

UOT 621.371.39:51-7;621.371.39:007

MOBİL ROBOTLARIN FUNKSIONAL SXEMİNƏ ƏSASƏN RİYAZİ MODELİN TƏYİNİ

¹Aidə Mübariz qızı Mustafayeva, ²Zemfira Əhməd qızı Əliyeva, ³Günəl Səfər qızı Baxşiyeva,
⁴Elvin Amil oğlu Muradzadə, ⁵Leyla Vüqar qızı İsmaylzadə

¹texnika üzrə fəlsəfə doktoru
aida.mustafayeva@mdu.edu.az
²zemfira.aliyeva@mdu.edu.az
³gunel.baxshiyeva@mdu.edu.az
⁴elvin.muradzada@mdu.edu.az
⁵leyla.ismailzada@mdu.edu.az
^{1,2,3,4,5}Mingəçevir Dövlət Universiteti

Xülasə

Robototexnika mürəkkəb texnoloji proseslərin və əməliyyatların, o cümlədən qeyri-müəyyən şəraitdə yerinə yetirilən proseslərin avtomatlaşdırılması, ağır, yorucu və təhlükəli işləri yerinə yetirərkən insanı əvəz etmək üçün nəzərdə tutulmuş robotların və robototexniki sistemlərin yaradılmasına yönəldilmiş texnomühit olub, elm və texnologiyanın ən aktual sahələrindən biridir. Təqdim olunan elmi işdə robototexniki qurğuların funksional sxeminə əsasən dezinfeksiya işini yerinə yetirən mobil robotun funksional alqoritmi təklif olunmuş və riyazi modelin təyini məsələsi araşdırılmışdır.

Açar sözlər: əlaqə bloku, informasiya-ölçmə, sensor sistemlər, idarəetmə, icraedici mexanizm

Giriş

Təxminən bir əsr əvvəl çex yazıçısı Karel Çapek personajları insanlar və robotlar (süni insanlar) olan "Rur" ("Rossumun universal robotları") pyesini yaratmışdı [1-4]. Bu tamaşada elmi fantastika, elm və texnologiyada mühüm rol oynamağa başlayan yeni "robot" anlayışı ilk dəfə meydana çıxdı. "Robot"un ilk təriflərindən biri: "Robotlar insanlar deyil, ... mexaniki olaraq onlar bizdən daha mükəmməldirlər, inanılmaz dərəcədə güclü intellektə malikdirlər, lakin onların ruhu yoxdur".

Robototexnika mürəkkəb texnoloji proseslərin və əməliyyatların, o cümlədən qeyri-müəyyən şəraitdə yerinə yetirilən proseslərin avtomatlaşdırılması, ağır, yorucu və təhlükəli işləri yerinə yetirərkən insanı əvəz etmək üçün nəzərdə tutulmuş robotların və robot sistemlərin yaradılmasına yönəlmiş texnomühit olub, elm və texnologiyanın ən aktual sahələrindən biridir. Bu məqsədlə cəmiyyətin istənilən fəaliyyət sahəsində tətbiq olunan robototexniki qurğuların funksional sxeminə əsasən riyazi modelin təyin məsələsi aktualdır.

Problemin qoyuluşu

Cəmiyyətin istənilən fəaliyyət sahəsində tətbiq olunan robototexniki qurğularda istifadə olunan informasiya sistemləri və resursların qurulma prinsiplərini araşdırmazdan əvvəl robot nədir? və hansı imkanlara malikdir?

Bu sualları araşdıraq.

Ətraf mühitlə qarşılıqlı əlaqədə olan robototexniki sistemlərin ümumi funksional struktur sxemi şəkl. 1-də təsvir olunmuşdur. Şəkildən göründüyü kimi, robototexniki sistemlər ümumilikdə 4 bloktan ibarətdir:

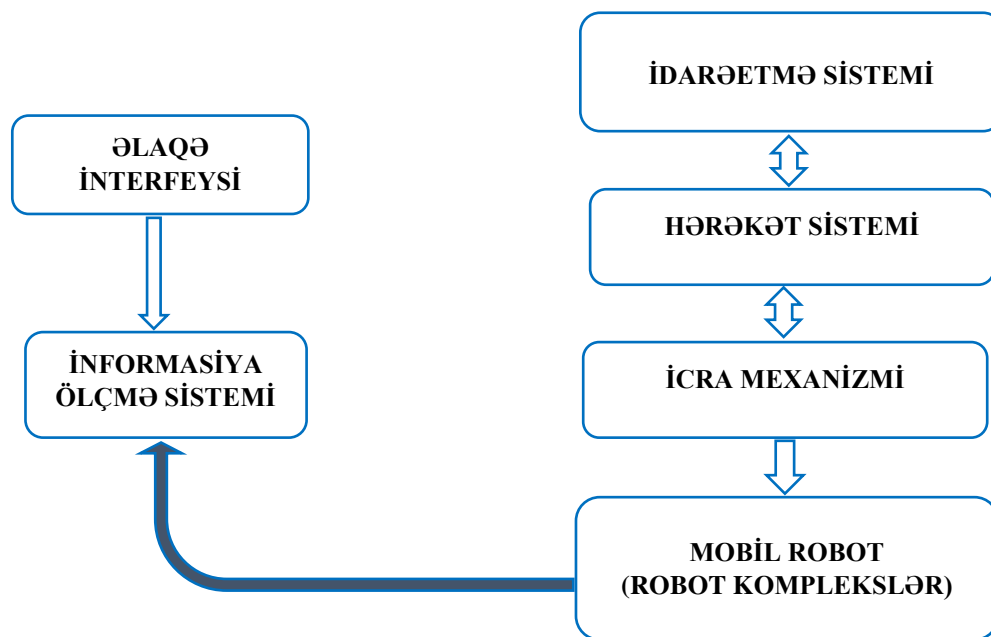
- Əlaqə bloku (Dil-intefeys);
- İnformasiya-ölçmə ("Sensor") bloku;
- İdarəetmə ("Beyin") bloku,
- İcraedici ("Motorlar") bloku.

Aydındır ki, şəkildə göstərilən bloklar xarici mühitdə fəaliyyət göstərir. İnformasiya-ölçmə bloku (“Sensor”) robotun süni hissetmə orqanlarıdır və idarəetmə sisteminin (“beyin”) istehlakçılara uyğun olaraq ətraf mühitin vəziyyəti və robotun özü haqqında məlumatları qəbul etmək və çevirmək üçün nəzərdə tutulmuşdur. Robotun idarəetmə sistemi (“Beyin”), ilk növbədə, informasiya-ölçmə sistemindən gələn əks siqnallardan istifadə edərək, icra mexanizmlərini (mühərrikləri) idarə etmək, robotla insan arasında istənilən dildə məlumat ötürmək üçün nəzərdə tutulmuşdur.

Robotun intellektual fəaliyyəti idarəetmə və informasiya-ölçmə sistemi ilə müəyyən edilir [1, 5, 6]. Təqdim olunan elmi işin məqsədi mobil robotun funksional sxeminin təhlilini aparıb, təhlil nəticələrinə uyğun riyazi modelin təyiniidir.

Robotun icra mexanizmi (“Motorlar”) idarəetmə sisteminin yaratdığı idarəedici siqnalları (proqramlarını), eləcə də ətraf mühitə təsirini yerinə yetirmək üçün istifadə olunur. İcra sistemlərinə nümunələr: manipulyatorlar (mexaniki qollar), pedipulyatorlar (mexaniki ayaqlar), özüyəriyən arabalar, 3D tomoqraflar, dronlar və s. aiddir.

Mobil robot ətraf mühitin qavranılması üçün bir sıra sensorlara, ətraf mühitə təsir etmək üçün bir sıra aktuatorlara (effektorlara) və robotun məqsədyönlü və faydalı hərəkətləri yerinə yetirməsinə imkan verən idarəetmə sisteminə malikdir (şək. 1).



Şək. 1. Robototexniki sistemlərin ümumi funksional struktur sxemi

Robotun əlaqə sistemi robototexniki qurğular və ya robotla insan arasında informasiya mübadiləsinə təşkil etmək üçün nəzərdə tutulub. Belə bir mübadilənin məqsədi insan tərəfindən robota tapşırıqların verilməsi, insan və robot arasında dialoqun təşkili, robotun işinə nəzarət, nasazlıqların diaqnostikası və robotun müntəzəm yoxlanılmasıdır. İnsandan robota informasiya adətən idarəetmə paneli və ya daxiletmə qurğusu (klaviaturadan əmrlər toplusu, səsli rabitə, video məlumatların daxil edilməsi, biopotensiallardan istifadə etməklə məlumatların daxil edilməsi və s.) vasitəsilə daxil olur [1, 2]. Belə ki, insan həm bilavasitə idarəetmə sisteminin yaddaşına daxil etməklə, həm də süni hissetmə orqanları vasitəsilə ona təsir etməklə məlumatları robota ötürə bilər.

Qeyd edək ki, robotlar ətraf mühitlə aktiv qarşılıqlı əlaqə prosesində topladığı məlumat əsasında öyrənməyə qadir olan və insanın fiziki və ya zehni əmək prosesində həyata keçirdiyi müxtəlif əməliyyatları simulyasiya etmək üçün nəzərdə tutulmuş universal avtomatik sistemlərdir [1].

Beləliklə, robotların fərqləndirici xüsusiyyətləri onların çoxşaxəliliyi, qavrayış prosesində öyrənmə və uyğunlaşma qabiliyyəti (süni hiss orqanları – sensorların köməyi ilə) və ətraf mühitə (ötürücülərin köməyi ilə) təsiri ilə müəyyənləşdirilir.

Beləliklə, robotların funksional və struktur təhlilinə əsasən müəyyən olundu ki, onlar qeyri-müəyyən şəraitdə nəinki fəaliyyət göstərə, həmçinin qərarlarda qəbul edə bilmə imkanına malikdir. Son dövrlərdə COVID-19 pandemiyasının sürətlə yayılması və insan həyatının sağlamlığının təhlükə altına salınması, cəmiyyətin bütün fəaliyyət sahələrinə mənfi təsirini göstərir. Mütəmadi olaraq müəssisələrdə vaxtaşırı dezinfeksiyaedici tədbirlər həyata keçirilir. Bu dezinfeksiyaedici tədbirlərin insanlar tərəfindən aparılması, həm vaxt itkisi, həm də təhlükəli olan zonaların təyin edilməsi baxımından qeyri-müəyyən xarakter daşıyır. Bu məqsədlə, informativ məlumatlar əsasında qeyd olunan işləri yerinə yetirən mobil qurğunun dizaynı və texniki realizasiyası aktualdır.

Problemin həlli

Təklif edilmiş dörd təkərli mobil robotun əsas məqsədi dezinfeksiya işlərinin aparılması və otaqların yoxlanılması üçün nəzərdə tutulmuşdur. Təcrübə obyektini kimi Mingəçevir Dövlət Universitetinin Mühəndislik fakültəsinin yerləşdiyi tədris binası planlaşdırılır. Qarşıya qoyulan məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı məsələləri həlli vacibdir:

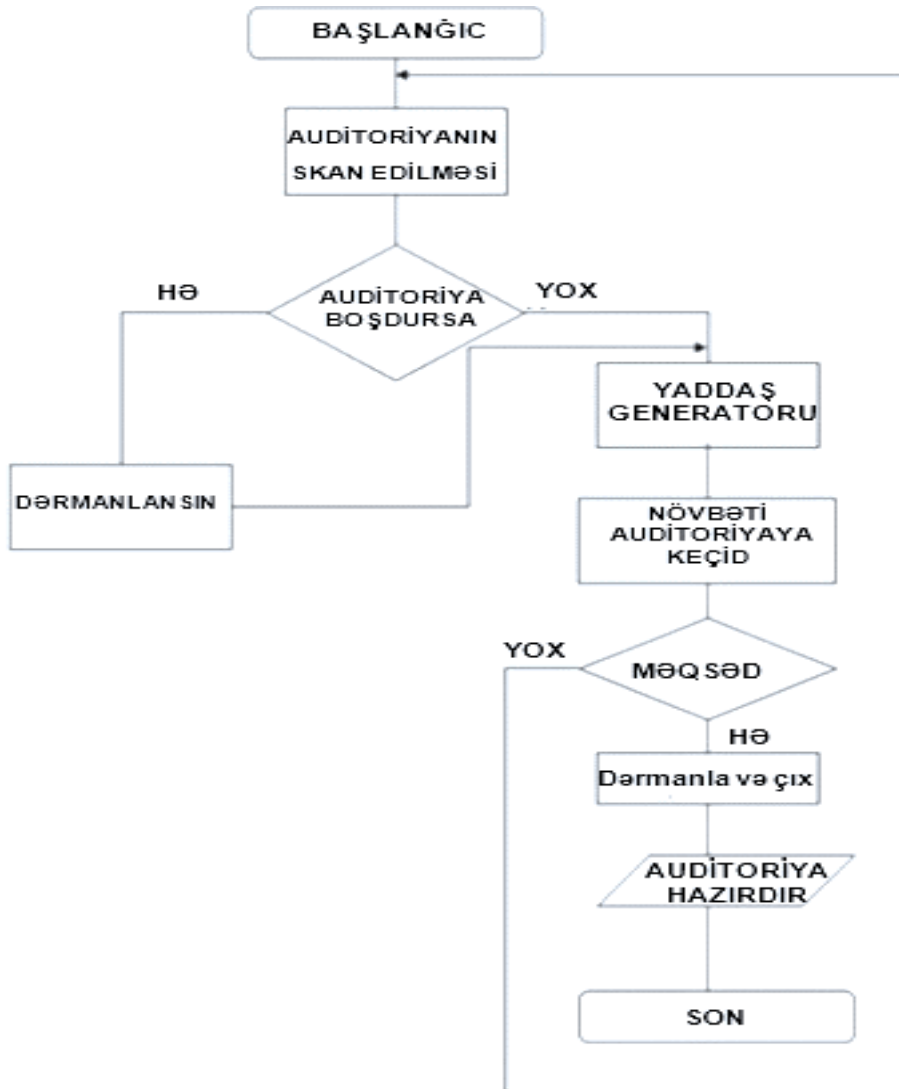
- Mövcud mobil robototexniki qurğuların təhlilinin aparılması;
- Müxtəlif naviqasiya sistemlərinin təhlilinin aparılması;
- Ərazinin xəritəsini və robotun trayektoriyasının tərtib edilməsi;
- Məqsədə aparan optimal hərəkət marşrutunu planlaşdırmaq;
- İşlənmiş marşrut üzrə yerli hərəkətlərin idarə edilməsini həyata keçirmək;
- Hərəkət zamanı əlavə olaraq müəyyən edilmiş maneələrdən və təhlükəli yerlərdən yan keçmək;
- Mobil platformanın dizaynı və idarəetmə sisteminin işlənilib hazırlanması;
- Elektron sxeminin modernləşdirilməsi və ya dizaynı;
- Layihəndirilmiş model üzərində eksperimental tədqiqatlarının aparılması;
- Mobil qurğunun işləməsini xarakterizə edən texniki-informasiya sorğu kitabçasının hazırlanması.

[1-4] Elmi ədəbiyyatlarda mövcud mobil robototexniki qurğuların təhlilininə belə nəticəyə gəlmək olar ki, istənilən mobil robotun dizayn edilməsi üçün ümumi yanaşma şək. 1-də təsvir olunmuş sxemə uyğun həyata keçirilir. Funksional sxem mobil kompleksin fəaliyyətinin aydın görünüşüdür.

Funksional sxem mühərrikə nəzarət, güc-enerji idarəetmə lövhəsindən, həmçinin Bluetooth və GSM modulundan və kodlayıcıdan ibarətdir. Sistemdəki blokların hər biri qurğunun müxtəlif funksional xassələri yerinə yetirir və lazım gəldikdə bu bloklar bir-biri ilə məlumat mübadiləsini aparır.

Şək. 1-də göstərilən ümumi funksional struktura uyğun olaraq, dezinfeksiyaedici robotun funksional alqoritmik sxemi aşağıdakı kimi təklif olunur. Bu alqoritmik sxemə uyğun olaraq robotun informasiya sistemi resurslarına ətraf mühiti qavrayan sensorlar, əlaqə interfeysi, planlaşdırma və naviqasiya, hərəkət sensorları daxildir.

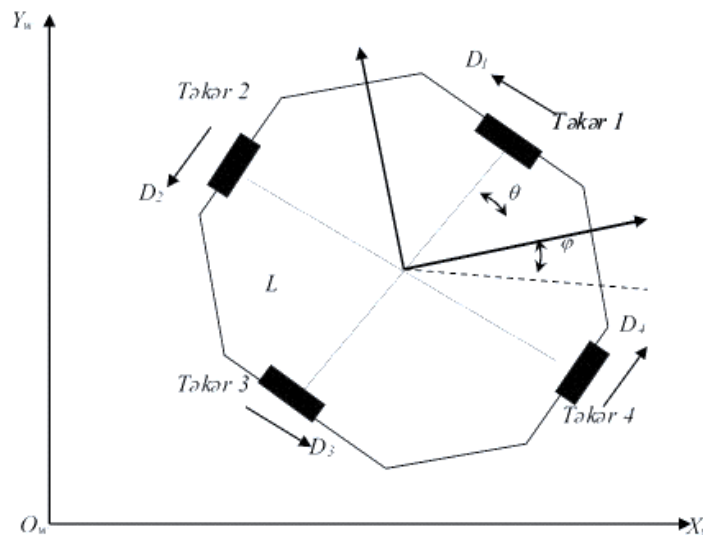
Şək. 2-də təqdim olunan alqoritmik sxem aşağıdakı kimi işləyir: Sensorlardan gələn siqnallar məlumatların emal bölməsi tərəfindən çevrilir, kodlaşdırılır, süzülür. Auditoriyanın təhlili bölməsinin köməyi ilə işçi trayektoriyasının lazımi parametrləri müəyyən edilir. İnformasiya sisteminin resurslarına aşağıdakı sensorlar daxildir: İlkin çevirici və ya həssas element (SE) informasiya sisteminin xarici müdaxilənin (məsələn, fototranzistor, fotodiod və ya gərginlikölçən) təsiri altında vəziyyətini dəyişən ən sadə elementdir. Sensor ölçülmüş informasiyanın təsiri altında ekvivalent siqnal (cərəyan, gərginlik, empedans) emal edən bir cihazdır ki, bu da ölçülmüş qiymətin birmənalı funksiyasıdır.



Şək. 2. Dezinfeksiya edici robotun funksional alqritmik sxemi

Mobil robotun riyazi modelinin təsviri

Dörd təkərli mobil robotun koordinat sistemində təsviri şəkil 3-də verilmişdir. [5-6].



Şək. 3.

Şəkildən görüldüyü kimi, mobil robot dörd təkərə malik olub, üç vəziyyət dəyişəninə $x(t) = [\dot{x}_w(t), \dot{y}_w(t), \dot{\phi}(t)]$ və $u(t) = [u_1(t), u_2(t), u_3(t), u_4(t)]$ idarəedici təsirlərə malik olub qeyri-xətti modellə yazılır. Riyazi model üçün bunlar 4 xəttilləşdirilmiş alt sistem vasitəsilə $0, \pi/2, \pi, 3\pi/2$ radian ətrafında təxmin edilə bilər. Bu modelin üzərində bir sıra sadə çevirmələr $u(t) = \bar{B}\bar{u}(t), u(t) = [\bar{u}_1(t), \bar{u}_2(t), \bar{u}_3(t)]$ aparıldıqdan sonra mobil robotu aşağıdakı kimi qeyri-müəyyənlikli qeyri-xətti modellə yazmaq olar:

$$\begin{cases} \ddot{x}_w(t) = a_1 \dot{x}_w(t) - a_2 \dot{\phi}(t) \dot{y}_w(t) + \bar{u}_1(t) \\ \ddot{y}_w(t) = a_1 \dot{\phi}_w(t) \dot{x}_w(t) - a_1 \dot{y}_w(t) + \bar{u}_2(t) \\ \ddot{\phi}_w(t) = a_3 \dot{\phi}(t) + \bar{u}_3(t). \end{cases} \quad (1)$$

Burada $\dot{x}_w(t), \dot{y}_w(t) - t$ anında idarə olunan obyektin $O_w(t), X_w(t), Y_w(t)$, koordinat sistemindəki vəziyyət dəyişənləridir; $\phi(t) - t$ anında idarə olunan obyektin dönmə bucağı olub, onun qiyməti $O_w(t), X_w(t)$, oxunun müsbət istiqamətindən götürülüb hesablanılır; $\bar{u}_1(t), \bar{u}_2(t), \bar{u}_3(t) -$ idarəedici təsirlərdir; $E -$ üç ölçülü vahid matrisdir; $a_1, a_2, a_3 -$ əmsalları *BİHE* mobil robotun fiziki və həndəsi parametrlərindən asılı olaraq, əmsallar aşağıdakı kimi təyin olunurlar:

$$\begin{aligned} a_1 &= -2J/(mr^2 + 2I_w), \\ a_2 &= 2I_w/(mr^2 + 2I_w), \\ a_3 &= -4cL^2/4I_wL^2 + I_v r^2, \end{aligned} \quad (2)$$

burada $m, L, r, I_v, c, I_w -$ realizə edilmiş idarə olunan obyektin parametrləridir.

Qeyri-xəttiliyə və qeyri-müəyyənliyə malik obyekt üçün robust idarəetmənin sintezi üsulunun səmərəliliyini eksperimental olaraq göstərmək (nümayişi) üçün konkret bir misala baxaq. Tutaq ki, idarəetmə obyektinin *BİHE* mobil robotun fiziki və həndəsi parametrləri aşağıdakı qiymətlərə malikdir:

$$\begin{aligned} m &= 16.9kg, L = 0.193m, r = 0.04, I_v = 0.2518kgm^2, \\ I_w &= 1.1 \cdot 10^{-4}kgm^2, J = 8.1633 \cdot 10^{-4}kgm^2/2 \end{aligned}$$

Verilmiş bu qiymətlərə görə (3.15) obyektinin – *BİHE* mobil robotun parametrlərini (2) düsturu əsasında qiymətləri aşağıdakı kimi təyin edilmişdir:

$$\begin{aligned} a_1 &= -2c/(mr^2 + 2I_w) = -0.0599, a_2 = 2I_w/(mr^2 + 2I_w) = 0.0081, \\ a_3 &= -4cL^2/(4I_wL^2 + I_v r^2) = -0.2901, d = \dot{\phi}(t) = 1.5rad/s \end{aligned}$$

Bu qiymətləri (1) obyektində nəzərə alsaq, onda tənlik aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\begin{cases} \ddot{x}_w(t) = -0.0599 \dot{x}_w(t) - 0.0081 \dot{\phi}(t) \dot{y}_w(t) + \bar{u}_1(t) \\ \ddot{y}_w(t) = 0.0081 \dot{\phi}_w(t) \dot{x}_w(t) - 0.0599 \dot{y}_w(t) + \bar{u}_2(t) \\ \ddot{\phi}_w(t) = -0.2901 \dot{\phi}(t) + \bar{u}_3(t). \end{cases}$$

Beləliklə, mobil robotun qeyri-xətti idarəetmə sistemi tam müəyyənləşdirilmişdir.

Nəticə

Mövcud mobil robototexniki qurğuların təhlili əsasında, naviqasiya, xəritə və trayektoriyani formalaşdırın, optimal hərəkət marşrutunu realizə edən, hərəkət zamanı əlavə olaraq müəyyən edilmiş maneələri və təhlükəli yerləri təyin edən mobil robotun funksional sxemi təhlil olunaraq, dezinfeksiya işini yerinə yetirən mobil robotun funksional alqoritmi təklif olunmuş və riyazi modeli təyin edilmişdir.

İstifadə edilmiş ədəbiyyat

1. Əliyev R.Ə. Avtomatik idarəetmə nəzəriyyəsi. Bakı: Çapaşloğlu, 2007, 639 s.
2. Зенкевич С.Л., Космачев П.В. Управление движением мобильного робота в неподвижную точку. Мехатроника, автоматизация, управление. 2010 г., стр. 55 – 60.
3. Мартыненко Ю.Г. Управление движением мобильных колесных роботов. МГУ им. М.В. Ломоносова. Фундаментальная и прикладная математика, 2005 г., том 11, №8, стр. 29 – 80

4. Андрианова О.Г. Моделирование движения колесного робота по заданному пути. МГТУ им. Баумана Электронное научно-техническое издание Наука и Образование, октябрь 2011 г., №10, стр. 1 – 15
5. S.M.Jafarov, E.R.Zeynalov, A.M.Mustafayeva, Synthesis of robust controller – regulators for omnidirectional mobile robot with irregular movement, International Conference on Application of Fuzzy Systems and Soft Computing, ICAFS 2016, 29-30 August 2016, Vienna, Austria, pp. 469-476
6. Mustafayeva A.M., Baxshiyeva G.S. An innovativ approach in the study of mechatronic devices. AMEA, INFORMATICS and CONTROL PROBLEMS 42 İSSUE 1(2022) journal homepage: www.icp.az. Bakı: Elm, 2022. S. 39-45

¹A.Mustafayeva, ²Z.Aliyeva, ³G.Bakhshiyeva, ⁴E.Muradzadeh, ⁵L.Ismayilzadeh
¹doctor of philosophy in technics
^{1,2,3,4,5}Mingachevir State University

Determination of a mathematical model based on the functional scheme of mobile robots

Abstract

Robotics is one of the most relevant areas of science and technology, aimed at automating complex technological processes and operations, including processes performed under uncertain conditions and creating robots and robotic systems designed to replace a person when performing hard, painstaking and dangerous work. In the presented scientific work, an algorithm for the operation of a mobile robot performing disinfection work according to the functional diagram of robotic devices is proposed, and the problem of determining a mathematical model is investigated.

Keywords: communication unit, information-measuring, sensor systems, control, actuator

¹A.M.Мустафаева, ²З.А.Алиева, ³Г.С.Бахшиева, ⁴Э.А.Мурадзаде, ⁵Л.В.Исмаилзаде
¹доктор философии по технике
^{1,2,3,4,5}Мингячевирский государственный университет

Определение математической модели на основе функциональной схемы мобильных роботов

Резюме

Робототехника — одна из наиболее актуальных областей науки и техники, направленная на автоматизацию сложных технологических процессов и операций, в том числе процессов, выполняемых в неопределенных условиях и создание роботов и робототехнических комплексов, предназначенных для замены человека при выполнении тяжелой, кропотливой и опасной работы. В представленной научной работе предложен алгоритм работы мобильного робота, выполняющего дезинфекционные работы по функциональной схеме робототехнических устройств, и исследована задача определения математической модели.

Ключевые слова: блок связи, информационно-измерительные, сенсорные системы, управление, исполнительный механизм

Elmi redaktor: tex.f.d., dos. E.İsrafilova

Çara təqdim edən redaktor: tex.f.d., dos. A.Əliyeva

Daxil olub: 26.08.2022

Çara qəbul edilib: 07.09.2022