esetben hangsúlyosabb lesz.

### 3 Anyagok és módszerek

#### Elforgatott szó priming (Benyhe & Csibri, 2021)

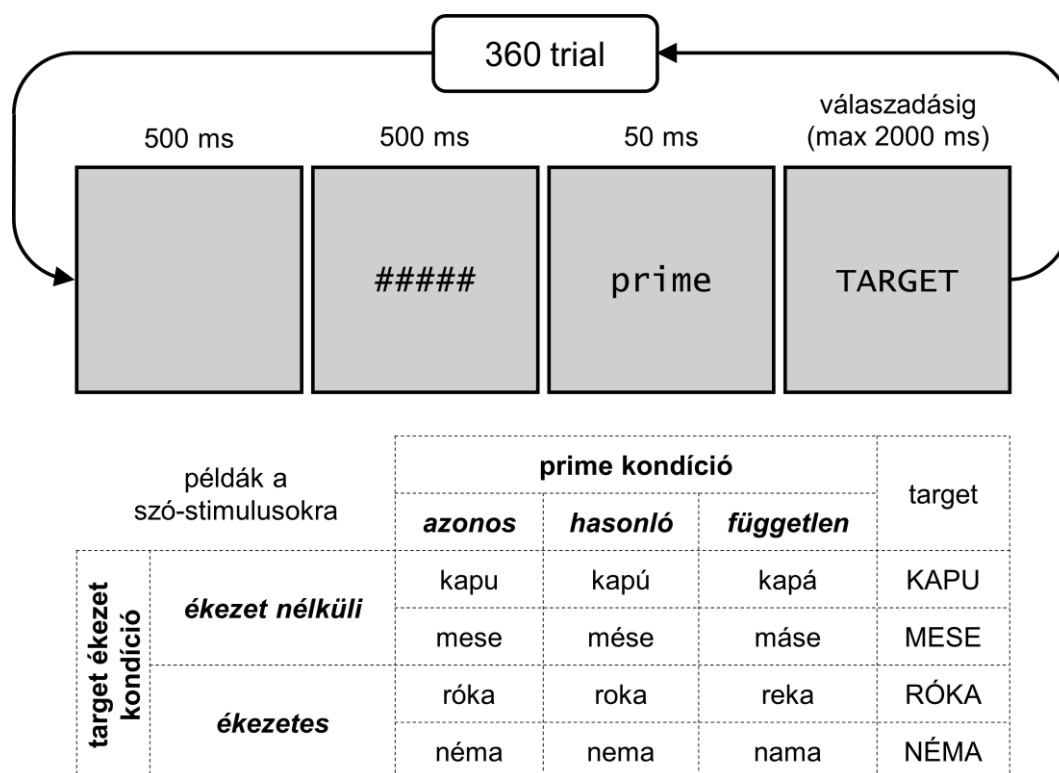
Ebben a paradigmában a maszkolt priming technikát alkalmaztuk utólagos maszkolással, és a válaszadást a target szavak hangos felolvasása képezte (1. Ábra). A prime szavak vagy azonosak, vagy eltérők voltak a targethez képest, és különböző orientációkban jelenhettek meg. Az első kísérletben több prime bemutatási időtartamot alkalmaztunk az orientációs hatás modulálására, a második kísérletben pedig fordított betűsorrenddel mutattuk be a prime szavakat. A két kísérletben ötvenhárom és tizennégy alany vett részt.



**1. Ábra** Az első kísérlet elrendezése. Minden trial egy random időtartamú fixációs kereszttel kezdődik, amit a prime stimulus követ. A prime a tizenkét lehetséges irány egyikében jelenik meg, és kétféle kondícióba tartozhat: az *azonos* prime-ot ugyanaz a szó követi targetként, míg az *eltérő* prime-ot egy attól független target szó követi. A prime időtartama kísérleti csoportonként különbözik. A prime-ot egy kör alakú, szétszórt karakterekből álló maszk követi, ami 100 ms-ra marad a képernyőn, majd felváltja a targetet. A target szóbeli válaszadásig marad fent, és a válaszok később kerülnek validálásra a válaszhelyesség és a pontos reakcióidők megállapításához. A második kísérlet elrendezése az első kísérlet 50 ms-os csoportjával egyezik meg, azzal a különbséggel, hogy a prime szavak fordított betűsorrenddel jelennek meg (pl. egy *azonos* trialben tanov→VONAT).

## Ékezetes priming (Benyhe et al., 2023)

Két maszkolt priming kísérletet állítottunk össze lexikai döntéssel, ahol az éles ékezet két eltérő nyelvi hatását vizsgáltuk (2. Ábra). A magyar magánhangzók rövid és hosszú alakjai többnyire nagyon hasonlóan hangzanak (pl. 'o' /o/ és 'ó' /o:/), de van kivétel, amikor a hangképzés helye is megváltozik (pl. 'a' /a/ és 'á' /a:/). Az első kísérletben az 'o/ó' és 'u/ú' betűkön moduláltuk az ékezet jelenlétét, amivel csak a hangzó hossza változott meg. A második kísérletben az 'a/á' és az 'e/é' betűket manipuláltuk, így itt a hossz mellett a hangzó jellege is megváltozott. Mindkét kísérletbe hetvenkét résztvevőt vontunk be.



**2. Ábra** Kísérleti elrendezés mindkét kísérletben. A feladat lexikai döntés, így a target valódi vagy álszó is lehet. A kiemelt betű alapján a target stimulus két csoportba sorolható: *ékezet nélküli* vagy *ékezetes*. Az első kísérletben a kiemelt betűk az 'o/ó' és az 'u/ú', míg a másodikban az 'a/á' és az 'e/é'. Minden trial 500 ms üres képernyővel kezdődik, amit 500 ms előre maszkolás követ. A maszkot ugyanannyi kettőskereszt szimbólum (#) képezi, mint ahány betűből az azt követő prime és target áll. Ezt követi az 50 ms-ig látható prime stimulus, ami három kondícióhoz tartozhat: az *azonos* prime ugyanaz a szó, mint a target, a *hasonló* prime-ban a kiemelt betűn az ékezet jelenléte megváltozik, míg a *független* prime esetén a betű egy teljesen független mássalhangzó, megváltoztatott ékezet állapottal. A target stimulus a prime-ot követően jelenik meg, és gombnyomásos válaszadásig, vagy legfeljebb 2000 ms-ig a képernyőn marad.

## 4 Eredmények

### Elforgatott szó priming (Benyhe & Csibri, 2021)

Az egyes prime időtartam csoportok reakcióidő adataira külön generalizált lineáris kevert hatás modelleket illesztettünk. Wald-tesztek alapján megállapítottuk, hogy a prime kondíció és orientáció szignifikáns interakcióban áll, így ezek kombinációit többszörös összehasonlítással vizsgáltuk meg. Becsült marginális átlagok alapján minden csoportban találtunk valamilyen fokú pozitív priming hatást. A legrövidebb prime időtartam csak a normális irány körül ( $0^\circ$  és  $-30^\circ$ ) volt hatásos, de a hosszabb prime-okkal ez szélesebb tartományra is kiterjedt (erős hatás  $-60^\circ$  és  $60^\circ$  fok között), és még merőleges irányban is kimutatható volt ( $\pm 90^\circ$ ). Véletlenszerűnek tűnő, de szignifikáns hatások jelentek meg egyes távoli elforgatásokban is (pl. a 75 ms-os csoportban  $-150^\circ$ -nál 30 ms-os hatás).

A második kísérlet megfordított prime szavaival nem tudtunk pozitív priming hatást kiváltani, és a modell sem talált szignifikáns főhatást vagy interakciót. A becsült marginális átlag ugyan jelzett egy kis negatív hatást  $0^\circ$ -nál, de ez a modell hiányosságai miatt megkérdőjelezhető.

### Ékezetes priming (Benyhe et al., 2023)

A kísérletek reakcióidő és válaszhelyesség adataira bayesi kevert hatás modelleket illesztettünk. Az első kísérletben a reakcióidő modell az *azonos* prime előnyét mutatta ki (a *hasonló*hoz képest), mely hatás az ékezet állapotával interakcióban volt, mivel csak az ékezet nélküli targetekre volt hatással (11 ms). A *független* prime-ok ellentétesen hatottak, és hátrányt jelentettek a feldolgozásban (a *hasonló*hoz képest), ami statisztikailag nem különbözött az ékezetes és ékezet nélküli kondíciók közt (20 és 13 ms). A válaszhelyesség modell nem mutatta ki a prime kondíció főhatását, sem annak interakcióját az ékezetekkel.

A második kísérletben (az elsőhöz hasonlóan) az *azonos* kondíció ismét előnyt nyújtott a *hasonló*val szemben, de csak az ékezet nélküli targetek esetén (12 ms). A *független* prime általi hátrány mind az ékezetes és az ékezet nélküli targeteknél megjelent (11 és 16 ms). Az *azonos* prime előnye ezúttal a válaszhelyesség modellben is megjelent, a válaszütemhez hasonló interakciós mintázattal (2.2% ékezet nélküli targetek esetén), a *független* prime-ok hátránya azonban nem volt jelen ebben a modellben.



## 5 Diszkusszió

### Elforgatott szó priming (Benyhe & Csibri, 2021)

Az első kísérletben azt találtuk, hogy a priming hatás erősen függött az orientációtól, ami ellentétben áll azzal, amit egy hasonló priming kísérletben a tárgyfelismeréssel kapcsolatban állapítottak meg. Ez rávilágít az ortográfiai feldolgozás és a tárgyfelismerés elkülönülésére, és azt mutatja, hogy a szóalak feldolgozás során kisebb a transzformációkkal szembeni tolerancia. Az elforgatott priming hatás tartománya nagyjából összhangban van az LCD modell előrejelzéseivel, de egy kicsit szélesebb és fokozatosabb a lecsengése. A hatást mérsékeltén időfüggőnek találtuk, mivel csak a 25 ms-os priming időtartamnál volt szűk az orientációs tartomány, de a hosszabb időtartamok nagyon hasonló priming mintázatot mutattak.

Az elforgatás hatásának magyarázásakor a legtöbb modell azt feltételezi, hogy a késleltetést a mentális rotáció okozza. Kísérleteinkben azonban a prime-target intervallum rövidege és a maszkolás valószínűtlenné teszi az ingerek normalizálására irányuló tudatos erőfeszítéseket. Továbbá, a kísérleti elrendezés kevert jellege (szemben a korábbi kísérletek blokkos elrendezésével) tovább csökkenti annak lehetőségét, hogy a résztvevők előre megsejtsék az orientációt. Véleményünk szerint az orientációs priming mintázat a feldolgozás korai szakaszában könnyen és automatikusan rendelkezésre álló információ mennyiségét tükrözi, nem pedig a szóforma mentális visszafordítására irányuló kognitív erőfeszítést. Így a SERIOL modell magyarázata nem tudja teljesen lefedni a maszkolt priminggel megfigyelt hatásokat.

Az orientációs hatás alternatív magyarázata az lehetne, hogy az agy megpróbálja megtalálni azt a tengelyt, amely mentén a kód létezik. Ez történhet egy figyelmi ablak megnyitásával, a szó határainak pontos meghatározásával, és összetevőinek elemzésével. Normál orientációjú prime-ok esetében, amire a vizuális rendszer fel van készülve, nincs szükség extra erőfeszítésre, így akár nagyon rövid, 25 ms-os időtartam alatt is elegendő ortográfiai információ jut át. A hosszabb prime időtartamok esetén azonban lehetővé válhat egy visszacsatolási ciklus, ami a kód irányával kapcsolatos elvárásokat frissíti. Ennek egyik értelmezése a vonatkoztatási keret frissítése, amelyben az információt kódoljuk. Ez összeegyeztethető azzal a modern elképzeléssel, hogy a VWFA a térbeli figyelem modulátoraként működik.

Mivel a betűfelismerés bizonyítottan ellenáll a szélsőséges elforgatásoknak is, azt várhatnánk, hogy a második kísérletben a priming mintázat a tükörképére fordul (pl. a 180°-os *azonos* kondícióban a prime és a target minden pozíciójában ugyanaz a betű áll). Mivel itt nem

találtunk bizonyítékot primingra, arra következtetünk, hogy az ortográfiai feldolgozás elforgatással szembeni ellenállása akkor a legnagyobb, ha a betű- és szóorientáció megegyezik.

Úgy gondoljuk, hogy az előfeszítetlen paradigmák és a mi eredményeink közötti különbség a szóorientáció okozta hátrányban leginkább bayesi alapon magyarázható. Az elforgatott prime-ban kódolt információ bizonyos mértékig dekódolható, és így a célszó megjelenése előtt már befolyásolja az *a priori* valószínűségeket: ezért van a priming hatás. Egy előfeszítetlen paradigma esetében, ahol maga a célszó van elforgatva, számolnunk kell az evidencia felhalmozódásának sebességével. Azt állítjuk, hogy ezt erősen befolyásolhatja a forgatás: a rövid bemutatás (mint priming során) által elindított kezdeti irány helyes, de a megnevezéshez vagy lexikai döntéshez szükséges bizonyíték csak lassabban halmozódik fel. Ezért még egy 50 ms-os elforgatott prime is gyorsíthatja a target feldolgozását, míg ugyanez a forgatás 50 ms-nál hosszabb késést okozna egy elforgatott target esetén.

### **Ékezetes priming (Benyhe et al., 2023)**

A két kísérlet meglepően hasonló eredményeket hozott. Bár a független prime ékezettől függetlenül mindig rontotta a lexikai döntés sebességét, az *azonos* prime csak az ékezet nélküli targeteknél jelentett előnyt, a mindkét kísérletben. Így például az ékezetes target szó, *RÓKA* az alábbi válaszütem mintázatot adta az egyes prime kondíciókban: *róka*  $\approx$  *roka* < *reka*. Ezzel szemben az ékezet nélküli target *MOZI* eltérő mintázatot mutatott: *mozi* < *mózi* < *múzi*.

Ezek az eredmények arra utalnak, hogy a korai feldolgozás során az ékezetek a nyelvi funkciótól függetlenül kódolódnak. A *használt* prime-ok által okozott interferencia így csak akkor jelenik meg, ha a prime a targethez képest több információt hordoz ( $o \neq O$ ), míg fordított esetben az *azonos* prime-hoz hasonlóan viselkedik ( $o \Rightarrow \acute{O}$ ). Fontos tehát, hogy ez nem csak a mély ortográfiájú nyelvekre igaz, hanem a magyarra is, ahol a sekély ortográfiának köszönhetően egyértelmű fonológiai különbség van az ékezetes és ékezet nélküli betűk közt. Az, hogy nyelvtől függetlenül magyar, spanyol és angol nyelvű kísérletekben is ugyanaz a mintázatjött ki, arra enged következtetni, hogy ezek a hatások tisztán a vizuális útvonalon alakulnak ki. Ez a bayesi olvasási modellek predikcióival összhangban van, miszerint a vizuális rendszer eleve zajos információra épít, és így könnyebben tölt ki hiányzó információt, minthogy a jelen létét ignorálja. Vagyis az ékezet jelenléte erősebb bizonyíték egy ékezetes betűre, mint amilyen az ékezet hiánya lenne az ékezetes betű ellen.

Konklúzióink szerint eredményünk alátámasztja azt az elképzelést, hogy az ékezetes betűknek külön reprezentációja van. Gyakori, hogy egyazon betűnek több formája is legyen (pl.

eltérő kis-, nagy- vagy dőlt betűs verzió), és ebben az esetben is előfordul, hogy az egyik verzió több információt hordoz, mint a másik. Például a nagybetűs  $B$  magában hordozza a kisbetűs  $b$  változat minden elemét, míg ez fordítva nem igaz. Ha a kis és nagy  $b$  a betű detektorok szintjén külön reprezentációval rendelkezne, akkor itt is aszimmetrikus priming hatást várnánk (pl.  $b \Rightarrow B$ , de  $B \not\Rightarrow b$ ). Az viszont a szakirodalomból ismert, hogy a priming hatások függetlenek a kis- és nagybetűs változattól (vagyis szimmetrikusak, pl.  $b \Rightarrow B$ , és  $B \Rightarrow b$ ), vagy az egyes verziók hasonlóságától (pl.  $a \Rightarrow A$ , és  $A \Rightarrow a$ ). Így, ha az olvasási rendszerben az ékezetes és alap változatok együtt lennének reprezentálva, akkor szintén szimmetrikus priming mintázatot kellene találnunk. Ehelyett a már ismertetett aszimmetriát tapasztaljuk, ahhoz hasonlóan, mint amit a vizuálisan hasonló, de eltérő betűidentitások esetén látunk (pl.  $F \Rightarrow E$ , de  $F \not\Rightarrow E$ ).

A nyelvek közötti különbségek magyarázatára az a feltételezésünk, hogy az ékezetes prime, ékezet nélküli target közötti interferencia mértéke az absztrakt betűreprezentációk beágyazottságától függ. Az olyan nyelvek esetében, ahol az ékezetes karakterek mindennapi használatban vannak, az ékezetes betűk stabil reprezentációval rendelkeznek, és robusztus priming hatást váltanak ki, mint a magyar vagy a spanyol nyelv esetén. Az angolban azonban a reprezentáció várhatóan sokkal gyengébb, mivel az ékezetes betűk használata is ritkább, ezért kisebb interferenciát találunk.

### Átfogó megbeszélés

A komputációs modellek általában előre definiált, az ábécére illeszkedő betűdetektorokat alkalmaznak. Ezzel szemben az emberek betűreprezentációi a személyes tapasztalattól kell, hogy függjenek, és változatosságuk a statisztikai tanulásra vezethető vissza. Ezek alapján szükséges, hogy az olvasási hálózat mindig annak a feladatnak az igényeit tükrözze, aminek a megoldásával többnyire foglalkoztatjuk. Az, hogy a szóolvasás jelentős mértékben ellenáll az elforgatásnak, csak azt mutatja, hogy a gyakorlatban nincs rögzítve az olvasott szövegek helyzete az olvasóhoz képest. Az orientációval szembeni invariancia a betűmérettel, pozícióval, vagy stílussal szembeni invarianciához hasonlóan szükséges a mindennapi szituációk során. Hasonlóképpen, az interneten olvasott írott tartalmak nagy része hibákkal teli, és gyakran leghagyja az ékezeteket (de főlegesen nem szúr be újakat). Az olvasó agyunknak az a feladata, hogy a helyesírási hibák ellenére is kinyerje a kódolt nyelvi információt. Így az ékezetes és ékezet nélküli betűk közötti hasonlóság nem felcserélhető, azaz aszimmetrikus. Ez a felismerés egy olyan új olvasási modellt inspirálhat, amely az írott világgal kapcsolatos korábbi tapasztalatok vizuális változatosságára épít, köbevésett feltevések nélkül.

## 6 Konklúziók

- Sikeresen alkalmaztunk egy újszerű, szétszórt karakterekből álló maszkot, elforgatott prime stimulusok elfedésére.
- A szófelolvasást meggyorsító priming hatást találtunk akár 90°-ban elforgatott prime-okkal, amely hatás 60°-os elforgatásig jelentős mértékű.
- Az elforgatott szavak priming hatásában időfüggést mutattunk ki, mivel csak 25 ms fölötti prime időtartamokkal volt kiváltható.
- Ez a robusztus priming hatás megkérdőjelezi az elforgatott szavak olvasásának korábbi, mentális forgatást feltételező magyarázatait.
- A fordított betűrendű prime-okkal nem volt kiváltható semmilyen hatás, ami megerősíti, hogy az elforgatott szavak priming hatása a betűfelismerés utáni, ortográfiai szinten történik.
  
- A leghagyott vagy hozzáadott ékezetekkel történő hasonlóság-priming nem függött az ékezet nyelvi funkciójától, a kiejtés egyértelmű különbségei ellenére sem.
- A magyar eredmények ugyanazt az aszimmetriát mutatták, amit az eddig vizsgált nyelvek: sikeres előfeszítés történik egy ékezet nélküli prime és ékezetes target esetén, de fordítva nem.
- Megállapítottuk, hogy maszkolt priming során a fonológiai tényezők nem játszanak lényeges szerepet, és a hatás inkább csak vizuális tényezőktől függ.
- Eredményeink a szóforma feldolgozás bayesi modelljeit támogatják, és egybevágnak azzal az elmélettel, hogy az ékezetes- és alap betűk elkülönülő reprezentációval rendelkeznek.

## **Köszönetnyilvánítás**

Először is szeretnék köszönetet mondani társ-témavezetőmnek, Sáry Gyulának, hogy meghívott az intézetbe, és lehetőséget és szabadságot adott a kutatói és oktatói munkámban. Az Élettani Intézetben az ő vezetésével együtt járó kollegialitás és jó hangulat mély benyomást tett rám, amit szeretnék továbbvinni a jövőbeni munkahelyeimre is.

Szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Csibri Péternek is, aki első tudományos próbálkozásaimat irányította. Mindig győzködött, hogy a kutatás sokkal könnyebb lesz, ha már egyszer rést találunk a pajzson, és rengeteget segített abban, hogy eljussak odáig.

Szeretném kifejezni a legnagyobb hálámat Manuel Pereának (Universitat de València), aki meghívott, hogy dolgozzak együtt nemzetközi kutatócsoportjával, és ezzel a motivációm pont akkor erősítette, amikor a legnagyobb szükségem volt rá. Nélküle a munkám egészen másképp alakult volna.

Nagy köszönet illeti barátaimat és PhD hallgató társaimat, Sáringer Szabolcsot és Bende Gábort. Olyanokkal lehet csak jól megbeszélni a problémákat, akik hasonló cipőben járnak.

Végül szeretném megköszönni feleségemnek és kislányomnak, hogy felvidítottak minden egyes hosszú nap után, amikor a disszertáció elkészítésével foglalkoztam. Nekik köszönhetem a jó hangulatom.