



NEMZETI  
KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM  
A HAZA SZOLGÁLATÁBAN

HADTUDOMÁNYI ÉS HONVÉDTISZTKÉPZŐ KAR  
Katonai Műszaki Doktori Iskola

**DR. UNIV. FARKAS ATTILA**

***- A mesterséges intelligencia alkalmazása az ívhegesztés robotosításában és annak gyakorlati hasznosítása a katonai járműgyártásban -***

című doktori (PhD) értekezésének szerzői ismertetése

Budapest  
2012

NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM

DR. UNIV. FARKAS ATTILA

*- A mesterséges intelligencia alkalmazása az ívhegesztés robotosításában és annak gyakorlati hasznosítása a katonai járműgyártásban -*

című doktori (PhD) értekezésének szerzői ismertetése és hivatalos bírálatai

Témavezető:

Dr. Sipos Jeno PhD

mk. ezredes.

Budapest  
2012

## **1. A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA**

Az katonai minőségirányítás normatív dokumentumai, az AQAP 2000 szerint a minőségirányítás olyan folyamat, amelynek résztvevői – közöttük jelentős szerepet betöltve az ipar – elősegítik a katonai képességek kifejlesztését, megteremtését és fenntartását a koncepció kialakításától a termék hadrendből való kivonásáig. A katonai eszközök hazai gyártásában fontos szerepet tölt be a katonai járműgyártás, ahol a minőségirányítási rendszer bevezetése többek között magas megbízhatósági szintű és minőségű gyártást lehetővé tevő eszközök használatát is jelenti. Ilyen eszköz a hegesztés területén a hegesztőrobot.

Mivel a katonai járműgyártás jellemzően nagyobb falvastagságú szerkezeti anyagokat használ, a hegesztés robotosítása során jellemzően felvetődik az intelligens képességekkel rendelkező hegesztőrobot, a szenzor technika alkalmazásának szükségessége. Ennek megfelelően az értekezésben olyan célokat tűztem ki, melyek ennek a területnek a kísérleti-tapasztalati feldolgozásával ad segítséget a téma hatékony gyakorlati műveléséhez.

## **2. KUTATÁSI CÉLOK**

- 2.1 Áttekinteni a mesterséges intelligencia alkalmazási lehetőségeit az ívhegesztés robotosításában.
- 2.2 Áttekintést adni az ipari robotoknál alkalmazott szenzorok különböző típusairól, melyek a robotok intelligens működését teszik lehetővé az ívhegesztés területén.
- 2.3 Kidolgozni egy olyan vizsgálati módszert, mely az ívhegesztő robotoknál leggyakrabban alkalmazott varratkövető ívszenzor paramétereinek előre tervezését teszik lehetővé.
- 2.4 Egy aktuális katonai járműgyártási projekt kapcsán megvizsgálni, hogy az ívhegesztő robotoknál varratkeresésre alkalmazott geometriaérzékelő érintéses elektromos szenzor alkalmazása kiterjeszhető-e tompavarratok keresésére.
- 2.5 Megvizsgálni annak lehetőségét, hogy az előző pontokban bemutatott módszerek felhasználásával a robottechnikában alkalmazott szakértői rendszer kiterjeszhető-e a szenzor technika területére, összekapcsolva a mesterséges intelligencia két, egyébként önálló területét..

## **3. KUTATÁSI MÓDSZEREK**

A téma kidolgozása során az általános kutatási módszerek közül az analízist, szintézist, az indukció és kísérleti elemzés módszereit alkalmaztam. A szakirodalom feldolgozását két fő irányban folytattam: a szakértői rendszerek az alkalmazott robottechnikában, illetve az adaptív robotrendszerek, elsősorban hegesztési alkalmazásokra, és a két téma kapcsolódási pontjaira.

A varratkövető ívszenzor működési jellemzőit kísérleti úton, a korábbi kutatások eredményeit felhasználva tártam fel.

A geometriaérzékelő érintéses elektromos szenzor tompavarratokhoz való alkalmazhatóságát kísérleti úton vizsgáltam meg.

## **4. AZ ELVÉGZETT VIZSGÁLAT TÖMÖR LEÍRÁSA FEJEZETENKÉNT**

- 4.1 Az első fejezetben áttekintettem a mesterséges intelligencia alkalmazásának területeit az ívhegesztésben. Ezek közül részletesebben az értekezés célkitűzéseinek megfelelően a szakértői rendszerekkel és a robotikával, ez utóbbin belül pedig a hegesztőrobotok intelligens képességét biztosító szenzorokkal foglalkoztam.
- 4.2 A második fejezetben az ívhegesztő robotoknál varratkövetésre leggyakrabban alkalmazott ívszenzor alkalmazástechnikai vizsgálatát mutattam be. Ebben a fejezetben bemutattam egy általam bevezetett vizsgálati módszert, mellyel varratkövető ívszenzorok alkalmazástechnikai jellemzőit lehet meghatározni.
- 4.3 A harmadik fejezetben bemutattam egy általam bevezetett új varratkeresési módszert, mellyel geometriaérzékelő érintéses elektromos szenzor alkalmazási területe terjeszhető ki tompavarratok hatékony keresésére olyan esetekben, mikor érzékelő testként a robot hegesztőfejében lévő hegesztőhuzalt használjuk
- 4.4 A negyedik fejezetben bemutattam egy általam létrehozott komplex szakértői rendszer-modellt, mely az ívhegesztés robotosítását vizsgáló alap szakértői rendszert bővít ki ágens képességekkel rendelkező ívhegesztő robotok alkalmazásának területére. A rendszer magába integrálja a 2. fejezetben ismertetett ívszenzor és a 3. fejezetben leírt kereső szenzor technológiai off-line tudásbázist. Ez által a mesterséges intelligencia két területét, a robotikát (intelligens képességekkel rendelkező robotok) és a szakértői rendszereket kapcsoltam össze annak érdekében, hogy az ívhegesztés robotosításának hatékonyságát elősegítem.

## **5. ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK**

Kutatómunkám célkitűzéseit a megfelelő kutatási módszerek alkalmazásával teljesítettem. Áttekintettem a téma szakirodalmát a mesterséges intelligencia területei közül az ívhegesztés robotosításával kapcsolatos szakértői rendszerekre és a robotikára koncentrálni. Ezen belül külön részletesebben vizsgáltam a robotok ágens lépéseit lehetővé tevő szenzor technika területét. Kísérletekkel vizsgáltam az ívhegesztő robotokhoz gyakran alkalmazott varratkövető ívszenzor

alkalmazástechnikai jellemzőit. A vizsgálati eredmények alapján kidolgozott rendszer megteremti a szenzor technológiai off-line programozásának lehetőségét. Egy aktuális katonai járműgyártási projekt kapcsán új módszert vezettem be a geometriaérzékelő érintéses elektromos szenzor használatára, mellyel tompavarratok hatékony és pontos keresésére is lehetőség nyílt ezzel a szenzortípussal. A két szenzortípussal végzett kísérleti eredményeket felhasználva létrehoztam egy komplex szakértő rendszer-modellt, mely ívhegesztőrobotok technológiai off-line programozását segíti elő ágens képességű robotok alkalmazása esetén is. Ennek a katonai járműgyártásban azért van jelentősége, mert a katonai járművek hegesztési műveleteinek robotosítását a szerkezet jellegéből adódóan a legtöbb esetben csak ágens képességekkel, vagyis megfelelő szenzortechnikával rendelkező robotokkal lehet megvalósítani. A katonai járműgyártásban ezek az eredmények minden bizonnyal jól hasznosíthatók, mert jól illeszkednek a katonai minőségirányítási rendszer fejlesztéséhez. Ez pedig még jobb minőségű eszközök hatékonyabb gyártását teszi lehetővé. A minőségi eszközök használata pedig a magas szintű NATO védelmi képességek biztosításának elengedhetetlen része.

## **6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK**

- 6.1. Megállapítottam, hogy a varratkövető ívszenzor alkalmazástechnikai jellemzőit alapvetően a következők határozzák meg:
  - az ívszenzor kinematikai jellemzői
  - a varratkövetéshez szükséges korrekciós sebesség és az ívszenzor alkalmazástechnikai paramétereinek kapcsolata
  - a stabil varratkövetési folyamat megvalósulásának feltételei
- 6.2. Kidolgoztam a varratkövető ívszenzor alkalmazástechnikai vizsgálatának módszerét, mely az előző pontban meghatározott jellemzők vizsgálatára épül. A módszer segítségével az ívszenzorok paraméterezése tervezhetővé vált, mely a technológiai off-line programozás lehetőségét terjeszti ki az ívszenzorokkal hegesztett varratokra.
- 6.3. Új módszert vezettem be a geometriaérzékelő érintéses elektromos szenzorok használatára, mellyel a szenzor alkalmazási területe kibővíthető a tompavarratok keresésére is.
- 6.4. Kidolgoztam egy komplex robottechnikai szakértői rendszer-modellt ívhegesztés robotosításához, melyben a mesterséges intelligencia két területét, a szakértői rendszereket és a robotok ágens képességeit biztosító szenzortechnikát kapcsoltam össze egy rendszerré.

## **7. A KUTATÁSI EREDMÉNYEK GYAKORLATI FELHASZNÁLHATÓSÁGA**

A kutatási eredmények közvetlenül hasznosíthatók a robotosított katonai járműgyártásban. Elősegítik a katonai minőségirányítási rendszer hatékonyabb működtetését, a gyártásból az emberi tényező nagyobb mértékű kizárásával.

## **8. AJÁNLÁSOK**

Ajánlom hasznosításra azon szakemberek számára, akik hegesztett szerkezetek gyártása területén a katonai minőségirányítási rendszerek bevezetésének, működtetésének technikai feltételeinek biztosításával foglalkoznak.

Ajánlom felhasználásra minden olyan vállalkozás részére, melyek az ívhegesztés gépesítésének, robotosításának lehetőségét kívánják megvizsgálni.

A kutatási eredményeket azok számára is ajánlom, akik egy adott gyártmány robothegezhethetőségének lehetőségét kívánják felmérni.

Az irodalmi összeállítást és a kutatási eredményeket ajánlom a mérnökképzésben, mérnöktovábbképzésben felhasználni, elsősorban alkalmazott robottechnikai területen.

## **9. A DOKTORJELÖLT TÉMÁVAL KAPCSOLATOS PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉKE**

### **Könyvrészletek, jegyzetek**

1. Dr. Bauer F., Dr. Becker L., Farkas A., Dr. Palotás B., Tóth L.: Robottechnika, Hegesztőrobotok Jegyzet, BME Mérnöktovábbképző Intézet, Bp., 1988. ISBN 963-431-706-5
2. Dr. Farkas Attila: „A hegesztés gépesítése, automatizálása” c. fejezet „Hegesztés és rokon technológiák kézikönyv” GTE 2007. p.370-384 ISBN 978-963-42-0910-2

### **Konferencia kiadványban megjelent előadások**

3. Farkas A.: Hegesztőrobotok szenzorai Mechatroninfo `88 konferencia Eger, 1988. november 15-17. pp. 182-193.
4. Dr. Bauer F., Dr. Becker L., Farkas A., REKARD-IGM Limat RT280 típusú hegesztőrobot állomás üzemeltetésével kapcsolatos tapasztalatok Mechatroninfo `88 konferencia Eger, 1988. november 15-17. pp. 101-113

5. Dr. Becker L., Farkas A., Gyura L., Bagyinszki Gy.: Hegesztőrobot alkalmazástechnikai laboratórium a BME Mechanikai Technológia Tanszéken VIII. Hegesztési Szeminárium, Sopron, 1990. okt.16-18. pp. 170-190.
6. Dr. Becker L., Farkas A.: hegesztőrobot alkalmazástechnikai kutatások a Budapest Műszaki Mechatroninfo '90 Nemzetközi konferencia, Kecskemét, 1990. nov. 13-16. pp. 221-228.
7. Wild W., Schaar T., Farkas A.: A munkadarab anyagának hatása a varratkövető induktív szenzor működésére Mechatroninfo '90 Nemzetközi konferencia Kecskemét, 1990. nov. 13-16. pp. 385-394.
8. Dr. Palotás B., Dr. Becker L., Farkas A.: Fogyóelektródás védőgázos ívhegesztések hegesztési paramétereinek számítása, és az elmélet alkalmazása ívhegesztő robotokhoz Mechatroninfo '90 Nemzetközi konferencia Kecskemét, 1990. nov. 13-16. pp. 284-298.
9. Dr. Palotás B., Dr. Becker L., Farkas A.: Some Aspects of flexible automation of welding technology INTERTECHNO '90 Nemzetközi konferencia, GTE Budapest, 1990. pp. 56-70.
10. Becker L., Farkas A.: Problems of off-line programming of welding parameters for arc welding robots Automated Welding Systems in Manufacturing. Int. Konf Gateshead (UK) 1991. nov. 17-19. Paper 14.
11. Farkas A.: how should we use arc parameter sensing? Automated Welding Systems in Manufacturing. Int.Conf., Gateshead (UK) 1991. nov. 17-19. Paper 13.
12. Farkas A.: Application of arc sensor for seama tracking MECHATRONINFO '94 Joint Hungarian-British International Mechatronics Conference, Budapest 21-23 September 1994.
13. Farkas A.: Quality assurance with robotic welding with application of arc sensor Robotics in Alpe-Adria Region RAA '95 International Conference, Pörschach 6-8 July 1995.
14. Dr. Farkas Attila, Meiszterics Zoltán: Alumínium fogyóelektródás védőgázos hegesztése kettősimpulzus-technika alkalmazásával X. Országos Hegesztési Tanácskozás Siófok- Balatonszéplak-felső 1998. április 23-24. pp.125-129.
15. Farkas A.: Hegesztőrobotok alkalmazásának biztonságtechnikai kérdései XI. Országos Hegesztési Tanácskozás, Budapest, 2002. március 28-29.
16. Dr. Farkas Attila: Többrobotos ívhegesztő rendszerek - új perspektívák a gazdaságos robotalkalmazásban XI. Nemzetközi és IV.GTE-MHtE-DVS Hegesztési konferencia Budapest, 2004. augusztus 23-26. pp.92-98
17. Dr. Farkas Attila: Hegesztő automaták és robotok alkalmazási tendenciái és gazdaságosságuk 26. Balatoni Ankét, 2005. október 27-29., Siófok pp.130-136
18. Dr. Farkas Attila – Barabás Péter Hegesztőrobotok bevezetésének tapasztalatai Magyarországon XII Nemzetközi Hegesztési Konferencia GTE 2008. május 15-17. Budapest, pp. 135-141. ISBN 978-963-7154-71-3
19. Dr. Farkas Attila: Hegesztő robotrendszerek biztonságtechnikája GTE 25. Jubileumi Hegesztési Konferencia, Budapest, 2010. május 19 – 21. pp.: 75-84. ISBN 978-615-5018-00-8
20. Dr. Farkas Attila. A robotosítás hatékony módszerei az acél- és gépszerkezetgyártásban GTE 25. Jubileumi Hegesztési Konferencia, Budapest, 2010. május 19 – 21. pp.: 367-377. ISBN 978-615-5018-00-8
21. Paszternák G. – Farkas A. – Palotás B. Szakértői rendszer hegesztőrobotok alkalmasságának vizsgálatára, GTE 25. Jubileumi Hegesztési Konferencia, Budapest, 2010. május 19 – 21. pp.: 379-389. ISBN 978-615-5018-00-8
22. Dr. Farkas Attila: A mesterséges intelligencia szerepe a hegesztés robotosításában. 26. Hegesztési Konferencia és Kiállítás, Budapest 2012. ISBN: 978-615-5018-28-2 pp. 45-51.

#### **Szakkikkek**

23. Konkoly, T. - Bauer, F. - Becker, L. - Bödök, K. - Farkas, A. - Palotás, B.: Tudományos kutatómunka a hegesztés területén Budapest, Gép, 41, 1989/10. pp.: 390-397. ISSN 0016-8572
24. Farkas A.: Szenzoralkalmazás a gépesített ívhegesztéseknél Hegesztéstechnika V. évf. 1994/2 pp. 23-33. ISSN 1215-8372
25. Dr. Attila Farkas Investigation of Application-technics for Gas Metal Arc Welding GÉP XLVII. Évf. 1996/9. pp 37-41. ISSN 0016-8572
26. Dr. Farkas Attila: Az ívhegesztés rugalmas automatizálásának lehetőségei 3. GTE-MhtE-DVS Közös Nemzetközi Hegesztési Konferencia GÉP, LI. évfolyam 2000. 6. szám pp.67-69. . ISSN 0016-8572
27. Dr. Farkas Attila, Lénárt Attila: Préssor kiszolgálása robotokkal Műszaki Magazin, X. évf. 12./2000. ISSN 1417-0132
28. Dr. Farkas Attila: Többrobotos ívhegesztő rendszerek. Metalfórum III. évf. 53. szám (2004. szeptember 13.), pp14-15 ISSN 1588-4627
29. ifj. Györi Károly, dr. Farkas Attila: Készülék nélküli ívhegesztő robotrendszer alkalmazási tapasztalatai Hegesztéstechnika, XVII. Évfolyam 2006/4. szám pp 5-8. ISSN 1215-8372

30. ifj. Győri Károly, dr. Farkas Attila: Készülék nélküli ívhegesztő robotrendszer alkalmazási tapasztalatai GÉP, LVIII. Évfolyam 2007. 1. szám p 33-38. ISSN 0016-8572
31. Dr. Farkas Attila – Barabás Péter: Hegesztőrobotok bevezetésének tapasztalatai Magyarországon Hegesztéstechnika XIX. Évfolyam, 2008. 4. szám pp. 15-18. ISSN 1215-8372
32. Dr. Farkas Attila – Barabás Péter: Hegesztőrobotok bevezetésének tapasztalatai Magyarországon Gépgyártás XLVIII. Évfolyam, 2008. 5-6 szám pp. 43-47. ISSN 0016-8580
33. Dr. Farkas Attila, Terék Gábor: Utánfutó tengelyek hegesztése készülék nélküli robotrendszerekkel Hegesztéstechnika XIX. Évf. 2008. 3. szám pp. 42-44. ISSN 1215-8372
34. Barabás Péter, Dr. Farkas Attila, Nagy Ferenc: Autódaru gém merevítő lamelláinak robotos hegesztése a Pylon-94 Kft-nél Acélszerkezetek 2009. 2. szám pp.86-88. ISSN 1785-4822
35. Dr. Farkas Attila: Robotosítás hatékony módszerei az acél- és gépszerkezetgyártásban Acélszerkezetek 2009. 4. szám pp .23-27. ISSN 1785-4822.

## 10. A DOKTORJELŐLT SZAKMAI-TUDOMÁNYOS ÉLETRAJZA

**Név:** Dr.Farkas Attila

**Születési hely, idő:** Hódmezővásárhely, 1961. szeptember 28.

### Végzettség:

1994.: Egyetemi doktori oklevél

1987-1989: Budapesti Műszaki Egyetem: Hegesztő Szakmérnöki oklevél

1981-1986: Budapesti Műszaki Egyetem: Gépészmérnöki oklevél, Gépipari Technológia Szak, Hegesztés Szakirány

1976-1980: Finommechanikai és Műszeripari Szakközépiskola, Hódmezővásárhely

**Nyelvismeret:** angol (középfok, C), német (alapfok, C)

### Eddigi munkakörök:

2007- Flexman Robotics Kft. ügyvezető

2006-2007 A REHM Kft. A robottechnikai üzletág igazgató

2000-2006 A REHM Kft. A robottechnikai üzletágvezető.

1997-: Weltec Bt. a REHM Hegesztéstechnika Kft.-vel szerződésben: területi képviselő, ezen kívül feladat a munkatársak munkájának szakmai segítése, belső szakmai képzés, szaktanácsadás.

1997- BME: óraadó (részletesebben I. az oktatási tevékenység részben)

1989-1997: BME Mechanikai Technológia Tanszék: tudományos segédmunkatárs, majd tanársegéd.

1986-1989: Az MTA TMB tudományos ösztöndíjasa a BME Mechanikai Technológia Tanszéken. Kutatási téma: robottechnikai, hegesztőrobotok szenzorainak alkalmazástechnikai vizsgálata.

### Szakmai tevékenység:

Fő szakterületem a hegesztés, ezen belül a hegesztés robotosítása, automatizálása, hegesztő berendezések. A robottechnikával egyetemi tanulmányaim alatt kezdtem el foglalkozni, elsősorban alkalmazástechnikai megközelítésben. Ezzel kapcsolatban írtam TDK dolgozatot és ebben a témában készült a diplomatervem, majd 1986-tól az egyetemi szakmai munkám fő irányát is ez adta. Részt vettem a Mechanikai Technológia Tanszék Robotalkalmazástechnikai Laborjának létrehozásában, majd 1989-től a labor munkájának szakmai irányítását végeztem. Munkám eredményeit rendszeresen mutattam be hazai és nemzetközi konferenciákon, szimpóziumokon. Jelenleg a Yaskawa-Motoman – a világ egyik vezető robotgyártó cégének – magyarországi képviselőjét vezetem.

### Oktatási tevékenység:

1997-től jelenleg is a BME Anyagtudomány és Technológia Tanszékének meghívott oktatójaként (címzetes egyetemi docens) a következő tárgyak oktatásában veszek részt:

- Robotalkalmazások (Gyártásautomatizálási modul)társebádo
- Robottechnika I. (Főisk. Képzés, Mechatronika szakirány) társelőadó

- Hegesztő berendezések (Szakmérnöki képzés) társelőadó
- AMT a hegesztésben (Szakmérnöki képzés) társelőadó
- Diplomatervezési konzultációk

1986-1997 között főállású egyetemi oktatóként a következő tárgyak oktatásában vettem részt:

- A hegesztés robotosítása (választható modul) előadó
- Robotalkalmazások (Gyártásautomatizálási modul) társelőadó
- Robottechnika I. (Főisk. Képzés, Mechatronika szakirány) társelőadó
- Hegesztő berendezések (Szakmérnöki képzés) társelőadó
- AMT a hegesztésben (Szakmérnöki képzés) társelőadó
- Anyagszerkezet és Anyagvizsgálat gyakorlatvezető

• Fémek Technológiája gyakorlatvezető

• Hegesztés gyakorlatvezető

• Anyagszerkezet I-II. (német nyelvű képzés) gyakorlatvezető

• Robotalkalmazás a Forg. n. megmunkálásban (angol nyelven) gyakorlatvezető

NSZFI FAT által akkreditált képzési programok kidolgozása (Flexman Robotics Kft.):

- Robotalkalmazás-technika (PL-3773) – 2009.
- Robotprogramozás (PL-4007) – 2010.

**Szakmai közéleti tevékenység:**

A Magyar Tudományos Akadémia Anyagtudományi és Technológiai Bizottság, Hegesztési Albizottságának tagja

A Gépipari Tudományos Egyesület Hegesztési Szakosztály vezetőségének tagja

A Magyar Mérnöki Kamara tagja 01-12310

Hegesztési szakértő (G-D-11)

Robottechnikai szakértő (G-K-10)

**Elismerések**

Tiszteleti docensi cím (BME Gépészmérnöki Kar - 2003.)

GTE Egyesületi Érem (2006.)

Címzetes egyetemi docensi cím (BME gépészmérnöki Kar – 2009.)

Budapest, 2012. év szeptember hó 10. nap

aláírás