

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

# Ipari mobil robotok kiválasztási módszerének szakértői rendszer alapú támogatása

Boleraczki Miklós

Pannon Egyetem  
Vegyésszmérnöki és Anyagtudományok Doktori Iskola

Témavezető:  
Dr. Gyurika István Gábor



Mérnöki Kar  
Pannon Egyetem  
Magyarország  
2025. augusztus

# 1 Bevezetés és a kutatás célja

A gyártórendszerekben az áruk előállítása megköveteli a hatékonyság növelését, ugyanakkor az igények az egyedi termékek irányába mozdulnak el, ezzel kétféle egymásnak ellentmondó követelményt jelentenek a gyártórendszerek fejlesztőinek és üzemeltetőinek. Az ipar 4.0 és 5.0 egyik központi eleme az ipari mobil robot, amely a termékek gyors és pontos gyártását ugyanakkor az egyedi termékek létrehozását támogató gyártástechnológiai eszköz. Dolgozatommal ilyen mobil robotok gyártórendszerbe integrálásának első lépéséhez a kiválasztáshoz kívánok segítséget nyújtani egy fejlett döntéstámogató eszköz alapjainak lerakásával.

A mobil robotokat különféle feladatokra lehet használni, úgymint alapanyag szállítás, késztermék szállítás, részegységek szállítása, selejtek elszállítása vagy akár összeszerelési platform. Ennek megfelelően kell kiválasztani a piacon elérhető robotokból a feladatra ideálisnak tekinthető mobil robotot.

## 2 Kutatási tevékenység

A mobil robotokat használó gyártórendszer modelleket egyszerűsítettem, és felírtam egy új gyártórendszer modellt, melyben a mobil robotnak központi szerepet adtam, így alkottam meg a „mobil robot központú” gyártórendszer modellt. A modellt felhasználva vizsgáltam több szállítási feladatot, valamint egy genetikusan kiértékelő függvényeként is felhasználtam.

A kutatás másik részében egy szakértői rendszer prototípusát készítettem el, amivel a mobil robotok adatbázisából készített tudásbázist teszteltem. A tudásbázis a tények és a szabályok halmaza jól skálázható mind a robotok számában, mind a robot tulajdonságainak számában, ahogyan a 101 roboton és 19 tulajdonságon elvégzett tesztelés ezt bizonyította. Az objektív, csak a robotokra vonatkozó tudást kiegészítettem szakértői tapasztalattal és a gyártórendszer jellemzőivel, amelyeket logikai formában tettem kezelhetővé a szakértői rendszerben.

A felhasznált programok python-ban megírt saját programok, Excel táblázatok, és a CLIPS szakértői keretrendszerben megírt scriptek voltak.

A kutatásom újdonsága abban áll, hogy elsőként dolgoztam ki szakértői rendszeren alapuló, skálázható döntéstámogató módszert ipari mobil robotok gyártórendszerbe történő integrálására. A megoldás egyesíti az adatlapokon szereplő műszaki paramétereket, a humán szakértői tapasztalatot és a gyártási környezet komplex

követelményeit, majd ezekre építve többcélú optimalizációval megalapozott rangsorolást ad. A rendszer így átfogóan és gyakorlati módon támogatja az ipari döntéshozókat a megfelelő mobil robot kiválasztásában.

Az elvégzett kutatások alapján a mobil robotok gyártórendszerbe illesztésének döntéstámogatása az új sorokat tervező mérnököknek jelent segítséget.

## 3 Tézisek

### 1. Tézis:

Alkottam egy új modellezési módszert, amely a mobil robotot a gyártórendszerrel leválasztva képes kezelni. Ez a modell egy 10 állapottal és 8 átmenettel felrajzolt Petri-háló, amelyben a mobil robot szempontjából a gyártórendszer szükséges részei vannak megragadva, amelyek a következők: honnan, mit (fizikai méretek, súly, darabszám) és hova kell szállítani, milyen útvonalon, mekkora távolságra, hogyan tudja felvenni és lerakni a robot, és mekkora az akkumulátor töltés csökkenése a szállítási feladat hatására. A Petri-hálós modellt az akkumulátor kapacitás teszi korlátossá, minden állapot elérhető, és holtponmentes. Az új módszer neve a mobil robot központú gyártórendszer modell.

### 2. Tézis:

A 2. tézis „A” része: A mobil robot központú gyártórendszer szemléletét felhasználva igazoltam, hogy egy egyirányú, két pont közötti szállítási feladatra a robot akkumulátor kapacitása két nagyságrendet is átölelő elméleti határok között vizsgálható, és az ideális méret a feladat függvényében erőforráshatékonyan meghatározható, tehát a módszer jól skálázható.

A 2. tézis „B” része: Igazoltam, hogy a mobil robot központú gyártórendszer modellel felírható olyan számítási modell, amely magasabb szintű optimálási algoritmusok kiértékelő függvényeként használható. Az elvégzett esettanulmányban a genetikus algoritmus egyedeit kiértékelő fitness függvényként való felhasználás a valós gyártási folyamatokat veszi figyelembe és így ad jellemző paramétert, ami emiatt a kísérletek alapján 10 generáció alatt elérte az optimális értéket.

### 3. Tézis:

Kidolgoztam egy szakértői rendszeren alapuló döntéstámogató keretrendszert ipari mobil robotok gyártórendszerbe történő integrálására. A módszer elsőként egyesíti a robotok adatlapjából származó formális paramétereket, a humán szakértők gyakorlati tudását és a korábbi gyártórendszerekből származó működési jellemzőket. A módszer újdonsága, hogy a mobil robot kiválasztása nem kizárólag technikai specifikációkra, hanem tapasztalati tudásra és a gyártási környezet szakértői ismeretére is épül.

#### 3.1. A harmadik tézis első alpontja:

Létrehoztam egy tudásbázis-építési módszertant, amely logikai reprezentáció (ítéletlogika, fuzzy megközelítés, CLIPS keretrendszer) segítségével teszi lehetővé a mobil robotok jellemzőinek és a gyártórendszerek igényeinek összehangolását. Az eljárás bizonyítottan skálázható: nagyszámú (100 feletti) robot és több tucat jellemző együttes kezelésére is alkalmas, miközben a szakértői tudást integrált formában képes reprezentálni és feldolgozni.

#### 3.2. A harmadik tézis második alpontja:

A szakértői rendszer döntési eredményeit többcélú optimalizációval (VIKOR módszer) egészítettem ki, amely rangsorolást biztosít az előszűrés során kiválasztott alternatívák között. A kutatás igazolta, hogy a kombinált módszer képes a mobil robotok közül objektív és megalapozott sorrendet kialakítani, miközben lehetőséget ad a szakértői korrekcióra is. Ezáltal a rendszer a gyártórendszerekben történő robotintegrációhoz megbízható és gyakorlati döntéstámogatást nyújt.

## A doktori értekezés témaköréhez kapcsolódó közlemények

M. Boleraczki és D. Dr. Fodor, „Robotmegfogó szerkezet optimális kialakítása additív gyártáshoz”, SzámOkt 2020 – 30th International Conference on Computers and Education, o. 53–56, okt. 2020.

M. Boleraczki, I. G. Gyurika, és D. Fodor, „Gripper Finger Design for Special Purpose Applications”, Hung. J. Ind. Chem., köt. 49, sz. 2, o. 91–95, 2021, doi: 10.33927/hjic-2021-28.

M. Boleraczki, C. Sik-Lanyi, Z. Zsák, és T. Papp, „DEVELOPING THE SUPPORT FRAMEWORK SYSTEM OF SPECIAL PURPOSE MACHINES DESIGNING”, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., köt. 448, o. 012029, nov. 2018, doi: 10.1088/1757-899X/448/1/012029.

M. Boleraczki és I. G. Gyurika, „Mobile robot models for manufacturing systems”, előadás 6th World Congress on Mechanical, Chemical, and Material Engineering, aug. 2020. doi: 10.11159/icmie20.135.

M. Boleraczki, „Development of a knowledge base for an expert system supporting the decision of industrial mobile robot selection”, J. Phys.: Conf. Ser., köt. 2714, sz. 1, o. 012004, febr. 2024, doi: 10.1088/1742-6596/2714/1/012004.

## Elfogatott, publikálás alatt lévő közlemény

M. Boleraczi, I. G. Gyurika: Data-Centric Engineering: Industrial mobile robot-based manufacturing system modelling potential