

DunaKavics

A Dunaújvárosi Egyetem online folyóirata 2017. V. évfolyam III. szám

Műszaki-, Informatikai és Társadalomtudományok

SZILÁDI GERGELY–BURKUS ERVIN–
POGONYI TIBOR
FANUC ArcMate 120iC/10L he-
gesztőrobot üzembe helyezése

MOCANASU EMESE BOGLÁRKA
Az operátorok moduláris ok-
tatási rendszerének bevezetése,
szolgáltatási minőség fejlesztése
a Zero Defect-filozófia mentén
az Infineon Technologies Ceg-
léd Kft.-nél

KATONA JÓZSEF–KÖVÁRI ATTILA
A figyelem agy-számítógép segít-
ségével történő vizsgálata



Dunakavics

A Dunaújvárosi Egyetem online folyóirata 2017. V. évfolyam III. szám

Műszaki-, Informatikai és Társadalomtudományok

MEGJELENIK ÉVENTE 12 ALKALOMMAL

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

András István, Király Zoltán, Kukorelli Katalin, Palotás Béla,
Rajcsányi-Molnár Mónika, Szabó Csilla Marianna.

SZERKESZTŐSÉG

Ladányi Gábor (Műszaki)
Nagy Bálint (Informatika és matematika)
Szakács István (Gazdaság és társadalom)
Klucsik Gábor (technikai szerkesztő)

Felelős szerkesztő Németh István
Tördelés Duma Attila

Szerkesztőség és a kiadó címe 2400 Dunaújváros, Táncsics M. u. 1/a.

Kiadja DUE Press, a Dunaújvárosi Egyetem kiadója
Felelős kiadó Dr. habil András István, rektor

A lap megjelenését támogatta TÁMOP-4.2.3-12/1/KONV-2012-0051
„Tudományos eredmények elismerése és disszeminációja
a Dunaújvárosi Főiskolán”.

<http://dunakavics.uniduna.hu>

ISSN 2064-5007

Tartalom

SZILÁDI GERGELY–BURKUS ERVIN–POGONYI TIBOR

FANUC ArcMate 120iC/10L hegesztőrobot üzembe helyezése

5

MOCANASU EMESE BOGLÁRKA

Az operátorok moduláris oktatási rendszerének bevezetése, szolgáltatási minőség fejlesztése a Zero Defect-filozófia mentén az Infineon Technologies Cegléd Kft.-nél

19

KATONA JÓZSEF–KÓVÁRI ATTILA

A figyelem agy-számítógép segítségével történő vizsgálata

35

Galéria

(Sóti István fotói)

52



FANUC ArcMate 120iC/10L hegesztőrobot üzembe helyezése

Összefoglalás: A feladat része volt a robot minden funkciójának részletes megismerése, illetve tananyag összeállítása. Emellett elkészítettük a robot használati utasításának magyar nyelvű változatát is.

A hegesztéshez szükséges áramforrás és vezérlőegység is ismeretlen volt, ezért felvettük a kapcsolatot az illetékes személyekkel és biztosítottuk, hogy a robot a gyakorlatban is megfelelően tudjon hegeszteni.

Kulcsszavak: robot, használati utasítás, áramforrás, vezérlőegység.

Abstract: Part of the task was to learn about all the details of the robot's functions, and compile some study material. In addition, we also prepared the Hungarian version of the User's Manual for the robot.

The power source needed for welding and the control unit were unknown, so we contacted the responsible people and made sure the robot would be able to weld properly in practice.

Keywords: Robot, User Manual, power source, control unit.

Bevezetés

A Dunaújvárosi Főiskola Műszaki Intézetének felkérésére egy FANUC ArcMate 120iC/10L típusú ívhegesztő robotot kellett üzembe helyezni. A robot működésképtelen állapotban volt, mivel évek óta nem végezték el rajta a kötelező karbantartási műveleteket. Kamerákat használó biztonsági rendszere a berendezés telepítése során nem lett jól beállítva, ezért meg kellett ismerni annak bekötését és ki kellett javítani a hibáit. Mivel a robot kalibrációs memóriája törlődött, így újra el kellett végezni a kalibrációs beállításokat.

* Dunaújvárosi Egyetem
Informatikai Intézet
E-mail: sziladi.gergely.istvan@gmail.com

** Dunaújvárosi Egyetem
Informatikai Intézet
E-mail: burkus@uniduna.hu

*** Dunaújvárosi Egyetem
Informatikai Intézet
E-mail: pogonyit@uniduna.hu

[1] FANUC Europe Corporation S.A. (2015): (FANUC) Letöltés dátuma: 2015. október 5. forrás: FANUC Europe Corporation S.A. Web site: <http://www.fanuc.eu/uk/en/>

[2] FANUC Robocut. (2015): (FANUC) Letöltés dátuma: 2015. október 5. forrás: FANUC Europe Corporation S.A. Wep site: <http://www.fanuc.eu/uk/en/robocut>

[3] FANUC Robodrill. (2015): (FANUC) Letöltés dátuma: 2015. október 5. forrás: FANUC Europe Corporation S.A. Web site: <http://www.fanuc.eu/uk/en/robodrill>

[4] FANUC Roboshot. (2015): (FANUC) Letöltés dátuma: 2015. október 5. forrás: FANUC Europe Corporation S.A.: <http://www.fanuc.eu/uk/en/roboshot>

[5] FANUC Robot Categories. (2015): (FANUC) Letöltés dátuma: 2015. október 5. forrás: FANUC Europe Corporation S.A. Web site: <http://www.fanuc.eu/uk/en/robots/robot-range-page>

Az elvégzett munka eredményeként mostantól aktív kutatási munkát lehet végezni a robottal, valamint felhasználható oktatási és demonstrációs célokra.

FANUC vállalat bemutatása

A FANUC vállalatot hivatalosan 1958-ban alapították. Alapítója, Dr. Inaba Szejuemon az elsők között már korábban, 1956-ban kidolgozta az NC (Numerical Controller) ötletét. Ezt követte az első elektromos impulzusokat használó motor megvalósítása, amelyhez a korábbi numerikus vezérlő koncepcióját megvalósítva beprogramozott egy vezérlőegységet, amelyet beépítettek egy szerszámgépbe. Az azóta eltelt évtizedek alatt egy szerszámgép automatizált vezérlésétől Dr. Inaba és a FANUC csapata eljutott a gyártósorok szintjén megvalósított automatizálásig. Több, az ipart forradalmasító eszközt fejlesztettek ki, például a '70-es, '80-as években debütált Robocut (Huzalszikra forgácsoló), Robodrill (Fúró- és marógép), és Roboshot (Fröccsöntő robot) szériát. [1][2][3] A jelenlegi, legnagyobb FANUC-komplexum – amely a Fuji hegység lábánál fekszik Japánban – legtöbb gyáregysége saját gyártású robotokat használ ahol csak lehetséges, emellett a fejlesztési központjaik igyekeznek újabb és újabb eszközökkel előállni, hogy kiszolgálhassák az ügyfeleiket szerte a világban, így Európában is. A vállalat megalapítása óta eltelt közel 60 év alatt több mint 2,4 millió CNC-vezérlőjével és 250 000 robotjával a FANUC a világ egyik legelső cége a gyártásautomatizálás terén. [4][5]

FANUC TERMÉKCSOPORTOK

Az alábbi fejezetben röviden áttekintjük a FANUC által manapság gyártott eszközöket, azok főbb jellemzőit – úgymint méret, terhelhetőség, egyéb működési paraméterek –, valamint használati körét. Megemlítésre kerül az ArcMate-sorozat is, amelyet a következő fejezetben részletesebben áttekinthetünk, majd pedig konkrét példákon megismerhetjük a robottal kapcsolatos tudnivalókat.

A jelenleg egyetlen típusal rendelkező ún. *kollaboratív robotok* feladatkörébe tartozik a munkadarabok, szerszámok és alapanyagok mozgatása 35

kg-os teherbírásig. Érintés- és nyomaték-szenzorokkal felszereltek, amelyek egy érintés hatására is megállítják a kart. Emellett felszerelhető vizuális érzékelővel is, amellyel szerszámokat is meg tud különböztetni.

A *csuklós (articulated)* változatok kis- és közepes helyigényű robotok a típustól függően akár 6 irányított csuklóval, 700 kg-os terhelhetőséggel és több, mint 4600 mm-es karkinyúlási értékkel rendelkezhetnek. Általános célú robotok, melyek raklapozó, anyagmozgató, csomagoló és egyéb feladatokat is könnyedén elláthatnak a szerszámok függvényében.

A *delta kialakítású* sorozat tagjai kisméretű, maximum 12 kg teherbírású, 3–6 tengelyes robotok, amelyek ideálisak aprólékos, illetve nagy sebességű műveletek elvégzésére. Egyszerre több szerszámot és kis méretű munkadarabot képesek mozgatni nagy fokú precizitással. Használja őket a gyógyszeripartól kezdve az élelmiszer iparon át elektronikai iparág is.

A *raklapozó* sorozat legerősebbjei 700 kg-ig terhelhetőek, és több, mint 3 m-es karkinyúlásukkal nagy munkaterületen dolgozhatnak. Viszont kis helyigényűek – köszönhetően a vékony kar és csuklókialakításoknak – és nagy sebességgel képesek mozogni, így ideálisak nagyüzemi körülmények közt is.

Az *ívhegesztő* robotok a sokféle hegesztési eljárás alkalmazására tervezett sorozat, amelyben a legnagyobb robottípus is maximum 20 kg-os terhet bír el, többmint 2 m-es kinyúlás mellett. A robot mozgatásáért maximum 6 irányított csukló felel. Azonban rengeteg opcionális feladatot elvégezhetnek a robotok, legyen szó ívhegesztésről, lézeres hegesztésről avagy vágó feladatokról. A szériához tartozó ArcMate 120iC/10L, az általunk üzembe helyezett ívhegesztő robotkar, amely a következő fejezetben bemutatásra is kerül.

A *mennyezetre, falra szerelhető* robotokkal hasznos terület takarítható meg más robotok és folyamatok számára. A legerősebb ilyen típusú robot akár 200 kg-ot is felel, 2 m-es karkinyúlással. Kiváló mozgatási feladatokra és más robotok kiszolgálására. Egyszerre akár több gépet is kiszolgál, ha a sínre szerelt változatot használják.

A kifejezetten *festési és bevonatkezelési* feladatokra tervezett robotok alkotják az utolsó termékcsoportot, amelyeket a minimális energiafelhasználás szellemében fejlesztettek. Ezt a törekvést az alumíniumból kialakított robotkar kisebb tömege is segíti. Emellett üreges karral látták el, amelyben a feladattól és szerszámtól függően elhelyezhetőek a vezetékek és adagolók. Hagyományos és veszélyes környezetben működő változat is készül belőle [6][7].

[6] FANUC Robots Brochure. (2015): Letöltés dátuma: 2015. október 5. forrás: FANUC Robots: http://www.fanuc.eu/~media/files/pdf/products/robots/robots-overview/brochure_robot-overview_2015_en.pdf

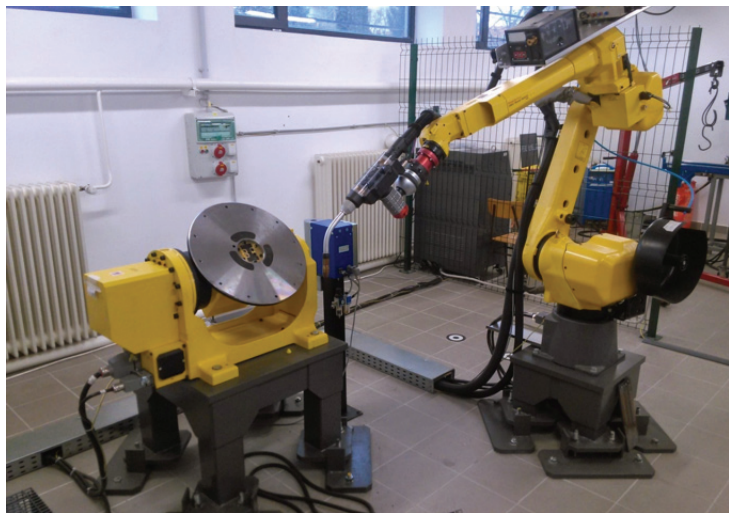
[7] FANUC's history. (2015): (FANUC) Letöltés dátuma: 2015. október 5. forrás: FANUC Europe Corporation S.A. Web site: <http://www.fanuc.eu/hu/hu/magunkr%C3%B3l/fanuc-history>

ArcMate 120iC/10L robot bemutatása

A FANUC vállalat sokféle problémára kínál megoldást az ipar valamennyi területén, legyen szó gyors munkavégzésről, aprólékos szerelési feladatról, avagy nagy tömegű és méretű anyagok mozgásáról. Nem véletlen, hogy a hegesztési munkákat is nagyban megkönnyíti a cég által tervezett és gyártott ArcMate sorozat. Többféle konstrukcióban kaphatunk hegesztőrobotokat, így érdemes részletesen tájékozódni, hogy a vállalkozásunk számára mely termék a leginkább megfelelő.

Az üzembe helyezendő robot az 1. ábra jobb oldalán látható. Ennek funkcionalitását kiegészíti egy munkapad is, amely két szabadságfokkal rendelkezik, tehát forgatható és dönthető.

1. ábra. ArcMate 120iC/10L hegesztőrobot és a hozzá tartozó munkapad (saját illusztráció).



BIZTONSÁGI MEGOLDÁSOK

A továbbiakban áttekintjük a robot környezetét, milyen minimális, a biztonságot érintő feltételeknek kellett teljesülni ahhoz, hogy a műhelyben álló robotkar üzemkész és biztonságos legyen.

A robot mozgását figyelő és befolyásoló eszközök

A robotkar mozgását több berendezés és szenzor figyel, amelyek szükség esetén be is avatkoznak annak működésébe. A robot minden tengelyénél és szervomotorjában érzékelők találhatók, amelyek mérik a gyorsulást és a karokra ható nyomaték nagyságát. Amint az érzékelők a beállított értéknél nagyobb nyomatékot érzékelnek, a vezérlőegység azonnal leállítja a robot mozgását. Ilyen eset akkor fordul elő, ha a robotkar nekiütközik valaminek vagy valakinek, illetve amikor a robotkar nekifeszül egy objektumnak és az akadály miatt a szervomotorok a határérték feletti erővel akarják elmozdítani a robotot.

Robot operációs területe és biztonsági berendezései

Ezek közül az első a robotot és annak működési területét határoló kerítés, amely elsősorban fizikailag hivatott megakadályozni azt, hogy baleset történjen. Abban az esetben, ha kinyitjuk az ajtót, a vezérlő az ajtón elhelyezett érzékelő jelzése alapján leállítja a munkafolyamatot. Ugyanez érvényes akkor is, ha a robot nekiütközik a kerítésnek. Ez esetben a korábban már ismertetett nyomatékérzékelők jelzése miatt szakad meg a munka.

A másik, a működési területet ellenőrző rendszer egy több kamerából álló érzékelő egység, amelyet jó rálátással kell elhelyezni a munkaterületre, hogy megfelelően működhessen. A kamerák által közvetített kép egy vezérlőegységhez fut be, amely különálló egységet alkot a robot vezérlőjétől, de kapcsolatban van vele. A kamera képét a rendszer a padlóra ragasztott jelzések, viszonyítási pontok alapján figyel. Ha bármilyen oknál fogva a jelzések által meghatározott területre tévedne valaki, akkor a robot vezérlőegységéhez vészjelzés fut be, amely leállítja a működését.

A ROBOT VEZÉRLŐEGYSÉGEI

A robotnak két különálló, de egymással kapcsolatban álló vezérlőegysége van [8]. A fő vezérlőegység irányítja a robot működését, kezeli az analóg és digitális be- és kimeneteket, emellett felügyeli a robot állapotát és vészjelzés esetén – amely származhat a nyomaték szenzoroktól, a kameráktól vagy bármely vészleállító és megszakító

[8] FANUC's Roboguide Simulator. (2015): (FANUC) Letöltés dátuma: 2015. október 6. forrás: FANUC America Corporation Web site: <http://robot.fanucamerica.com/products/vision-software/roboguide-simulation-software.aspx>

[9] FANUC's Robot Controllers. (2015): (FANUC) Letöltés dátuma: 2015. 10. 6. forrás: FANUC Europe Corporation Web site: <http://www.fanuc.eu/hu/en/robots/accessories/controller-r-30ib>

gombtól – meg is állítja annak működését. Mindemellett bizonyos idő után áramtalanítja a robot szervomotorjait, így is spórolva az energiafelhasználással. Ezen az egységen található egy vészkapcsoló, a hibajelzések megszüntetéséért felelős „Reset”, egy „Cycle Start” gomb, valamint egy, a robot működési módját szabályzó, kulccsal fordítható kapcsoló. A vezérlőn lent, jobb oldalt pedig az egység főkapcsolója található. Ehhez a „központi” vezérlőhöz kapcsolódik egy kézi terminál is, amelyet kábelen csatlakoztathatunk a fő egységhez. Ezen a hordozható terminálon található gombok segítségével teljes értékű munkát tudunk végezni (mozgathatjuk, új programot írhatunk rá, hegeszthetünk vele), azonban van egy hátránya az irányítási és programozási módszernek. Ez az úgynevezett online programozás, amikor is a robotot közvetlen a terminálról irányítjuk, ezáltal viszont nem végezheti a munkáját, csak azután, miután a beállítások módosítása vagy a programozás megtörtént.

A másik lehetőség az offline programozás, amikor is számítógépen történik a robot beállítása a szimulációs környezet segítségével. A RoboGuide szimulációs környezet [9] a FANUC által tervezett robotok és ezekhez kiegészítők, szerszámok, valamint munkadarabok modelljét tartalmazza, így könnyedén elsajátítható benne az adott típusú eszköz használata anélkül, hogy a valódi robotra szükség lenne.

Robot üzembe helyezése

Bekapcsolás után, a kézi terminálon látható, ahogy az operációs rendszer betöltődik és ellenőrzi a csatlakoztatott eszközök állapotát, majd elindítja a grafikus kijelzőt a terminálon. Ha minden megfelelően működik, akkor csak a „Deadman Switch Released” figyelmeztetés jelenik meg.

Azonban, a korábban már ismertetett biztonsági berendezések túlzott hatékonysága problémát okozott. Ismert volt, hogyan kell bekapcsolni a rendszert, minek kell történnie és a szimulációs környezetben futtatott tesztekben pedig a vezérlés is egyszerű feladatnak bizonyult.

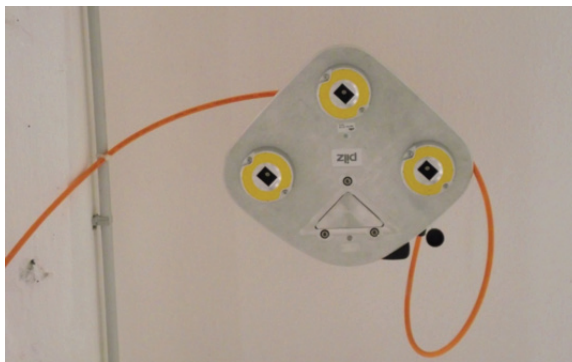
A kézi vezérlő hibát jelzett mivel a kamerás biztonsági rendszer (2. ábra) túlságosan érzékeny volt.

A probléma megoldásaként elkezdtünk a kamera beállításainak módosításával is foglalkozni, de annak érdekében, hogy folytathassuk magának a robotnak az üzembe helyezését, a kamera vezérlőjétől érkező hibajeleket ideiglenesen kiiktattuk.

Miután a kamerától jövő hiba megszűnt, egy újabb probléma lépett fel. A robot csupán manuális tengelymozgatásra volt képes. Bármely más módon történő mozgatási kísérlet, a „Robot not calibrated!” figyelmeztetést eredményezte.

Hosszas utánajárással kiderült, hogy a robot az inkrementális enkóderei által mért pozícióját áramtalanítás után egy klasszikus elemekkel táplált felejtő (volatile) memóriában tárolja. Ezeket az elemeket a karbantartói leírás szerint évente kell cserélni, és mivel a robot több éve nem volt karbantartva, ezért az elemek érthetően lemerültek, a robot pedig elvesztette a referencia adatait.

2. ábra. Kamerás biztonsági rendszer megfigyelőegysége (saját illusztráció).



Az elemek cseréje után még nem oldódott meg minden probléma, hiszen a tárolt pozíciós adatok elvesztek, ezért el kellett végezni a robot kalibrációját. Ennek lépései közt szerepelt a robotkar alaphelyzetbe történő pozicionálása (3. és 4. ábra). A feladat sikeres végrehajtása után, a robot koordinátarendszerét is helyreállítottuk, minek következtében a rendszer üzemkész állapotba került.

3. ábra. Kalibrációs folyamatok előkészületei (saját illusztráció).



Jó példa védelmi rendszerre az első kalibrációs és mozgatósi utasítások tesztje, amikor is a robotot korlátozott, maximum 250 mm/sec-es sebességgel mozgattuk, majd ugyanazt a mozgatósort korlátozások nélkül is lefuttattuk. Az eredmény az lett, hogy a mozgatósor számos részénél a robotkarba épített nyomatékszenzorok túl nagy erőhatást érzékeltek és megszakították az éppen futó programot.

Apró lépésekben sikerült azt a sebességet kiválasztani, melynél a védelmi mechanizmus még nem kapcsol be. Ám ezzel sem volt tökéletes a művelet. A tengelyek különböző tengelyforgási sebességgel rendelkeznek. Mivel az általunk használt programba táplált mozgatósor leginkább a J4–J6 tengelyeket érintette, így a probléma az utolsó mozgatóknál, azaz a robot „nyugalmi” pozícióba történő mozgatósakor jelentkezett.

A J2 és J3 tengelyek mentén a karok együttesen olyan sebességgel mozdultak egymás felé, hogy a pozícióban történő megállásakor a robotvezérlő rögtön letiltotta a működést. Pedig mindössze annyi történt, hogy a robot a kívánt pozícióban állt meg, csak túl nagy sebességről lassult le túl rövid idő alatt. A védelmi leállítás akkor is megtörténik, ha a robot ütközés vagy akadály miatt nem tud tovább mozogni – egy kisebb rántásnak megfelelő erőhatás is elegendő ehhez.

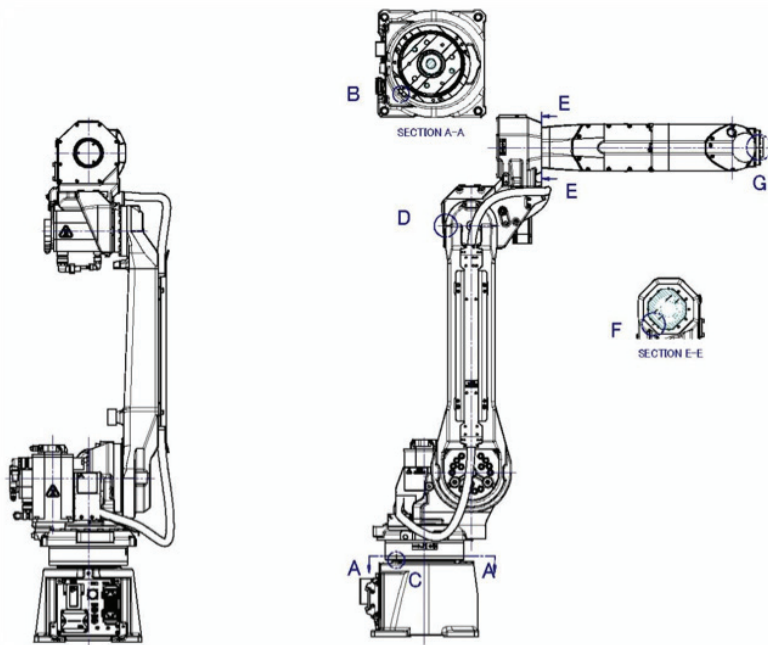
Éppen ezért fontos, mindig ügyelni a robot mozgási sebességének beállítására, különösen kalibrációkor, vagy amikor az operátor a robot közelében tartózkodik.

KALIBRÁCIÓS FOLYAMATOK

A felhasználó által végzett szerszám (TOOL) és felhasználó (USER) koordináta-rendszerek kalibrációs folyamata alapvetően abból áll, hogy a szerszám végpontját egy többlépéses folyamat során a vezérlőegység eltárolja és ennek a pontnak a koordinátáit mintegy hozzáadja a robotkar végpontjának koordinátáihoz. Mivel a szerszám-végpontot nagyon pontosan a referenciaponthoz lehet igazítani, így a kalibráció után lehetséges a robot használata.

Esetünkben azonban további lépések voltak szükségesek, hiszen a koordináta-rendszerekre vonatkozó adatok elvesztek. Mivel a robot ezekből az adatokból tudja, hogy hol helyezkedik el a végpontja, ezen információk nélkül a vezérlő nem engedheti, hogy megmozduljon, nehogy balesetet okozzon. Szükséges volt a robot saját, ún. WORLD koordináta-rendszerét is helyreállítani, mivel a vezérlő minden megadott pontot ebben a rendszerben tárol.

4. ábra. Robotkar pozíciójának rajza az alap koordináta-rendszer kalibrálásához (FANUC Gépkönyv).



[10] Palotás Béla (2003): Hegesztési paraméterek számítása hegesztő robotokhoz. *Gépgyártás. XLIII.* 4–5. 34–45.

A recalibráció első lépéséhez a robot által használt alapvető (WORLD) koordináta-rendszerhez tartozó kalibrációs pozíció (4. ábra) beállítása szükséges. Ez az ún. ZERO POSITION MASTERING folyamat. Ennek elvégzésével a pozicionálás nem lesz tökéletes, mivel szemmértékre kell hagyatkozni, ezt azonban segítik a karokon és a tengelyeken elhelyezett jelzések, amelyekkel viszonylag pontosan beállíthatóak a csuklók a saját 0°-os szögpozíciójukba.

Ezzel a lépéssel a robot vezérlőegysége beállítja a koordináta-rendszerének origóját és tengelyeit. A folyamat után a koordináta-rendszer X tengelye abban az irányban lesz, amerre a robotkar „néz”, Y tengelye a kartól balkéz szerinti irányban lesz beállítva, a Z tengelyt pedig a függőleges irány határozza meg. A robot 4. ábrán látható pozícióba állítása ismételt többletmunkát igényelt. A munkaterületet határoló kerítést a kalibráció idejére szét kellett bontani, mivel a hegesztőpisztoly már nem fért el a kerítésen belül.

A legpontosabb beállításhoz továbbá szükséges az ún. QUICK MASTERING eljárás is, amellyel a vezérlő korrigálja a koordináta-rendszer minimális elcsúszását is. A folyamat során a robotkarba épített szervómotorok enkódereinek szögpozícióját rögzíti a rendszer a szervó-indexek, azaz 0 pontokhoz viszonyítva. Ezt az adatot a rendszer akkor is meg tudja határozni, ha minden korábbi információ elveszett, így tökéletes arra, hogy a legpontosabban korrigálja a ZERO POSITION MASTERING által beállított WORLD rendszert.

A fenti folyamatok végrehajtása után már el lehetett végezni a szerszám kalibrációt, amely esetünkben az ívhegesztőpisztoly végpontjának koordinátáit illetve annak orientációját rögzítette.

Hegesztési lehetőségek, paraméterek és utasítások

Ahhoz, hogy tényleges munkát lehessen végezni a robottal, a mellé telepített SKS Hegesztő vezérlő és áramforrás szükséges. A vezérlő egységbe be kell táplálni a következő, a hegesztés minőségét meghatározó paramétereket:

- az áramerősséget (I),
- a feszültséget (V),
- az alkalmazott védőgáz fajtáját (100% Ar, 82% Ar + 18% CO₂),
- a gáz áramlási sebességét,
- és a huzal-előtolási sebességét. [10]

A paraméterek beállítása után már csak a megfelelő mozgás, varratminta, illetve a hegesztésssebesség beprogramozása szükséges. Az áramforrás és a Q80-as vezérlőegységnek köszönhetően a robot többféle hegesztési eljárásváltozatot képes alkalmazni. Ezek a következők:

- MIG/MAG – (Inert / Aktív) Huzalelektrodás védőgázos ívhegesztés,
- AWI/TIG – Argon védőgázos wolframelektrodás ívhegesztés (nem leolvadó elektrodával, külön huzaladagolással),
- I – Puls – Impulzushegesztési eljárás, amelynél az áramerősséget a vezérlő automatikusan szabályozza.

Ezen típusok mellett a vezérlőegység és az áramforrás az SKS által kifejlesztett szabadalom eljárásokat is képes alkalmazni. Ezen eljárások az ún. Micro MIG – alacsony hőbevitelű hegesztés, vékony lemezek esetében –, illetve a KF-Puls.

A KF-puls egy impulzushegesztési eljárásváltozat, amelynek legnagyobb előnye a varratkészítéshez használt igen rövid, de stabil hegesztő ív, amellyel jó résáthidaló képességet ér el a rendszer, illetve jelentősen csökken a hegesztés során a fröcskölés mértéke.

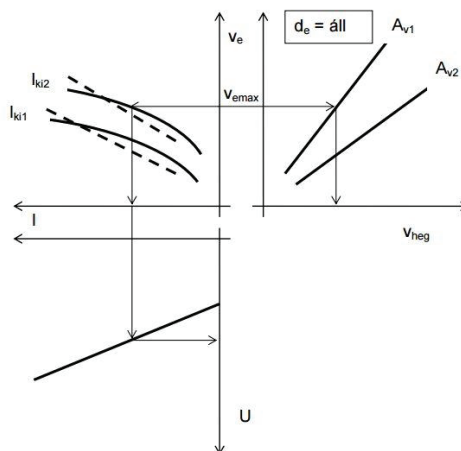
Érdemes tudni a hegesztési folyamatokról, hogy azok szinergikus módon működnek, azaz egy adott paraméter segítségével meghatározhatjuk az össze többit. Ez a huzalelőtolási sebesség, amelynek a többi paraméterrel való összefüggését a 5. ábra mutatja be.

A paraméterek összefüggését leíró egyenlet $V_e A_d \eta_{ki} = V_{heg} A_{le} C$, ahol:

- V_e - Huzalelőtolási sebesség [m/min]
- A_d - Hegesztő huzal fémes keresztmetszete [mm²]
- η_{ki} - fröcskölési veszteséget figyelembe vevő határfok [%]
- V_{heg} - Hegesztési sebesség [mm/min]
- A_{le} - Leolvasztott keresztmetszet [mm²]
- C - Konstans

[11] Pogonyi Tibor (2015): *MAG és KF-Pulse ivhegesztő eljárás-változatok össze-hasonlítása*. Letöltés dátuma: 2015. 10. 6. forrás: innoteka.hu: http://www.innoteka.hu/cikk/mag_es_kf_pulse_ivhegesztő_eljaras_valtozatok_ossze_hasonlítása.1236.html

5. ábra. Hegesztési paraméterek és azok összefüggései. [11]



Látható, hogy több paraméter pontos megadása szükséges ahhoz, hogy megfelelő varratot lehessen készíteni a munka során. Ehhez azonban nem elég a SKS-vezérlőegységet beállítani. Megfelelően kell programozni a robotot is a mozgási forma, sebesség, pisztolytartási szög és egyéb kiegészítő paraméterek tekintetében. A jó varrat készítéshez megfelelően kell kiválasztani a védőgázt (ami a levegő káros hatásaitól védi a hegfürdőt, illetve az ívgyújtásban is szerepet játszik), valamint a megfelelő sebességet a pisztolytartási szöggel együtt (ezekkel meggátolható a porozitás jelensége). A robotkar programjában lehetőség van a varrat mintájának és az ahhoz tartozó paraméterek megadására is, így a hegesztés során az adott követelményeknek megfelelő varrat készíthető el.

A hegesztési folyamatot az SKS vezérlőegysége irányítja, amely a robot számára paramétereket továbbít a megfelelő interfészen keresztül. Ezt az információs csatornát azonban a hegesztést lefolytató programban is be kell állítani.

HEGESZTÉSI TESZTEK, EREDMÉNYEK

Az üzembe helyezéssel kapcsolatos problémák és a robot mozgási tesztsjelei után már csak a hegesztés maradt hátra. Az SKS Q80-as vezérlőn megadtuk a szükséges paramétereket a hegeszteni kívánt anyag és a hegesztés sebességének függvényében, eközben a védőgáz vezetékét is csatlakoztattuk a robotra és az elektródát is bevezettük az a huzalelőtoló berendezésbe. Ezután egy acéllemezt rögzítettünk a munkapadra, majd megkezdtük a robot programozását, végül pedig a hegesztési folyamatot.

A kísérletek után kapott eredmények alapján a hegesztési paramétereken még finomítani kellett, miszerint szórt ívű hegesztéshez szükséges paraméterek megadása után a hegesztőáram nem érte el a szórt ívű tartományban szereplő áramerősség értékét ($I < 320$ A). Még két tesztet végeztünk hasonlóképpen, melyek után megállapíthattuk, hogy a munkadarab földelése nem volt megfelelő, hiába volt rögzítve rendesen a kábel.

Valószínűleg a munkapaddal történő érintkezése miatt lett a varrat nem megfelelő. Miután újra rögzítettük a földelést biztosító vezetéket, valamint ellenőriztük magát a védőgázkeveréket is, ismét elvégeztük a tesztet. Ez már eredményesnek bizonyult, a robot megfelelően, jóval kisebb fröcskölés mellett készítette el a MAG hegesztési eljárással a varratot.

Ezt követően egy vékonyabb lemezen teszteltük az SKS szabadalmát, a KF-Puls impulzusívű eljárás-változatot is, ennek eredményét a 6. ábra mutatja.

6. ábra. KF-Puls impulzushegesztési eljárással készített sarokvarrat (saját illusztráció).



Az eljárás rövid impulzusok segítségével készíti a varratot, emellett a fröcskölés mértékét is jelentősen csökkenti, ahogy azt mi is tapasztaltuk. A második teszt után még pontosabban be tudtuk állítani a vezérlőegységet, valamint a robotot is, amely – ha minimálisan is – de képes szabályozni a hegesztési ív erősségét, így erre is külön figyelmet fordítottunk a konfigurálásnál.

Ezzel le is zártuk a hegesztési tesztekét. A további finomhangolása a rendszernek folyamatosan, a hegesztési munka típusától függően történik, azonban a tesztek után kijelenthettük, hogy a rendszer teljes egészében üzemkész és munkára alkalmas.

Az ismertetett paraméterek és utasítások alapján egyszerűbb munkafolyamatok már elvégezhetőek. A teljes körű tudás elsajátításához azonban összetettebb ismeretekkel kell rendelkezni a robot programozását és az SKS vezérlőbeállítását illetően.

Összefoglalás

A cikkben leírtak jól mutatják az ipari robotok és azok üzemeltetésével kapcsolatos teendők sokszínűségét, egyben összetettségét is. Ennek ellenére sikeresen vettük az előttünk álló akadályokat és elértük a projekt elején kitűzött célokat. Először is, működésre bírtuk a robotot a kamerarendszer helyreállításával. Ezután a robot memóriaegységének hibáját korrigáltuk, majd megtörtént a robot újrakalibrálása is. Legvégül a hegesztésért felelős rendszer beállítását végeztük el.

Összességében elmondható, hogy a kitűzött célokat teljesítettük és teljes mértékben üzemkész állapotba helyeztük a robotot valamint annak vezérlőegységeit. Az elvégzett hegesztési próbák jó eredményt produkáltak.

Az operátorok moduláris oktatási rendszerének bevezetése, szolgáltatási minőség fejlesztése a Zero Defect-filozófia mentén az Infineon Technologies Cegléd Kft.-nél

Összefoglalás: Az cikk megírásának célja bemutatni az emberi erőforrás és a minőség korrelációját az Infineon Technologies Cegléd Kft. jelenlegi oktatási módszertanából kiindulva. A folyamatosan változó környezeti feltételekhez való alkalmazkodás komoly gondot jelent a szervezetek számára, akiknek egyre növekvő mértékű versenyben kell helytállniuk. Minőségügyi ismeretekkel összefüggésbe hozva, a TQM, mint vezetési módszer ereje is abban rejlik, hogy igyekszik a leghatékonyabb módon felhasználni az emberi és anyagi erőforrásokat, így teremtve értéket a vevő számára. Az erőforrások közül kiemelt fontosságú az emberi erőforrás, a tevékenységet végző egyén. Esetünkben a legértékesebb erőforrás is egyben, hiszen nélkülözhetetlen a gyártási folyamatokban. Ő teremt új értéket és nélküle a többi erőforrás sem jöhet létre. Köztudott, hogy hozzáadott értéket a tudáson alapuló munkavégzés hoz létre. Képzés által elérhető, hogy a munkavállalók magas szinten megfeleljenek a szervezet jelenlegi és jövőbeni követelményeinek. A készségek és képességek birtokában a munkaerő könnyen és hatékonyan végezheti feladatát, melynek során betölti szerepét az értékteremtő folyamatban, viszont ehhez elengedhetetlen a kiváló képzési rendszer megteremtése.

Kulcsszavak: TQM, versenyképesség, értékteremtés, ember, Yield, Zero Defect.

Abstract: The objective of this article is to describe the correlation between human resources and quality at Infineon Technologies Cegléd Ltd. based on the methodology of their current training. Adapting to the constantly changing environmental conditions poses a serious problem to organisations, which have to live up to their commitments in an increasingly competitive situation. When compared to knowledge of quality, the strength of TQM as a management technique lies in the fact that it tries to use human and material resources the most effective way possible, thus creating value for customers. Human resources, the individuals performing the work have

* *Dunaiújvárosi Egyetem*
E-mail: boglarka.mocanascu@gmail.com

[1] Economist
Intelligence
Unit Humans
and Machines
study sponsored
by Ricoh:
<http://hvg.hu/>

outstanding importance among the resources. In our case it is the most valuable resource as well since it is indispensable in manufacturing processes. They create new value and no other resource can be created without them. It is a well-known fact that added value is created by knowledge-based work. It is possible to achieve it through training that employees meet the present and future requirements of the organisation at a high level. When they possess the skills and abilities, the labour force can easily and effectively perform their tasks in the course of which they fulfil their roles in the value creating process, however, it is indispensable to develop an excellent training system for it.

Keywords: TQM, competitiveness, value creation, people, Yield, Zero Defect.

Bevezetés

Az gazdasági helyzetet figyelembe véve és egy Ricoh által végzett kutatás eredménye is azt mutatja, hogy az európai vállalatok vezetői jobban aggódnak a technológiai fejlődésnek való megfelelés miatt, mint ázsiai és észak-amerikai társaik. Az európai vezetők 45%-a aggódik amiatt, hogy nem tudnak lépést tartani a fejlődéssel, ezáltal elveszthetik versenyképességüket. Ezzel szemben az ázsiai vezetőknél ez az arány 35%, míg az észak-amerikaiaknál 37%.

Ami biztos, hogy a változás elkerülhetetlen. A biztosnak vett munkamódszerek valószínűleg már nem fognak sokáig működni. Mindemellett a globális szakértők szerint az olyan munkahely, ahol a döntéseket szinte kivétel nélkül számítógépek és robotok hozzák, nem valósul meg a közeljövőben. A jövő nagy potenciált rejt az emberek számára abban, hogy kihasználhassák erőforrásaikat és ezáltal értéket teremtsenek. [1]

Ahhoz, hogy elégedett dolgozók gyártsanak a termelésben, mindemellett, hogy a gyártott termékek minősége a zero defect elvhez hűen a vevő igényeit kielégíti, az oktatási rendszer megváltozására van szükség első körben.

Szakmai áttekintés

A TÉMA TUDOMÁNYOS HÁTTERE

Egy kutatás akkor válhat tudományossá, ha az párosul szakmai ismeretekkel, szakirodalmi háttérrel és a vizsgálati módszerek által kapott és kiértékelt eredményekkel. A témát illetően

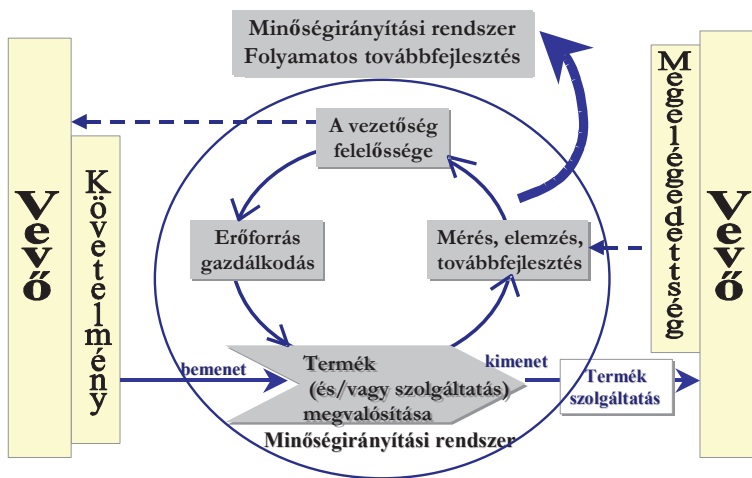
fontos megemlíteni a Zero Defect-filozófiát, mely Philip B. Crosby nevéhez fűződik, aki a hibaforrást a dolgozók megfelelő képzésével, bevonásával ki lehet iktatni, avagy az előfordulását csökkenteni. [2]

A minőség azon is alapszik, hogy a dolgozók valóban értik-e mit várnak el tőlük és mi az elvárás oka. A szervezet jövőképének és stratégiájának megértéséhez szükséges eseti és rendszeres képzések tartása, melynek eszközeként szolgál a 2013-ban átadott Tréning terem, ahol a termelésben lévő kritikus állomások megtalálhatóak és az új belépők nem éles tégeken gyakorolnak, hanem a vezető technológus, mint oktató segíti őket a betanulásban.

A képzések biztosítják, hogy közös nyelvet beszéljünk a folyamatos fejlesztéshez és javításhoz szükséges ismeretekkel és készségekkel.

[2] Mojzes, I. (2000): *A minőségbiztosítás alapelemei.* [online]

1. ábra. A minőségirányítás folyamatmodellje.



Forrás: CEKon: Minőségirányítási rendszerek.
[Online], 2003 alapján saját szerkesztés, 2015.

A folyamatmodellel be lehet mutatni a zárt hurkú folyamatelem kapcsolódásokat. „A felsővezetés felelőssége” – ötödik – fejezetben a felső vezetés meghatá-

[3] CEKon (2003):
Minőségirányítási rendszerek.
[Online]

[4] Lindner Sándor–Dihen
Lajosné–Henkey István:
Humán Controlling.
Budapest: Szókratész Külgaz-
dasági Akadémia Oktatási és
Tanácsadó Kft.

rozsa a követelményeket. Az ezekhez szükséges erőforrásokat az „Erőforrás menedzsment” – hatodik – fejezet szerint határozza meg és biztosítja a felső vezetőség. Az erőforrások megfelelő menedzselésével biztosítható, hogy a terméket és/vagy a szolgáltatást előállító folyamatokat létrehozzák, bevezessék, alkalmazzák, menedzseljék a hetedik – „Termék (és/vagy szolgáltatás) megvalósítása” – fejezet alapján. [3]

Vállalat ismeretek

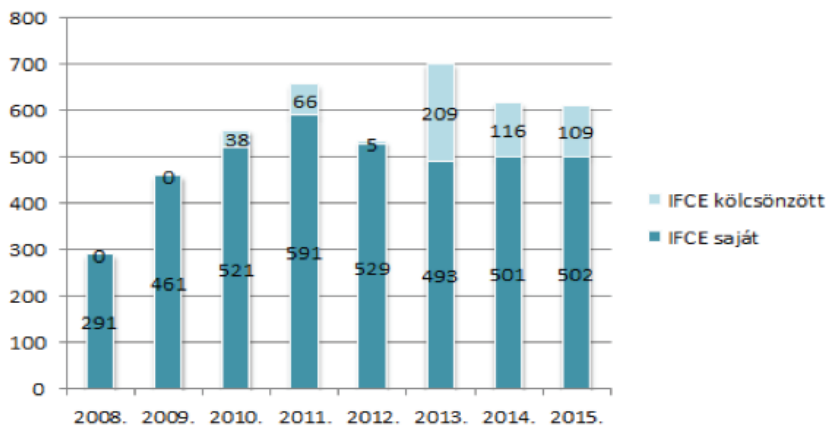
AZ INFINEON TECHNOLOGIES CEGLÉD KFT.

Az Infineon Technologies Cegléd Kft. Magyarország legnagyobb félvezetőgyártó vállalata. Az Infineon félvezető rendszermegoldásokat kínál a modern társadalom három központi igényét – energiahatékonyság, mobilitás, biztonság – szem előtt tartva. Közel 35.000 munkavállalót foglalkoztat világszerte, ebből a ceglédi telephelyen jelenleg 600 aktív állományú munkavállaló dolgozik. A munkavállalók kb. 28%-a K+F tevékenységet folytat, ezzel bizonyítja az innovatív termék előállítására való hajlamot.

A minőség kulcsa: az ember

A társadalmi-gazdasági átalakulás, a piacon való bennmaradásért folyó küzdelem a vállalkozások számára nagy kihívást jelent. Az emberi erőforrás-gazdálkodás egyre nagyobb teret kap a tervezési fázisban is. Ezt a tézist Lindner Sándor: *Humán controlling* című könyvében is megfogalmazta. [4] Ennek kapcsán kutatásom első fázisában megvizsgáltam a jelenlegi operátori állományt, kölcsönzött és saját állomány tekintetében.

1. diagram. IFCE saját és kölcsönzött állomány aránya.



Forrás: HR adatok alapján, saját szerkesztés, 2015.

Látható, hogy az elmúlt évek során megnövekedett a kölcsönzött állomány létszáma. Ennek oka a térségben megjelenő nagyvállalatok iparának fellendülése és új vállalatok feltűnése. Így a vállalatnak szüksége van külsős cég bevonására a toborzásban, felvételizetésben. A vizsgált részleg a termelés, azaz a gyártósor, amelyen dolgozom.

Ahhoz, hogy a kutatás adatokkal is alátámaszható legyen, górcső alá vettem a gyártósort minden tekintetből. A termelés egységesen húzó rendszerű – pull system –, azaz az egyes folyamatlépések vezérlik az azt követő lépések sebességét. A puffert igyekeznek minimalizálni, és egyszerre egy termékkel dolgoznak a területeken.

Ez a one piece flow elvű gyártási módszer. Az operátorok oktatásával a vezető technológus foglalkozik, ezáltal biztosítja a megfelelően képzett állomány által előállított termék kiváló minőségét. Ezt a szemléletet az ISO 9001:2008-as szabvány is definiálja a 6. pontjában, ahol az erőforrásokkal való gazdálkodásról beszél. [5]

[5] Hungarian Standards Institution (2005): *MSZ EN ISO 9000:2005*. Budapest: MSZT.

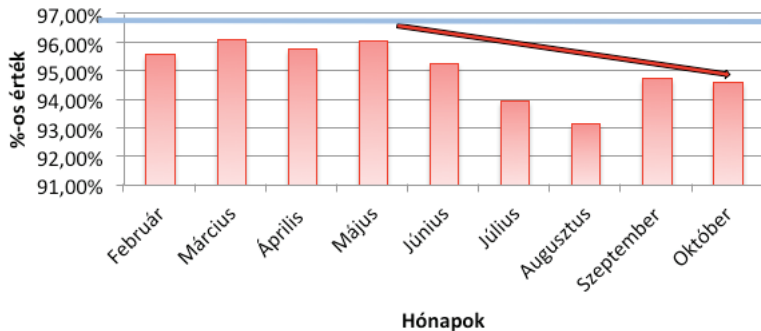
Bérpótlék, mint motivációs eszköz

Az ember különböző eszközökkel motiválható, mely lehet szankció, lehet béremelés, megbecsülés, vezetői visszajelzés vagy akár egy vállalaton belül bérpótlék-szabályozás. Azonban mindnek az ember a mozgatórugója. Esetünkben a bónusz rendszer, azaz a KPI (Key Process Indicator), kulcsfontosságú mutatószámok célértékeinek elérése befolyásolja a havonta kifizetésre kerülő bérpótlékot.

Az operátorok a célok eléréseért minden tőlük telhetőt megtesznek. Összeségében 25% érhető el maximum, melynek alapfeltétele a havi darabszámcélok teljesülése, majd a Yield, a típushűség és a vevő által megreklamált modulok száma (DPM-Deffect Per Million). Az ember irányítja a gyártási folyamatot, működteti a gépeket, így leginkább tőle függ a havi cél elérése. A kutatás második köre a gyártósor kihozatalára irányult.

2. diagram. Kihozatal az Econo2-es gyártósoron.

Kihozatal az Econo2-es soron 2015.02.01.- 11.01.



Forrás: Eway4 adatok alapján, saját szerkesztés, 2015.

A vállalat által meghatározott célérték: 96,3%, azonban a sor értékei csökkenő tendenciát mutatnak. A problémamegoldás folyamatában szükség van a probléma helyének pontos meghatározására.

Minőségtudat a gyártásban

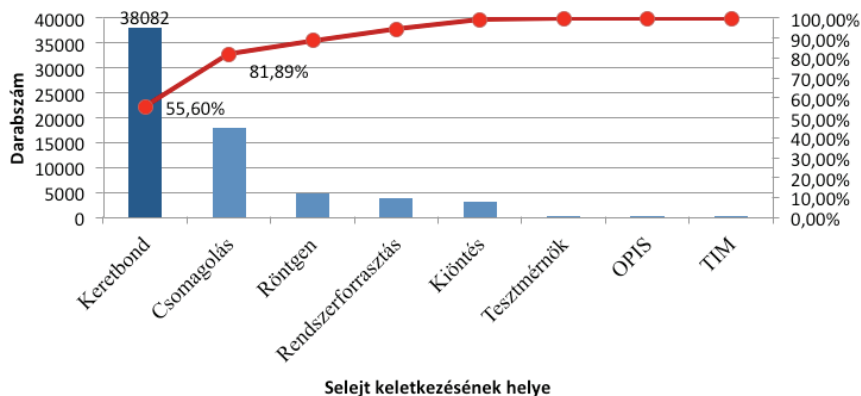
A sikeres vállalatoknak két jellemzőjük van: a menedzsment értéke és annak minősége. A menedzsment minősége kiterjed a vevői értékkel, a működési költséggel, az összes erőforrás felhasználásával és a jobb teljesítményt eredményező vállalati kultúra kialakításával kapcsolatos vezetési feladatok ellátására. A menedzsment értéke magában foglalja a vállalat összes erőforrásának felhasználását a növekedés és a nyereség elérése érdekében a TQM mentén. Ez a két szempont teljes mértékben kapcsolódik a vállalat minőségközpontú szemléletéhez. [6] A gyártásban a PGL – Production Group Leader, aki egyben minőségügyi vezető a saját területén, feladata és kötelessége a minőségtudat kiépítése és erősítése a dolgozóknál. Ezáltal szükséges a pontos problémameghatározás és annak megoldása a vevői igények teljeskörű kielégítése és a vállalati kultúra megtartása érdekében.

[6] Sandholm, L. (2015): Van-e szerepe a jövőben a minőségügyi menedzsernek?, *Minőség és Megbízhatóság*. 3–4.

Ok és okozat

A pontos meghatározáshoz Pareto-diagram segítségével a termelésben lekönnyvelt selejtek darabszámából egyértelműsíthető a keletkezési hely.

3. diagram. Pareto-diagram a selejt modulok keletkezési helye szerint 2015. 02. 01.–2015. 11. 01.

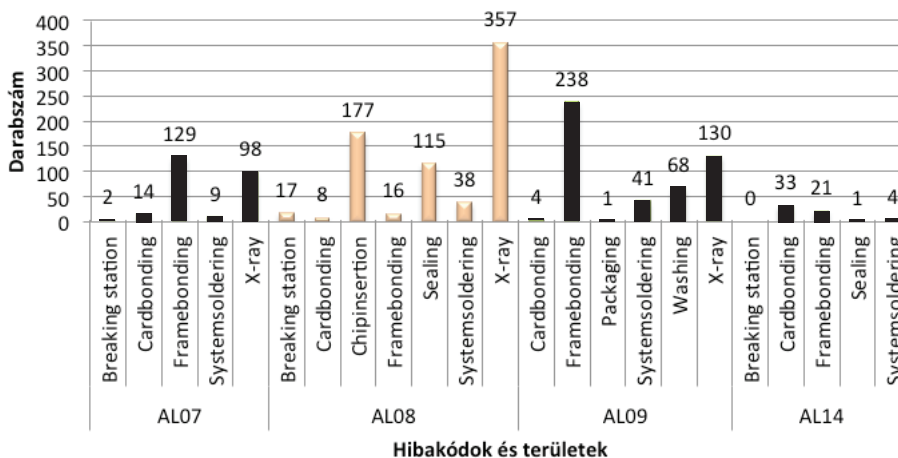


Forrás: Eway4 adatok alapján, saját szerkesztés, 2015.

Megállapítható, hogy a keretbond területen keletkezett selejtek száma a legmagasabb, azaz modul szintű selejtek 55,60%-a az említett területen keletkezik, mely jelentős kiesést okoz a vállalatnak. Következő vizsgálni kívánt elem a gyártásközi selejtek száma az emberi és gépi hibákra fókuszálva.

4. diagram. In-process Rejects on Econo2 Production Line.

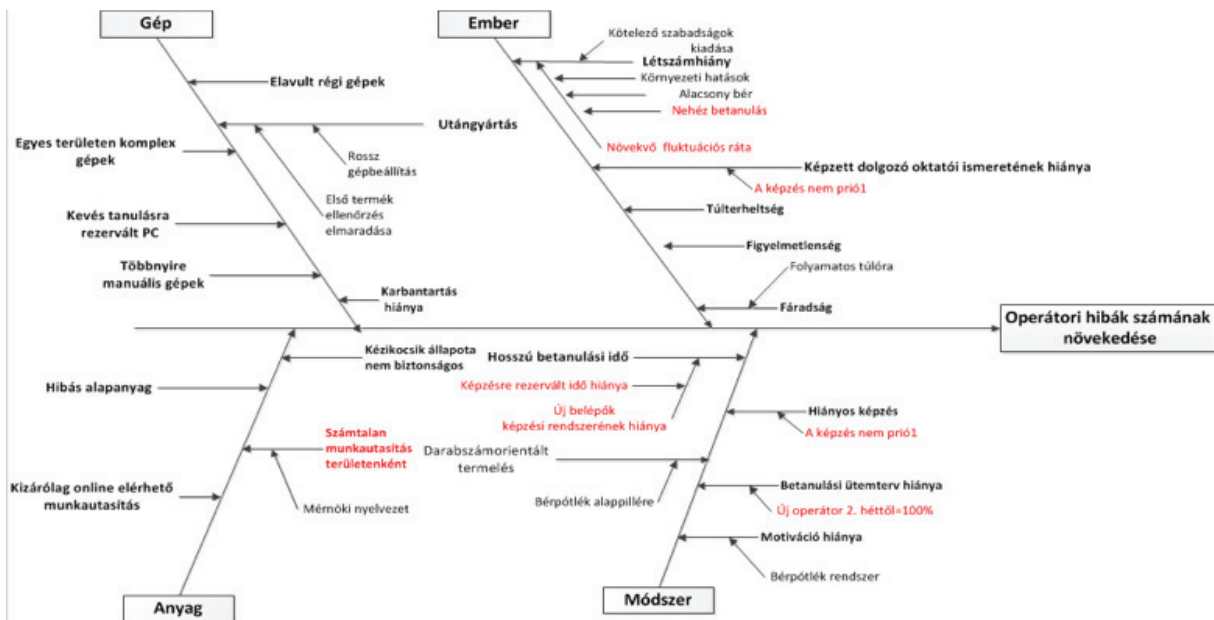
Gyártásközi selejtek az Econo2-es gyártósoron 2014.07.01.-2014.12.31.



Forrás: Eway4 adatok alapján, saját szerkesztés, 2015

Fekete szín jelöli az emberi hibára visszavezethető selejteket, melyeknél a legmagasabb lekönyvelt darabszám keletkezési helye a keretbond. A röntgen területen lekönyvelt selejtek száma többnyire a rendszerforrasztás állomáson keletkezett selejtekre vonatkozik, ami számokban kifejezve az AL09 (kezelési hiba) esetében 231db modult jelent. Ebből azt a következtetést vonom le, hogy a keretbond és a vadu terület kritikus selejtszázalékkal dolgozik, melyek közül a keretbond az a terület, amely már több elemzés alapján is kritikus, így ennek javítását fogom vizsgálni a továbbiakban. Ezen adatokra alapozva a *gyökérok* megkeresésére az Ishikawa által megalkotott problémamegoldó eszközt használtam. Ennek segítségével igyekeztem felderíteni az okokat és megtalálni a *gyökérokot* az emberi hibák előfordulására és az Econo2-es sor keretbond területén megoldást találni a yield (kihozatal) javítására a bérpótlék célértékeinek elérése érdekében.

2. ábra. Ishikawa Analysis: of the Increase in Operator Errors.



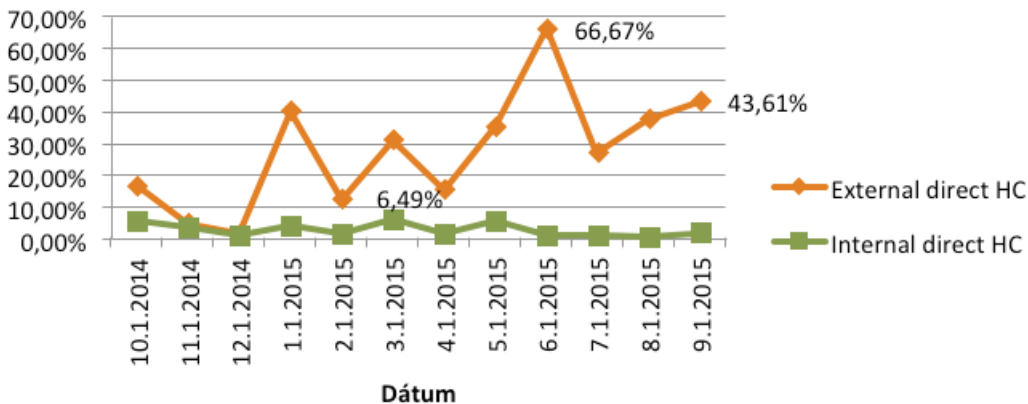
Forrás: saját szerkesztés, 2015.

Az operátori hibákból adódó selejtek számának növekedése a képzés hiányára, a jelenlegi munkautasítások darabszámára, tréningidő hosszára és a nehéz betanulási folyamatra vezethető vissza.

Külső és belső tényezők vizsgálata

5. diagram. Fluktuációs ráta változása a gyártási dolgozókra vetítve.

Fluktuáció havi számok alapján



Forrás: HR-adatok alapján saját szerkesztés, 2015.

A fluktuációs ráta növekedése arra vezethető vissza, hogy az új belépők nem képesek feldolgozni az oktatási anyagként használt munkautasításokat, nincs idejük azokat elsajátítani, megtanulni, holott 3 hónap betanulás után kénytelenek számot adni tudásukról. Az elmúlt időszakban megfigyelhető a német irányvonal erősödése, hiszen országos szinten jelen van a Bosch, Audi, Opel, régiószinten pedig a Mercedes, Knorr-Bremse. Fontos azt megjegyezni, hogy a Mercedes gyár a beszállítói körre is nagy hatással van, nemcsak az emberi erőforrás elszívására.

3. ábra. Cegléd helye Magyarországon és nagyvárosok vonzáskörzete.



Forrás: Wikipedia adatok alapján, saját szerkesztés, 2015

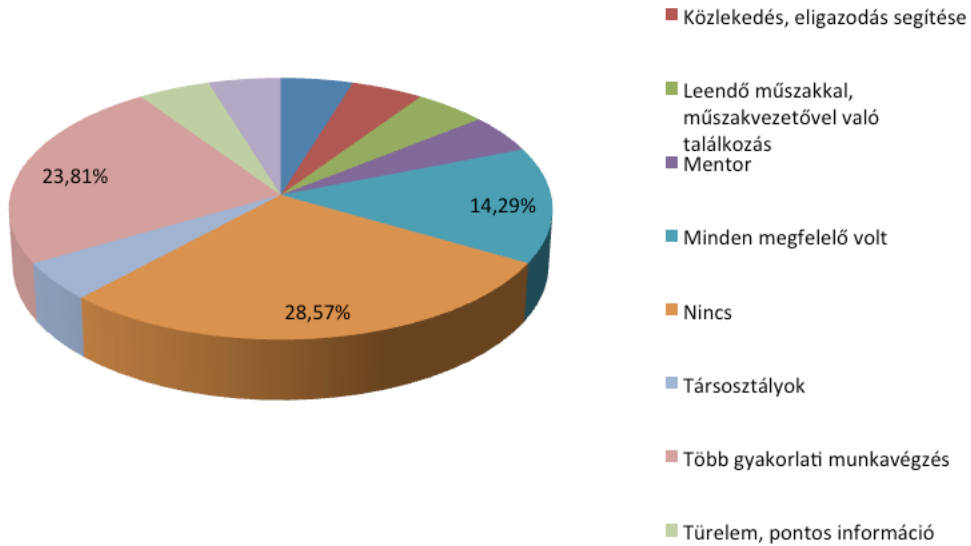
Potenciális változást jelenthet az oktatási rendszer fejlesztése, mely lehetőségként a gyengeség oldalt redukálhatja, csökkentve egy veszélyforrást.

Dolgozók bevonása

Kérdőíves megoldás útján 50 új belépő visszajelzése alapján a következő eredmény született a releváns témát illetően:

A 19-es számú kérdés feltevésével az volt a cél, hogy az újak véleménye szerint, hogyan tehető könnyebbé az új kollégák integrálódása. Az első hét szolgál jelenleg a betanulásra, tehát az operátorok az oktatási héten irodai munkarendben járnak, majd a 2. héten már műszakba forognak és 100%-os dolgozónak számítanak. A betanulási idő mindemellett három hónap, melyet vizsgával zár a dolgozó.

6. diagram: Kérdőív-kiértékelés a beilleszkedés elősegítését illetően



Forrás: Képzés értékelés alapján, saját szerkesztés, 2015

A válaszadók többsége szerint nincs olyan tényező, mellyel könnyebbé tehető a beilleszkedés. Viszont 23,81%-a azt gondolja, hogy az első munkanapok könnyebbé tehetőek a gyakorlati munkavégzés megnövelésével. Tehát, véleményük szerint a termelésbeni tréning során megnövelt gyakorlati munkavégzés könnyebbé tenné az integrálódást.

1. táblázat. Modular Instruction Materials of Frame Bonding Area with the Number of Slides.

Modul címe és száma	Dia
1/20 Terület bemutatása	3
2/20 Általános technológiai folyamat	3
3/20 Alapanyagok, eszközök	13
4/20 Felelős személyek	2
5/20 Dokumentáció	15
6/20 A bonder felépítése, alapvető Software-s ismeretek	13
7/20 WT csere és PR megállás	6
8/20 Keretkifűtés	5
9/20 GE-tesztetek használata	7
10/20 Drótcseré	7
11/20 Huzalkötő szerszám tisztítása	7
12/20 Drótvezető csere	7
13/20 Késcsere	7
14/20 Stempelcsere	15
15/20 Napi karbantartás	6
16/20 Software-s tételváltás operátori hozzáféréssel	20
17/20 Utómunka, hibamegelőzés, hibakezelés	4
18/20 Scher teszt	11
19/20 A bond területen előforduló leggyakoribb hibák és megoldásaik	20
20/20 HPBM	6
SUM	177

Forrás: Eway4 aadatai alapján, saját szerkesztés, 2015.

I. Előkészítési fázis:

- Rövid párbeszéd a tréner és a tanuló között.
- Magyarázd el a tanulónak az oktatás tárgyát!

II. Oktatási fázis:

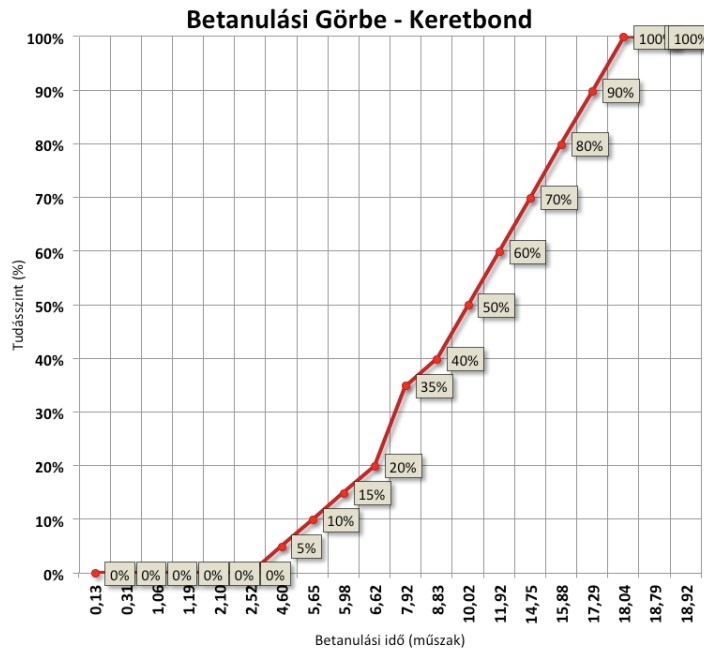
- Mutatni és magyarázni (oktatási anyag segítségével).

III. Visszakérdezés, visszaellenőrzés:

- Betanulási tervben rögzíteni kell a haladást és minden modul után vissza kell kérdezni a tanultakat (modulismétlés max. 2 alkalommal).

Eredmény

7. diagram. Keretbond betanulási idők meghatározása modulok szerint.



Forrás: Új oktatási anyag alapján, saját szerkesztés, 2015.

Az 1. táblázatban látható az összes modul, a tudásszint meghatározása és a rezervált idők, melyek tartalmazzák a visszaellenőrzést is. Ezáltal kiszámítható, hogy egy új dolgozó mennyi idő alatt tanul be a területre és válik 100%-os munkaerővé. A 11. műszakra már a tudása eléri az 50%-ot, így képes hozzáadott értéket teremteni a vállalat számára.

Eredmények összevetése, konklúzió

2. táblázat. Jelenlegi és jövőbeni oktatási rendszer összevetése számokban.

Jelenlegi oktatási rendszer (2015. 02. 01–06. 01.) 1 főre vetített értékek		
	Jó darabszám	Selejt [db]
Képzett operátor	46080	1083
Új operátor	32523	1587
Különbség	13557	504
Moduláris oktatási rendszer(2015. 06. 22–10. 22.) 1 főre vetített értékek		
Képzett operátor	46080	983
Új operátor	40320	1124
Különbség	5760	141
Summa	7797	363

Forrás: Mérési adatok alapján, saját szerkesztés, 2015.

4 hónapnyi vizsgált időszak alatt a moduláris oktatási rendszer bevezetésével az új operátor 7797 darabbal többet le tud gyártani, mint a jelenlegi betanulás során. Mindemmellett a selejt darabszám 363 darabbal csökkent

A dolgozat készítése során a különböző elemzéseken keresztül megtaláltam azt a hibaforrást, mely már az új belépőkre is hatással van, illetve a fluktuáció növekedésére és a gyártás veszteségeinek növelésére is magyarázat.

Kutatásom során kérdőívet használtam, melynek segítségével a kaizen-elvnek eleget téve a dolgozók bevonásra kerültek, illetve törekedtem arra, hogy már az új belépők is véleményt formálhassanak és megszthassák az érintettekkel.

A fejlesztéssel a mérések alapján az új operátor 7797 darabbal többet le tud gyártani, mint fejlesztés előtt. Ez a különbség a havi darabszámcélok teljesüléséhez vezet, mely által a gyártósoron dolgozók elérhetik a menedzsment által meghatározott célérteket és ez a bónuszrendszerre is hatással van és ezáltal a dolgozói elégedettség is fokozható.

A figyelem agy-számítógép segítségével történő vizsgálata

Összefoglalás: A tanulás, mint memorizálási folyamat során a figyelem kiemelt jelentőséggel bír, így a figyelem vizsgálata alapján a tanulás hatékonyságára is következtetni lehet. A cikkben egy új, a figyelem mérésén alapuló, a tanulás hatékonyságának vizsgálatára is alkalmas új módszer kerül bemutatásra. A figyelemvizsgálati eljárás az agyi bioelektromos jelek feldolgozásán alapul, és egy úgynevezett agy-számítógép-interfész segítségével kerül megvalósításra. A cikkben röviden bemutatásra kerül a mérési eljárás alapjául szolgáló agy-számítógép-interfész működése, kialakítása, valamint az eszköz által szolgáltatott mérési eredmények összehasonlításra kerülnek a pszichológiai kutatásokban alkalmazott figyelemvizsgálati eljárások eredményeivel.

Kulcsszavak: Memorizálási folyamat, figyelem, agy-számítógép-interfész.

Abstract: The attention is a relevant role during the learning and memorization process so the effectiveness of learning can be inferred from the examination of attention. In this article, a new methodology will be presented, which is based on the measurement of attention and can be capable to examine the effectiveness of learning. The investigation procedure of attention, based on the bioelectrical signal processing of the brain, is implemented using a brain computer interface. In this article, the operation and implementation of the brain computer interface is shortly presented, furthermore the measurement results of the brain computer interface are compared to attention test methods applied in psychological researches.

Keywords: Memorization process, attention, brain computer interface.

**Dunaiújvárosi Egyetem,
Informatikai Intézet*
E-mail: katonaj@uniduna.hu

***Dunaiújvárosi Egyetem,
Műszaki Intézet*
E-mail: kovari@uniduna.hu

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

[2] Balogh L. (2006). *Pedagógiai Pszichológia az iskolai gyakorlatban.* Tóth L. (Szerk.) Budapest: Urbis.

Bevezetés

A tanulás folyamatainak szempontjából az emberi agyat vizsgálhatjuk úgy, mint egy rendszert, amelyben olyan változások következnek be, amelyek hosszabb időn keresztül, legalábbis valamilyen funkciók ellátása szempontjából elég hosszú időn keresztül megmaradnak. A tanulás során az agyban létrejövő változás, az agysejtek közötti kapcsolatok alkotta hálózat átalakulását jelenti, amelyek segítségével az emberi funkciók jobban elláthatóak. [1] A tanulás módszereinek hatékony fejlesztéséhez meg kell teremteni a megfelelő intellektuális működés feltételeit. A tanulási folyamatban négy nagy képesség-együttes játszik közvetlen szerepet [2]:

- emlékezet;
- megértés;
- problémamegoldó gondolkodás.

„A gyakorlatban gyakran lebecsüljük a figyelem szerepét, pedig ez az a képességegyüttes, amely optimális feltételeket biztosíthat az információk felfogásához és feldolgozásához. Ez azért kiemelkedő jelentőségű, mert funkcionálása nélkül nem működhet hatékonyan egyetlen intellektuális képesség sem, így e nélkül elképzelhetetlen a hatékony tanulási technika.” [2]

A hatékony és sikeres tanulást tehát a megértő, értelmező, problémamegoldó képességeken felül, elsősorban az érzelmi és motivációs feltételektől is függő figyelem és az emlékezet, mint kognitív képességek határozzák meg. A figyelem az alábbiak szerint definiálható, melyből látszik, hogy a figyelem lényegében fontosabb információkra történő összpontosítás:

„Figyelem: a környezeti ingerek érzékelésekor működésbe lépő részben tudatos folyamat, melynek során az összes inger közül csak néhányra összpontosítunk. A figyelem határozza meg, hogy mi az, amire a későbbiekben egyáltalán emlékezni tudunk.” [1]

Napjainkban a tanulás folyamatáról a tudomány a fontosabb kérdésekre próbál választ találni, mint például miként változik meg a fiatal agy és milyen – az agyban végbemenő – folyamatok mentén képes tanulni az érett agy. Ezzel a tématerülettel foglalkozik a kognitív neurotudomány.

A kognitív neurotudomány fejlődését nagyban megkönnyítették az újabb-nál újabb, innovatív vizsgálati eljárások. Az olyan eszközök, mint a funkció-

nális neuro-leképezés (fMRI)[3], a pozitron emissziós tomográfia (PET)[4], a transcranialis mágneses stimuláció (TMS)[5], a közeli infravörös spektroszkópia (NIRS)[6] vagy az elektorenkefalográfia (EEG) [7] támogatásával a kutatók egyre letisztultabb képet kapnak azzal kapcsolatban, hogy mi is történik az emberi agyban a tanulás folyamata során.

Az elmúlt években már elérhetővé váltak olyan viszonylag olcsó és mobil, az agyi bioelektromos tevékenység megfigyelésére alkalmas EEG-alapú jelefeldolgozó eszközök, melyek segítségével az agyban lejároló folyamatok által generált villamos jelek mérhetőek és feldolgozhatóak. Ezen EEG-bioszenzorok képesek az agyi neuronok elektromos aktivitásának valós idejű digitális regisztrálására és feldolgozására. Az információk FFT [8]-alapú kiértékelése lehetőséget biztosít az agyhullámok erősségeinek meghatározására, melyekből a figyelem/koncentráció értékére lehet következtetni.

Amennyiben egy agyi bioelektromos tevékenység megfigyelésén alapuló eszköz segítségével vizsgálni lehet a tanuló figyelmét, úgy a tanulás hatékonyságát alapvetően meghatározó jellemzőkre lehet következtetni. A figyelem megfigyelésén keresztül folyamatosan mérhetővé válik a tanulást befolyásoló legfontosabb jellemző, melyből a tanulás hatékonysága a teljes ismeretátadás folyamán permanensen megfigyelhető.

Ezen információ nagy segítséget nyújthat az oktató számára is, hiszen az ismeretátadási folyamat közben folyamatosan visszajelzést kaphat az ismeret elsajátítás hatékonyságáról. Amennyiben a hatékonyság csökkenne, úgy ezt észlelve változtathat az ismeretátadás jellegén, figyelemfelkeltőbb oktatási módszereket alkalmazva, vagy akár pihentető szünetet is tarthat.

Memorizálás folyamata, figyelem jelentősége és vizsgálati módszerei

A következőkben bemutatásra kerül a tanulás során kulcsszerepet játszó memorizálási folyamat, és ennek folyamatában a figyelem jelentősége. Továbbá ismertetésre kerülnek a pszichológiai kutatásokban alkalmazott figyelemvizsgálati módszerek és egy új, az agyi bioelektromos jelek feldolgozásán alapuló figyelemvizsgálati eljárás.

[3] Egy MRI szkennert alkalmazása a neurálisaktivitásnak a vérkémia (pl. oxigénszint) változásain keresztül történő, közvetített vizsgálatához.

[4] Azon technológia, amely pozitront kibocsátó radionukleidek segítségével képezik le az agyi aktivitást.

[5] Olyan eljárás, amelyben az agyban folyó elektromos aktivitást lüktető mágneses térrel befolyásolják.

[6] Közeli infravörös abszorpcióval teszi lehetővé az agyban levő deoxigenált hemoglobin koncentrációjának a mérését.

[7] Egy elektrofiziológiai mérőeszköz, mely a neuronok elektromos aktivitásának regisztrálására szolgál, valós időben.

[8] A Fourier-transzformáció hatékony számítási algoritmus a jelek vizsgálatában és a mérési eredmények kiértékelésében.

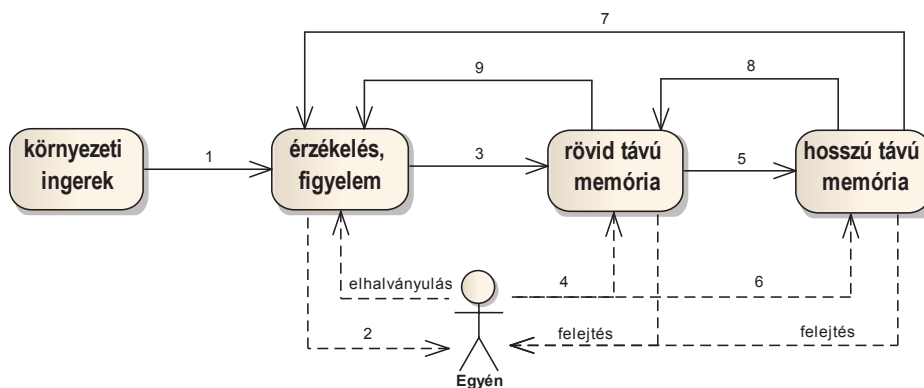
[9] Atkinson, C. R. – Shiffrin, N. R. (1968): *Chapter: Human memory: A proposed system and its control processes. The psychology of learning and motivation(2)*. 89–195.

[10] Jelentéssel nem bíró, érzékszervi tár, amely, nagy terjedelmű, illékony pillanatnyi tároló.

A MEMÓRIA SZEREPE A TANULÁSI FOLYAMATBAN, A FIGYELEM JELENTŐSÉGE

Ma még kevés információ áll rendelkezésre arról, hogy milyen kapcsolat van a tudás és az azt tartalmazó agy struktúrája, felépítése között. Ezt a kérdést pedig a kognitív pszichológia vizsgálja, ami a tanulást információfeldolgozásként értelmezi, és az idegrendszert pedig információ-feldolgozó rendszernek tekinti. A tanulás információfeldolgozási modelljében Atkinson és Shiffrin különböző memóriatárakat és visszacsatolási funkciókat különböztet meg és rendszerbe foglalja az információval való műveleteket. [9] A figyelem és az emlékezet szerepét a tanulást, mint információfeldolgozó leírás lehet elemezni. Atkinson és Shiffrin többszöröstár-elmélete a tanulás információfeldolgozási modellje különböző memóriatárakat és visszacsatolási funkciókat különböztet meg a tanulás folyamatában az 1. ábrának megfelelően.

1. ábra. Atkinson és Shiffrin többszöröstár modellje.



Először érzékelnünk kell az információkat az úgynevezett szenzoros regiszterek (SZR) [10] segítségével, majd ezek feldolgozásával a tanulás szempontjából jelentőseket automatikusan ki kell emelni és a memóriában eltárolni. A szenzoros regiszter egy olyan pillanatnyi tároló, ahol az észlelt ingerek 1–3 másodpercig maradnak meg, majd törlődnek. Az olyan ingerek, mint például a vizuális, akusztikus, taktilis, szag- és ízingerek folyamatos feldolgozásra készítetik az érzékszerveinket. Ezek az ingerek az információfeldolgozás kezdetén rögzítésre kerülnek az úgynevezett szenzoros

regiszterben, ahol az érzékszervi benyomások változatlan formában kódolódnak. Azok a pillanatfelvételek, amelyeket figyelmünkkel kiemelt prioritással kezelünk, nem halványulnak el, hanem áthelyezésre kerülnek a rövidtávú memóriába (RTM) [11]. [12] Ez a folyamat maga a figyelem, amikor is eldől, hogy az adott körülmények esetén mely információk a fontosabbak és melyek nem. Amelyek kevésbé jelentősek, azok csak az információ-feldolgozás egy alacsonyabb szintjén kerülnek kiértékelésre, és ezen információk az idővel gyorsabban elhalványulnak, elfelejtődnek.

A hosszú távú memóriában (HTM) bonyolultabb folyamatok mennek végbe, itt történik a tulajdonképpeni információraktározás. A hosszú távú memóriában az információk legnagyobb mértékben szemantikusan, azaz jelentés alapján, értelem szerint kódolódnak. A hosszú távú memória csak a rövidtávú memórián keresztül juthat a kódolt információhoz.

Tanulási képességeink fejlesztése során legtöbbször a hosszú távú memória javítására törekszünk, de ennek hatékonyságát a hosszú távú memória előtt végzett információ-kiemelés, vagyis a figyelem (pl. megfigyelési képesség, megkülönböztetési képesség, felismerési képesség) is nagymértékben meghatározza. [1]

Az emberi agy információbefogadó-képessége korlátozott. Egy adott időpillanatban a hozzánk eljutó látványoknak, hangoknak, szagoknak és egyéb ingereknek csupán egy töredékét találjuk és rögzítjük a szenzoros regiszterben. Azonban az inger észlelése és tárolása mellett más folyamat is csökkenti az információt. A már kiválogatott és a szenzoros regiszterben tárolt információknak csak az egyharmadát dolgozzuk fel ténylegesen, amelyek ráirányulnak valamire, kiemelésre kerülnek a többi rovására, tehát az agyunkhoz eljutó információk és ismeretek szűrését a kulcsfontosságú szerepet betöltő figyelem, egyfajta szelektivitást végrehajtva határozza meg. Ezt a szelektív ráirányulást nevezzük figyelemnek. Az ingerek közötti szelektálást – számunkra a jelentőségteljes dolgokat kiemelve – a figyelem biztosítja, ráadásul a funkcionálása hiányában az intellektuális képesség sem működhetne eredményesen. [13, 14]

Az elsajátított ismeretek könnyebb felidézéséért leginkább az akaratlagos, szándékos (az egyén által tudatosan irányított) és az akaratlan, önkéntelen (az alany tudatos elhatározásától független) figyelem mértéke a felelős. A kontrollált (szándékos) figyelem hatását növelő tényezők a feladattudat, az önkontroll és a cselekvési terv. Az automatikus (önkéntelen) figyelmi állapotot kiváltó külső tényezők közé sorolhatók a különböző ingerek intenzitásai, a tárgyak izoláltsága és a hirtelen

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

[11] A memória rendszerek azon része, ahol a tudatos információ először megjelenik.

[12] Baddeley, A. D. (1968): *Working Memory*. Oxford: *Oxford University Press*.

[13] Nolen, S. H. (2009): *Atkinson & Hilgard's Introduction to Psychology*. London: Wadsworth Pub Co.

[14] Vágó L.–Molnárné Balázs Z.–Tóth L. (Szerk.) (2000): *Pszichológia a tanításban*. Debrecen: Pedellus.

[15] Beebe, D.–Rose, D.–Amin, R. (2010): Attention, learning, and arousal of experimentally sleep-restricted adolescents in a simulated classroom. *J. Adolesc. Health.* 47. 523–525.

[16] Muller, S. T.–Piper, B. J. (2014): The Psychology Experiment Building Language (PEBL) and PEBL Test Battery. *Journal of neuroscience methods.* 250–259.

bekövetkezett változások. A figyelem a tanulás eredményességében nagy szerepet tölt be, továbbá a hatékony tanulás eléréséhez a szétszórt, önkéntelen figyelemből a koncentrált, szándékos figyelmet kell kialakítani. Egy adott dologra történő figyelem vagy koncentráció attól függ, hogy az adott időpillanatban milyen mentális állapotban, milyen ingerek hatnak ránk. [15] Például ebédidő tájékán, amikor éhesek és fáradtak vagyunk, sokkal nehezebben tudunk koncentrálni egy előadásra, mint a kora délelőtti órákban.

A bemutatott modell alapján a figyelem a tanítási folyamat sikerességének egyik legfontosabb jellemzője, mivel ennek szintje az ismeret elsajátítás, memorizálás eredményességét közvetlenül befolyásolja, ezért ennek behatóbb vizsgálata feltétlenül szükséges.

FIGYELEM VIZSGÁLATÁRA ALKALMAZHATÓ ELJÁRÁSOK

Az előzőekben ismertetettek szerint megállapítható, hogy a tanulás eredményességében a figyelem kulcsszerepet játszik. Az alábbiakban összefoglalásra kerül néhány, a figyelem mérésre és vizsgálatára alkalmas számítógépes algoritmus segítségével megvalósított eljárás.

A pszichológiai kutatásokban elterjedten alkalmazzák az úgynevezett PEBL (pszichológiai kísérletre épülő nyelv) környezetet az egyes vizsgálati eljárások algoritmusainak implementálására. [16] A PEBL egy olyan kereszt platformú (több operációs rendszerre is implementált) rendszer, amely lehetővé teszi számítógép-alapú tesztek és kísérletek futtatását. A program telepítését követően – megközelítőleg 50db – teszt található az úgynevezett PEBL Test Battery mappában. A kísérletek többsége a számítógép kijelzőjén megjelenített alakzatok, szövegek és betűk segítségével történik, miközben a számítógép perifériáit felhasználva (billentyűzet, egér) kerülnek rögzítésre a tesztalany kísérleti célingerekre adott reakciói.

Conner-féle CPT teszt: Conner's Continuous Performance Task

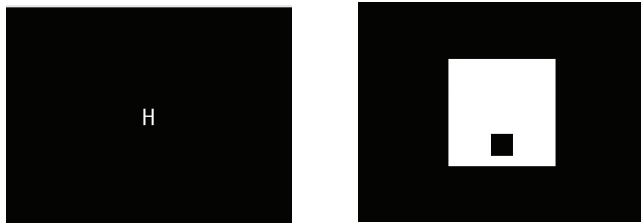
A módszer részletesen Rosvold és Mirsky cikkében kerül ismertetésre (Enger, és mtsai., 1956). A Conner-féle folyamatosteljesítmény-teszt (CPT) – az 1956-os publiká-

cióban megjelent eredményeket veszi alapul – ahol olyan egyszerű vizsgálati módot alkalmaznak, amely során egy ritkán előforduló jel esetén kellett egy adott választ adnia a tesztalanyoknak. A teszt a koncentrációt/összpontosítást vizsgálja egy relatív igen hosszú ideig tartó teszt során, mely megközelítőleg 14 percig tart. A CPT-teszt során megkülönböztetünk célingereket, amelyek az angol ABC betűiből következnek A-tól U-ig, és a célingerrel ellentétes karaktert. Abban az esetben, ha a betű nem X (2. ábra), ez a célinger, akkor a tesztalanyknak meg kell nyomnia a szóköz billentyűt. A körülbelül 14 percig tartó vizsgálat során a tévesztések és a helyes válaszok száma mellett a reakcióidő alapján készített riportot megvizsgálva lehet következtetni a tesztalany figyelmi szintjére. [17, 18]

TOVA-teszt: Test Of Variables of Attention

A TOVA-tesztet orvosi felhasználás esetén elsősorban pszichológusok és neurológusok alkalmazzák a figyelemzavar diagnosztizálásra, de nem orvosi felhasználási területeken is használják, mint például iskolákban vagy rehabilitációs programokban. A TOVA-teszt egy egyszerű megvalósítása a TOAV koncentráció/éberség teszt, mely csak vizuális ingerekre adott reakciót vizsgálja. Ahogyan a Conner-féle folyamatosteljesítmény-teszt során, ennél a teszt típusnál is megkülönböztetünk célingereket, illetve a céllal ellentétes ingereket. A tesztben egy számítógép monitorán egy fehér négyzetben egy fekete négyzet helyezkedik el, véletlenszerűen vagy az alsó, vagy a felső részen (2. ábra). A tesztalanyknak csak akkor kell a szóköz billentyűt megnyomni, abban az esetben, ha a fekete négyzet felül helyezkedik el. [18]

2. ábra. PCPT-teszt és a TOAV-teszt.



Forrás: <http://pebl.sourceforge.net/wiki/index.php> és <http://www.tovatest.com>

[17] Conners, C. K.–Epstein, J. N.–Angold, A.–Klaric, J. (2003): Continuous Performance Test Performance in a Normative Epidemiological Sample. *Journal of Abnormal Child Psychology*.

[18] Greenberg, L. M.–Waldmant, I. D. (2006): Developmental normative data on the test. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*.

[19] Li, Y.–Li, X.–Ratcliffe, M.–Liu, L.–Qi, Y.–Liu, Q.

(2011). A Real-Time EEG-Based Bci System for Attention Recognition in Ubiquitous Environment. *In Proceedings of the 2011 International Workshop on Ubiquitous Affective Awareness and Intelligent Interaction*. Pp. 33–40. Beijing, China.

[20] Yaomanee, K.–Pan-ngum, S.–Ayuthaya, P. (2012): *Brain Signal Detection Methodology for Attention Training Using Minimal EEG Channels*. In Proceedings of the 10th International Conference on ICT and Knowledge Engineering (ICT & Knowledge Engineering). Pp. 84–89. Bangkok, Thailand.

[21] Geisler, W. S.–Cormack, L. (2011): *Models of overt attention*. Oxford: Oxford handbook of eye movements.

[22] Kamin, L. J. (1968): *'Attention-like' processes in classical conditioning*. Jones, M. R. (Ed.) Coral Gables. 9–33.

[23] Hussin, S. S.–Sudirman, R. (2013): *Sensory Response through EEG Interpretation on Alpha Wave and Power Spectrum*. Procedia Engineering. 53. 288–293.

KORSZERŰ FIGYELEMVIZSGÁLATI MÓDSZEREK

Az előzőekben ismertetett tesztek, figyelemvizsgálati módszerek a teszt végrehajtása közbeni figyelem mérésére alkalmasak. Amennyiben a tesztalany nem egy teszt végrehajtása során szeretnének a figyelmének mértékét vizsgálni, hanem egyéb külső ingerekre történő összpontosítását szeretnének mérni, úgy az előzőekben felsorolt tesztek ilyen vizsgálatra nem alkalmasak. A tanulás folyamata során a diákra ható külső audiovizuális ingerek által kifejtett figyelem mértékét szintén nem lehet az előzőekben felsorolt tesztek segítségével vizsgálni. Ezért egy olyan figyelem vizsgálatára alkalmas módszert kell választani, amely nem tesztek segítségével mérhető, hanem tetszőleges ingerek által kiváltott figyelem vizsgálatára alkalmas.

A figyelem, amely a környezeti ingerek érzékelésekor működésbe lépő részben tudatos folyamat, ahol az ingerek közül csak néhányra összpontosítunk. Maga az agyban lejátszódó folyamat a kognitív neurotudományban alkalmazott innovatív mérési eljárásokkal megfigyelhető, mint például az fMRI, PET, TMS, NIRS vagy az EEG. Az előbbieken felsorolt első négy mérési módszer meglehetősen drága, bonyolult és nem mobil mérőberendezésekkel zajlik. Napjainkban az EEG-alapú vizsgálati eszközök között már léteznek bárki számára elérhetőek, relatíve olcsó és hordozható mérőeszközök. Az EEG-eszközök segítségével az agy elektromos tevékenysége a fejbőrön elhelyezett érzékelők segítségével megfigyelhető, az így kapott információk felhasználásával az agy eltérő mentális állapotaira következtetni lehet. [19, 20]

Megállapításra került, hogy a frontális lebeny bizonyos területei felelősek, a figyelmi működésért, az éberségért, a szelektív figyelemért, a fenntartott figyelemért és a figyelmi orientációért is. [21, 22] Már az 1970-es években megfigyelték a koncentráció/figyelem és az agyhullámok közötti összefüggést, melyre vonatkozólag EEG-alapú figyelemanalizátort is szabadalmaztattak (United States Szabadalom száma: 3877466, 1975). A figyelem mérésének a módszere az agyi tevékenység elektromos jeleinek 8–13 Hz tartományba eső agyhullám spektrumerősségének vizsgálatán alapul, mely az agyjelek sáváteresztő szűrő segítségével történő szűrése és FFT-algoritmussal történő meghatározás útján értékelnek ki. A 8–13 Hz frekvenciatartomány az alfa-hullámok frekvenciatartománya, mely a nyugodt és így lényegében alacsony figyelmi szintű állapotnak megfelelő. [23] A megfigyelések alapján megállapí-

tották, hogy nagyobb figyelem esetén az $\frac{1}{2}$ és 50Hz frekvenciatartományba eső agyhullámok komponensei közül a 8 és 13 Hz tartományba esők amplitúdója meglehetősen alacsony. Másrésztől figyelmetlen állapotban a 8-13 Hz frekvenciatartományba eső agyhullámok amplitúdója igen nagy. Az agyhullámokban megfigyelhető különbség – az úgynevezett alfa-blokk – az alapja a figyelemanalizátornak (United States Szabadalom száma: 3877466, 1975). [24, 25] Amennyiben egy ilyen eszköz segítségével lehetőség van a figyelem folyamatos mérésére, úgy képet kaphatunk a tanulás feltételezhető eredményességéről.

Agyi bioelektromos jelfeldolgozáson alapuló figyelemvizsgálat

Az előzőkben leírtak szerint az agyhullámösségek alapján következtetni lehet a figyelem nagyságára. A következőkben röviden áttekintésre kerülnek az emberi mentális állapotokat jellemző agyhullám típusok, amelyeket az agy működése során keletkezett bioelektromos jelek regisztrálása és a rögzített regisztrátumok spektrumanalízise során határozhatunk meg. Az agyidegi működés elektrofiziológiai megfigyelésének legelterjedtebb eszköze az úgynevezett elektroencefalográfia (EEG), amely az agyi aktivitás által gerjesztett agyi elektromos jelek megfigyelésére, regisztrálására alkalmas. Az így kapott EEG-jelek feldolgozását legtöbbször kvantitatív EEG (QEEG) módszerrel végzik, ahol az EEG-jelek frekvencia-spektrumát vizsgálják. [26, 27]

Bizonyos agyhullám frekvencia-komponenseknek specifikus funkcionális jelentőségük van, melyet az 1. táblázat tartalmaz. [26, 27]

[24] Pivik, R. T., – Harman, K. (1992): A Reconceptualization of EEG alpha activity as an index of arousal during sleep: all alpha activity is not equal. *Journal of Sleep Research*. 4(3). 131–137.

[25] Kraft, U. (2006): Your Brain-Mental exercises with neurofeedback may ease symptoms of attention-deficit disorder, epilepsy and depression –and even boost cognition in healthy brains. *Scientific American*.

[26] Katona J.–Újbanyi T., –Kővári A. (2013): Agyhullám alapú irányítás alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata. *Dunakavics*. 1(2), 47–58.

[27] Katona, J.–Farkas, I.–Dukan, P.–Újbanyi, T.–Kővári, A. (2014): Evaluation of The Neurosky MindFlex EEG Headset Brain Waves Data. In: Szakál, A. (Ed.): *IEEE Hungary Section*. Pp. 91–94. Budapest.

1. táblázat. Agyhullámok frekvencia- és amplitúdó-tartományai.

AGYHULLÁM TÍPUSOK	FREKVENCIA TARTOMÁNYOK (Hz)	AMPLITÚDÓ (μ V)	JELENTŐSÉG
Delta (δ)	0.1 – 3.0	50 – 100	<ul style="list-style-type: none"> - reális, ábrázolva alvást - megszüntetés állapota - frontális lobusyban károsult hippocampus
Theta (θ)	4.0 – 7.5	30 – 50	<ul style="list-style-type: none"> - REM alvást, alvást - 1-6 éves korban frekvenciája - frontális lobusyban károsult hippocampus - fokozott (Foucault-szerűség) - intrakraniális, koratörés
Alpha (α)	8.0 – 12.0	<30	<ul style="list-style-type: none"> - az egy „alvást” - stimuláció károsult agyfrakcionációját - utólagos fázis (alpha-block) - növekszik, de nem alvást, nyugalmi állapot
Beta (β)	13.0 – 30.0	<30	<ul style="list-style-type: none"> - szorongás és emocionális instabilitás - korábbi, alvást, nyugalmi, nyugalmi - gyakori alvást állapota - magas koncentráció - hipokampus, amplitúdó csökkentése
Gamma (γ)	30.0 – 30.0	<10	<ul style="list-style-type: none"> - Magas amplitúdó aktivitás

AGY-SZÁMÍTÓGÉP-INTERFÉSZ

Az agy-számítógép-interfész (BCI – Brain-Computer Interface: Az agy-számítógép interfész egy olyan komplex rendszer, amely különféle utasításokat és parancsokat képes közvetíteni egy vezérelt eszköz számára az emberi agytól jövő jelek feldolgozása útján.) egy direkt kommunikációs csatorna az agy és egy külső eszköz között. [28] A BCI-technológiát használó egyén és egy számítógépes alkalmazás között az agy-számítógép interfész tulajdonképpen egy alternatív kommunikációs csatornát biztosít. A felhasználók részére remény nyílik, hogy gondolataik által kiváltott agyi tevékenység útján ezen közeg közvetítésével adatokat továbbítsanak. [29, 30] Az agyi tevékenység által gerjesztett agyjelek mérhető információi a BCI-ok felhasználásával értelmezhető utasítások sorozatává vagy parancsok összességére alakítható át. [31, 32]

Az elektroencefalogram (EEG) típusú berendezések működésén alapuló BCI-rendszerek, relatívan egyszerű kialakításúak, hordozhatóak, biztonságosak és kezelésük is aránylag egyszerű. A BCI-technológia alkalmas kínál az agyi elektromos aktivitás figyelemmel kísérésére, ahol az EEG-eszköz a feldolgozott jeleket szolgáltatja, eltérő EEG-jeltípusok jellegzetességeinek megfigyelése alapján. [19] Az EEG-jelek mérését és feldolgozását végző eszközök az elmúlt években robbanásszerűen fejlődtek, melynek köszönhetően mára az alkalmazási lehetőségeik egyre bővülnek.

A digitális technológia fejlődése a BCI-eszközök fejlesztésében is nagy áttörést jelentett, hiszen segítségükkel egyre pontosabb feldolgozást és kiértékelést lehetővé tevő jelfeldolgozó algoritmusok valósíthatók meg. A technológiai fejlődés addig vezetett, hogy manapság már a mérhető agyi jeleken komplex, időben valós jelfeldolgozást lehet végrehajtani, amely nem kíván költséges és méreteiben terjedelmes eszközöket. Ha megfelelő információt szeretnénk kapni a jelfeldolgozás eredménye alapján, akkor a μV nagyságrendű agyjeleket alacsony zajszint mellett kell mérnünk. Egy BCI eszköz felépítésének modelljét illusztrálja a 3. ábra.

[19] Li, Y.–Li, X.–Ratcliffe, M.–Liu, L.–Qi, Y.–Liu, Q. (2011). A Real-Time EEG-Based Bci System for Attention Recognition in Ubiquitous Environment. *In Proceedings of the 2011 International Workshop on Ubiquitous Affective Awareness and Intelligent Interaction*. Pp. 33–40. Beijing, China.

[28] Mikhail, L. A.–Miguel, N. (2006): Brain-machine interfaces: past, present and future. *TRENDS in Neurosciences*. Vol.29 No.9. Pp. 536–546.

[29] Coyle, S., Ward, T., Markham, C., & McDarby, G. (2003). Brain-computer interfaces: A review. *Interdiscip Sci Rev*. 28(2). 112–118.

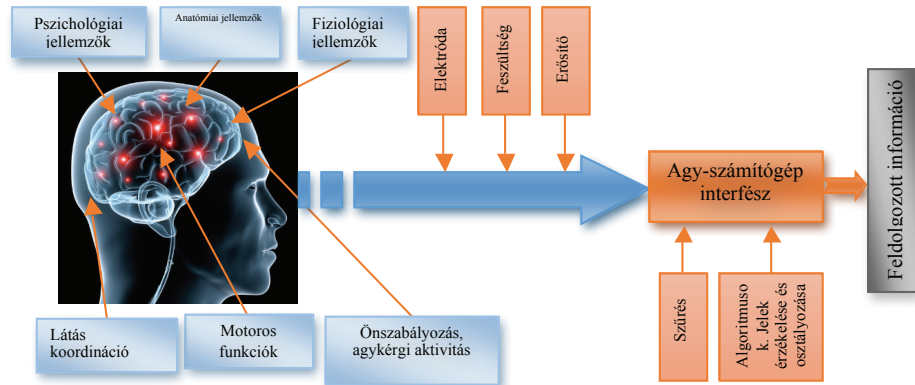
[30] Curran, E.–Stokes, M. (2003): Learning to control brain activity: A review of the production and control of EEG components for driving brain-computer interface (BCI) systems. *Brain Cogn*. 51. 326–336.

[31] Zickler, C., Riccio, A., & Lotto, F. (2011). A brain-computer interface as input channel for a standard assistive technology software. *Clinical EEG and Neuroscience*. Pp. 236–244.

[32] Wolpaw, J. R. (2002). Brain-computer interfaces for communication and control. *Clin Neurophysiol*. 113. 767–791.

[33] NeuroSky.
(2009): Brain Wave
Signal (EEG) of NeuroSky. *NeuroSky Inc.*

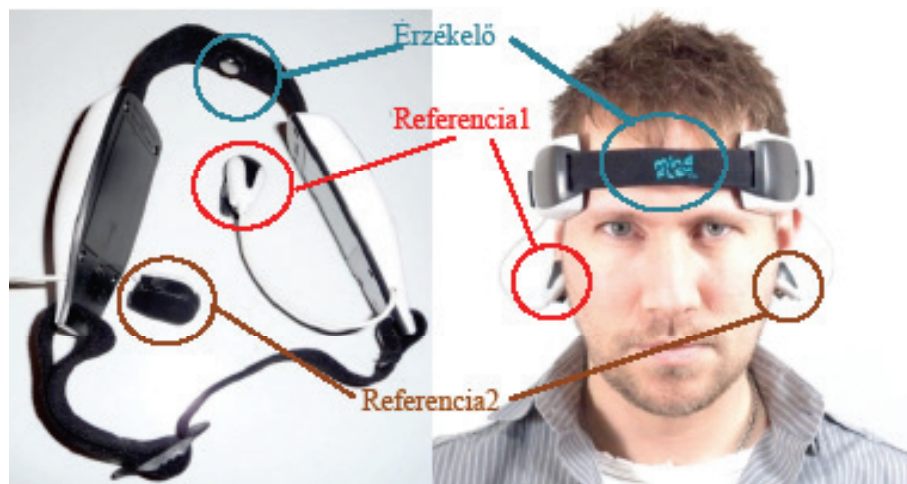
3. ábra. BCI-eszköz felépítésének modellje.



AGY-SZÁMÍTÓGÉP-INTERFÉSZ HARDVERÉNEK MEGVALÓSÍTÁSA

A következőekben bemutatásra kerül egy agy-számítógép-alapú mérőeszköz hardverszintű kialakítása, amely alkalmas az agyi elektromos tevékenység megfigyelésére és a mért jelek digitalizálására, valósidejű feldolgozására, amely a további kiértékelési eljárások alapadatait szolgáltatja. Az általunk választott NeuroSky gyártmányú MindFlex EEG-alapú mérőeszközök az agyi elektromos jelek érzékeléséhez rozsdamentes ötvözetből készül, száraz EEG-szenzort tartalmaznak. [33] Az érzékelőket és az agyjelek mérő- és előfeldolgozó egységét egy gumírozott kialakítású fejpánton helyezték el (4. ábra).

4. ábra. MindFlex EEG headset.



[33] NeuroSky.
(2009): Brain Wave
Signal (EEG) of Neu-
roSky. NeuroSky Inc.

A berendezés a monopoláris technológiát alapul vevő két referenciapontot és egy érzékelőt használ, amelyek közül a referenciapontokat a fül alsó részére csipetve használjuk, a száraz típusú érzékelő a homloklebenyen helyezkedik el, mely elhelyezés előnyös a figyelemmel kapcsolatos agyi tevékenység megfigyelésében. A headset energiaellátását három darab 1,5V-os ceruzaelem biztosítja.

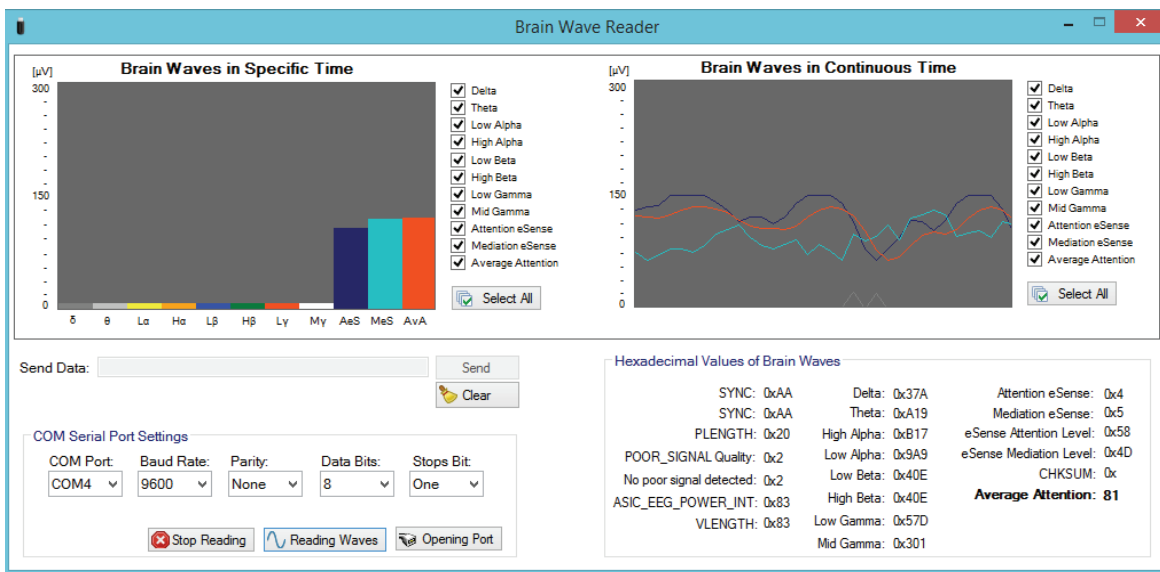
Az általuk fejlesztett eszköz által mért és feldolgozott adatokat a hagyományos, nedves elektródát alkalmazó, az orvosi vizsgálatokban és a kutatások során széles körben használt Biopac-rendszerrel is összehasonlították és kiértékeltek. Mindkét regisztráló eszköz segítségével egy időben rögzítették az adatokat, mely vizsgálat során az érzékelőket is azonos helyekre, azokat egymáshoz közel elhelyezve rögzítették. A két eszköz által szolgáltatott mérési adatok alapján meghatározott teljesítmény-spektrumot hasonlították össze az 1 Hz–50 Hz tartományban, amely az egyes jellemző agyhullámtípusok frekvencia-tartománya. A vizsgálat eredményére azt kapták, hogy a korrelációs tényező a két eszköz által szolgáltatott teljesítmény-spektrum között 0,7 értéknél nagyobb, amely megállapítható, hogy a két eszköz által szolgáltatott információk közel megegyeznek. Összefoglalóan, megállapították, hogy a Neurosky által fejlesztett rendszer a Biopac-rendszerével kompatibilis. [33]

A headset által szolgáltatott adatok átvitele nem szabványos vezeték nélküli kapcsolattal valósítható meg, ezért a mérési adatokat az eszköz átalakítása után soros kapcsolaton olvastuk ki. A MindFlex EEG-headset által szolgáltatott jeleket továbbfeldolgozó, megjelenítő és az utólagos kiértékelést segítő regisztráló program egy laptopon került implementálásra.

AGY–SZÁMÍTÓGÉP-INTERFÉSZ SZOFTVERÉNEK MEGVALÓSÍTÁSA

Az előbbi főfejezetben bemutatott BCI-hardver által küldött adatok feldolgozása nélkülözhetetlen a megfelelő rendszer kialakításához. Ehhez szükséges egy olyan szoftver implementálása, amely képes az adatok feldolgozásán túlmenően a kapott információk megjelenítésére is. A definiált probléma megoldásához egy magasszintű programozási nyelv került kiválasztásra, amely képes az EEG-headset agy–számítógép-interfész által küldött információkat tovább feldolgozni és vizuálisan megjeleníteni (5. ábra).

5. ábra. A BCI adatfeldolgozó és megjelenítő szoftver felhasználói felülete.



FIGYELEM VIZSGÁLATÁRA IRÁNYULÓ KÍSÉRLET

A következőkbe a PEBL figyelemvizsgálati eljárások felhasználásával olyan összehasonlító tesztek kerültek elvégzésre, amelyben a teszteredmények az agy–számítógép-interfész által szolgáltatott adatokkal kerültek összevetésre. A kísérletek eltérő éberségi állapotban zajlottak le, melyek egy tanítási nap kezdete előtt és végén történtek. A teszt megkezdése előtt a tesztalanyoknak a vizsgálatok előtt fel kellett helyezniük az agyhullámok mérésére szolgáló EEG-alapú headset-et.

A PEBL-környezetben implementált figyelemtesztek eredményei a BCI-rendszer által szolgáltatott átlagos figyelemszinttel kerültek egybevetésre. A kísérletek lefolytatásának célja annak megállapítása, hogy az EEG-alapú BCI-eszköz segítségével meghatározott figyelmi szint és a lefolytatott tesztek eredménye között milyen kapcsolat mutatható ki.

A vizsgálatban a Rudas Közgazdasági Szakközépiskola, Szakiskola és Kollégium diákjai vettek részt. Kísérletben összesen 32 közel azonos képességű diák vett részt: 32 tizennégy és tizenhét év közötti diák, 16 fiú és 16 lány, 6 fő kilencedik évfolyamba, 12 fő tízedik évfolyamba, 8 fő tizenegyedik évfolyamba és 6 fő tizenkettedik évfolyamba járt a kísérlet végrehajtásának időpontjában.

A PEBL-környezetben implementált figyelemvizsgálati eljárások közül a CPT-teszt eredményei közül a teszt sikerességére jellemző helyes próbálkozások száma (**Correct Trials**) és a TOAV-teszt-eredmények közül szintén a sikerességre jellemző helyes próbálkozások száma (**Correct Trials**) került összevetésre a BCI-rendszer által szolgáltatott az átlagos figyelem értéke.

A 2. táblázat tartalmazza a tesztalanyokon a reggeli órákban végzett, a figyelemvizsgáló tesztek eredményeinek, és a vizsgálat közben a BCI-rendszer által folyamatosan mért átlagos figyelem értékeinek átlagát és szórását, valamint az eredmények közötti korreláció nagyságát.

2. táblázat. Folyamatosteljesítmény-teszt, éberségfigyelem-teszt eredményeinek és a BCI-rendszer által meghatározott, a figyelem szintjére jellemző középértékek statisztikai elemzése a teljes mintára vonatkozóan. (reggeli órákban) *Spearman korreláció

Tesztek típusai	A tesztalanyok célingerekre adott helyes válaszainak számtani átlaga	Korrelációs Koefficiens	p-érték
CPT	315,3±5,2	0,70*	<0,0001*
EEG	51,3±7,4		
TOAV	629,2±6,9	0,73	<0,0001
EEG	52,5±4,8		

A 3. táblázat a 2. táblázatban található eredmények délutáni időpontban kapott értékeit tartalmazza.

3. táblázat. Folyamatosteljesítmény-teszt, éberségfigyelem-teszt eredményeinek és a BCI-rendszer által meghatározott, a figyelem szintjére jellemző középértékek statisztikai elemzése a teljes mintára vonatkozóan. (délutáni órákban)

Tesztek típusai	A tesztalanyok célingerekre adott helyes válaszainak számtani átlaga	Korrelációs Koefficiens	p-érték
CPT	308,8±5,9	0,71	<0,0001
EEG	45±6,6		
TOAV	619,8±7,4	0,72	<0,0001
EEG	47,2±4,8		

A kapott korreláció értékekből jól látható, hogy mind a reggeli, mind a délutáni órákban lefolytatott figyelem és memorizálást vizsgáló tesztek eredményei és az EEG-alapú agy–számítógép-interfész által mért átlagosfigyelem-értékek között viszonylag magas, 0,7 feletti korreláció mutatható ki, amely a vizsgált jellemzők között markáns kapcsolatot mutat. Ez azt jelenti, hogy mind a figyelem vizsgálatára az általánosan alkalmazott tesztalapú mérési módszerekhez képest a kifejlesztett BCI-rendszerben implementált mérési metódus alternatív vizsgálati eljárásként alkalmazható. A 2. és 3. táblázat összevetéséből látható, hogy a reggeli órákban a tesztek és a BCI-rendszer által szolgáltatott mérési eredmények átlaga magasabb, mely jobb figyelmi szintre, éberebb állapotra utal. Természetesen a délutáni órák alacsonyabb átlagai, pedig fáradtabb, átlagosan alacsonyabb figyelemre engednek következtetni. Az eredmények szórása tekintetében markáns különbségek nem voltak kimutathatóak.

Kutatás korlátai

Az előző fejezetekben ismertetett agyi bioelektromos jelfeldolgozáson alapuló, figyelem vizsgálati módszer, a tanuló egy adott, relatíve rövid időtartamra meghatározott átlagos figyelmi szintjét képes meghatározni, melyből a tanulási folyamat várható eredményességére lehet következtetni. Természetesen tudjuk, hogy a tanulás nem percekben, hanem években, évtizedekben végbemenő folyamat és ennek folyamatos megfigyelése jelenlegi technológiai eszközeinkkel lényegében kivitelezhetetlen. Vagyis ezzel a módszerrel a teljes, több éves tanulási folyamat egy kis részletére lehet következtetéseket levonni a várható sikerességről. Ettől függetlenül ezek az eredmények is ezen technológia felhasználásának egy igen ígéretes lehetőségét vetítik előre.

Az EEG-headset – bár kialakítását tekintve viselése kevésbé zavaró – ennek ellenére a viselése hosszabb időn keresztül kényelmetlen, ezért a technológia továbbfejlesztése szükségszerű.

Konklúzió

Az előzőkben bemutatott eredmények a kognitív neurotudomány napjainkban is végbemenő fejlődését meghatározó új mérő- és vizsgálóeszközök közül az EEG-alapú agyi bioelektromos jelek mérésén és feldolgozásán alapulnak. A cikkben ismertetett kutatás témája a tanulás hatékonyságának egy agy-számítógép-interfész rendszer által, QEEG-feldolgozáson alapuló figyelemmérési módszer segítségével történő vizsgálata volt. A kutatási téma alapját a memorizálás folyamatát leíró Atkinson és Shiffrin többszörös-tár elméleti modellje adta, melynek középpontjában a figyelem, mint a tanulás és memorizálás egyik legfontosabb tényezője áll. A figyelem nagysága és a tanulás hatékonysága, valamint az agy-számítógép-interfész rendszer által szolgáltatott figyelemérték közötti kapcsolat megállapítására, a PEBL környezetben implementált, általánosan elfogadott vizsgálati módszerek kerültek alkalmazásra. A kutatási eredményekből megállapítható volt az agy-számítógép-interfész által szolgáltatott figyelemérték és a pszichológiában alkalmazott figyelemtesztek eredményei között markáns kapcsolat mutatható ki.

A kutatás témája, a kutatási eredmények és a kutatásból levonható következtetések alapján az agyi bioelektromos jelek vizsgálatán alapuló eljárások a jövőben egy teljesen új alkalmazási területen való felhasználásukat alapozhatják meg. Amennyiben a tanár a mérőeszköz segítségével a figyelem, vagyis közvetve a tanulás hatékonyságának csökkenését tapasztalja, úgy ezt észelve változtathat az ismeretátadás jellegén, figyelemfelkeltőbb oktatási módszereket alkalmazva, vagy akár pihentető szünetet is tarthat. Ezen információk birtokában a tradicionális, pontosan megadott időpontban kezdődő, pontosan megadott ideig tartó órák helyett a tanulók figyelmével összefüggő ismeretbefogadó képességük alapján történhet a tanulás folyamatának időbeli szervezése. Érthető ezalatt 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.

Megjegyzés: A cikk az EDU SZAKKÉPZÉS ÉS KÖRNYEZETPEDAGÓGIA ELEKTRONIKUS SZAKFOLYÓIRAT 5. évfolyam, 2. számában már megjelent.

A projekt az EFOP-3.6.1-16-2016-00003 "K+F+I folyamatok hosszú távú megerősítése a Dunaiújvárosi Egyetemen" támogatásával valósult meg.

Galéria

Sóti István fotói Erdély





































