

A kutatási program három célt tűzött ki:

1. A process overlap theory tesztelése modellezés segítségével (beleértve általában a kognitív képességeket és szűkebben a munkamemóriát)

2a. Végrehajtó feladatok fejlesztése, a figyelmi/végrehajtó funkciók szerepének vizsgálata

2b. A legrosszabb teljesítmény szabály (worst performance rule) tesztelése a 2a projektszakaszban fejlesztett végrehajtó feladatok segítségével

Ezek közül az első projekt jelentette a teljes munkaterv központi részét (50%), a második a és harmadik projekt ezt egészítették ki: a 2a projekt a munkaterv 33%-át, a 2b projekt a 16%-át tette ki. Az alábbiakban a kutatás eredményeit az egyes projektekre lebontva mutatom be, majd a jelentés végén felsorolom valamennyi, az ösztöndíjas időszak alatt született és a támogatásra hivatkozó peer-reviewed publikációt.

1. A process overlap theory tesztelése modellezés segítségével

Ez a projekt több alrészből épült fel: a process overlap theory tesztelése a hozzá tartozó dichotóm item-válasz (IRT) modelljére épülő szimulációk segítségével, nem-dichotóm (munkamemória-feladatokra is alkalmazható) modell kialakítása, valamint ennek tesztelése.

A szimuláció a terveknek megfelelően megvalósult, a számításokhoz az R statisztikai programnyelvet használtuk. A szimuláció elsődleges célkitűzése az volt, hogy a process overlap theory (POT) feltevései alapján generáljunk teszteredményeket, majd ezeket látens változóelemzésnek vessük alá. Vagyis a matematikai modell alapján azt szimuláltuk, hogyan alakulnának a teszteredmények, ha a feladatok megoldását valóban az átfedő folyamatok összjátéka határozná meg. A szimuláció eredménye megmutatta, hogy az így létrehozott „mesterséges” teszteredmények faktoranalízise során is azonosítható egy általános faktor, amely statisztikai szempontból éppen úgy „viselkedik”, mint ha egy olyan, általános képesség vagy tulajdonság lenne, amely minden fajta tesztben megjelenik, és ami a legfontosabb, ami okozza a teszten elért eredményt.

Az eredményeket bemutattuk egy poszteren a Psychonomic Society 2018-as konferenciáján:

Kovacs, K., Conway, A. R. A., Snijder, J., & Hao, H. (2018). General Intelligence Explained (Away). Poster presented at: The 59th Annual Meeting of the Psychonomic Society, New Orleans, 2018.11.15-18.

A szimulációk eredményét peer-reviewed publikációban is tervezzük megjeleníteni. A leendő szerzőtársakkal (akik nagyjából azonosak a fenti konferencia-közlemény szerzőivel) abban állapodtunk meg, hogy a szimulációkat nem önálló cikként jelentetjük meg, hanem egy átfogóbb, egyrészt a process overlap theory-val kapcsolatos kritikákra reagáló, másrészt az elméletből fakadó, az azt bemutató cikk megjelenése (2016) óta empirikusan alátámasztott

predikciókat összefoglaló, nagyobb léptékű cikkben. Ennek a kézírata jelenleg készül, várhatóan még 2022-ben benyújtásra kerül.

Emellett a legújabb kutatási eredményeknek megfelelően hálózatos modellekben is elkezdtük vizsgálni a POT egyes predikcióit, az IRT-alapú szimulációkra épülő látens változó-elemzéseket kiegészítendő. Ezek az eredmények fontos kiegészítései a kutatási tervben megjelölt vizsgálatoknak. Egy ilyen hálózatos vizsgálat eredményét tavaly publikáltuk:

Schmank, C. J., Goring, S. A., Kovacs, K., & Conway, A. R. A. (2019). Psychometric Network Analysis of the Hungarian WAIS. *Journal of Intelligence*, 7(3), 21.
<https://doi.org/10.3390/jintelligence70300210>

A POT-nak megfelelő munkamemória modell kialakításához tanulmányoztuk a politóm IRT-modellek családjait. A mentális tesztek eredménye rendszerint helyes-helytelen válaszokat tartalmaz, vagyis dichotóm, és a legtöbb IRT tesztmodell ilyen feladatokra alkalmazható. A munkamemória-terjedelem azonban politóm, vagyis a megjegyzett tételek számát jelenti, 0-tól akár 8 vagy 10 itemig. Az ilyen tesztekhez úgynevezett politóm IRT-modellek tartoznak, amelyek az egyes válaszkategóriák előfordulásának valószínűségét adják meg a képességszint függvényében.

A két legfontosabb politóm IRT modelltípus a partial credit model és a graded response model. A modellek pszichometria jellegzőinek vizsgálata során arra a következtetésre jutottunk, hogy a munkamemóriának mint pszichológiai konstruktumnak a modellezéséhez a graded response model megfelelőbb, mivel a partial credit model feltevései nem validak (pl. a partial credit modellben 0-nál nagyobb valószínűségű az egyes szintek "átugrása", ami egy emlékezeti konstruktum esetében nem elképzelhető).

Az elkészült modell a POT-I-hez hasonló, amennyiben multidimenzionális és részben kompenzatorikus (területeken belül kompenzatorikus, területek között nem az), ugyanakkor politóm. A modellezés kezdeti eredményeit konferenciákon mutattuk be:

Kovacs, K., Conway, A., Process overlap theory: Towards a common model for intelligence and working memory capacity. Annual Meeting of the International Society for the Study of Individual Differences, Florence, Italy, 1/8/2019

Kovacs, K., POT-MIRT: Psychometric modelling of a cognitive theory of intelligence. 84th Annual Meeting of the Psychometric Society, Santiago de Chile, Chile, 18/7/2019

A munkamemória-modellből egyértelműen következett, hogy a képesség-differenciációnak a munkamemóriában is meg kell jelennie.

A képesség-differenciáció azt a jelenséget jelenti, hogy a különböző terület-specifikus (pl. téri, nyelvi) tesztek eredményei közti korreláció magasabb az alacsonyabb képességtartományban, és alacsonyabb a magasabb képesség-tartományban (vagyis magasabb

képességeknél az egyes képességek differenciáltabbnak tűnnek). Ebből következően, ha faktoranalízist végzünk, akkor az általános faktor több varianciát magyaráz az alacsonyabb képességtartományban, míg a magasabb képességtartományban a területspecifikus variancia aránya magasabb.

A munkamemória-feladatok is különböző területeket fednek le, így van téri, nyelvi stb. munkamemória-feladat. Korábbi vizsgálatokból származó, nagyméretű adathalmazokon, a moderált faktoranalízis módszerét alkalmazva elsőként mutattuk meg, hogy a differenciáció jelensége valóban létezik munka-memória feladatokban. Amellett, hogy önmagában is fontos eredmény, hogy a differenciáció nem csak pszichometriai képességtesztek esetében jelentkezhet, hanem számítógépes kísérleti feladatok eredményében is, ezzel sikerült alátámasztani a process overlap theory egyik fontos predikcióját.

A munkamemória-modellből következő differenciációs predikción kívül a process overlap theory-ból az a specifikus hipotézis is következik, hogy a differenciáció nem csak a munkamemória általános szintjétől függ, hanem a fluid intelligencia szintjétől is. Ennek ellenőrzésére olyan moderált faktoranalízist végeztünk, amelynek során külső moderátorként bevontunk fluid, kristályos és téri képességtesztekből kivont specifikus faktorokat. Az elmélet predikcióinak megfelelően a differenciáció a háromféle moderátor közül csak a fluid esetben jelentkezett. Vagyis nem csak az alacsonyabb átlagos munkamemória-kapacitás esetében magasabb a specifikus munkamemória-feladatok közti korreláció, hanem alacsonyabb fluid képesség esetén is, és fordítva, minél jobban szerepel egy rész-populáció a fluid intelligencia-teszteken, annál terület-specifikusabb a munkamemória-feladatok közt korreláció.

Az elméleti jelentőség mellett ez az eredmény a munkamemória-kutatások számára gyakorlati, módszertani jelentőséggel is bír. A munkamemória terület-specifikusságáról folytatott vita során született eltérő eredmények ugyanis az eltérő vizsgálati minták következményei is lehetnek. Az eredményeink alapján valószínűsíthető, hogy az egyetemistákból álló minták esetében nagyobb a terület-specifikusság, és ezt a munkamemória-kutatások során érdemes figyelembe venni. Az eredményeket a *Journal of Memory and Language* folyóiratban publikáltuk:

Kovacs, K., Molenaar, D., & Conway, A. R. A. (2019). The domain specificity of working memory is a matter of ability. *Journal of Memory and Language*, 109, 104048.

2. Végrehajtó feladatok fejlesztése, a figyelmi/végrehajtó funkciók szerepének vizsgálata; a legrosszabb teljesítmény szabály (worst performance rule) tesztelése a 2a projektszakaszban fejlesztett végrehajtó feladatok segítségével

A cél olyan számítógépes végrehajtó feladatok kifejlesztése volt, amelyek teljesítmény, nem pedig reakció-idő alapján mérnek, a reakció-idő alapú feladatok esetében ugyanis alacsony megbízhatósági értékeket találtak, így ezek az – eredetileg kísérleti pszichológiai kutatásokhoz készült – feladatok kevésbé alkalmasak az egyéni különbségek mérésére.

Három feladat került kifejlesztésre, amelyek központi végrehajtó funkciókat mérnek. Az első az N-vissza feladat, amelyben a személynek jeleznie kell, ha egy folyamatosan következő ingersorozatokban az éppen soron következő inger azonos, mint az N-nel korábbi inger. Az N egytől négyig fokozatosan nő. A második feladat az úgynevezett Vizuális elrendezés (visual array). Ebben a képernyőn színes alakzatok jelennek meg rövid ideig, ezt maszkolás követi, majd egy újabb színes alakzatokból álló elrendezés következik. A személynek el kell döntenie, hogy az újabb alakzat teljesen azonos-e az előzővel, vagy egy apró részletben eltér. A harmadik feladatban színes geometriai ábrákról kell eldönteni, hogy egy adott szabálynak megfelelő helyen jelennek-e meg, azonban a feladat során a szabályok többször is változnak, és a korábban helyes válaszhoz vezető szabályok hibához vezetnek.

Mindhárom feladat PsychoToolKit rendszerben készült. A háromból két feladatot középiskolásokon teszteltünk, és azok megfelelő reliabilitási értékeket mutattak.

A COVID helyzet miatt új adatok gyűjtésére nem került sor, ehelyett három, korábban már publikált kutatás (Benedek et al., 2014; Friedman et al., 2006, 2011) adatbázisa alapján végeztük el a tervezett vizsgálatot, amelyeket az eredeti közlemények szerzői a rendelkezésünkre bocsátottak. Az adatbázisok mérete: N=243, 234, 945 (a hivatkozások fenti sorrendjében).

Ugyanakkor a „legrosszabb teljesítmény szabály” vizsgálata helyett általában vizsgáltuk a végrehajtó funkciók szerepét a kognitív képességek szerkezetében. Ennek az az oka, hogy időközben két friss, fontos közlemény is megjelent, amelyek közül az egyik egy meta-analízis, és amelyek kétségbe vonták a jelenség általánosíthatóságát. Arra mutattak rá, hogy az elemi kognitív feladatok esetében nem a legrosszabb teljesítmény, hanem a legrosszabb és az átlagos, vagyis a legjobbat leszámítva valamennyi eredmény korrelál a kognitív teljesítménnyel. Éppen ezért javasolják a „legrosszabb teljesítmény szabály” helyett a „nem legjobb teljesítmény szabály” (not best performance rule) használatát (Schubert, 2019; Welhaf et al., 2020). Így a kutatás során teljesítményszinttől függetlenül vizsgáltuk a figyelmi-végrehajtó folyamatok szerepét.

Először egy szimuláció segítségével mutattuk meg, hogy – a process overlap theory feltevéseinek megfelelően – akkor is tudunk egy olyan faktor modellt illeszteni, amelyben szerepel egy, végrehajtó folyamatok által meghatározott általános faktor, ha valójában nincs egyetlen általános képesség, amely valamennyi területen szerepet játszik. Vagyis a faktormodellezés során úgy tűnhet, mint ha lenne egy általános kognitív képesség, holott valójában több, különböző, de számos fajta feladatban szerepet játszó végrehajtó folyamat felelős a tesztek eredménye közti pozitív korrelációért.

Ezt követően a korábban említett három adatbázist vizsgáltuk. Azt találtuk, hogy a POT által javasolt modell, amelyben számos különböző figyelmi és végrehajtó funkció szerepel, amelyek különböző specifikus képességekkel összhangban felelősek a kognitív teszteken nyújtott teljesítményért, jobban illeszkedik az empirikus adatokhoz, mint az egy általános végrehajtó figyelmi faktort feltételező modellek (Engle, 2018).

Az eredményeket az alábbi közleményben mutattuk be:

Conway, A.R.A.; Kovacs, K.; Hao, H.; Rosales, K.P.; Snijder, J.-P. (2021). Individual Differences in Attention and Intelligence: A United Cognitive/Psychometric Approach. *Journal of Intelligence*, 9(3), 34. <https://doi.org/10.3390/jintelligence9030034>

Hivatkozások

- Benedek, M., Jauk, E., Sommer, M., Arendasy, M., & Neubauer, A. C. (2014). Intelligence, creativity, and cognitive control: The common and differential involvement of executive functions in intelligence and creativity. *Intelligence*, 46(1), 73–83. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2014.05.007>
- Engle, R. W. (2018). Working Memory and Executive Attention: A Revisit. *Perspectives on Psychological Science*, 13(2), 190–193. <https://doi.org/10.1177/1745691617720478>
- Friedman, N. P., Miyake, A., Corley, R. P., Young, S. E., DeFries, J. C., & Hewitt, J. K. (2006). Not all executive functions are related to intelligence. *Psychological Science*, 17(2), 172–179. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01681.x>
- Friedman, N. P., Miyake, A., Robinson, J. A. L., & Hewitt, J. K. (2011). Developmental Trajectories in Toddlers' Self-Restraint Predict Individual Differences in Executive Functions 14 Years Later: A Behavioral Genetic Analysis. *Developmental Psychology*, 47(5), 1410–1430. <https://doi.org/10.1037/a0023750>
- Schubert, A. L. (2019). A meta-analysis of the worst performance rule. In *Intelligence* (Vol. 73, pp. 88–100). JAI. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2019.02.003>
- Welhaf, M. S., Smeekens, B. A., Meier, M. E., Silvia, P. J., Kwapil, T. R., & Kane, M. J. (2020). The worst performance rule, or the not-best performance rule? Latent-variable analyses of working memory capacity, mind-wandering propensity, and reaction time. *Journal of Intelligence*, 8(2), 1–23. <https://doi.org/10.3390/jintelligence8020025>

Valamennyi, a PD ösztöndíj alatt született, azt támogatásként megemlítő peer-reviewed nemzetközi publikáció:

Kovacs, K., Molenaar, D., & Conway, A. R. A. (2019). The domain specificity of working memory is a matter of ability. *Journal of Memory and Language*, 109, 104048.

Schmank, C. J., Goring, S. A., Kovacs, K., & Conway, A. R. A. (2019). Psychometric Network Analysis of the Hungarian WAIS. *Journal of Intelligence*, 7(3), 21.

Kovacs, K., & Conway, A. R. A. (2019). A Unified Cognitive/Differential Approach to Human Intelligence: Implications for IQ Testing. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 8, 255–272.

De Boeck, P., & Kovacs, K. (2020). The Many Faces of Intelligence: A Discussion of Geary's Mitochondrial Functioning Theory on General Intelligence. *Journal of Intelligence*, 8(1), 8.

Ujma, P. & Kovacs, K. (2020). The Mitochondrial Theory of g Is Incompatible with Genetic Evidence and Does Not Explain Statistical Phenomena. *Journal of Intelligence*, 8(3), 27.

Kovacs, K., & Conway, A. R. A. (2020). Process overlap theory, executive functions, and the interpretation of cognitive test scores. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 9, 419-424.

Schmank, C. J., Goring, S. A., Kovacs, K., & Conway, A. R. A. (2021). Investigating the Structure of Intelligence Using Latent Variable and Psychometric Network Modeling: A Commentary and Reanalysis of McFarland, *Journal of Intelligence*

Conway, A.R.A.; Kovacs, K.; Hao, H.; Rosales, K.P.; Snijder, J.-P. (2021). Individual Differences in Attention and Intelligence: A United Cognitive/Psychometric Approach. *Journal of Intelligence*, 9(3), 34.

Kovacs, K. (2022). Individual differences: The history of the abandoned child of experimental psychology. In Gervain, J., Csibra, G., Kovacs, K. (ed.) *A Life in Cognition. Studies in Cognitive Science in Honor of Csaba Pléh*. Springer