

Az Optical Flow-módszer a zenebefogadó mozdulatok kutatásában

Tiszai Luca

tiszail@ujs.sk

Selye János Egyetem

Devosa Iván

ivan@devosa.hu

Károli Gáspár Református Egyetem

Jelen tanulmány egy több mint 10 éves kutatássorozat új állomását, az optical flow-módszer alkalmazásának lehetőségeit vizsgálja a zenehallgató bevonódásának kutatásában. A zenebefogadó mozgás kvantitatív értékelését a videóelemzés mikroanalízissel való kutatáskiegszítő módszereként szeretnénk használni. Tanulmányunkban ismertetjük a kutatás elméleti hátterét, és bemutatjuk az új kutatási módszert.

Kulcsszavak: *súlyos-halmazott fogyatékoság, optical flow, zenebefogadás, Kokas-módszer*



A súlyos-halmazott fogyatékoságról nem lehet egységesen beszélni, mert egy különlegesen heterogén csoportról van szó. A különböző diszciplínák más központi kérdés alapján határozzák meg a fogalmat. A kötőjeles írásmód arra utal, hogy szorosan összekapcsolódik a két jelenség, vagyis több fogyatékoság van jelen, és azok közül egy vagy akár több is a súlyos fokozatba tartozik.

A WHO 1992-ben úgy határozta meg ezt a csoportot, hogy a legsúlyosabb értelmi fogyatékosággal azonosította, melynek kritériuma a 20 pontnál alacsonyabb intelligenciahányados. A gyógypedagógia modern szakirodalma megkérdőjelezi mind az IQ-alapú besorolást, mind a súlyos-halmazott fogyatékoság legsúlyosabb értelmi fogyatékosággal való azonosítását (Lányiné, 2001; Márkus, 2005; Tiszai, 2018a, 2018b, 2023). A súlyos-halmazott fogyatékoság alatt az egész élet során fennálló állapotot értjük, ahol „*a kommunikáció, a beszéd, a mozgás, az értelem és az érzékelés-észlelés – minimálisan két területén súlyos vagy legsúlyosabb mértékű zavar mutatható ki.*”¹

1 SNI irányelvek, 2021

A kutatás nehézségei

A célcsoportról ma sem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű kutatási adat. A mai gyógypedagógia törekvése: szakítani az összehasonlítással, a képességek szintekben és pontszámokban való kifejezésével, de jelenleg nem áll túl sok alternatíva a szakemberek rendelkezésére. A problémát jól mutatja a *Nakken* és *Vlaskamp* (2007) meghatározásában rejlő önellentmondás, miszerint az intellektuális fogyatékoság „*olyan súlyos, hogy hagyományos tesztekkel nem mérhető*”. Amit nem tudunk megmérni, arról hogyan állíthatjuk, hogy súlyos?

A súlyos-halmazott fogyatékosággal kapcsolatban alig beszélhetünk kutatási eredményekről. Egyrészt azért, mert a mai napig a sajnálat és a pedagógiai pesszimizmus jellemzi a célcsoport iránti attitűdöt, másrészt azért, mert a különböző fogyatékoságok halmazódása (például a verbális kommunikáció hiánya, a súlyos fokú autizmus, a súlyos, agyi eredetű mozgáskorlátozottság, az érzékszervi fogyatékoságok együttes jelenléte) miatt nehéz egységes kutatási protokollt felállítani, amellyel a célcsoport minden tagjára igaz következtetéseket lehetne levonni, illetve ugyanezen okból a meglévő standardizált protokollok személyre szabása is nehézkes, időigényes, és a protokoll megváltoztatásával a kapott eredmények már korlátozottan vethetők össze a standardizált tesztek eredményével.

Szemléletváltás: konstruktivista tanuláselmélet

Az alacsony intelligenciahányados feltételezése abból az elméleti keretből származtatható, amely a 20. elejétől a mai napig meghatározza az emberi intelligencia fejlődéséről való gondolkodásunkat. „*Ebből a gondolkodásmódból indult ki az ún. „normális gyermek” koncepciója, hiszen e megközelítés olyan normatívnak gondolt fejlődési információkat adott, amelyek alapján egy ún. ’tipikus gyerek’ esetében elvárható volt, hogy bizonyos életkorban milyen adott képességekkel rendelkezzen. A tudományos bizonyítékok azt mutatják, hogy ezek az elgondolások önmagukban már nem állják meg a helyüket a gyerekek fejlődésére vonatkozóan, holott még máig is sokan vallják e nézeteket*” (Danis, Farkas, Herczog és Szilvási, 2011. 41. o.). A súlyos-halmazott fogyatékosággal élő gyermekek szemmel láthatóan elmaradtak ezen a lineárisnak képzelt fejlődési skálán, így azt gondolták, ilyen esetben az értelmi képességek is a lehető legalacsonyabb szinten vannak.

A konstruktivista tanulási modell erőteljesen megváltoztatta az emberi intelligenciáról alkotott nézeteinket. Ezen paradigma szerint az egyén – megszerzett tapasztalatai alapján – egy saját törvényei szerint működő tudásrendszert épít fel (Nahalka, 2002; 2013). Ez a megtapasztalt szenzoros információk alapján felépített belső tudásrendszer személyes és egyedi, az egyén számára teljes és reális valóság (Eagleman, 2017). Felmerül a kérdés, hogy egy érzékszervi fogyatékosággal, esetleg halmazott érzékszervi

fogyatékosággal született, vagy atipikus szenzoros profillal rendelkező és emellett súlyosan mozgáskorlátozott személy milyen szenzoros információk alapján tájékozik, és a kapott információkat hogyan szervezi egységes és logikus rendszerré. A konstruktivista tanulásemélet tehát új értelmezési keretet ad a súlyos-halmozott fogyatékoság és az értelmi képességek kapcsolatának értelmezésében.

Kutatási előzmények, embodied music cognition

Tapasztalataink szerint a súlyos-halmozott fogyatékosággal élő személyek zeneértő zenehallgatókká válnak. A Szent Erzsébet Otthonban 2007 óta folynak zenebefogadó foglalkozások Kokas Klára a célcsoportra adaptált módszere alapján. 2013 óta folynak a zenebefogadó mozdulatok elemzésére vonatkozó kutatásaink (*Tiszai*, 2018b; *Tiszai, Szűcs-Ittész és Devosa*, 2022).

A zenebefogadás komoly kognitív teljesítményeken alapuló komplex tevékenység (*Hansen, Dietz és Vuust*, 2017; *Cheung és mtsai.*, 2019; *Gold és mtsai.*, 2019a, 2019b; *Ferreri és mtsai.*, 2021). Az úgynevezett zenei jutalom egy absztrakt jutalom. A zenei jutalom alatt a kutatók azt a folyamatot értik, amelynek során a zenehallgató valamilyen módon elővételezi a zene következő mozzanatát. Ez az anticipáció, és a várt zenei motívum meghallása a dopaminrendszert aktiválva függőségekhez hasonló állapotot hoz létre az agyban (*Salimpoor és mtsai.*, 2011; 2015; *Gebauer, Kringelbach és Vuust*, 2012). A zene következő mozzanatának megsejtésével, más szóval az anticipációval van szoros kapcsolatban (*Blood és Zatorre*, 2001). Zenehallgatáskor ezek a „megsejtések” valamilyen összefüggés, mintázat felismerése során jönnek létre, amelynek feltétele a bevonódás, a figyelem, a mintázatok felismerése és ezen mintázatok azonosítása a hallott zenével. Ráadásul a zenében számtalan rendszer működik egyszerre: a metrika, a harmónia, a hangszerelés, a dinamika rendszereiben egyaránt lehetnek/adódhatnak ilyen meglepetések. Az adott zene nyelve, stílusa, struktúrája, tonális rendje vagy bármilyen, a zeneszerző által sugallt szabályosságot felismerhetünk. Ezek azonosítása és anticipációja (amelynek jelenlétét korábbi kutatásaink több ízben bizonyították) nem lehetséges abban az esetben, ha a kognitív funkciók olyan alacsony szinten működnek, mint ahogy azt korábban feltételezték.

Kutatócsoportunk jelenleg olyan módszereket keres, amelyek a zene és a mozdulat komplex rendszerét nem részleteiben, hanem egészében képesek megragadni, mert az egy-egy rendszer és a mozdulat közötti összefüggés keresése nem adta vissza a felismerések azon gazdagságát, amelyet a videóelemzések során tapasztaltunk (*Tiszai és Devosa*, 2019). Elsődleges feltételezéseink szerint a zene és a mozdulat közötti szoros kapcsolat miatt összefüggést fogunk találni a zenét játszó hangszeres és a zenehallgatók mozdulatai között. Kutatások támasztják alá, hogy a zenészek a hangszerkezelés mozdulatain kívül számtalan más mozdulatot is végeznek, s ezek a mozdulatok ugyanúgy a darab előadásának állandó komponensei, mint azok a hangok, amelyeket

megszólaltatnak (pl. *Cadoz*, 1988; *Cadoz és Wanderley*, 2000; *Jensenius és mtsai.*, 2009; *Wanderley és Depalle*, 2004). A frazeáló mozgások (Phrasing movements) a darab értelmezésének is mondhatók. *Leman és mtsai.* (2009) zenehallgatókat kértek, hogy egy hangszeren játszó zenészt hallgatva kövessék mozdulataikkal a zenét. A hallgatók a frazeáló mozgásokat követték, mivel ezek a mozgások fejezték ki pl. a zenei mondatok egységét, amelyet a zenehallgató a zenén keresztül érzékel.

Vizsgálatunk egyik tárgya, hogy a zenész mozdulatai és a zenehallgató mozdulatai között találunk-e olyan összefüggést, amely alapján következtetni tudunk a zenehallgató bevonódásának, „értésének” mértékére.

A zenei előadásokból származó emberi mozgásadatok kinyerése és számszerűsítése megannyi felhasználási lehetőséget kínál a zenei interakció kutatói számára. Az előadóművészek mozgásadatai fontos szerepet játszhatnak a zenészek közötti interperszonális szinkronitás és a zenészek közötti együttmozgás, a zenekaron belüli vezetőkövető kapcsolatok és a zenei gesztuselemzés kutatásában (például koncertek éjszakai klubokban, próbák zenei gyakorlótermekben stb.). Az egyik terület, amely különböző ígéretes technikákat kínál az emberi mozgás jellemzőinek videókból történő kinyerésére, a számítógépes látás területe (*Mooslund és Granum*, 2001), beleértve az objektumfelismerést, az eseménydetektálást, az objektumkövetést és a mozgásbecslést (*Forsyth és Ponce*, 2002).

A kutatók a közelmúltban kezdték el tesztelni a számítógépes látás technikáinak hatékonyságát az emberi testmozgások rögzítésére és indexelésére a szociális motoros koordinációs feladatok (*Romero és mtsai.*, 2016) és a tánc során (*Solberg és Jensenius*, 2016). *Romero és munkatársai* (2016) munkája azt sugallja, hogy a számítógépes látásmódok videófelvételekre alkalmazva – bizonyos feltételek mellett – a testmozgások követését a drágább technikai megoldásokhoz – például a Microsoft Kinecthez – hasonlóan képesek elvégezni. Ez előnyös, mivel a speciális technológiák nemcsak költségesek, hanem invazívak is lehetnek: a markereket a személy testére kell rögzíteni (vagy egyes rendszerek esetében speciális ruhát kell viselni), időigényesek a beállítási és kalibrációs eljárások tekintetében, és a speciális laboratóriumokon kívül nehéz más környezetben megvalósítani. Korábbi kutatásokból ismert, hogy azok a feltételek, amelyek mellett a videóra alkalmazott számítógépes látásmódok a testmozgások számszerűsítése szempontjából a legjobban megközelítik a drágább technológiával felvett minták minőségét, a következők: rögzített videó-kameraszög (pl. nincs zoomolás vagy pásztázás), stabil megvilágítás a felvételi környezetben, a háttérben nem történik más mozgás, és a résztvevők térbeli elkülönítése, hogy elkerülhető legyen az elfedés vagy az egyik résztvevő mozgása a másik résztvevő elemzési terében (*Paxton és Dale*, 2013; *Romero és mtsai.*, 2016). A számítógépes látásmódok mozgáskövetésre való alkalmazásának korlátai közé tartozik azonban, hogy ezek a módszerek korábban a nagy méretű, teljes testet érintő mozgások követésére alkalmasabbnak bizonyultak, mint az egyes testrészek mozgásának követésére (*Paxton és Dale*, 2013; *Romero és mtsai.*, 2016), és csak két dimenzióban

mérik a mozgásokat.² Ezenkívül a számítógépes látási technikákat általában az alacsonyabb időbeli felbontású adatforrásokra alkalmazzák; a szabványos videófelveteleket általában körülbelül 25 képkocka/másodperc (fps) képkockasebességgel rögzítik, míg a professzionális elemzőrendszerek gyakran 100-200 fps tartományban rögzítik.

A zenei előadás egy másik nagyon fontos eset a számítógépes látási technikák képességeinek tesztelésére, mivel a csoportos zenélés különböző mozgási jeleket használ az előadók közötti időzítés és kifejezőkészség összehangolásának megkönnyítésére. Az időzítés és az expresszivitás összehangolását néha interperszonális vonzásnak nevezik (*Clayton, Sager és Will, 2005*). A zenei előadások videófelveteleinek készítésekor gyakran lehetőség van olyan megoldások megvalósítására is, amelyek minimalizálják a számítógépes látási technikák alkalmazása során felmerülő, fent felsorolt kihívások némelyikét. Például a világítás és a kamera szöge az előadás során szabványos beállításokhoz rögzíthető, és az előadók úgy helyezkedhetnek el az előadási térben, hogy ne takarják egymást (legalábbis kis létszámú együtteseknél).

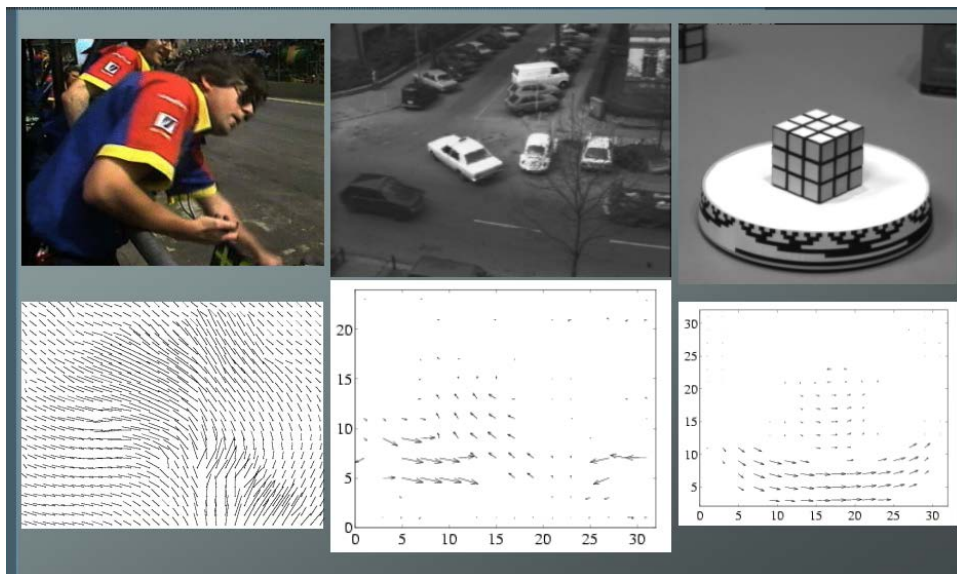
A zenei együttesekben a koordináció az auditív (hangszeres és énekhangok) és a vizuális (testmozgás és szemkontaktus) jelzések használatával és integrálásával érhető el. Az időbeli koordináció pontossága az auditív tartományban jellemzően több tíz milliszekundumos nagyságrendű a tapasztalt együttesek előadásában (*Shaffer, 1984; Rasch, 1988*). A hangokat előállító mozdulatok, például a zongorista ujjmozdulatai vagy a hegedűs vonómozdulatai gyakran hasonlóan rövid időskálán fejeződnek ki. Ezen az előadás során szükséges hangszeres, hangtermelő mozdulatokon kívül a zenészek különböző kommunikatív és hangképző mozdulatokat is használnak, amelyek az előadók közötti időzítés és kifejezőszándékok összehangolására szolgálhatnak (*Jensenius és mtsai., 2010*). Ezek a kiegészítő mozgások (pl. fejbiccentés, testmozgás) jellemzően hosszabb idő alatt fejlődnek ki, mint az instrumentális mozgások (pl. másodpercnyi nagyságrendűek) (*Wanderley és mtsai., 2005; Davidson, 2009*). Fontos, hogy szisztematikus kapcsolatokat figyeltek meg a kiegészítő testmozgások és a zenei hangok szintjén történő koordináció között (*Keller és Appel, 2010; Ragert, Schroeder és Keller, 2013*). Így az ilyen mozgások elemzése információt szolgáltat az együttes előadásán belüli interperszonális koordináció általános szintjéről. Az akusztikai jellemzőkkel és a hangszeres mozgásokkal ellentétben a járulékos testmozgások általában az előadókra általánosíthatók, függetlenül a játszott hangszertől, és az énekesi előadásban is gyakoriak. Továbbá az a tény, hogy a kiegészítő mozgások általában hosszabb időintervallumban zajlanak, mint a hangszeres mozgások, lehetővé teszi, hogy a videófelveleken nyomon lehessen követni őket. Ezért a zenei kutatók körében nagy érdeklődésre tarthat számot a zenei előadások videófelvelein rögzített kiegészítő mozgások mérése és elemzése.

A zenei előadás kutatásának számos olyan területe van, amely számára előnyös lehet a számítógépes látás technikáinak használata a mozgásadatok mérésére a személyközi koordináció számszerűsítése céljából. Ilyen technikák alkalmazhatók például az

2 Vö. az olyan érzékelők, mint a gyorsulásmérők, amelyek három dimenzióban mérik a mozgásokat.

előadók közötti időbeli kapcsolatok tanulmányozására a klasszikus vagy könnyűzenei videófelveteleken, illetve a zene- vagy táncterapeuta és kliensei közötti testi interakciók számszerűsítésére. Ha tehát a videóalapú elemzési módszerek gyümölcsözőnek bizonyulnak a zenei interakciókra vonatkozó új ismeretek nyújtásában, akkor sok olyan hasznos kutatás végezhető, amely az ilyen meglévő videóarchívumokat használja fel, ami ezáltal minimalizálhatja az új adatok gyűjtése során szükségszerűen felmerülő költségeket (Glowinski és mtsai., 2013; Moran és mtsai., 2015).

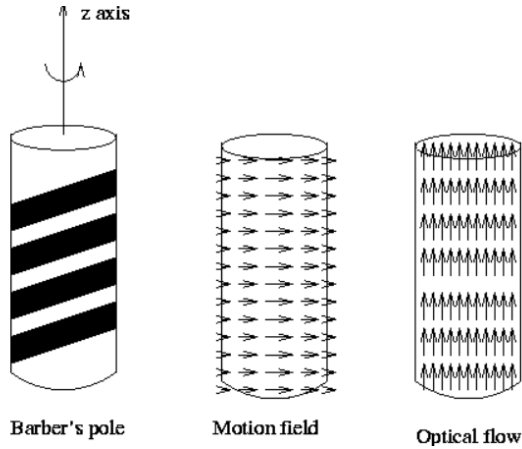
A számítógépes látás területe sokféle lehetséges technikát kínál a mozgó elemek és változások követésére a képsorozatokban, amelyeket ebben a kutatásunkban figyelembe vettünk. Ezeknek a technikáknak a célja az előtérben lévő objektum(ok) (jelen esetben az előadók) megkülönböztetése a statikus háttértől, és az előtérben lévő objektumon további feldolgozást (pl. követést vagy mozgásérzékelést) végeznek, melyhez olyan technikát használtunk, amely részletesebb információt szolgáltat az egyes előadók mozgásirányáról: a mozgásmező variációján alapuló technikát, az optikai áramlást (Farnebäck, 2003) (1.ábra).



1. ábra: Példák optikai áramlásra (Kató és Czúni, 2011)

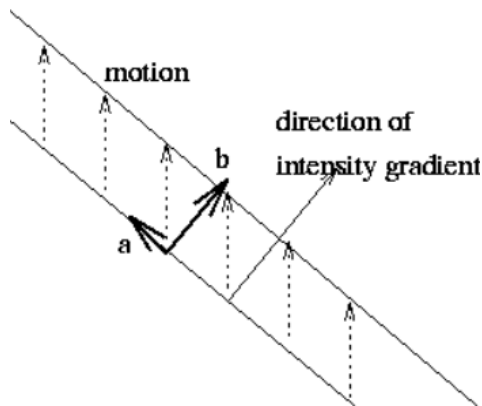
Olyan kvantitatív módszert kerestünk, amely a mozgás energiáját és intenzitását numerikus változókkal írja le, ezért az optikaiáramlás- (optical flow) módszerrel végzünk pilot kutatásokat (Zhang, Wang és Qu, 2012). A módszer arra épül, hogy a videó anyagát képekre bontja, és az egyes képek közötti eltérésből az elmozdulást egy számértékekkel jellemzi. Ettől a módszertől azt várjuk, hogy a zenebefogadó mozdulatokról egy egészes és numerikus adatot kapunk, amely a mikroanalízissel együtt árnyaltabb

képet adhat a zenére adott reakciókról, reményeink szerint gyorsabbá és precízebbé téve az elemzést (1. és 2. ábra).



2. ábra: A fodrásszalonnok jellegzetes jelképe, a pörgő, kék-piros csíkozású jobbra forog, de az optikai áramlás iránya felfelé mutat. Úgy tűnik, mintha a csíkok emelkednének (Owens, 1997)

Az eredmények azt mutatták, hogy a mesterséges fényforrások, a felhős időjárás és az eredeti, többszínű függöny vagy a többszínű háttér befolyásolása hamis adatokat produkál, ezért természetes fényt kell létrehozni (kivéve bizonyos időjárási körülményeket), és az ablakot fedetlenül kell hagyni, vagy fix, egyszínű burkolattal kell letakarni. A háttérnek is egyszínűnek kell lennie, illetve a háttérnek mindenképpen fixnek kell lennie a vizsgált alanyhoz viszonyítva, mert az elmozdulás szöge csak így számítható ki helyesen (3. ábra).



3. ábra: Az optikai áramlásnak csak azt a komponensét tudjuk mérni, amely az intenzitás gradiens irányában van (Owens, 1997)

Összegzés

A súlyos-halmozott fogyatékossgal élő emberek sajátos képességstruktúrájának kutatása egy új, eddig keveset kutatott terület. Ennek egyik oka, hogy a korábbi fejlődéseméletek a többszörös fogyatékossgat elsősorban hiányállapotként írták le. A konstruktív tanuláselmélet olyan új keretrendszert kínál, amelyben újra tudjuk definiálni a sajátos, átlagostól eltérő szenzomotoros tapasztalatra épülő képességstruktúrát és tudásrendszert. Ebben a munkában a zenebefogadó mozdulatok vizsgálata már most sok fontos újdonsággal gazdagítja a célcsoportról való ismereteinket. Az Optical Flow módszer az eddig csak kvalitatív módszerrel vizsgálható adatok kvantitatív módszerekkel való kiegészítésére szolgál.

Irodalom

- Blood, A. J. és Zatorre, R. J. (2001): *Intensely Pleasurable Responses to Music Correlate with Activity in Brain Regions Implicated in Reward and Emotion*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98. 11818–11823. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.191355898>
- Cadoz, C. (1988): *Instrumental gesture and musical composition*. *Proceedings of the International Computer Music Conference*. Hague. 60–73.
- Cadoz, C. és Wanderley, M. M. (2000): *Gesture – Music*. In: Wanderley, M. M. és Battier, M. (szerk.): *Trends in Gestural Control of Music* (CD-ROM). IRCAM, Paris. 71–93.
- Cheung, V. K., Harrison, P. M., Meyer, L., Pearce, M. T. és Koelsch, S. (2019): *Uncertainty and Surprise Jointly Predict Musical Pleasure and Amygdala, Hippocampus, and Auditory Cortex Activity*. *Current Biology*, 29. 4084–4092.
- Clayton, M., Sager, R. és Will, U. (2005): *In time with the music: the concept of entrainment and its significance for ethnomusicology*. *European Meetings in Ethnomusicology*. 11. 1–82.
- Danis Ildikó, Farkas Mária, Herczog Mária és Szilvási Léna (2011): *A koragyermekkori fejlődés természete, fejlődési lépések és kihívások: kézikönyv a Biztos kezdet program munkatársai számára*. SZMI, Budapest.
- Davidson, C. (2009): *Transcription: Imperatives for qualitative research*. *International journal of qualitative methods*, 8. 2. sz. 35–52.
- Eagleman, D. M. (2017): *Az agy: a te történeted*. Akkord Kiadó, Budapest.
- Farneback, G. (2003): *Two-frame motion estimation based on polynomial expansion*. In: J. Bigun és T. Gustavsson (szerk.): *Proceedings from 13th Scandinavian Conference on Image Analysis*. 363–370.
- Ferreri, L., Mas-Herrero, E., Cardona, G., Zatorre, R. J., Antonijoan, R. M., Valle, M., Riba, J., Ripollés, P. és Rodríguez-Fornells, A. (2021): *Dopamine modulations of reward-driven music memory consolidation*. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1502. 1. 85–98. 14.
- Forsyth, D. A. és Ponce, J. (2002): *Computer Vision: A Modern Approach*. Englewood Cliffs. Prentice Hall Professional Technical Reference, NJ.

- Gebauer, L., Kringelbach, M. L. és Vuust, P. (2012): Ever-Changing Cycles of Musical Pleasure: The Role of Dopamine and Anticipation Psychomusicology. *Music, Mind, and Brain*, 2. 152–167.
- Glowinski, D., Gnecco, G., Piano, S. és Camurri, A. (2013): Expressive non-verbal interaction in string quartet. In: *Proceedings of Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII 2013)*. Geneva.
- Gold, B. P., Mas-Herrero, E., Zeighami, Y., Benovoy, M., Dagher, A. és Zatorre, R. J. (2019a): Musical reward prediction errors engage the nucleus accumbens and motivate learning. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116. 3310–3315.
- Gold, B. P., Pearce, M. T., Mas-Herrero, E., Dagher, A. és Zatorre, R. J. (2019b): Predictability and Uncertainty in the Pleasure of Music: A Reward for Learning? *The Journal of Neuroscience*, 39. 9397–9409.
- Hansen, N. C., Dietz, M. J. és Vuust, P. (2017): Commentary: Predictions and the brain: how musical sounds become rewarding. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11. 168. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00168>
- Jensenius, A. R., Wanderley, M. M., Godoy, R. I. és Leman, M. (2009): Musical gestures: Concepts and methods in research. In: Godoy, R. I. és Leman, M. (szerk.): *Musical gestures: Sound, movement, and meaning*. Routledge, New York. 12–35.
- Kató Zoltán és Czúni László (2011): Számítógépes látás. Typotex Kiadó, Szeged. http://tananyagfejlesztés.mik.uni-pannon.hu/images/stories/vegleges_tananyagok/masodikreszlet/kato_czuni_szamitogepes_latas0816.pdf
- Keller, P. E. (2014): Ensemble performance: interpersonal alignment of musical expression. In: Fabian, D., Timmers, R és Schubert, E. (szerk.): *Expressiveness in Music Performance: Empirical Approaches across Styles and Cultures*. Oxford University Press, Oxford. 260–282.
- Keller, P. E. és Appel, M. (2010): Individual differences, auditory imagery, and the coordination of body movements and sounds in musical ensembles. *Music Perception*, 28. 27–46. DOI:10.1525/mp.2010.28.1.27
- Lányiné Engelmayer Ágnes (2001): Halmazott fogyatékoság; halmazottan fogyatékosok; szócikkek. In: Mesterházi Zsuzsa (szerk.): *Gyógypedagógiai lexikon*. Eötvös Loránd Tudományegyetem Bárczi Gusztáv Gyógypedagógiai Kar, Budapest. 109–110.
- Márkus Eszter (2005): Súlyosan-halmazottan fogyatékos gyermekek nevelésének elméleti és gyakorlati problémái. Disszertáció. Kézirat. ELTE, Budapest.
- Moeslund, T. B. és Granum, E. (2001): A survey of computer vision-based human motion capture. *Computer Vision and Image Understanding*. 81.231–68. DOI: 10.1006/cviu.2000.0897
- Moran, N., Hadley, L. V., Bader, M. és Keller, P. E. (2015): Perception of ‘back-channeling’ non-verbal feedback in musical duo improvisation. *PLoS One*, 10. e0130070. DOI:10.1371/journal.pone.0130070
- Nahalka István (2013): Konstruktivizmus és nevelés. *Neveléstudomány*, 1. 4. sz. 21–33
- Nahalka István (2002): *Hogyan alakul ki a tudás a gyerekekben? Konstruktivizmus és pedagógia*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Nakken, H. és Vlaskamp, C. (2007): A Need for a Taxonomy for Profound Intellectual and Multiple Disabilities. *Journal of Policy and Practice for Intellectual Disabilities*. 4. 2. sz. 83–87.
- Owens, R. (1997): *Optical flow*. https://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/LOCAL_COPIES/OWENS/LECT12/node4.html (2023.10.06)

- Paxton, A. és Dale, R. (2013): Frame-differencing methods for measuring bodily synchrony in conversation. *Behavior Research Methods*, 45. 329–43. DOI:10.3758/s13428-012-0249-2
- Ragert, M., Schroeder, T. és Keller, P. E. (2013): Knowing too little or too much: the effects of familiarity with a co-performer's part on interpersonal coordination in musical ensembles. *Frontiers in Auditory Cognitive Neuroscience* 4. 368. DOI:10.3389/fpsyg.2013.00368
- Rasch, M. (1988): Linking cognitive learning theory to instructional prescriptions. *Instructional Science*, 17. 4. sz.369–385. <https://doi.org/10.1007/BF00056222>.
- Romero, V., Amaral, J., Fitzpatrick, P., Schmidt, R. C., Duncan, A. W. és Richardson, M. J. (2016): Can low-cost motion-tracking systems substitute a Polhemus system when researching social motor coordination in children? *Behavior Research Methods*, 1–14. DOI:10.3758/s13428-016-0733-1
- Salimpoor, V. N., Benovoy, M., Larcher, K., Dagher, A. és Zatorre, R. J. (2011): Anatomically distinct dopamine release during anticipation and experience of peak emotion to music. *Nature Neuroscience*, 14. sz. 257–262.
- Salimpoor, V. N., Zald, D. H., Zatorre, R. J., Dagher, A. és McIntosh, A. R. (2015): Predictions and the brain: how musical sounds become rewarding. *Trends in Cognitive Neuroscience*, 9. 2. sz. 86–91. DOI: 10.1016/j.tics.2014.12.001
- Shaffer, L. H. (1984): Timing in solo and duet piano performances. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 36. 577–595. DOI:10.1080/14640748408-402180
- Solberg, R. T. és Jensenius, A. R. (2016). *Optical or inertial? Evaluation of two motion capture systems for studies of dancing to electronic dance music*. Proceedings SMC https://www.duo.uio.no/bitstream/handle/10852/52465/Solberg_Jensenius_SMC2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y (2023.10.06.)
- Tiszai Luca (2023): *Az élet minden területén... A súlyos-halmazott fogyatékoságról a mai kutatók fényében*. Gondolat Kiadó, Budapest.
- Tiszai Luca (2018a): *A közös zenélés szerepe a befogadó attitűd kialakításában: Modellprojekt és hatásvizsgálat*. Doktori értekezés. EKE NTDI.
- Tiszai Luca (2018b): Therapeutic use of 'Kokas-method' in music therapy for people with severe disabilities. *Journal of Russian and East European Psychology*, 55. 1. sz. 85–105. <https://doi.org/10.1080/10610405.2018.1491241> 47.
- Tiszai Luca és Devosa Iván (2019): Akiket Bartók lenyűgözött: súlyosan halmazottan fogyatékos személyek figyelmének EEG vizsgálata zenehallgatás közben. In: Varga Anna, Andl Helga és Molnár-Kovács Zsófia (szerk): *Neveléstudomány – Horizontok és dialógusok. Absztraktkötet*. MTA Pedagógiai Tudományos Bizottság, PTE BTK Neveléstudományi Intézet. 564.
- Tiszai Luca, Szűcs-Ittés Zsuzsanna és Devosa Iván (2022): Súlyosan-halmazottan sérült felnőttek zenebefogadása az „embodied music cognition” paradigma fényében. *Neveléstudomány*, 10. 3. sz. 62–77.
- Wanderley, M. M., Vines, B. W., Middleton, N., McKay, C. és Hatch, W. (2005): The musical significance of clarinetists' ancillary gestures: an exploration of the field. *Journal of New Music Research*, 34. 97–113. DOI:10.1080/09298210500124208
- Zhang, Y., Wang, X. és Qu, B. (2012): Three-Frame Difference Algorithm Research Based on Mathematical Morphology. *Procedia Engineering*, 29. sz. 2705–2709. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.376>