

**SPEKTRUMANALÍZISEN ALAPULÓ AGY-SZÁMÍTÓGÉP  
INTERFÉSZ A FIGYELEM ÉS A MEMORIZÁLÁS  
ELEMZÉSÉRE**

TÉZISFÜZET

**Katona József**

Témavezetők:

**Prof. Dr. Baranyi Péter, egyetemi tanár**  
**Széchenyi István Egyetem**

**Dr. Kővári Attila, egyetemi docens**  
**Dunaújvárosi Egyetem**



**Széchenyi István Egyetem**  
**Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola**

**Győr, 2019.**

## 1. BEVEZETÉS

Az agyban a tanulás alkalmával a neuronok között új összeköttetések kialakulása mellett a már meglévő kapcsolatrendszer is átszerveződhet, így biztosítva az emberi funkciók hatékonyabb elláthatóságát. A hatékony és sikeres tanulást többek között a megértés, értelmezés, lényegkiemelés, problémamegoldó képesség és egyéb kognitív képességek is befolyásolják, mint például a figyelem és az emlékezet. [1], [2]

A kognitív pszichológia magát a tanulást, mint információfeldolgozási tevékenységként, amíg az idegrendszert, mint információ-feldolgozó rendszerként interpretálja. A következőkben áttekintésre kerül a tanulás folyamata az Atkinson és Shiffrin által kidolgozott információfeldolgozási modell alapján, különös tekintettel a figyelem jelentőségére.

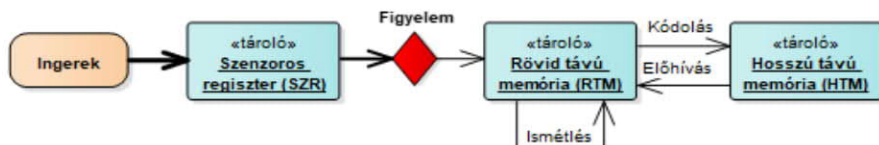
Az információfeldolgozási folyamat első állomása az úgynevezett szenzoros regiszter (SZR)<sup>1</sup>, amely segítségével az érzékszervekből jövő információk feldolgozásra, változatlan formában, kódolásra és tárolásra kerülnek, majd a figyelem egyfajta szűrőként viselkedve az eltérő „pillanatfelvételeket” valamiféle szempont szerint rangsorolja és a magasabb prioritásban részesülő áthelyezésre kerül a rövidtávú memóriába (RTM)<sup>2</sup>, amíg a kevésbé fontos információ elhalványul (1. ábra). A tanulás hatékonysága szempontjából a fentebbi folyamatban maga a figyelem egy nélkülözhetetlen kognitív folyamat, mivel információfeldolgozási koordinálóként viselkedve eldönti, hogy az adott körülményeket tekintve mely információk elengedhetetlenek és melyek jelentéktelenek. Így a folyamatos információfeldolgozás alatt a figyelem alapján a kisebb jelentőséggel bíró információk egy alacsonyabb szinten értékelődnek ki,

---

<sup>1</sup> Olyan pillanati tároló, ahol az észlelt ingerek, mint például a vizuális, akusztikus, taktilis, szag- és ízingerek által folyamatosan feldolgozásra készített, és az információk csak néhány másodpercig maradnak meg, majd törlődnek.

<sup>2</sup> A rövid távú memória (RTM), angolul short-term memory (STM).

illetve gyorsabban elhalványulnak, elfelejtődnek, amíg a fontosabb információk bekerülnek a RTM-ba, ahol úgynevezett egységekbe tömörülhetnek. A RTM-ba került információ ezt követően a hosszútávú memóriába (HTM)<sup>3</sup> kerül, ennek a modell szerinti egyik feltétele, hogy megfelelő ideig fenntartsuk az információt az RTM-ben. [3-6]



**1. ábra: Kettősmemória-modell reprezentációja**

Az agyban végbemenő fizikai, kémiai és biológiai folyamatok ma már egyre nagyobb felbontással vizsgálhatók strukturálisan, illetve funkcionálisan is. Napjainkban a funkcionális neuro-leképezés (fMRI: Functional Magnetic Resonance Imaging)<sup>4</sup> [7-9] a pozitronemissziós tomográfia (PET: Positron emission tomography)<sup>5</sup> [10], a transzkraniális mágneses stimuláció (TMS: Transcranial Magnetic Stimulation)<sup>6</sup>, [11], [12] a közeli infravörös spektroszkópia (NIRS: *Near-infrared spectroscopy*)<sup>7</sup> [13-15] vagy az elektroencefalográfia (EEG: *Electroencephalography*)<sup>8</sup> [16-19] berendezések és eszközök felhasználásával egyre többet tudunk az emberi agy működéséről. A tanulási folyamat vizsgálatában is számos kutatási témában alkalmazzák ezeket az eszközöket, amelyek segítségével kapott eredmények a tanulás eredményességéhez is hozzájárulhatnak.

A fentebbi eszközök mellett a fizikailag egyre kisebb méretű, ám nagyobb teljesítményű jelfeldolgozó és értelmező rendszerek lehetővé tették az úgynevezett agy-számítógép interfészek (BCIs: Brain-Computer Interfaces) megvalósítását,

<sup>3</sup> A hosszútávú memória (HTM), angol elnevezése long-term memory (LTM).

<sup>4</sup> A neurális aktivitás közvetett vizsgálata a vérkémia változásian keresztül.

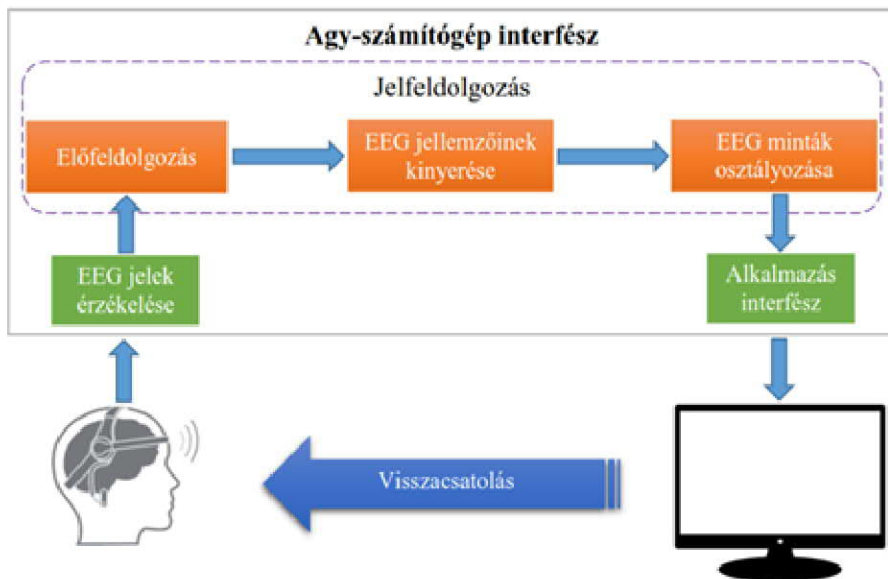
<sup>5</sup> Az agyi aktivitás leképezése pozitron kibocsátó radionukleidekkel történik.

<sup>6</sup> Pulzáló mágneses térrel gyakorolnak hatást az agyban folyó elektromos aktivitásra.

<sup>7</sup> Közélről kibocsátott infravörös fény abszorpciójának mérésével az agyban levő deoxigenált hemoglobinn koncentrációját vizsgálhatjuk.

<sup>8</sup> Elektrofiziológiai mérőeszköz, amely a neuronok elektromos aktivitásának regisztrálására szolgál.

megalkotva így egy olyan összetett rendszert, amely különböző információkat képes továbbítani az emberi agytól jövő jelek feldolgozása útján [20-22], melynek funkcionális modellje az 2. ábrán látható.



**2. ábra: A BCI rendszer funkcionális modellje**

Napjainkra az orvostudományi alkalmazások mellett megjelentek olyan kutatások, amelyek az agyi tevékenység megfigyelésen alapuló egyéb funkciók, akár vezérlési, szabályozási, vagy egyéb működtetés területén történő alkalmazásokat vizsgálják. [20] [HKF-4] Ilyen kutatási projekt például a motoros funkciók elemzése [23], egérkurzor mozgatása [24], egyes játékok [25], [26] továbbá robotok, illetve kerekesszékek vezérlése [27], [28], [HKF-2], [HKNYR-1]. Agy-számítógép interfész megvalósítását igényli minden a korábbiakban említett alkalmazás és azok eszközeinek a működtetésük, mely rendszerbe építéssel az elvárt funkció kivitelezhető.

Az elmúlt években már elérhetővé váltak olyan – viszonylag olcsó és mobil – az agyi bioelektromos tevékenység megfigyelésére alkalmas EEG alapú jelfeldolgozó eszközök, melyek segítségével az agyban lezajló folyamatok által generált villamos

jelek mérhetőek és feldolgozhatók. Ezen EEG bioszenzorok képesek az agy elektromos aktivitásának valós idejű digitális regisztrálására és feldolgozására. Amennyiben egy agyi bioelektromos tevékenység megfigyelését végző eszköz segítségével elemezni lehet a tanuló figyelmét, úgy a tanulás hatékonyságával összefüggő egyik fontos tényező vizsgálható. A figyelem megfigyelésén keresztül az ismeretelsajátítást befolyásoló, az információk befogadásában fontos szerepet játszó folyamat egy fontos tényezője elemezhetővé válik. A jövő oktatási infrastruktúra rendszerében az agy-számítógép interfészek fejlesztése, azok alkalmazása új lehetőségeket adhatnak az oktatás folyamatának optimalizálásában, hatékonyságának növelésében és akár egyénhez illeszkedő, adaptív megvalósításában.

## **2. CÉLKITŰZÉSEK**

A kutatómunka célkitűzése a tanulás hatékonyságával összefüggő memorizálás elemzésre, annak közvetett, a figyelmen keresztül történő megfigyelésre alkalmas informatikai rendszer kidolgozása és megvalósítása. A kidolgozott rendszer, a kognitív neuropszichológiában használt PEBL (PEBL: The Psychology Experiment Building Language) környezetben végrehajtott, a figyelem és memorizálás vizsgálatára alkalmazott, tesztek segítségével kerültek értékelésre, mely a kutatás új tudományos eredményeinek alapját adta.

## **3. A KUTATÁS SORÁN ALKALMAZOTT MÓDSZEREK**

A kutatás kezdetén a nemzetközi és a hazai kapcsolódó szakirodalom került áttekintésre és feldolgozásra a kutatási célkitűzések és a megvalósítás során alkalmazható módszerek, eljárások és struktúrák meghatározása érdekében. Ez alapján kidolgozásra került egy BCI rendszer a figyelem vizsgálatára, mely felhasználásra került a tanulás hatékonyságával összefüggő memorizálás vizsgálatára alkalmazott elemzések elvégzésében.

A kutatáshoz kapcsolódó teszt algoritmusok futtatásához a Pszichológiai kísérletekre épülő nyelv támogatásával implementált kognitív pszichológia tesztek kerültek alkalmazásra. A kutatás során a BCI rendszer szoftvere a Visual Studio Community fejlesztő környezetben került megvalósításra, az adatok statisztikai kiértékelése SPSS 23 programcsomaggal készült (SPSS, Inc., Chicago, IL). A kísérletben résztvevő vizsgálati személyek csoportját önálló jelentkezés alapján a Dunaújvárosi Szakképzési Centrum Rudas Közgazdasági Szakgimnáziuma és Kollégiuma diákjai alkották. Tesztalanyok közreműködésével elvégzett vizsgálatok során a BCI rendszer által szolgáltatott és a PEBL környezetben implementált tesztek eredményei kerültek statisztikai módszerekkel összevetésre.

## **4. TÉZISEK**

### **1. Téziscsoport: Figyelem vizsgálattal összefüggő eredmények**

#### **1.1. Tézis**

Igazoltam, hogy az általam kidolgozott BCI rendszer által feldolgozott adatok alapján meghatározott, a figyelem szintjére jellemző középérték pozitív irányú összefüggésben van  $r_s=0,693$   $p<0,01$  (2-oldali) és  $r_s=0,710$   $p<0,01$  (2-oldali) a PEBL folyamatos teljesítmény teszt (PCPT) során kapott helyes próbálkozások számával, a napszakban eltérő mintavétel tekintetében<sup>9</sup>. [HF-3], [HF-6], [HF-7], [HKF-3], [HKF-5]

#### **1.1. Tézis a) altézis**

Bebizonyítottam, hogy a figyelmet vizsgáló PCPT-féle tesztek eredményei között összefüggő mintás t-próbát alkalmazva  $t(31)=16,16$   $p<0,01$  (2-oldali),  $d=1,17$  szignifikáns különbség áll fenn, amíg a teszt végrehajtása alatt a BCI rendszer által regisztrált átlagos figyelem szint eredményei között Wilcoxon előjeles rangtesztet

---

<sup>9</sup> a disszertáció 3.1 alfejezetben részletezett vizsgálat körülményeit figyelembe véve

használva ( $T=0$   $Z=-4,94$   $p<0,01$  (2-oldali)  $r=0,87$ ) szignifikáns eltérés volt kimutatható, a napszakban eltérő mintavétel tekintetében<sup>9</sup>. [HF-2]

## **1.2. Tézis**

Igazoltam, hogy az általam kidolgozott BCI rendszer által feldolgozott adatok alapján meghatározott, a figyelem szintjére jellemző középérték pozitív irányú kapcsolatban van  $r_s=0,73$   $p<0,01$  (2-oldali) és  $r_s=0,72$   $p<0,01$  (2-oldali) a PEBL éberségi figyelem teszt (PTOAV) során kapott helyes próbálkozások számával, a napszakban eltérő mintavétel tekintetében<sup>9</sup>. [HF-6], [HF-7], [HKF-3], [HKF-5]

### **1.2. Tézis a) altézis**

Bebizonyítottam, hogy a figyelmet vizsgáló PTOAV-féle tesztek eredményei között összefüggő mintás t-próbát alkalmazva  $t(31)=13,29$   $p<0,01$  (2-oldali),  $d=1,29$  szignifikáns különbség áll fenn, amíg a teszt végrehajtása alatt a BCI rendszer által regisztrált átlagos figyelem szint eredményei között Wilcoxon előjeles rangtesztet használva ( $T=0$   $Z=-4,94$   $p<0,01$  (2-oldali)  $r=0,87$ ) szignifikáns eltérés volt kimutatható, a napszakban eltérő mintavétel tekintetében<sup>9</sup>. [HF-2]

## **2. Téziscsoport: Memorizálás vizsgálattal összefüggő eredmények**

### **2.1. Tézis**

Az elvégzett Corsi kocka memorizálás teszt, valamint a kidolgozott BCI rendszer által szolgáltatott eredmények kiértékelése alapján igazoltam, hogy a BCI rendszer által szolgáltatott figyelem szintjére jellemző középérték alkalmas a rövid távú memorizálás eredményességének prediktálására<sup>9</sup>. [HF-1] [HF-9], [HKNYR-4], [HKF-8]

### **2.1. Tézis a) altézis**

Bebizonyítottam, hogy az általam kidolgozott BCI rendszer által feldolgozott adatok alapján meghatározott, a figyelem szintjére jellemző középérték változása pozitív irányú kapcsolatban van  $r_s=0,630$   $p<0,01$  (2-oldali) a PCorsi memória teszt során a helyes próbálkozások számának változásával<sup>9</sup>. [HF-1]

### **2.1. Tézis b) altézis**

Bebizonyítottam, hogy a Wilcoxon előjeles rangteszt eredményei alapján szignifikáns eltérés áll fenn mind a PCorsi-féle teszt eredményei ( $T=0$   $Z=-4,64$   $p<0,01$  (2-oldali)  $r=0,83$ ), mind pedig a PCorsi-féle teszt végrehajtása alatt a BCI rendszer által átlagos figyelem szint eredményei között ( $T=0$   $Z=-4,94$   $p<0,01$  (2-oldali)  $r=0,87$ ), a napszakban eltérő mintavétel tekintetében<sup>9</sup>. [HF-1]

### **2.2. Tézis**

Az elvégzett Ebbinghaus ismétléses tanulás teszt, valamint a kidolgozott BCI rendszer által szolgáltatott eredmények statisztikai kiértékelése alapján igazoltam, hogy a BCI rendszer által szolgáltatott figyelem szintjére jellemző középérték alkalmas a figyelemtől függő ismétléses tanulás eredményességének prediktálására<sup>9</sup>. [HF-1], [HF-9], [HKNYR-4], [HKF-8]

### **2.2. Tézis a) altézis**

Bebizonyítottam, hogy az általam kidolgozott BCI rendszer által feldolgozott adatok alapján meghatározott, a figyelem szintjére jellemző középérték változása negatív irányú kapcsolatban van  $r_s=-0,71$   $p<0,01$  (2-oldali) a PEbbinghaus tanulás teszt során kapott hibás próbálkozások számának változásával<sup>9</sup>. [HF-1]

### **2.2. Tézis b) altézis**

Bebizonyítottam, hogy a napszaktól függő adatsorok tekintetében a rövidtávú memóriát vizsgáló PEbbinghaus-féle teszt eredményei között összefüggő mintás t-próbát alkalmazva  $t(31)=-9,70$   $p<0,01$  (2-oldali),  $d=0,40$ , szignifikáns különbség áll fenn, amíg a teszt végrehajtása alatt a BCI rendszer által regisztrált átlagos figyelem szint eredményei között Wilcoxon előjeles rangtesztet használva ( $T=6,17$   $Z=-4,59$   $p<0,01$  (2-oldali)  $r=0,81$ ), szignifikáns eltérés volt kimutatható<sup>9</sup>. [HF-1]

### **3. Tézis: BCI rendszer szoftverével összefüggő eredmények**

A kidolgozott BCI rendszeren implementáltam a figyelem szintjére jellemző középértéket meghatározó adatfeldolgozási eljárását és az adatkiértékelést



támogató regisztrátumok reprezentációját, amelyről az előző fejezetben bemutatott tézisek alapján bebizonyítottam, hogy a kidolgozott BCI rendszer alkalmazásával az átlagos figyelem erőssége megállapítható. [HF-1], [HF-2], [HF-3], [HF-4], [HF-6], [HF-7], [HF-8], [HF-9], [HKNYR-1], [HKNYR-5], [HKF-2], [HKF-3], [HKF-4], [HKF-5]

### **3. Tézis a) altézis**

Kidolgoztam és meghatároztam a figyelem szintjére jellemző érték megállapítását lehetővé tevő BCI rendszer főbb komponenseit, az implementálandó alkalmazás szoftverstruktúráját, adatszerkezetét, valamint az algoritmus leírását. A rendszer előző fejezetben megfogalmazott eredményei alapján igazoltam, hogy megfelelően alkalmazható a figyelem erősségének meghatározására, a memorizálás eredményességének prediktálására. [HF-1], [HF-2], [HF-3], [HF-4], [HF-6], [HF-7], [HF-8], [HF-9], [HKNYR-1], [HKNYR-5], [HKF-2], [HKF-3], [HKF-4], [HKF-5]

### **3. Tézis b) altézis**

Az előzőekben bemutatott eredmények alapján igazoltam, hogy a figyelem vizsgálatára alkalmazott PTOAV és PCPT teszt alapú vizsgálati eljárásokhoz képest, a BCI rendszerben implementált vizsgálati metódus a tesztekben a helyes próbálkozások eredményei vonatkozásában prediktív eljárásként alkalmazható. [HF-3], [HF-6], [HF-7], [HKF-3], [HKF-5]

## **5. KONKLÚZIÓ**

A kutatás témája, a kutatási eredmények és a kutatásból levonható következtetések alapján az agyi bioelektromos jelek vizsgálatán alapuló eljárások a jövőben egy új alkalmazási területen való felhasználásukat alapozhatják meg. Az agyi tevékenység agy-számítógép interfész segítségével történő megfigyelésén keresztül folyamatosan, valós időben elemezhetővé válik a figyelem, az ismeretsajátítás

hatékonyságát befolyásoló egyik fontos tényező. Ez az elemzés nagyban segítheti az ismeretátadás folyamatát azáltal, hogy pontosabb visszajelzést ad a tanulók ismeretbefogadási képességéről, így ezen információ birtokában az ismeretátadás akár adaptívva is tehető. Ha például a figyelmi szint, ezen keresztül az ismeretelsajátítás várható hatékonysága csökken, úgy ezt észlelve változtatni lehet az ismeretátadás jellegén, figyelemfelkeltőbb oktatási módszereket alkalmazva, vagy akár pihentető szünetet tartva.

Az előzőek alapján így jövőbeli alkalmazási javaslatként többek között megfogalmazható a rendszer, mint visszacsatolást megvalósító egység által nyújtott lehetőségek kihasználása. Az egyik ilyen visszacsatolás a figyelmi szint folyamatos megjelenítése, mely alapján az ismeretátadás az előzőekben leírtak szerint adaptívva tehető. Ez kifejezetten előnyös visszacsatolás lehet az online távoktatás esetében, ahol az oktató a hallgatósággal nincs közvetlen kapcsolatban, szemkontaktusban. Amennyiben ezen visszacsatolás révén azt tapasztalja, hogy az egyének figyelme lankad, úgy az agy információ feldolgozó képessége is csökken, mely az átadott ismeretek, összefüggések feldolgozására és memorizálására negatív hatással van. A tanár a figyelem csökkenését tapasztalva alakíthatja az óra folyamatát. Ezen információk birtokában a tradicionális felépítésű órák helyett a tanulók figyelmével összefüggő ismeretbefogadó képességük alapján történhet a tanulás folyamatának időbeli szervezése. Így a tanulás folyamat időbeli szervezése adaptívva tehető, amely alatt érthető például az óra kezdte, az adott órán belül a fontosabb ismeretek, az ismereteket kiegészítő vagy a megértést könnyítő tartalmi elemek órán belüli a hallgatóság figyelmi szintje alapján megválasztott mennyisége és egymásra épülése, valamint a fáradtságot jelző alacsonyabb figyelmi szint esetén az óra időtartamának és a szünet időpontjának optimális megválasztása. Ezzel a módszerrel összességében a tanulás/tanítás hatékonysága növelhető, optimalizálható.

Továbbá javaslatként az is megfogalmazható a jövő oktatástámogató informatikai rendszerei számára, hogy azok elsősorban statikus felépítésű anyagai az egyén aktuális mentális, figyelmi állapotától függő adaptív tananyag formájában tegye elérhetővé a tanuló számára. Az oktatástámogató informatikai rendszer a figyelem aktuális szintjétől függően változtathatja meg az átadandó anyag mennyiségét, felépítését, tartalmi elemeit, az anyag összetettségét, az összetettebb megértést és az egyszerűbb átgondolást igénylő anyagrészeket, ezzel folyamatosan az egyén aktuális ismeretbefogadó képességéhez igazítva a tananyagot és az átadott ismeretek elsajátítását mérő, vizsgáló tesztek jellegét.

A számítógépes adaptív tesztelés (Computerized Adaptive Testing, CAT) vonatkozásában az átlagos figyelem érték aktuális szintje is lehet egy befolyásoló tényező a következő tesztfeladat adaptív meghatározásában, valamint az item-alapú adaptív tesztek feladatbankjának kalibrációja során is figyelembe vehető.

Az előzőekben megfogalmazott javaslatok a jövő oktatási rendszerének, oktatásszervezésnek olyan irányú adaptivitását vetítik előre, melyek egyénre szabott, hatékony oktatás egyes meghatározó tényezői lehetnek.

## **6. PUBLIKÁCIÓK**

### **6.1. A tézisfüzet hivatkozott publikációi**

[1] K. Gaskó, E. Hajdú, O. Kálmán, I. Lukács, I. Nahalka és J. F. Petriné: *A gyakorlati pedagógia néhány alap kérdése; Hatékony tanulás*, Bölcsész Konzorcium, Budapest (2006), 190.

[2] L. Balogh: *Pedagógiai pszichológia az iskolai gyakorlatban*, Urbis, Budapest (2006), 370.

[3] R. C. Atkinson és E. Hilgard: *Pszichológia*, Osiris Kiadó, Budapest (2005), 847.

- [4] R. C. Atkinson és R. M. Shiffrin: *Human memory: A proposed system and its control processes*, *The psychology of learning and motivation: Advances in Research and Theory*, Academic Press, New York, 2. kötet (1968), 89–195.
- [5] S. -N. Hoeksema: *Atkinson& Hilgard's: Introduction to Psychology*, Cengage Learning EMEA, 15. kiadás, London, United Kingdom (2014), 816.
- [6] V. Csépe, M. Györi és A. Ragó: *Általános pszichológia 2: Tanulás-émlékeztetés-tudás*, Osiris Kiadó, Budapest (2007), 402.
- [7] J. Anderson, S. Betts, J. Ferris, J. Fincham és J. Yang: *Using Brain Imaging to Interpret Student Problem Solving*, *IEEE Intelligent Systems*, 26. kötet, 5. szám (2011), 22-29.
- [8] M. M. Moreno, Y. Kopsinis, E. Kofidis, C. Chatzichristos és S. Theodoridis: *Assisted dictionary learning for FMRI data analysis*, 2017 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), New Orleans, LA, USA (2017), 806-810.
- [9] N. B. Mohamad, K. Y. Lee, W. Mansor, Z. Mahmoodin és S. Amirin: *Normal and dyslexic children: EEG topography versus fMRI brain images during letters writing*, 2016 IEEE EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences (IECBES), Kuala Lumpur, Malaysia, (2016), 291-295.
- [10] S. Mohamad, W. Mansor és K. Y. Lee: *Review of neurological techniques of diagnosing dyslexia in children*", 2013 IEEE 3rd International Conference on System Engineering and Technology, Shah Alam, Malaysia (2013), 389-393.
- [11] L. E. Brown, E. T. Wilson és P. L. Gribble: *Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation to the Primary Motor Cortex Interferes with Motor Learning by Observing*, *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21. kötet, 5. szám (2009), 1013-1022.

- [12] M. Cappelletti, F. Fregni, K. Shapiro, A. Pascual-Leone és A. Caramazza: *Processing Nouns and Verbs in the Left Frontal Cortex: A Transcranial Magnetic Stimulation Study*, Journal of Cognitive Neuroscience, 20. kötet, 4. szám (2008), 707-720.
- [13] A. Sugiura, T. Eto, H. Takada és F. Kinoshita: *Cerebral blood flow in the prefrontal cortex while reading a novel on a tablet computer and its effect on sleep: Temporary and remaining changes*, 2016 11th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE), Nagoya, Japan (2016), 35-40.
- [14] N. N. P. Trinh, T. Q. D. Khoa és V. V. Toi: *Investigating the Deceptive Task in Dorsolateral Prefrontal Cortex by Functional Near-infrared Spectroscopy (fNIRS)*, 2013 29th Southern Biomedical Engineering Conference, Miami, FL, USA (2013), 95-96.
- [15] S. Coyle, T. Ward, C. Markham és G. McDarby: *On the suitability of near-infrared (NIR) systems for next-generation brain-computer interfaces*, Physiological Measurement, 25. kötet, 4. szám (2004), 815-822.
- [16] B. Majdic, C. Cowan, J. Girdner, W. Opoku, O. Pierrakos és E. Barrella: *Monitoring brain waves in an effort to investigate student's cognitive load during a variety of problem solving scenarios*, 2017 Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS), Charlottesville, VA, USA (2017), 186-191.
- [17] C. M. Tyng, H. U. Amin, M. N. M. Saad, A. S. Malik és K. Kang: *EEG coherence and source localization analysis during multimedia learning process*, 2016 IEEE EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences (IECBES), Kuala Lumpur, Malaysia (2016), 5-8.
- [18] N. B. Mohamad, K. Y. Lee, W. Mansor, Z. Mahmoodin és S. Amirin: *Normal and dyslexic children: EEG topography versus fMRI brain images during letters writing*, 2016 IEEE EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences (IECBES), Kuala Lumpur, Malaysia, (2016), 291-295.

- [19] T. H. Budzynski, H. K. Budzynski, J. R. Evans és A. Abarbanel: *Introduction to Quantitative EEG and Neurofeedback: Advanced Theory and Applications*, Academic Press; 2 edition, USA (2009), 528.
- [20] D. J. McFarland és J. R. Wolpaw: *Brain-computer interfaces for communication and control*, Communications of the ACM, vol. 54. kötet, 5. szám (2011), 60-66.
- [21] M. A. Lebedev és M. A. Nicolelis: *Brain-machine interfaces: past, present and future*, Trends in Neurosciences, 29. kötet, 9. szám (2006), 536-546.
- [22] T. O. Zander és C. Kothe: *Towards passive brain-computer interfaces: applying brain-computer interface technology to human-machine systems in general*, Journal of Neural Engineering, 8. kötet, 2. szám (2011), 025005.
- [23] B. Blankertz, G. Dornhege, C. Schafer, R. Krepki, J. Kohlmorgen, K. -R. Muller, V. Kunzmann, F. Losch és G. Curio: *Boosting bit rates and error detection for the classification of fast-paced motor commands based on single-trial eeg analysis*, IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 11. kötet, 2. szám (2003), 127-131.
- [24] L. Citi, R. Poli, C. Cinel és F. Sepulveda: *P300-Based BCI Mouse With Genetically-Optimized Analogue Control*, IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 16. kötet, 1. szám (2008), 51-61.
- [25] A. Y. Kaplan, S. L. Shishkin, I. P. Ganin, I. A. Basyul és A. Y. Zhigalov: *Adapting the P300-Based Brain-Computer Interface for Gaming: A Review*, IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games, 5. kötet, 2. szám (2013), 141-149.
- [26] B. van de Laar, H. Gurkok, D. Plass-Oude Bos, M. Poel és A. Nijholt: *Experiencing BCI Control in a Popular Computer Game*, IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games, 5. kötet, 2. szám (2013), 176-184.

[27] Y. Li, J. Pan, F. Wang és Z. Yu: *A Hybrid BCI System Combining P300 and SSVEP and Its Application to Wheelchair Control*, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 60. kötet, 11. szám (2013), 3156-3166.

[28] Y. Sakagami, R. Watanabe, C. Aoyama, S. Matsunaga, N. Higaki és K. Fujimura: *The intelligent ASIMO: system overview and integration*, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and System, Lausanne, Switzerland (2002), 2478-2483.

## **6.2. A szerző disszertációban hivatkozott publikációi**

### **Hivatkozott tudományos folyóiratcikk**

[HF-1] Jozsef Katona, Attila Kovari: *Examining the Learning Efficiency by a Brain-Computer Interface System*, **ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA**, 15. kötet, 3. szám (2018), 251-280. (IF: 0,909)

[HF-2] Jozsef Katona, Attila Kovari: *The Evaluation of BCI and PEBL-based Attention Tests*, **ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA**, 15. kötet, 3. szám (2018), 225-249. (IF: 0,909)

[HF-3] Jozsef Katona, Attila Kovari: *A Brain Computer Interface Project Applied in Computer Engineering*, **IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION**, 59. kötet, 4. szám (2016), 319-326. (IF: 1,727)

[HF-4] Jozsef Katona, Attila Kovari: *EEG-based Computer Control Interface for Brain-Machine Interaction*, **INTERNATIONAL JOURNAL OF ONLINE ENGINEERING**, 11. kötet, 6. szám (2015), 43-48.

[HF-5] Jozsef Katona, Tibor Ujbanyi, Attila Kovari *Investigation of the Correspondence between Problems Solving Based on Cognitive Psychology Tests and Programming Course Results*, **INTERNATIONAL JOURNAL OF EMERGING TECHNOLOGIES IN LEARNING**, 10. kötet, 3. szám (2015), 62-65.

[HF-6] Katona József, Kővári Attila: *A figyelem agy-számítógép segítségével történő vizsgálata*, **DUNAKAVICS**, 5. kötet, 3. szám (2017), 35-51.

[HF-7] Katona József, Kővári Attila: *Agyi bioelektromos jelfeldolgozáson alapuló figyelem vizsgálat*, **EDU SZAKKÉPZÉS ÉS KÖRNYEZETPEDAGÓGIA ELEKTRONIKUS SZAKFOLYÓIRAT**, 5. kötet, 2. szám (2015), 7-20.

[HF-8] Katona József, Ujbányi Tibor, Kővári Attila: *Agy-számítógép interfészek rendszerbe történő illesztése*, **DUNAKAVICS**, 2. kötet, 6. szám (2014), 29-38.

[HF-9] Katona József, Ujbányi Tibor, Kővári Attila: *A figyelem EEG alapú vizsgálatának alkalmazási lehetőségei a tanulási folyamat várható eredményességének jelzésére*, **DUNAKAVICS**, 2. kötet, 8. szám (2014), 5-15.

[HF-10] Katona József, Kővári Attila, Ujbányi Tibor: *Agyhullám alapú irányítás alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata*, **DUNAKAVICS**, 1. kötet, 2. szám (2013), 47-58.

### **Hivatkozott könyvrészlet**

[HKNYR-1] Jozsef Katona, Tibor Ujbanyi, Gergely Sziladi, Attila Kovari: *Electroencephalogram-based brain-computer interface for Internet of Robotic Things*, Cognitive Infocommunications, theory and applications, Topics in Intelligent Engineering and Informatics, Springer, pp. 249-272, 2018

[HKNYR-2] Jozsef Katona: *The Comparison of the non-invasive mobile EEG registration and the signal processing devices*, Informatikai terek, DUF Press, Dunaújváros (2015), 97-110.

[HKNYR-3] Jozsef Katona: *The examination of the application possibilities of brain wave-based control*, Szimbólikus közösségek, Dunakavics könyvek 8. kötet, DUF Press, Dunaújváros (2015), 167-176.



[HKNYR-4] Katona József: *A rövidtávú memória (RTM) és a figyelem szerepe az emberi tanulásban és emlékezésben*, Informatikai terek, DUF Press, Dunaújváros (2015), 74-84.

[HKNYR-5] Katona József, Ujbányi Tibor, Kővári Attila: *Agy-számítógép interfészek kialakításának, tervezésének szempontjai*, Az Informatika Korszerű Technikái, Dunakavics könyvek 2. kötet, DUF Press, Dunaújváros (2014), 198-204.

[HKNYR-6] Ujbányi Tibor, Katona József, Kővári Attila: *A Non-Invazív Mobil EEG-regisztráló és -jelfeldolgozó eszközök összehasonlítása*, Az Informatika Korszerű Technikái, Dunakavics könyvek 2. kötet, DUF Press, Dunaújváros (2014), 46-59.

### **Hivatkozott konferenciaközlemény**

[HKF-1] Jozsef Katona, Attila Kovari, Tibor Ujbanyi, Gergely Sziladi: *Examine the Effect of Different Web-based Media on Human BrainWaves*, 2017 8th International Conference on Cognitive InfoCommunications: (CogInfoCom), Debrecen, Magyarország (2017), 407-413.

[HKF-2] Jozsef Katona, Tibor Ujbanyi, Gergely Sziladi, Attila Kovari: *Speed control of Festo Robotino mobile robot using NeuroSky MindWave EEG headset based Brain-Computer Interface*, 2016 7th International Conference on Cognitive InfoCommunications: (CogInfoCom), Wroclaw, Lengyelország (2016), 251-257.

[HKF-3] Jozsef Katona, Imre Farkas, Tibor Ujbanyi, Peter Dukan, Attila Kovari: *Evaluation Of The Neurosky MindFlex EEG Headset Brain Waves Data*, 2014 12th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI 2014), Herlany, Szlovákia (2014), 91-94.

[HKF-4] Jozsef Katona, Peter Dukan, Tibor Ujbanyi, Peter Dukan, Attila Kovari: *Control of incoming calls by a Windows Phone based Brain Computer Interface*,

2014 15th IEEE International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI 2014), Budapest, Magyarország (2014), 121-125.

[HKF-5] Jozsef Katona: *Examination and comparison of the EEG based Attention Test with CPT and T.O.V.A.*, 2014 15th IEEE International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI 2014), Budapest, Magyarország (2014), 117-120.

[HKF-6] Gergely Sziladi, Tibor Ujbanyi, Jozsef Katona: *Cost-effective hand gesture computer control interface*, 2016 7th IEEE Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom), Wrocław, Lengyelország (2016), 239-243.

[HKF-7] Tibor Ujbanyi, Jozsef Katona, Gergely Sziladi, Attila Kovari: *Eye-Tracking Analysis of Computer Networks Exam Question Besides Different Skilled Groups*, 2016 7th IEEE Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom), Wrocław, Lengyelország (2016), 277-281.

[HKF-8] Katona Jozsef, Kovari Attila: *Agy-számítógép interfész alapú rendszerek a tanulás hatékonyságának növelésében: = Brain-Computer Interfaces to Increase the Learning Efficiency*, ENELKO 2016 - XVII. Nemzetközi Energetika-Elektrotechnika Konferencia, SzámOkt 2016 - XXVI. Nemzetközi Számítástechnika és Oktatás Konferencia, Kolozsvár, Románia (2016), 220-225.

### **6.3. A szerző egyéb a disszertációban nem hivatkozott publikációi**

#### **Tudományos folyóiratcikk**

[F-1] Tibor Ujbanyi, Jozsef Katona, Attila Kovari: *Analysis of fixations while solving a test question related to computer networks*, **TEACHING MATHEMATICS AND COMPUTER SCIENCE**, 16. kötet, 1. szám (2018), 111-129.

[F-2] Jozsef Katona, Attila Kovari, Tibor Ujbanyi, Gergely Sziladi: *Hand Controlled Mobile Robot Applied in Virtual Environment*, **INTERNATIONAL**

**JOURNAL OF MECHANICAL, AEROSPACE, INDUSTRIAL, MECHATRONIC AND MANUFACTURING ENGINEERING**, 11. kötet, 8. szám (2017), 1349-1354.

[F-3] Peter Kungl, Jozsef Katona: *Trajectory calculation using modified Euler method, presented in a platform game*, **DUNAKAVICS**, 3. kötet, 12. szám (2015), 29-40.

[F-4] Roland Cseh, Jozsef Katona: *Requirement analysis and specification of a Bill Monitor application based on Android Operating System*, **DUNAKAVICS**, 3. kötet, 2. szám (2015), 35-44.

[F-5] Roland Cseh, Jozsef Katona: *Design a Bill Monitor application based on Android Operation System*, **DUNAKAVICS**, 3. kötet, 3. szám (2015), 5-16.

[F-6] Tóbel Imre, Kővári Attila, Katona József: *LabVIEW Real Time valós idejű mérő- és irányítórendszer: II. PID-szabályozás megvalósítása Real-Time Target PC alapon*, **DUNAKAVICS**, 4. kötet, 3. szám (2016), 31-49.

[F-7] Ujbányi Tibor, Katona József, Kővári Attila: *A felhasználói fiók migrációjának egy alternatív lehetősége Windows Vista/7/8 operációs rendszerekben*, **DUNAKAVICS**, 2. kötet, 1. szám (2014), 31-43.

[F-8] Ujbányi Tibor, Katona József, Kővári Attila: *Az IT-biztonság egy gráf alapú modellje*, **DUNAKAVICS**, 2. kötet, 6. szám (2014), 39-47.

[F-9] Ujbányi Tibor, Katona József, Kővári Attila: *Felhasználói csoportok és adatkapcsolatok vizsgálata az IT biztonság szempontjából*, **DUNAKAVICS**, 2. kötet, 8. szám (2014), 15-25.

## **Könyv**

[KNY-1] Katona József, Kővári Attila: *Objektumok létrehozása, megszüntetése, memória menedzsment: Gyakorlatorientált szoftverfejlesztés C++ nyelven Visual Studio Community fejlesztőkörnyezetben*, Publio Kiadó, Budapest (2016), 78.

[KNY-2] Katona József, Kővári Attila: *GENERIKUS PROGRAMOZÁS: Osztálysablonok, Általános felépítésű függvények, Függvénynevek túlterhelése és Függvénysablonok*, Publio Kiadó, Budapest (2016), 144.

[KNY-3] Katona József, Kővári Attila: *A C++ szabványos sablonkönyvtár (STL) szekvenciális tárolói: Gyakorlatorientált szoftverfejlesztés C++ nyelven Visual Studio Community fejlesztőkörnyezetben*, Publio Kiadó, Budapest (2016), 354.

[KNY-4] Katona József, Kővári Attila: *A C++ szabványos sablonkönyvtár (STL) adapter tárolói: Gyakorlatorientált szoftverfejlesztés C++ nyelven Visual Studio Community fejlesztőkörnyezetben*, Publio Kiadó, Budapest (2016), 100.

[KNY-5] Katona József, Kővári Attila: *Objektumorientált szoftverfejlesztés alapjai: Gyakorlatorientált szoftverfejlesztés C++ nyelven Visual Studio Community fejlesztőkörnyezetben*, Publio Kiadó, Budapest (2015), 36.

## **Könyvrészlet**

[KNYR-1] Tibor Ujbanyi, Gergely Sziladi, Jozsef Katona, Attila Kovari: *Pilot application of eye-tracking to analyze a computer exam test*, Cognitive Infocommunications and Computing, Topics in Intelligent Engineering and Informatics, Springer, pp. 323-341, 2018

[KNYR-2] Katona József: *Aszteroida becsapódások hatásának összehasonlító elemzése szimulációs szoftver segítségével*, Informatikai terek, DUF Press, Dunaujváros (2015), 145-156.

[KNYR-3] Ujbányi Tibor, Katona József, Kővári Attila, Király Zoltán, Kadocsa László: *IKT-eszközök bevezetésének és használatának problémái az oktatásban*, Tudományos terek, Dunakavics könyvek 6. kötet, DUF Press, Dunaujváros (2014), 21-34.

## **Konferenciaközlemény**

[KF-1] Jozsef Katona, Tibor Ujbanyi, Gergely Sziladi, Attila Kovari: *Hand Controlled Mobile Robot Applied in Virtual Environment*, 2017 19th International Conference on Control and Automation (ICCA), Barcelona, Spanyolország (2017), 1549-1554.

[KF-2] Tibor Ujbanyi, Gergely Sziladi, Jozsef Katona, Attila Kovari: *ICT Based Interactive and Smart Technologies in Education - Teaching Difficulties*, 2017 229th International Conference on Education and E-learning (ICEEL), Barcelona, Spanyolország (2017), 39-44.

[KF-3] Jozsef Katona, Attila Kovari: *Cost-effective WiFi controlled mobile robot*, 2016 11th International Symposium on Applied Informatics and Related Areas (AIS), Székesfehérvár, Magyarország (2016), 28-31.

[KF-4] Imre Farkas, Peter Dukan, Jozsef Katona, Attila Kovari: *Wireless Sensor Network Protocol Developed for Microcontroller-based Wireless Sensor Units, and Data Processing with Visualization by LabVIEW*, 2014 12th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI), Herlany, Szlovákia (2014), 95-98.

[KF-5] Peter Dukan, Attila Kovari, Jozsef Katona: *Low consumption and high performance Intel, AMD and ARM based Mini PCs*, 2014 15th IEEE International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI 2014), Budapest, Magyarország (2014), 127-131.

[KF-6] Tibor Ujbanyi, Jozsef Katona, Attila Kovari: *Examination of the vulnerable levels of user groups based on an IT security model*, 2014 15th IEEE International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI 2014), Budapest, Magyarország (2014), 133-136.