


INTELLIGENT MANUFACTURING SYSTEMS IN ENGINEERING


Abstract: Intelligent system is this system, which has its primary purpose, as well as senses and actuators. To achieve your goals she chooses action based on their experience and knowledge and can be self-educated. Intelligent systems are also Computer Systems, who think rationally. The definition is related with artificial intelligence.

Author information:


Lubka Gospodinova

Eng.
 Bulgaria

Plamen Dyankov

Associate Professor, DSc, Eng.
Lecturer at Department of Engineering Logistics
At Konstantin Preslavsky – University of Shumen
✉ p.dqnkov@shu.bg
 Bulgaria

Mariela Velikova

PhD student
 Bulgaria

Keywords:

algorithms, high-tech solutions, industrial robots

Интelligentните системи имат три основни свойства. Получават информация от външна за тях среда, могат да помнят предишни събития и на базата на първите две свойства, взимат решения и реагират спрямо съответната ситуация. Фундаментална функция за интelligentните системи е тази на влияние – отговор. По подобие на хората и животните, една интelligentна система може да реагира изборително, спрямо ситуацията и търсените резултати. Паметта с която разполага интelligentната система и дава възможност да научава нови правила на поведение, като по този начин тя има възможност да се адаптира и усъвършенства. Важни елементи за пълното функциониране на интelligentната система са: енергия, тяло, процесор, сензори за възприемане на външната среда, методология на взимане на решения и памет. *Основни предимства* спрямо програмираните интelligentни системи са:

- умение за адаптиране и оцеляване;
- любопитство, възможност за придобиване на нови знания;
- копиране на други интelligentни системи.

Свойства на съвременните интelligentни системи:

- *свързани* – постоянно споделят данни с хора, помежду си и в клауд (на английски: *cloud*) среда

- *защитени* – благодарение на съвременните алгоритми за криптиране на информация

- *управляеми* – позволява да бъдат усъвършенствани, диагностицирани и поправяни от разстояние

- *интелигентни* – извличат голямо количество данни, могат да я анализират и предприемат действия

Примери за интелигентни системи са: компютър, роботи, кухненски уред, съвременен автомобил и други. На прага на четвъртата индустриална революция предприятията в машиностроителния сектор са изправени пред предизвикателството да подобрят оперативната ефективност и качеството на продукцията си, същевременно редуцирайки производствените разходи и цикли. За да постигнат тези цели, много компании внедряват високотехнологични решения за автоматизация и гъвкави роботизирани системи, които значително оптимизират машиностроителните операции и покриват високите стандарти на модерни концепции за интелигентно производство като Industry 4.0, Smart Industry и Smart Manufacturing. На пазара се предлагат широка гама индустриални роботи, проектирани специално за приложения в машиностроенето - монтажни, обработващи и заваръчни роботи, роботи за обслужване на обработващи машини, роботи за изпълнение на различни спомагателни технологични операции, като боядисване, нанасяне на покрития, лепила и уплътнители, роботи за автоматизирана манипулация с материали, за междуоперационен транспорт и т. н.

От съществено значение е 3D дигитализацията в интелигентните производства. Все по-малко човешки труд се среща в съвременното производство. Бъдещето обаче е свеждането до минимум на човешката мисъл при вземането на важни и недвусмислени решения в процеса на работа [5], [6].

Предимствата на безконтактните методи за 3D сканиране са:

- няма физически контакт;
- информацията бързо се преобразува в цифров вид;
- добра точност и резолюция при приложения без специални изисквания;
- възможност за регистриране на различни цветове;
- възможност за сканиране на много детайлни обекти, за които контактните методи са неприложими поради невъзможност за осъществяване на контакт (липса на място).

Наред с предимствата са и следните недостатъци:

- възможни ограничения за оцветени, прозрачни или повърхности с отблясъци;
- ниска точност.

В съвременните системи за интелигентно управление на технологични обекти се използва IP управлението. Общите черти на глобалната мрежа Интернет и локалните компютърни мрежи предопределят нови възможности за информационен обмен и разпространение на информация, което води до възникването на новите подходи за събиране, обработка и представяне на измервателната информация. Типични примери са устройствата за разпределено наблюдение и управление, както и визуализацията на данни или резултати от различни места [7]. Интернет има обаче и своята негативна страна. В света на киберсигурността на бял свят се излагат техники, използвани от киберпрестъпниците за комуникация, сътрудничество и участие в злонамерени дейности спрямо изпълнителните обекти. Нужно е по-добро разбиране на този „подземен свят“ и начините за предпазване от кибервредители [8].



Фиг.1. 3D принтиране



Фиг.2. Металообработващ робот

Интелигентни роботизирани системи

Роботизираните системи намират приложение във всички подотрасли на машиностроителния бранш, както и във всички етапи на производството, като металообработка, заваръчни операции, манипулиране с материали, части и компоненти, нанасяне на покрития, монтаж на възли и асемблиране на цели машини, визуална инспекция и др. Индустриалните роботи заместват човека при изпълнението на все повече тежки, опасни или повтаряеми операции в автомобилостроенето, транспортното и инвестиционно машиностроене, електронното и електротехническо машиностроене, производството на медицинско оборудване и битови електроуреди, производството на машини, оборудване и съоръжения за тежката и леката индустрия, както и за отраслите на машиностроенето – металорежещи машини, ковашко-пресово оборудване, инструменти и т. н. С всяко следващо поколение автоматизирани технологии роботите в машиностроенето стават все по-компактни и колаборативни, все по-маневрени и ефективни, по-мощни и бързи, гарантирайки по-кратки производствени цикли и усъвършенствано качество на продукцията в съчетание с подобрена ресурсна, разходна и енергийна ефективност.

Монтажни роботи

Сред основните предимства на роботизираните технологии в асемблирането на компоненти, възли и сглобени единици и монтажа на детайли и машини са по-високата прецизност и скорост на работа, както и способността на робота да изпълнява безпроблемно комплексни, рискови за човека и повтаряеми операции. В допълнение, роботизираните системи за монтаж и асемблиране могат лесно да бъдат преоборудвани и пренастроени при промяна на извършваните технологични операции и обектите, с които се манипулира, което осигурява висока гъвкавост на производството. Високотехнологичните монтажни роботи в машиностроенето са в някоя от следните конфигурации: шестосни антропоморфни роботи, четириосни SCARA (*Selective Compliance Assembly/Articulated Robot Arm*) роботи, както и все по-масово използваните делта роботи с паралелна кинематика. Последните са проектирани за таванен монтаж и използват моторизирани механизми за задвижването на три (или повече) свързани рамена. Това им позволява да изпълняват монтажни операции със завидна прецизност и скорост, макар товарносимостта им да е значително по-малка в сравнение с тази на класическите шарнирни топологии.



Фиг.3. Делта роботи

Принципно делта роботите са с три или четири оси, но някои производители предлагат модели с до шест оси, подходящи за комплексни високоскоростни асемблиращи операции. В зависимост от приложението, монтажните работи могат да бъдат оборудвани със системи за машинно зрение и за измерване на усилия (*force sensing*). Технологиите за машинно зрение направляват робота при повдигане, транспортиране и поставяне на компоненти на технологичната линия (*pick-and-place* операции), намалявайки или дори елиминирайки нуждата от допълнителни системи за прецизно позициониране. Функциите за визуален контрол направляват робота и при завъртането и пространственото ориентиране на компонентите, за да си паснат при сглобяването. Технологиите за измерване на сили са от изключителна полза при операции, като поставяне на един компонент в друг. Те изчисляват каква е необходимата сила за осъществяване на сглобката и каква сила прилага роботът. Монтажните приложения обикновено включват широк набор от дейности, включително: идентифициране и сортиране на детайли, подаване на детайли към технологична линия/машина (*bowl feeding, bin picking*), широк набор от операции на роботизираните манипулатори, смяна на инструменти, измерване на сила, захващане и монтаж на детайли, визуална инспекция и др. Сред най-популярните приложения на монтажните работи са асемблирането на двигатели, помпи, предавателни механизми в автомобилостроенето, монтаж на възли и машини в транспортното машиностроене, в електронното и електротехническо машиностроене, производството на медицинско оборудване и битови електроуреди и т. н. Този тип роботизирани системи са подходящи за приложения, в които са необходими висока скорост и прецизност, включително монтаж на изключително малки или сложни за човешката ръка детайли, както и за приложения, в които чистотата е приоритет, като монтажни операции в чисти стаи, в електронното производство, асемблирането на медицински устройства и изделия и т.н. Роботизираните системи гарантират по-ниски производствени разходи, както и нисък риск и бърза възвръщаемост на инвестицията. В допълнение, монтажните работи осигуряват в пъти по-голям производствен капацитет в комбинация с усъвършенствано качество на продукцията. За разлика от специализираните за асемблиращи/монтажни операции системи за автоматизация, роботите разполагат с достатъчна гъвкавост при преконфигурирането за асемблиране на различни продукти от една линия или фамилия, както и при всякакъв тип промени на продуктивния дизайн.

Видове интелигентни роботизирани системи в машиностроенето

Роботизираните технологии за заваряване в машиностроенето значително подобряват качеството и бързината на работа и отменят човека при изпълнението на този род сложни и опасни операции. Те постигат много по-равномерен заваръчен шев, включително и при МИГ/МАГ, както и при ВИГ заваряване, в сравнение с ръката на човек заварчик.



Фиг.4. Заваръчна роботизирана машина

С усъвършенстването на технологиите в областта на роботизираното заваряване и постепенното намаляване на цените на заваръчните работи в глобален план, този тип оборудване става подходящо не само за масови и едросерийни производства, но и за производството на по-малки и нестандартни партиди изделия, както и за изпълнението на единични операции. При роботизираното заваряване самите детайли са захванати върху моторизирана система за позициониране, която подобрява достъпа на заваръчната горелка до всички зони на детайлите чрез допълнителни подвижни оси. Заваряването на по-едрогабаритни детайли се осъществява чрез т. нар. роботизирани транспортни модули (*robot transport unit, RTU*). В приложения с по-кратки производствени цикли подаването, захващането и разтоварването на детайлите, както и част от спомагателните заваръчни операции, могат да бъдат изпълнявани от втори (обслужващ) робот. В зависимост от приложението заваръчните работи най-често се програмират или офлайн, или чрез контролер, включващ обучаващо устройство (*pendant controller*). В усъвършенстваната софтуерна платформа на робота се създава виртуален модел на заваръчната система и се импортират CAD файловете на заваряваните детайли. Така програмирацията оператор има възможност да изчисли и оцени алтернативните траектории на робота и продължителността на заваръчните цикли.

Работи за боядисване, нанасяне на покрития, лепила и уплътнители

Нанасянето на студени, топли и горещи покрития, лепила и уплътнители върху различни компоненти и изделия в машиностроенето е сред приложенията, които изискват особена прецизност и високо качество на изпълнение. В много производства тези дейности се изпълняват от работи с цел подобряване на скоростта, точността и производителността, както и за свеждане до минимум на грешките и разходите, свързани с бракувана продукция. Най-ранните приложения на роботизираните системи за нанасяне на бои, покрития, лепила и уплътнители са в автомобилостроенето, а ненадминатите резултати на роботите в такъв род дейности постепенно ги превръщат в предпочитано решение и за другите подотрасли на машиностроенето. Роботизираните технологии са достатъчно гъвкави, за да отговорят на изискванията и на по-специфични производства, в които се нанасят широка гама материали с различни свойства, характеристики и вискозитет и които принципно изискват скъпо специализирано оборудване, произведено за изпълнението само на един род операции. Роботите позволяват лесна и бърза подмяна на дозиращите системи, захващащите устройства и крайните изпълнителни устройства (инструменти). Те се превръщат в стандарт при нанасянето на покрития, лепила и уплътнители в машиностроенето, тъй като се отличават с много по-голямо постоянство, прецизност, бързина и издръжливост на повторяеми действия от човешката ръка.



Фиг.5. Роботи за боядисване,нанасяне на покрития

Основно предимство на роботизираните диспенсърни апарати е възможността за нанасяне на абсолютно равномерен слой от дадено покритие както върху стационарни, така и върху подвижни детайли. Този сегмент работи са подходящи, както за малки машиностроителни цехове, така и за масови и едросерийни производства с фокус върху бързината на работа и обема на продукцията, включително в автомобилостроенето. Роботизираните системи за нанасяне на покрития се различават помежду си в зависимост от приложението. Типично роботите за нанасяне на лепила и уплътнители се отличават с по-голяма прецизност при дозирането и позиционирането на обработваните детайли в сравнение със системите за боядисване и нанасяне на лакобояджийски покрития. При по-прецизните операции по дозиране и депозиране на лепила и уплътнители роботите типично разполагат с машинно зрение и CAD платформи, които им помагат да покрият високите изисквания за точност.

Роботи за обслужване на машини

Роботизираните системи за обслужване на металообработващи и металорежещи машини свеждат до минимум времето за зареждане и разтоварване на детайли, като напълно автоматизират процеса.



Фиг.6. Роботи за обслужване на машини

Предимствата на роботизираното обслужване включват по-висока скорост, прецизност и повторяемост на операциите в сравнение с ръчното обслужване от човек асистент. Автоматизираното подаване на детайли може да бъде от поточна линия, контейнер или входящ бункер, а прецизното повдигане, транспортиране и поставяне на детайла обикновено се координира от система за машинно зрение. В края на обработващия цикъл машинният контролер отваря преградата за достъп на робота и му подава сигнал, че може да навлезе в зоната на обработка, за да разтовари готовия детайл и да зареди нов посредством специален хващач (грипер) в края на роботизираното рамо. След края на тази операция предпазната преграда отново се затваря и машината започва следващия цикъл на обработка - роботът обикновено извършва спомагателни операции като зачистване, обезмасляване и измерване на вече обработените

детайли. В някои клетки операциите са конфигурирани така, че основният обслужващ робот е асистиран от втори спомагателен робот, който обикновено се грижи за поставянето на готовите изделия на палета или за подаването им към технологична линия.



Фиг.7. Роботизирана поточна линия

Роботизираното обслужване на металообработващи машини позволява непрекъснато редуване на обработващите цикли без нужда от прекъсвания за почивка на операторите или за смяна на персонала. Благодарение на обслужващите роботи е възможна реализацията на доскоро считани за твърде футуристични, а днес вече реално изпълними производствени концепции като lights-out – напълно автоматизирани интелигентни цехове и фабрики, в които не е необходима човешка намеса, за да текат непрекъснатите производствени операции. Роботизираното обслужване на машини спомага за значително увеличаване на производствения капацитет и намаляване на необходимото пространство в цеха за разполагане на машините, тъй като е елиминирана нуждата от място, на което да седи и в което да се придвижва човек оператор. Роботът може да бъде монтиран на тавана или директно върху машината. Сред най-популярните приложения на обслужващите роботи са операциите по машинна обработка (струговане, фрезование, шлифование, пробиване и т.н.), формоване, щамповане и т. н.

Роботи за обработващи операции с отнемане на материал

Роботите за отнемане на материал значително повишават безопасността на тази дейност, като напълно заместват хората в изпълнението ѝ. Металорязането и металообработката са сред най-новите приложения на роботизираните технологии във високотехнологичното машиностроене.



Фиг.8. Металообработващи роботи

Роботите, свързани с отнемане на материал са пълноценна алтернатива на традиционните режещи и обработващи машини. Те могат да изпълняват задачите с подобрена производителност, скорост и прецизност. Освен за метали, режещите и обработващи роботи са подходящи и за

работа с полимери, дърво, текстил, каучук и всякакви други материали, използвани в машиностроенето. Обрязването, зачистването и подрязването на метални и неметални компоненти и детайли в различните подотрасли на машиностроенето са прецизни приложения, които обикновено изискват системи за машинно зрение и за измерване на прилаганите от робота сили. Благодарение на тези съвременни технологии роботите могат да извършват операции, свързани с отнемане на материал от широка гама изделия с различни размери, форма и местоположение на излишъците. В приложения като обрязване и зачистване на щанци и матрици роботизираните системи се отличават с много по-висока прецизност и постоянство при отнемането на материал в сравнение с човешката ръка. В резултат са налице много по-малки разлики между изделията, изработени с различните щанци и матрици. Възможни са два типа конфигурации на роботизираните клетки за извършване на операции, свързани с отнемане на материал. В по-стандартната към роботизираното рамо се захваща инструментът за отнемане на материал, а обработваният детайл се затяга неподвижно към работната маса. В другата конфигурация роботът държи детайла и го движи около неподвижно закрепен инструмент. Така роботът може да извършва повече по вид и брой операции, което повишава гъвкавостта и функционалността на системата. Сред най-големите предимства на роботизираните технологии за отнемане на материал са възможността за извършване на дейности с висока повторемост, както и постоянно високото качество на крайния продукт. При автоматизираните системи за отнемане на материал се допуска по-малко брак, а в резултат се подобрява и ресурсната ефективност на производството, включително чрез намалени разходи, свързани с износване на инструментите.

Роботи за манипулация с материали и междуоперационен транспорт

Транспортирането на материали между отделните производствени звена в една машиностроителна фабрика трудно би могло да се извършва от хора.



Фиг.9. Междуоперационни системи

Този род дейности са тежки, повторяеми и рискови за човека. Автоматизирането им създава много по-организирана и безопасна за работниците производствена среда. В качеството си на програмируеми манипулатори, роботите са подходящо решение за придвижване на материали и междуоперационен транспорт в съвременните високотехнологични машиностроителни цехове. Роботизираните системи могат да извършват широк набор от операции в тази област, включително и повдигане на огромни полезни товари. На пазара се предлагат роботи за манипулиране и транспортиране на материали с товароносимост до 1300 kg. Освен товароносимостта, при избора на робот за манипулиране с материали от основно значение е и обхватът му. Заедно, тези два показателя определят габаритите на роботизираната система. За да се преодолеят различни пречки и ограничения на физическата среда, често се прибегва към

по-нестандартни монтажни конфигурации, например таванен, стенов или релсов монтаж. За приложения, в които фокусът е върху скоростта и прецизността на манипулирането с материали, а не върху товароносимостта и обхвата, са подходящи делта роботите, монтирани над технологичната линия. В комбинация със системи за машинно зрение, този тип работи могат бързо и точно да локализируют дори изключително малки обекти, а в следствие да извършват прецизно и с висока скорост необходимите pick-and-place операции. Автоматично насочващите се транспортни средства (Automatic Guided Vehicles, AGV) са друг тип работи за манипулиране с материали и междуоперационен транспорт в машиностроенето, използвани широко както в производствени, така и в складови и логистични приложения.



Фиг.10. Автоматично насочващи работи

Те представляват автономно придвижващи се мобилни работи, които следват маркери и кабели на пода или използват системи за машинно зрение, магнитно или лазерно насочване за навигация.

Синтезираното обобщение е, че точното планиране на производствения цикъл води до минимизиране на производствени разходи, до повишаване на ефективността, до гъвкавост при въвеждане на нови изделия без да се нарушава производственият цикъл. За по-точното планиране на производството спомага и управлението на производствения цикъл по хоризонтални и вертикали с помощта на интелигентните системи, които имат възможност да наблюдават, анализират, планират и коригират работата на отделните производствени единици, така че необходимото изделие да е на точното място в определеното време.

References:

1. Ugrinov P., Programirane i nastroyvane na metalorezheshhti mashini s TsPU. Izdatelstvo Avangard Prima, Sofia 2013.
2. Hadzhikosev G.N., Avtomatizirani proizvodstveni sistemi, IK-TU Sofia, 2009
3. Inteligentni reshenia za upravlenie v skladove <https://www.engineering-review.bg/bg/inteligentni-resheniya-za-upravlenie-v-skladove/2/3902/tracking.html>
4. https://www.i-scoop.eu/manufacturing-industry/#The_difference_and_similarities_between_smart_industry_and_smart_manufacturing
5. Lalev H. L., Tsankov Ts. S., Georgieva Ts. L. Skanirane na 3D obekti s programna sreda Skanect. Nauchna konferentsia MATTEH 2016, Shumen, 2016, ISSN 1314-3921.
6. Lalev H., Tsankov Ts., Nikolov I. 3D lazerno skanirane. Nauchna konferentsia MATTEH 2010, Shumen, 2010, ISSN 1314-3921.
7. Lalev H., Tsankov Ts., Nikolov I. IP upravlenie na tehnologichni obekti. Nauchna konferentsia MATTEH 2010, Shumen, 2010, ISSN 1314-3921.
8. Konstantinova E., Karadocheva M., Tsankov Ts. The invisible Internet and cyber security. International scientific conference 2019, "Vasil Levski" National military university, "Artillery, aircraft defense and CIS" faculty, Shumen, 2019, ISSN 2367-7902