



DELIVERABLE 4.4.2 COURSE EDUCATIONAL MATERIALS NON - HUMANOID ROBOTS

PROJECT "GREEK BULGARIAN BUSINESS PARTNERSHIP BY ASSISTANCE, SERVICES, SOLUTIONS TO PROMOTE OPEN REGIONS TEAM"

ACRONYM "GR BG BUSINESS PASSPORT"
INTERREG V-A COOPERATION PROGRAMME
GREECE - BULGARIA 2014 - 2020

THE PROJECT IS CO-FUNDED BY THE EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND (ERDF) AND BY NATIONAL FUNDS



АВТОР

ДОЦ. Д. Р. А. КРЪСТЕВ

"НЕХУМАНОИДНИ РОБОТИ В ПОМОЩ НА БИЗНЕСА"

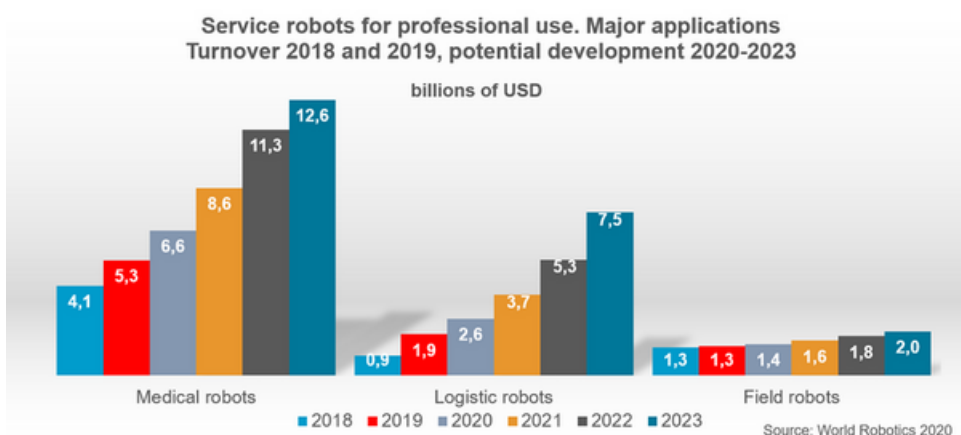
01 ВЪВЕДЕНИЕ

Нехуманоидните роботи са тези, които по своя външен вид нямат прилика с човек. За разлика от хуманоидните роботи, нехуманоидните дават приоритет на функцията пред формата. Те могат да споделят само няколко характеристики с хората, които са били успешно развити. Така например в САЩ успешно са внедрени мобилни нехуманоидни роботи: [Aethon TUG](#), които изглеждат като влачета. Предназначението им е да доставят храна или лекарства на болни деца. Идеята за оформянето на роботите да изглеждат като влачета идва от дете, подложено на лечение от левкемия в Сан Франциско, чието желание е било лекарствата му да бъдат доставени от робот. Момчето е помогнало за създаването на дизайна на влака. Ползите от внедряването на тези роботи е възможността на медицинските сестри да прекарват повече време в предоставяне на практически грижи за пациентите и същевременно роботите предизвикват усмивки на лицата на пациентите. Освен това роботът TUG говори на езика на своя потребител, за да посочи какво прави, какво предстои да направи или да потвърди, че дадено лице е изпълнило очаквана задача[1]. Даденият пример е от сферата на **сервизната роботика**.

Международната организация по стандартизация определя „сервизен робот“, като робот, „който изпълнява полезни задачи за хората или оборудването, с изключение на приложенията за индустриална автоматизация“. Според ISO 8373 роботите изискват „известна степен на автономност“, която е „способност да изпълняват предвидени задачи въз основа на текущото състояние и сензори, без човешка намеса“. За сервизните работи това варира от частична автономия - включително взаимодействие човек-робот - до пълна автономия - без активна намеса на човек-робот. Следователно статистическите данни за IFR за сервизни работи включват системи, базирани в известна степен на взаимодействието човек-робот или дори пълна телеоперация, както и напълно автономни системи. Сервизните работи са категоризирани според лична или професионална употреба. Те имат много форми и структури, както и области на приложение [2].

Според ISO 8373 роботите изискват „известна степен на автономност“, която е „способност да изпълняват предвидени задачи въз основа на текущото състояние и сензори, без човешка намеса“. За сервизните работи това варира от частична автономия - включително взаимодействие човек-робот - до пълна автономия - без активна намеса на човек-робот. Следователно статистическите данни за IFR за сервизни работи включват системи, базирани в известна степен на взаимодействието човек-робот или дори пълна телеоперация, както и напълно автономни системи. Сервизните работи са категоризирани според лична или професионална употреба. Те имат много форми и структури, както и области на приложение [2].

Статистическият отдел на “Международната федерация по роботика” (International Federation of Robotics – IFR) извършва годишно статистическо проучване за продажбите на сервизни работи.



Фиг.[1].

Оборот на приложенията на сервизни работи за професионално използване © World Robotics[2].

Данните се оценяват и публикуват в доклада на World Robotics - Service Robotics. Пълният доклад със статистически данни за сервизните работи е достъпен за закупуване в секция World Robotics. Докладът включва и обширен списък на производителите на сервизни работи. Сервизната роботика обхваща широка област от приложения, повечето от които имат уникален дизайн и различни степени на автоматизация – от пълна телеоперация до напълно автономна работа [2].

Роботите подобряват ежедневието ни живот по все по-разнообразни начини – помагат на параплегичите да ходят отново, подобряват качеството на здравните грижи, които получаваме, намаляват времето, което прекарваме в домакински задължения, поддържат домовете ни безопасни, позволяват да ядем по-пресни храни, с по-малко въздействие върху природните ресурси на планетата и позволяващи рециклирането на голямо разнообразие от материали, които са вредни за околната среда, ако бъдат оставени да се разлагат. Независимо дали пред нас или зад кулисите, роботите оказват значително влияние върху качеството на нашия живот и устойчивостта на планетата. Ето някои примери за ползите от сервизни работи: мобилните сервизни работи могат да транспортират стерилни инструменти или оборудване в болница. В контекста на пандемията помагат в борбата с коронавируса, посредством излъчване на UV лъчи или чрез препарати за дезинфекция.

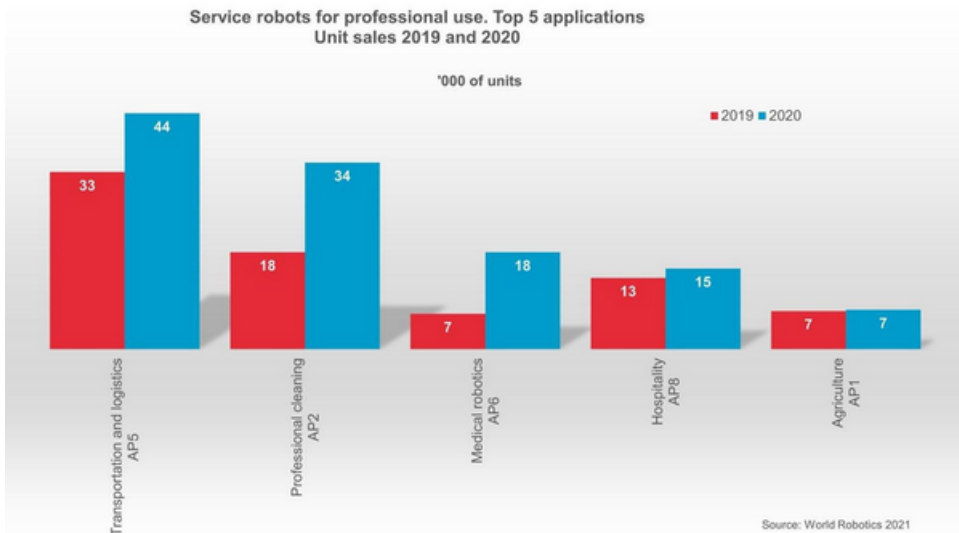
Почистващите работи намаляват инфекциите в болници и на обществени места чрез автономно почистване на помещенията. Роботите за телеприсъствие подобряват грижите за пациентите [2].

По данни, публикувани в доклад за сервизни работи © World Robotics 2021 от „Международната федерация по роботика“ (IFR),

"Пазарът на работи за професионални услуги е достигнал оборот от 6,7 милиарда щатски долара в световен мащаб (извадков метод) – което представлява увеличение от 12% през 2020 г"

В същото време оборотът на новите работи за потребителско обслужване е нараснал с 16% до 4,4 милиарда щатски долара. Продажбите на сервизни работи за професионални услуги са нараснали с впечатляващите 41% до 131 800 единици през 2020 г. Пет водещи тенденции в приложенията за професионални сервизни работи са били обусловени от допълнителното търсене на глобалната пандемия [2]:

- Автономни мобилни работи за доставки (AMR);
- Роботи за почистване и дезинфекциране;
- Роботизирани устройства, използвани в медицината, както и работи за рехабилитация и неинвазивна терапия;
- Социални работи за общуване с хора;
- Роботи за потребителска употреба.



Фиг.[2].

ТОП 5 Приложения на сервизни роботи за професионално използване © World Robotics [2]

Service Robotics – TOP 5 Application trends

- AMR and delivery robots
flexible solutions
- Cleaning and disinfection
+ 50 companies due to Corona
- Medical and rehabilitation
individual support
- Social robots
telepresence – particularly during Corona
- Automated restaurant
staff support, reduce personal contact due to Corona

IFR International Federation of Robotics

Image: Effidence
Image: Bluebotics
Image: Cyberdyne
Image: Ava Robotics
Image: Miso Robotics

Фиг.[3].

ТОП 5 тенденции в приложението на сервизни роботи © World Robotics [2]

Оборотът от автономни мобилни роботи (AMR) и роботи за доставка е нараснал с 11% до над 1 милиард щатски долара. Повечето продавани единици работят в закрити среди за производство и складове. Тенденцията върви към гъвкави решения, така че автономните мобилни роботи да действат заедно в смесени среди, например с мотокари, други мобилни роботи или хора. Съществува и силен пазарен потенциал за транспортни роботи във външна среда с обществен трафик. Опциите за маркетинг и монетаризация ще зависят от наличието на регулаторни рамки, които понастоящем все още

предотвратяват широкомащабното внедряване на такива роботи в повечето страни [2].

Търсенето на професионални почистващи роботи е нараснало с 92% до 34 400 продадени единици. В отговор на нарастващите хигиенни изисквания, дължащи се на пандемията Covid-19, повече от 50 доставчици на услуги са разработили роботи за дезинфекция, пръскане на дезинфекционни течности или използване на ултравиолетова светлина. Често съществуващи мобилни роботи са били модифицирани, за да служат като

роботи за дезинфекция. Съществува голям постоянен потенциал за дезинфекционни работи в болници и други обществени места. Единичните продажби на професионални работи за почистване на подове се очаква да нарастват средно с двуцифрени темпове всяка година от 2021 до 2024 г. [2]

По отношение на стойността, продажбите на медицинска роботика представляват 55% от общия оборот на професионални услуги през 2020 г. Това се дължи главно на роботизирани хирургически устройства, които са най-скъпият вид в сегмента. Оборътът е нараснал с 11% до 3,6 милиарда щатски долара [2].

Изключително нарастващият брой **роботи за рехабилитация и неинвазивна терапия** правят това приложение най-голямото медицинско по отношение на единици. Около 75% от доставчиците на медицински работи са от Северна Америка и Европа.

Глобалната пандемия създаде допълнително търсене на **социални работи**. Те помагат например на жители на старчески домове за да поддържат контакт с приятели и членове на семейството по време на социално дистанциране [2].

Комуникационните работи предоставят информация в обществена среда, за да избегнат личен човешки контакт, да свързват хората чрез видео за бизнес конференция или да помагат при

задачи по поддръжката в цеха [2].

Роботите за гостоприемство се радват на нарастваща популярност, генерирайки оборот от 249 милиона щатски долара.

Търсенето на работи за приготвяне на храна и напитки е нараснало неимоверно – оборътът почти се е утроил до 32 милиона щатски долара (+196%)

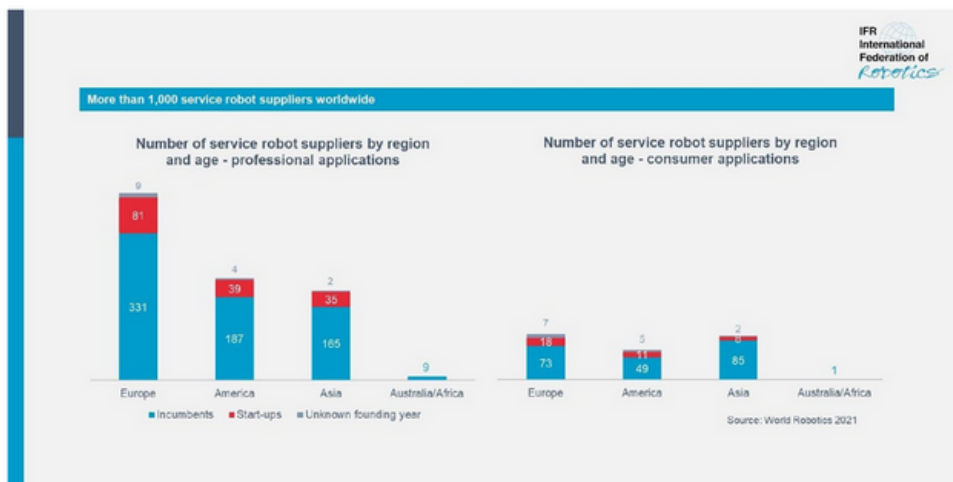
Пандемията от Covid-19 създаде повишена осведоменост за избягване на контакт с хранителни продукти. Все още има огромен потенциал за работи за гостоприемство със среден двуцифрен годишен растеж [2].

Сервизни работи за потребителска употреба роботите за домакински задачи са най-голямата група потребителски работи. Почти 18,5 милиона единици (+6%) на стойност 4,3 милиарда щатски долара са продадени през 2020 г. Роботите прахосмукачки и други работи за вътрешно почистване на домашни подове са се увеличили с 5% до повече от 17,2 милиона единици на стойност 2,4 милиарда щатски долара. Тези типове сервизни работи се предлагат в почти всеки магазин, което ги прави лесно достъпни за всеки. Много американски, азиатски и европейски доставчици се грижат за този пазар [2].

Градинарските работи обикновено включват работи за косене на трева. Очаква се този пазар да расте с ниски

двучифрени темпове на растеж средно всяка година през следващите няколко години [2].

Използването в „Международната федерация по роботика“ [2] на термина „индустриален робот“ се



Фиг.[4].

Разпределение на доставчици на сервизни роботи в света

Фирмена структура на производителите на сервизни роботи © World Robotics 2021

В световен мащаб 80% от 1050 доставчици на сервизни роботи се считат за действащи лица, които са започнали своята дейност преди повече от пет години. 47% от доставчиците на сервизни роботи са от Европа, 27% от Северна Америка и 25% от Азия [2].

1.1. Индустриални роботи

Широко приложение имат индустриалните роботи. По дефиниция индустриалният робот е роботизирана система, използвана за производство. Индустриалните роботи са автоматизирани, програмируеми и способни да се движат по три или повече оси.

основава на определението на „Международната организация по стандартизация“: „автоматично управляван, препрограмируем многофункционален манипулатор, програмируем в три или повече оси“, който може да бъде фиксиран на място или мобилен за използване в приложения за индустриалната автоматизация (ISO 8373). Термините, използвани в определението, означават:

Препрограмируем: проектиран така, че програмираните движения или спомагателните функции да могат да се променят без физическа промяна;

Многофункционален: може да бъде адаптиран към различно приложение с физическа промяна;

Физическа промяна: промяна на механичната система (механичната система не включва носители за съхранение, ROM и др.);

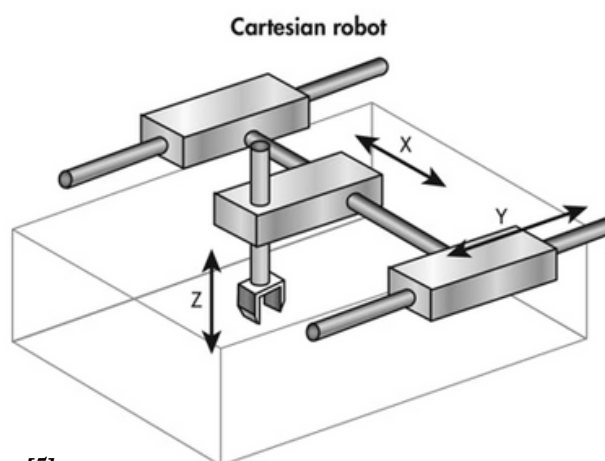
Ос: посока, използвана за определяне на движението на робота в линеен или ротационен режим.

Според друго определение [3] индустриалният робот е автоматична машина с изпълнително устройство – манипулатор на индустриалния робот, с две и повече степени на свобода и с препрограмируемо управляващо устройство: предназначен е за изпълнение на двигателни и управляващи функции в производствения процес, заменящи аналогични функции на човека при преместване на произвежданите предмети и (или) технологичната екипировка.

Класификация на индустриалните роботи

Индустриалните роботи могат да бъдат класифицирани според механичната им структура на [2]:

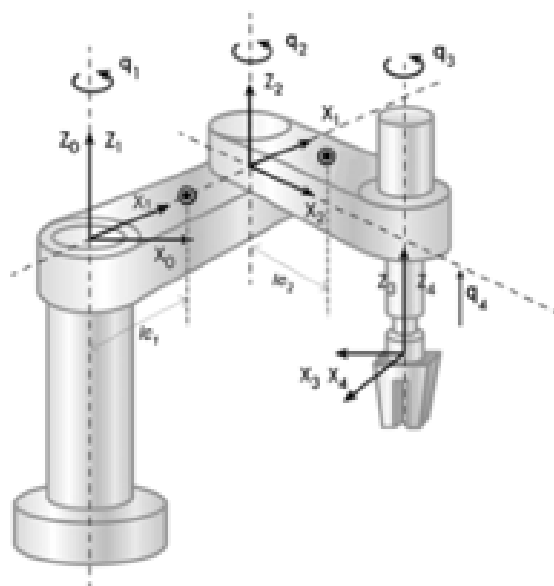
- **Декартов робот:** робот, който има три призматични стави чиито оси са свързани с декартова координатна система.



Фиг.[5].
Декартов робот, източник:
<https://www.machinedesign.com/>

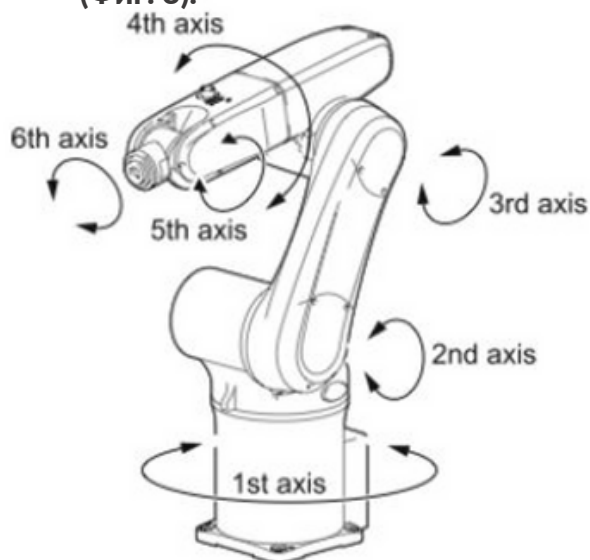
- **SCARA робот:** робот, който има две успоредни ротиращи се стави за осигуряване на съответствие в

равнината.



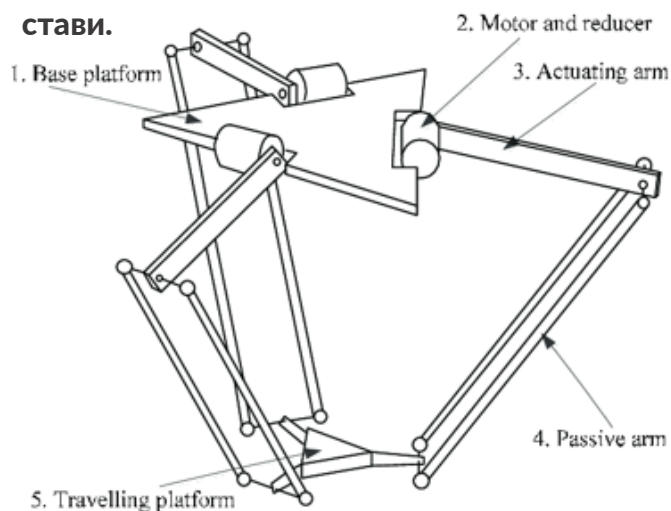
Фиг.[6].
Скара робот, източник: Coronel-Escamilla, A., Torres, F., Gómez-Aguilar, J.F. et al. On the trajectory tracking control for an SCARA robot manipulator in a fractional model driven by induction motors with PSO tuning. Multibody Syst Dyn 43, 257–277 (2018)

- **Съчленен робот:** робот, който има най-малко три ротиращи се стави (Фиг. 3).



Фиг.[7].
Типичен шестосен съчленен робот, показващ различните видове ротации и стави, които определят броя на "степените на свобода". Източник: <https://www.howtorobot.com/>

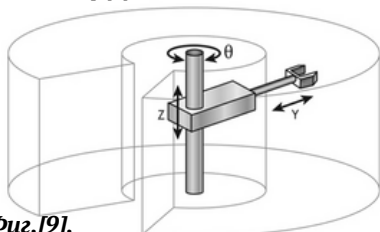
- Паралелен/делта робот: робот, който има едновременно призматични или ротиращи се стави.



Фиг.[8].

Паралелен/ Делта робот. Източник: "Optimal Design and Tuning of PID-Type Interval Type-2 Fuzzy Logic Controllers for Delta Parallel Robots"

- Цилиндричен робот: робот, чиито оси образуват цилиндрична координатна система.



Фиг.[9].

Цилиндричен робот, източник: <https://www.machinedesign.com/>

По вида на координатната система, в която работят индустриалните роботи биват [3]:

- работещи в правоъгълна (декартова) координатна система;
- работещи в цилиндрична координатна система;
- работещи в сферична координатна

система;

- работещи в антропоморфна координатна система;
- работещи в комбинирани координатни системи.

Фиг.[10].

Класификация на роботите по геометрична конфигурация и координатна система, в която работят. (From Mair, G. M., Industrial Robotics, Prentice-Hall, 1988)

Configuration	Work envelope
Cartesian	Rectangular
Cylindrical	Cylindrical
Polar	Spherical
Jointed-arm horizontal-axes	Spherical
Jointed-arm vertical-axes	Cylindrical
Pendulum arm	Partial spherical
Multiple-joint arm	Spherical

По възможности за придвижване индустриалните работи биват:

- Стационарни индустриални работи, неподвижно закрепени по отношение на обслужваните машини и съоръжение;
- Подвижни индустриални работи с възможност за придвижване спрямо обслужваните от тях машини.

По начина на закрепване на работното място индустриалните работи биват:

- подови
- окачени
- вградени.

По вида на управление индустриалните работи биват:

- с програмно управление – циклово, позиционно или контурно;
- с адаптивно управление – позиционно или контурно.

По начина на програмиране индустриалните работи биват:

- програмирани чрез обучение;
- програмирани аналитично.

Според вида на енергията, използвана за задвижване, индустриалните работи биват:

- С електромеханично
- хидравлично
- пневматично
- или комбинирано задвижване.

По номиналната си товароносимост индустриалните работи биват:

- Свръхлеки – индустриални работи с номинална товароносимост до 1 kg;
- Леки – от 1 до 10 kg;
- Средни – от 10 до 200 kg;

- Тежки – индустриални работи от 200 до 1000 kg;

Съставни части на индустриалния робот

- Механична система – осъществява двигателните функции на индустриалния робот. Изградена е от носеща конструкция, задвижващи, изпълнителни, хващачи и други допълнителни устройства.
- Изпълнително устройство – състои се от работни органи и системи за задвижване, работещи по команда от управляващото устройство.
- Работен орган на индустриалния робот – устройство за непосредствено изпълнение на технологични преходи или хващане и задържане на манипулирания обект (произвеждания предмет) или технологичната екипировка. Работния орган може да представлява работен инструмент, хващащо или измервателно устройство.
- Ръка – изпълнително устройство на манипулатора, изменящо положението на манипулирания обект в работното пространство.
- Хващач – възел от механичната система на индустриалния робот, извършващ хващане, задържане в определено положение и освобождаване на манипулирания обект. Обикновено индустриалните работи се комплектуват с типови хващачи, които се сменят в зависимост от изискванията на конкретното задание.

- **Управляващо устройство** – устройство за формиране и подаване на управляващи въздействия към изпълнителното устройство (манипулатора) в съответствие с управляващата програма.

Управление и програмиране на индустриалните роботи

- 1. Програмно управление** – автоматично управление на изпълнителното устройство на индустриалния робот по предварително въведена управляваща програма.
- 2. Адаптивно управление** – управление на изпълнителното устройство на индустриалния робот в зависимост от контролираните параметри на състоянието на външната среда и работа с автоматично изменение на управляващата програма.
- 3. Контурно управление** – управление на изпълнителното устройство на индустриалния робот, при което неговият работен орган се движи по зададена траектория, със зададено разпределение по време на стойностите на скоростта.
- 4. Позиционно управление** – управление на изпълнителното устройство на индустриалния робот, при което движението на неговия работен орган се извършва по зададени точки на позициониране без контрол на траекторията на движението между тях.

5. Циклово управление – вид позиционно управление на индустриалния робот, при което точките на позициониране се контролират чрез устройства от релеен тип и/или времезадаващи елементи.

6. Групово управление – управление на няколко индустриални робота чрез координация на управляващите им програми с помощта на общо управляващо устройство или няколко устройства свързани в йерархична структура.

7. Програмиране – съставяне, въвеждане и настройка на управляващата програма на индустриалния робот.

- **Аналитично програмиране** – програмиране на индустриалния робот, при което управляваща програма се съставя чрез изчисления и след това се въвежда в управляващото устройство на индустриалния робот.
- **Програмиране с обучение** – програмиране на индустриалния робот, при което управляващата програма се съставя и въвежда от оператор чрез движение на работния орган (или симулатор) и съответни команди към обслужваното технологично обзавеждане, като в управляващото устройство се въвеждат стойностите на параметрите на това движение.

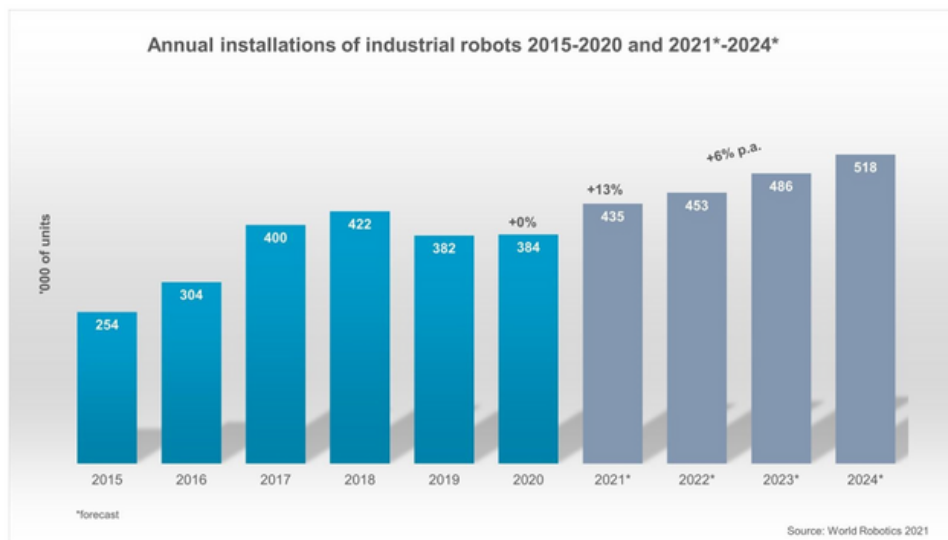
Основни характеристики на индустриалните роботи

- **Номинална товароносимост** – най-голямата стойност на масата на работния орган и манипулирания предмет, при която се гарантират хващането, удържането и експлоатационните характеристики на индустриалния робот.
- **Полезна товароносимост** – най-голямата стойност на масата на манипулирания предмет, при която се гарантират експлоатационните характеристики на индустриалния робот.
- **Работно пространство** – пространството, в което може да се намира изпълнителното устройство (манипулатор) на индустриалния робот при неговото функциониране.
- **Работна зона** – пространство, в което може да се намира работния орган на индустриалния робот.
- **Глобално движение на индустриалния робот** – придвижванията на индустриалния робот извън работната зона, определена при стационарно положение на индустриалния робот.
- **Регионално движение на индустриалния робот** – преместванията на изпълнителния орган на индустриалния робот във всяка точка на работното пространство на робота, определено от размерите на звената на работния орган.

- **Регионални движения на индустриалния робот** – група движения на индустриалния робот за ориентация на хващача, съизмерими с неговите размери.
- **Регионални движения на индустриалния робот** – група движения на индустриалния робот за ориентация на хващача, съизмерими с неговите размери.

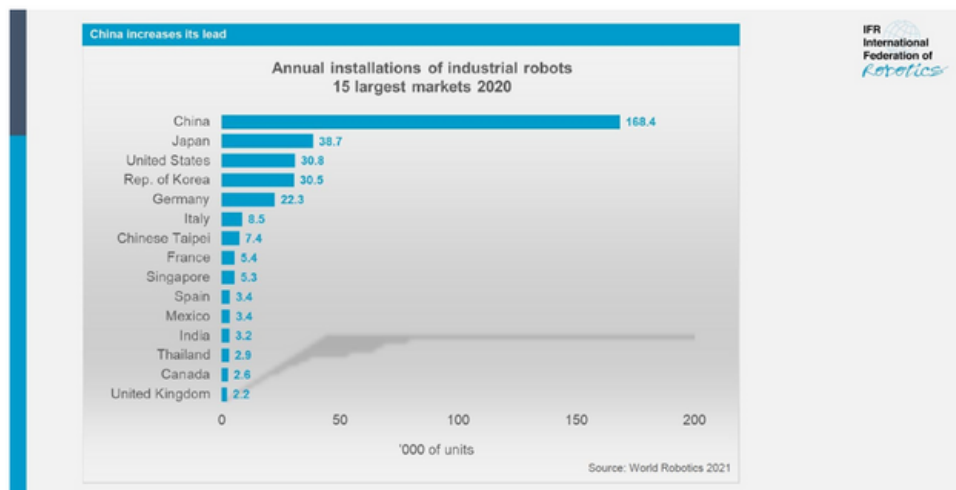
Докладът за World Robotics 2021 [2] Industrial Robots показва рекорд от 3 милиона индустриални роботи, работещи във фабрики по целия свят – увеличение от 10%. Продажбите на нови роботи са нараснали леко с 0,5 % въпреки глобалната пандемия, като 384 000 единици са били доставени в световен мащаб през 2020 г. Тази тенденция е била доминирана от положителното развитие на пазара в Китай, компенсирайки свиването на други пазари. Това е третата най-успешна година в историята на индустрията за роботика, след 2018 и 2017 г.

Азия, Европа и Америка - преглед
Азия остава най-големият пазар за промишлени роботи в света. 71% от всички нововъведени роботи през 2020 г. са инсталирани в Азия (2019 г.: 67%). Индустриалните роботи за най-големия потребител в региона, Китай нараснаха силно с 20% с 168 400 доставени единици. Това е най-високата стойност, регистрирана някога за една държава. Оперативният запас достигна 943 223 единици (+21%). Този висок темп на растеж показва бързата скорост на роботизация в Китай [2].



Фиг.[11]. Годишно разпределение на индустриалните роботи 2015 - 2020 и 2021 - 2024

© World Robotics



Фиг.[12]. Годишни доставки по държави
© World Robotics

Япония остана втори след Китай като най-големият пазар за промишлени роботи, въпреки че японската икономика беше силно засегната от пандемията Covid-19: продажбите намаляха с 23% през 2020 г. с инсталирани 38 653 единици. Това беше втората година на спад след пикова стойност от 55 240 единици през 2018 г. За разлика от Китай, търсенето от електронната индустрия и автомобилната индустрия в Япония беше слабо. Оперативният запас на Япония е 374 000 единици (+5%) през 2020 г. [2]

Перспективата за фискалната 2021 година е положителна с очакван темп

на растеж на БВП от 3,7%. Очаква се японският пазар на роботика да нарасне със 7% през 2021 г. и да продължи да расте с 5% през 2022 г. Независимо от вътрешния пазар за роботика, основните експортни дестинации ще осигурят търсенето на японска роботика. Въпреки че днес основен дял от производството се извършва директно в Китай, 36% от японския износ на роботика и технологии за автоматизация е предназначен за Китай. Други 22% от износа са били изпратени в Съединените щати[2].

Република Корея беше четвъртият

по големина пазар на работи по отношение на годишните инсталации, след Япония, Китай и САЩ. Инсталациите за работи са намалели със 7% до 30 506 единици през 2020 г. Оперативният запас от работи е изчислен на 342 983 единици (+6%)[2].

Експортно-ориентираната икономика досега се справяше с пандемията забележително добре. През 2020 г. БВП е спаднал само с 1%, а за 2021 и 2022 г. се очаква силен растеж на БВП от +4% и +3%. Електронната индустрия и в частност полупроводниковата индустрия инвестират сериозно. Програма за подкрепа на инвестициите, стартирана през май 2021 г., допълнително ще насърчи инвестициите в машини и оборудване. Търсенето на работи както от електронната индустрия, така и от доставчиците на автомобили се очаква да нарасне значително с 11% през 2021 г. и средно с 8% годишно през следващите години [2].

Европа

Инсталациите за промишлени работи в Европа са намалели с 8% до 67 700 единици през 2020 г. Това беше втората година на спад, след пика от 75 560 единици през 2018 г. Търсенето от автомобилната индустрия спадна с още 20%, докато търсенето от общата индустрия е нараснал с 14% [2].

Германия, която принадлежи към петте основни пазара на работи в света (Китай, Япония, САЩ, Корея, Германия), има дял от 33% от общите

инсталации в Европа. Следват Италия с 13% и Франция с 8% [2].

Броят на инсталираните работи в Германия остана на около 22 300 единици през 2020 г. Това е третият най-голям брой инсталирани досега – забележителен резултат предвид пандемичната ситуация, която доминираше през 2020 г. Германската роботизационна индустрия се възстановява, водена от силен задграничен бизнес. Очаква се търсенето на работи в Германия да расте бавно, основно подкрепено от търсенето на евтини работи в общата индустрия и извън производството[2].

В Обединеното кралство инсталациите за промишлени работи са се увеличили с 8% до 2205 единици. Автомобилната индустрия нарасна с 16% до 875 единици, което представлява 40% от инсталациите в Обединеното кралство. Хранително-вкусовата промишленост почти удвои своите инсталации от 155 единици през 2019 г. на 304 единици през 2020 г. (+96%). Промишлеността на храните и напитките имаше висок дял на чуждестранни работници, често от Източна Европа, е изправена пред огромен недостиг на работна ръка. С продължаващите ограничения за пътуване, свързани с Covid-19 като една от причините, и Brexit друга, търсенето на работи в Обединеното кралство се очаква да нарасне силно с двуцифрени проценти през 2021 и 2022 г. [труди се да се свърже] Модернизацията на Обединеното

кралство производствената индустрия ще бъде стимулирана от масивни данъчни стимули. Новомонтираните 2205 единици в Обединеното кралство са около десет пъти по-малко от доставките в Германия (22 302 единици), около четири пъти по-малко, отколкото в Италия (8 525 единици) и по-малко от половината от броя във Франция (5 368 единици) [2].

Северна Америка

САЩ са най-големият потребител на промишлени работи в Северна и Южна Америка, с дял от 79% от общите инсталации в региона. Следва Мексико с 9% и Канада със 7% [2].

Новите инсталации в Съединените щати се забавиха с 8% през 2020 г. Това беше втората година на спад след осем години на растеж. Докато автомобилната индустрия изискваше значително по-малко работи през 2020 г. (10 494 единици, -19%), инсталациите в електрическата/електронната индустрия нараснаха със 7% до 3710 единици. Оперативният запас в Съединените щати се е увеличил с 6% CAGR от 2015 г. [2]

Общите очаквания за северноамериканския пазар са много положителни. Понастоящем е в ход силно възстановяване и връщането към нивата отпреди кризата на инсталациите за промишлени работи може да се очаква през 2021 г. Очаква се роботизираните инсталации да нараснат с +17% през 2021 г. Бумът след кризата ще създаде

допълнителен растеж при ниско двойно -цифрени ставки 2022 и след това [2].

Перспектива

Очаква се „бумът след криза“ леко да затихне през 2022 г. в глобален мащаб. От 2021 г. до 2024 г. се очакват средногодишни темпове на растеж в средния едноцифрен диапазон. Като статистически ефект могат да възникнат незначителни свивания, „догонване“ през 2022 или 2023 г. Ако тази аномалия се случи, тя няма да наруши общата тенденция на растеж. Забележителният знак от 500 000 монтирани единици годишно в световен мащаб се очаква да бъде достигнат през 2024 г. [2]

02 ПРИЛОЖЕНИЕ

НА НЕХУМАНОИДНИТЕ РОБОТИ В ИНДУСТРИЯТА

Индустриалните работи имат широко приложение в електрониката, автомобилостроенето, машиностроенето, при производство на пластмасови и химически продукти и в хранително-вкусова промишленост. В световен мащаб има тенденция към нарастване на производството на индустриални работи. На какво се дължи този факт? Причините, поради които компаниите обмислят инвестиране в роботизирана система, се различават значително. Някои фактори включват положителния ефект върху качеството на частите, повишаване на производителността на производството (по-бързо време на цикъла) и/или добив (по-малко скрап), подобрена безопасност на работниците, намаляване на незавършеното производство, по-голяма гъвкавост в производствения процес и намаляване на разходите. Основните причини за инвестиране в промишлени работи са [2]:

- Повишена гъвкавост за бързо адаптиране на производството и реагиране на промени в търсенето и по-малки размери на партии;
- Подобрена устойчивост за справяне с пикове в производството и издържане на системни шокове като COVID-19;
- Енергийна и ресурсна ефективност чрез оптимизирана производителност (намаляване на потреблението на енергия, материални отпадъци и увеличаване на добива);
- Подобрена производителност и подкрепа за служителите в производството (Подобряване на качеството на работа на служителите, спазване на правилата за здраве и безопасност [2] – роботите могат да заместят работниците в местата с повишена запрашеност, висока температура, при операции с висок риск [4]);
- Намаляване на оперативните или капиталовите разходи;
- Подобряване на качеството на продукта (намален брак – висока прецизност и повторяемост на процесите [4]);
- Увеличаване на производствените нива [2] (увеличаване на продуктивността – повишена и постоянна скорост на работа, няма обедни почивки, сън, отпуски [4]);
- Спестяване на място в производствените зони с висока стойност.
- Гъвкав подход при нови задачи – при нужда от нови операции или специфична поръчка не е необходимо да се закупува ново оборудване – могат да се използват същите работи, препрограмирани за нов процес [4].

Програмни пакети

Основните програмни пакети на пазара към момента са: RobotMaster, Eureka, RobotWorks, RobCad, PowerMill Robot Interface, Sprutcam и др. Най-подходящ за пазара в България е програмният продукт Sprutcam – собственост на руска компания, разработван повече от 15 години и в момента ценово най-атраکتивен на пазара, като с него могат да се програмират не само роботи, а и CNC машини с общо до 12 оси [4].

Препоръки при закупуване на индустриален робот

Особено изгодно може да бъде закупуването на робот втора употреба – цената на подобна машина е около 30% от тази на нов робот, като при малко работни часове (промишлените работи KUKA работят успешно и след 100 000 часа работа) точността и повторемостта на операциите не е влошена. Съчетана с подходяща екипировка и софтуер, подобна система може да се побере в рамките на 15-25 000 евро в зависимост от годината на производство, вида и размера на робота.

Индустриалните роботи използвани за конкретна операция, например фрезование или заваряване могат да се настройват за работа с други функции шлайфане, полиране, лакиране и т. н., след като се добави нужния инструмент и се програмира новата му функция [4]. Такива роботи втора употреба могат да се закупят директно от компанията производител KUKA, информацията за тези роботи може да се види на официалната уеб страница на KUKA [5] Used robots directly from the manufacturer, Buy a KUKA used robot: www.kuka.com.

Предимства и недостатъци на индустриалните роботи

Роботиката вече е основният двигател на конкурентоспособността и гъвкавостта в широкомащабните производствени индустрии. Без роботиката много от успешните производствени индустрии в Европа не биха могли да се конкурират от сегашните си европейски бази на работа. В тези индустрии роботиката вече е в основата на заетостта. Все

повече роботиката става все по-актуална за по-малките производствени индустрии, които са централни за производствения капацитет и заетостта на Европа.

По същия начин роботиката за услуги ще покаже много по-разрушителни ефекти върху конкурентоспособността на непроизводствените индустрии като селското стопанство, транспорта, здравеопазването, сигурността и комуналните услуги. Ръстът в тези области през следващото десетилетие ще бъде много по-драматичен. От това, което в момента е сравнително ниска база, се очаква сервизните работи, използвани в непроизводствени области, да станат най-голямата област на глобалните продажби на роботи.

В последните няколко години водещите производители на работи отделят все повече внимание на възможността промишлените работи да бъдат използвани като многоосни CNC машини – за фрезови операции, шлайфане, полиране, лакиране и т. н. Точността на работа на такъв робот е от порядъка 0.1 – 0.4 мм.

Има модели с гарантирана висока точност, която в сравнение със CNC машините е малка, но затова пък работната площ на един робот среден размер е от порядъка 4000/2000/1000 мм, а при роботите с удължена ръка позволява разкрой на лист с размер 6000/3000 мм, което като работна площ е впечатляващо. Още повече че цената на подобна машина е няколко пъти по-ниска от тази на CNC машините от висок клас. Подобен робот разполага с 6 оси, което позволява обработка на детайла от всички страни без допълнителното му пребазиране или преместване. Към такава машина може да се добави и допълнителна линейна ос – от 3 до 11 метра дължина. Така създадената цялостна система е несравнима като възможности с която и да е CNC машина. С подобни машини се изработват например цели корпуси на яхти, витла за вятърни турбини, детайли за корабната и авиационната индустрия и други. Промислените работи в мебелната сфера се използват основно при изработка на детайли от масив, МДФ, шперплат – матрици за огънато слепени детайли,

изрязване на тези детайли – седалки, облегалки, моноблок и подобни. Пълната свобода на движение на робота позволява изрязването на един моноблок от всички страни без компромиси в качеството и с повторемост 0.01 – 0.02 мм. Операции като шлайфане, полиране и лакиране се извършват с лекота и еднообразност, характерна за работата на промишлените работи [4].

Компанията ABB предлага на потенциалните си клиенти възможност за избор на индустриален робот на своя уеб страница [6] с заглавие „Welcome to the Robotics WebShop“. Изборът е въз основа на 5 признака: приложение (сглобяване, товарене и разтоварване, манипулиране с част, визуална проверка, събиране и поставяне, материална проверка), максимален полезен товар (kg), максимална достижимост (работен обхват в m), брой ръце и тип робот. Дадена е снимка за всеки избран тип робот, техническа характеристика придружена с описание за предимствата и приложенията на робота и неговата цена.

Сфери на приложение на индустриалните работи

Индустриалните работи позволяват автоматизиране на основни и спомагателни технологични операции в металорежещите, ковашко-пресовите, леярските, галваничните и термичните процеси, при нанасяне на лакови покрития, боядисване при извършване на заварки в монтажа и т.н.

При използване на индустриални работи се произвеждат висококачествена продукция при по-малки разходи, производителността на труда се увеличава от 2 до 3 пъти и се осигурява постоянен режим на работа [3].

Основни приложения на индустриалните работи:

- монтаж и демонтаж;
- товарене и разтоварване;
- манипулиране с предмет (например поставяне на печатни платки и др.);
- визуална проверка (инспектиране и тестване на продукти);
- събиране и поставяне;
- опаковане и етикетирание;
- материална проверка;
- заваряване;
- нанасяне, боядисване, лакиране, лепене;

- палетизиране;
- дозиране;
- пробиване;
- рязане;
- шлайфане;
- полиране;
- фрезозане;
- леене.

Според доклад на „Международната федерация по роботика“ [2] основните индустрии, използващи индустриални работи са:

- Електротехническа и електронна индустрия;
- Автомобилната индустрия;
- Металопереработвателна и машиностроителна индустрия;
- Химическа индустрия (пластмаси и други химически продукти);
- Хранително-вкусовата промишленост (храни и напитки).

В мебелната индустрия роботите биха могли да бъдат много полезни при: заваряване, шлайфане, полиране, фрезозане, палетиране, лакиране, хващане и местене на продукти, опаковане, подаване на продукти/инструменти към машина и други [4].

Възможности на индустриалните работи и техните приложения

Възможности на индустриалните работи за сортиране

Липсата на грешки и прецизността превръщат индустриалните работи за сортиране в изключително търсени решения. Някои от роботите за сортиране могат да поддържат постоянна

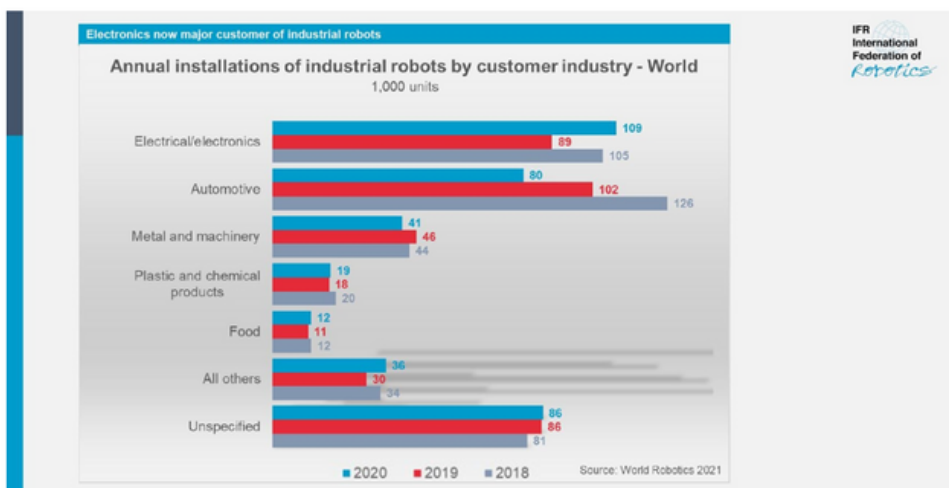
линейна скорост от 2 m/s. като в същото време колаборират многостранно и едновременно с други системи. Капацитетът и скоростта на извършване на всяка операция по сортиране на минута е несравнимо по-голям от човешкия [7].

Приложения на индустриалните работи за сортиране

В изграждането на напълно автоматизирани сортировъчни линии и системи, могат да участват най-подходящите конвейери и конвейерни системи, както и работи, които да изпълняват повтарящите се опростени или сложни задачи [7].

Сортировъчните работи могат да манипулират замразени храни, сладкиши и сладкарски изделия, замразено месо и риба, сирене, фураж за домашни животни, лекарства, шампоани и парфюми, стъклени съдове, колби, както и много по-тежки материали като плоскости, профили или дългомерни и тежки товари, непосилни за човек [7].

Роботизирано сортиране се извършва и когато се налага разпределение на прекалено тежки продукти, операциите



Фиг.[13]. Пратки по отрасли © World Robotics

са много на брой и в кратки срокове или се извършват в среда, неподходяща за оператори [7].

Сортиращите работи безпроблемно зареждат конвейери, конвейерни линии и транспортни ленти с цел ускорено и стабилно производство [7].

Основни предимства на роботите за сортиране и разпределение [7]

- Индустриалните работи намаляват времето за сортиране и така - разходите;
- Минимизирано ниво на загубите и на практика, 0 грешки;
- Намалени разходи за човешки труд;
- Бърза възвръщаемост на инвестицията;
- Увеличена скорост на сортиране - изключително важно при бързооборотни и бързоразвалящи се продукти с високо качество;
- Възможност за работа в среда с намален кислород или хладилни камери;
- Спазване на всички норми за хигиенна безопасност и сигурност на работно място.



Фиг.[14]. Индустриален робот за сортиране [7]

Възможности на индустриални работи за палетизиране и техните приложения

Палетизиращите работи трябва да работят с висока скорост, минимални странични смущения и максимална здравина. Роботите за палетизиране и депалетизиране могат да боравят с единични или групирани продукти или опаковъчни единици. Независимо, дали става въпрос за кутии, кашони, тави, бутилки и други, промишлените работи за палетизиране могат да работят с до 56 цикъла/минута. Операциите, които изпълняват са стандартни, сложни или смесени. Гримерите на тези работи могат да бъдат

адаптирани за различни по форма и тегло товари, като надминават в пъти човешките възможности. В комбинация с конвейери и конвейерни системи, палетизиращите работи значително ускоряват всички интралогистични процеси по подготовка на палета за експедиция или депалетизиране на входяща стока [7].

Роботизирано сортиране се извършва и когато се налага разпределение на прекалено тежки продукти, операциите В зависимост от работните характеристики на съответния тип робот максималният полезен товар за палетизиране може да варира в широки граници (например могат да покриват диапазон на полезен товар от 40 до 1300 kg) при различен

работен обхват (например от 2900 до над 3600 mm), като роботите могат да имат най-често 4 или 5 броя оси[7].

Основни предимства на роботите за палетизиране [7]

- Икономични: минималните разходи за поддръжка на тези работи и дългите експлоатационни срокове ги правят изключително рентабилни и търсени;
- Компактни: работи с малък отпечатък и широк обхват - възможна интеграция във вече съществуващи системи;
- Здрави и издържливи решения;
- Бързи и ефективни: програмирани за 100% натоварване в продължителни периоди от време;
- Разнообразни: с различни обхвати, полезен товар и хващачи.



Фиг.[15]. Индустриален робот за палетизиране[7]

Възможности на индустриалните работи за пакетиране

Пакетиращите работи са изключително гъвкави и могат да изпълняват на практика всяка задача от процеса по опаковане. Те се справят много по-бързо, точно и ефикасно, без особени ограничения по отношение на теглото, размера или формата на продуктите, които трябва да бъдат пакетираны [7].

Биват лесно и бързо интегрирани в различни автоматизирани системи, включващи конвейери, конвейерни системи или интралогистични транспортъори [7].

Приложения на индустриалните работи за пакетиране

Тези работи изпълняват широк спектър от задачи, като поставяне в кутии,

кашони или други опаковъчни единици на един или повече продукти едновременно, включително деликатни храни. Пакетиращите работи могат да извършват скоростно и прецизно подреждане на разбъркани артикули, отваряне, запълване, запечатване, кодиране и етикетирание на готовите опаковки [7].

Основни предимства на пакетиращите работи [7]

- Драстично намален разхода за работна ръка;
- Висока възвръщаемост на инвестицията;
- Повишена продуктивност;
- Скорост, ефективност и възможност за 100%, постоянно и дълготрайно натоварване.

Фиг.[16]. Индустриални работи за опаковане и пакетиране [7]



Възможности на индустриалните роботи за сглобяване [7]

Сглобяването, с помощта на индустриални роботи и роботизирани системи е един от най-важните процеси в производствената промишленост. Възможностите на индустриалните роботи за сглобяване се простират от боравене с различни инструменти, връзка между различни етапи в сглобяването или единични и сложни операции в процеса на сглобяване, както и контрол на качеството [7].

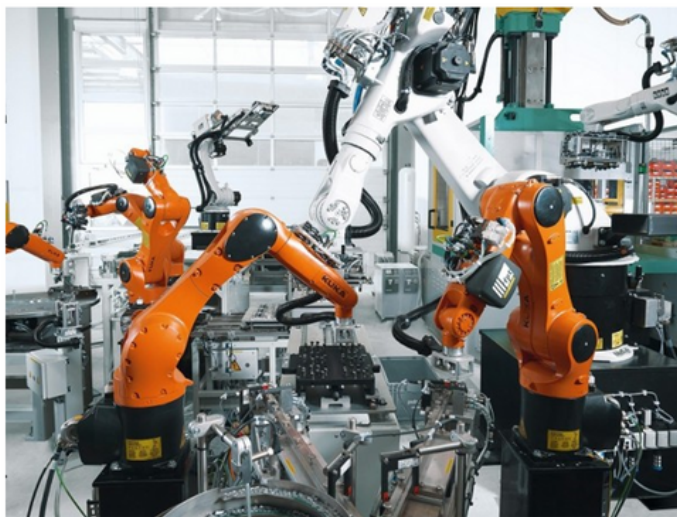
Приложения на индустриалните роботи за сглобяване [7]

Роботизацията на процесите по сглобяване, прави възможна вашата конкурентноспособност и адаптивност към високите изисквания на индустрията 4.0. Ускорените изисквания за иновации и съкращения иновационен цикъл на всеки продукт, превръщат индустриалните и промишлени работи в изискване за съвременната индустрия. Те могат бързо и точно да бъдат препрограмирани за сглобяване на нови продукти [7].

Основни предимства на системите за сглобяване с роботи [7]

- Бърза доставка и инсталация на индустриалните роботи;
- Възможност за работа с различни инструменти;
- Високоэффективни роботизирани клетки за сглобяване на различни по вид, форма и тегло елементи;

ефикасност. Роботите предоставят възможност за директно подаване на CAD файлове, а всички детайли биват изпълнявани с изключителна бързина и прецизност, независимо от формата или материала, с който боравят. Индустриалните роботи за шлайфане, премахват излишното от много широки повърхности, като различните



Фиг.[16]. Индустриални роботи за сглобяване и монтиране [7]

Възможности на индустриалните роботи за рязане, шлайфане и заваряване [7]

Безопасността, при този иначе опасен процес на рязане е водеща при взимане на решението за роботизация. Независимо дали става въпрос за термично-плазмено, лазерно или водно рязане, тези работи се справят с впечатляваща прецизност, скорост и

модели на тези работи имат различен обхват. С тези решения избягват излишните рискове от вдихване на вредния метален прах. Електродъговото, точковото или лазерното заваряване с роботи гарантира непрекъсната работа, 100 % натоварване и ниски експлоатационни разходи, водещи до изключително ефективни процеси и бърза възвръщаемост на инвестицията [7].

Приложения на индустриалните роботи за рязане, шлайфане и заваряване [7]

Индустриалните роботи за рязане се използват в металургията, обработката на абразивни материали, камък, ламарина, различни профили, компоненти и части за автомобили, строителни машини, контейнери.

Различни корабни или други стоманени конструкции могат да бъдат обработени по много рентабилен начин.

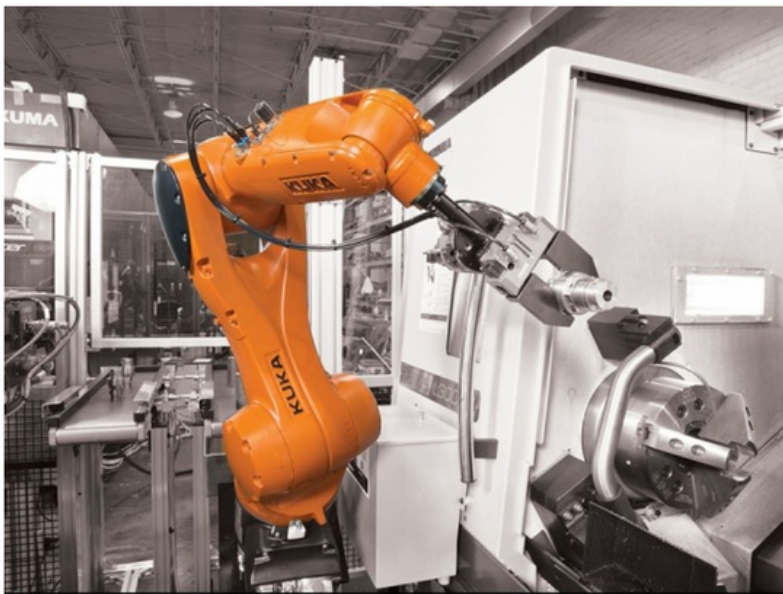
С помощта на високочестотни сензори и 3D измерване на обработваните детайли, постигате напълно автоматизирано разпознаване на позицията на обработваните детайли.

Основни предимства на индустриалните роботи за рязане, шлайфане и заваряване [7]

- Бърза интеграция в нови или съществуващи системи, поради малкото необходимо пространство за инсталиране;
- Пълно софтуерно и хардуерно обезпечаване на роботите и системите;
- 100 % безопасност за персонала и операторите;
- Изключителна прецизност при рязане, шлайфане и заваряване;

- Нулиране на грешки, висока рентабилност и бърз ROI.

Фиг.[16]. Индустриален робот за рязане, шлайфане и заваряване [7]



Възможности на промишлените роботи за боядисване [7]

Роботите за боядисване имат изключително широк спектър от приложения при боядисване или нанасяне на покрития. Високопрецизно боядисване се постига благодарение на осите на робота, част от които се използват за основни движения а други – за точно насочване на апликатора. Роботите могат да прилагат покрития по сложни траектории на боядисване на детайли с различни дебелини, според вашите нужди и изисквания. Изключително високата производителност и впечатляващата гъвкавост, позволяват ефективна

обработка и роботизирано нанасяне на покрития на обекти с различни размери, форми и характеристики. Тези детайли могат да бъдат както стандартни, така и сложни, сглобени и с неправилна форма - сглобки с множество ъгли, извивки, отвори, изпъкналости и/или вдлъбнатини, контурни повърхности и много други [7].

Приложения на индустриалните роботи за боядисване [7]

Роботи и роботизирани системи се използват за нанасяне на покрития в сектори като авиацията и космическия сектор, машиностроенето, производството на

медицински продукти, строителството, мебелната индустрия, електрониката и много други. Роботите за боядисване и различните апликатори биват бързо и лесно програмирани за работа с покрития на водна основа или на основата на разтворители, прахови или течни разтвори, гланцови или спрейове. Тези работи са способни да нанасят прецизно плътни или прозрачни покрития, лепила, бои, лакове, байцови, свързващи агенти, финишни покрития, основи или грундове [7].

Основни предимства на роботите за боядисване [7]

- Това е възможност да спестите между 25 % и 30 % от използваните лакобояджийски материали и да намалите разходите за персонал;
- Бърза възвръщаемост на инвестицията;
- Предотвратяват вредите за операторите и персонала, като намаляват излагането му на вредни химикали и изпарения;
- Намалена нужда от почистване на работните зони;

Продължителни цикли със 100 % натовареност,

без риск от умора;

- Постоянно високо качество на повърхностите - равномерна дебелина на нанасяните покрития, без прекомерно депозиране, пропуски, капки и следи от стичане;
- Многобройни възможности за монтаж - на под, стени, таван, релси и други окачени конструкции.



Фиг.[17]. Индустриален робот за боядисване [7]

Индустриални работи за леене [8]

Фирма СПЕСИМА ООД произвежда три типа манипулатори за автоматизация на хоризонтални машини за леене под високо налягане:

- Манипулатори за дозиране на течния метал - дозиращи манипулатори
- Манипулатори за обдухване и обмазване на пресформата на машината - обмазващи манипулатори
- Манипулатори за изваждане на отливките - екстрактори манипулатори
- Манипулатори за обдухване и обмазване на

- пресформата серия mps
- Манипулатори за изваждане на отливки серия mps

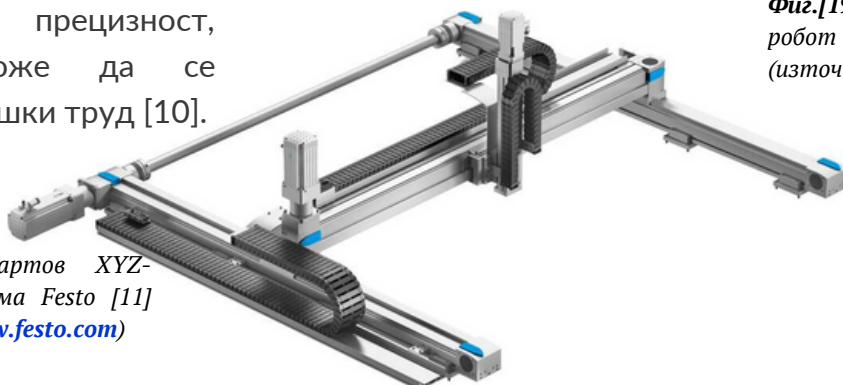
Тип на машини за леене под налягане

Екстрактор манипулатор em-2k

Приложения на декартови координатни роботи / XYZ-роботи

Декартовите координатни роботи или наричани още XYZ-роботи са подходящи за избор на част и поставянето ѝ на точно определено място, могат да функционират като система за сглобяване на части или да използват двойно задвижване за транспортиране на големи и тежки детайли. Двойното задвижване е функция, която синхронизира и премества два едноосни робота от същия тип. Тази функция подобрява ускорението и е ефективна за намаляване на времевия цикъл [9]. Много работи за монтаж и нанасяне на лепило имат XYZ оси на движение или декартова конфигурация [10].

По-модерните роботизирани системи имат шест оси, които могат да се движат по-свободно от XYZ-роботите [10]. Точността и скоростта на роботизираното сглобяване често означават по-висока производителност и по-голяма прецизност, отколкото може да се постигне с човешки труд [10].



Фиг.[18]. Декартов XYZ-робот на фирма Festo [11] (източник: www.festo.com)

Видеоклип за работа на декартов робот, произведен от Yamaha (източник: <https://global.yamaha-motor.com/business/robot/lineup/xyx/>).

Сред производителите на декартови координатни роботи или XYZ-роботиса: Yamaha [9], KUKA [5], EPSON [12], OMRON Automation [13], IAI Intelligent Actuator, Inc. [14], Cartesian Robotics [15], FESTO [11] и други.

Управление и програмиране на индустриалните роботи

Подходящи за операции по сглобяване, опаковане и манипулиране на материали са SCARA роботите. Наименованието SCARA е акроним за Selective Compliance Articulated Robot Arm (Селективно съвместимо съчленено роботизирано рамо), което означава, че то е съвместимо с ос X-Y и е твърдо в ос Z. Благодарение

на своята скорост и повторяемост те осигуряват увеличаване на производителността при операции по повдигане и преместване или окомплектоване. В зависимост от спецификата на производствения процес на пазара се предлагат SCARA работи с различна товароносимост, покриващи диапазона от 3 до 20 kg и обсег от 350 до 1100 mm.

Видеоклип: Демонстрации на SCARA работи, произведени от японската фирма Yamaha (източник: [https://global.yamaha-](https://global.yamaha-motor.com/business/robot/lineup/ykxg/)

[motor.com/business/robot/lineup/ykxg/](https://global.yamaha-motor.com/business/robot/lineup/ykxg/)).



Фиг.[19]. Декартов XYZ-робот на фирма Festo [11] (източник: www.festo.com)

Производители на SCARA работи

Сред производителите на SCARA работи са: FANUC TM [16], Yamaha [9], ABB [6], KUKA [5], EPSON [12], DENSO robotics [17], Yaskawa [18], OMRON Automation [13], IAI Intelligent Actuator, Inc. [14], DELTA [19] и други.

Приложения на Делта работи

Делта роботите са работи с паралелни рамена. Минимум три рамена са свързани чрез карданна предавка към основата. Формата на тези минимум три рамена са близки до гръцката буква делта (Δ). Тези работи са бързи и леки и се използват често за опаковане и монтаж [20]. Роботите Delta са особено полезни за задачи за директен контрол и операции с висока степен на маневриране (като задачи за бързо вдигане и поставяне). Delta роботите са много полезни по отношение на дребните детайли. Те са подходящи за процеси, изискващи високоскоростно манипулиране и много гъвкавост с приложение в електрониката, фината механика, хранително-

вкусовата или медицинско-фармацевтичната промишленост. Роботите Delta се възползват от системите за свързване с четири ленти или паралелограм.

Видеоклип делта робот:

1. KR DELTA Hygienic robot - KUKA:

https://www.youtube.com/watch?v=86bW-_6R-wc



Фиг. [20]. Делта работи на ABB (източник: <https://new.abb.com/>)

Сред производителите на Delta работи са: FANUC TM [16], ABB [6], KUKA [5], Yaskawa [18], OMRON Automation [13], Warsonco [21], Kawasaki Robotics [22] и други.

Приложения на съчленени работи

По дефиниция на международната федерация по роботика (International Federation of Robotics - IFR) [2] съчленен робот е робот чиито звена имат поне 3 ротационни стави.

Обикновено ставите са подредени във „верига“, така че едната става поддържа другата по-нататък във веригата. Този тип работи се предлагат с различен обseg и

скорост на китката, което им позволява да извършват прецизно високоскоростно палетизиране, преместване и сглобяване на малки части и инспектиране [16]. Внедрени са в автомобилостроенето, хранително-вкусовата, фармацевтичната, металообработващата промишленост и т.н. Съчленените работи се предлагат също със специално оборудване за заваряване и боядисване. Някои от компаниите производители предлагат многоосни съчленени работи

с 6 или 7 оси, което осигурява повече степени на свобода, необходими за изпълнение на по-сложни задачи. Произведени са серии от съчленени роботи, които са специфични в зависимост от максималния полезен товар, с който могат да манипулират. Тези роботи могат да покрият диапазон от 1 до 1300 kg полезен товар. Обсегът на съчленените роботи може да варира приблизително в диапазона от 470 mm до 4200 mm.

Производители на съчленени роботи

Сред производителите на съчленени роботиса: FANUC TM [16], ABB [6], KUKA [5], Yaskawa [18], OMRON Automation [13], DELTA [19], Yamaha [9], Kawasaki Robotics [22] и други.

*Фиг.[21]. Съчленен робот, произведен от компанията YASKAWA
Снимка: YASKAWA [18]*



02 ПРИЛОЖЕНИЕ НА СЕРВИЗНИ РОБОТИ

Пандемията на коронавирус бързо ускори приемането на роботи за дезинфекция и разшири употребата им от болници до хотели и обществени места като летища и обществен транспорт [2]. Мобилните роботи, монтирани с приставки за ултравиолетова (UV) светлина, са идеални за дезинфекция на болнични стаи, търговски центрове и други обществени места. Автоматизацията на дезинфекцията с ултравиолетова светлина подобрява здравето и безопасността, като по този начин допринася за борбата с COVID-19. Мобилните

роботи са идеални за използване с UV лампи, които не са безопасни за работа от хората [2]. Екзоскелетите позволяват на параплегичите да ходят отново. Особено актуални в контекста на пандемията са сервизните роботи за доставка. Тези роботи могат да извършват доставка на храна, колети, специализирани медицински прибори, оборудване, лекарства и други материали, като осигуряват безопасно и надеждно транспортиране до потребителите. Използват се както за доставки на открито, така и на закрито в хотели, ресторанти, болници и други. Роботите за телеприсъствие подобряват грижите за

пациентите и възрастните хора. С развитието на технологиите сервизните роботи за почистване стават все по-достъпни за използване в бита на масовите потребители. Това се дължи на улесненото управление на този тип роботи и тяхната достъпна цена. В зависимост от повърхността, която почистват са създадени роботи прахосмокачки за килими и твърди повърхности, роботи за мокро почистване на твърди повърхности, роботи за почистване на прозорци и роботи за почистване на басейни. При това те извършват своята работа автономно.

Сервизни роботи за дезинфекция

Във връзка с пандемията от COVID – 19 търсенето на работи за дезинфекция нарастна, а за да отговорят на тези нужди компаниите предлагат специализирани сервизни работи за дезинфекция. Тези работи могат да постигнат дезинфекция и стерилизация на въздуха и повърхностите в помещенията, които третират с излъчване на UV лъчи от лампа на модул за стерилизация. Използваната ултравиолетова светлина е ефективно решение за убиване на вредни бактерии, вируси в болниците от десетилетия [2]. UV светлината преди е била използвана за борба с други коронавируси като SARS, MERS, както и вируса Ебола [2]. Този метод на почистване е задълбочен, по-бърз и по-малко трудоемък от ръчното почистване. UV също така намалява нуждата от почистване с мощни химикали [2]. Проблем, който създават химикалите, е корозивността на определени повърхности [2]. Освен това мощни химикали трябва да се използват само в помещения, които са добре вентилирани [2].

В добавка към UV модула за стерилизация някои типове работи разполагат с допълнителен модул за разпръскване на финно дисперсни аерозолни частици на дезинфектант, което води до унищожаване на бактериите във въздуха до 99,9%. Автономния режим на някои работи от този тип позволява те да спират UV излъчването, ако има неочаквано движение, което би означавало, че човек влиза в стаята. Роботите за дезинфекция използват LIDAR сензори, за да създадат карта на своята среда, която след това може да бъде маркирана от оператор, за да покаже кои стаи и други зони трябва или не трябва да бъдат дезинфекцирани. Тези работи могат да бъдат използвани в болници, училища и други обществени, административни и офис сгради като част от редовен цикъл на почистване с цел предотвратяване и намаляване на разпространението на инфекциозни заболявания, вируси, бактерии и други видове вредни органични микроорганизми в околната среда чрез разрушаване на тяхната ДНК-структура. Роботите са безопасни, надеждни и елиминират човешката грешка. Освен това са лесни за използване.

Този тип работи може да локализира станция за зареждане и да се самозареждат, когато батерията е изтощена.

Ефективно решение за дезинфекциране на помещения е преоборудването на вече съществуващи работи, използвани за почистване на подове чрез добавянето на модул с UV лампа, което ще намали разходите при закупуване на такъв робот.

Този тип работи имат напълно автономно позициониране и навигация с възможност да заобикалят препятствия в работната среда, което им позволява да се движат свободно в болниците.

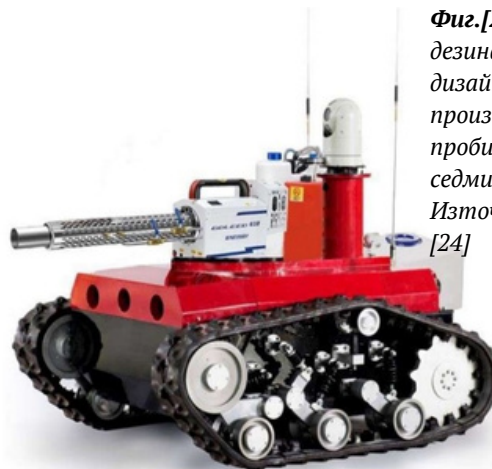
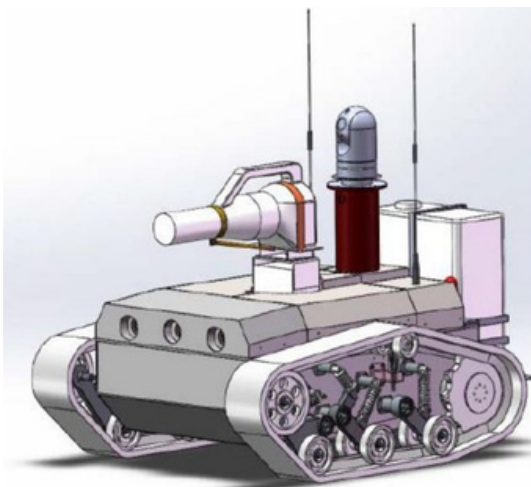
Редица транспортни компании използват почистващи работи за почистване на влакови купета и гари, а също така и на летища чрез използване на дезинфектанти или UV лампи.



Фиг.[22].Робот за дезинфекциране с UV лъчи
Снимка: UVD Robots® [27]

Докато повечето роботи за дезинфекция се движат на платформи с малки колела, редица компании като индийския производител на роботи Milagrow [23] и Siemens [24], заедно с китайския си партньор Ауста [25], са

разработили роботи за дезинфекция, които се движат по гъсенични коловози, за да разширят обхвата на работа на робота, за да включват стръмни наклони и неравни повърхности [2].



Фиг.[22].Робот за дезинфекция: от дизайна до производството на проби само за една седмица
Източник: SIEMENS [24]

Сред производителите на сервизни роботи за дезинфекция са компаниите Milagrow [23], Siemens [24], Keenon Robotics Co., Ltd. [26], UVD Robots® дъщерно дружество на Blue Ocean Robotics [27],

Akara Robotics Ltd. [28], UVCLight.co.uk, Warrington Robotics Ltd. [29], Finsen Tech [30], Tru-D SmartUVC [31], Xenex Disinfection Services Inc. [32], Taimi Robotics Technology Co.Ltd. [33] и други.

Приложение на сервизни роботи за доставки

Доставки на колети

Поради нарастването на световната електронна търговия и урбанизацията, необходимостта от автоматизирана доставка значително нараства.

Производител на сервизни роботи – ANYbotics [34] в партньорство с Continental [35] са осъществили



*Фиг.[22]. Робот за доставка на колети по домовете
Снимка: ANYbotics [34]*

Компанията AMAZON [36] също предлага доставки на колети чрез шестколесен сервизен робот - Amazon Scout.

Доставки на храна на адрес

Във връзка с пандемията от COVID – 19 много технологични компании, предлагат услуги за доставки на храна чрез сервизни колесни роботи, Starship Technologies [37], NURO [38], Eliport [39] KIWI CAMPUS INC. [40], Yandex [41].

роботизирана доставка на колети до последния метър чрез комбиниране на самоуправляващо се превозно средство, совалката CUBE на Continental, която носи множество мобилни крачеци работи ANYmal, които доставят колети чак до домовете на потребителя [34].



*Фиг.[23]. Сервизен робот Starship за доставка на храна
Снимка: Starship Technologies [37]*

Starship и други компании като Kiiwibot са разположили стотици роботи за доставка на храна в няколко университетски кампуса и някои градски улици в Съединените щати и Обединеното кралство. Компаниите за доставка на храна също са използвали роботи за доставка. Например Grubhub си партнира с Yandex за предоставяне на услуги в колежи. Ограниченията при използването на роботи за доставка на храна включват невъзможност за посрещане на специални заявки за доставка, като оставяне на храната на вратата и невъзможност за навигация по трудни терени [20].

Компанията Nuro [38] доставя хранителни стоки, рецепти, топла храна и други местни стоки в градове, които не са недостатъчно обслужени. R2 е четири колесен робот с автономно управление, който има специално проектирани размери, тегло, предна част за защита на пешеходците, скорост на работа, електрическо задвижване и система за внимателно и безопасно шофиране.

Доставки на храна и напитки на закрито в ресторанти и други заведения за хранене

Много производители, предлагат сервизни роботи, подходящи за ресторантьорския бизнес. Тези роботи могат да бъдат натоварени с чинии, като в зависимост от капацитета им някои серии от тези роботи могат да доставят храна до четири маси с едно зареждане благодарение на четирите подноса, с които са оборудвани, което спестява време при доставяне на поръчките до клиентите. Възможността да се ползват сменяеми аксесоари при някои серии от този тип роботи, включващи тави за напитки и други в зависимост от конкретните нужди, позволява на тези роботи гъвкаво и безпроблемно да доставят храни, напитки и дори да бъдат натоварени с големи по размер съдове. Благодарение на елементите на изкуствен интелект тези сервизни роботи могат да картографират средата за тяхното движение, по-интелигентно да планират маршрута по който да се движат и да осигурят по точно позициониране, което осигурява стабилна и ефективна работа. Снабдени със сензори LiDAR и множество камери, сервизните роботи могат да навигират в пространството интелигентно, безопасно и с лекота, заобикаляйки хора и

други препятствия изпречили се на техния път. За собственици на заведения, искащи да развият бизнесът си за по-ефективно обслужване на своите клиенти има възможност да се използват повече от един сервизен робот за доставки, синхронизирани един с друг за избягване на сблъсъци по между им. Роботите Servi на Bear Robotics [42] автоматично знаят, кога да се върнат на поста си. Въз основа на информация, получена от вътрешните сензори за тегло роботите установяват, че доставката е завършена.



*Фиг.[24]. Сервизен робот T5 за доставка на храна
Снимка: Keenon Robotics Co., Ltd. [43]*

Производители на сервизни роботи за доставка на храни и напитки

Компании производители на сервизни роботи за доставка на храни и напитки на закрито са: Bear Robotics [42], Keenon Robotics Co., Ltd. [43], AIBAYES [44], Shenzhen Reeman Intelligent Equipment Co., Ltd., [45] и други.

Доставки в болница

Сервизните роботи, извършващи доставки могат да работят около хора в натоварени болници и здравни системи. Този тип роботи имат автономен режим на управление могат да се движат по кордорите и асансьорите, пренасяйки лекарства, лабораторни проби, по-тежки товари като храна, спално бельо и хигиенни материали, инструменти и други важни консумативи – повишавайки ефективността и производителността. Работят в болницата при режим 24/7. Тези сервизни роботи за доставка могат да се използват за работа в лаборатории, аптеки, доставка на храна или хирургически консумативи. При изпълнението на задачите за транспортиране и доставяне тези мобилни сервизни роботи дават възможност на персонала да отдели повече време за да се съсредоточи върху грижите за пациентите.



*Фиг.[25]. TUG
autonomous robot
Снимка: ST Engineering,
Aethon, Inc. [46]
]*

Компании производители на сервизни роботи за доставки в болници са: ST Engineering, Aethon, Inc. [46], Swisslog Healthcare [47], PAL Robotics [48], Mobile Industrial Robots MiR [49] и други.

Сервизни роботи за почистване

Роботи прахосмукачки

Водещ производител на автономни сервизни роботи прахосмукачки eRobot [50]. Той е създавал серия от роботи прахосмукачки с наименованието Roomba®. Новите серии на робота Roomba® имат множество автономно управляеми функции. Ето някои от тях. Когато контейнера за боклук се напълни роботът се връща на зарядна и самопочистваща база Clean Base™, където автоматично го разтоварва. Боклукът се съхранява в противоалергична торбичка, поместена в станцията, която побира до 60 контейнера за боклук и не позволява праха и мръсотията да се разнесат обратно във въздуха. Така забравяте за чистене месеци наред. Индикатор в базата сигнализира, когато е време да се смени торбичката. Благодарение на иновативна навигация iAdapt 3.0 с камера роботът може да почиства площи без значение колко големи са те. Използвайки технологията vSLAM®, роботът анализира повече от 230,400 точки в секунда, като посредством технологията за интелигентно картографиране Imprint разпознава стаите. Веднага след като Roomba запази картата в приложението, можете да поставите граници на стаите, да ги наименоувате и да зададете график на почистване. Така имате пълен контрол върху броя почистващи цикли и техните локации. Роботът може да

запаметява до 10 жилищни плана. Благодарение на революционната функция Imprint™ след като Roomba® приключи пражосмученето, изпраща сигнал към Braava®, която тогава започва да забърсва пода. Комбинацията от тези два робота гарантира цялостно почистване на пода и предлага безпрецедентно удобство за почистване на подовите настилки. Роботът разпознава килими, когато се качи върху тях, той автоматично усилва всмукателната мощ. Roomba® следи състоянието на батерията и ако е необходимо се връща на зарядната станция, за да презареди. След като презареди, продължава почистващия цикъл оттам, откъдето е спрял. Така роботът почиства дори и най-големите жилища. Специални сензори, разположени в долната страна на робота, разпознават навреме свободното пространство и предпазват робота от падане по стълби. Roomba® спира, обръща се и продължава почистването в друга посока. Друг водещ производител на пражосмукачки роботи е eufy [51]. Те са производители на серия от роботи пражосмукачки RoboVac, които автоматично могат да увеличават смукателната си мощност до 1300 Pa, когато е необходимо. Освен това могат да усещат препятствия, благодарение на своите сензори, като по този начин избягват сблъсъци или падане. RoboVac може автономно да се презарежда.

Роботи за мокро почистване

Производител на сервизни роботи за мокро почистване е EVERYBOT INC. [52]. Тя е създала роботът Edge™ Robot Mop, който автономно почиства подове. Той може да се движи около препятствия, докато мокрите му

*Фиг.[26]. Сервизен робот пражосмукачка Roomba s9+
Снимка: iRobot [50]*



въртящи се подложки почистват мръсотията. Роботът извършва както движение, така и почистване едновременно с помощта на две подложки за mop с кръгла форма с „технология за динамично въртене“, патентована от EVERYBOT INC. Той почиства пода с налягане от 3,52 lb, създадено от теглото му и бързо въртящите се подложки за mop в непрекъснато движение. Разширението на двете подложки за mop почистват старателно ръбовете и ъглите. Интелигентно почистване - интелигентните сензори по обиколката на робота служат за предотвратяване на сблъсък и падане на вакуума. В допълнение, неговият сензор за осветеност го инструктира да завърши почистването в светлата зона на дома, така че потребителят да може лесно да забележи робота, след като приключи.



*Фиг.[27]. Робот за мокро почистване Edge™ Robot Mop
Снимка: EVERYBOT INC. [52]*

Роботи за почистване на прозорци

Роботите за почистване на прозорци използват силно засмукване за да се задържат на стъклото безопасно за дълго време. Те са снабдени с жирокоп и се движат автономно по планиран път за почистване. Могат точно да запомнят местоположението си, така че да се върнат в първоначалната си позиция, след като е завършено почистването. Изпращат звуков сигнал, ако нивото на батерията спадне. Производители на такива роботи са: NOBOT Technology Inc. [53], Mamibot Manufacturing USA Inc. [54] и други.



*Фиг.[27]. Робот Mamibot W120-T за почистване на прозорци
Снимка: Mamibot Manufacturing USA Inc. [54]*

подходящи за почистване на басейни с плоско дъно, за басейни с малък наклон на дъното или при всякакви форми. Когато батерията е изтощена или операцията по почистване приключи роботът се позиционира близо до стена на басейна. Всеки робот е снабден с филтър и вградена батерия, която в зависимост от модела може да работи в рамките на 50-90 минути.



*Фиг.[28]. Робот за почистване на басейни Seagull
Снимка: Aiper [55]*

Сервизни роботи за доставки в хотели Room service

Роботите за доставки в хотели имат автономно управление, което им позволява да избягват хора и препятствия изпречили се на пътят им при движение. Могат да създават карти, които запаметява за местоположението на асансьорите и стаите за гости. Тези роботи могат самостоятелно да използват асансьора на хотела, а когато батерията им се изтощи автономно я презареждат, отивайки при зарядна станция. Това позволява висока ефективност на работа 24/7 обслужване и поддръжка, имат лесен за употреба потребителски интерфейс, говорят няколко езика, автоматично провеждат телефонни разговори и придружават гостите на хотела. Това води до намаляване на разходите за труд в хотела и до подобряване на ефективността на работа.

Сервизни роботи за почистване на плувни басейни

Aiper [55] е производител на серия от роботи, предназначени за почистване на басейни. Снабдени с мощни двигатели те с лекота изтеглят всякакви чужди тела от листа до насекоми, мръсотия, отломки и камъни. В зависимост от модела на работа могат да са



Фиг.[27]. Сервизен робот за доставки Roomy на TMM Automation

Компании производители на сервизни роботи за доставки, подходящи за хотелиерския бизнес

Keenon Robotics Co., Ltd. [43];
Сервизни роботи Savioke® [56];
Muratec Murata Machinery, LTD. [57];
Techmetics Robotics [58];
TMM Automation [59] и други.

Роботи за телеприсъствие

Роботите за телеприсъствие подобряват грижите за пациентите. Роботите за дистанционно присъствие помагат на възрастните хора да живеят по-дълго в собствените си домове и подобряват грижите за пациентите в болниците. Роботите за телеприсъствие от различни производители помагат на възрастните хора да останат по-дълго в домовете си, като остават свързани с техните полагащи грижи, приятели и семейство. Изображението на отдалечения потребител се показва на екрана и роботът може да се движи наоколо, за да види всичко в близост до него. Повечето от тези роботи се управляват от всяко място със смартфон или компютър и интернет връзка. Членовете на

семейството, приятелите, лекарите и полагащите грижи могат да влизат в работа за телеприсъствие, да го управляват, да взаимодействат с други хора и да изследват околната среда с аудио и видео. Роботите за телеприсъствие се използват все по-често в болниците, за да позволят на лекарите специалисти да се консултират с пациент, без да е необходимо да присъстват физически. Например, Dignity Health е започнала да използва роботи за телеприсъствие за бързо диагностициране на пациенти с инсулт и сега използва машините в отделенията за спешна помощ и интензивно лечение в повечето от своите 32 болници в Калифорния. В много случаи лекарят просто щраква върху картата на болницата и роботът самостоятелно навигира до това място. Кардиолог, който използва робот за телеприсъствие за провеждане на обиколки късно през нощта, намира ползата от това да може да види пациента и понякога да взаимодейства директно с членовете на семейството. Много роботи за телеприсъствие могат да бъдат свързани директно към медицинското оборудване, като ултразвукови машини, за да предоставят на отдалечените лекари

результати в реално време. Понякога роботите се управляват от пациенти. Например, в една китайска болница робот за телеприсъствие се използва като личен асистент на пациента, информира го за следващата им среща за терапия, свързва ги с техния лекар, обажда се на внучката на пациента и пуска радиостанция. Роботите за телеприсъствие също се използват за свързване на дългосрочни пациенти с външния свят. Например детската болница в Сейнт Луис е използвала робот за телеприсъствие, за да отведе млади пациенти с рак на обиколка на Научния център в Сейнт Луис. Друг млад пациент с рак успя да посещава училище чрез робот за телеприсъствие, който го свързва директно с класната стая. Той успя да се движи с робота из класната стая и да активира светлина върху робота, когато иска да задава въпроси и да участва интерактивно в класа.

Производители на работи за телеприсъствие

Giraff [60];

Double Robotics, Робот Double [61];

VGo Robotic Telepresence, Робот VGo [62] и други.



*Фиг.[28]. Източник:
VGo Robotic
Telepresence [62], робот
за телеприсъствие VGo*

02 ДРУГИ ПРИЛОЖЕНИЯ НА НЕХУМАНОИДНИТЕ РОБОТИ

В тази част са описани други приложения на нехуманоидните роботи, които включват работи за рехабилитацията на пациенти с двигателни нарушения, нехуманоидните работи за обучение на деца, работи за селското стопанство и металургията.

Приложения на роботите за рехабилитация

Повечето роботизирани устройства за рехабилитация включват екзоскелети – роботизирани външни скелети, адаптирани за определена част от тялото, свързани с програма, която прехвърля данни от тренировъчната програма към екзоскелета и обратно. Нивото на помощ или сила, предоставена от робота, може да се адаптира и системите се предлагат с предварително програмирани процедури, които могат да бъдат настроени към нивото на мобилност на пациента.

Екзоскелети за рехабилитация на горни крайници

Екзоскелетни работи за рехабилитация на горната част на тялото обикновено се използват за възстановяване на грубите двигателни умения в ръката или ръцете след загубата им поради инсулт или мозъчна травма. Като цяло, роботизирана екзоскелетна ръка, прикрепена към стол и видео екран, позволява на пациентите да извършват движения, насочени от терапевта и/или видео. Някои, като ReoGo™ от Motorika [63], използват роботизиран джойстик.

Първоначално екзоскелетът движи джойстика. С течение на времето, когато пациентът набира сила чрез повтарящи се движения, ръката на пациента контролира независимо движението на джойстика.

Има и ръкавици Sinfonia™ от Gloreha [64] за екзоскелет, насочени към възстановяване на фините двигателни умения на ръцете, например е роботизирана ръкавица, прикрепена към 3D видео система. Подкрепата за движението на ставите на пръстите може да се регулира въз основа на собственото ниво на подвижност на пръстите на пациента. 3D видеоклипове се използват за демонстриране на упражнения, но също и за стимулиране на огледалната функция в мозъка, която предизвиква движение.

Екзоскелети за рехабилитация на долни крайници

Екзоскелетите позволяват на параплегичите да ходят отново. Екзоскелети от различни производители позволяват на хората, които са били в инвалидна количка, да ходят отново, подобрявайки тяхното физическо и психическо здраве.

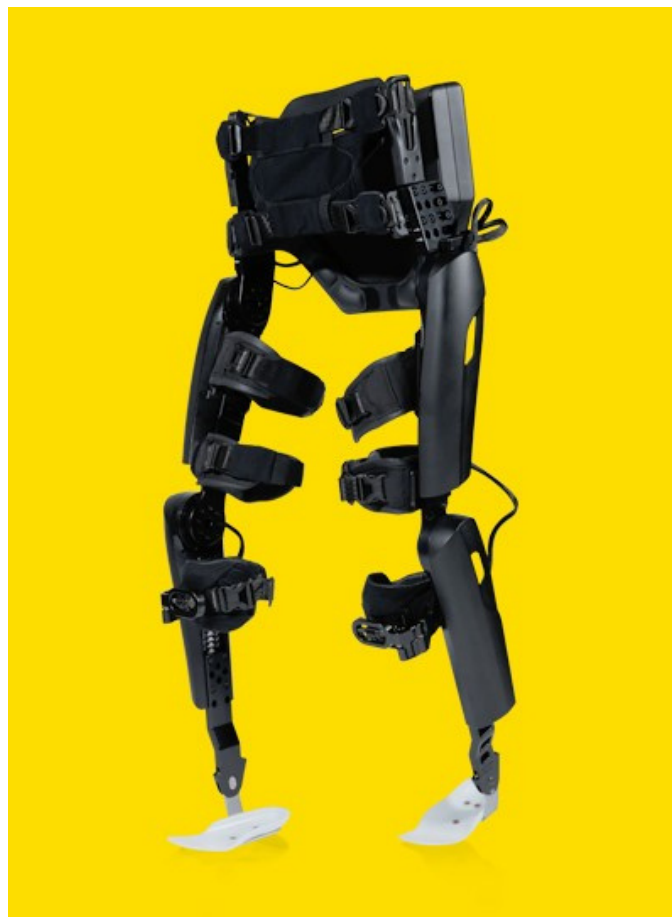
Екзоскелетните работи за трениране на походка често комбинират бягаща пътека - или в някои случаи плочи за крака - и екзоскелет. Lokomat® от Hocoma [65] например е екзоскелет със система за

поддържане на тежестта и регулируеми коленни и тазобедрени стави. Сензорите на екзоскелетните стави събират данни за работата на пациента. Много системи са снабдени с видео упражнения, които мотивират пациентите за постигане на конкретни цели. Не всички роботизирани устройства за обучение на походка изискват екзоскелети. Някои от тях са мобилни рамки или бягащи пътеки с роботизиран колан, който поддържа пациента, докато ходи. Сензорите в колана предсказват и реагират на намерението за движение на пациента, коригирайки опората на бедрата и торса, за да насърчат желаната походка. Една клиника съобщава за 300 % увеличение на ефективността на лечението с помощта на екзоскелет.

Някои системи, като ReoAmbulator™ от Motorika [63], комбинират колан с педали, прикрепени към външна роботизирана рамка, която контролира движението. Производителят на екзоскелети ReWalk Robotics [66] е получил одобрение в САЩ за своята система ReStore™, насочена към пациенти, които не се нуждаят от тежестта им да се поддържа от колан. Състои се от мек, подобен на дреха дизайн, който се свързва с олекотен пакет за кръста и механични кабели, които помагат за повдигане на засегнатия крак на пациента в синхронизирано време с техния естествен модел на ходене.

ReWalk™, от ReWalk Robotics, например, е носещ роботизиран екзоскелет, който осигурява задвижвани движения на бедрата и коленете, за да даде възможност на хора с нараняване на гръбначния мозък да стоят изправени, да ходят, да се обръщат и да се

изкачват и слизат по стълби. ReWalker контролира движението, като използва фини промени в неговия/нейния център на тежестта. Накланянето напред на горната част на тялото се усеща от системата, която инициира първата стъпка. Повтарящото се преместване на тялото генерира последователност от стъпки, които имитират функционалната естествена походка на краката.



*Фиг.[29]. Източник: ReWalk Robotics [66]
Роботизиран екзоскелет ReWalk™*

Сред производителите на роботи за рехабилитация на пациенти са компаниите: Motorika [63], Gloreha [64], Hocoma [65], ReWalk Robotics [66], Reha Technologies [67], Ekso Bionics [68] и други.

Предимства при използване на роботизирани екзоскелети за рехабилитация на пациенти

Екзоскелети от различни производители позволяват на хората, които са били в инвалидна количка, да ходят отново. Това не само подобрява значително психичното им здраве, но също така намалява усложненията от седене в инвалидна количка, като затлъстяване, сърдечно-метаболитни проблеми, рани и влошаване на костите. Той подобрява храносмилателната функция и позволява на много пациенти да намалят или премахнат болкоуспокояващите и свързаните с тях странични ефекти като умора. Едно проучване е установило, че само след пет тренировки хората с параплегия или тетраплегия са били в състояние безопасно да се движат с помощта на задвижван екзоскелет върху различни повърхности. Използването на екзоскелети също подобрява работата на физиотерапевтите, като намалява натоварването и ускорява видимите и измерими резултати за пациентите. Екзоскелетите работи помагат на пациентите да се възстановят по-бързо от инсулт и други неврологични заболявания. Предимството на роботизираните устройства пред упражненията за рехабилитация, ръководени само от терапевт, е, че роботизираното устройство гарантира, че движението се повтаря по абсолютно същия начин всеки път, тренирайки мозъка да даде възможност на мускулите да извършват движенията сами. Повторенията на сесия също обикновено са по-високи при рехабилитация с помощта на работи. Роботите събират данни за представянето на пациента, което позволява на терапевтите и лекарите да оценят точно напредъка. Редица проучвания показват, че способността на работа да подпомага много

точни, повтарящи се движения, означава, че пациентите се възстановяват по-бързо чрез робот-асистирана терапия, отколкото без асистирана [69, 70]. Електромеханично асистирано обучение за ходене след инсулт). Подпомаганата от работи рехабилитация също е по-безопасна както за пациента, така и за терапевта, тъй като от терапевта не се изисква да подкрепя пациента и може да провежда по-прецизни, целенасочени обучителни сесии с подобрени резултати.

Приложение на работи за селското стопанство

Работи за събиране на плодове

Компанията Energid [71] е разработила роботизирана система за събиране на цитрусови плодове с разходи, сравними с тези на човешкия труд. За да се постигне това се използват множество евтини механизми за бране, разположени в решетка. Разположените в решетка механизми за събиране на цитрусови плодове са прости, с две степени на свобода всяка за прицелване и една степен на свобода при удължаване. Удължаващите се части на механизмите за бране нямат задвижващи механизми и сензори, което ги прави здрави, лесни за производство и лесни за подмяна. Организирането на механизмите за бране в решетка позволява камерите, използвани за локализиране на плодове за бране, да бъдат организирани в интегрирана решетка, здраво закрепена към носещата конструкция. Тази система се управлява с помощта на електрически двигатели (по два на механизъм за събиране) и механизма се удължава с помощта на пневматика. Тестван е в портокалова горичка във Флорида с помощта

на преносим генератор и въздушен компресор. За полеви тестове системата за бране е монтирана на четириосово хидравлично рамо, монтирано на дизелов камион. Това е показано по-долу. Хидравличното рамо позволява на оператора да придвижва берача чрез сканиращо движение по повърхността на citrusовите дървета, докато системата за бране автоматично намира и премахва портокалите в зоната, която може да се види от камерите.

Видеоклип за работа на роботизираната система за бране на citrusови плодове в портокалова горичка във Валенсия [71]:

<https://www.energid.com/industries/agricultural-robotics>



Фиг.[30]. Източник: Energid [71], <https://www.energid.com/>

Основните резултати от проучванията на прототипа на тази роботизирана система са показали, че тя работи ефективно:

Скоростта на бране 2-3 секунди на портокал;
Процентът на бране приблизително 50%;
Прецизност приблизително 80%.

Тези резултати са постигнати с механизми за бране, чието изграждане струва по-малко от \$10, което дава икономичен път напред за машинно събиране на citrusови плодове. Компанията AGROBOT [72] е разработила роботизирана система за събиране на ягоди

Основните технически характеристики на системата:

Адаптивна конфигурация: до 24 независими роботизирани ръце. Гъвкавата платформа се вписва във всяка селскостопанска конфигурация.

Висока надеждност: изработен от неръждаема стомана и военен клас алуминий, този робот с електрическо задвижване може да работи стабилно с висока степен на прецизност. Неговата самостоятелна децентрализирана архитектура на роботизираните ръце го прави особено лесен за настройка и поддръжка.

Елементи на изкуствен интелект в реално време: вградени сензори за цвят и инфрачервени дълбочинни сензори с малък обхват за улавяне на всички детайли. Модули за графична обработка помагат да се оцени зрелостта на плодовете.

Нежно събиране на ягодите: Събиращите роботизирани ръце не контактуват с плодовете. Роботизираните ръце захващат и отрязват стъблото и след това ягодите се поставят в полевия контейнер за по-късно опаковане в потребителския контейнер.

Активна безопасност: LiDAR сензори се грижат за безопасността на работници, намиращи се в околната среда. Виртуален периметър спира роботизираният събирач на ягоди, ако бъде пресечен.

Фиг.[31]. Източник: AGROBOT [72]
Роботизирана ръка за събиране на ягоди



Специализиран за бране на ягоди робот е разработен от компанията OCTINION [73]. Този автономен робот с име Rubion намира своя път през културата, бере плодове без да наранява ягодите. Благодарение на вградения мониторинг за качеството, роботизираната система позволява сортиране, усъвършенствано наблюдение на реколтата и прецизно земеделие. Роботизираната ръка бере плодовете и ги сортира.

Автономен робот, разработен в Monash University [74], способен да идентифицира, бере и поставя ябълки.

След направени полеви тестове с ограничение на работа до половината от максималната му скорост, средната скорост на прибиране на реколтата е била 12,6 секунди на ябълка. При опростени сценарии за взимане и пускане времето на цикъла е намалено до приблизително девет секунди. Използвайки скоростта на капацитета на работа, времето за бране на отделните ябълки може да спадне до само седем секунди. За да се увеличи успеваемостта и да се намалят щетите върху продукцията по време на процеса на прибиране на реколтата, е необходима информация за формата, местоположението и ориентацията на клона. За да се противопоставят на този проблем изследователите са създавали алгоритъм за планиране на движението, включващ бързо генериране на траектории без сблъсък, за да се сведе до минимум времето за обработка и движение между ябълките, намаляване на времето за бране и увеличаване на броя на

ябълките, които могат да бъдат събрани на едно място. Системата за зрение на робота може да идентифицира повече от 90% от всички видими ябълки, които се виждат в полезрението на камерата от разстояние приблизително 1,2 m. Системата може да работи при всякакви видове осветление и метеорологични условия, включително интензивна слънчева светлина и дъжд, и отнема по-малко от 200 милисекунди, за да обработи изображението на ябълка. Този роботвключва мобилна платформа и индустриална роботизирана ръка (UR5) с мек краен ефектор (хващач) [75].

Компанията AppHarvest [76] е разработила работи за събиране на зрели домати. Те могат да бъдат конфигурирани да идентифицират и прибират множество култури с различни размери. Тава се дължи на набор от данни от изображения на домати, което им позволява да идентифицират повече от 50 разновидности на различни етапи на зрялост. Всеки робот използва набор от камери, комбинирани с инфрачервен лазер, за да генерират 3D цветно сканиране на областта, за да се определи работата, която може да извърши. След като картографира домати, роботът преценява тяхната ориентация и определя дали са достатъчно узрели за бране. Сканирането позволява на робота да намери най-малко препятстващия и най-бърз маршрут за събиране на реколтата преди пристигането на роботизираната ръка и захвата. Всеки робот може да бъде програмиран да прави и други оценки на качеството. Той може да идентифицира стотици домати за част от секундата, без да се налага да се свързва с облак, плюс поддържа резултата от своя успеваемост като видео игра. Вграденият механизъм за обратна

връзка постоянно оценява неговата ефективност, така че роботът се научава как най-ефективно да прибира всяка дадена конфигурация от плодове.

Компанията Tevel Aerobotics Technologies [77] е разработила летящи автономни роботи за бране на плодове (авокадо, портокали, ябълки). Патентована платформа на Flying Autonomous Robots съчетава авангардни алгоритми, елементи на изкуствен интелект и анализ на данни. Съдържа алгоритми за възприемане, необходими за проследяване на плодовете и обединяване на данни. Алгоритмите за наблюдение се използват за откриване на плодовете, листата и други обекти. Те включват и класификация на плодовете (размер, зрялост и др.). Алгоритмите за маневриране се използват за оптимално планиране и изпълнение на траекторията на летящия робот. Алгоритми за стабилизиране се използват за балансиране на силите, приложени върху робота от листата и плодовете. Алгоритми за оптимизиране на управлението на групата от летящи роботи за прибиране на реколтата въз основа на данни за овощните градини.

Компанията Ripe Robotics [78] е разработила робот – “EVE” от последно поколение. Провеждани са опити с него за бране на ябълки, портокали и сливи. Роботът взема плодовете от дървото и ги разпределя в контейнер. Той използва мека система за засмукване, за да сведе до минимум щетите на плодовете на дървото, увеличавайки стойността на продукцията в сравнение с човешкия труд. Роботът съдържа елементи на изкуствен интелект и е свързан с облак, за да може да се проследява напредъка му.

Прототип на мобилен колесен робот за бране на грозде снабден с манипулатор е

описан в [79].

Роботи за бране на домати

Компанията inaho [80] е разработила напълно автоматизиран робот за събиране на домати за закуска. Роботът използва алгоритъм с елементи на изкуствен интелект за идентифициране на зрелите плодове по цвят и размер. Усъвършенстваният алгоритъм анализира местоположението, размера и зрелостта на плодовете. Работи до 12 часа с едно зареждане. Работи денем и нощем. SLAM, RTK GPS и сензорните технологии позволяват стабилна, мобилна автономна навигация на закрито и на открито. Брането на домати се извършва с роботизирана ръка.

Компанията Panasonic [81] също предлага робот за събиране на домати. Роботът се движи по релса, която е положена между редовете на доматиения разсад, за да прибере доматиите. Роботът е оборудван с камера, която има функция за разпознаване на изображения. Той използва това, за да намери доматиите и да определи дали трябва да бъдат събрани или не. По този начин той определя маршрута за работа и приближава краен ефектор до домата за прибиране на реколтата. Той прокарва целевия домати през пръстен, след което го дърпа. Чрез натискане на първичния крайник (наречен дръжка), доматиът се бере, сякаш се хваща с ръка, и се пуска в джоба отдолу. Понастоящем прибирането на реколтата се извършва с темп от един домати на всеки шест секунди. Тъй като хората могат да берат по един домати на всеки 2-3 секунди, хората са по-бързи, но хората могат да работят само за около 3-4 часа. От друга страна, роботите за прибиране на домати могат да работят 10 или повече последователни часа, а могат да работят и

през нощта, така че фермата смята, че тази скорост е достатъчна за тях. Един от проблемите при разработването на робота за прибиране на домати беше способността да се прецени степента на зрялост за правилно прибиране на реколтата. За да се постигне това, вниманието беше насочено към промените в цвета. Доматите започват зелени и постепенно стават червени, докато узреят. С оглед на това е разработена система, която позволява на доमतите да бъдат записани и сравнени с цветни проби, произведени от фермата, за да се определи тяхната зрялост. Цветовата проба може да се задава свободно. Ако производителят иска да намали малко зрелостта, за да увеличи количеството на продукцията, може просто да промени настройката, така че да е по-близо до зеления диапазон от нормалното. Роботите за събиране на домати могат да избират и берат домати с определени цветове през нощта с помощта на светкавица. Те продължават да работят през нощта автономно в под тези мигащи светлини.

Роботи за плевене

Компанията Naïo Technologies [82] е разработила робот за плевене - Dino, подходящ за плевене на големи мащаби в зеленчукови култури. Dino навигира автономно в полето с прецизен обхват от 2 cm благодарение на система за насочване, която комбинира информацията от RTK GPS и други сензори. Dino открива редове с култури и настройва инструментите, за да плеви възможно най-близо до растенията. Работи върху маруля, лук, моркови, пашърнак, зеле, праз, карфиол, различни билки (чесън, кориандър, мента и т.н.). Лесният за използване е приоритет за екипа на Naïo

Technologies. Благодарение на интуитивния си потребителски интерфейс, Dino е лесен за използване, като същевременно е оборудван с множество системи за безопасност. Снабден е с инструментите култов паралелограм, V-образни остриета за окопаване, остриета от L-ножове за окопаване и пръсти за окопаване. Роботът работи с електрически батерии, може да обработи до 10 акра на ден, автономна работа от 8 до 10 часа върху множество зелени и червени култури.

Роботи за кравеферми

Компанията Lely [83] е автоматизирала доенето на крави чрез роботизация. За тази цел от дистанция се следи дали позицията на кравата е правилна. Роботът има възможност да доставя четири вида фураж на кравата. За осигуряване на хигиена и стимулиране на кравата се използват четки за почистване. Следва процес на сканиране, леко и бързо. Роботът използва пулсационна система Lely при доене. Чашките от роботизираното устройство за доене се отстраняват поотделно, след което се извършва хигиенизиране. Други компании, която предлага роботизиране на доенето на крави е DeLaval [84] и GEA [85]. Роботи на компанията GEA [85] са инстлирани от „Фарм Технолоджи“ ООД [86] в България във фамилна ферма от Нова Загора.

Приложения на работи за обучение

Роботите са чудесно средство за обучение чрез тях ученици, студенти или докторанти могат да се научат да програмират или да подобрят уменията си, посредством управлението на работи. Освен това, изучавайки механичните и електронни

компоненти на робота те разширяват познанията си в областта на точните науки: математика и физика. Има роботи за обучение на деца в предучилищна възраст, които лесно се управляват от децата и под форма на игра с него придобиват полезни знания. Роботи се използват и за обучение на деца със специални образователни потребности чрез използване на игрови сценарий, чиято цел е да се преодолее някакво затруднение, което изпитва детето.

Роботи за деца в предучилищна възраст

Образованието в ранна детска възраст изгражда основата за учене през целия живот, благополучие и подготовка за основно образование. Той се фокусира върху социалните, емоционалните, когнитивните и физическите нужди за развитие на младите ученици. Социалното емоционално развитие е една от ключовите точки на развитие за ранните години. Положителните преживявания в техните взаимодействия играят голяма роля за здравословното, социално и емоционално развитие. В тази връзка компанията Makeblock [87] е проектирала робот mTiny с мисълта за Теорията на множеството интелигентности. Логическото мислене и уменията за решаване на проблеми могат да се развият чрез интерактивни игри, които наистина ангажират малките деца на нивото и темпото, на което са способни. mTiny е робот за ранно образование, с контролер за докосване, който въвежда компютърното програмиране в живота на децата. Кодиращите карти и различни интерактивни тематични карти водят детето през изследване, пространствено възприятие и творчество,

използвайки силно интерактивни, стимулиращи и забавни групови игри. Осезаемо програмиране без екран въвежда най-малките ученици в света на програмирането чрез карти за кодиране без устройства и тематични карти. Учащите се потапят в програмирането, създавайки алгоритми в процес стъпка по стъпка, докато развиват своите умения за решаване на проблеми и изчислително мислене, за да решат задача и да постигнат целта си. mTiny е изключително интерактивен образователен инструмент за развитие на социални и емоционални умения, който използва разнообразната си личност, за да се ангажира с ученика чрез звук, движение, светлина и много изразителни очи. mTiny Discover е подходящ за изучаване на социално-емоционални умения, лингвистика, математика и много други. Учащите се ще практикуват своето логическо мислене и умения за решаване на проблеми чрез интерактивни уроци без екран, разработени да отговорят на специфичните им нужди. mTiny Discover ще ангажира вашите ученици със забавно, уникално изживяване, което включва робот панда, контролер за писалка, интерактивни карти, карти за кодиране и възможност за рисуване и създаване на музика.

Фиг.[32]. Източник: Makeblock [87]

Източник: AGROBOT [72]

Роботизирана ръка за събиране на ягоди



Компанията Robobloq [<https://www.robobloq.com/>] е създала робот, който прилича на охлюв, който може да пее, да танцува, да чете, да се движи, да свети с различни светлини и да изпълни различни кодови инструкции. Децата могат да помогнат на Qobo да намери скъпоценен камък чрез създаване на различни пътеки с помощта на 30-те карти за програмиране. Освен това получават книжка с 15 учебни урока и предизвикателства, както и карта, която да насочва Qobo, докато използвате безплатен режим. Създаден да задейства интересите към ученето, Qobo подчертава взаимодействието и практическите способности по време на играта, позволявайки на децата да бъдат проактивни при решаването на проблеми и да мислят самостоятелно. Усъвършенствана функция на Qobo позволява на децата да имат високо ниво на програмно обучение чрез кодиране с цветни модули при свързване на Qobo с компютър.



Фиг.[33]. Източник: Robobloq [88]

Компанията Wedraw [89] предлага образователен робот WEDRAW Eggy, проектиран за деца да учат азбуката, броенето и рисуването по интерактивен начин.



Фиг.[34]. Източник: Wedraw [89] [88]

Компанията Contixo [90] предлага мини робот R1, който умее да говори, да пее и да танцува. Този робот осигурява часове забавление и образование, като представя на децата роботиката и напредналите технологии. Може да се контролира движението на робота с гласови или сензорни команди. Роботът R1 може да запише до 8 секунди гласово съобщение и да го възпроизвежда. Настроението на R1 робота се показва от цветните му очи, то се променя в зависимост от задаваните въпроси.



Фиг.[35]. Източник: Contixo [90]

Learning Resources® [91] предлагат робот Botley® за кодиране в класната стая с учебни ресурси, от които учителите се нуждаят, за да представят основите на ранното кодиране на ученици на 5-годишна възраст. Botley

преподава уроци по кодиране, които нарастват с уменията на учениците чрез 100% игра без екран, без приложения, таблет или телефон. След като овладеят основните команди за кодиране, учениците могат да използват разширените функции на Botley - включително откриване на обекти, команди за цикъл и режим на следене на черна линия - за да му помогнат да се движи през маршрути с препятствия, да решава пъзели с верижна реакция или да пътува около класната стая. В допълнение към изграждането на умения за ранно кодиране, Botley също помага на учениците да овладеят логика, критично мислене и други STEM умения.



Фиг.[36]. Източник: Learning Resources® [91]

Роботи за ученици

Wonder workshop [92] предлага робот Dash, подходящ за деца на възраст 6+. Децата могат да гледат как тяхното виртуално кодиране се превръща в осезаемо изживяване от обучение в реално време, докато Dash, със своята производителност и множество сензори, взаимодейства и реагира на заобикалящата среда. Роботът е с програмируеми светодиоди и бутони. Има инфрачервен излъчвател и приемник за да намери и взаимодейства с други роботи. Управлява сложни взаимодействия между актуаторите и сензорите – акселерометър, жirosкоп и колесни енкодери. Осъществява

бърза навигация и проследява разстояние на почти всяка повърхност. Комуникацията е Bluetooth, подходящ е за управление с мобилни устройства, поддържащи Apple iOS, Android и Kindle. Съдържа 3 микрофона и високоговорители.



Фиг.[37]. Източник: Wonder workshop [92]

За по-напреднали ученици на възраст 11+, Wonder workshop [92] предлагат робот Cue, който е предназначен за деца, които се интересуват от кодиране. Cue ще им помогне да преминат от код, базиран на блокове, към програмиране.

Компанията KEYi Technology [93] предлага робот ClicBot, подходящ за STEM обучение на ученици на възраст над осем години. Роботът е създаден на модулен принцип. Без проводници, без гайки, без винтове, частите на ClicBot са много прости и се свързват чрез щракване по между им. Частите на робота са: мозък, (централно хранване и станция за управление на ClicBot) става, колело, скелет, хващач, интелигентен крак, вендуза, стойка, държач за телефон, сензор за дистанция, хващач и заключвател за подсилване на връзката между два модула. Има повече от петдесет предварително дефинирани форми на робота. Той танцува, състезава се, ходи, може да играе без кодиране, да сервира и други. Роботът има интерактивно поведение

и може да се държи като домашен любимец. За напреднали потребители, ClicBot е напълно контролиран с просто плъзгане и пускане кодиране, базирано на Google Blockly. С личен редактор могат да се добавят 100 предварително проектирани емоции на ClicBot.



Фиг. [38]. Източник: KEYi Technology [93]

Компанията Sphero [94] предлага робот Sphero Mini, който е удобен за начинаещи бот, чудесен за управление, игри и преподаване на основите на кодирането и компютърните науки. Начините на кодиране са Sphero Edu: Код, използващ рисуване, блокове или JavaScript. Достъп до 1000 дейности и управление на вашата класна стая. Работи с Chrome, Mac, PC, iOS, Android, Kindle. Кодиране чрез Sphero Play: Децата използват блаково управление за въведение в програмирането с цветни блокове. Работят с операционни системи iOS, Android, Kindle.



Фиг. [39]. Източник Sphero [94]: Робот Sphero Mini

Роботи конструктори

Компанията LEGO® [95] предлага конструктори за роботи играчки. Конструкторът LEGO BOOST е подходящ за деца на възраст 7-12 години, докато LEGO MINDSTORMS е подходящ за деца на възраст 10+. С яркия и цветен комплект LEGO® BOOST Creative Toolbox децата получават гравивни части: тухли, елементи и инструкции за изграждане на пет различни робота: котка, китара, камион, производител на мини-роботи и подобен на дроид робот на име Верни. В безплатното приложение за програмиране ще намерите още повече инструкции за рамкови модели, за да позволите на вашето дете да проектира и изгради свои собствени роботи, животни, същества и всичко друго, което може да си представи. Кодиращите блокове в приложението за програмиране работят за всеки модел. Приложението също така включва забавни, игриви предизвикателства за програмиране за 1, 2 или повече участници, за да вдъхновят творческо мислене и решаване на проблеми чрез игра. LEGO® BOOST позволява на децата да създават модели с двигатели и сензори и след това да оживяват своите творения чрез прости команди за кодиране, базирани на икони. Безплатното приложение за таблет LEGO BOOST включва лесни инструкции за изграждане стъпка по стъпка за създаване и кодиране на многофункционални модели.

Фиг. [40]. BOOST
Източник: LEGO [95]





Фиг.[41]. MINDSTORMS Източник: LEGO [95]

Роботи за подпомагане обучението на деца със специални образователни потребности

Роботите са подходящо средство за подпомагане обучението на някои деца със специални образователни потребности. В научната литература има голям брой публикации за използването на роботи за обучение на деца с аутизъм. Кеерон [96] е робот с височина 25 см с форма на снежен човек. Има меко, жълто гумено тяло с две очи с мъниста и черен нос. Четири двигателя управляват задвижването на четири степени на свобода за да накарат тялото да се накланя от едната страна на другата и отпред назад, нагоре и надолу и панорамно или завъртане на основата му. Режимът на докосване реагира при човешки докосвания и танцов режим танци в синхронен ритъм с музика.



Емоционално-експресивен робот с цел обучение на емоции за деца със специални образователни потребности е създаден от български учени [97]. Роботът представлява глава, чиито движения се реализират от паралелен робот, базиран на платформата Gough-Stewart. Роботът може да променя изражението на лицето си чрез движения на веждите и визуална промяна на очите.

Робот играчка Pleo и нейната подобрена версия Pleo rb с визия на динозавър е създаден от компанията Innvo Labs [98]. Цената на робота е публикувана на сайта на компанията Innvo Labs. Роботът има 14 степени на свобода, снабден е с камера (за откриване на светлина и навигация), два микрофона, може да разпознава звук и специално за него музика, на която да танцува, притежава тактилни сензори, разположени при главата, брадичката, раменене, гърба, краката, има четири сензора в основата на крака, четиринадесет сензора за силова обратна връзка, по един на става, сензор за накланяне за ориентация за позицията на тялото, инфрачервен сензор при устата за откриване на обекти в нея, има двупосочна инфрачервена комуникация с друг Pleo робот и инфрачервено откриване на

Фиг.[42]. Кеерон [96], роботът, подобен на същество, осъществяващ зрителен контакт и съвместно внимание с човешкия взаимодействащ агент.

външни обекти. В публикация [99], авторите са използвали робот Pleo за изследване на социалното поведение на деца с аутизъм по време на три традиционни взаимодействия с възрастен съдружник и партньор за взаимодействие, където партньорът за взаимодействие варира произволно между (1) друг възрастен човек, (2) компютърна игра със сензорен екран и (3) а социален робот динозавър. Авторите на изследването правят извода, че социалният робот увеличава социалното взаимодействие с друг човек, повече от възрастен или компютърна игра. Тези открития предполагат, че роботите, с подходящо клинично ръководство, могат да направят полезни добавки към интервенциите за комуникация и социални умения, като улесняват социалното взаимодействие с възрастен [99].

Цитирани източници и хипервръзки:

- [1] In: MEDS Medical electronic device solutions, article, 2011, Aethon's TUG Robots Designed to Look Like a Train as They Deliver Food to Sick Children Throughout the Hospital <https://medsmagazine.com/>
- [2] IFR, International Federation of Robotics: <https://ifr.org/>
- [3] Дюлгеров, В. „Роботизирани модули и системи“, Държавно издателство „Техника“, София, 1989, стр. 267.
- [4] Нови и втора употреба индустриални роботи KUKA <https://bgrobots.com/bg/>
- [5] KUKA, <https://www.kuka.com/>
- [6] ABB, Welcome to the Robotics WebShop, <https://webshop.robotics.abb.com/>
- [7] СТАМН, <https://stamh.com/>
- [8] СПЕСИМА ООД, <https://www.spesima.eu/bg/>
- [9] ЯМАНА, Yamaha Motor Co., Ltd., <https://global.yamaha-motor.com/>
- [10] #HowToRobot, Top 12 Industrial Robot Applications and Uses, <https://www.howtorobot.com/>
- [11] FESTO, www.festo.com
- [12] EPSON, <https://epson.com/>
- [13] Omron Automation, <https://automation.omron.com/en/us/>
- [14] IAI, Intelligent Actuator, Inc., <https://www.intelligentactuator.com/>
- [15] Cartesian Robotics, <https://cartesianrobotics.xyz/>
- [16] FANUC TM, <https://www.fanuc.eu/bg/bg>
- [17] DENSO robotics, <https://www.densorobotics.com/>
- [18] Yaskawa, <https://www.yaskawa.com/>
- [19] DELTA, <https://www.deltaww.com/en-US/index>
- [20] Wikipedia, <https://www.wikipedia.org/>
- [21] Warsonco, <https://www.warsoncorobot.com/>
- [22] Kawasaki Robotics, <https://robotics.kawasaki.com/>
- [23] Milagrow, <https://milagrowhumantech.com/>
- [24] Siemens, <https://new.siemens.com/>
- [25] Aucma, <http://www.aucmaoverseas.com/index.php>
- [26] Keenon Robotics Co., Ltd., <https://www.keenonrobot.com/EN/>
- [27] UVD Robots® дъщерно дружество на Blue Ocean Robotics, <https://uvd.blue-ocean-robotics.com/>
- [28] Akara Robotics Ltd., <https://www.akara.ai/>
- [29] UVCLight.co.uk, Warrington Robotics Ltd., <https://www.uvclight.co.uk/>
- [30] Finsen Tech, <https://www.finsentech.com/>
- [31] Tru-D SmartUVC, <https://tru-d.com/>
- [32] Xenex Disinfection Services Inc., <https://xenex.com/>
- [33] Taimi Robotics Technology Co.Ltd., <http://www.tmirob.com/>
- [34] ANYbotics, <https://www.anybotics.com/>
- [35] Continental, <https://www.continental.com/>
- [36] AMAZON, <https://www.amazon.com/>
- [37] Starship Technologies, <https://www.starship.xyz/business/>
- [38] NURO, <https://www.nuro.ai/>
- [39] Eliport, <https://eliport.com/>
- [40] KIWI CAMPUS INC., <https://www.kiwibot.com/>
- [41] Yandex, <https://yandex.com/>
- [42] Bear Robotics, <https://www.bearrobotics.ai/>
- [43] Keenon Robotics Co., Ltd., <https://www.keenonrobot.com/>

Цитирани източници и хипервръзки:

- [44] AIBAYES, <https://www.bysbot.com/>
- [45] Shenzhen Reeman Intelligent Equipment Co., Ltd., <https://www.reemanrobot.com/>
- [46] ST Engineering, Aethon, Inc., <https://aethonic.com/>, F., Paul, R., & Scassellati, B. (2013). Social Robots as Embedded Reinforcers of Social Behavior in Children with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43, 1038-1049.
- n.com/
- [47] Swisslog Healthcare, <https://www.swisslog-healthcare.com/>
- [48] PAL Robotics, <https://pal-robotics.com/>
- [49] Mobile Industrial Robots MiR, <https://www.mobile-industrial-robots.com/>
- [50] iRobot, <https://www.irobot.bg/>
- [51] eufy, <https://us.eufylife.com/>
- [52] EVERYBOT INC., <https://everybot.global/>
- [53] HOBOT Technology Inc., <https://www.hobot.com.tw/>
- [54] Mamibot Manufacturing USA Inc., <https://www.mamibot.com/>
- [55] Aiper, <https://aiper.com/>
- [56] Сервизни роботи Savioke®, <https://www.savioke.com/>
- [57] Muratec Murata Machinery, LTD., <https://www.muratec.net/>
- [58] Techmetics Robotics, <https://www.techmetics-group.com/>
- [59] TMM Automation, <http://www.tmmautomation.com/> Robot Roomy
- [60] Giraff, <http://www.giraff.org/>
- [61] Double Robotics, <https://www.doublerobotics.com/>
- [62] VGo Robotic Telepresence, <https://www.vgocom.com/>
- [63] Motorika, <https://motorika.com/>
- [64] Gloreha, <https://www.gloreha.com/>
- [65] Hocoma, <https://www.hocoma.com/>
- [66] ReWalk Robotics, <https://rewalk.com/>
- [67] Reha Technologies, <https://www.rehatechnology.com/>
- [68] Ekso Bionics, <https://eksobionics.com/>
- [69] Kim, G., Lim, S., Kim, H., Lee, B., Seo, S., Cho, K., & Lee, W. (2017). Is robot-assisted therapy effective in upper extremity recovery in early stage stroke? -a systematic literature review. *Journal of physical therapy science*, 29(6), pp. 1108–1112. <https://doi.org/10.1589/jpts.29.1108>
- [70] Mehrholz J, Thomas S, Werner C, Kugler J, Pohl M, Elsner B. Electromechanical-assisted training for walking after stroke. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017 May 10; 5(5):CD006185. doi: 10.1002/14651858.CD006185.pub4. Update in: *Cochrane Database Syst Rev*. 2020 Oct 22;10:CD006185. PMID: 28488268; PMCID: PMC6481755.
- [71] Energid, <https://www.energid.com/>
- [72] AGROBOT, <https://www.agrobot.com/>
- [73] OCTINION, <http://octinion.com/>
- [74] Monash University, <https://www.monash.edu/>
- [75] Wang, X., Kang, H., Zhou, H., Au, W., & Chen, C. (2022). Geometry-aware fruit grasping estimation for robotic harvesting in apple orchards. *Computers and Electronics in Agriculture*, 193, [106716]. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106716>, p. 9.
- [76] AppHarvest, <https://www.appharvest.com/>
- [77] Tevel Aerobotics Technologies, <https://www.tevel-tech.com/>
- [78] Ripe Robotics, <https://www.riperobotics.com/>

Цитирани източници и хипервръзки:

- [79] Vrochidou, E., Tziridis, K., Nikolaou, A., Kalampokas, T., Papakostas, G. A., Pachidis, T. P., Kaburlasos, V. G. (2021). An Autonomous Grape-Harvester Robot: Integrated System Architecture. *Electronics*, 10(9), 1056, pp 1-22.
- [80] inaho, <https://en.inaho.co/>
- [81] Panasonic, <https://news.panasonic.com/>
- [82] Naïo Technologies, www.naio-technologies.com
- [83] Lely, <https://www.lely.com/>
- [84] DeLaval, <https://corporate.delaval.com/>
- [85] GEA, <https://www.gea.com/>
- [86] „Фарм Технолоджи“ ООД, <http://farmtech.bg/>
- [87] Makeblock, <https://education.makeblock.com/>
- [88] Robobloq, <https://www.robobloq.com/>
- [89] Wedraw, <https://www.wedraw.us/>
- [90] Contixo, <https://www.contixo.com/>
- [91] Learning Resources®, <https://www.learningresources.com/>
- [92] Wonder workshop, <https://www.makewonder.com/>
- [93] KEYi Technology, <https://keyirobot.com/>
- [94] Sphero, <https://sphero.com/>
- [95] LEGO®, <https://www.lego.com/>
- [96] Kozima H, Nakagawa C, Yasuda Y. Interactive robots for communication-care: A case-study in autism therapy. Paper presented at: 2005 IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication; 13–15 August 2005; Nashville, TN. <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2005.1513802>
- [97] P. Dachkinov, T. K. Tanev, A. Lekova, D. Batbaatar and H. Wagatsuma, "Design and Motion Capabilities of an Emotion-Expressive Robot EmoSan," 2018 Joint 10th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems (SCIS) and 19th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS), 2018, pp. 1320-1326, doi: 10.1109/SCIS-ISIS.2018.00207.
- [98] Innvo Labs, <https://www.pleoworld.com/>
- [99] Kim, E.S., Berkovits, L.D., Bernier, E.P., Leyzberg, D., S