

# Autonómia a gyártásban és robotikában

*Váncza József, SZTAKI, ELKH*

**2021. április 21.**



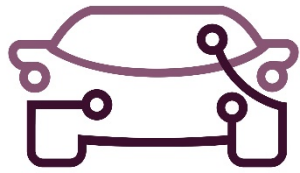
**SZTAKI**

**ELKH**

Eötvös Loránd  
Research Network



**SZÉCHENYI  
EGYETEM**  
UNIVERSITY OF GYŐR



# Autonóm gyártás és robotika

**Témavezető:** Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézet

**Résztvevők:** Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem és Széchenyi István Egyetem

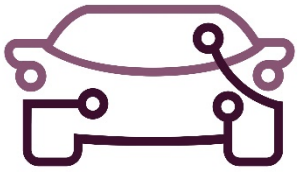
**Célkitűzés:** Az autonóm működésnek a gyártás minden szintjén való támogatása, különös tekintettel az ember-gép együttműködésre

***Kiemelt alap- és alkalmazott kutatási témák:***

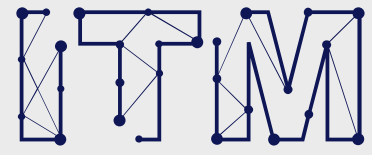
- Termelés autonóm partnerek hálózatában
- Gyártórendszer konfiguráció
- Autonóm logisztika
- Ember-robot együttműködés
- Terv generálás, off-line robot programozás
- Digitális ikermodell

***Beltéri demonstráció iparilag releváns környezetben***

- Ipar4.0 CPPS mintarendszer (Győr), *SmartFactory* (Bp), új Autonóm Rendszerek labor (Bp)



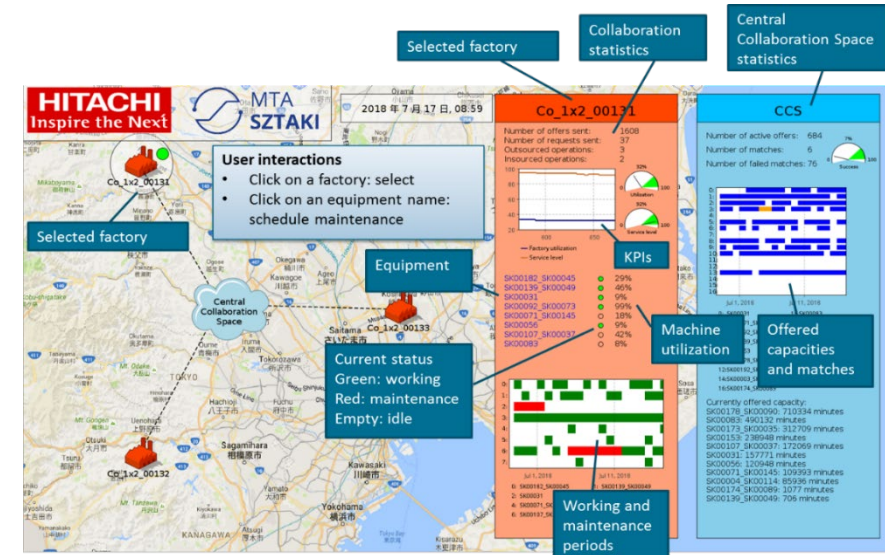
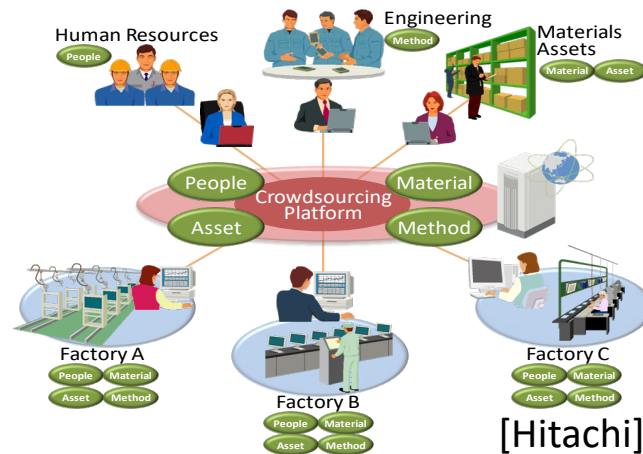
# Termelési és logisztikai hálózatok tervezése



FELADATUNK A JÖVŐ

## ■ Kihívások

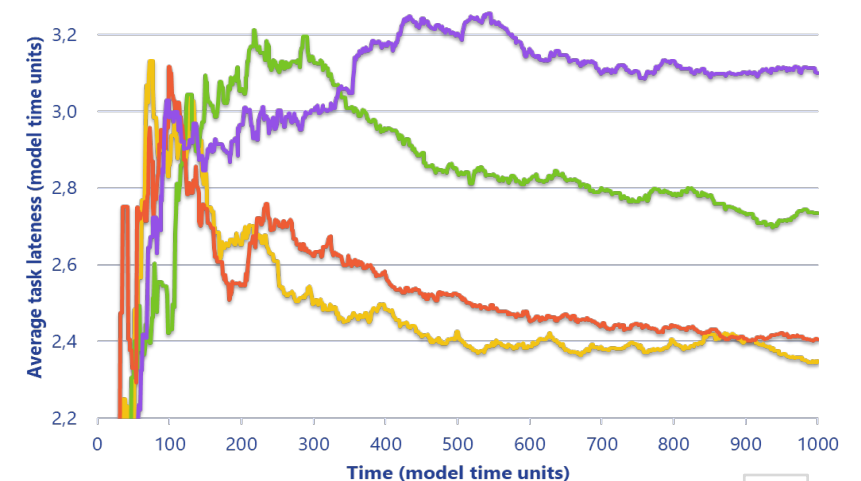
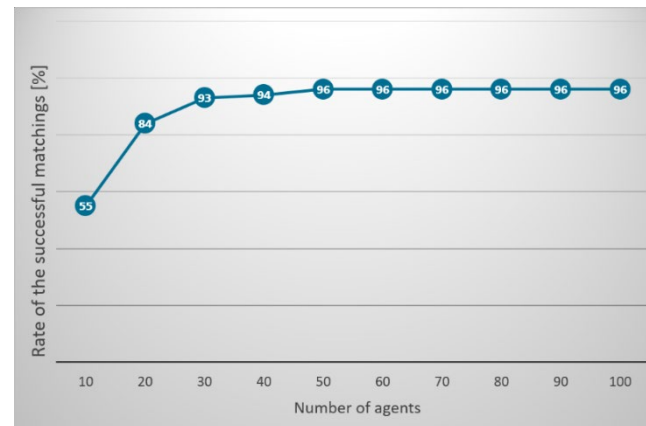
- Autonóm partnerek
- Bizonytalanság
- Információs aszimmetria
- Erőforrás megosztás
  - *Crowdsourced manufacturing*
  - *Platform-based manufacturing*



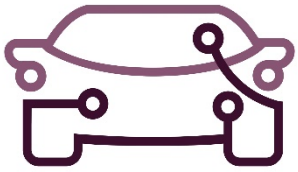
## ■ Fenntarthatóság

## ■ Kutatási irányok

- **Bizalom és reputáció szerepe**
- Robusztus hálózatok
- Környezeti terhelés



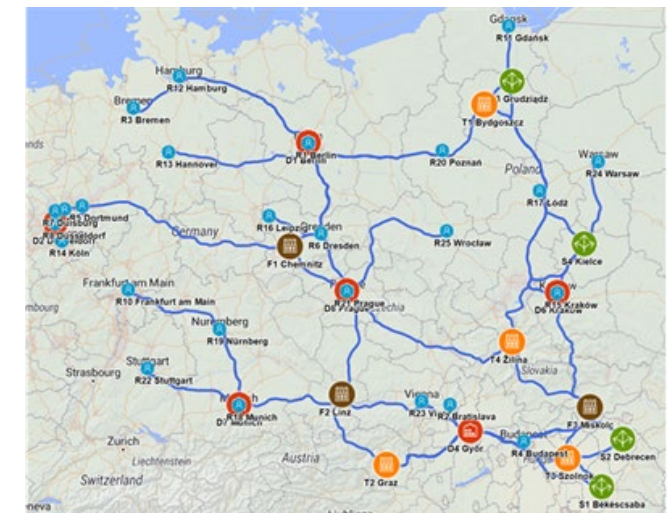
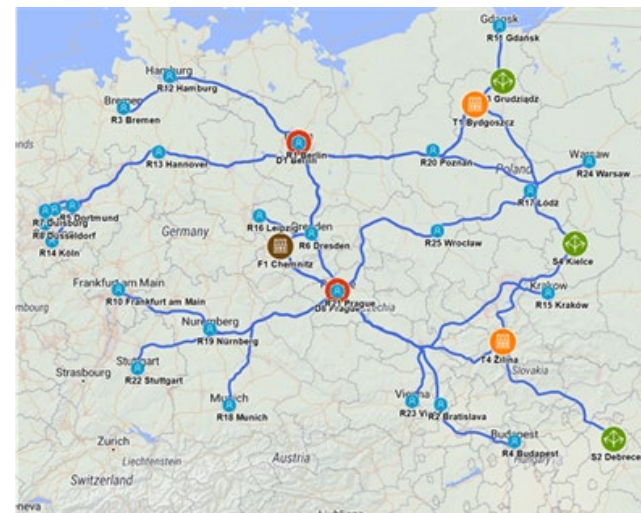
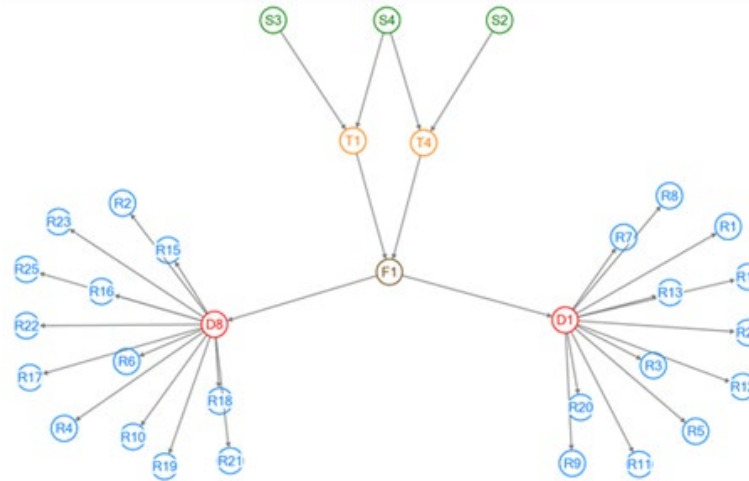
— Incl. trust & reputation    — Incl. only trust  
— Incl. only reputation    — Incl. no trust or reputation

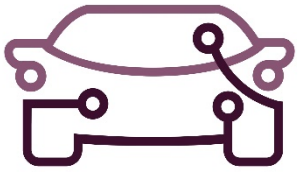


# Termelési és logisztikai hálózatok tervezése

## ■ Kihívások

- Autonóm partnerek
- Bizonytalanság
- Információs aszimmetria
- Erőforrás megosztás
  - *Crowdsourced manufacturing*
  - *Platform-based manufacturing*
- Fenntarthatóság
- Kutatási irányok
  - Bizalom és reputáció szerepe
  - **Robusztus hálózatok**
  - **Környezeti terhelés**





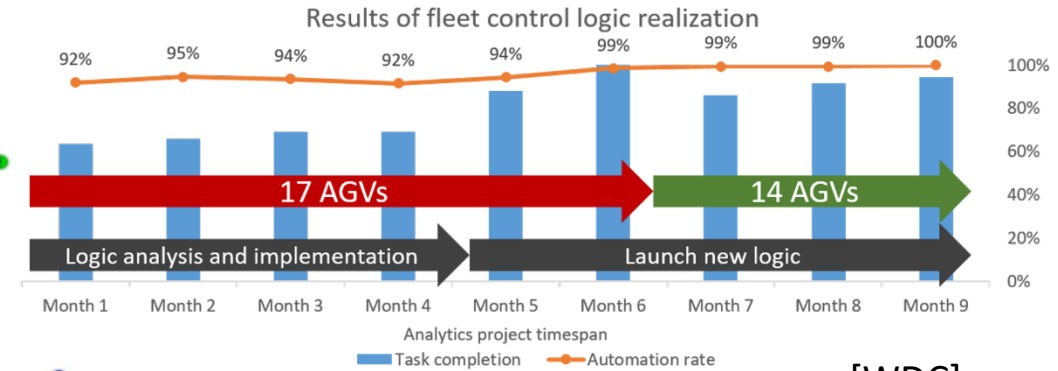
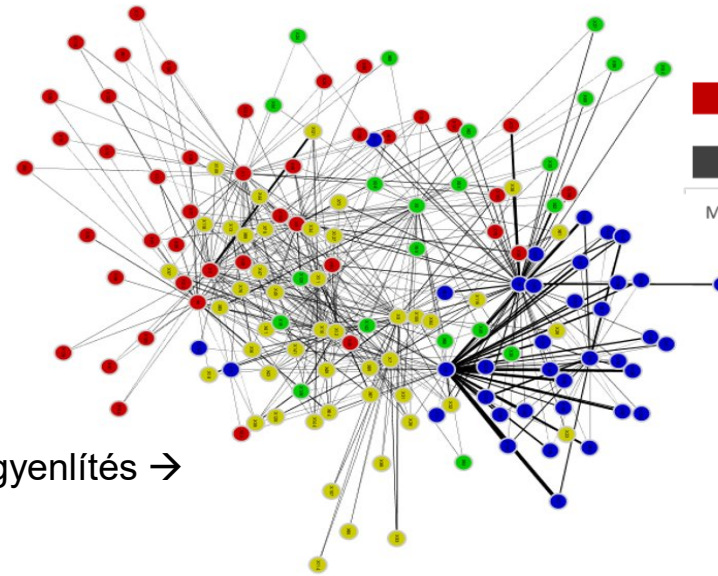
# Autonóm belső logisztika – AGV flotta menedzsment

## ■ Kihívások

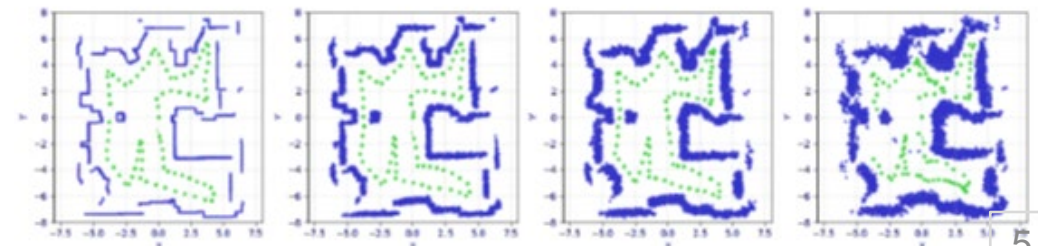
- Termelés zökkenőmentes támogatása
- Bizonytalan környezetben
- Feladatmegosztás
- Optimalizálás vs. adaptáció
- Helyzetmeghatározás

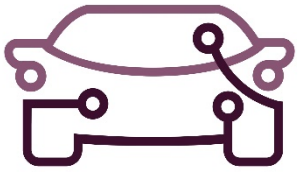
## ■ Kutatási irányok

- Többszintű dekompozíció
  - Anyagáram hálózat
  - Hálózati tervezés → terhelés kiegyenlítés → diszpécser logika
- Matematikai modellezés
  - Ütemezés elmélet
  - Globális optimalizálás, lokális konfliktusfeloldás
- Folyamatos feltérképezés (SLAM)



[WDC]





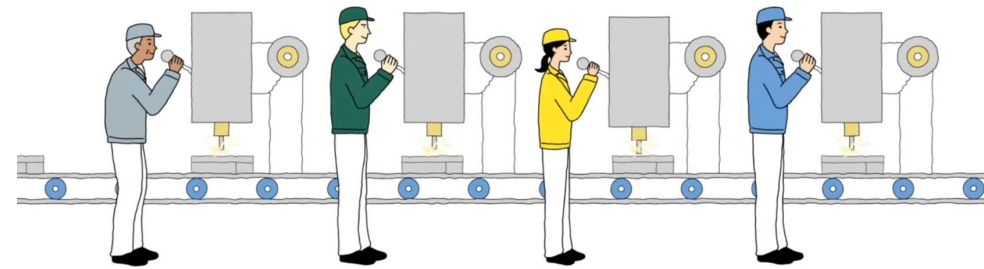
# Gyártórendszer konfiguráció

## ■ Kihívás

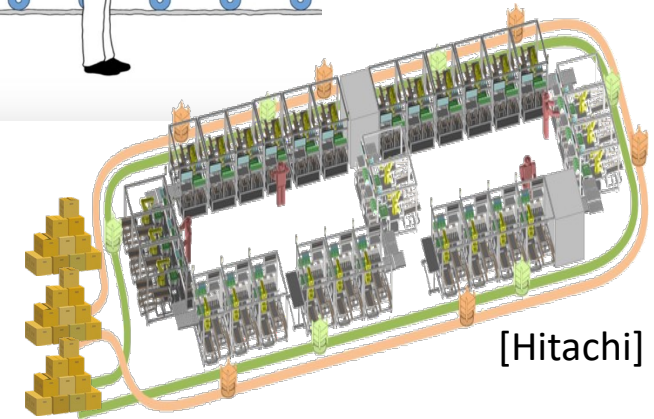
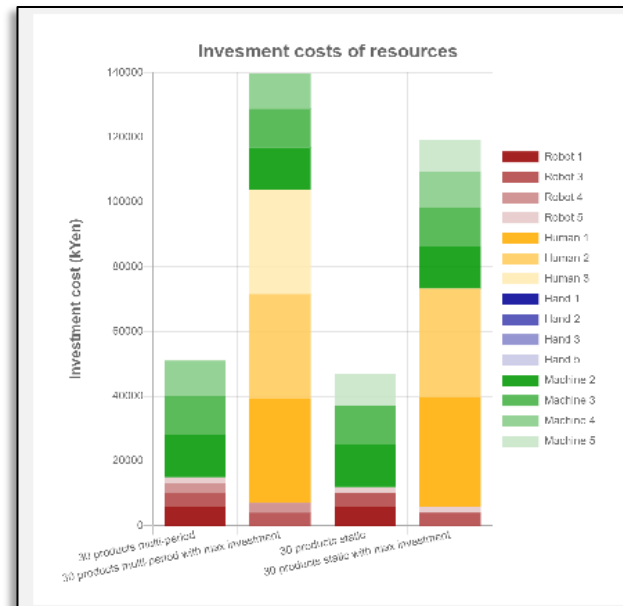
- Adott termékekhez és igényekhez, alkalmazható erőforrásokból gyártórendszert tervezni
- Különböző gyártórendszer architektúrák esetére
  - Gyártósorok (ún. *flow* rendszerek), flexibilis cellák
- Vegyes erőforrások: robot, ember
- Cél: megtérülés maximalizálása, avulás és munkaerőköltség minimalizálása

## ■ Megoldás

- Változó igényekhez dinamikus konfigurátor
- Matematikai modell (MILP) és egzakt megoldó
- A gyártórendszer konfiguráció integrációja a teljes gyártástervezési folyamatba
  - Műveleti sorrendtervezéssel (megelőző lépés)
  - Gyártócella elrendezés tervezéssel (rákövetkező lépés)



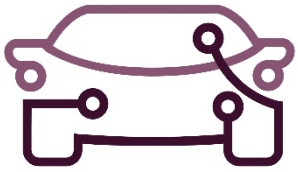
[Hitachi]



[Hitachi]

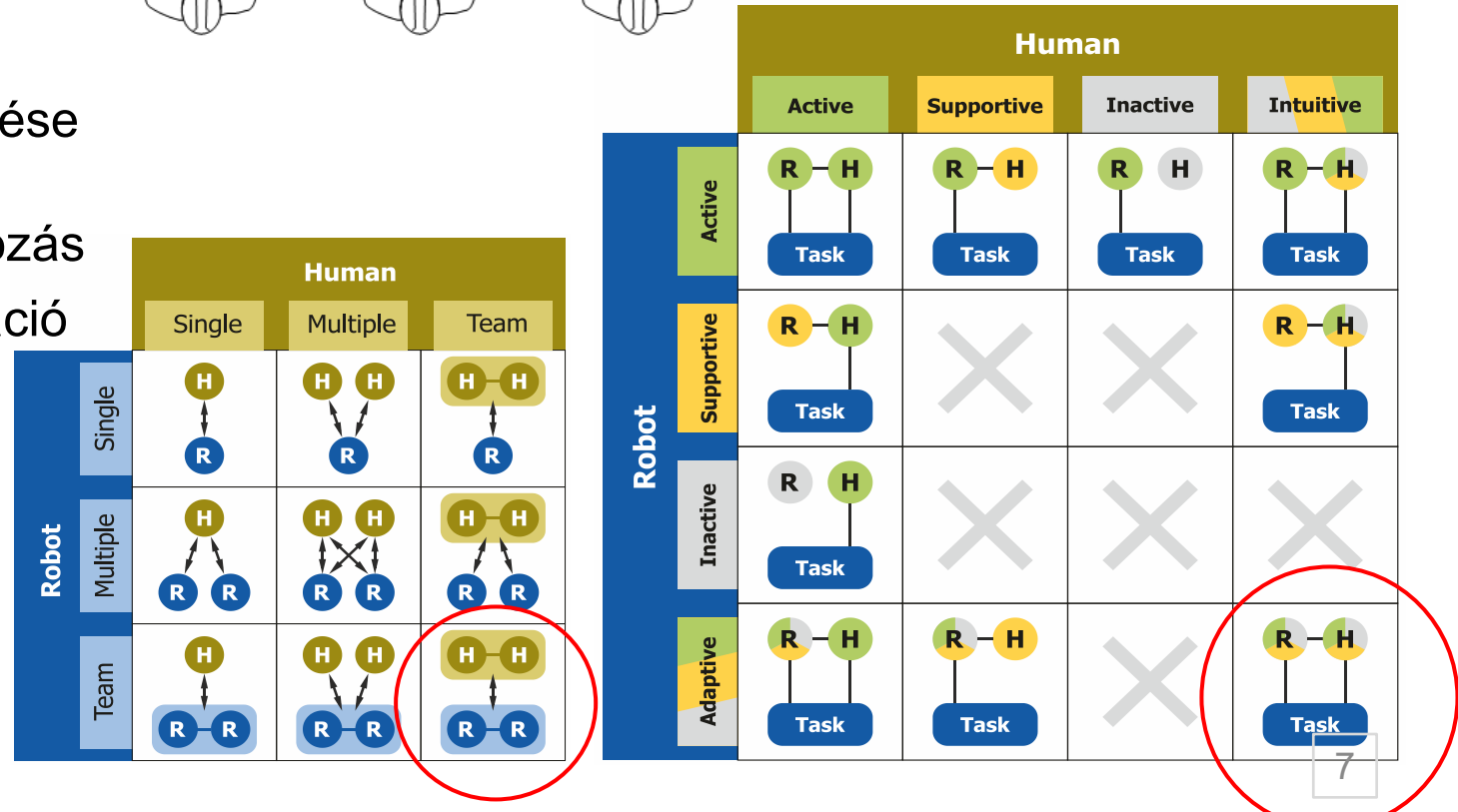
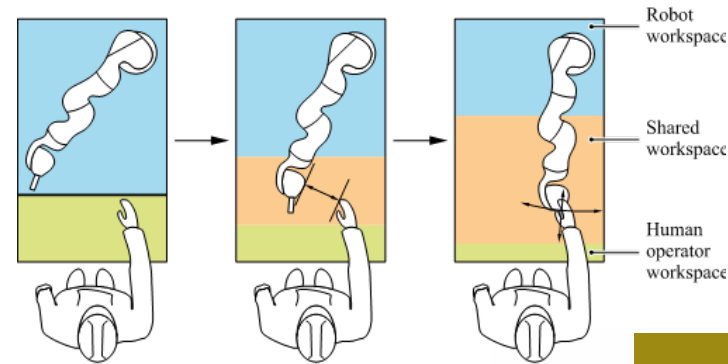
## ■ Több alkalmazási területen tesztelve

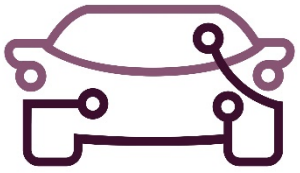
- Hitachi Automotive Systems, autóiipari alkatrészgyártás
- Okuma, szerszámgyártás
- KEC, gyártórendszer integrátor, autóiipari hegesztősorok



# Ember-robot együttműködés

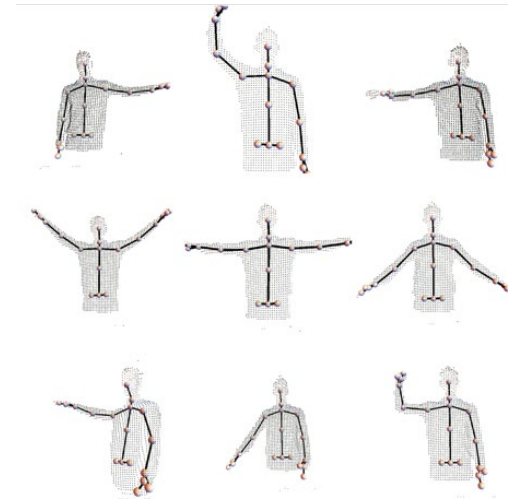
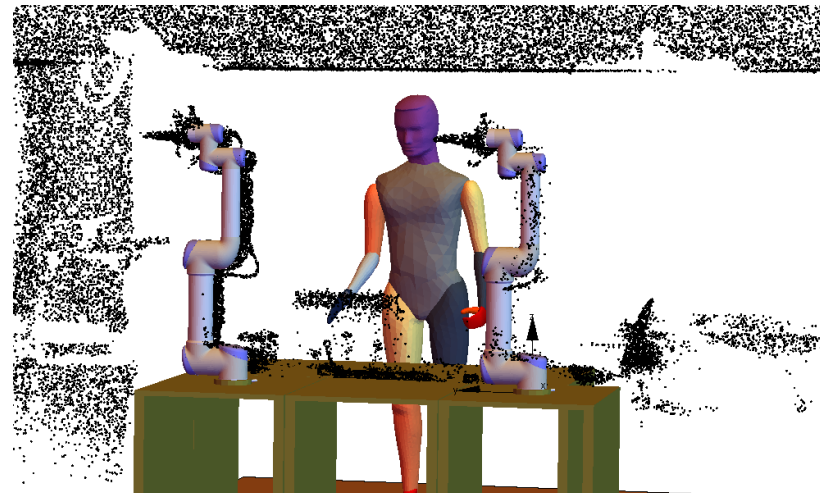
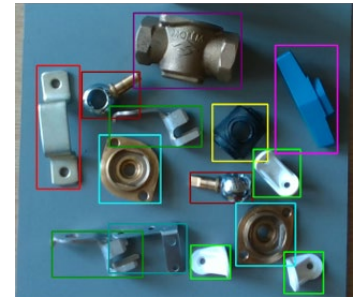
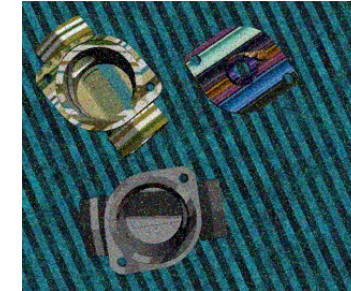
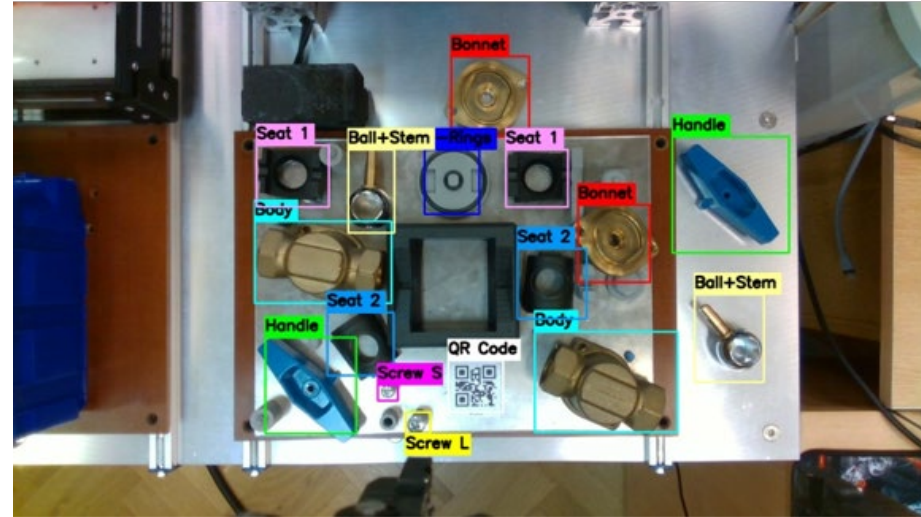
- Potenciális *game-changing* technológia
  - Monotonitás, gyorsaság, pontosság vs. rugalmasság, alkalmazkodás, intuíció
  - Kis méretekben is megengedhető (KKV)
- Kihívások
  - Rosszul strukturált környezet érzékelése és értelmezése
  - Tervezés, automatikus robotprogramozás
  - Kétirányú, több csatornás kommunikáció
  - Biztonság
  - Feladat megosztás, együttműködés
  - Csapatmunka
  - Bizalom



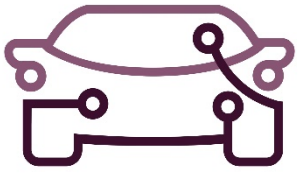


# Szituáció felismerés

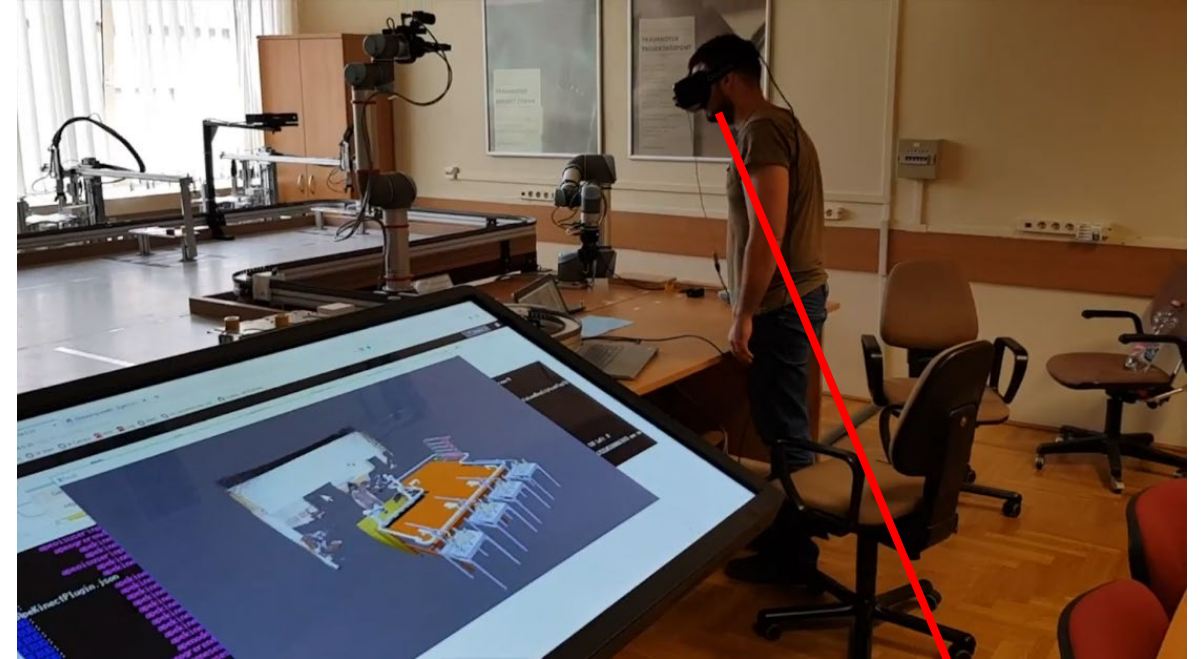
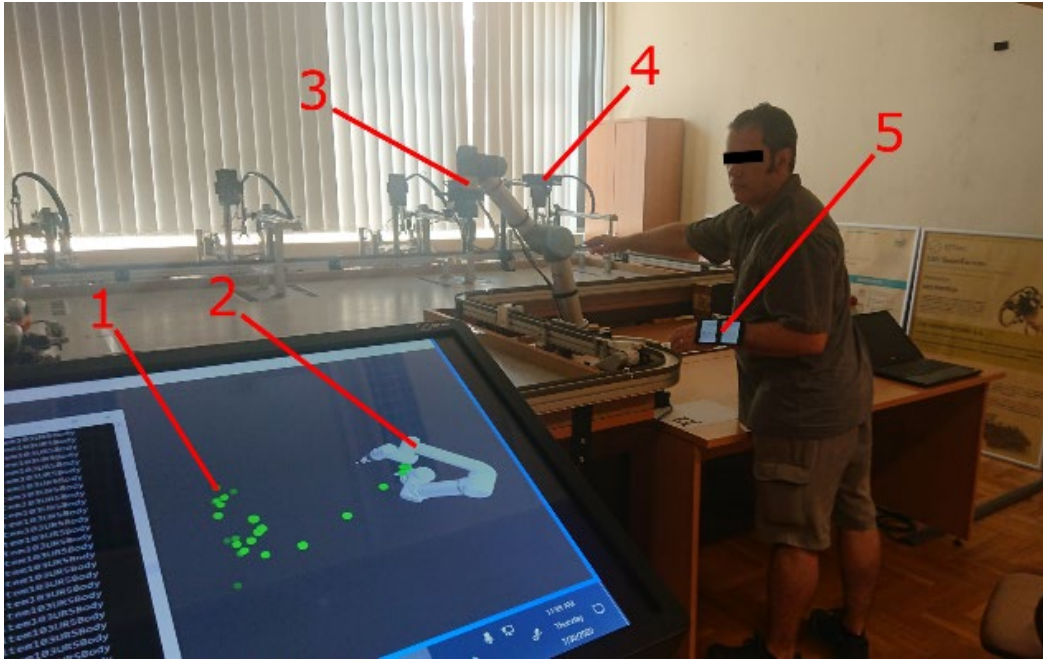
- Tárgyak
  - Vizuális technológiák
  - Gépi tanulás
    - Deep CNNs
  - Transzfer tanulás
    - Szintetikus mintákon
    - Randomizálás
- Ember
  - 3D pontfelhő
  - Ütközés elkerülés
  - Értelmezés
  - DT kalibrálás







# Ütközés elkerülés – virtuális térben

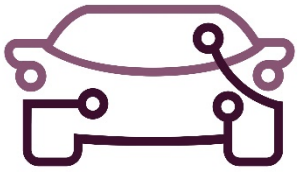


- (1) Operátor vázmodell
- (2) Robot szimuláció
- (3) Robot
- (4) Érzékelő (Kinect)
- (5) Mobil eszköz (figyelmeztetés)

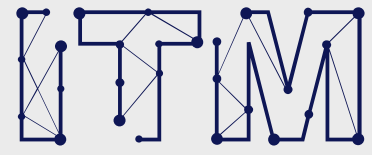
ApertusVR alkalmazás

*EU XR4ALL Open call:*  
PREdictor for HUman-RObot  
Collaboration (PREHUROCO)



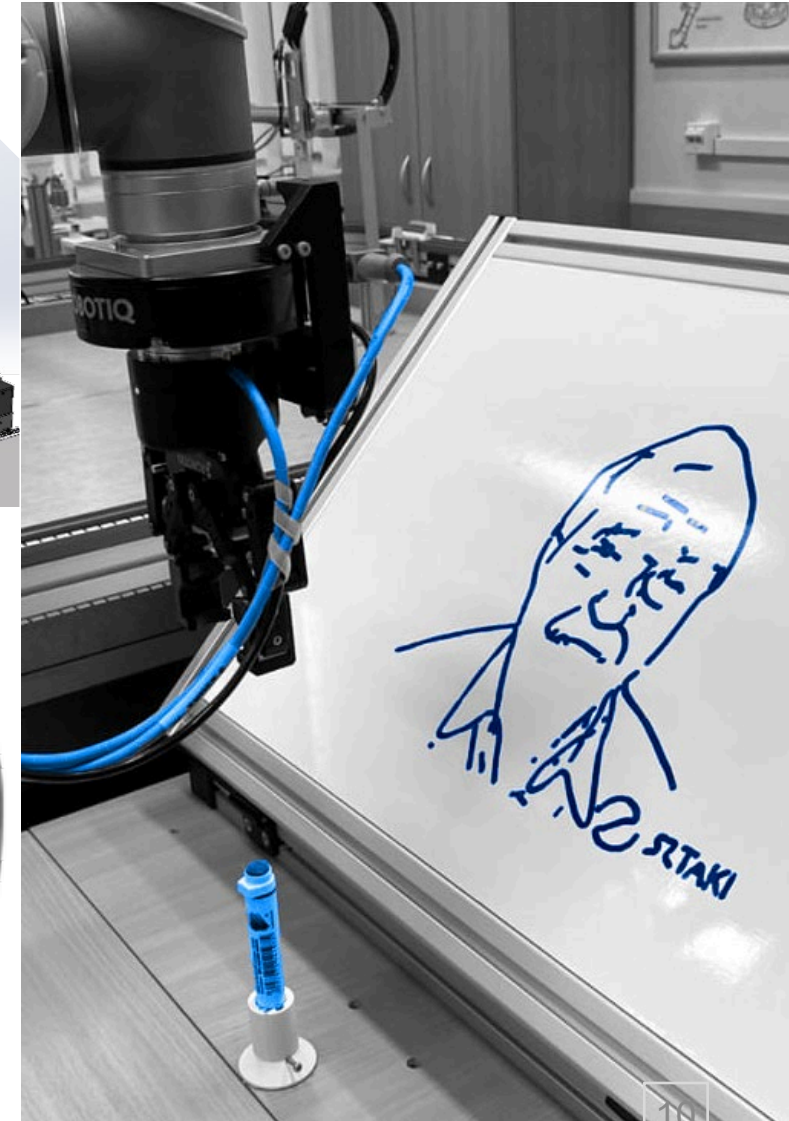
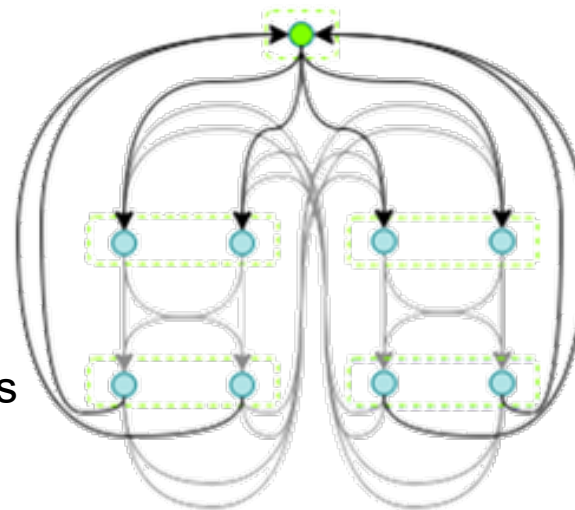
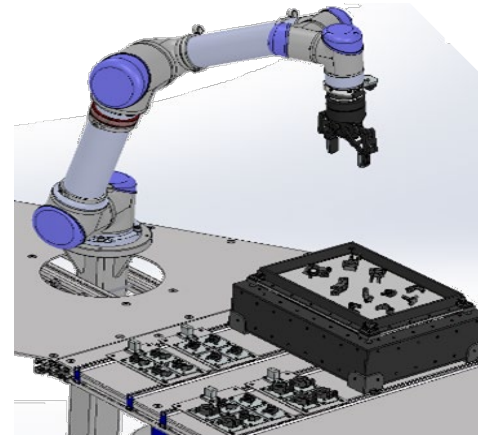


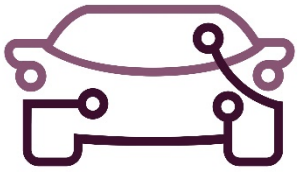
# Robotos művelet- és sorrendtervezés



FELADATUNK A JÖVŐ

- Kihívás
  - Műveletek végrehajtási módja és sorrendje szorosan összefügg, együtt tervezendők
- Általános robotos művelet- és sorrendtervező tervező eszköz
  - Tervezés feladattérben vagy csuklótérben, tetszőleges dimenzióban
  - Kényszerek figyelembe vétele, pl. feltételes előzési korlátok
  - Végrehajtási alternatívák kezelése
  - Közel-optimális sorrendterv
  - Online tervezést lehetővé tevő számítási idő (1 mp alatt)
- Generikus megoldás
  - Transzformáció járat tervezési feladatra (VRP)
  - Nyílt megoldó + saját algoritmusok
- Többféle, igen eltérő területeken való alkalmazás





# Robotos pályatervezés és ütközésvizsgálat

## ■ Kihívás

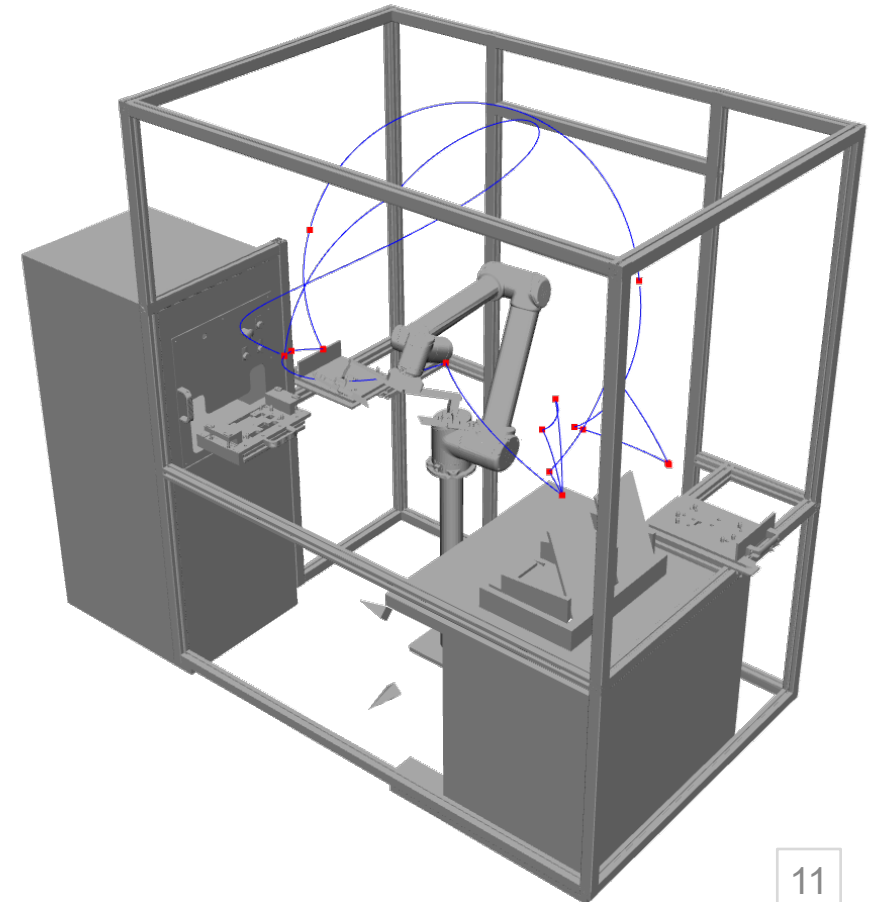
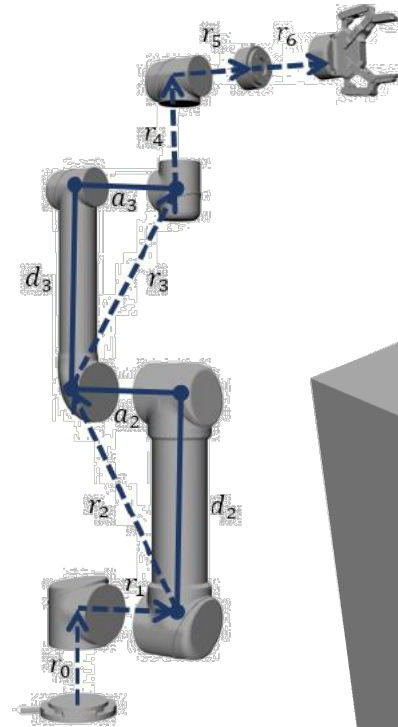
- Soros kinematikájú robotkarok pályatervezése és ütközésvizsgálata
  - A robotcella geometriai és kinematikai modelljén
  - Minden lehetséges ütközés figyelembe vételével (cella, robotkar, megfogó, munkadarab, stb.)
  - Tervezés a robot csuklóterében (6+ szabadságfok)

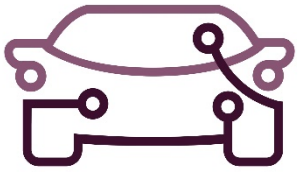
## ■ Megoldás

- Sztochasztikus pályatervező algoritmusok
- Folytonos robotmozgások ütközésvizsgálata

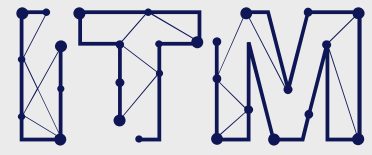
## ■ Alkalmazások

- Robotos gépkiszolgálás (6 dimenziós csuklótérben, kvázi valós idejű tervezés)
- Bútoralkatrészek robotos polírozása (6 dimenziós csuklótérben, offline tervezés)



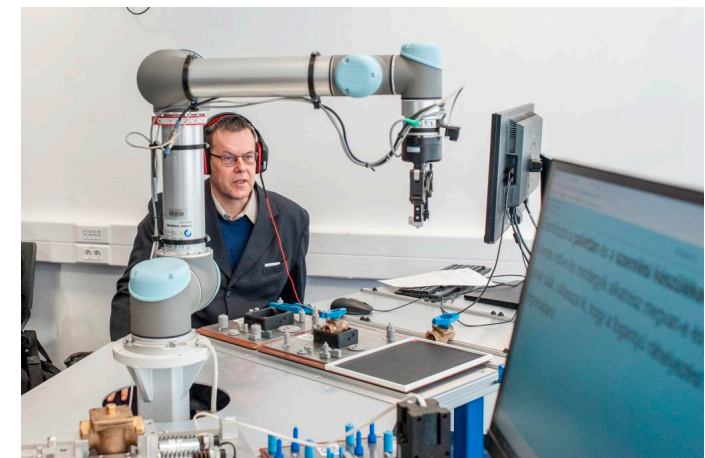
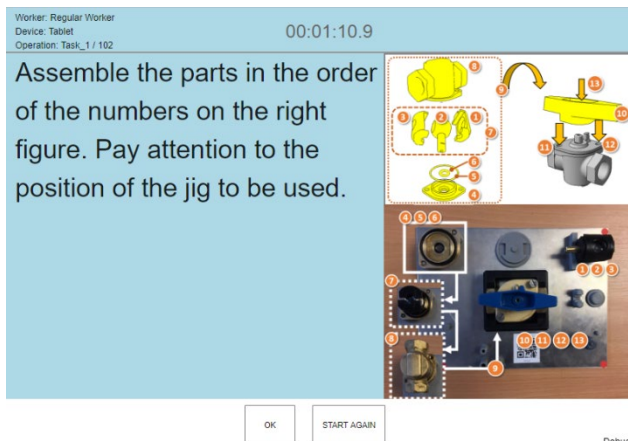
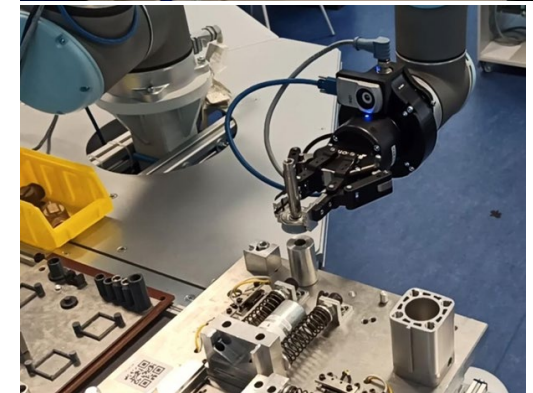
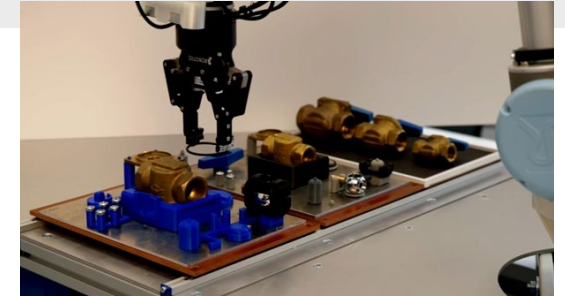


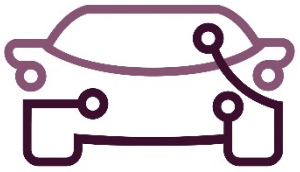
# Kollaboratív robotikai alkalmazások



FELADATUNK A JÖVŐ

- Gesztus kontrol
  - 3D pontfelhő
  - Ütközés elkerülés
  - Értelmezés
- Gömbcsap szerelés
  - Automatikus szerelés tervezés (CAPP)
- Munkautasítások generálása
- Munkahenger szerelés
- Gépkiszolgálás





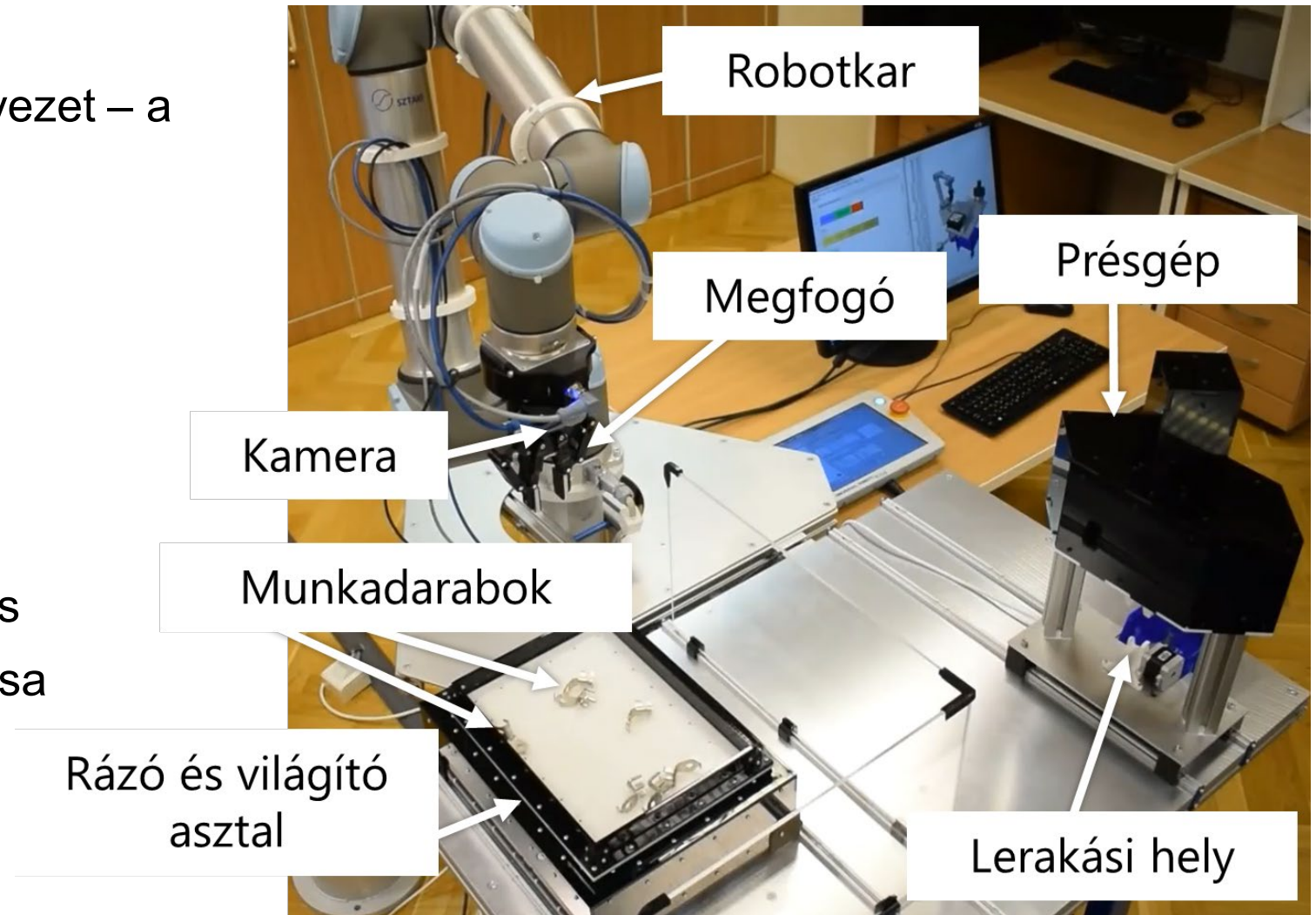
# Gépkiszolgálási (*pick-and-place*) kutatások

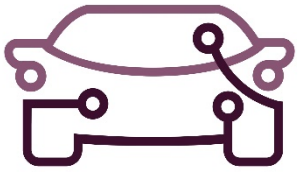
## ■ Kihívások

- Részben ismert de zsúfolt környezet – a munkadarab helye ismeretlen
- Extrém konfigurációk
- Tervezés valós időben

## ■ Feladatok

- Digitális ikermodell (DT) alkotás
- Megfogás tervezés
- Szituáció felismerés, DT frissítés
- Megfogási pontok meghatározása
- Sorrend és pályatervezés
  - Ütközésmentes, optimális





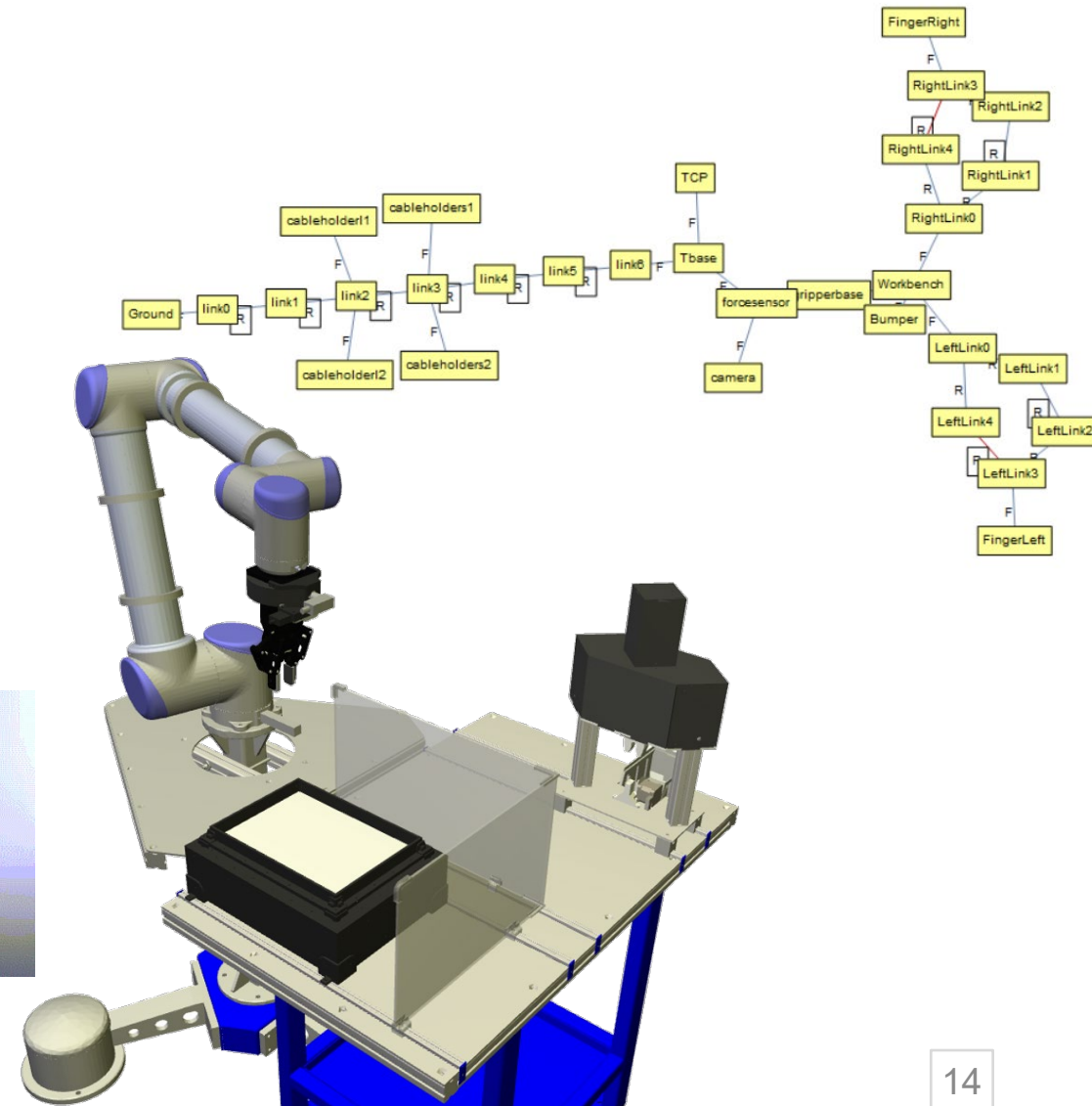
# Gépkiszolgálási (*pick-and-place*) kutatások

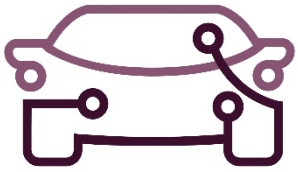
## ■ Kihívások

- Részben ismert de zsúfolt környezet – a munkadarab helye ismeretlen
- Extrém konfigurációk
- Tervezés valós időben

## ■ Feladatok

- **Digitális ikermodell (DT) alkotás**
- Megfogás tervezés
- Szituáció felismerés, DT frissítés
- Megfogási pontok meghatározása
- Sorrend és pályatervezés
  - Ütközésmentes, optimális





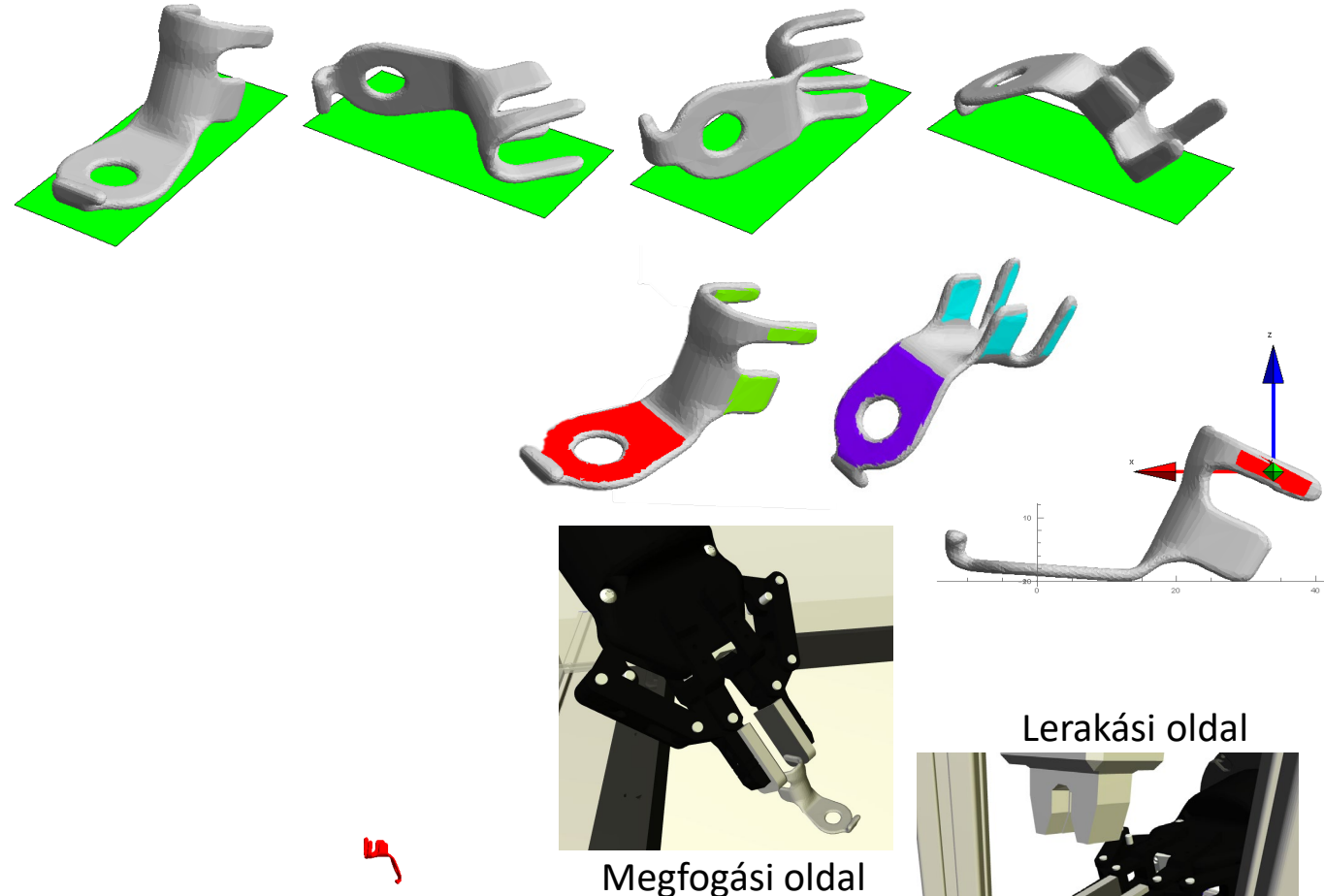
# Gépkiszolgálási (*pick-and-place*) kutatások

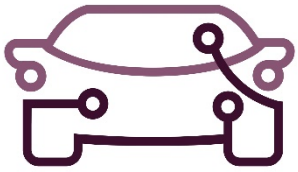
## ■ Kihívások

- Részben ismert de zsúfolt környezet – a munkadarab helye ismeretlen
- Extrém konfigurációk
- Tervezés valós időben

## ■ Feladatok

- Digitális ikermodell (DT) alkotás
- **Megfogás tervezés**
- Szituáció felismerés, DT frissítés
- Megfogási pontok meghatározása
- Sorrend és pályatervezés
  - Ütközésmentes, optimális





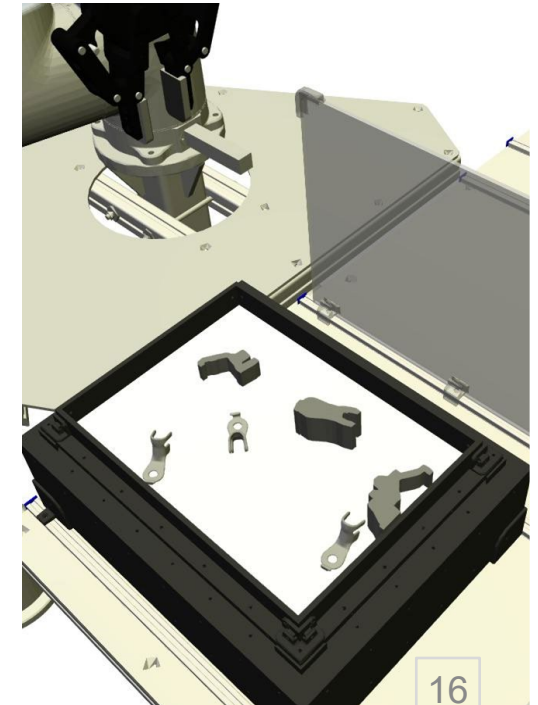
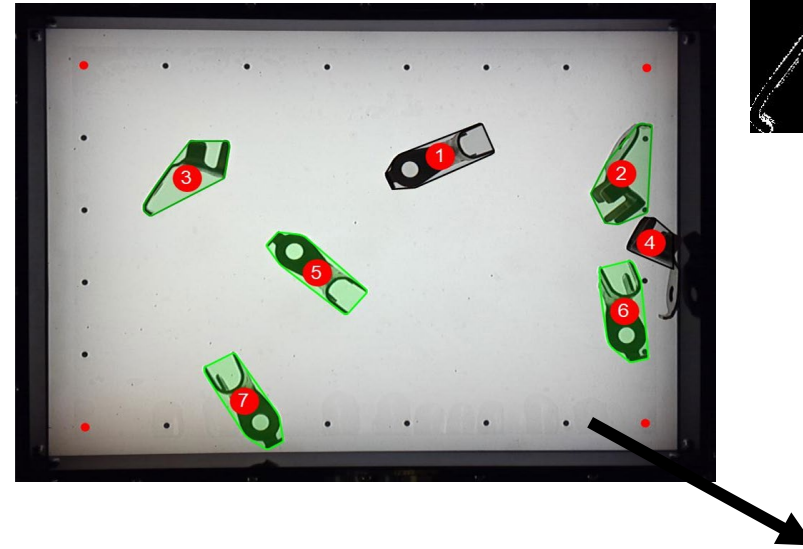
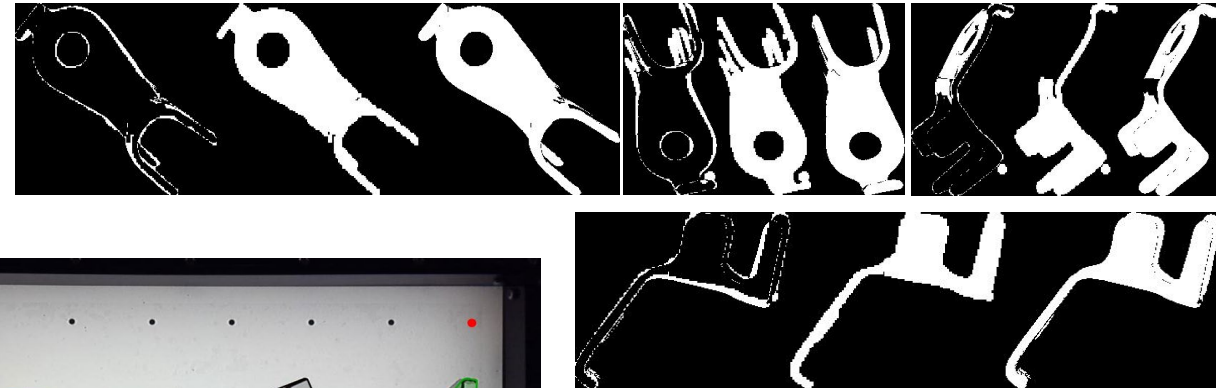
# Gépkiszolgálási (*pick-and-place*) kutatások

## ■ Kihívások

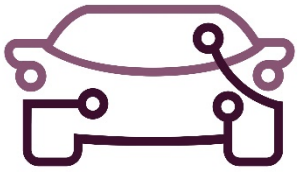
- Részben ismert de zsúfolt környezet – a munkadarab helye ismeretlen
- Extrém konfigurációk
- Tervezés valós időben

## ■ Feladatok

- Digitális ikermodell (DT) alkotás
- Megfogás tervezés
- **Szituáció felismerés, DT frissítés**
- Megfogási pontok meghatározása
- Sorrend és pályatervezés
  - Ütközésmentes, optimális







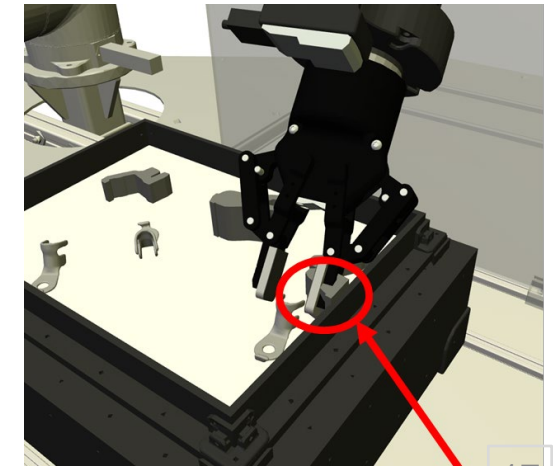
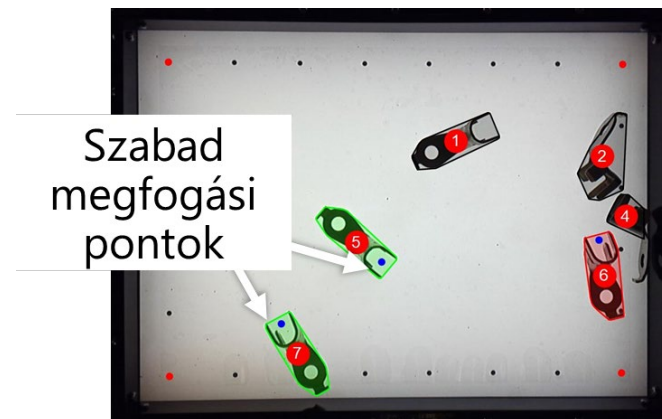
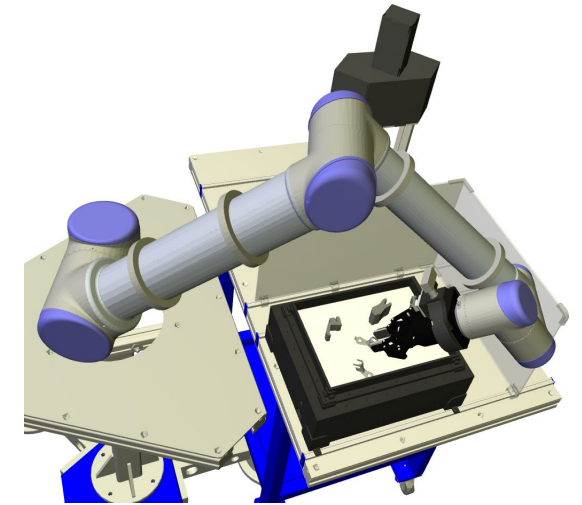
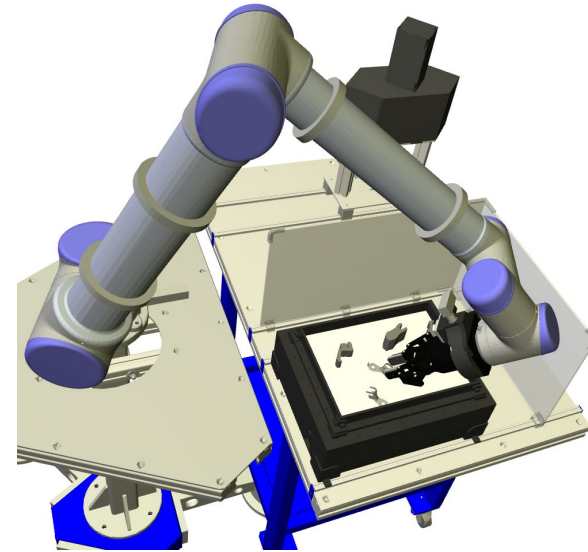
# Gépkiszolgálási (*pick-and-place*) kutatások

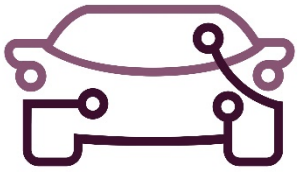
## ■ Kihívások

- Részben ismert de zsúfolt környezet – a munkadarab helye ismeretlen
- Extrém konfigurációk
- Tervezés valós időben

## ■ Feladatok

- Digitális ikermodell (DT) alkotás
- Megfogás tervezés
- Szituáció felismerés, DT frissítés
- **Megfogási pontok meghatározása**
- Sorrend és pályatervezés
  - Ütközésmentes, optimális





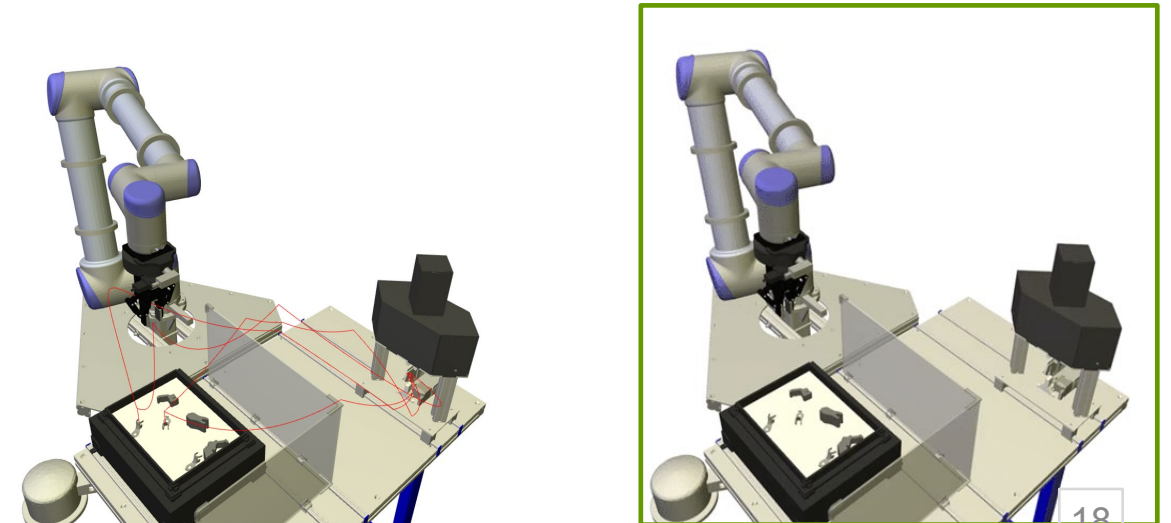
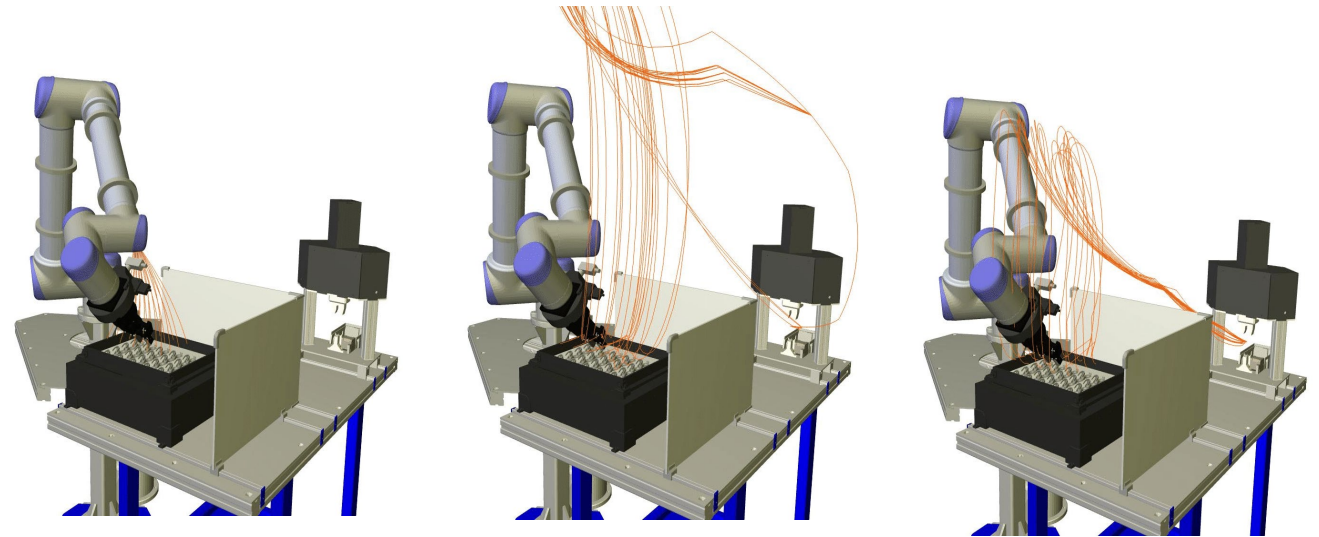
# Gépkiszolgálási (*pick-and-place*) kutatások

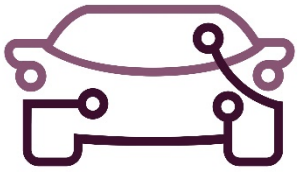
## ■ Kihívások

- Részben ismert de zsúfolt környezet – a munkadarab helye ismeretlen
- Extrém konfigurációk
- Tervezés valós időben

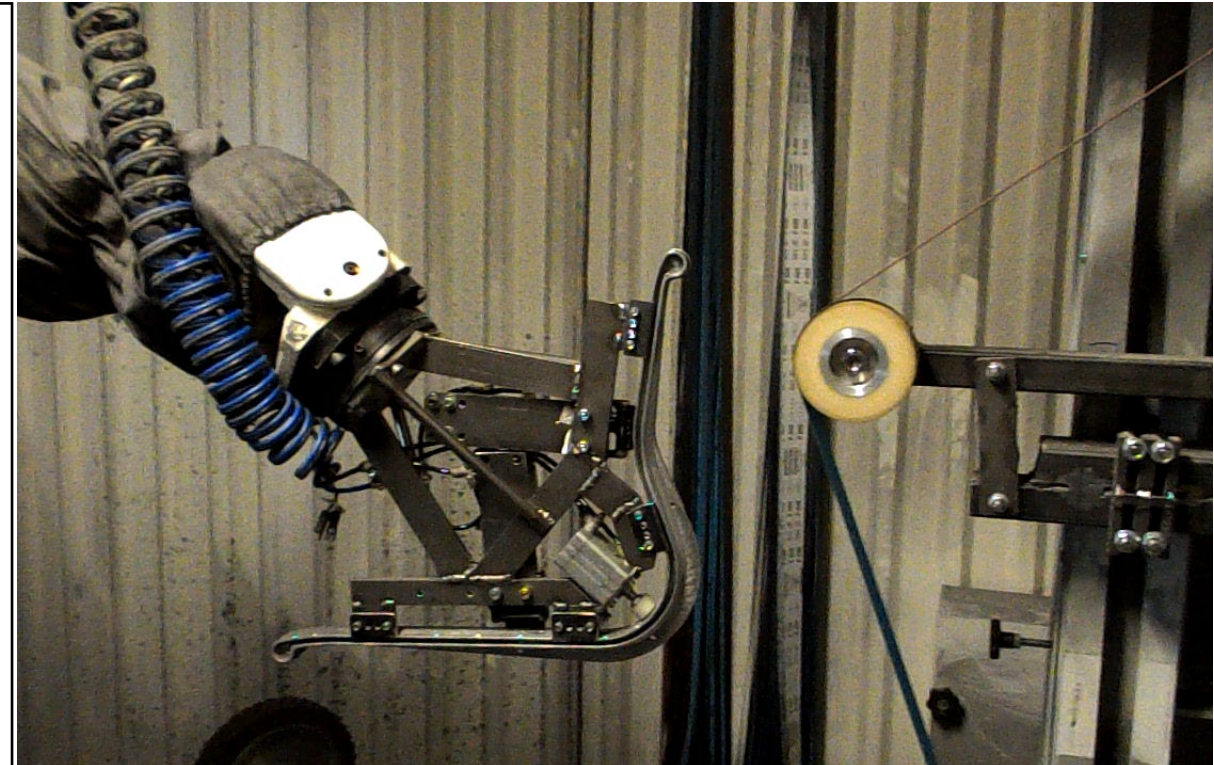
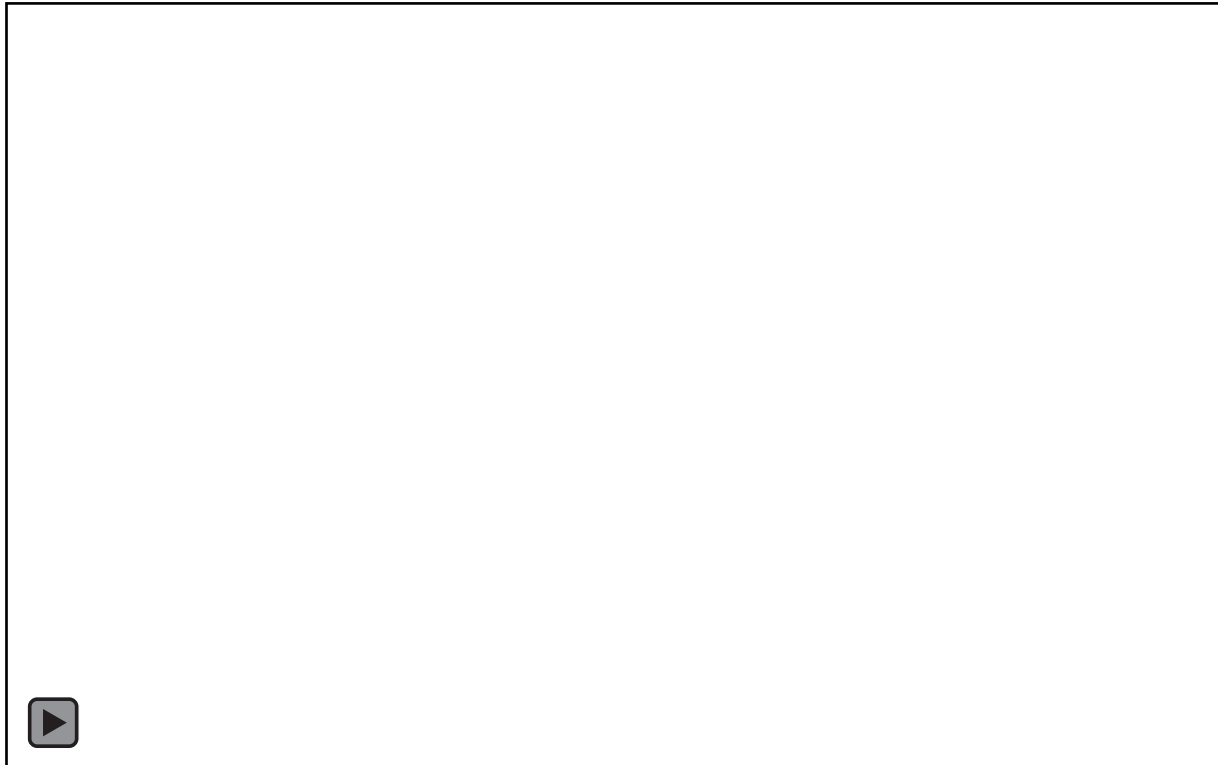
## ■ Feladatok

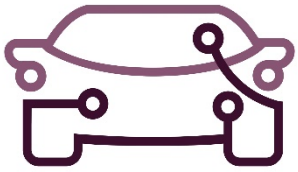
- Digitális ikermodell (DT) alkotás
- Megfogás tervezés
- Szituáció felismerés, DT frissítés
- Megfogási pontok meghatározása
- **Sorrend és pályatervezés**
  - Ütközésmentes, optimális





# Digitális ikermodell – köszörülés

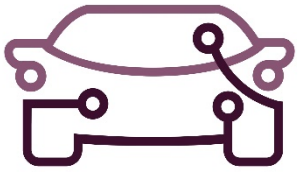




# Digitális ikermodell – autonóm szerszámgép

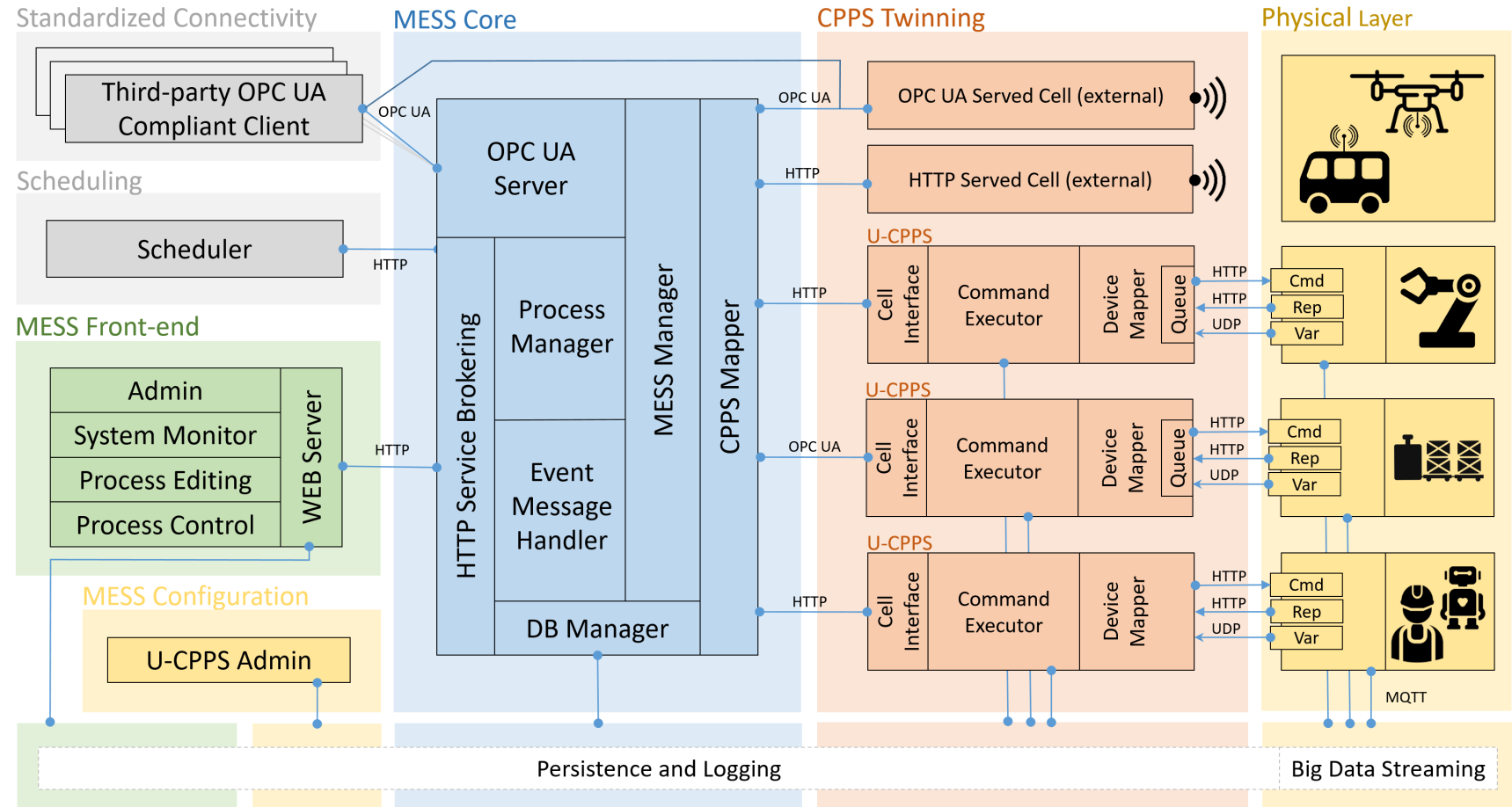
- Kihívás
  - Magyarország első ipari robotvezérlése
- Hozzájárulásunk
  - Digitális ikermodell alapján mozgás és ütközés szimuláció
  - Hatékony, előretékintő geometriai következtetés
  - Integrálható szoftver komponens
- Hasznosítás
  - NCT licenz

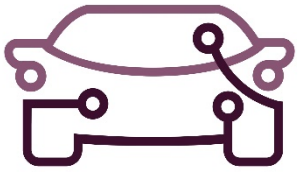




# ICT háttér: Manufacturing Execution as-a-Service System

- Kollaboratív rendszerek
- Legkülönbélebb eszközök közös működtetése
- Szolgáltatás alapú
- Absztrakciós rétegek
- Szabványos szemantika és kommunikáció
- *Plug-and-produce*
- Fejlesztési felület, GUI
- Demonstrációk





# Beltéri demonstrációs környezetek

## ■ I4.0 gyártó és logisztikai mintarendszer (Győr)

- Kollaboratív robotika
- Autonóm logisztika
- Tradicionális eszközök
  - Gyártósor, robotcella

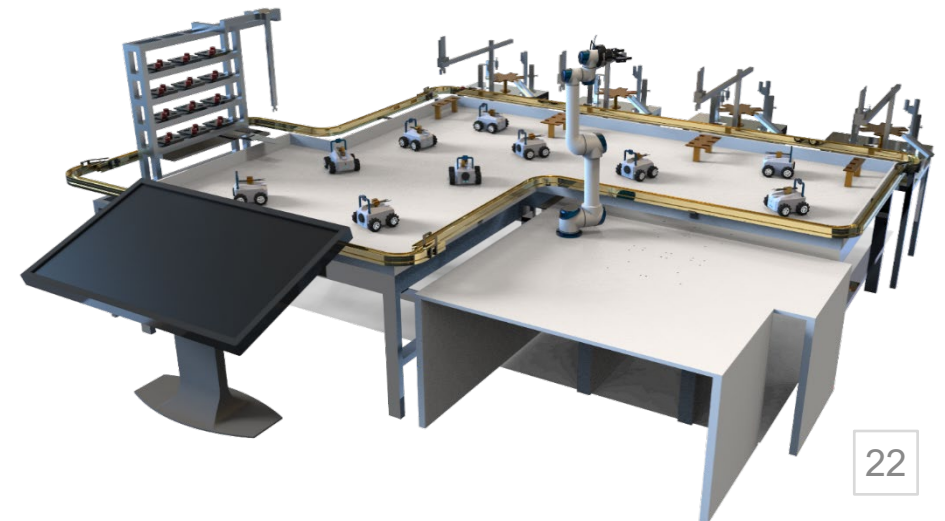
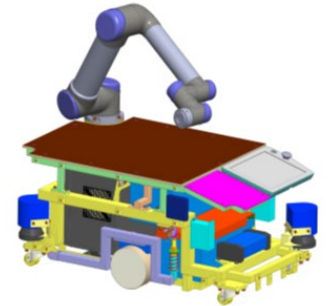
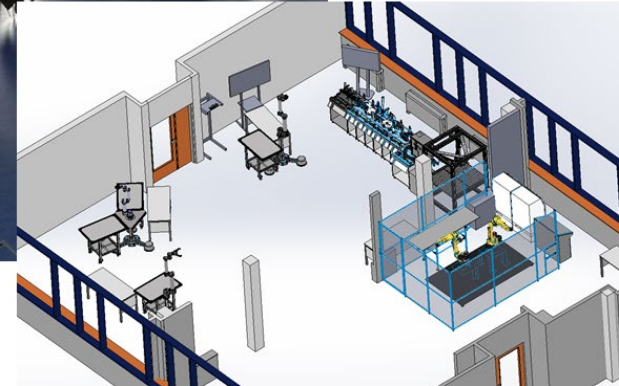
## ■ MESS

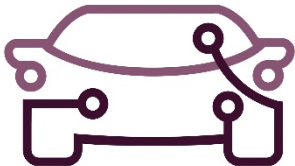
## ■ SmartFactory (Bp)

- Teljes „szerelőüzem”
- Logisztikai modalitásokkal

## ■ Jellemzők

- Digitális ikermodellek
- Nyitott, kísérletezési, oktatási és demonstrációs környezetek
- Nemzetközi hálózatban
  - EPIC Center of Excellence in Production Informatics and Control (EUH2020 Teaming)
  - Learning Factories





# 14.0 mintarendszer – Nemzeti Kiválósági Kutatási Infrastruktúra része

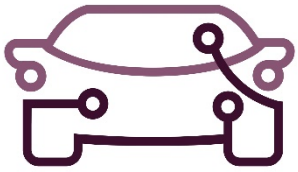
NATIONAL RESEARCH, DEVELOPMENT AND INNOVATION OFFICE HUNGARY

## RESEARCH INFRASTRUCTURES FOR EXCELLENCE IN HUNGARY

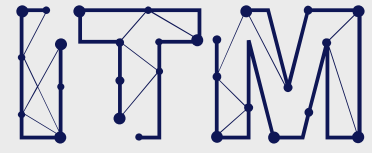
- 1 Budapesti Neutron Centrum (BNC) Budapest
- 2 FIEK MVM Smart Power Laboratory Budapest
- 3 Modular Hybrid Drive System Laboratory Budapest
- 4 Isotope Climatology and Environmental Research Centre (ICER) Debrecen
- 5 3D Lab - Infrastructure for Fine and Structure Analysis Miskolc
- 6 International territorial water management and climate adaptation instruments centre Debrecen
- 7 Biosafety Level-4 Laboratory at University of Pécs (BSL-4) Pécs
- 8 Biobank Network Budapest
- 9 Bioanalytical instrumentation for analyte examination at molecular and cellular levels Debrecen
- 10 Integrated Infrastructure for Molecular Science and Molecular Medicine (I2M2) Debrecen
- 11 ELIXIR Hungary (ELIXIR-HU) Budapest
- 12 Hungarian European Clinical Research Infrastructura Network (HECRIN) Pécs
- 13 Bioluminescence Imaging Hungary Debrecen
- 14 Extreme Light Infrastructure Attosecond Light Pulse Source (ELI-ALPS) Szeged
- 15 ZalaZONE Automotive Proving Ground Zalaegerszeg
- 16 Atomki Tandemron Laboratory (ATL) Debrecen
- 17 Functional Materials Laboratory (FunMatLab) Budapest
- 18 Nanolab (Electron Microscopy) at the University of Pannonia Veszprém
- 19 Aberration corrected transmission electron microscope Budapest
- 20 Micro- and Nanotechnology Research Laboratory Budapest
- 21 **Cyber Physical Pilot Production System Budapest**
- 22 Autonomous Vehicles Research Centre (AVRC) Budapest
- 23 Machine Vision and Optical Perception Laboratory Budapest
- 24 Atomki Laboratory for Heritage Science (HSLab) Debrecen
- 25 HUNCLARIN Budapest
- 26 Internet of Living Things (IoLT) Szeged
- 27 Hungarian National Supercomputing Service and Competence Centre Debrecen, Miskolc, Szeged, Budapest
- 28 Wigner Data Center Budapest

42

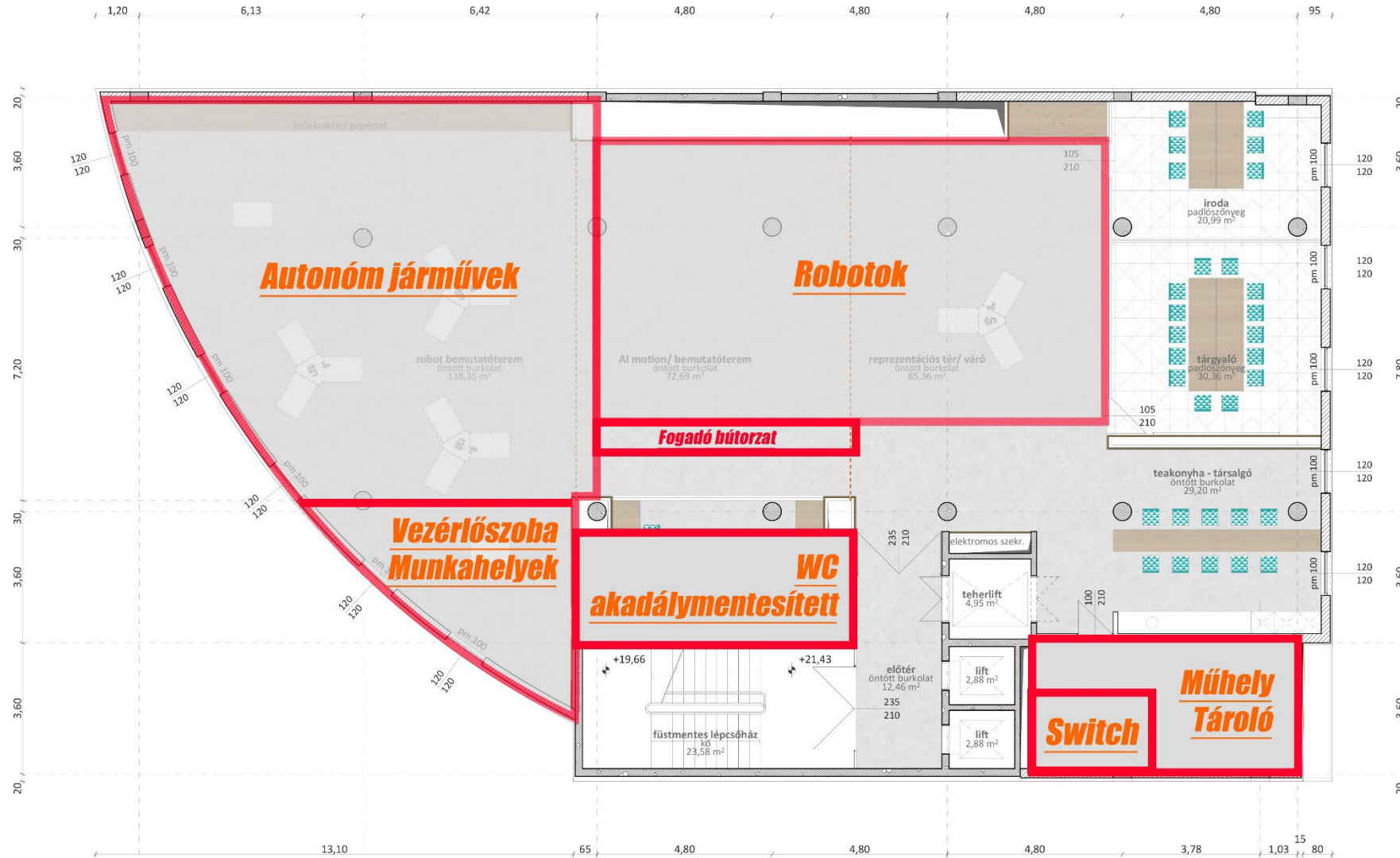
NATIONAL RESEARCH, DEVELOPMENT AND INNOVATION OFFICE HUNGARY



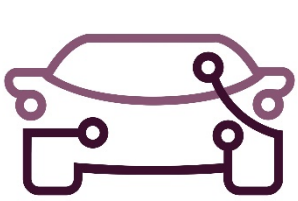
# Autonóm Rendszerek beltéri demonstrációs labor (Bp)



FELADATUNK A JÖVŐ

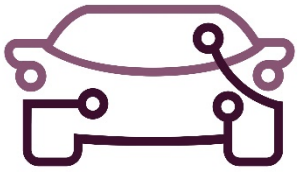






## Összegzés

- Az autonómia problémája
  - A termelés minden szintjén
  - Tervezés, információ megosztás, konfliktusfeloldás, kooperáció
  - Elosztott, közösségi intelligencia
- Az ember jelenléte
  - Bizonytalanság, egyben rugalmasság, alkalmazkodókészség forrása
  - Kétirányú, többcsatornás, valós idejű kommunikáció
- Biztonság és bizalom
- Összefonódó, nehéz műszaki tervezési feladatok
  - Dekompozíciós elvek
  - Részletes ellenőrzés és visszacsatolás
  - Adatokból való tanulás
- Digitális ikermodell központi szerepe
- Fenntarthatóság – környezeti, gazdasági, társadalmi



Köszönöm a figyelmet az  
SZTAKI Mérnöki és Üzleti Intelligencia (EMI) Labor tagjainak nevében!

[vancza.jozsef@sztaki.hu](mailto:vancza.jozsef@sztaki.hu)