

A SNARC-hatás hatásnagyságának befolyásolása a feladat instrukciójával

Csúri Dávid¹

Témavezető: Krajcsi Attila¹

¹Eötvös Loránd Tudományegyetem Pedagógiai és Pszichológiai Kar

Országos Tudományos Diákköri Konferencia 2024/2025

Absztrakt

A SNARC-hatás egy numerikus interferencia. Numerikus interferenciákról akkor beszélünk, amikor a releváns ingerinformációt, azaz a számok mentális reprezentációit befolyásolja valamilyen irreleváns tulajdonság. A SNARC-hatás annyit tesz, hogy a jobb válaszshellyel gyorsabban válaszolunk nagyobb, míg a bal válaszshellyel kisebb számokra bináris, például párossági döntési paradigmákban. Korábbi eredmények bizonyítékkal szolgálhatnak azokra a feltevésekre, hogy a SNARC-hatás a válaszadás késői szakaszára specifikus és hogy a hatásnagysága annál nagyobb, minél lassabban adnak választ a kísérleti személyek a feladatok megoldása során. Kutatásunkban arra kerestük a választ, hogy a SNARC-hatás hatásnagysága befolyásolható-e a feladat instrukciójának segítségével. Az alapértelmezett párossági döntési paradigmát a gyorsaság és pontosság instrukciókkal manipuláltuk. Eredményeink alapján a SNARC-hatás hatásnagysága nem befolyásolható a feladat instrukciójának segítségével. Ez abból is fakadhat, hogy az instrukciók befolyásolása és a válasz időbelisége két eltérő mechanizmus keretein belül változtatják a SNARC-hatás paramétereit.

Bevezető

A számok olyan absztrakt fogalmak, amelyek segítségével mennyiségeket határozunk meg. Mindennapi életünk részét képezik. Rájuk alapozzuk az időt, így segítenek nekünk reggel felkelni, vagy megjegyezni, hogy melyik busszal vagy villamossal tudunk eljutni a munkahelyünkre. Segítségünkre vannak abban, hogy megértsük mennyi idő múlva lesz szünetünk, mennyit kell fizetnünk az ebédünkért és a mellé elfogyasztott kávéért. A számokra támaszkodunk akkor is, amikor egyszerű vagy komplex matematikai és aritmetikai számításokat végzünk, akár papíron, akár fejben. Az utóbbi esetben a számok mentális

reprezentációit alkalmazzuk és egy magasabb komplexitású kognitív folyamat segítségével végzünk el rajtuk különféle műveleteket.

A számok és azok mentális reprezentációinak kutatása régóta az egyik főbb irányvonalai közé tartozik a kognitív pszichológiának, mivel minél többet tudunk a megértésük folyamatáról, annál könnyebben térképezhetjük fel azt is, hogy az emberek miként tanulják meg a szimbólumok, jelek jelentését, és hogyan tudják azokat alkalmazni – amely nem csak a számolás alapját képezi, hanem olyan esszenciális folyamatokét is, mint a nyelv vagy az absztrakt gondolkodás elsajátítása. Ezek a mentális reprezentációk kölcsönös hatásban lehetnek egyéb külső vagy belső tényezőkkel, amelyeket numerikus interferenciáknak nevezünk. Az interferenciák természetének megismerése által jobban megérthetjük, hogy az emberek hogyan sajátítják el ezeket a komplex fogalmakat és hogyan alakítják ki az azok közötti kapcsolatokat.

Az egyik leginkább kutatott numerikus interferencia a szám-válaszhely asszociáció, vagyis a (nemzetközi irodalomban) SNARC-hatás. A SNARC-hatás azt foglalja magában, hogy a tér egyik oldalát a viszonylag kisebb számokkal, a tér másik oldalát pedig a viszonylag nagyobb számokkal asszociáljuk (Dehaene és mtsai., 1993). Az asszociáció iránya kultúraspecifikus, a tanult írás iránya horgonyozza le. Például a nyugati kultúrákban jellemzően a bal oldallal asszociáljuk a kisebb, a jobb oldallal a nagyobb számokat. Dehaene és munkatársai (1993) egy párossági döntési feladatot hajtottak végre kutatásuk résztvevőivel, amely során azoknak a 10 alatti számok párosságáról kellett döntenükhöz. Azt találták, hogy a résztvevők általánosságban gyorsabban válaszoltak a balra mutató nyíllal a kisebb számokra, míg a jobbra mutató nyíllal a nagyobb számokra. Ebből az is kiderülhet, hogy a numerikus interferenciákat viselkedéses adatokkal mérjük; a SNARC-hatást jellemzően reakcióidővel és hibaarányal. Mivel a kezesség és a kezek felcserélése nem változtat az eredmények tendenciáin (Dehaene és mtsai., 1993), arra következtethetünk, hogy a számok mentális reprezentációi nem a kezekkel interferálnak, hanem az észlelt tér két oldalával. A SNARC-hatáson kívül más numerikus interferenciákat is fedeztek már fel a kognitív tudományok kutatói, mint például a MARC-hatás (párosság-válaszhely asszociáció) (Nuerk és mtsai., 2004) vagy a PNARC-hatás (szám-párosság asszociáció) (Krajcsi és mtsai., 2018). A numerikus interferenciák magyarázatára több elméleti modell is született már.

Magyarázó modellek. Az elméleti modelleket, amelyek a numerikus interferenciákat magyarázzák két csoportba oszthatjuk, miszerint vannak az analóg és a diszkrét modellek. A két modell típust az alapján különböztetjük meg, hogy azok a számok mentális reprezentációit

két egymástól eltérő formában képzelik el. Az analóg modellek azt feltételezik, hogy az összes szám, amelyet valaha tudatosan feldolgoztunk egy mentális számsoron helyezkedik el. A diszkrét modellek ezzel szemben arra a feltevésre alapoznak, hogy a számok mentális reprezentációi egymástól független kategóriák (úgynevezett csomópontok), amelyek különféle mértékben asszociálódnak más számokkal és tulajdonságokkal (Krajcsi és mtsai., 2018).

Az analóg modellek közé tartozik az analóg mennyiségi rendszer (AMS), egy Weber törvénye alapján működő pszichofizikai modell (Moyer & Landauer, 1967). Az AMS alapján a SNARC-hatás abból fakadhat, hogy a mentális számsor bal oldalán helyezkednek el a kisebb számok, míg a jobb oldalán a nagyobb számok (Dehaene és mtsai., 1993). Mivel a mentális számsor és a tér reprezentációjának két oldala azonosíthatóak egymással, interferencia lép fel.

Egy másik magyarázat szerint – amelyet általánosított mennyiségi rendszernek hívhatunk (GMS) – nem a számok és a tér, illetve egyéb tényezők mentális reprezentációi hatnak egymásra, hanem az összes folytonos fogalom reprezentációja egy skálán helyezkedik el, ezáltal teremtve kongruens és inkongruens helyzeteket (Walsh, 2003).

Az analóg modellek tehát arra támaszkodnak, hogy mivel a számok folytonosak, ezért többnyire olyan tényezőkkel lépnek kölcsönhatásba, amik szintén azok (például az észlelt idő (Oliveri és mtsai., 2008), vagy az inger fizikai mérete (Henik & Tzelgov, 1982)). Az analóg modellekkel az a probléma, hogy nem veszik figyelembe, hogy a számok mentális reprezentációi kategorikus tényezőkkel is interferálhatnak (például PNARC-hatás).

A diszkrét modellek közé tartozik a nyelvi jelöltség/polarításalapú modell, a delta-szabály alapú konnekcionista modell és a diszkrét szemantikus rendszer (DSS). Az első valójában két modell, amelyek ugyanazokra a mechanizmusokra alapoznak, miszerint a számok és az interferenciát okozó tényezők tulajdonságainak van valamilyen külső forrásból származó attribútumuk (például, hogy nyelvi értelemben véve jelöltek vagy jelöletlenek (Nuerk és mtsai., 2004), vagy hogy pozitív vagy negatív polaritással vannak felruházva (Proctor & Cho, 2006)). Ezek az attribútumok egyénenként változhatnak és inkongruens vagy kongruens helyzeteket eredményezhetnek, ezzel magyarázva az interferenciák egyéni varianciáját és okát. Ezek az attribútumok kategorikusak és ellentétpárokba rendezhetőek (például páros-páratlan, kicsi-nagy és így tovább).

A delta-szabály alapú konnekcionista modell egy információfeldolgozó elmélet, amely szerint a száminger feldolgozása során annak fizikai környezete és a hozzá kötődő tulajdonságok mentális reprezentációi léphetnek kölcsönhatásba egymással (Verguts & Van Opstal, 2014).

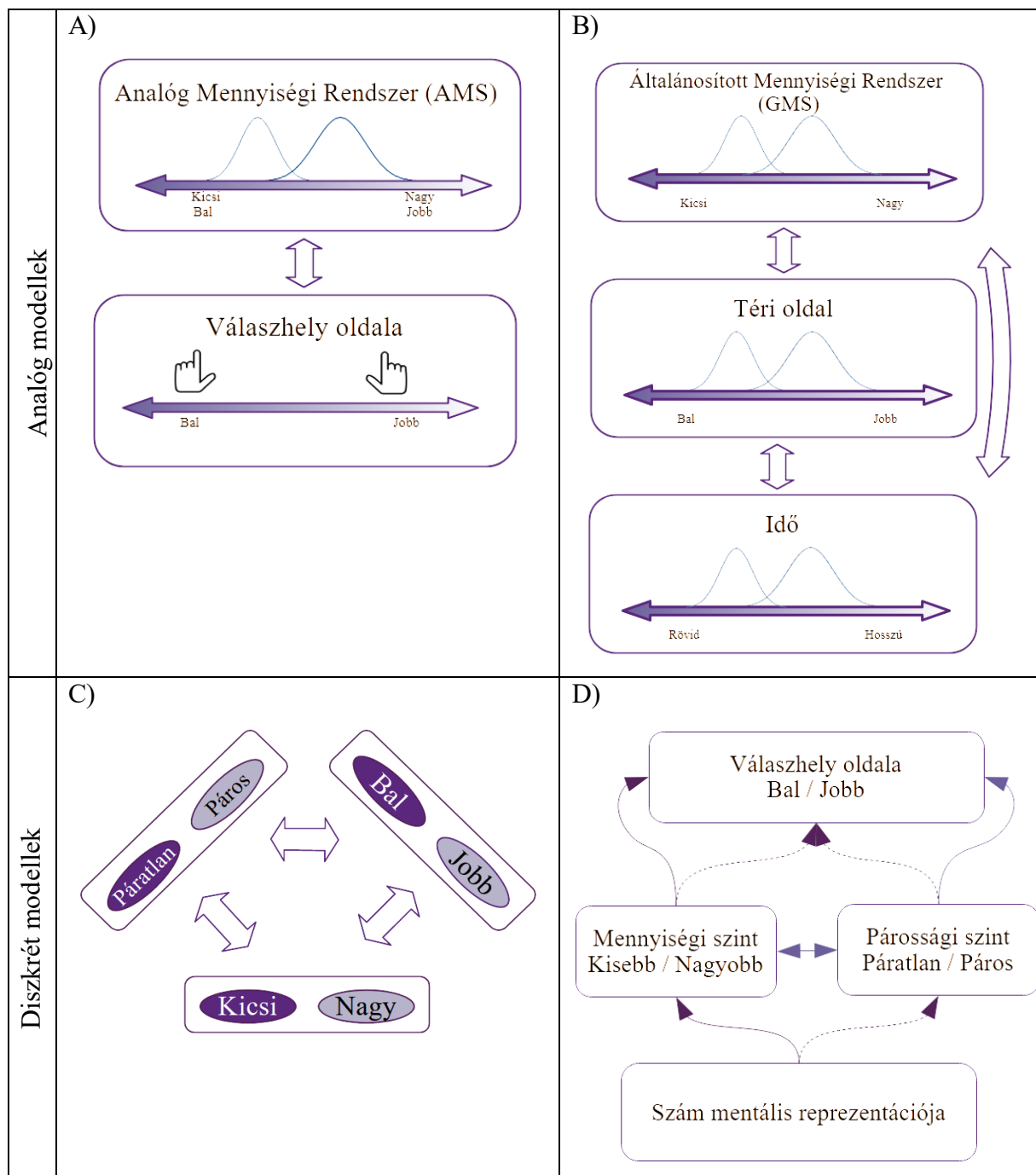
A DSS egy rugalmas rendszert feltételez, miszerint minden szám és azok összes tulajdonsága, továbbá minden interferenciát okozó belső vagy külső tényező egy-egy csomópontba sorolható, hasonlóan a mentális lexikon konnekcionista rendszeréhez. Ezek a kategóriák különböző mértékben kapcsolódnak egymással (például az egyes szám erősebb összeköttetésben lehet a kicsi tulajdonsággal, mint a naggyal) (Krajcsi és mtsai., 2016).

A diszkrét modellek tehát arra alapoznak, hogy a számok és azok tulajdonságai, illetve az azokkal asszociálódó egyéb tényezők kategorizálhatóak, amely kategóriák hatással vannak egymásra és különféle mértékben összeköttetésben állnak. Ezáltal azokat az eredményeket is magyarázni tudják, amelyek arra szolgálhatnak bizonyítékkul, hogy a számok mentális reprezentációi kategorikus tulajdonságokkal is kölcsönhatásba léphetnek.

Az elméleti modellek közös tulajdonságai közé tartozik tehát, hogy a számok és azok tulajdonságainak különféle mentális reprezentációi közötti asszociatív kapcsolatokat feltételeznek, amelyek természetük által tanulhatóak és befolyásolhatóak. Továbbá, az interferenciákat magyarázó elméletek feltételezik, hogy azok automatizmusokként működnek, amelyből arra következtethetünk, hogy minél későbbi a válaszadás, annál kevésbé jelenik meg az interferenciák hatása, azonban ez nem minden esetben igaz (Roettger & Domahs, 2015). Végül pedig mindegyik modell feltételezi, hogy a numerikus interferenciák kialakulásához léteznie kell valamilyen számfogalomnak. Ez alapján feltételezhetjük, hogy ezek az interferenciahatások nem humánspecifikusak, mivel korábbi kutatások kimutatták, hogy egyes állatok (például főemlősök vagy méhek) is rendelkeznek valamilyen korlátozott numerikus kognícióval (Boysen & Hallberg, 2000; Pahl és mtsai., 2013). Az elméleti modelleket összefoglaló ábrákat készített Krajcsi és munkatársai (2018, 2022) (1. táblázat & 1. ábra).

1. táblázat

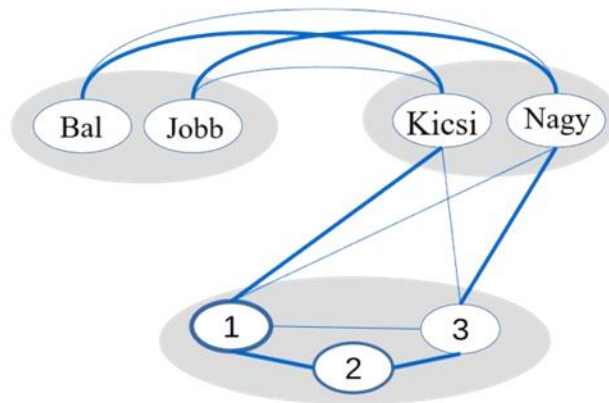
Az egyes elméleti modelleket összefoglaló táblázat a számfogalmak analóg és diszkrét meghatározása alapján Krajcsi és munkatársai nyomán (2018), a szerző engedélyével.



Az A) cellában az analóg mennyiségi rendszer (Moyer & Landauer, 1967), a B) cellában az általánosított mennyiségi rendszer (Walsh, 2003), a C) cellában a nyelvi jelöltség/polaritásalapú modell (Nuerk és mtsai., 2004; Proctor & Cho, 2006), a D) cellában pedig a delta-szabály alapú konnekcionista modell (Verguts & Van Opstal, 2014) sematikus ábrái láthatóak.

1. ábra

A diszkrét szemantikus rendszer sematikus ábrája Krajcsi és munkatársai nyomán (2022), a szerző engedélyével.



A csomópontok közötti vonalak vastagsága a kapcsolatok erősségét adja meg (minél vastagabb, annál erősebb), míg a csomópontok körvonalának vastagsága azok gyakoriságát.

Numerikus interferenciák az állatokban. Ahogyan azt korábban taglaltuk, egyes korábbi kutatások azt találták, hogy főemlősök és egyéb állatok is rendelkeznek alapvető, korlátozott numerikus kognícióval. Ezek alapján következtethetünk arra, hogy ezek az állatok egy bizonyos szinten megértik a mennyiségek, vagy távolságok közötti különbségeket, azaz olyan fogalmakat, amelyeket számokkal lehet főként leírni. Mivel ez azt is jelentheti, hogy rendelkeznek alapvető reprezentációkkal a számok jelentéséről, így feltételezhetjük, hogy esetükben is előfordulhatnak a különféle numerikus interferenciák.

Korábbi kutatások ezen gondolatmenetből kiindulva olyan eredményeket találtak, amelyek bizonyítékul szolgálhatnak erre a feltevésre. Például, egy kísérletben arra tanították a csimpánzokat, hogy nyomják meg növekvő sorban a képernyőn lévő számokat. Eredményeik alapján, a csimpánzok gyorsabban válaszoltak a kisebb számokra, ha ezt a bal kezükkel kellett megtenniük, mint a nagyobb számokra, és fordítva a jobb kéz esetében (Adachi, 2014). Emellett olyan baromfiknál is találtak a SNARC-hatáshoz hasonló interferenciát, amik maximum három napja keltek ki a tojásból. Ezeknek az volt a feladatuk, hogy élelmet szerezzenek egy arénában egy kisebb vagy egy nagyobb számú halmaz bemutatása után (Rugani és mtsai., 2015). A baromfik jellemzően balra indultak az arénában, amennyiben egy kisebb számú halmazt mutattak be nekik, míg jobbra egy nagyobb számú halmaz esetén. Mind a két kutatás során spontán fordult elő a viselkedés, azaz elegendő volt a tesztalanyoknak az élelemszerzés módját megtanulniuk, hogy a numerikus interferencia jeleit produkálják a viselkedési adatokban.

Ezen eredmények azért érdekesek, mert a SNARC-hatást és annak irányát a hatás első megjelenése óta kulturális tényezők termékeként azonosítjuk (Dehaene és mtsai., 1993), vagyis tanult jelenségnek véljük. Mégis, az előbbieik alapján úgy tűnik, hogy van valamilyen velünk született mechanizmus, amely a számosság mentális reprezentációi és egyéb tényezők között alakít ki kapcsolatokat. Ezek alapján a numerikus interferenciák mégsem csupán a különféle asszociációkból fakadnak, hanem egy sokkal bonyolultabb mechanizmus produktumai, amelynek működésére hatással vannak a környezeti, tanult aspektusok.

A SNARC-hatás. A SNARC-hatásra az elmúlt évtizedek során számottevő kutatás eredménye szolgált bizonyítékkal (Wood és mtsai., 2008). Ahogyan korábban említettük, a SNARC-hatást nem befolyásolja a kezesség (Dehaene és mtsai., 1993), illetve a nem (Viarouge és mtsai., 2014). Ezzel szemben, az írás iránya (Dehaene és mtsai., 1993), a kísérleti paradigma elrendezése (Wood és mtsai., 2008), a munkamemória szabad kapacitása (Gökaydin és mtsai., 2018), a célinger feldolgozási ideje (Didino és mtsai., 2023) – azaz a válaszadás időbelisége –, illetve a számfogalmak jelölése (Lengyel & Krajcsi, 2024) igen. Az asszociáció hatásnagysága viszonylag alacsony (Wood és mtsai., 2008) és magas az egyéni variabilitása (Viarouge és mtsai., 2014). További eredmények alapján úgy tűnik, hogy a SNARC-hatás késői válaszadás-specifikus (Roettger & Domahs, 2015), tehát csak viszonylag magasabb reakcióidőkkel számolva mutatható ki – azaz minél gyorsabban adnak választ az egyes próbák során a résztvevők, annál nagyobb a valószínűsége, hogy a hatás eltűnik. Kutatásunk relevanciája miatt érdemes kiemelni azt is, hogy minél magasabb reakcióidőkkel számolunk, annál magasabb a hatásnagyság (Didino és mtsai., 2019).

Kísérletünk célja az volt, hogy találjunk egy módszert, amelynek segítségével a SNARC-hatás hatásnagyságát közvetve növelhetjük. Mivel a SNARC-hatás utóbbi két tulajdonsága, (miszerint a SNARC-hatás a válaszadás késői szakaszára specifikus és hogy a hatásnagysága annál nagyobb, minél lassabban adnak választ a kísérleti személyek a feladatok megoldása során) lényegében azt jelenti, hogy az annál erősebb, minél lassabban válaszolnak a résztvevők, feltételezhetjük, hogy ha egy párossági döntési feladatban arra kérjük a kísérleti személyeket, hogy minél pontosabban teljesítsenek az egyes próbák során és ne vegyék figyelembe az időt, azzal növelhetjük a hatásnagyságot, hiszen ezáltal a reakcióidőket is növeljük. Ezzel szemben, ha arra kérjük a résztvevőket, hogy minél gyorsabban válaszoljanak és hagyják figyelmen kívül a hibáikat, azzal csökkenthetjük a reakcióidőt, ezáltal csökkentve a hatásnagyságot, és Roettger & Domahs (2015) eredményei alapján talán el is tüntetve a hatást.

Kutatási kérdésünk tehát célkitűzéseink alapján úgy szól, hogy vajon a SNARC-hatás hatásnagysága növelhető-e a feladat instrukcióinak segítségével. Tudomásunk szerint még nem került sor olyan kutatásra, amely ezzel foglalkozott volna. Azért, hogy kérdésünket megválaszoljuk az alapértelmezett párossági döntési paradigma egy módosított verzióját alkalmaztuk, amelyben a résztvevőket pontosság és gyorsaság instrukciócsoportokba soroltuk.

Módszertan

Minta. Összesen 43 egyetemista (80% nő, átlagéletkor = 23,2, SD = 7,08) vett részt a kutatásban, akik az Eötvös Loránd Tudományegyetemen tanulnak és a részvételért kurzus kreditet kaptak.

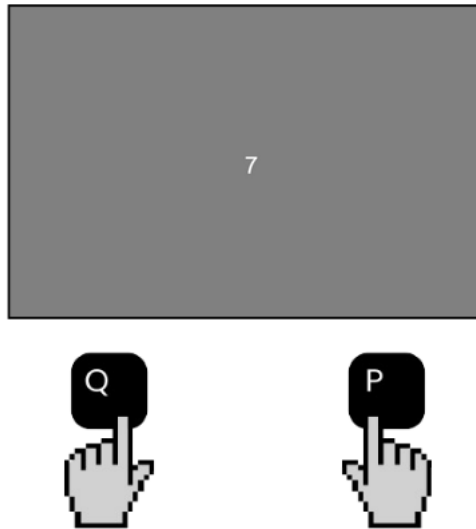
Eljárás. A résztvevőknek egy online felületen kellett kitölteniük az alapértelmezett párossági döntési paradigma módosított verzióját. A kísérlet az OpenSesame program segítségével lett implementálva, amely egy nyílt forráskódú kognitív tesztek összeállítására optimalizált szoftver (Mathôt és mtsai., 2012).

Mielőtt elkezdődött volna a gyakorló- és a tesztfázis a résztvevőket véletlenszerűen instrukciócsoportokba soroltuk, azaz vagy arra kértük őket, hogy minél pontosabban válaszoljanak – figyelmen kívül hagyva az eltelt időt – vagy arra, hogy minél gyorsabban válaszoljanak – figyelmen kívül hagyva hibázásaik számát. A továbbiakban ezekre az instrukciócsoportokra pontosság és gyorsaság csoportokként hivatkozunk.

A résztvevőknek az alapértelmezett párossági döntési paradigmát kellett elvégezniük (Dehaene és mtsai., 1993), amely során próbaként az egy és kilenc közötti számok párosságáról kellett döntenie. A gyakorló- és a tesztfázis során is a célinger egy szürke háttér közepén jelent meg fehérrel színezve. A számok páros és páratlan tulajdonságait véletlenszerűen a billentyűzet „q” és „p” billentyűihez kötöttük. Ezeket a válasz-billentyű kombinációkat a gyakorló- és a tesztfázis során is felcseréltük egyszer az összes próba felénél (2. ábra), azonban a két fázis ugyanazzal a kombinációval kezdődött. A célinger egészen gombnyomásig látható volt. A válaszadás és a következő inger megjelenése között 1000 milliszekundum telt el.

2. ábra

A fehérrel színezett célinger megjelenése a szürke háttéren, alatta a válaszadás sematikus ábrája.



A gyakorlófázis során a résztvevőknek egytől kilencig az összes szám párosságáról dönteniük kellett válasz-billentyű kombinációként egyszer. A tesztfázis során ugyanezen számok párosságáról válasz-billentyű kombinációként 40-szer döntöttek. Így a gyakorlófázis során 18 ($9 * 2 * 1$), a tesztfázis során 720 ($9 * 2 * 40$) próbát teljesítettek, azaz összesen 738-at. A gyakorló- és a tesztfázis a próbák számán kívül abban különbözött, hogy a gyakorlófázis során a résztvevők hibás válaszaikról visszajelzés érkezett hang formájában. A próbák sorrendjét randomizáltuk.

A kísérlet független változói az instrukciócsoportok, a válasz-billentyű kombinációk és a próbák sorrendje, míg függő változói a résztvevők reakcióideje és hibaaránya.

Eredmények

Az adatok statisztikai elemzését az R statisztikai programozási nyelv (R Core Team, 2023) RStudio v4.3.2 (RStudio, 2023) fejlesztői környezetben implementált változatával és a CogStat v2.5 statisztikai szoftver (Krajcsi, 2023) segítségével végeztem el. Az adatelemzés során az R tidyverse (v2.0.0; Wickham és mtsai., 2019), dplyr (v1.1.4; Wickham és mtsai., 2023), tidyr (v1.3.1; Wickham és mtsai., 2024), purrr (v1.0.2; Wickham & Henry, 2023), lmtest (v0.9.40; Zeileis & Hothorn, 2002), MASS (v7.3.60; Venables & Ripley, 2002), readxl (v1.4.3; Wickham & Bryan, 2023), effsize (v0.8.1; Torchiano, 2016) és patchwork (v1.3.0; Pedersen, 2024) csomagjait használtam.

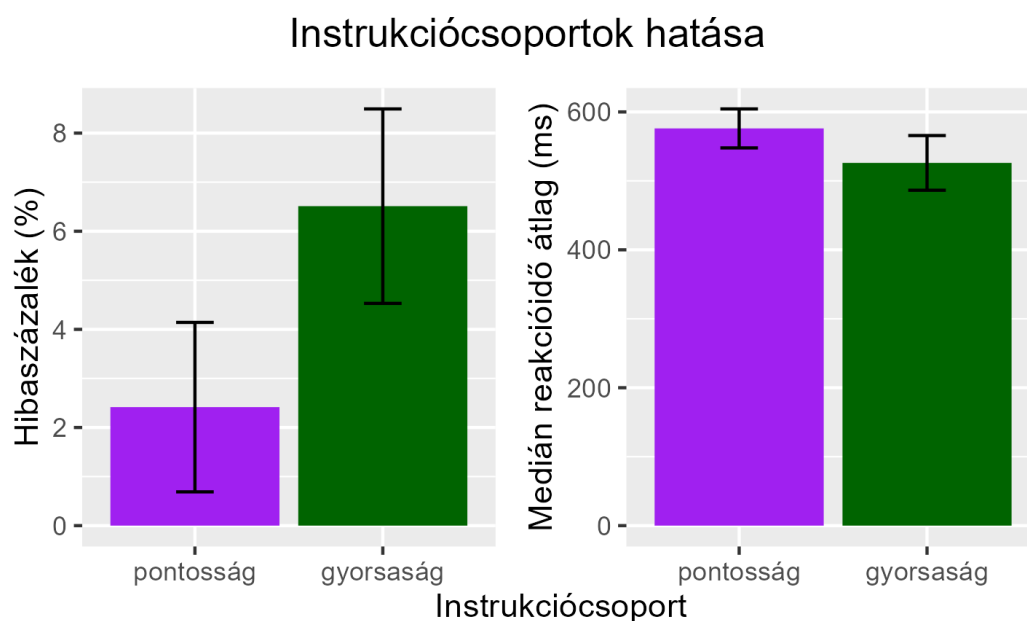
Az elemzés során először az adatokat szűrtem. Egy résztvevő összes adatát ki kellett hagyni a további elemzésből, hiszen az több, mint a próbák 50%-ában hibásan válaszolt, így a

minta végső elemszáma 42-re csökkent. A további elemzés során nem vettem figyelembe a gyakorlófázis próbáihoz, és a hibás próbákhoz tartozó adatokat.

Azért, hogy leellenőrizsem, hogy az instrukciócsoportoknak valóban volt-e hatása a reakcióidőre és a hibaarányra, az összes résztvevő reakcióidő értékeit és hibaarányait instrukciócsoportonként egy-egy parametrikus kétmintás t-próba alá vettem (3. ábra). A csoportok közötti hibaarányt ($t(40,993) = -3,247, p = 0,002, 95\% \text{ CI} = [-0,066, -0,015]$) és a reakcióidőt ($t(39,745) = 2,135, p = 0,039, 95\% \text{ CI} = [2,654, 97,352]$) tesztelő statisztikai próbák mind a két esetben szignifikáns eredményeket produkáltak.

3. ábra

Az instrukciócsoportok hatása a hibaszázaléka¹ és a medián reakcióidők átlagára. A csoportátlagok konfidencia intervallumait fekete hibasávokként ábrázoltam.



A korábbi kutatások nyomán a lineáris illesztésre az alábbiak alapján került sor (például Krajcsi és mtsai., 2018). Résztvevőnként kiszámoltam a számonkénti medián reakcióidőt a bal- és jobb kezekre csoportosítva. Azért, hogy a reakcióidők kiugró értékeit szűrjem, azokat a számonkénti reakcióidő mediánokat vettem ki a további elemzésből, amelyek medián abszolút eltérésük 2,5-szeresével eltértek a számonkénti medián reakcióidők átlagától (Leys és mtsai., 2018). Ezután ahhoz, hogy megkapjam a reakcióidők meredekségét a kezek szerint csoportosítva, egy olyan lineáris illesztést végeztem, amely során a bemutatott

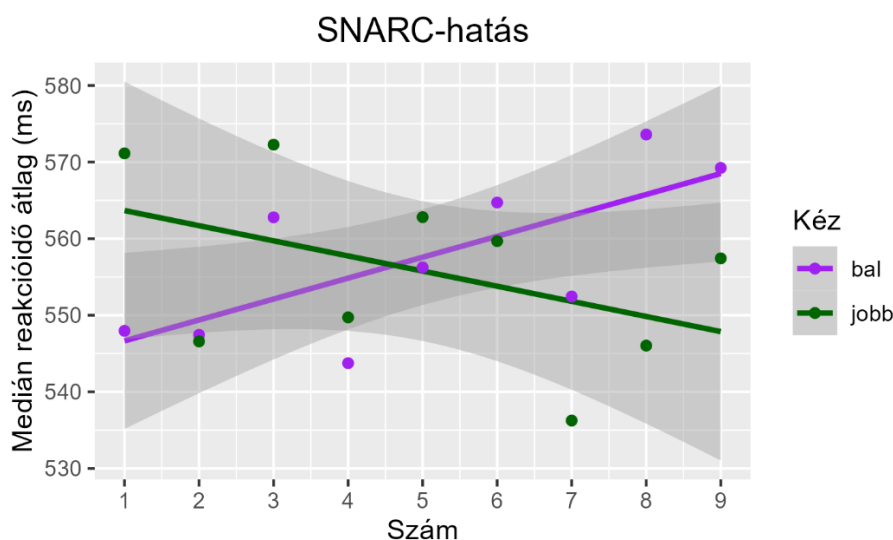
¹ A diagramokon a könnyebb olvashatóság érdekében a hibaarányt átváltottuk hibaszázaléka.

szám volt a regresszor és a számonkénti medián reakcióidő a jósolt változó. A bal kéz meredekségeit a továbbiakban az lS , a jobb kéz meredekségeit pedig az rS betűk jelölik. Végül a bal kéz meredekségeit kivontam a jobb kéz meredekségeiből, amellyel megkaptam a ΔS értékeket, vagyis a SNARC-hatás meredekségeit ($rS - lS = \Delta S$).

Ezután egy parametrikus egymintás t -próba alá vettem a ΔS értékeket, ahol azt vizsgáltuk, hogy az értékek eltérnek-e a nullától. A statisztikai próba eredménye szignifikáns lett (átlag $\Delta S = -4,179$, $SD = 7,07$, $t(41) = -3,829$, $p < 0,001$, 95% CI = $[-6,383, -1,975]$) (4. ábra), viszonylag magas hatásnagysággal (Cohen-féle $d = -0,838$, 95% CI = $[-1,291, -0,385]$), vagyis a SNARC-hatás megfigyelhető volt a csoportban.

4. ábra

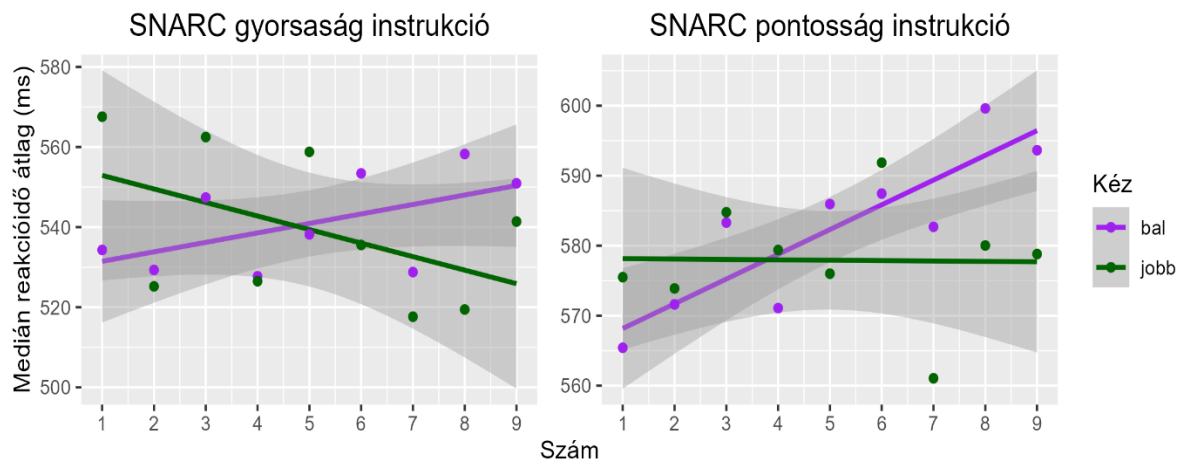
A SNARC-hatás. A meredekségek konfidencia intervallumait sötétszürke, áttetsző hibasávokként ábrázoltam.



Azért, hogy megvizsgáljam kutatásunk fő kérdését, miszerint az instrukciócsoportoknak hatása lehet a SNARC-hatás hatásnagyságára, a résztvevők ΔS értékeit azok instrukciócsoportjai alapján szétválogattam és egy parametrikus kétmintás t -próba alá vettem, hogy ellenőrizzem, van-e azok között jelentős különbség. A statisztikai próba eredménye nem lett szignifikáns ($t(39,889) = -0,48$, $p = 0,634$, 95% CI = $[-5,38, 3,315]$) (5. ábra). Ezek alapján az instrukció tehát nem befolyásolja a hatásnagyságot.

5. ábra

Az instrukciócsoportok ΔS meredekségei közötti különbség. A meredekségek konfidencia intervallumait sötétszürke, áttetsző hibasávokként ábrázoltam.



Ezt követően egy percentilis-elemzés következett, amelyre azért volt szükségünk, hogy leellenőrizzük, hogy van-e kapcsolat a válasz időbelisége, illetve a hatás statisztikai szignifikanciája és hatásnagysága között. Az elemzés során megismételtem a fentebb taglalt lineáris illesztést és a ΔS értékekhez tartozó statisztikai próbákat azzal a különbséggel, hogy a reakcióidők 50. percentilise (medián) helyett az adatokat a 12,5., 37,5., 62,5. és 87,5. percentiliseknél választottam szét. Ezzel négy adathalmazt hoztam létre, hasonlóan a Didino és munkatársainak (2019) kutatásában lévő bin-elemzéshez. A percentilis-elemzés eredményeit a 2. táblázat taglalja. A medián abszolút eltérés alapú szűrést a percentilisek alapján hajtottam végre minden adathalmazban.

2. táblázat

A percentilis-elemzés eredményei.

percentilis	Cohen-féle d	d 95% CI	t	df	p
12.5	-0,454**	[-0,015, -0,894]	-1,996	41	0,053
37.5	-0,537**	[-0,095, -0,979]	-2,331	41	0,025*
50 (medián)	-0,838**	[-0,385, -1,291]	-3,829	41	<0,001*
62.5	-0,59**	[-0,146, -1,032]	-2,481	41	0,017*
87.5	-0,366	[0,072, -0,803]	-1,539	41	0,131

A táblázat a ΔS meredekség értékeivel számolt parametrikus egymintás t-próbák eredményeit, illetve a második oszlopban a SNARC-hatás hatásnagyságait tartalmazza és a harmadik oszlopban azok konfidencia intervallumait a medián és a különféle percentilisek alapján szétválasztott reakcióidőkkel számolva. A szignifikanciát elérő p-értékek *-gal, a konfidencia

intervallum alapján szignifikáns hatásnagyságok **-gal vannak jelölve. A hatásnagyságok konfidencia intervallum értékei a 6. ábrán találhatóak.

Azért, hogy teszteljem, hogy a hatás a mintaszámunkkal mekkora minimális hatásnagyságot tudna kifejteni egy szenzitivitás-erőelemzéssel zártam az elemzést, amelyet a G*Power 3 nevű szoftver segítségével hajtottam végre (Faul és mtsai., 2007). Az elemzés alapján az elemszámunk ($n = 42$) mellett 95%-os erővel legalább 1,152-es nagyságú Cohen-féle d érték lenne szignifikáns ($\alpha = 0,05$, $1-\beta = 0,95$, $df = 40$). Ez azt jelenti, hogy amennyiben a csoportok közötti különbség szignifikáns lenne, abban az esetben a hatásnagyság értéke legalább 1,152-re növekedne, azonban kutatási célunk által, miszerint minél inkább növelni szeretnénk a hatásnagyságot, ez nem lenne jelentős növekedés a teljes csoportban megjelenő SNARC-hatás hatásnagyságához képest (Cohen-féle $d = -0,838$, 95% CI = $[-1,291, -0,385]$).

Diszkusszió

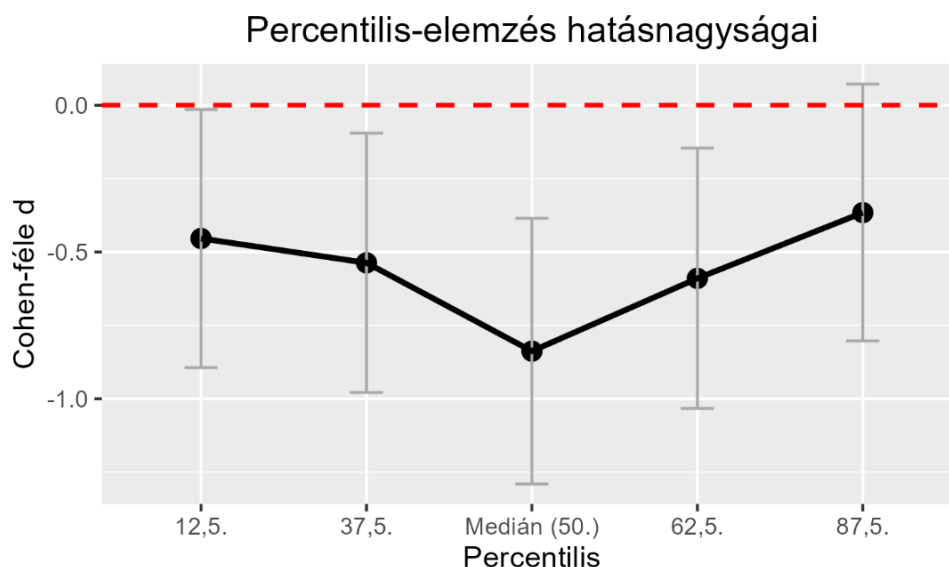
A kutatásunk során alkalmazott módosított párossági döntési paradigma (Dehaene és mtsai., 1993) eredményeinek elemzése után a számottevő kutatásban kimutatott (Wood és mtsai., 2008) SNARC-hatást sikerült replikálnunk, azonban a pontosság és gyorsaság instrukciók nem befolyásolták szignifikánsan a hatásnagyságot.

A percentilis-elemzés eredményei (2. táblázat) alapján nem tudunk arra következtetni, hogy a SNARC-hatás valóban késői válaszadás-specifikus lenne (Roettger & Domahs, 2015), hiszen csak a mediánhoz közeli reakcióidőkkel számolva kaptunk szignifikáns eredményeket.

Az elemzés további eredményei alapján a magasabb reakcióidők nem követik azt a tendenciát, amit korábbi kutatásokban közöltek (Didino és mtsai., 2019), miszerint a lassabb válaszok növelnék a hatás nagyságát. Ehelyett a Cohen-féle d értékek egy V-alakú függvényt írnak le (6. ábra), és a legmagasabb reakcióidő értékekkel számolva nem is érik el a szignifikanciát.

6. ábra

A percentilis-elemzés eredményeiből kivont hatásnagyságok az egyes percentilisek függvényében. A Cohen-féle d értékek konfidencia intervallumait sötétszürke hibasávokként ábrázoltuk.



Összességében, sikerült megválaszolniunk kutatási kérdésünket. A SNARC-hatás hatásnagysága nem befolyásolható a feladat instrukciójának segítségével. A hatásnagysággal és az időbeliséggel kapcsolatos eredményeinkre két magyarázat szolgálhat.

Először is, lehetséges, hogy a SNARC-hatás hatásnagysága és a válaszadás időbelisége közötti kapcsolatot (Didino és mtsai., 2019, Roettger & Domahs, 2015) korábban rosszul mérték. Mivel előfordulhat, hogy az adatok zajosak voltak, ezért érdemes a korábbi és jelen kutatásokat replikálni nagyobb elem- vagy próbaszámmal, hogy meggyőződjünk arról, valóban nincs-e kapcsolat a két tényező között. Mivel a SNARC-hatás egyéni variabilitása magas (Viarogue és mtsai., 2014), az sem kizárható, hogy ezen módszerek hatása populáció- vagy egyénspecifikus. Ezalatt azt értjük, hogy lehetséges, hogy egyes mintákon az instrukciók segítségével befolyásolhatnánk a hatásnagyságot, míg egyes mintákon nem. Azért, hogy ezt a lehetőséget is megvizsgáljuk, a SNARC-hatásról szóló kutatások eredményeit érdemes lehet felülvizsgálni egy olyan metaanalízis keretein belül, amely erre a kérdéskörre fókuszál.

Másodszor, nem zárhatjuk ki azt a lehetőséget sem, hogy akkor, amikor a reakcióidők a körülmények (például a laborhelyzet vagy az egyéni variabilitás) által lesznek magasabbak vagy alacsonyabbak, akkor nem ugyanazok a paraméterei változnak a SNARC-hatásnak, mint amikor ezen kutatás során a résztvevőket arra kérjük, hogy teljesítsenek minél pontosabban vagy gyorsabban a próbák során. Ezt a magyarázatot arra alapozzuk, hogy a numerikus interferenciák természete még mindig tisztázatlan, vagyis nem tudjuk, hogy pontosan melyek azok a tényezők, amelyek befolyásolhatják azok működését, és azt sem, hogy milyen mértékben.

A SNARC-hatás hatásnagyságát növelő módszerekre azért van szükségünk, mert azok additívak lehetnek. Ez azt jelenti, hogy ugyanazon kutatás keretein belül egyszerre többet is implementálva jelentősen növelhetjük a SNARC-hatás alapvetően alacsony hatásnagyságát, így felnagyítva a független változók hatását. Erre azért lehet szükség, mert továbbra sem érthető teljes mértékben, hogy Dehaene és munkatársainak (1993) alapértelmezett döntési paradigmájának különféle változatai milyen okból kifolyólag módosítják az eredményeket úgy, ahogyan.

Emellett a magas hatásnagyság szükséges előfeltétele lehet megbízható diszkalkulia², vagy diszkalkulia-altípus diagnosztizálást segítő mutatók vagy skálák megalkotásának a továbbiakban, ahogyan arra korábban is példa volt egy másik numerikus interferencia, a numerikus Stroop-hatás³ esetében.

Ezekből az okokból kifolyólag tehát további módszerekre van szükségünk, amellyel növelhetjük a SNARC-hatás hatásnagyságát. Azonban még nem szereztünk tudomást más olyan a kísérleti paradigma manipulációjával befolyásolható tényezőkről, amelyek hatással lennének a hatásnagyságra. Érdemes megemlíteni, hogy a szenzitivitás-erőelemzéssel számolt minimális hatásnagyság értéke sem lett volna elég magas ahhoz, hogy a módszer egyedüli alkalmazásával elegendő mértékben felnagyítsuk a különféle független változók hatását, vagy, hogy egy megbízható mutatót hozzunk létre.

Az előbbi okot kevésbé valószínűnek tartjuk eredményeink magyarázatára, hiszen a viszonylag alacsony elemszámot kompenzáltuk a résztvevőnkénti magas próbaszámmal, ahogyan ezt a releváns kutatásokban is tették (Didino és mtsai., 2019, Roettger & Domahs, 2015), így csökkentve az adatok zajosságát.

Ha a második okra támaszkodunk eredményeink magyarázata során, akkor az alapján azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a numerikus interferenciák természete igazán sokszínű és még számos további kutatásra van szükségünk ahhoz, hogy megértsük azt.

² A diszkalkulia (BNO F8120) az aritmetikai készségek zavara, amely alatt azt értjük, hogy a populációátlaghoz hasonlítva normál intelligencia-hányadossal rendelkező egyén számára nehézséget okoznak a számokkal kapcsolatos mentális műveletek (World Health Organization, 2022).

³ A numerikus Stroop-hatás egy olyan interferenciahatás, ami akkor lép fel, ha két méret alapján összehasonlítható szám nagysága és a száminger mérete között inkongruitás fellelhető (például, ha a három és az öt között kell döntenünk, és az előbbi szám nagyobb betűmérettel látható a képernyőn, mint az utóbbi.) (Henik & Tzelgov, 1982).

Mesterséges intelligencia. Kijelentem, hogy a jelen műben taglalt statisztikai adatelemzéshez és a folyószöveg ellenőrzéséhez a ChatGPT-4o verzióját vettem segítségül. (*chat.openai.com*) A ChatGPT segítségével először az eredményeket összefoglaló diagramokat és ábrákat hoztam létre, hogy azok könnyen olvashatóak és érthetőek legyenek. Végül a mesterséges intelligenciát arra használtam, hogy ellenőrizze a folyószöveg és az irodalomjegyzék helyességét (nyelvtan, stilisztika, felépítés).

Az ábrák elkészítéséhez használt promptok egy példája: „Help me insert confidence intervals on a bar plot in R.” (2024. december 20.).

Az MI által generált kódot az adataimra illesztettem, majd lefuttattam. Ha a kód hibásnak bizonyult, akkor felülvizsgáltam, és ahol szükséges volt, ott javítottam.

A folyószöveg ellenőrzéséhez használt prompt: „Ellenőrizd a lentebb csatolt dokumentum helyesírását, megfogalmazását és felépítését az APA 7 szabványra támaszkodva.” (2024. december 23.).

Az MI által tett javaslatokat felülvizsgáltam. A nyelvhelyesség hibáival kapcsolatos javaslatok egy részét úgy implementáltam, hogy a beszélgetés után leellenőriztem, hogy valóban nem felelnek-e meg ezek a kiemelt részek az APA 7 szabványnak. Ahol szükséges volt, ott javítottam.

Irodalomjegyzék

- Adachi, I. (2014). Spontaneous Spatial Mapping of Learned Sequence in Chimpanzees: Evidence for a SNARC-Like Effect. *PLoS ONE*, 9(3), e90373.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090373>
- Boysen, S. T., & Hallberg, K. I. (2000). Primate Numerical Competence: Contributions Toward Understanding Nonhuman Cognition. *Cognitive Science*, 24(3), 423–443.
https://doi.org/10.1207/s15516709cog2403_4
- Dehaene, S., Bossini, S., & Giraux, P. (1993). The Mental Representation of Parity and Number Magnitude. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122(3), 371–396.
<https://doi.org/10.1037/0096-3445.122.3.371>
- Didino, D., Brandtner, M., Glaser, M., & Knops, A. (2023). Probing the Dual-Route Model of the SNARC Effect by Orthogonalizing Processing Speed and Depth. *Experimental Psychology*, 70(1), 1–13. <https://doi.org/10.1027/1618-3169/a000577>
- Didino, D., Breil, C., & Knops, A. (2019). The influence of semantic processing and response latency on the SNARC effect. *Acta Psychologica*, 196, 75–86.
<https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2019.04.008>
- Gökaydin, D., Brugger, P., & Loetscher, T. (2018). Sequential Effects in SNARC. *Scientific Reports*, 8(1), 10996. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-29337-2>
- Henik, A., & Tzelgov, J. (1982). Is three greater than five: The relation between physical and semantic size in comparison tasks. *Memory & Cognition*, 10(4), 389–395.
<https://doi.org/10.3758/BF03202431>
- Krajcsi, A., Kojouharova, P., & Lengyel, G. (2022). Processing symbolic numbers: The example of distance and size effects. In J. Gervain, G. Csibra, & K. Kovács (Eds.), *A Life in Cognition: Studies in Cognitive Science in Honor of Csaba Pléh* (pp. 379–394).

Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66175-5_27

Krajcsi, A., Lengyel, G., & Kojouharova, P. (2016). The Source of the Symbolic Numerical Distance and Size Effects. *Frontiers in Psychology*, 7.

<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01795>

Krajcsi, A., Lengyel, G., & Laczkó, Á. (2018). Interference Between Number Magnitude and Parity: Discrete Representation in Number Processing. *Experimental Psychology*, 65(2), 71–83. <https://doi.org/10.1027/1618-3169/a000394>

Lengyel, G., & Krajcsi, A. (2024). The SNARC effect emerges only with symbolic numbers. <https://doi.org/10.31234/osf.io/2c9kr>

Mathôt, S., Schreij, D., & Theeuwes, J. (2012). OpenSesame: An open-source, graphical experiment builder for the social sciences. *Behavior Research Methods*, 44(2), 314–324. <https://doi.org/10.3758/s13428-011-0168-7>

Nuerk, H., Iversen, W., & Willmes, K. (2004). Notational Modulation of the SNARC and the MARC (Linguistic Markedness of Response Codes) Effect. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 57(5), 835–863. <https://doi.org/10.1080/02724980343000512>

Oliveri, M., Vicario, C. M., Salerno, S., Koch, G., Turriziani, P., Mangano, R., Chillemi, G., & Caltagirone, C. (2008). Perceiving numbers alters time perception. *Neuroscience Letters*, 438(3), 308–311. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2008.04.051>

OpenAI, ChatGPT, 2024. Május 13., chat.openai.com/

Pahl, M., Si, A., & Zhang, S. (2013). Numerical Cognition in Bees and Other Insects. *Frontiers in Psychology*, 4. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00162>

Pedersen T (2024). *patchwork: The Composer of Plots*. R package version 1.3.0.9000, <https://github.com/thomasp85/patchwork>.

Proctor, R. W., & Cho, Y. S. (2006). Polarity correspondence: A general principle for

- performance of speeded binary classification tasks. *Psychological Bulletin*, 132(3), 416–442. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.132.3.416>
- Roettger, T. B., & Domahs, F. (2015). Grammatical number elicits SNARC and MARC effects as a function of task demands. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 68(6), 1231–1248. <https://doi.org/10.1080/17470218.2014.979843>
- RStudio Team (2020). *RStudio: Integrated Development for R*. RStudio, PBC, Boston, MA <http://www.rstudio.com/>.
- Rugani, R., Vallortigara, G., Priftis, K., & Regolin, L. (2015). Number-space mapping in the newborn chick resembles humans' mental number line. *Science*, 347(6221), 534–536. <https://doi.org/10.1126/science.aaa1379>
- Torchiano, M. (2016). *Effsize - A package for efficient effect size computation*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.1480624>
- Venables WN, Ripley BD (2002). *Modern Applied Statistics with S*, Fourth edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0, <https://www.stats.ox.ac.uk/pub/MASS4/>.
- Verguts, T., & Van Opstal, F. (2014). A delta-rule model of numerical and non-numerical order processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 40(3), 1092–1102. <https://doi.org/10.1037/a0035114>
- Viarouge, A., Hubbard, E. M., & McCandliss, B. D. (2014). The Cognitive Mechanisms of the SNARC Effect: An Individual Differences Approach. *PLoS ONE*, 9(4), e95756. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095756>
- Walsh, V. (2003). A theory of magnitude: Common cortical metrics of time, space and quantity. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(11), 483–488. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2003.09.002>
- Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L., François, R., Grolemund, G., Hayes, A., Henry, L., Hester, J., Kuhn, M., Pedersen, T., Miller, E., Bache, S., Müller,

- K., Ooms, J., Robinson, D., Seidel, D., Spinu, V., ... Yutani, H. (2019). Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1686.
- Wickham H, Bryan J (2023). *readxl: Read Excel Files*. <https://readxl.tidyverse.org>, <https://github.com/tidyverse/readxl>.
- Wickham H, François R, Henry L, Müller K, Vaughan D (2023). *dplyr: A Grammar of Data Manipulation*. R package version 1.1.4, <https://github.com/tidyverse/dplyr> <https://dplyr.tidyverse.org>.
- Wickham H, Henry L (2023). *purrr: Functional Programming Tools*. R package version 1.0.2, <https://github.com/tidyverse/purrr>, <https://purrr.tidyverse.org/>.
- Wickham H, Vaughan D, Girlich M (2024). *tidyr: Tidy Messy Data*. R package version 1.3.1, <https://github.com/tidyverse/tidyr>, <https://tidyr.tidyverse.org>.
- Wood, G., Willmes, K., Nuerk, H.-C., & Fischer, M. H. (2008). On the cognitive link between space and number: A meta-analysis of the SNARC effect. *Psychology Science*, 50(4), 489–525.
- World Health Organization. (2022). *International classification of diseases for mortality and morbidity statistics (11th ed.)*. <https://icd.who.int/en/>
- Zeileis, A., & Hothorn, T. (2002). Diagnostic Checking in Regression Relationships. In *R News* (Vol. 2, Issue 3, pp. 7–10). <https://CRAN.R-project.org/doc/Rnews/>.