

## **КЛАСИФИКАЦИЯ НА РОБОТИЗИРАНИ СИСТЕМИ ЗА ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ОБЕКТИ В ОКОЛНАТА СРЕДА**

**г.л. ас. инж. Владимир Германов, БСУ, доц. д-р инж. Станислав Симеонов, БСУ,  
д-р Нели Симеонова, ВХТИ**

## **CLASSIFICATION OF ROBOT SYSTEMS FOR INTERACTION WITH OBJECTS IN THE ENVIRONMENT**

**MSc. Eng, Vladimir Germanov, BFU, Assoc. Prof. Stanislav Simeonov PhD, BFU,  
Neli Simeonova PhD, VHTI**

***Abstract:** In this paper a classification of robotic arms (manipulator) is presented. The goal of this paper is to classify different robotic manipulators based on specific criteria such as mobility, geometry, control, power of freedom and etc.*

***Key words:** robotic hand, mobile robot, robotic manipulator*

### **ВЪВЕДЕНИЕ**

Роботизираните манипулатори или ръце са технически устройства, които имат способността да се движат около един работен радиус с голяма прецизност и скорост. [1] Те се състоят от отделни звена, свързани помежду си чрез подвижни съединения (стави), последователно или паралелно, благодарение на което могат да заемат различна позиция спрямо обекта с който взаимодействат с цел изпълнението на конкретна задача. В най-общият случай манипулаторите в роботиката се делят на две основни категории – индустриални манипулатори–роботи за кратко наричани само индустриални (промишлени) роботи и роботизирани ръце, включващи всички останали приложни области.

### **КЛАСИФИКАЦИЯ НА МАНИПУЛАТОРИТЕ**

Класификацията на манипулаторите може да се направи по няколко различни критерия:

- Степени на свобода;
- Подвижност;
- Движение на ставите;
- Размер;
- Товароносимост;
- Енергиен източник;
- Геометрия;
- Управление;
- Приложни области.

За да може един манипулатор да достигне до всяка точка в пространството, той трябва да притежава минимум **6 степени на свобода** – 3 за позициониране и три за ориентация [2]. Манипулатори със степени на свобода по-малко от 6 се определят като ограничени, тъй като нямат способността да достигнат до произволна точка в работната си среда. От друга страна манипулатори с повече от 6 степени на свобода имат усложнен контрол и се дефинират, като кинематично „претрупани“ манипулатори.

Признака **подвижност** на манипулаторите се свързва с това дали тяхната основа се движи спрямо работната сцена. По този показател съществуват два основни типа – фиксирани, такива чиято основа е неподвижна и мобилни –противоположни на предходните.

Според основното **движение на ставите**, свързващи отделните звена на манипулаторите имаме два основни типа – призматични и въртящи. Призматичните стави се наричат още линейни, тъй като движението на звената едно спрямо друго става по направлението на оста с която са свързани. За разлика от тях при въртящите стави, движението на звената става около оста и в повечето случаи този вид стави се наричат ротационни.

**Размерите** на манипулаторите ги класифицират в следните четири категории: - микро, малки, средни и големи манипулатори.

Като цяло, това как ще се осигурява **енергията на манипулатора**, зависи от това, как се обезпечава енергийно самата роботизирана система. Във връзка с това захранващият източник на манипулаторите може да е или електрически, или пневматичен или хидравличен. Хидравличните изпълнителни механизми са ненадминати от гледна точка на времето им за реакция и създаваният въртящ момент, което ги прави особено подходящи при повдигане на тежки предмети. Недостатък обаче при тях се явява евентуален теч на хидравлична течност, усложнено периферно оборудване, като хидравлични помпи изискващо допълнително обслужване и нивото на шум, което произвеждат. Манипулаторите задвижвани пневматично, са сравнително евтини и прости от конструктивна гледна точка, но основният им недостатък е малката прецизност на управлението им. По този начин те са намерили значително малко практическо приложение. Днес най-популярни са манипулаторите използващи електрически променливо и/или постоянно токови мотори за задвижване. Този тип мотори имат относително ниска себестойност, ниско ниво на генерираният шум, чисти са, управляват се лесно и прецизно.

Следващият показател по който се класифицират манипулаторите е по **геометрията** на движението на осите им на отделните звена [3]. Според този признак те се делят на:

- Декартови (линейни);
- Цилиндрични;
- Сферични (полярни);
- SCARA;
- Ротационни (артикулиращи);
- Паралелни;
- Змиевидни.

Декартовите манипулатори (фиг.1.а). имат три призматични стави, осите на които съвпадат с декартовите координати –  $x$ ,  $y$  и  $z$ . В допълнение могат да им бъдат добавени една, две или три въртящи се стави за ориентация в пространството. Типичните им приложни области са: монтажни операции, цифрови металообработващи машини, електродъгово заваряване. Размерите на работното им пространство може да варира от няколко кубични сантиметра до десетки хиляди кубични метра, а товароподемността им достига до стотици килограма.

При цилиндричните манипулатори (фиг.1.б) осите му на движение образуват цилиндрична координатна система. Най-често това се постига, като първата става е въртяща, а останалите две са призматични. Намерили са приложение при монтажни операции, металообработване, точно заваряване, товаро-разтоварителни дейности.

Сферичните манипулатори (фиг.1.в) имат две въртящи стави, перпендикулярни една на друга и една призматична, формиращи полярна координатна система. Използват се в леярната индустрия, точково, газово и електродъгово заваряване, металообработването.

SCARA (**S**elective **C**ompliant **A**rticulated **R**obot for **A**ssembly или **S**elective **C**ompliant **A**rticulated **R**obot **A**rm) (фиг.1.г) е специализиран индустриален робот с подсилено раменно окачване. Типичната конфигурация включва две въртящи стави разположени в успоредни равнини, призматична и въртяща се става при основата.

Осите на въртене на ротационните манипулатор-роботи (фиг.1.д) най-малко могат да бъдат три, като типичната конфигурация най-често включва шест оси. Всички те са свързани във верига, като втората и третата са разположени в една равнина с цел постигане на движение по вертикала. Оста на основата е вертикална с цел постигане на по-голям обем работно пространство. Приложните области в които се използват ротационните манипулатори са електродъгово и точково заваряване, монтаж, почистване, боядисване, леене, шприцоване, палетизиране, опаковане, транспортиране на товари, предварителна подготовка на детайли.

Паралелните манипулатори-роботи (фиг.1.е) са артикулиращи роботи, които използват подобни механизми за движение на основата или на рамената си, каквито използват и всички останали роботи. Различието от предходните е в това, че крайният изпълнителен механизъм на манипулаторите (обикновено 3 или 6) са независимо свързани към основата му и работят в паралел.

Последният тип манипулатори са змиевидните (фиг.1.ж). Наричат се още хипер-редундантни манипулатори.



Фиг. 1. Видове манипулатори според геометрията на движението им

По начина си на управление манипулаторите се делят на такива с обратна и без обратна връзка. В английската литература по-често се среща определението серво и несервоуправляеми манипулатори (*servo and non-servo control systems*) [4]. Заради липсата на обратна връзка за сравнение на програмно зададената позиция с актуалната тези манипулатори често биват определени и като неинтелигентни. При тях движението

се прекратява посредством механичен спирачен механизъм, което ги прави подходящи предимно за пренасяне на материали [2]. За разлика от тях серво управляемите манипулатори се използват на места където изискванията към прецизността на позиционирането и движенията са много големи.

Приложните области на манипулаторите могат да се разделят на следните основни категории:

- Индустрия;
- Отбрана и гражданска защита;
- Здравеопазване;
- Вземане на проби;
- Инспекция на машини и съоръжения;
- Космически и планетарни изследвания;
- Научно-изследователска дейност.

В индустрията основно приложение са намерили манипулаторите с фиксирана подвижност на основата, степени на свобода до 9, попадащи в класовете на малките, средни и големите манипулатори. Използват се в сфери, където има голяма повтаряемост на операциите, като: заваряване (електродъгово, плазмено, електросъпротивително, лазерно, точково, автоматизирано), подемно-транспортни дейности (палетизиране, пакетиране и опаковане, зареждане с материали, шприцоване, подреждане), залепване, запечатване, почистване, зачистване, пробиване, боядисване, леене, шлайфане, фрезование, боядисване, полиране, асемблиране и др.

В областта на отбраната и гражданската защита, най-често се използват мобилни манипулатори за обезвреждане на взривни устройства, боеприпаси и самоделни взривни устройства. За вземане на проби от химически или ядрено опасни райони, за разчистване на отломки в райони пострадали от земетресения, срутвания и природни бедствия.

В медицината с помощта на роботизирани хирургически асистенти успешно се извършват дистанционно контролирани оперативни процедури или процедури изискващи голяма прецизност непосилни за човека [5], [6]. Използването на змиевидните манипулатори при различни скопски интервенции става все по честа практика. [7].

Използването на мобилни манипулатори се развива и при инспектирането на съоръжения от вида на електропроводи, канализация, турбинни генератори, ротори, валове на съоръжения. Тези работи трябва да могат освен да изследват обекта, да взимат проби, да зачистват наслоявания и друг вид обслужващи дейности.

Употребата на манипулаторите в космоса може условно да се раздели на роботизирани ръце за употреба в откритият космос и на функционални манипулатори за вземане на проби от изследвана планета. За първият тип е характерно, че имат набор от предварително програмирани функции, които се използват при разгъване и прибиране на манипулатори, а през останалото време се управляват дистанционно от екипажа на космическия кораб (станция) и могат да изпълняват задачи, които са непосилни на човек, като например пренасянето на обемисти и тежки предмети. Функционалните манипулатори за събиране на проби, по принцип не се различават от манипулаторите използвани за научни изследвания.



			DOF	daN	daN	grad	grad	grad	grad	grad
1	Dragon Runner	Qinetiq N.A.	4	4,5		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2	510 PackBot	iRobot	8	13,6	4,5	360 / 220	n/a / 340	n/a	360 / n/a	360
3	MURV-100	Defenders Inc.	3	22,7	5,5	90 / n/a	180 / n/a	360 / 180	n/a	200
4	Matilda I/II	Mesa Robotics	5						360 / n/a	360
5	Digital Vanguard	Allen Vanguard	6	18,2	8	180 / n/a	270 / n/a	300 / n/a		±90
6	Кобра 1600	Н.Е. Бауман	5	25	5					
7	Caliber T5	Icor Technology	3	20	8	180 / n/a	270 / n/a	n/a	360 / n/a	±120
8	Talon	Qinetiq N.A.	3	11	4,5	n/a / 270	n/a / 180	360 / n/a	n/a	n/a
9	Telemax	Telerob	7							
10	MK3 Caliber EOD	Icor Technology	3	29,5		100 / n/a			360 / n/a	
11	Hornet MK-5	InRob	5	20	8				350 / n/a	
12	MR-7	ESI	5		8	240 / n/a	310 / n/a	360 / ±100		200
13	710 Warrior	iRobot	n/a	100						
14	RMI-9WT	Pedsco Ltd	4	80						
15	Варан	Н.Е. Бауман	5	50	30					360
16	Robotnik Rescue r	Robotnik	7							
17	MRK-35	Н.Е. Бауман	5	20					360	
18	Andros Wolverine	Northrop	3			210 / 210	360 / n/a			±170
19	tEODor	Telerob	7							±205

Забележка: n/a – няма налична информация

От таблицата се вижда, че в съвременните мобилни роботи, степените на свобода на манипулаторите варират в голям диапазон от 3 ÷ 8, като по-голямата част от манипулаторите имат 5 и повече степени. Товароносимостта на манипулаторите се обуславя от това дали той е в разпънато или прибрано състояние, като за показаните примери е в диапазона от 4,5 ÷ 100 daN при носене на товара в близост до платформата и от 4,5 ÷ 30 daN при максимално разпънат манипулатор. По голямата част от анализираниите манипулатори се състоят от четири елемента съответно: рамо, лакът, китка и щипка. В тези МР, при които е избран модулният подход, основата им се върти, тези при които манипулатора е изграден монолитно заедно с конструкцията липсва движение на основата или има ограничено такова.

### ИЗВОДИ И БЪДЕЩА РАБОТА

В представената статия е направена класификация на манипулатори и тяхното използване в мобилните роботи. На базата на направената класификация е избран манипулатор за нуждите на вътрешен проект по НИД към БСУ 05/2011.

### Литература:

- [1] Gifford, C. M. (2006). *Review of selected mobile robot and robotic manipulator technologies*. Lawrence: Center for Remote Sensing of Ice Sheets (CReSIS), University of Kansas.
- [2] Hockstein, N., Gourin, C., Faust, R., & Terris, D. (2007). A history of robots: from science fiction to surgical robotics. *JOURNAL OF ROBOTIC SURGERY*, 1 (2), 113-118.
- [3] Munro, N., & Lewis, F. L. (2004). *Robot Manipulator Control Theory and Practice, 2nd edition*. Marcel Dekker, Inc.
- [4] Patel, V., Shah, K. K., Thaly, R. K., & Lavery, H. (2007). Robotic-assisted laparoscopic radical prostatectomy: The Ohio State University technique. *JOURNAL OF ROBOTIC SURGERY*, 1 (1), 51-59.
- [5] Peris, J., Reynaerts, D., & Van Brussel, H. (1998). A micro robotic arm for a self propelling colonoscope. *Proc. Actuator 98, 6th Int. Conf. on New Actuators*, pp. 576-579. Bremen, Germany.
- [6] Ross, L. T., Fardo, S. W., Masterson, J. W., & Towers, R. L. (2011). *Robotics: Theory and Industrial Applications, 2nd Edition*. Tinley Park, Illinois: The Goodheart-Willcox Company, Inc.
- [7] Spong, M. W., Hutchinson, S., & Vidyasagar, M. (2004). *Robot Dynamics and Control Second Edition*. John Wiley & Sons.