

Robotok a korszerű gyártástechnikákban

Kiss Bálint

Irányítástechnika és Informatika Tanszék
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

2022. március 9.



Tartalom

- 1 Bevezetés
- 2 Robotok: történeti áttekintés
- 3 Milyen technológiákat használunk?
- 4 Robotok, mint társak: a kobotok
- 5 Mobilis robotika



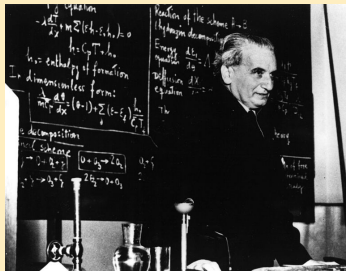
Tartalom

- 1 Bevezetés
- 2 Robotok: történeti áttekintés
- 3 Milyen technológiákat használunk?
- 4 Robotok, mint társak: a kobotok
- 5 Mobilis robotika



Negyedik Ipari Forradalom

A mérnökök végzik a dolgukat



Kármán Tódor (1881-1963) BME diák: „A tudósok a létező világot tanulmányozzák; a mérnökök egy új világot alkotnak.”

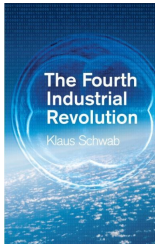
A korábbi három ipari forradalom

- 1 Termelés gyárakban gőzgépek és vízi energia használatával, gőz hajtotta szállítmányozás.
- 2 Tömegtermelés, gyártósorok, elektromosság, nagy méretű energiaelosztó rendszerek.
- 3 Számítógépek, automatizálás.

Megjegyzés

Az ipari forradalmak több technológia együttes megjelenésével zajlanak.

A negyedik ipari forradalom



WEF 2016 könyv



IF 4.0: rugalmasabb és hatékonyabb gyártás

Több, egymáshoz kapcsolódó technológia konvergenciája: mesterséges intelligencia, gépi látás, **robotika**, dolgok internete, önjáró járművek, **3D nyomtatás**, nanotechnológia, biotechnológia, energiatárolás és elosztás, **digitalizáció**, s.í.t.

Ipari forradalom és diszruptív technológia

Diszruptív technológia/innováció

Olyan új innováció/technológia, amely új piacot és értékláncot teremt (kék óceán elmélet) vagy lerombol létező piaci struktúrákat és értékláncokat.

Példák



Ipari forradalom és társadalom

Sejtés

Az ipari forradalom egyszerre több diszruptív technológiát jelent.

Következmény

Nem csak egyes piacok és értékláncok rendülnek meg, hanem a társadalmak és a globális munkaerosztás szerkezete is (technológiai munkanélküliség, új pénzügyi modellek, újraelosztás, s.í.t.).

Tartalom

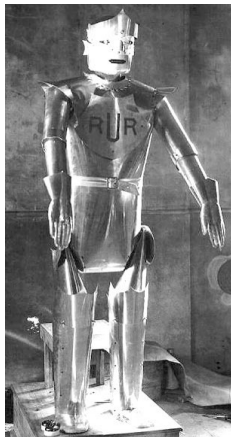
- 1 Bevezetés
- 2 Robotok: történeti áttekintés**
- 3 Milyen technológiákat használunk?
- 4 Robotok, mint társak: a kobotok
- 5 Mobilis robotika



A robotika rövid története - a mérföldkövek

Fontos dátumok

- 350 gőz mozgatta mechanikus madár
- 1921 a robot szó használata
- 1942 a robotika három (+1) alaptörvénye (Asimov)
- 1962 első robotizált gyártósor egy GM gyárban
- 1979 első robotikai kutatóintézet
- 1994 távirányított lépegető robot leszáll a Spurr hegy kráterébe (Alaszka)
- 1998 Lego robotjáték bevezetése
- 2000 Asimo antropomorf robot bemutatása (Honda)



Robot a színházban (1931)
Karol Capek darabjában



A robotika rövid története - ipari robotok a gyárakban



a GM gyárában (1962)



a Tesla gyárban (2015)



BME laborban (2016)

Ipari robot (ISO)

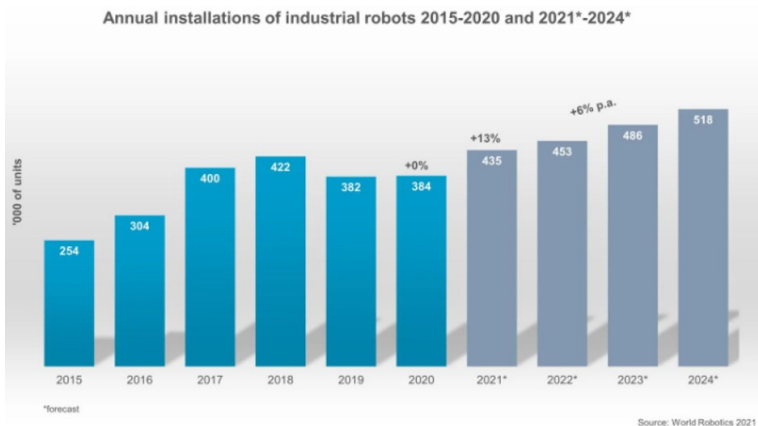
Automatikusan irányított, újraprogramozható, többcélú, legalább három motorizált tengellyel rendelkező mechanizmus.

Ipari robotok - szokásos biztonsági előírások

Működő robot munkaterébe ember nem léphet!

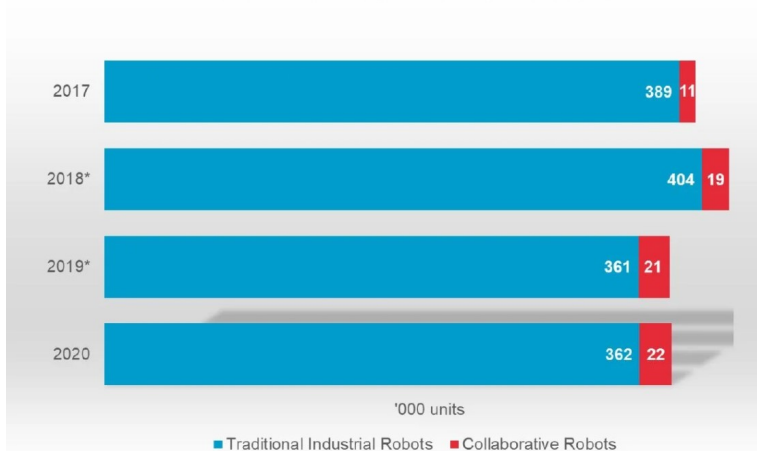


Ipari robotok számának alakulása



Hagyományos és "munkatárs" robotok

Collaborative and traditional industrial robots



*revised

Source: International Federation of Robotics



Távírányítású robotok

Nem dolgozó ember és robot: a munkatér az ember belseje!



Útban a "pokolba" Alaszkában



Tartalom

- 1 Bevezetés
- 2 Robotok: történeti áttekintés
- 3 Milyen technológiákat használunk?**
- 4 Robotok, mint társak: a kobotok
- 5 Mobilis robotika



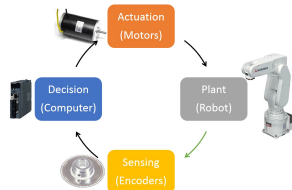
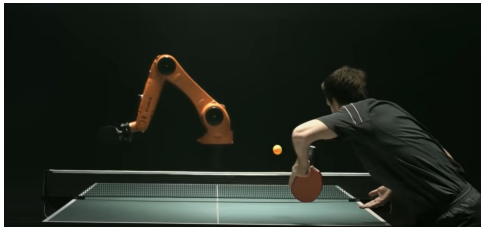
Kulcs: önálló működés

Robot definíciók

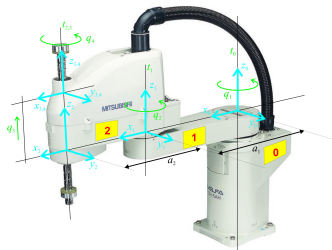
- ISO: **Automatikusan** irányított, újraprogramozható, többcélú, legalább három motorizált tengellyel rendelkező mechanizmus..
- Oxford szótár: komplex, programozott műveletsorozatot **automatikusan** elvégezni képes gép.

Önműködő irányítás

Érzékelés-Döntés-Beavatkozás hurok.



Ipari robot

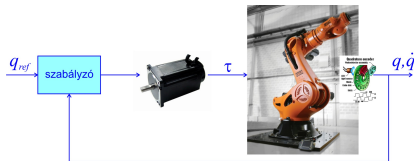


Mozgatás

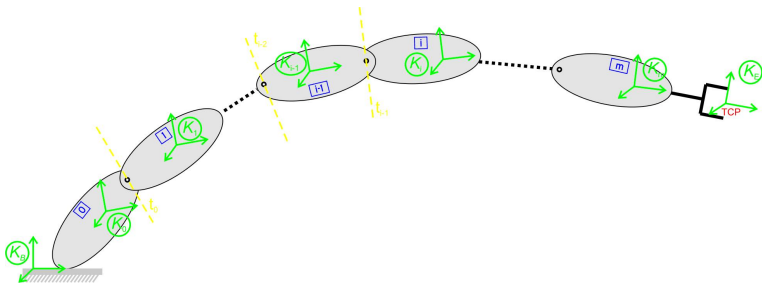
szervóhajtás, inkrementális adók,
decentralizált szabályozók.

Felépítés

Szegmensek, tengelyek, csuklók,
kinematikai lánc, csuklókoordináták
(q), csuklónyomatékok (τ).



Nyílt kinematikai láncú robot sémája



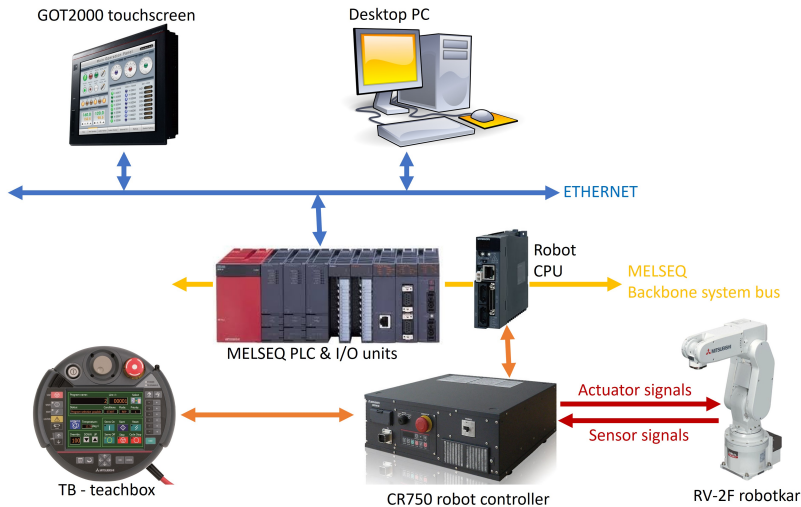
Direkt geometria

A direkt geometria egy leképezés: $(q_1, \dots, q_m) \in \mathbb{R}^m \mapsto T_{0,m} \in \text{SE}^3$

$$T_{0,m}(q_1, q_2, \dots, q_m) = \begin{bmatrix} A_{0,m}(q_1, q_2, \dots, q_m) & p_{0,m}(q_1, q_2, \dots, q_m) \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$



Irányítási architektúra



Robotprogramozási nyelvek

Első generáció (1970)

- alacsony szintű mozgató utasítások konfigurációk között
- irányítás a csuklók terében (minimális összehangoltság a csuklók mozgatása között)

Második generáció (1980-tól)

- összetett, dinamikus modellek használata
- irányítás a munkatérben (összehangolt csuklómozgások)
- erő és nyomaték irányítások (engedékenységi irányítás)

Harmadik generáció (fejlesztés alatt)

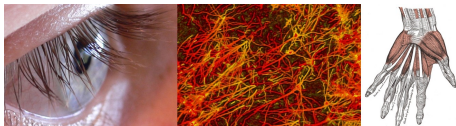
- feladat alapú programozás
- gépi látás integrálása
- természetes felhasználói interfészek (nyelvi, gesztusokkal)



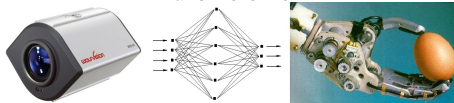
Miért olyan különleges a robotika?

A robotok olyanok, mint mi... (Valóban?)

A szakértők a technológiai megoldásokat gyakran emberi analógiákkal magyarázzák (a robotok látnak, gondolkoznak, ügyesek). Hihetnénk, hogy a robotok versenyeznek velünk az erőforrásokért, munkahelyekért, etc.



Az emberi érzékelés-döntés-beavatkozás
hurok elemei



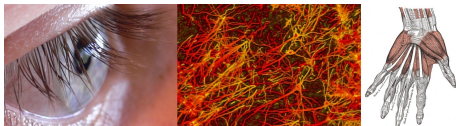
A robotok érzékelés-döntés-beavatkozás
hurokának elemei



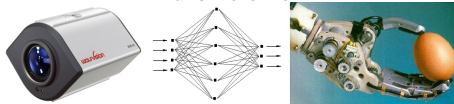
Miért olyan különleges a robotika?

A robotok olyanok, mint mi... (Valóban?)

A szakértők a technológiai megoldásokat gyakran emberi analógiákkal magyarázzák (a robotok látnak, gondolkoznak, ügyesek). Hihetnénk, hogy a robotok versenyeznek velünk az erőforrásokért, munkahelyekért, etc.



Az emberi érzékelés-döntés-beavatkozás
hurok elemei



A robotok érzékelés-döntés-beavatkozás
hurokának elemei



Ezt hagyjuk a filozófusokra.



Kulcstechnológiák: érzékelés

Gyorsan fejlődő területek

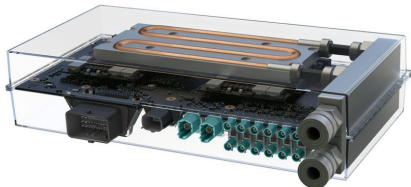
- 1 Kép alapú érzékelés kamerákkal (például autókban)
- 2 Navigáció (GPS)



A szűk keresztmetszet: képfeldolgozás

Feladat: felismerni valós időben

- 1 embereket, járműveket, táblákat, bármit, ami elfoglalja az előttünk levő teret
- 2 **szándékot**
- 3 szabad teret
- 4 szabályosan elérhető szabad teret



Eszköz - Nvidia Drive PX2

- szuperszámítógép az autóban
- gyorsabb, mint 150 Apple iMac Pro együtt (speciális, párhuzamosított architektúra)
- akár hálózatba kapcsolva
- minden Tesla járműben 2016 októbertől
- új 50%-kal erősebb változat 2017-ben

Kulcstechnológiák: beavatkozók



Gyorsan fejlődő területek

- 1 Miniaturizálás (robotkezek, mikrorobotok)
- 2 Könnyű, merev anyagok.
- 3 Viselhető, aktív berendezések: exoszkeletonok



Kulcstechnológiák: döntés



Robotirányító számítógép 1985
(különálló)



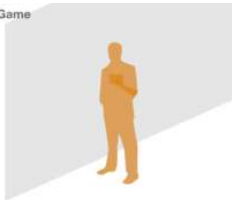
Robotirányító számítógép 2015
(hálózatban)

Mesterséges intelligencia

A Turing-teszt (1950): Imitációs játék

Egy ember véges időn belül, meg kell különböztesse a robotot az embertől **különböző** kérdések feltétele nyomán. A számítógép intelligenciája akkor sikeres, ha őt embernek azonosítják..

Victorian Imitation Game



Turing's Test

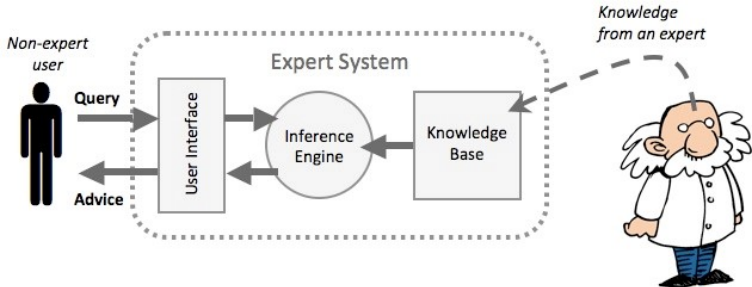


Senki (semmilyen gép) eddig nem ment át a Turing-teszten.

Szűk Mesterséges Intelligencia

Csak egy szűk területen kell imitálni az embert

A feltehető kérdések egy szakterületre korlátozódnak.



Szűk MI: a jelenlegi helyzet

Álláshirdetés: Emberek **ne** jelentkezzenek.

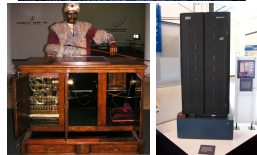
Hol jók a számítógépek? (Példák)

- 1 Sakkozás, Go játék, stb.
- 2 Tőzsdei műveletek.
- 3 Arc és hangfelismerés

A szűk MI messze túlszárnyalhatja az emberi képességeket szűk területeken.

Következmény

Igen, a szűk MI már most helyettesíti az emberi munkaerőt és ezen területek száma csak nőni fog.

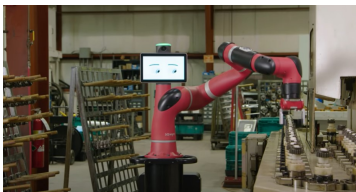


Tartalom

- 1 Bevezetés
- 2 Robotok: történeti áttekintés
- 3 Milyen technológiákat használunk?
- 4 Robotok, mint társak: a kobotok**
- 5 Mobilis robotika



Robottársak az oktatásban és a munkahelyen



Megjegyzések

- Nem kellene biztonsági rácsok.
- A robot érzékeli az ütközést.
- Az ütközés érzékeléséhez a dinamikus modellt kell számolni: meghatározza milyen legvalószínűbb külső erőhöz kellene a kiadott áramjelek?

Együttműködő robotok

Többszörös HMI

Kommunikáció több médiumon keresztül:

- 1 hang
- 2 képernyők
- 3 gesztusok
- 4 fények



Szociális robotok, kulturális különbségek



Híres példa: a Paro robot

Paro egy "mentálisan elkötelező" terápiás robot. De a hatás a kultúrafüggő:

- **Japán:** erős kötődés, mintha háziállat lenne.
- **Európa:** érdekes szerkezet.

Tartalom

- 1 Bevezetés
- 2 Robotok: történeti áttekintés
- 3 Milyen technológiákat használunk?
- 4 Robotok, mint társak: a kobotok
- 5 Mobilis robotika**



Autók és mobilis robotok

Konvergencia

- A vezetőt segítő funkciók egyre összetettebbek, ezek egyfajta minőségi ugrásától várjuk az "teljesen" autonóm viselkedést (még mindig az ember dönt).
- Egyre összetettebb környezetet kezelni képes (mobilis) robotok. Az értelmezhető környezet összetettségének minőségi ugrásától várjuk a "teljesen" autonóm viselkedést (még mindig a robot dönt).

Legtöbbször egy robot/jármű autonóm működtetését célozzuk meg



robottól a co-botig

környezet megfigyelése (érzékelés)
állapot jóslása (modell alapú predikció)
állapot "megértése" (szemantika)



Autonóm autók és autonóm mobilis robotok



Ugyan az a környezet, de egyre kevesebb emberi beavatkozás.



Nincs emberi beavatkozás, egyre összetettebb környezet.



Autonóm Mobilis Robotok (AMR)

Nincs szabványos definíció (UAV, UGV, AGV, AUV)

Ide értjük a játékrobotokat, az automata porszívókat és fűnyírókat, a távirányítású drónokat, tengeralattjárókat, hajókat, raktárbeli robotokat...

Tulajdonságok

Vezeték nélküli kommunikáció (és a tenger alatt?); beépített biztonsági funkciók (ütközések elkerülése); fedélzeti irányítás; környezet érzékelése; mozgás eszközei: lábak, kerekek, kerekes lábak, s.í.t.

Gyors terjedés, de milyen szabványok vannak a biztonságra?

A nehéz definíció miatt általános szabvány nincs. Ami használnak:

- ① ANSI/ITSDF B56.5-2012 Safety Standard for Driverless, Automatic Guided Industrial Vehicles and Automated Functions of Manned Industrial Vehicles
- ② ANSI/RIA R15.06-2012 Industrial Robots and Robot Systems-Safety Requirements

Milyen messze vagyunk a (rém)álmainktól?



Milyen messze vagyunk a (rém)álmainktól?



A könnyű, a nehéz, a nagyon nehéz és a (majdnem) megoldhatatlan problémák mocsara.

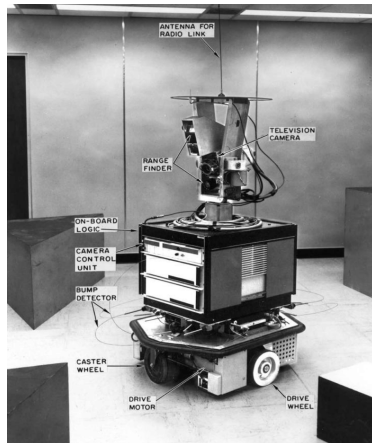
Kihívások

Példák a kihívásokra

- 1 új anyagok
- 2 bio-motivált robotok
- 3 jobb energiaforrások
- 4 robotrajok kommunikációja
- 5 navigálás térkép nélkül
- 6 magyarázható AI (MI)
- 7 természetes ember-gép kapcsolat
- 8 etikus használat

Megállapítás

A "kihívások" 20 éve is nagyjából épp ezek voltak.



Shakey (1966 - 1972)

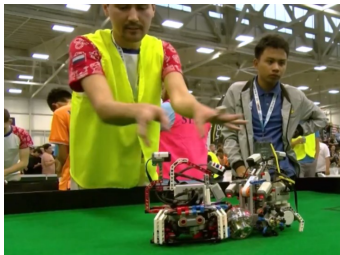


A mögöttes technológiák (enabling technologies)

A mobilis robot, mint rendszer

Egy (akár játék)robot összetett (reaktív) rendszer

- 1 mozgató mechanizmus
- 2 érzékelők, kamerák
- 3 RT beágyazott számítógép
- 4 hálózati interfészek
- 5 navigáció (és koordináció)
- 6 akciótervezés, pályatervezés

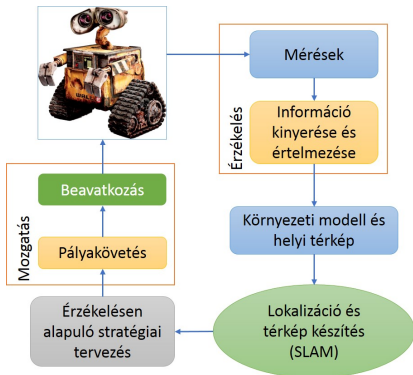


Megjegyzés

- 30 éve: számítógép a gyerekeknek - algoritmikus gondolkodás
- 10 éve: robotok a gyerekeknek - autonóm funkciók programozása

A mögöttes technológiák (enabling technologies)

Egy egyszerű robotirányítási hurok:



Technológiák

- 1 Mozgatósi mechanizmus
- 2 Külső és belső érzékelés
- 3 Fedélzeti HW, hálózat
- 4 **Algoritmusok**
- 5 Fejlesztési módszertanok, verifikációs eljárások

Kutatási rések (research gap)

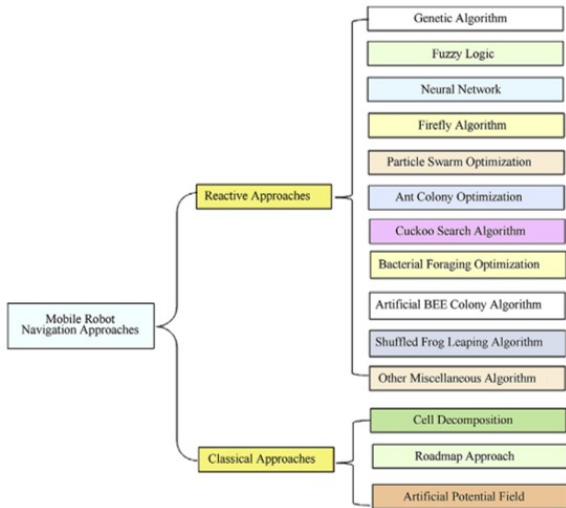
A mögöttes technológiák fejlődési lépései egy-egy kutatási rést tömnek be, hogy a teljes rendszer újabb feladatokra képes. (Vevő-e ezekre a piac?).

Algoritmusok

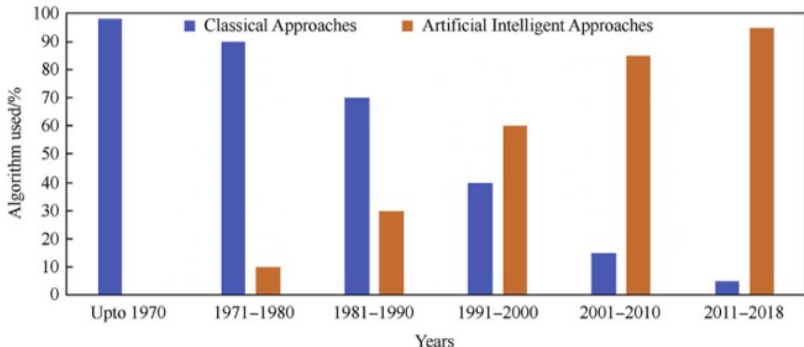
- Becslési, szűrés és szenzorfüziós eljárások
- Képfeldolgozási és objektumfelismerési eljárások
- Tudásreprezentációs és stratégiai tervezési eljárások
- **Navigációs**, pályatervezési és pályakövető eljárások
- Interfészek, UX
- Felügyelet, hibadetektálás
- Fejlesztés: szimulációs módszerek
- Fejlesztés: kódgenerálás és verifikáció



Navigációs algoritmusok osztályozása



Navigációs algoritmusok használata



A review: On path planning strategies for navigation of mobile robot.
Defence Technology 15 (2019)

"Frissen" kitöltött kutatási rések

Energiatárolás

Lítiumion akkumulátorok (Nobel díj, 2019). Megnövelt működési idő.

Érzékelők

Lidar: megbízható, gyors és olcsó távolságmérés.

Becslési algoritmusok

Szenzorfüzió, Kálmán-szűrés nemlineáris változatai.

Hardver

GPU-k a fedélzeten.

Mozgatási mechanizmus

Omni-kerék (illetve mecanum-kerék).
Mozgatás tetszőleges irányban.



Objektumdetektálás

Mélytanulásos (deep-learning) neurális hálók képfeldolgozáshoz.

Robonaut 2 (NASA)

Humanoid és mobilis (2. fázistól)

Segítő robot a Nemzetközi Űrállomásra (ISS) és majd a Mars küldetésre.

Fejlesztés három fázisa

- 1 csak a torzó és fej: autonóm manipuláció (kapcsolók, gombok kezelése)
- 2 lábak sín megfogókkal: IVA (ISS-en belül)
- 3 Lábak sín megfogókkal: EVA (ISS-en kívül)



Küldetés

Hold körüli állomás karbantartása emberi személyzet nélkül (rendezés, pakolás, magas szintű parancsok önálló végrehajtása).

Robonaut 2 (NASA)

Tulajdonságok

- karonként 9 kg teherbírás
- ügyesség: képes tépőzárat kinyitni, zsebekből tárgyakat kiszedni
- csak a torzóban és a fejben több, mint 350 érzékelő



További feladatok

- sok funkció még távirányított
- saját művelettervezők kellenek
- művelet sor minták és azok illesztése (DARPA-ban kipróbált módszer)

Aquanaut

Tenger alatti mobilis robot

Rádiótávírányítással, autonóm funkciókkal, pl. off-shore fúrótornyok infrastruktúrájának karbantartásához.



Mire jó?

Nem kell nehéz tengeralattjárókat hajókkal a helyszínre szállítani kisebb munkákhoz is.

Transformer koncepció

- az UAV-k hatékonyan mozognak, de nem tudnak manipulálni
- a robotok képesek manipulálni, de nem mozognak hatékonyan

A megoldás egy "transformer" robot.

