

X. Évfolyam 1. szám - 2015. március

SCHMIDT Rita Emese
schmidt.rita@uni-nke.hu

A ROBOT OPERÁTOROK KÉPZÉSE

Absztrakt

Vizsgálaton tárgyai olyan cégek, melyek ipari robotok gyártásával foglalkoznak, képzéseket szerveznek alkalmazottaiknak és érdeklődőknek egy adott gépről és az ahhoz kapcsolódó programról. Tanulmányoztam a KUKA, a FANUC, az ABB Robotics, a National Robotics Engineering Center (N.R.E.C), a Carnegie Mellone University, a magyar Robot Akadémia és a National Robotic Training Center nevű intézményeket, az általuk forgalmazott eszközöket valamint az ott folyó tanfolyamokat. A második részben nagyon röviden ismertetem a rendészeti robot operátorok képzési tervének vázlatát. Mik legyenek az elő követelményei, hogy valaki robot szolgálati kutya operátor legyen? Milyen tudásra lesz szükségük az operátoroknak, illetve, ez milyen modulrendszerben kerülhet megvalósulásra? Ehhez mindenképpen szükség van a megfelelő operátorképzés tudományos hátterének megteremtésére.

The subjects of my research are companies, dealing with industrial robot manufacture and organize trainings for employees and interested people, about a specific machine or program. I studied the following institutions: KUKA, FANUC, ABB Robotics, National Robotics Engineering Center (N.R.E.C), Carnegie Mellone University, the Hungarian Robot Academia and National Robotic Training Center and their products and training courses. At the second part I introduce briefly the service robot dog's operator training program plan outline. What are the requirements for someone to be a service robot dog operator? What kind of knowledge they will need and how this modular system is being realized? To do this, in any event, it is necessary to establish the appropriate operator training scientific background.

Kulcsszavak: *robot, robot operátor, ipari robot, képzés, modul, program, robotprogramozás ~ robot, robot operator, industrial robot, training, modul, program, robot programing*

BEVEZETŐ

A robot szolgálati kutya operátor képzésének összeállítása kapcsán célszerű megvizsgálni a jelenleg alkalmazott robot operátorok képzési programjait, mind hazai, mind nemzetközi viszonylatban.

Napjainkban az ipari robotok alkalmazásához készült képzési programok vannak többségben és csak elvétve lehet találkozni mobil robot operátoroknak szánt oktatással.

Az ipari robot különböző szerszámokkal felszerelhető és különféle feladatok elvégzésére beprogramozható szerkezet, mely többtengelyű, univerzálisan állítható, mozgó automata. [i]

Szemügyre vettem három ipari robotok gyártásával foglalkozó céget, valamint az általuk indított képzéseket, egy katonai jellegű robotokkal foglalkozó céget, majd három, kizárólag robot operátor képzéssel foglalkozó intézményt is vizsgáltam, amelyekből az egyik magyar.

KUKA ROBOTICS

A KUKA egy mozaikszó, mely a Keller Und Knappich Augsburg szavak kezdőbetűiből tevődik össze.

Elmondásuk szerint márkanévük az innovatív technológiát jelenti, az automatizálást az ipari gyártásban. Az ügyfélközpontúság és innovációs képesség tette lehetővé számukra, hogy a piacon vezető szerepet tölthessenek be.

A KUKA világszerte jelen van, hazánkban 1991 óta KUKA Robotics Hungária Ipari Kft. néven működik és két telephellyel is rendelkezik, Taksonyban és Füzesabonyban. Rendszerait használják Afrika és Közel-Kelet, Ázsia és Óceánia, Európa, Észak Amerika és Dél-Amerika területén. A robotikai kutatások és fejlesztések Ázsiában és Óceániában, Európában, Észak Amerikában és Dél-Amerikában folynak. [ii]

Véleményük szerint automatizálási megoldásaival a KUKA megmozgatja a világot, ezzel egyszerűbbé teszik az életet és elősegítik az ipari növekedést. Globális technológiai vállalatként vezető szerepüket kiterjesztik a robotika és a rendszerek területére, hogy „lépést tartsanak a jövővel”. Az automatizálási megoldások folyton fejlődnek és a jövő a jelenben kezdődik el. Céljük, hogy egy lépéssel mindig előrébb legyenek, közelebb a vevőkhöz és a piachoz. [iii]

Példák KUKA robotokra

- MILLING 8 KW – marás területén használatos megmunkáló szerszám, olyan anyagoknál, mint a műanyag, habanyag vagy a fa;
- OCCUBOT – olyan hatféleképpen működő mérőrendszer mely az erőhatások és nyomatékok mérését végzi.

Ipari robotok:

- könnyű szerkezetes robot – érzékeny feladatok megoldására;
- kis teherbírású robot (5-16 kg) – alkatrészek vizsgálatára, kisebb alkatrészek szerelésére, csiszolásra, simításra, ragasztásra is alkalmas;
- közepes teherbírású robot (30-60 kg) – végezhető vele egyszerű anyagmozgatás, de még üléskárpitok varrása is;
- nagy teherbírású robot (90-300 kg) – nagyobb tömegű tárgyak mozgatására használják;
- nagy teljesítményű robot (300-1300 kg) – népszerű az autó-, építő-, élelmiszeriparban;
- a felsoroltakon kívül különleges modelleket is gyártanak, megrendeléseket is felvesznek.

A KUKA PC alapú vezérlőket és szoftvereket is gyárt. [iv]

KUKA College

Csupán megnevezésében jelent főiskolát, mivel tanfolyam szintű képesítést ad.

Világszerte gyakorlatorientált, modulrendszerű szemináriumokon keresztül képzik alkalmazottaikat és más érdeklődőket. A program az éppen aktuális piaci helyzetnek és a KUKA által gyártott eszközöknek és software-eknek megfelelően áll össze. [v]

A KUKA Robotics széles körű választékot nyújt a 3 kg és a 1000 kg tömegű, gépekkel kapcsolatos modulok között. A KUKA az első cég, amely számítógép által vezérelt technológiát alkalmaz. A termékek és így a képzések kiterjednek a könnyű PLC, távirányítási rendszerekre, KUKA SIM szimulációra, hálózati szolgáltatásokra. A KUKA College lehetővé teszi a gyors tanulást rugalmas módszerekkel, amik valós alkalmazásokat szimulálnak. [vi]

KUKA Training

A KUKA-nak működik más képzése is tréning néven, az Industrial Robotics Training Centre intézményben, az AKGEC-KUKA üzemeltetésében. Ez háromszintű: alapfokú, haladó és szakértői. A képzéseknél megadják az adott programot, amit majd használni fognak, a célcsoportot, a célokat, az előképzettségi feltételeket, a tartalmat, az időtartamot, illetve, hogy mik a képzés kimeneti feltételei. [vii]

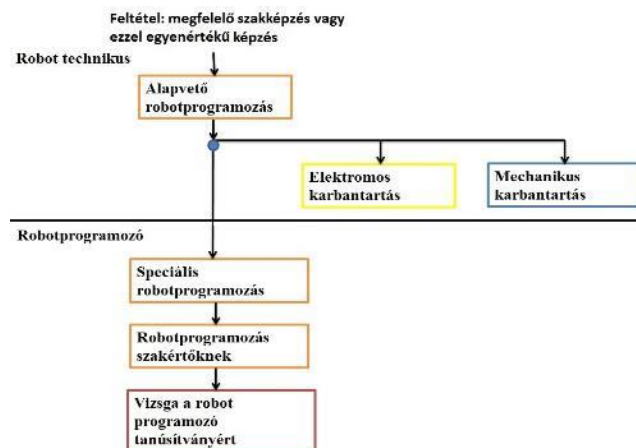
A KUKA tréningjeiről úgy gondolja, hogy az mindenki számára egy befektetés, aki robotokkal foglalkozik.

A képzési programnak különböző célcsoportjai vannak: robot szerelők, robot szerviz-technikusok, robot programozók, robot rendszergazdák, robot cella tervezők, illetve tervezők, valamint a vezetők. Egy átfogó, mindenre kiterjedő képzést állítottak össze. A KUKA tanfolyamaira professzionális szakemberek is lehetnek a jelentkezők, melyről a sikeres elvégzés után tanúsítványt kapnak. Ez a moduláris program lehetővé teszi, hogy először szerelőkké, majd további tanulmányok után programozókká és rendszergazdákká váljanak a résztvevők. [viii]

Az alapképzés során többek között megtanítják az elektronikai és gépi szervizelést, a biztonsági ismereteket, a KUKA által gyártott rendszerek kezelését, használatát és koordinálását. Megismerhetik a kalibrálás és a beállítások metódusait, hogyan kell navigálni, létrehozni és archiválni egy programot, áthelyezni, törölni és manipulálni pontokat, hogyan kell automata módban dolgozni. [ix]

A haladó szint esetében a képzés az előző szintre épül, ez bemeneti követelmény is. A jelentkezők megtanulják a különböző programozási nyelveket. [x]

A szakértői szintű programozóvá válás folyamatában a projekt végrehajtással, ütközésgátlással, felhasználó által generált parancsok létrehozásával, programozás megszakítással, hibakezeléssel és digitális – analóg I / 0 utasítások adásával ismerkedhetnek meg. [xi]



1. ábra. KUKA Robot programozó szintek képzési szerkezete

FANUC

1956-ban alapították a céget, amely numerikus vezérlőkkel és szervo rendszerekkel foglalkozott. Jelen van Japánban, az USA-ban és más ázsiai országokban is.

Az automatizálás területén mint globális vezető, a FANUC magas technológiájú termékeket és szolgáltatásokat nyújt.

A FANUC egyesíti az innovatív termékek kutatását és fejlesztését, a világ legnagyobb termelési kapacitását, a legszélesebb termékválasztékot, valamint a kiváló szolgáltatásokat és a világméretű lefedettséget.

Az intézmény többek között foglalkozik CNC-vel, robotokkal és „robo gépekkel”:

- a FANUC CNC gyárt vezérlőket, meghajtókat, szervomotorokat, és CO² lézerrendszereket;
- véleményük szerint robotkínálatuk a világon a legszélesebb a különböző alkalmazások és iparágak területén. Szabvány robotokat gyártanak, melyek alakíthatóak, alkalmazás specifikusak és egyértelműen integrálhatóak.
- robo gépek: A Robotdrill megmunkáló központokkal, Robocut huzalos szikraforgácsoló- és Roboshot teljesen elektromos fröccsöntő gépekkel rendelkezik. [xii]

A FANUC oktatási programja

Európában 8 oktatói labort működtetnek, melyek bemutató berendezésekkel is rendelkeznek, az oktatóik gyakorlott szakemberek.

A FANUC Robotics különböző szintű képzéseket kínál az érdeklődőknek. Elgondolásuk az, hogy a jól képzett programozó megfelelő konfigurációval képes elérni a gépek hosszabb élettartamát, a rendszer hatékonyságát, a jobb teljesítményt, a magasabb termelékenységet. Az oktatásnak egyik lényeges része, hogy lecsökkentse az állásidőt, mely a működési hibákból adódik. Képzésük eredményeképpen a hiba kijavítása könnyebbé és gyorsabbá válik. A képzett szakemberek gyorsabban állnak át az új programokra. [xiii]

Rendszeresen szervez gyakorlatorientált tanfolyamokat a termékeik legjobb felhasználása érdekében. Ezeket főleg japán ügyfelek vesznek részt. Külföldi cégeket helyben oktatnak. A tréningek kiterjednek CNC-s tanfolyamokra, robotok és robotgépek minél szélesebb körű megismerésére. [xiv]

A CNC-nél általános, programozás, karbantartás, csatlakozás, egyéni makroszintű, és C nyelvre fókuszáló kurzust is tartanak. [xv]

A Robot Osztály tanfolyamain a robotok programozását és kezelését, hegesztést, festési alkalmazásokat, 2D-s és 3D-s látványérzékelést, robotok karbantartását és alkalmazását, a robotok használatával kapcsolatos ismereteket is oktatnak. Céljuk, hogy a megrendelők a lehető legjobban ki tudják használni a robotokat. [xvi]

A FANUC America-Robotics Training Schedule oktatási intézményében mintegy 55 különféle oktatás folyik, a képzések robot-, és program specifikusak. A tanfolyamok 4, 8, 16, 32 és 40 óra időtartamúak.

A tréningek két csoportra oszthatók, az általános programozási ismereteket bemutatókra és a robotok használatára. Működnek egymásra épülő projektek is, némelyiknél egyszerre van szükség operátor, technikus, mérnök vagy programozó képességekre is. [xvii]

E-learning alapú képzési programok:

- operátor és programozó e-learning képzés;
- robotkezelő (spanyol nyelven is);
- festő robot működése;
- hegesztő alkalmazás kezelése és programozása;
- áthelyező alkalmazás kezelése és programozása (spanyol nyelven is);

- ponthegesztő alkalmazás kezelése és programozás szervo pisztollyal;
- iR képkezelő applikáció kezelése és programozása 2D R-30iA típusra.

Roboguide e-learning képzések:

- Roboguide Áthelyező PRO;
- Roboguide Hegesztő PRO;
- Roboguide Festő PRO.

Mechanikus e-learning képzés:

- Robot karbantartó és kenő alkalmazás.

A FANUC America e-learning kurzusa azt mondja magáról, hogy „Tréning, amire szükséged van, amikor szükséged van rá.” ("Training you need, when you need it!") Lényege, hogy az tanuló maga választja meg tanulási időbeosztását, a tananyag és a gyakorlati lehetőségek rendelkezésére állnak.

Jellemzők:

- könnyen használható kezelőfelület, egyszerűen kezelhető a hozzáférés az adott modulhoz;
- lehetőség van visszacsatolásra, tesztelésre, bejelentkezéskor mindenki könnyen azonosíthatja magát a felhasználónévvel és jelszóval;
- a diákok haladását részletes számonkéréssel mérik fel.

Előnyök - az oktatás elsődleges elemei:

- önálló tanulás, a tanuló beosztása szerint;
- visszacsatolási lehetőség;
- a képzés alatt csökken a résztvevők munkahelytől távol töltött ideje;
- csökkennek az utazási költségek;
- a legjobb oktatási design biztosítása.

A jelentkezők a képzési díjjal a kurzust, a szükséges programok, alkalmazások licenszét is megfizetik, ami 30 napos használatra jogosít. [xviii]

Példák a FANUC képzéseire

Speciális TPP programozás (ADVTPP) – 40 kontakt órát biztosít

Ezt a képzést a Kezelés és programozás előzi meg, annak az ismeretanyagaira épül. A diákok olyan feladatot kapnak, melynek megoldásához a speciális programozás technikájának megfelelő programokat kell létrehozni.

A tanulók a kurzus elvégzése után képesek lesznek:

- megérteni a „váz manipulációval” kapcsolatos kérdéseket;
- a speciális ellenőrzési struktúrákat kezelni;
- kidolgozhatnak nyelv független programokat;
- egyszerre több multi funkciós művelet tudnak beállítani;
- létrehozhatnak állapot megfigyelőket;
- helyreállíthatnak tervezési műveletek során keletkezett hibákat.
- A kurzusok tartalmaznak előadást és laboratóriumi környezetben biztosított gyakorlatot.

A képzésben a visszacsatolással, mérik fel a diákok tudását. [xix]

Festési beállítás kezelés és programozás (J2P0510) – 32 kontakt órát biztosít

A program magában foglal operátori, technikus, mérnöki és programozói ismereteket.

A tanulók a kurzus elvégzése után képesek lesznek beállítani és módosítani:

- a DCS általános paramétereit;
- a DCS pozíció / sebesség ellenőrzési paramétereit;
- a DCS mentés I / O paramétereit.

A képzés annak ajánlott, aki telepíti az R-30iA (verzió 7.5 és újabb) vagy R-30iB FANUC robotvezérlő DCS operációs rendszerrel.

Előfeltétel: Kezelés és Programozás tanfolyam elvégzése. [xx]

Elektromos karbantartás az R-30iA vezérlővel (R30iA0250) – 32 kontakt óra

A képzés elvégzése után a hallgatók képesek lesznek:

- biztonságosan bekapcsolni a robotot a teljes leállítást követően;
- manipulálni a robotot a betanulási függelékkel;
- felismerni és ismertetni a nagyobb robot alkatrészeket;
- felismerni és elhárítani a különböző meghibásodásokat;
- biztonsági mentést végezni és visszaállítani Controller Core szoftvert és a meghatározott fájlokat;
- elsajátítani a robot kezelését;
- konfigurálni és manipulálni a robotot az I / O programozással. [xxi]

ABB ROBOTICS

Magyarországon is működő vállalat, amely ügyfelei közüzemi szolgáltatók és ipari termeléssel foglalkozó cégek. Környezettudatosak, így működésük közben igyekeznek kevésbé szennyezni a levegőt. Több mint 100 országban, 145 000 munkatárssal, van jelen az ABB csoport.

Magyarországon hozzávetőleg 20 éve működik, 1200 helyszínen 50 000 villamosipari berendezést installált. Egy példa a sok közül: az Istenhegyi úton lévő benzinkútra ők telepítették az elektromos autótöltő állomást.

Öt osztályra osztható tevékenységük:

1. Energetikai termékek;
2. Energetikai rendszerek;
3. Gyártásautomatizálás és hajtások
4. Folyamatautomatizálás;
5. Kisfeszültségű termékek és berendezések. [xxii]

Fő magyarországi területek: elektromos járművek töltési infrastruktúrája, napenergiával kapcsolatos megoldások, energiahatékonyság és adatközpontok.

Kiemelkedő ABB technológiák: HVDC, rugalmas váltakozó-áramú átviteli rendszerek, ipari robotok, transzformátorok, folyamatautomatizálás, megoldások tengeri hajózáshoz, hálózat management, frekvenciaváltók, darurendszerek, alállomások. [xxiii]

Ipari robotok

Körülbelül 30 féle más-más funkciójú és terhelhetőségű robotot gyártanak. Eltérő a robotok mérete, súlya, teherbírása, flexibilitása illetve maga a funkció: hegesztés, ponthegeztés, összeszerelés, szortírozás, csomagolás, palettázás, festés, előre megmunkálás. [xxiv]

ABB University – Oktatás

Az ABB University csak a nevében jelent egyetemet, mert tanfolyam szintű képesítést ad. Azonban az itt megszerzett ismereteket csak az ABB intézményén belül fogadják el.

A világban több mint 50 helyszínen biztosít tantermi és helyszíni tanfolyamokat.

A képzések, melyek az ABB termékeire és rendszereire épülnek, külső képző központban, interneten vagy internetes szemináriumon zajlanak. [xxv]

Programjaikat mérnökök, programozók, karbantartók és üzemeltető személyzetek számára ajánlják a naprakész ismeretek biztosítása érdekében. Az új termékek, eljárások és technológiák ismerhetőek meg, melyeket éppen alkalmaznak.

ABB University megnövelheti az egyéni munkaerő piaci lehetőségeket. Kompetenciafejlesztést, egyéni tananyag és coaching szolgáltatásokat biztosít. [xxvi]

Testreszabott képzési lehetőségeket ad, igyekszik eleget tenni az egyedi igényeknek.

Egy járulékos díj fejében, terv, vázlat segítségével az egyén igénye szerint alakítható a tanfolyam, amely a legjobban megfelel személyzet, ipari, vagy más operatív elvárásoknak. A Coaching szolgáltatások a képzés után valósulnak meg, mellyel a tanuló szinten tartja ismereteit és kompetenciáit. Olyan képzés értékelést is biztosítanak, mely rámutat, hogy mi felel meg leginkább az igényeknek. Értékelik az alkalmazottak képességeit, felméri a hiányosságokat, hogy a hatékonyság érdekében mely területekre kell összpontosítani a továbbiak során. A kompetenciafejlesztési gyakorlat során specializáltan igyekeznek elősegíteni az emberek fejlődését. A felmért igényeknek megfelelően javasolja a képzési programok összeállítását. [xxvii] Mint ahogyan azt az eddigi példa is mutatja, az ABB University termék és program specifikus. A tanulni vágyók több mint 150 program közül választhatnak.

NATIONAL ROBOTIC ENGINEERING CENTER (NREC)

Szorosan együttműködik a kormányzati és a külföldi ügyfelekkel, hogy fejlesztéssel „érett” robot technológiát bocsássonak ki. Egy tipikus NREC projekt magában foglalja egy gyors prototípus bemutatását, majd azt egy mélyreható fejlesztési és tesztelési szakasz követi, ami által létrejön egy mintapéldány, mely szellemi tulajdon. A forgalomba hozatali folyamatoknak része az engedélyezés is. Mindemellett az NREC kiemelkedő a szoftverfejlesztés, rendszerintegráció, és a helyszíni vizsgálatok területén.

Elméleti koncepciókat és laboratóriumi technológiákat alakítanak át megbízható és költséghatékony robotika rendszerré. A szponzorok és partnerek részt vesznek ebben a folyamatban, beleértve a gyártókat is és olyan a kormányzati szervezetet, mint például a NASA vagy az USA Védelmi Minisztériuma.

NREC élen jár a vezető nélküli szárazföldi jármű tervezésében, az automatizálásban, az érzékelésben és az észlelésben, a gépi tanulásban, gépi képérzékelésben és kezelésben. [xxviii]

Operátor asszisztens nevű programjaiba jelenleg tíz részterület tartozik. Ezek lényege többnyire olyan járművek megalkotása, melyhez nem kell vezető, itt a gép figyeli a teret kamera segítségével és adja a jeleket vezérlőjének. Egy Vezetési ismeretek és változások érzékelése nevű projektben a gépet ellátták 3D-s érzékelő berendezéssel, térképpel is, melyen adott időpontban meg tudják állapítani a helyszínen az aktuális helyzetet, felmérhetőek a domborzati viszonyok is. Segítségre lehet éjszakai munkában, kiküldetésen, próbán és gyakorlaton is. [xxix]

Automatizálási technológiák programcsomagjában 24 projektet különböztet meg:

- *Rakományt szállító vezető nélküli földi járművek* – konvojokkal is együtt tudnak működni, akár úgy, hogy a konvoj nagy része ilyen vezető nélküli járműből áll. Ezek bármilyen körülmények között bevethetőek. [xxx]
- *Automatizált fuvarozó rendszer* – külszíni bányákban automata terepjárók. [xxxi]

- *Lézer bevonatot eltávolító rendszer* – repülőgépekről távolítja el a festéket illetve egyéb bevonó anyagokat. [xxxii]
- *LS3 észlelő* – 4 lábú szenzoros robot, ami alkalmas teher szállítására olyan terepen, ahol csak gyalogosan tud a katona közlekedni. Érzékelőjével egyrészt követni tudja az emberi vezetőjét, másrészt fák, bokrok, sziklák, falak, és egyéb akadályokat képes kikerülni. [xxxiii]

A *Mechanizmusok és manipuláció* programnak 13 részterülete van, ebből néhány példa.

- *Tartan mentő csapat* – mobil robot géppel működnek együtt, ami segíti az embert. [xxxiv]
- Több olyan típusú robotjuk is van, mely 3D-s felvételeket készít környezetéről és a vezérlő felületen keresztül az operátor irányítani tudja. [xxxv]

Az NREC a robotokkal kapcsolatos oktatásban is vezet a Robotics Academy révén, amely megalkotja a robotika tanterveket és szoftvereket (K-12) főiskolai szintű hallgatók számára. [xxxvi]

CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

1979-ben alapították meg, ekkor a robotika technológia még igen kezdetleges volt. Az Egyesült Államok, a globális piac éllovasa úgy vélte, hogy a termelékenység és a versenyképesség növelése érdekében mégis megkezdik a robotikai fejlesztéseket.

A Carnegie Mellon intézményében működő Robotics Institute-ban folyik a világ első robot doktori képzése.

Szinte minden programjáról elmondható, hogy kutató munkát vár el a tanfolyami munka mellett, követelmény a publikálás és a laboratóriumi munka is. Míg a mester fokozat 1-2 évet ölel fel, addig a doktori képzés 5-6 évig tart.

Carnegie Mellon University doktori képzés

Céljuk, hogy világszínvonalú vezető kutatókat bocsájtsanak ki, akik tudásukkal, az általuk ismert technológia használatával befolyásolják a társadalmat. A program interdiszciplináris, kutatásaival összehangol amúgy külön álló területeket. A diploma megszerzésének követelményei közé tartoznak természetesen a laboratóriumi munka, a minősített kutatás és egy dolgozat, mely egy eredeti és független vizsgálaton alapszik.

A képzés 5-6 éves. Az első turnusban tanfolyamokon és kutatásokon vesznek részt. A tanfolyam befejezése és más alapvető követelmények teljesítése után (például bemutató írás, beszédképesség fejlődése és tanítás) a diákok teljes egészében a kutatásra koncentrálhatnak, megtanulva az önálló és a csoportos kutatás módszereit is. A munka laborban is folyik a Robotics Institute felügyelete alatt, más diákokkal együttműködve. [xxxvii]

A „Tudomány Mestere Program” (Master of Science Program)

Ez a program különböző területeket egyesít, melyeket más-más egyetemek elszórta tanítanak. A diploma megköveteli a tanfolyami munkát, valamint a szóbeli és írásbeli készségek elsajátítását.

A képzés lehet egy éves is, mely teljes munkaidőben, saját finanszírozású tanulmány, de ha a pénzügyi támogatás rendelkezésre áll, akkor két éves is lehet, ebben az esetben a tanuló tudományos segédmunkatárssá válhat. [xxxviii]

Robot rendszerek fejlesztése program

Ez egy egyedi program, amely haladó szintű diplomát biztosít, technikai és üzleti készségekre koncentrál. A program friss diplomások vagy gyakorló szakemberek számára készült, akik

elköteleződtek a robotika és az automatizálás területén szakembereként az értékesítés világában.

A tanterv széles körű oktatást biztosít a tudományok, a technológia, a robotika szektorában, erősíti az elméleti és a gyakorlati laboratóriumi projekteket, lehetővé teszi a diákok számára, hogy szert tegyenek gyakorlati, üzleti elvekre és ismeretekre is.

Összességében az MRSD tanfolyam szintű oktatást a fő technológiai területeken biztosít, gyakorlati projekt tanfolyamokon, szeminárium jellegű üzleti és menedzsment kurzusokon és önkéntes (bár erősen ajánlott) együttműködést a robotika és az automatizálás területén működő ipari partner cégekkel.

A program tantervének felépítése 162 egységnyi tanulmányból és gyakorlatból áll, amely megvalósítása 16 hónap alatt történik meg. Ez 3 szemeszterből álló nappali tagozatos kurzust tartalmaz egy választható, 3 hónap időtartamú nyári gyakorlatot is egy ipari partner-cégnél a robotika vagy automatizálás területéről. A diákok nem csak a legújabb technikákat, tudományos fejlesztéseket, módszereket és megoldásokat tanulják meg a robotika területén, de annak az alkalmazását is elsajátíthatják, hogy hogyan lehet egy csapatban innovatívan gondolkodni és problémamegoldó technikákat alkalmazni. [xxxix]

Master of Science - Computer Vision (MSCV)

Tudomány mestere – „Számítógépes Képzékelés”

Ezzel a képzéssel a jelentkező a számítógépes képalkotást ismerheti meg. Napjainkban a digitális képek és automatizált kamerákkal készített videó felvételek világában nagyon fontos ennek a technológiának a megismerése. Ez a terület is gyorsan fejlődik, folyamatosan fejlesztik ki a legújabb alkalmazásokat, melyek növelik a társadalmi értékeket. Éppen ezért olyan szakemberekre van szükség, akik a fejlesztések után kutatnak. Az egyre növekvő kereslet kielégítése érdekében a Robotics Institute kifejlesztett egy 16 hónapos (három szemeszter és nyári gyakorlat) mesterképzést a számítógépes képzékelés területén.

A képzés során igyekeznek a legkorszerűbb tudást átadni. Gyakorlatot biztosítanak a kutatás fejlesztések területén, a legkorszerűbb programokat a számítógépes képzékelés területén. Az erre berendezett laborban az alábbi területek tanulmányozhatóak: érzékelés, számítógépes fotózás, fizika-alapú jövőkép, követés, 3D-s rekonstrukció, statisztikai elemzés, objektum felismerés, az emberi modellezés és elemzés, valamint az általános színhely megértése.

Néhány példa a használt és oktatott alkalmazásokra: képalapú internetes keresések, utcára néző kapcsolódó alkalmazások, robotika, arcfelismerés, szociális hálózatok, biztonsági rendszerek járműveken, vizuális termék azonosítás és keresés, a betegségek diagnosztizálására használható orvosi képalkotás, gépkatrészek szemrevételezése, stb.

Támogató cégek: Adobe, Amazon, Apple, Canon, Facebook, GE, Google, IBM, Microsoft, NVIDIA, Qualcomm, Samsung és Siemens.

MSCV programjának elvégzése után a tanulók jártasak lesznek:

- elolvasni és értelmezni a legújabb kutatási publikációkat a számítógépes képzékelés területén;
- használni az alapvető fejlesztési eszközöket a számítógépes képzékelés alkalmazásának fejlesztésére;
- algoritmusokon alapuló számítógépes képzékelés alkalmazásokat futtatni;
- a fejlődés háttérének és a végrehajtási folyamatának a bemutatása tömören és világosan a legkorszerűbb számítógépes vizuális technikákról;
- kísérleti analízis és tesztelés gyakorlása a jelenlegi számítógépes képzékelés programjait használva, beleértve a szokásos méréseket és az irányadó adat beállítást;

- matematikai és gépi tanulási beállítások alkalmazása, mint a geometria, az optimalizálás és a statisztika. [x^l]

További Robotikával kapcsolatos Mester Szakok (Major in Robotics)

A doktori és a mesterképzés mellett, ez az első intézmény, amely egyetemi tanúsítványt állít ki a képzés sikeres elvégzése után. A robotika mesterképzés egyszerre interdiszciplináris és multidiszciplináris. Ez azt jelenti, hogy ez a képzés újszerű módon integrálja a gépipari, a számítógép-tudományi és a villamosmérnöki területeket.

Ezek a kapcsolódási pontok újszerű rendszereket hívnak életre a robotika területén. [x^{li}]

Egyetemi alapképzés a Robotika területén (Undergraduate Minor in Robotics)

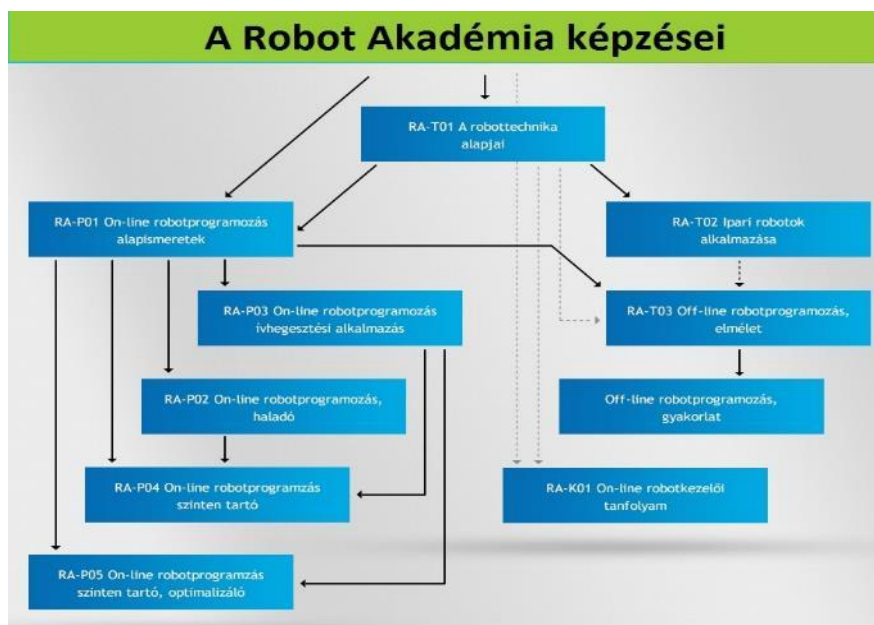
Ezzel a képzéssel megtanulhatóak a robotika elvei, elmélete és gyakorlata. A diákok először az alapokat sajátíthatják el, majd az ellenőrző rendszerek és a robot manipuláció következik. A tanulók széleskörű palettáról választhatnak, mint például a robotikát, az érzékelést és a számítógépes képérzékelést, a megismerés tudományát, vagy a számítógépes grafikát. A tanulás mellett lehetőség van kutatási projekteken való részvételre is. [x^{liii}]

ROBOT AKADEÉMIA

A Robot Akadémia segít lépést tartani abban, hogy a jelentkezők nyomon kövessék a robottechnika fejlődését. Lehetővé teszik, hogy a robotika területén naprakész tudást lehessen szerezni. Az intézmény nem csak azok számára indítja a képzéseit, akiknek már vannak ipari robotjaik, hanem azok jelentkezését is várják, akik csupán szeretnék megismerni az ipari robotok világát és azt saját cégüknél is alkalmazni szeretnék.

A Robot Akadémiának komoly minőségpolitikája van, képzésüket az egykori Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet akkreditálta. A képzés tanúsítványt ad, mely egy jó ajánlólevél a későbbiekben.

Az elméleti tudást egyetemi oktatók, a gyakorlati részeket a szakterületet művelő mesteremberek tartják. A gyakorlatot Yaskawa Motoman ipari robotok segítségével mutatják be. [x^{liiii}]



2. ábra. A Robot Akadémia képzési struktúrája

A honlapjukon jelenleg 9 tanfolyamra lehet jelentkezni:

1. Robottechnika alapjai (RA-T01): Alapvető ismereteket ad, az ipari robotok főbb jellemzőit tanítja meg.
 - a) Megszerezhető tudás: rendszerező-, történeti áttekintés, hajtási és útmérő rendszerek, kinematikai jellemzők, pozicionáló berendezések, alkalmazástechnikai jellemzők, az MI alkalmazása ipari robotoknál, külső kommunikációs csatornák és biztonságtechnika.
 - b) Résztvételi feltétel: műszaki területen szerzett felsőfokú végzettség, vagy aktív tanulói jogviszony. Időtartam és időbeosztás – 8 óra, 1 munkanapon megtartva.
 - c) Jelleg: elméleti képzés.

2. Ipari robotok alkalmazása (RA-T02): Alapvető tájékozottságot ad az ipari robotok jellemzőiről és főbb alkalmazási területekről.
 - a) Megszerezhető ismeretek: rendszerező áttekintés, anyagmozgatás, palettázás, vágás, ragasztás-tömítés, ellenállás ponthegeztés, ívhegeztés, festés, élelmiszeripari alkalmazás, számítógép robot kiszolgálási alkalmazás, élhajtító robotkiszolgálás robotok a tiszta térben, tematikus példák áttekintése, esettanulmányok áttekintése, példák a különleges alkalmazásokra.
 - b) Résztvételi feltétel: A robottechnika alapjai megnevezésű tanfolyam elvégzése. Időtartam és időbeosztás – 8 óra, 1 munkanapon megtartva.
 - c) Jelleg: elméleti képzés.

3. Off-line robotprogramozás, elmélet (RA-T03).
 - a) Résztvételi feltétel: on-line robotprogramozási alapismeretek tanfolyam elvégzése előnyt jelent, de nem feltétel. Időtartam és időbeosztás – 6 óra, 1 munkanapon megtartva.
 - b) Jelleg: elméleti képzés.

4. On-line robotprogramozás alapismeretek (RA-P01): A képzést egyaránt ajánlják azoknak, akiknek még nincsenek ipari robotjaik, de érdeklődnek az on-line robotkutatás után és azok is jelentkezhetnek, akik meglévő ismereteiket szeretnék bővíteni.
 - a) Résztvételi feltétel: nincs speciális követelmény.
 - b) Időtartam és időbeosztás – 24 óra, 3*8 órában megtartva, 3 munkanapon.
 - c) Jelleg: kiscsoportos gyakorlati képzés

5. On-line robotprogramozás ívhegesztési alkalmazás (RA-P02): Mindazoknak ajánlják, akiknek munkájukhoz szükségük van ezekre az ismeretekre, érdeklődő főiskolásoknak és egyetemistáknak.
 - a) Résztvételi feltétel: a MIG/MAG hegesztések alapvető ismerete és az On-line robotprogramozás alapismeretek tanfolyam elvégzése.
 - b) Időtartam és időbeosztás – 16 óra, 2*8 órában megtartva, 2 munkanapon.
 - c) Jelleg: kiscsoportos gyakorlati képzés

6. On-line robotprogramozás, haladó (RA-P03): Azok jelentkezését várják, akik tovább szeretnék fejleszteni robotprogramozási ismereteiket és robotjaikat komplexebb feladatokra kívánják használni.
 - a) Kompetenciák: robotprogramozási ismeretek továbbfejlesztése és a robotok komplexebb feladatok elvégzésére hangolása.
 - b) Főbb témakörök: speciális változók és kezelésük, logikai műveletek, makro-, kibővített kommunikációs-, fejlett programozású funkciók programozása.
 - c) Résztvételi feltétel: On-line robotprogramozás alapismeretek tanfolyam elvégzése.
 - d) Időtartam és időbeosztás – 16 óra, 2*8 órában megtartva, 2 munkanapon.
 - e) Jelleg: kiscsoportos gyakorlati képzés

7. On-line robotprogramozás szinten tartó (RA-P04): Előképzettségi feltétel az RA-01 vagy az RA-02 tanfolyam elvégzése. A tanfolyam menete előzetes tudásszint felmérésre, illetve a robotprogramozás gyakorlására nyújt lehetőséget.
 - a) Időtartam és időbeosztás – 16 óra, 2*8 órában megtartva, 2 munkanapon.
 - b) Jelleg: kiscsoportos gyakorlati képzés.

8. On-line robotprogramozás szinten tartó, optimalizáló (RA-P05): Azoknak ajánlják, akik még szélesebb körben szeretnék ismerni a robotokban rejlő lehetőségeket. Résztvételi feltétel: RA-01 vagy az RA-02 tanfolyam elvégzése.
 - a) Tanfolyam menete: Előzetes tudásszint felmérés, hogyan használják a jelentkezők a robottechnikát. A tanfolyam ezek alapján egyénre szabott. A továbbképzés a résztvevő számára lehetőséget biztosít a gyakorlásra.
 - b) Időbeosztás: 1 szakértői nap és 16 tanóra (2*8 órában megtartva, 2 munkanapon).
 - c) Jelleg: kiscsoportos gyakorlati képzés.

9. On-line robotkezelői tanfolyam (RA-K01): Azok számára optimális az elvégzése, akik robotokkal dolgoznak, és magasabb szinten szeretnék megtanulni a programozásukat és az üzemeltetésüket.
 - a) Főbb témakörök: Rövid összefoglalása a robottechnikai ismereteknek, betanítós robotprogramozás biztonságtechnikája, programozási ismertek (kezelőfelület, programozó pult, üzemmódok), programszerkesztési módok, mozgásprogram felépítése (kézi mozgató koordináta rendszerei, szerszámközpont, mozgásvezérlési módok), alapvető diagnosztikai ismeretek.
 - b) Időbeosztás: 24 tanóra, 3*8 tanóra 3 munkanapon.
 - c) Jelleg: kiscsoportos gyakorlati képzés. [^{xliv}]

Mint, ahogyan az a képzési leírásokból kiderül, a különböző tréningek között átjárhatóság van, az egyes képzések egymásra épülnek. Nagyobb hangsúlyt fektetnek az on-line robotprogramozásra, mint az off-line módszerre. Az utóbbinál a robot nélkül, számítógépen keresztül történik a programozás, míg az on-line programozáskor magát a robotot programozzuk.

NATIONAL ROBOTICS TRAINING CENTER

Küldetésüknek tartják, hogy tréningjeikkel a gyártásban és a technikai ismeretek elsajátításában segítsék a gyárat. Növelik a kisvállalkozások hatékonyságát egy ötlettől, egészen a megvalósulásig. [xliv]

Robot gyártástechnikai szintek

Ebből a programból három fokozat érhető el. Az első kettő nem sokban különbözik egymástól. Az első program 24 kredit órára van hirdetve, a másodiknál pedig nagyobb hangsúlyt fektetnek az intelligens rendszerekre, illetve az elhelyezkedési esély is nagyobb a munkavállalóknál.

Az első egy rövidtávú program azok számára, akik szeretnének egy termelő pozíciót a robotok és az intelligens robot rendszerek világában. Ez a program megtanítja a jelentkezőknek a legújabb technológiákat a vezető nélküli járművek gyártásában, a szükséges robottechnikai és karbantartási ismeretekkel együtt. Az NRTC kurzusok oktató által vezetett on-line kurzusok.

A program az alábbi ismeretek megszerzésére terjed ki:

- számítógép rendszerek;
- érzékelők;
- kommunikációs rendszerek;
- áramellátó rendszerek;
- kamerák;
- optika;
- mobilitás;
- navigáció;
- GPS;
- biztonság;
- gyártási munkahelyi készségek;
- gyártási folyamatok;
- karbantartás;
- minőség és annak folyamatos javítása. [xlv]

A második programot a robot gyártástechnikai tréningként hirdetik, elvégzése után megnövekszik a munkavállalás lehetősége. A legtöbb munkahelyen főiskolai szintű végzettségű munkaerőt keresnek. A robotok gyártása és használata bizonyosan megnövekszik a következő évtizedben, éppen ezért megnő a kereslet a szakemberek iránt, hogy az új technológiákat előállítsák. A már piacon működő szakemberek átképzésére is lehetőség van. [xlvii]

A harmadik program sokban különbözik az előző kettőtől. A Robot gyártástechnikai program együttműködik a Florence-Darlington Műszaki Főiskolával, így egyesülhet a robot és a művészeti oktatás. A képzés során a diákok felkészülnek a vezető nélküli robotokkal kapcsolatban a robotika és az intelligens rendszerek világára. A legújabb technológiák megismerésére van lehetőség. Gyártási és technikus pozíciók megszerzésére ad nagyobb lehetőséget a képzés elvégzése, mindezt on-line képzési rendszerben. [xlviii] A tanfolyamokon on-line oktató segítségével támaszkodhatnak, tankönyveket használnak az egyes kurzusokhoz, a gyakorlati labor használatához is kézikönyv áll rendelkezésre. A VEX oktatási robot platform szintén gyakorlati jellegűvé teszi a képzést. [xlix]

Robot gyártástechnikai program

A vezető nélküli robotok és más eszközök gyártóinak és operátorainak képzésére fókuszál. A program több részből áll.

Az első részben megismerhetők a gyártási, biztonsági karbantartási, a folyamatos fejlesztési, illetve a minőségbiztosítási ismeretek. A program sajátossága, hogy a Gyártás Készség Szabványügyi Tanács (Manufacturing Skill Standards Council's) hitelesítette ezeket az témákat, mely négy modulban sajátítható el. Minden modul vizsgával zárul.

A második turnusban a robotok speciálisabb jegyeit sajátítják el 5 modulban, 45 kontakt órában. Megismerhetők az elektromos-, gépészeti-, fotonikus-, valamint a térinformatikai rendszerek. A modulok mindegyikén kötelező részt venni, a kimeneti követelmények teljesítésével együtt. [1]

Egyéni képzési program fejlesztés

Ez a program a vezető nélküli gépek kezeléséről szól, annak minden részletét átadja az érdeklődőknek, többek között:

- működés és vezérlés;
- helyszíni karbantartás;
- raktári karbantartás;
- gyártási műveletek.

Az ismeretanyagokat igyekeznek a legváltozatosabb módon előadni az érdeklődőknek, a hagyományos szöveges formátumban, CD és DVD hordozókon, illetve interaktív, on-line rendszeren keresztül. [11]

Ügyfélkapu képzés és értékesítés

A képzéssel együtt jár a lehetséges ügyfelek készségeinek és képzési igényének felmérése, a legmegfelelőbb program ajánlásával. [111]

ROBOT SZOLGÁLATI KUTYA OPERÁTOR KÉPZÉS

Ahhoz, hogy a robot szolgálati kutya alkalmazásával nyújtott lehetőségeket ki lehessen használni és szakszerűen alkalmazható legyen, megfelelő képzést kell kialakítani. A képzésnek három fő pillérre van:

- alkalmassági vizsgálatok;
- elméleti ismeretek elsajátítása;
- gyakorlati oktatás.

A robot operátornak való jelentkezésnél elengedhetetlenek tartanánk az alkalmassági vizsgálatokat, tesztek kitöltését. A jelentkezőket több lépcsőben szűrnénk meg, ez nem csak egy pszichológiai, de egy szakmai rosta is lenne.

Első lépcsőjeként, vizsgálnánk, hogy a jelentkezők milyen bevetéseken vettek részt, mi az erősségük.

A másik szűrő egy eseteket tartalmazó teszt. A jelentkezők feladata lenne, hogy megfogalmazzák, hogyan intézkednének adott esetben.

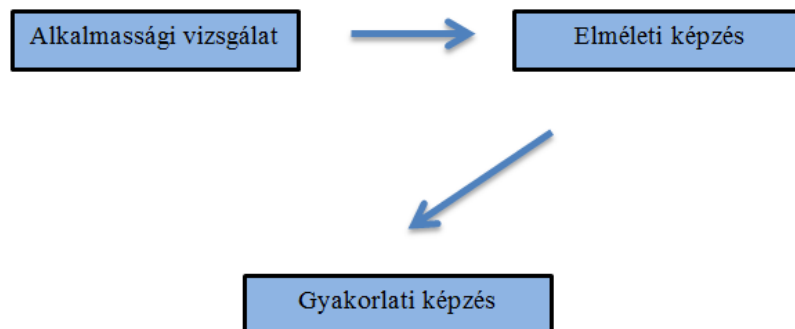
A rendőrnek korábban intézkedésekor figyelembe kellett vennie a jogszabályokat, illetve saját döntését sem hagyhatta figyelmen kívül, ami lehetőséget adott némi szubjektivitásra is. A kettő ötvözetéből hozta meg döntését. Az objektivitás érdekében időszerűvé vált ezen változatni. Részben ebben is segíti a robotkutya, ami kizárólag a szabályzóra hagyatkozva fogja felajánlani a helyes döntést, melyet a rendőr természetesen felülbíráhat.

Az operátorok képzése moduláris rendszerben történne, ahol két fő fázist tervezünk, melyeket további altémákra bontanánk.

Az első szakaszban a járőrök elméleti tudást kapnak. Oktatásra kerül mindaz az ismeretanyag, melyet betápláltak a robotba, ilyenek például törvények, egyéb jogszabályok szakmai normák, intézkedési előírások. Megtanítják a szolgálati robotok kezelését, alapvető programozási ismereteket, továbbá azt is, milyen felszerelés kerül beépítésre a készülékbe, például, hogyan lehet alkalmazni a kiterjesztett valóságot a robot szolgálati kutya esetében.

Az elméleti képzésben a szükséges ismereteket elektronikus e-learning rendszerbe is feltöltenénk, a mostani rendszerekben ez például a Moodle-nak felel meg. Majd az általunk használt felületet igyekszünk könnyen kezelhetővé tenni, hogy a tudásanyag a szakemberek és az érdeklődők számára elérhető legyen.

A második szakasz egy gyakorlati oktatás, mely a robot használatára vonatkozik, illetve szituációs feladatok kerülnek végrehajtásra.



3. ábra. Robot szolgálati kutya operátor képzési váz alapja

Szem előtt kell tartani a minőségirányítási elveket is. Tervezett az akkreditálás, melynek a feltételeit be kell építeni a képzés megtervezésébe, kialakításába.

ÖSSZEGZÉS

A képzéseket elsősorban, mint andragógus szemlélttem. Megállapítottam, hogy egyes helyeken például a rendszer átláthatósága nem valósul meg, a leányvállalatok más-más kezelőfelületű honlapokat hoztak létre. Egy másik cég esetében az oktatás két külön néven zajlik, más cégek végzik.

A Magyarországon oktatott programok nem szerepeltetik magukat az Országos Képzési Jegyzékben, összességében megállapítható, hogy nem lehet találkozni robotokkal kapcsolatos képzéssel.

Felhasznált irodalom

- [1] [i] Ipari robotok
<http://www.mestersegesintelligencia.hu/doc/ipari%20robotok.php> (2014. 12. 10.)
- [2] [ii] KUKA automation technologies, <http://www.kuka-ag.de/en/> (2014. 11. 22.)
- [3] [iii] KUKA Sectors & innovations,
http://www.kuka-ag.de/en/sectors_innovations/. (2014. 11. 22.)
- [4] [iv] KUKA robotik és automatizálás,
<http://www.kuka-robotics.com/hungary/hu/> (2014. 11. 22.)
- [5] [v] KUKA College
<http://www.kuka-robotics.com/hungary/hu/support/college/> (2014. 11. 22.)

-
- [6] [^{vi}] KUKA Robotics Corporation, <http://www.robotics.org/company-profile-detail.cfm/Supplier/KUKA-Robotics-Corporation/company/378> (2014. 11. 22.)
- [7] [^{vii}] AKGEC-KUKA Programs, <http://akgec-kuka.org/program.aspx> (2014. 11. 22.)
- [8] KUKA – Seminar program, http://www.kuka-robotics.com/usa/en/college/seminar_program/ (2014. 11. 22.)
- [9] [^{ix}] KUKA - Course Contents: Basic Robot Programming http://akgec-kuka.org/program_detail.aspx?pn1=1 (2014. 11. 22.)
- [10] [^x] KUKA - Course Contents: Advanced Robot Programming http://akgec-kuka.org/program_detail.aspx?pn1=2 (2014. 11. 22.)
- [11] [^{xi}] KUKA - Course Contents: Expert Robot Programming http://akgec-kuka.org/program_detail.aspx?pn1=3 (2014. 11. 22.)
- [12] [^{xii}] FANUC products, <http://www.fanuc.eu/en/products> (2014. 11. 23.)
- [13] [^{xiii}] FANUC – Okatató, <http://www.fanucrobotics.hu/hu/countries/frhu/customer-services/training> (2014. 11. 23.)
- [14] [^{xiv}] Introduction to FANUC Training Center, <http://www.fanuc.co.jp/en/training/index.htm> (2014. 11. 23.)
- [15] [^{xv}] FA Department, <http://www.fanuc.co.jp/en/training/fa.html> (2014. 11. 23.)
- [16] [^{xvi}] ROBOT Department, <http://www.fanuc.co.jp/en/training/robot.html> (2014. 11. 23.)
- [17] [^{xvii}] FANUC America-Robotics Training Schedule <http://robot.fanucamerica.com/support-services/robotics-training/schedule/schedule.aspx> (2014. 11. 23.)
- [18] [^{xviii}] FANUC eLearn Based Training Programs (Web courses) <http://robot.fanucamerica.com/support-services/robotics-training/webtraining.aspx> (2014. 11. 23.)
- [19] [^{xix}] FANUC - Advanced TPP Programming <http://robot.fanucamerica.com/support-services/robotics-training/robotic-courses/ADVTPP.aspx> (2014. 11. 23.)
- [20] [^{xx}] FANUC - DUAL CHECK SAFETY V7.50 & Newer <http://robot.fanucamerica.com/support-services/robotics-training/robotic-courses/DCS0310-1.aspx> (2014. 11. 23.)
- [21] [^{xxi}] FANUC - Electrical Maintenance with R-30iA Controller <http://robot.fanucamerica.com/support-services/robotics-training/robotic-courses/R30iA0250.aspx> (2014. 11. 23.)
- [22] [^{xxii}] Az ABB-ről röviden, <http://new.abb.com/hu/rolunk/roviden-az-abbrol> (2014. 11. 24.)
- [23] [^{xxiii}] ABB – Technológia, <http://new.abb.com/hu/rolunk/technologia> (2014. 11. 24.)
- [24] [^{xxiv}] ABB Robotics – Highlights, <http://new.abb.com/products/robotics> (2014. 11. 24.)
- [25] [^{xxv}] ABB Training, <http://www.abb.com/product/us/9aac128749.aspx> (2014. 11. 24.)

-
- [26] [xxvi] ABB University offers comprehensive training portfolio
<http://www.abb.com/abbuniversity> (2014. 11. 24.)
- [27] [xxvii] ABB Customized Training
<http://www.abb.com/service/ap/seitp335/C89E1B74A80FEE27C1257440004B8DDA.aspx> (2014. 11. 24.)
- [28] [xxviii] About NREC, <http://www.nrec.ri.cmu.edu/about/overview/> (2014. 11. 25.)
- [29] [xxix] Driver Awareness and Change Detection (DACD) system
<http://www.nrec.ri.cmu.edu/projects/change/> (2014. 11. 25.)
- [30] [xxx] Cargo UGV, <http://www.nrec.ri.cmu.edu/projects/cargo/> (2014. 11. 25.)
- [31] [xxxi] Autonomous Haulage System (AHS)
<http://www.nrec.ri.cmu.edu/projects/ahs/> (2014. 11. 25.)
- [32] [xxxii] Laser Coating Removal, <http://www.nrec.ri.cmu.edu/projects/ctc/> (2014. 11. 25.)
- [33] [xxxiii] LS3, <http://www.nrec.ri.cmu.edu/projects/ls3/> (2014. 11. 25.)
- [34] [xxxiv] The DARPA Robotics Challenge,
<http://www.nrec.ri.cmu.edu/projects/tartanrescue/challenge/> (2014. 11. 25.)
- [35] [xxxv] 3D visualization, <http://www.nrec.ri.cmu.edu/projects/3d/> (2014. 11. 25.)
- [36] [xxxvi] About NREC, <http://www.nrec.ri.cmu.edu/about/overview/> (2014. 11. 25.)
- [37] [xxxvii] Doctor of Philosophy (PhD) Program
http://www.ri.cmu.edu/ri_static_content.html?menu_id=321 (2014. 11. 25.)
- [38] [xxxviii] Master of Science Program
http://www.ri.cmu.edu/ri_static_content.html?menu_id=322 (2014. 11. 25.)
- [39] [xxxix] Master of Science - Robotic Systems Development Program
http://www.ri.cmu.edu/ri_static_content.html?menu_id=437 (2014. 11. 25.)
- [40] [xl] Master of Science - Computer Vision (MSCV)
http://www.ri.cmu.edu/ri_static_content.html?menu_id=479 (2014. 11. 25.)
- [41] [xli] Additional Major in Robotics
http://www.ri.cmu.edu/ri_static_content.html?menu_id=457 (2014. 11. 25.)
- [42] [xlii] Undergraduate Minor in Robotics
http://www.ri.cmu.edu/ri_static_content.html?menu_id=323 (2014. 11. 25.)
- [43] [xliii] Robot Akadémia, <http://www.robotakademia.hu/> (2014. 11. 26.)
- [44] [xliv] Robot Akadémia – Képzési Struktúra
<http://www.robotakademia.hu/index.php/kepzesi-struktura/> (2014. 11. 26.)
- [45] [xlv] National Robotics Training Center
<http://www.nrtcenter.com/aboutus/WhoWeAre.asp> (2014. 11. 26.)
- [46] [xlvi] NRTC – Robotics Production Certificate
http://www.nrtcenter.com/On-LinePrograms/robotics_production_technician_certificate.asp (2014. 11. 26.)
- [47] [xlvii] NRTC - Robotics Production Technician Training Program
http://www.nrtcenter.com/On-linePrograms/robotics_production_technician_training_program.asp (2014. 11. 26.)

-
- [48] [^{xlviii}] NRTC - Associate In Arts Degree - Robotics Production Technology Program Of Study,
http://www.nrtcenter.com/On-LinePrograms/robotics_aa_RPT_degree.asp
(2014. 11. 26.)
- [49] [^{xlix}]NRTC – Robotics Production Certificate
http://www.nrtcenter.com/On-LinePrograms/robotics_production_technician_certificate.asp (2014. 11. 26.)
- [50] [^l] NRTC - Robotics Production Technician Program
<http://www.nrtcenter.com/Training/GenTrainProg/RobManTechCertProg.asp>
(2014. 11. 26.)
- [51] [^{li}] NRTC - Custom Training Program Development
<http://www.nrtcenter.com/Training/CusTrainProgDev/> (2014. 11. 26.)
- [52] [^{lii}] NRTC - Customer Site Training And Assessment
<http://www.nrtcenter.com/Training/CusSiteTrain/> (2014. 11. 26.)

Ábrák jegyzéke

- [1] ábra. KUKA Robot programozó szintek képzési szerkezete (Magyarra átdolgozta a szerző)
<http://www.kuka-robotics.com/germany/en/college/cs/certified/programmer/>
(2014. 11. 26.)
- [2] ábra. A Robot Akadémia képzési struktúrája
<http://www.robotakademia.hu/index.php/kepzesi-struktura/>
- [3] ábra. Robot szolgálati kutya operátor képzési váz alapja – Szerkesztette a szerző