

Simonyi Dénes¹

A BCI ESZKÖZÖK ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI AZ IGAZSÁG- SZOLGÁLTATÁSBAN

(APPLICATION POSSIBILITIES OF THE BCI TOOLS IN JUSTICE)

Az 1970-es években Jacques Vidal használta először az „agy-számítógép interfész” (Brain-Computer Interface, BCI) fogalmat arra, hogy leírjon minden olyan rendszert, aminek az a feladata, hogy számítógép segítségével adjon részletes tájékoztatást az agyműködésről. Az agy-számítógép interfész elektroencephalográfia (EEG) alkalmazásával közvetlen kommunikációs csatornát biztosít az emberi agy és a számítógép között, mely ma a gyakorlatban főleg a fogyatékkal élő személyeknek nyújt segítséget a kommunikációban és a mozgásban. Számos más területen is megjelentek: az orvostudományban, a hadászatban, a biztonságtechnikában, a közlekedésben, az adatfeldolgozásban és az oktatásban is. Az agyi elektromos hullámok megfigyelése és kutatása a XIX. század végéig nyúlik vissza. Az azóta eltelt több, mint száz év alatt az agyhullámok számos tulajdonsága került megismerésre. Többek között az ún. P300 hullám is, amelynek szerepe mindmáig ismeretlen, azonban a kutatások azt igazolják, hogy olyan esetek váltják ki, amikor a megfigyelt személy számára ismerős, már átélt helyzetbe kerül. Legerősebben vizuális ingerek tudják kiváltani. Ezt kihasználva, a P300 alkalmas az agy kognitív működésének ellenőrzésére olyan klinikai esetekben, amikor más módon ez nem lehetséges. Emellett kihasználható olyan BCI eszközök készítésére is, amelyek segítségével felhasználójuk karaktereket tud bevinni a számítógépbe. Az elmúlt évtizedben olyan kutatások is megjelentek, amelyek a BCI alkalmazhatóságát vizsgálják az igazságszolgáltatásban. A legeredményesebb ilyen alkalmazási területe a hazugságvizsgálat.

Kulcsszavak: BCI, EEG, P300, fMRI, fNIRS, hazugságvizsgálat, igazságügy, terrorizmus

The wording “brain-computer interface” was used first in the 1970’s by Jacques Vidal, to describe any system whose function is to give us a detailed information of the brain activities. The brain-computer interface (BCI) provides direct communication channel between the human brain and the computer using electro-encephalography (EEG), which helps today in practice in communication and movement to persons with disabilities. BCIs are appeared in many other territories, such as: medicine, military, security, transport, data processing and even education. Studying and researching the brain waves had begun on the end of the XIX. century. In the last more than 100 years, many attributes of the brainwaves has been obtained. Including the so-called P300 wave, whose role is still unknown, but researches have shown that it is triggered when the observed person finds himself in familiar situation. On that basis, the P300 signal is suitable to control brain’s cognitive functions in clinical situations when it is not possible in other ways. In addition, it can be used to construct BCI devices which can help users to enter characters into the computer. Over the last decade, there are researches published which are examining the applicability of the BCI in the justice system. The most effective application in that area of them is lie detection.

Keywords: BCI, EEG, P300, fMRI, fNIRS, lie detection, justice system, terrorism

¹ Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, E-mail: denes.simonyi@gmail.com ORCID: 0000-0001-9886-2984

BEVEZETŐ

Az agy-számítógép interfész (Brain-Computer Interface, BCI) egy olyan számítógépes kommunikációs rendszer, amely segítségével az emberek interakcióba léphetnek a környezetükkel a perifériás idegek vagy izmok használata nélkül. Az ember és a számítógép közötti kommunikáció az agyműködés felvételezésével valósul meg. A felvételezés történhet elektródák felhelyezése nélkül (MEG, PET, fMRI és optikai képalkotás) és elektródák segítségével (EEG). Az elektródák felhelyezése történhet invazív módon, amikor az érzékelő elektródákat közvetlenül az agy felületén helyezik el, és non-invazív módon, amikor az elektródákat sebészi beavatkozás nélkül, a fején kívül, a fejbőrön helyezik el. Az MEG, a PET, az fMRI és az optikai képalkotás drága és technikailag igényes. Emellett a PET, az fMRI és az optikai képalkotás lassú is, ami miatt nem alkalmasak gyors kommunikációra. Jelenleg az EEG az egyedüli olyan technológia, amely rövid időállandókkal rendelkezik és viszonylag egyszerű és olcsó felszereléssel is megvalósítható. [15][6]

Az első emberi EEG-t Hans Berger készítette el 1924-ben [12]. Az azóta eltelt csaknem egy évszázad alatt az EEG technológia jelentős fejlődésen ment keresztül. Évtizedekig csupán a neurológiai betegségek felderítésére és az agyfunkciók tanulmányozására használták. Az 1970-es években jelentek meg először tanulmányok az terápiás alkalmazás lehetőségeiről és elméletek arról, hogy az EEG segítségével esetleg dekódolhatók lehetnek az emberi gondolatok. [15]

Az első BCI megépítése Dr. Grey Walter nevéhez fűződik, aki 1964-ben készített egy invazív módon működő eszközt, amellyel segítségével a kísérleti alany egy diavetítőt tudott vezérelni. Eredményeit azonban sajnos nem publikálta. [4] Az első publikált BCI kísérleteket Jacques Vidal végezte el 1973 és 1977 között [29][16]. Igazi tudományos érdeklődés azonban nem mutatkozott a terület iránt, melynek több oka is volt: nagyon nehéz az agy teljes felületéről érkező EEG jelekből kiszűrni a számunkra hasznosat, BCI eszköz esetén valósidejű jelfeldolgozásra van szükség, a digitális számítógépek szűk alkalmazói köre miatt alacsony volt az érdeklődés az olyan korlátozott kommunikációs lehetőségekre, amelyeket egy korabeli EEG-alapú BCI tudott nyújtani (igen/nem, ki/be). [15] Technológiai áttörés 1999-ig nem történt. Chapin és munkatársai ekkor demonstrálták patkányokon végzett kísérlettel elsőként annak lehetőségét, hogy agykérgi neuronokkal lehetséges robotkart vezérelni. [17][29]. Ezt követően rohamosan növekedni kezdett a BCI eszközök felé irányuló kutatások száma, aminek köszönve napról napra növekszik ezen eszközök alkalmazási területe.

AZ EEG JELEK RÖVID ÁTTEKINTÉSE

Az EEG jelek többnyire szinuszoid formájúak. Általában csúcstól csúcsig mérik őket. Feszültségértékük 0,5-100 μ V között változik. Az agyhullámokat frekvenciájuk alapján az alábbi alapkategóriákba sorolják:

- Gamma ritmus (30Hz fölött): az éberségi állapotot tükrözi. A béta ritmussal együtt a figyelemhez, a megfigyeléshez kapcsolódik.
- Béta ritmus (12Hz és 30Hz között): egy mozdulatnak ellenállva, elnyomva azt vagy egy

matematikai feladat elvégzésekor növekszik a béta aktivitás

- Mu ritmus: ébrenléti, relaxált állapotban a szenzomotoros kortikális területeken mérhető 8Hz és 13Hz közötti hullám, amely motorikus mozgás esetén gyengül. Ezt a jelenséget esemény által kiváltott deszinkronizációnak nevezik. Kihasználható olyan eszközök megvalósítására, ahol a mozgást kell megfigyelni.
- Alfa ritmus (8Hz és 12Hz között): békés dologra gondolva, ellazult állapotban növekszik az alfa aktivitás. Bármilyen mentális vagy fizikai tevékenység megkezdésével megszűnik az alfa ritmus. Nincs összefüggésben az mu ritmussal
- Théta ritmus (4Hz és 8Hz között): álmodozás közben, az ébrenlét és az álom határán észlelhető erősebben.
- Delta ritmus (0,5Hz és 4Hz között): ébrenléti állapotban megjelenve valamilyen agyi rendellenességre utal. [11][22][23]

KIVÁLTOTT POTENCIÁLOK

Az EEG jellel szemben, amely a spontán agyműködés eredménye, a kiváltott potenciálok valamilyen specifikus inger hatására jelentkeznek. Ezek a potenciálok lehetnek endogén (ha valamilyen belső inger hatására alakulnak ki, mint például a döntéshozatal vagy olyan reakció, ami ingert kell, hogy kiváltson, miközben nem szükséges, hogy külső inger valósuljon meg) vagy exogén (külső fizikai inger hatására alakulnak ki).[23]

A BCI eszközöknél alkalmazott kiváltott potenciálok:

- Vizuálisan kiváltott potenciál: a vizuális kéregben keletkezik. Segítségével követhetjük a tekintetet (a vizuális fixációs pontot).
- Lassú kérgi potenciál: negatív formában valamilyen mozgás vagy más kérgi aktivitás hatására jelenik meg, pozitív formában pedig csökkentett kérgi működés esetén. Kutatások azt bizonyítják, hogy kiváltása gyakorlással megtanulható, így alkalmas BCI eszközökben való alkalmazásra.
- P300 potenciál: pozitív elhajlás az eseményhez kötődő potenciálban. Leggyakrabban akkor kerül kiváltásra, ha az alany egy alkalmi célpont ingert észlel a standard ingerek között. Általában a kiváltó inger után 300ms-mal jelentkezik. Intracerebrális eredete mindmáig ismeretlen. Ezt a hullámot ki lehet használni olyan BCI eszközöknél, amelyek segítségével a felhasználó betűket tud bevinni a számítógépbe. Újabb kutatások és alkalmazások azt bizonyítják, hogy alkalmas lehet hazugságvizsgálatra és képfelismerésre is. [15]

AZ AGYI FUNKCIONÁLIS MÁGNESES REZONANCIÁS KÉPALKOTÁS RÖVID ISMERTETÉSE

Az agyi mágneses rezonanciás képalkotás (MRI) nagyon részletes képet ad az agyról és a testről. Felbontása kisebb, mint egy milliméter. Ennek köszönve teljesen le fogja váltani a

komputer tomográfiát (CT) az agykutatásban. Működési elve a következő: a fejet vagy az egész testet egy kamrában levő asztalra helyezik. A kamrát erős elektromágnes veszi körül. A szkennert erős mágneses mezőt generál (1,5T-3T), egy erős alap mezőt, amely párhuzamos a kamrában levő asztallal. Ennek célja az, hogy befolyásoljuk a szervezetben levő hidrogénatomok protonjait, amelyek önmaguk is rendelkeznek mágneses mezővel. Ez annak következménye, hogy pozitív töltéseként egy tengely körül forognak. Általános esetben ezek a tengelyek véletlenszerű irányokba mutatnak, így a protonok mágneses mezői is különböző irányúak. A kamra erős mágneses tere egy irányba állítja a protonok mágneses mezőit, polarizálja őket. A protonok nem fognak pontosan a mágneses tér tengelyirányában pörögni, hanem kicsit imbolyognak. Ezt a mozgást precesszióknak nevezzük. A precessziós frekvencia a protonok imbolygásának időegységre eső fordulatszám. Ez egyenes arányban növekszik a mágneses tér erejének növekedésével. Ha a testet egy külső, a precessziós frekvenciával megegyező frekvenciájú impulzus-szerű rádióhullámmal besugározzuk, a protonok kibillennek és mozgásuk összehangolódik. Ez a kitérés megfelelő erősségű sugárzás esetén merőleges síkba is billentheti a protonokat a kamra mágneses mezőjének síkjával. A besugárzás megszűnésével a protonok igyekeznek visszaállni egyensúlyi állapotukba, miközben rádiósugárzás formájában leadják a besugárzás alatt felvett energiát. Ennek a sugárzásnak erősségének a mérésével (az adott anyagban található víz mennyiségével arányos) és a hullámok érzékelőbe való beérkezési idejének meghatározásával megkülönböztetők a testrészekben található anyagok (pl. vér, víz, szervek) és azok térbeli elhelyezkedése. (Langleben 2008)[26] A funkcionális mágneses rezonancias képalkotás (fMRI) nem csupán egy felvételt készít, hanem, rosszabb képminőségben, de lehetővé teszi a több felvételtől álló, hosszabb ideig tartó megfigyelést. Így az kiterjedhet az adott testrész működésének kivizsgálására is, mint például a véráramlás vagy az egyes agyterületek oxigénfelvétele.

AZ INFRAVÖRÖS-KÖZELI SPEKTROSKÓPIA RÖVID ISMERTETÉSE

Minden biológiai szövet különböző mértékben ugyan, de átengedi a különböző frekvenciájú és intenzitású elektromágneses sugárzást. Ez az alapja az összes elektromágneses sugárzáson alapuló képalkotási eljárásnak. Az infravöröshöz közeli sugarak különösebb akadály nélkül tudnak áthatolni a testszöveteken, néhány centiméter mély megvilágítást téve lehetővé. Emiatt a tulajdonsága miatt az infravöröshöz közeli spektrumot optikai ablaknak is szokták nevezni. [13] „*A nem-invazív, gyors és folyamatos módszer a fényelnyelés alapján határozza meg a szöveti oxigénszaturációt*” [25] A szöveti oxigénszaturáció alapján közvetve következtetni lehet a megfigyelt agyterület neurális aktivitására. [13]

A rendszer felépítése:

- infravörös-közeli emitter (650-850nm hullámhosszú)
- infravörös-közeli vevő
- analóg/digitális átalakító
- feldolgozó egység [10][19]

BCI A HAZUGSÁGVIZSGÁLTATBAN

A hazugság, mint emberi viselkedésforma, a társadalom minden rétegében jelen van. Legyen szó egyszerű, ártatlan, kegyes hazugságról vagy egy bűncselekmény eltitkolásáról, az emberek gyakorlatilag napi szinten hazudnak. A hazugság komplex neurális aktivitással jár, amelyhez különböző testi fiziológiai elváltozások is kapcsolódnak. [21]

Mivel az igazságszolgáltatás elsődleges feladata, hogy felderítse az igazságot, egy hiteles eszköz, amely ebben segíthet, kulcsfontosságú szerepet kaphat a büntetőeljárások lefolytatásában. „*A bíróságban az őszintétlen vallomás kétséget kell, hogy ébresszen, ha ez nem történik meg, akár hibás ítélet is születhet.*” [2] Gondoljunk csak arra, hogy amikor egy bírósági eljárás során a hamis tanúvallomások felderítésében a bíró csak a keresztkérdésekre adott válaszokra támaszkodhat, nem sikerülhet neki minden esetben egyértelműen döntést hozni. [28] Ugyanígy nehéz helyzetben van a rendőrség is, amikor egy bűncselekmény vagy baleset helyszínén ki kell kérdeznie a szemtanúkat. Bármelyik szemtanú állíthatja, hogy az esemény pillanatában épp másfelé nézett.

Az ehhez hasonló eseteknek köszönhető, hogy az anglo-amerikai törvényekben helyet kapott a hazugság felderítésére szolgáló technológiai eszközök fejlesztése, és megjelenhettek a poligráfok. [28]

Egy hatékony és megbízható poligráf megvalósítása több különböző szakterületű szakember tudását és komoly munkáját igényli. A műszer megbízható működése azonban több tényezőtől függ, ugyanis egy hagyományos poligráf hat csatornával rendelkezik, amelyekre különböző elektronikus orvosi műszerekről érkező jeleket kapcsolnak, amelyek a következő jelenségeket mérik:

- a mellkasfal és a hasfal kitérései és a ki- és belélegzett levegő áramlása
- a bőr elektromos vezetőképességének változásai
- a vérnyomás változásai
- az egyes végtagokon átáramló vérmennyiség (ujjakra kapcsolt foto érzékelők)
- a vizsgált személy mozgás-aktivitása.

Ezen eszközök összehangolt, hiteles megfigyelése kizárólag meghatározott körülmények között történhet, ami megnehezíti használatukat, és gyakran használhatatlan mérést produkál. [1][2][32]

Különböző kutatások alapján az agytevékenység felvételezése ígéretes területnek mutatkozik a hazugság felderítésében, kiváltva ezzel a hagyományos poligráfos eljárást, háttérbe szorítva annak hátrányait. [1][21][32]

Az agytevékenység felvételezése a hazugságvizsgálatban jelenleg három módszer segítségével történhet:

- eseményhez kötődő potenciál (event related potential, ERP) vizsgálata
- funkcionális mágneses rezonanciás képalkotás (functional magnetic resonance imaging, fMRI)

- funkcionális infravörös- közeli spektroszkópia (functional near-infrared spectroscopy, fNIRS) [32][21][3]

Bármilyen hazugságvizsgálati teszt elvégzéséhez standardizált protokollra van szükség. Két alapvető prototípus paradigmája létezik az igazmondás és a hazugság kiváltására. Az első az ún. összehasonlító kérdéses teszt (comparison question test, CQT), amelynek során az alanyoknak egy kérdéssorra kell igennel vagy nemmel válaszolniuk. A kérdések három kategóriába tartoznak:

- releváns: előre feltételezhető az igazság („Megölte a feleségét?”)
- összehasonlító vagy kontroll: erős választ indukálnak az alanyban („Lopott már valaha?”)
- irreleváns: az alapvonal meghatározására („Egy széken ül?”)

A második paradigma az ún. büntudat teszt (Guilty Knowledge Test, GTK), amelynek célja meghatározni egy információ jelentőségét az alany számára. A tesztelés során releváns és irreleváns kérdéseket tesznek fel az alanyoknak. Lehetőség van képi információk, tárgyak bemutatására is. Tipikus kérdés sorozat: „Sárga volt az autó? Kék volt az autó? Vörös volt az autó?” A bűncselekménnyel kapcsolatban álló személyek felerősített pszichológiai választ adnak a releváns kérdésre. Ezt büntudatnak (angolul guilty knowledge) nevezzük. [27]

ERP alapú hazugságvizsgálat

Az eseményhez kötődő potenciált alapul vevő hazugságvizsgáló eszközök első sorban a P300 hullámot használják ki, amely szokatlan, erős inger hatására alakul ki. A jel amplitúdója arányos az inger szokatlanságával és jelentőségével. A P300 alapú hazugságvizsgálat általában egy GTK, melynek során olyan tárgyakat, információkat mutatnak meg a vizsgálat alanyának, amelyet csak a szemtanúk, a gyanúsítottak és a nyomozásban részt vevő személyek ismernek. Az ismerős tárgyak vagy információk P300 jelet váltanak ki az alany agyában. [31][32]

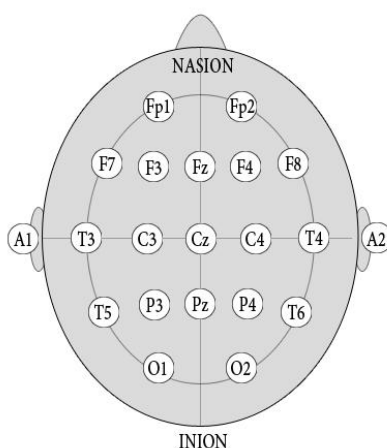
Az első P300 alapú GTK hazugságvizsgálatot Rosenfeld és munkatársai publikálták 1988-ban. A kísérletben egyetemistáknak kellett bemenniük egy szobába, és onnan elvenniük („ellopniuk”) egy tárgyat (óra, rádió, pénztárca stb.). Ezt követően EEG elektródákat helyeztek rájuk, és egy képernyő elé ültették őket. A képernyőn néhány másodpercenként megjelent egy tárgy neve, többek között az „ellopott” tárgy neve is. A felvételezett EEG jeleket számítógép rögzítette és elemezte ki. Végeredményül minden alanynál sikerült azonosítani egyetlen átlagos eseményhez kötődő potenciált, amely tartalmazott egy elhatárolható P300 komponenst, amely mindegyik alanynál az „ellopott” tárgyat jelölte. Elvégezték a kísérletet egy tíztagú ártatlan csoporton is, akik szintén bementek a szobába, de nem vettek el egy tárgyat sem. Egyiküknél sem volt kimutatható P300 hullám a tárgyak nevének bemutatásakor. [14]

Egy másik, CQT kísérlet alkalmával az alanyoknak olyan papírlapokat mutattak, amelyeken az egyetemi hallgatók körében nem ritka bűncselekmények álltak, mint például: „Hamis személyi használata”, „Csalás egy teszten”, „Egy cikk plagizálása” stb. Ugyanennek a tesztnek a második felében magnóról lejátszották nekik egy-egy bűncselekmény részletes leírását. Előző kutatásaik alapján már tudták, hogy az alanyok nagyjából 50%-a bűnös a „Hamis személyi

használata” alapján. A kísérlet eredményeképpen, a mért EEG jelek alapján, sikerült a bűnös alanyok 77%-át azonosítani. [14]

Az eljárást az Egyesült Államokban alkalmazták már büntetőeljárásban is. Egy esetben a bíróság elfogadta az eredményt bizonyítékként, egy esetben elutasította, egy esetben pedig nem engedélyezte az eljárás elvégzését. A P300 alapú hazugságvizsgálat nem elegendő perorvoslat elrendeléséhez. [2]

A vizsgálatban alkalmazott mérőeszköz egy EEG sapka, melynek elektródáit a 10-20 nemzetközi elektróda rendszer szerint helyezik el a fejen. [1][3][32] Ez egy nemzetközileg elfogadott rendszer, amely leírja, hogy az elektródáknak pontosan hol kell elhelyezkedniük a fejen. Első sorban azért lett kifejlesztve, hogy a kísérleti alanyokon végzett mérések eredményei összehasonlíthatóak legyenek egymással. [24] A 10-20 rendszer az 1. ábrán látható.



1. ábra: A 10-20 nemzetközi elektróda rendszer

fMRI alapú hazugságvizsgálat

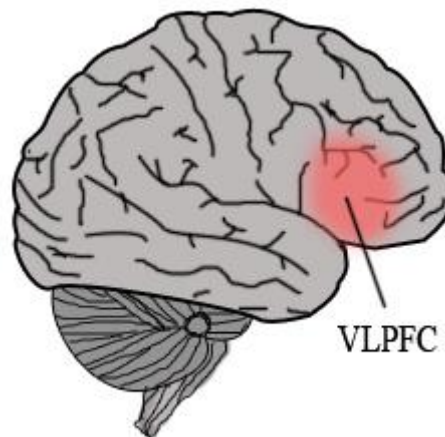
Az agy elektromos aktivitása a másodperc tört része alatt változik, míg az agyi területek véráramváltozásai másodpercekig tartanak, ami részletesebb megfigyelést tesz lehetővé. [7] Ez a jelenség az oka, hogy a viszonylag olcsó EEG eszközök mellett a közeljövőben a jóval költségesebb fMRI is teret kaphat a hiteles hazugságvizsgálatban.

A kezdeti kutatások célja ezen a területen azoknak az idegi rendszereknek a meghatározása volt, amelyek kapcsolatban állnak a hazugsággal. [20]

Az emberi agy az egész test számára szükséges oxigén megközelítőleg 20%-át használja fel, miközben a tömege kevesebb, mint a testtömeg 2%-a. [5] Ma a hazugságvizsgálatra alkalmazott fMRI készülékek az agyi véráramot és az oxigén felhasználást vizsgálják. Innen ered ennek az eljárásnak a neve: blood oxygenation level-dependent (BOLD) fMRI. (Langleben 2008)[28]. A 2000-es évek elején több kutatást is végeztek az idegi aktivitás és a BOLD jel közötti kapcsolatáról, és bizonyították, hogy a BOLD jel egyértelműen idegi aktivitást reflektál. [5] Az aktivitásváltozások megmutatják, hogy egy adott feladat ellátásában melyik agyterület vesz részt. [28] A hazugságvizsgálattal kapcsolatos első kutatás Spence és társai nevéhez fűződik. Ebben a kutatásban megállapították, hogy a ventrolaterális prefrontális kéreg (2. ábra) kapcsolatban állhat a hazugsággal vagy az igazság eltitkolásával. [30] Ezt követően meg-

növekedett az agyi vérkeringés és a hazugság közötti kapcsolatokat vizsgáló kutatások száma. Többen vizsgálták, hogy milyen BOLD jel jelentkezik az alanyok különböző agyterületein kényszerű hazugság, spontán hazugság, memorizált hazugság, színlelt memória romlás és a GTK teszt különböző formái esetén. Az eredmények azt mutatják, hogy hazugság esetén nagyobb aktivitás észlelhető bizonyos prefrontális és elülső cinguláris régiókban. Ez a jelenség kihasználható hazugságvizsgálatkor. [18]

Az eddigi kutatások azt támasztják alá, hogy az fMRI jelekre nagy befolyással van az alany életkora, egészségi állapota és számos más tényező is, ami miatt Az fMRI technika alkalmazása a hazugságvizsgálatban igen nehéz feladat. A vizsgálatot minden alkalommal az alany személyére kell szabni. Nem létezik egységes általánosítás a valós világra. [27] Igaz, hogy a kereskedelemben már léteznek fMRI alapú hazugságvizsgáló eszközök, de, a nem általánosítható, csupán személyre szabott mérési lehetőségek miatt a laboratóriumon kívül való megbízható alkalmazásuk pillanatnyilag még nem lehetséges. A poligráfhoz hasonlóan együttműködő alanyt igényel, aki elkötelezetten válaszol a feltett kérdésekre. [18][8]



2. ábra A ventrolaterális prefrontális kéreg

fNIRS alapú hazugságvizsgálat

A funkcionális infravörös-közeli spektrográfián (fNIRS) alapuló hazugságvizsgálat során az infravörös-közeli emittert és vevőt az alany homlokára erősítik. Ennél a hazugságvizsgálatnál is a standardizált protokollokon alapszik.

A Bhutta és munkatársai által elvégzett kísérletben az alanyoknak egy szobában levő két különböző címletű bankjegy egyikét kellett ellopniuk. Ezután egy CQT teszt segítségével próbálták meghatározni, hogy melyik alany melyik bankjegyet lopta el. A kísérlet érdekessége, hogy a fNIRS mellett egy hagyományos poligráfot is alkalmaztak minden tesztalanyon, és a kielemezéseket elvégezték csak a fNIRS eredmények alapján, csak a poligráf eredményei alapján és mindkét eszköz eredményeit összevetve is. Eredményeik szerint a fNIRS segítségével 71,6%-os pontosságot, a poligráf segítségével 74,5%-os pontosságot, míg a két eredmény összevetésével mindkettőtől pontosabb, 86,5%-os eredményt értek el. A kísérlet rámutat, hogy a érdemes a két technológiát ötvözni. [21]

Egy másik kísérletben az alanyoknak meg kellett jósolniuk, hogy egy pénzérme a képernyő jobb vagy bal oldalán fog-e megjelenni. Jobb vagy bal kezüket kellett elmozdítaniuk titokban

az asztal lapja alatt. Nem tudták, hogy közben videó felvétel készül rólunk. Miután a pénzérme megjelent a képernyőn nyilatkozniuk kellett, hogy eltalálták-e a pénzérme helyét. A sikeres tippre pontot kaptak, a sikertelenért pontlevonás járt. A kísérlet végén egy meghatározott ponthatár eléréseért pénzjutalmat ígértek. Nem közölték velük, hogy ezt csak csalással tudják elérni. A kísérlet eredményeként megállapították, hogy építhető fNIRS rendszer, amivel tanulmányozható a hazugság. [33]

ÖSSZEGZÉS

A hazugság a mindennapi életünk velejárója. Az ember hazudik azért, hogy másokat megvigasztaljon, hogy magyarázatot adjon mulasztásaira, hogy kimentse magát egy kellemetlen helyzetből, hogy jobb színben tüntesse fel magát. Hazudik idegeneknek, ismerősöknek, munkatársaknak, barátoknak és a családjának. A hazugságnak számos különböző formáját gyakorolja nap, mint nap, melyeknek legnagyobb része ártalmatlan a környezete szempontjából. Van azonban a társadalomra nézve veszélyes hazugság is: amikor az ember valamilyen bűncselekmény kapcsán hazudik. A rendőrség és a bíróság feladata megtalálni a társadalmilag veszélyes embereket, és felderíteni a kapcsolatukat az adott bűncselekménnyel. Hogyan lehet azonban megállapítani, hogy valaki hazudik? A múltban, hagyományos módon ez keresztkérdések feltevésével, az arc és a gesztusok megfigyelésével, különböző trükkök és rávezetések segítségével történt. Az ítélet azonban nem mindig igazságos. Megtörtént és ma is számtalanszor megtörténik, hogy valakit tévesen ítélnék el, míg mások tévesen kapnak felmentést. A tudomány szerencsére a hazugságvizsgálat terén is segítséget tud nyújtani. Nagy áttörést jelentet az első poligráfok megjelenése. Az American Polygraph Association felmérése szerint a poligráfos vizsgálatok, a poligráfos teszt típusától függően 85-89%-os pontosságúak. [34] Különböző kutatások bizonyítják azonban, hogy ezek a vizsgálatok csak ideális körülmények között eredményesek, [2][1][32] és emellett a poligráfot félre is lehet vezetni.[9] Az agyszámítógép eszközök fejlesztése a megannyi alkalmazási terület mellett ezen a területen is új lehetőségeket kínál. Segítségükkel valós időben tudjuk figyelni az agyműködést. Az ezen a téren végzett kísérletek azt mutatják, hogy ezek az eszközök új lehetőségeket hoznak a hazugságvizsgálatba. A modern-kori hazugságvizsgálat nem csak a már elkövetett bűncselekmények felderítésében segíthet. Segítségével és szakszerű alkalmazásával meg is előzhetőek azok. A migránsválság, az illegális határátlépések, az ember- és drogcsempészet, a fokozottan növekvő európai terrorcselekmények száma, mind egy-egy súlyos indok arra, hogy az eltitkolt, előre eltervezett bűntényekre, ha lehet, még nagyobb figyelem kerüljön. A megfelelő mérőeszközökkel ez ma már megvalósítható.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Arjon Turnip (2016). An Application of ANFIS Method for EEG Feature Extraction in P300 based Lie Detection, Indonesian Institute of Sciences, Bandung, Indonesia
- [2] Árpád Budaházi (2013). A műszeres vallomásellenőrzés, különös tekintettel a poligráfos vizsgálatra, Pécsi Tudományegyetem Állam- és Jogtudományi Kar Doktori Iskola, Pécs

- [3] Artha Ivonita Simbolon, Arjon Turnip, Jeperson Hutahaeen, Yessica Siagian, Novica Irawati (2015). An experiment of lie detection based EEG-P300 classified by SVM algorithm, Conference paper, 2015 International Conference on Automation, Cognitive Science, Optics, Micro Electro-Mechanical System, and Information Technology (ICACOMIT), Bandung, Indonesia
- [4] B. Graimann, B. Allison, G. Pfurtscheller, (2011). Brain-computer interfaces: a gentle introduction. In: B. Graimann, B. Allison, G. Pfurtscheller (eds.) Brain-Computer Interfaces: Revolutionizing Human-Computer Interaction, pp. 1–28
- [5] B.J. Casey, Matthew Davidson, Bruce Rosen (2002). Functional magnetic resonance imaging: Basic principles of and application to developmental science, *Developmental Science* vol. 5, no. 3, pp 301–309
- [6] Camille Jeunet, Bernard N’Kaoua, Sriram Subramanian, Martin Hachet, Fabien Lotte (2015). Predicting mental imagery-based BCI performance from personality, cognitive profile and neurophysiological patterns. *PloS ONE* vol. 10, no. 12
- [7] Daniel D. Langleben (2008). Detection of Deception with fMRI: Are we there yet?, *Legal and Criminological Psychology*, vol. 13, no. 1, pp 1-9.
- [8] David P. McCabe, Alan D. Castel, Matthew G. Rhodes (2011). The influence of fMRI lie detection evidence on juror decision- making, *Behavioral Sciences and the Law*, vol. 29, pp. 566-577
- [9] Don Grubin (2010). The Polygraph and Forensic Psychiatry, *Journal of the American Academy of Psychiatry and the Law Online*, vol. 38, no. 4, pp. 446-451
- [10] F. Chénier, M. Sawan (2007). A new brain imaging device based on fNIRS, In *IEEE Biomedical Circuits and System Conference*, pp. 1–4
- [11] Han Yuan, Bin He (2014). Brain-Computer Interfaces Using Sensorimotor Rhythms: Current State and Future Perspectives, *IEEE transactions on biomedical engineering* vol. 61, no. 5, pp. 1425–1435
- [12] Hans Berger (1929). Über das electroenkephalogramm des menschen, *Archiv für Psychiatrie*, Bd. 87, pp. 527–570
- [13] Isabella M. Kopton, Peter Kenning (2014). Near-infrared spectroscopy (NIRS) as a new tool for neuroeconomic research, *Frontiers in human neuroscience*, vol. 8, art. 549
- [14] J. Peter Rosenfeld (2000). Event-Related Potentials in Detection of Deception, For *Handbook of Polygraphy*, ed. By Murray Kleiner, New York: Academic Press
- [15] J. R. Wolpaw, N. Birbaumer, D. J. McFarland, G. Pfurtscheller, T. M. Vaughan (2002). Brain-computer interfaces for communication and control. *Clinical Neurophysiology*, vol. 113, pp. 767–779.
- [16] Jacques J. Vidal (1973). Toward direct brain-computer communication, *Annual Review of Biophysics and Bioengineering* vol. 2, pp. 157–180

- [17] John K. Chapin, Karen A. Moxon, Ronald S. Markowitz, Miguel A. L. Nicolelis (1999). Real-time control of a robot arm using simultaneously recorded neurons in the motor cortex, *Nature neuroscience*, vol. 2, no. 7, pp. 664-670
- [18] Joseph R. Simpson (2008). Functional MRI Lie Detection: Too Good to be True?, *The Journal of the American Academy of Psychiatry and the Law*, vol. 36, no. 4, pp. 491-498
- [19] Leanne M. Hirshfield, Krysta Chauncey, Rebecca Gulotta, Audrey Girouard, Erin T. Solovey, Robert J.K. Jacob, Angelo Sassaroli, Sergio Fantini (2009). Combining Electroencephalograph and Functional Near Infrared Spectroscopy to Explore Users' Mental Workload Conference: Foundations of Augmented Cognition. *Neuroergonomics and Operational Neuroscience, 5th International Conference, FAC 2009 Held as Part of HCI International 2009 San Diego, CA, USA, July 19-24, 2009, Proceedings*
- [20] M. J. Farah, J. B. Hutchinson, E. A. Phelps, A. D. Wagner, (2014). Functional MRI-based lie detection: scientific and societal challenges. *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 15, no. 2, pp. 123-131
- [21] M. Raheel Bhutta, Melissa J. Hong, Yun-Hee Kim, Keum-Shik Hong (2015). Single-trial lie detection using a combined fNIRS-polygraph system, *Frontiers in psychology*, vol. 6, art. 709
- [22] M. Teplan (2002). Fundamentals of EEG measurement, *Measurement science review*, vol. 2, no. 2
- [23] Magdalena Krbot (2011). Električna aktivnost mozga i njezina primjena u preoperativnoj procjeni lateralizacije govorne funkcije u pacijenata s epilepsijom, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb
- [24] Manzoor Khazi, Atul Kumar, Vidya M J (2012). Analysis of EEG Using 10:20 Electrode System, *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology* vol. 1, no. 2
- [25] Mihály Boros (2007). Orvostechnika és monitorozás–Gyakorlati orvosi alapismeretek, Egyetemi tankönyv, Innovariant Kft., Szeged
- [26] Muhammad Idrees (2014). An overview on mri physics and its clinical applications, *International Journal of Current Pharmaceutical & Clinical Research*, vol. 4, no. 4, pp. 185-193
- [27] Paul Root Wolpe, Kenneth Foster, Daniel D. Langleben (2005). Emerging neurotechnologies for lie-detection: promises and perils, *American Journal of Bioethics*, vol. 5, no. 2, pp. 39-49
- [28] Paul S. Appelbaum (2007). The new lie detectors: neuroscience, deception, and the courts, *Psychiatric services*, vol. 58, no. 4, pp. 460-462
- [29] Saeid Sanei, J. A. Chambers (2007). *EEG Signal Processing*, John Wiley and sons Ltd, West Sussex

- [30] Sean A. Spence, Tom F. D. Farrow, Amy E. Herford, Iain D. Wilkinson, Ying Zheng, Peter W. R. Woodruff (2001). Behavioral and functional anatomical correlates of deception. *Neuroreport*, vol 12. no. 13, pp. 2849-2853
- [31] Terrence W. Picton (1992) The P300 Wave of the human event-related potential, *Journal of Clinical Neurophysiology*, vol. 9, no. 4, pp. 456-479
- [32] Vahid Abootalebi, Mohammad Hassan Moradi, Mohammad Ali Khalilzadeh (2009). A new approach for EEG feature extraction in P300-based lie detection, *Computer methods and programs in biomedicine*, vol. 94, pp. 48–57
- [33] Xiao Pan Ding, Xiaoqing Gao, Genyue Fu, Kang Lee (2013). Neural correlates of spontaneous deception: A functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) study *Neuropsychologia*, vol. 51, no. 4, pp. 704–712
- [34] www.polygraph.org: Polygraph Validity Research, <http://www.polygraph.org/polygraph-validity-research>, 2016. 11. 20.