

РЕЗЮМЕ

на научните постижения в публикациите, представени от доц. д-р Димитър Карастоянов при кандидатстване на конкурс за академична длъжност „професор“ по специалността 02.01.52 Роботи и манипулатори (Управление на роботи и на други мехатронни системи) декември 2012 г.

За конкурса са представени 1 научна книга с монографичен характер у нас и 64 публикации, от които 7 в списания в чужбина, 29 на Международни конференции в чужбина, 15 в списания у нас, 1 на Международна конференция у нас, 12 патента/заявки у нас.

Едно от определенията за мехатрониката е «синергетична (действаща съвместно) интеграция на машинното инженерство с електрониката и интелигентното компютърно управление». Един съвременен промишлен робот представлява сложна система, състояща се от механична конструкция, елементи за предаване на движенията, захранвания и задвижвания, работни органи, компютърна електроника, програмно управление, средства за наблюдение и комуникация. В този смисъл **промишлените роботи са типични мехатронни системи** с пълен набор от съставлящите ги елементи.

Разгледаните по-долу публикации представят научни изследвания в областта на **управлението на роботи и на други мехатронни системи**. Резултатите са описани в представените статии/доклади, патенти/заявки, както и при участието в голям брой Конкурсни проекти и Планови теми, като са послужили за основа на представената научна книга.

Разгледани са апаратни средства като основа на управляващи системи – компютри, контролери, задвижвания, датчици и сензори. **Представени са** особеностите при работа в реално време, функции и примери на операционни системи за реално време, примери и сравнителен анализ на езици за програмиране на роботи и други мехатронни системи. **Отделено е** внимание и са дадени примери на мобилни и микророботи за работа във вредни условия и за изследване на околната среда. **Описани са** видове и методи на адаптация при роботите с примери на заваръчни и монтажни роботи. **Дадени са** интерфейсни стандарти и комуникационни протоколи заедно с примерни реализации. **Предложени са** две завършени разработки на специализирани роботи, както и други завършени задачи на база спечелени конкурсни проекти с НФНИ-МОН, НИФ-ИАНМСП или договори с фирми. Отделно са представени **индустриално насочени** научни изследвания и научно-приложни разработки – за приложение и в помощ на бизнеса. Те са покрепени със спечелени **текущи** конкурсни проекти на НФНИ-МОН.

Публикациите и научната книга съдържат резултати в следните области:

- **Апаратни средства за управление** – програмируеми контролери, интелигентни задвижвания, цифрови сигнални процесори, микроконтролери, датчици и сензори
- **Програмно осигуряване на системите** – работа в реално време, операционни системи, езици за програмиране на роботи, управление на процеси и движения
- **Мобилни, мини и микро роботи** – работа във вредни условия, изследване на околната среда, мобилни роботи за специални цели, групово управление
- **Адаптивно управление на роботи** – видове адаптация, сензори и адаптори, адаптивни заваръчни роботи, адаптивни монтажни роботи

- **Комуникационна среда и системи** - модел OSI-ISO, интерфейсни стандарти, безжични комуникационни протоколи, реализации

- **Специализирани обслужващи работи** - Двурък манипулатор в линия за изтегляне на профили, Робот **Speedmat** към машина за леене под налягане

- **Индустриално ориентирани разработки** – покрития с микро и нано структури, високоскоростни задвижвания, повишаване качеството на живот, енергийно ефективно управление, изследване на околната среда, медицинска роботика.

В досегашните научни изследвания и приложни разработки **приносите** са в следните области, описани подробно по-нататък:

- Оптимизация на механични структури, използвани в работи и други мехатронни системи.

- Модернизация на електронни блокове, приложени в системи за наблюдение и управление.

- Развитие на програмни продукти, в частност операционни системи за реално време.

- Усъвършенстване на комуникационни модули, безжични протоколи за групи обекти.

- Разширение на информационни масиви, изграждане на бази данни за научни експерименти.

- Синтезиране на управляващи контури, програмни регулатори за управление на бързи движения и процеси.

- Ръководство и участие в индустриално насочени научни изследвания и научно-приложни разработки.

- Апаратни средства за управление –

Промислените мехатронни системи, като технологични линии, работни клетки, роботизирани системи, NC машини и други подобни се управляват от високонадеждни компютри в индустриално изпълнение. За големи и сложни системи с голям брой вход/изходи – над 500, се ползват големи и мощни компютри и многопроцесорни конфигурации, а често и мрежи от тях. За малки и средни системи – от 20 до 100 вход/изхода, се ползват програмируеми контролери, DSP или дори микроконтролери в едноплатково и даже едночипово изпълнение.

Основни научно-приложни приноси на автора в областта на апаратните средства за автоматизация могат да се формулират така:

- Изграждане на концепция и реализация на програмируем контролер с функционално пълна входно/изходна конфигурация при устройства за наблюдение и управление на мехатронни системи,

- Създаване на единна апаратна база с общи характеристики за разработка на информационно-управляващи системи, подходяща и за обща програмна и комуникационна среда,

- Разработка на системи за наблюдение на голям брой величини от околната среда и автоматизация на научния експеримент, включително с използване на мрежови подходи и безжична комуникация.

Публикация 40 описва микропроцесорна система за управление на високо скоростен трансманипулатор.

Публикация 41 допълнително описва апаратно-програмната реализация на система за управление на мехатронен обект – градска подстанция.

Публикация 47 допълнително представя средства за автоматизация в заваряването.

Патент 62 допълнително представя устройства за определяне положението на заваряваните детайли спрямо заваръчната горелка.

- Програмно осигуряване на системите –

С развитието на електрониката и програмирането се появяват компютърните системи за програмно управление на промишлени обекти. Паралелно с тези процеси се развиват системите за операторски интерфейс и супервайзорното управление. Макар и с все по-голям брой променливи и с по-голяма сложност, първите компютърни информационно-управляващи системи са били базирани на един компютър. С появата на миникомпютрите и микропроцесорите растат възможностите на изграждане на многопрограмни системи, работа в реално време и разпределени компютърни информационни и управляващи системи.

В областта на програмното осигуряване основните приноси на автора са следните:

- проектиране и разработка на специализирана многозадачна операционна система за реално време RMOS – компактна и реентрантна,
- въвеждане и управление на ново състояние на програмен процес – “блокирано”, при което програмата очаква ново събитие или данни,
- въвеждане и управление на динамичен приоритет на програмен процес, управляван от самите програми, които така сменят важността си,
- въвеждане и управление на пощенски кутии с различна дължина по заявка на потребителя за обмен на данни между програмите,
- подаване на данни (събития) чрез пощенски кутии от програмен процес по принцип, за всяка друга програма, която се интересува от тях,
- групиране, систематизация и сравнителен анализ на видове езици за програмиране на промишлени работи.

Публикации 32, 36 и 37 разглеждат програмни информационно-управляващи системи за мехатронни устройства на примера на тестери, разпределени системи, енергийни обекти.

Публикации 50 и 51 допълнително представят реализации на програмни модули за управление на работи и на други мехатронни системи.

- Мобилни, мини и микро работи –

Мобилната роботика е интересна област за изследвания на видове движения и възможностите им за използване при машини, които трябва да се придвижват автономно, при това често пъти без пътища, без специално подготвен терен, при наличие на препятствия, тесни места и др. Един от възможните подходи за класификация на видовете мобилни работи е според начина на придвижване. В този смисъл те са колесни, верижни и крачещи. Движението може да бъде непрекъснато или прекъснато. При роботите с прекъснато движение имаме и катерещ се тип. В практиката освен това се срещат специфични мобилни работи, напр. летящи, както и такива от смесен тип.

Промишлените работи, предназначени за индустриална експлоатация в конвенционални производства, обикновено са стационарни и работят в сравнително благоприятна среда с предварително известни и описани параметри на обектите. Ето защо основните изисквания към тях са за сила, точност, повтаряемост. При мобилните роботизирани системи основното предназначение е изследователска дейност, повишаване качеството на живота или работа в неконвенционални и вредни условия. Често това се съпътства с действия в априори неизвестна, неподредена или променяща се среда. Понякога крайният ефект е замърсяване, дефектиране или разрушаване на работа. Всичко това поставя специфични изисквания към конструкцията, управлението, комуникацията, а също и към цената на мобилната роботизирана система.

В последните години особено внимание се обръща на т. нар. разпределени системи от работи. При тях поставените задачи се изпълняват не от един робот, а от група от

роботи, работещи съвместно. Между членовете на групата се обменя сензорна информация, която определя тяхното колективно поведение.

В областта на мобилната и микророботиката основните приноси на автора са:

- концепция за управление на специализиран мобилен робот за преодоляване на препятствия и работа във вредни среди,

- анализ и систематизация на видове вредни среди според фактора на вредност, времетраенето му и влиянието върху дейността,

- обзор, анализ и систематизация на видове мобилни и микророботи според придвижването, функциите и областта им,

- концепция за автономно и синхронизирано безжично управление на група мобилни микророботи за изследване на околната среда.

Публикации 33, 35 и 38 описват навигацията и управлението на мобилни роботи за инспекция и за учебни цели.

Публикация 37 разглежда класификации на крачещи мобилни роботи.

Публикация 42 допълнително предлага метод за управление на четирикрак крачещ робот.

- Адаптивно управление на роботи –

С развитието на роботиката и новите възможности на машиностроенето, електрониката, софтуера и технологиите нарастват изискванията към механиката и управлението на роботите. Те се изразяват най-вече в повишена точност на позициониране, бързодействие, прецизно управление на технологични процеси. Разнообразната сензорика дава възможност за събиране и обработка на информация за състоянието на робота и от работната сцена. Това, заедно със заложените метрични и масово-инерционни параметри на манипулационната система, както и зададените траектории на движение и позиции на манипулираните обекти, е основа за синтезиране на оптимална система за управление със зададени граници на отклонения в целевите позиции и управляваните процеси.

В редица случаи позициите и размерите на манипулираните обекти варират в предварително непредвидими посоки и граници, надвишаващи зададените допуски за точност на позициониране. Освен това параметрите на съпътстващите и/или управлявани технологични процеси се влияят от позициите им, а оттам се променя и качеството на изпълняваните операции. При това положение предварително синтезираната система за управление става квазиоптимална. При отклонения на параметрите в малки граници тя е пасивно приспособима. При по-големи отклонения се налага събиране на сензорни данни в темпа на работа, чрез които да се променят параметрите, функциите или структурата на управляващата система.

Автоматични системи, при които параметрите на управляващите въздействия или алгоритмите за управление се изменят целенасочено в процеса на работа в зависимост от изменението на параметрите на обекта, като удовлетворяват поставения критерий за качество, се наричат адаптивни. Тези системи се приспособяват към изменящите се условия на управление, като самата система изпълнява функции по събиране и обработка на недостигащата информация по време на работа. Споменатите функции не биха могли да се изпълнят предварително при проектиране на системата.

В областта на адаптацията при роботите основните приноси на автора са следните:

- Устройство за определяне положението на заваряваните детайли спрямо заваръчната горелка,

- Метод за геометрична адаптация чрез получаване на тримерен модел на заваръчното съединение под горелката,

- Концепция за технологичната адаптация при заваръчни работи по параметри на дъгата,

- Подходи за технологична адаптация чрез управление движенията на горелката или параметрите на процеса.

Патенти 60 и 61 представят манипулатори с 2 и 3 степени на свобода и адаптивна обратна връзка по усилие и съпротивление на захванатия обект.

Публикации 43, 45, 48 и 49 допълнително разглеждат методи и средства за адаптивно управление на заваръчни и други индустриални работи.

- Комуникационна среда и системи –

Компютърните информационно/управляващи системи се изграждат на базата на различни апаратни средства и програмно осигуряване. Един от основните проблеми при проектирането на подобни структури е унификацията на комуникациите между тях.

За решаването на този проблем в края на седемдесетте години е разработен Еталонен модел за взаимодействие между отворени системи, известен като **OSI** (Open Systems Interconnection)-модел. Моделът е разработен от международните организации **ISO** (International Standards Organization) и **ССТТ** (Comite Consultatif International Telegraphique et Telephonique). Моделът OSI-ISO дефинира понятието за програмни процеси и взаимодействието по между им. Той определя и йерархията между тях и въвежда правила (протоколи) за управлението им в съответствие с йерархичното ниво на процесите. Съществуват и стандарти за интерфейс, основните от които са RS232, RS422 и RS485.

Консорциумът Bluetooth, основан през 1998 г. от IBM, Intel, Toshiba и компаниите за безжични телефонни комуникации Ericsson и Nokia, е разработил стандарта, който създава безжична мрежа, осигуряваща скорост на трансфер 1 Mbit/s. Както при IP комуникациите, при Bluetooth данните се изпращат под формата на пакети, контролирани от специални блокове. Едно от големите предимства на Bluetooth е, че устройството, поддържащо стандарта, влизайки в обхват, може да установи връзка не с едно, а с множество други, поддържащи тази технология, като не е задължително те да си взаимодействат активно.

ZigBee технологията е разработена основно за нуждите от евтино решение, базирано на стандарта за безжични мрежи, което да поддържа малки потоци от данни, ниска консумация и надеждност. Това е единствената до момента стандартизирана технология, адресирана към уникалните нужди на мрежови приложения, свързани с дистанционно наблюдение и контрол на различни сензори.

В областта на комуникациите основните приноси на автора са следните:

- Изследване на нов метод на напречно плетене чрез едновременно синхронно управление на голям брой плетачни игли,

- Разработка на апаратни и програмни средства за вграждане в плетачни машини с напречно плетене,

- Използване на безжичен комуникационен протокол ZigBee за обмен на данни и команди между голяма група обекти.

Публикации 30 и 31 описват структурата на мехатронна система с множество паралелно управляеми устройства и безжична комуникация на примера на плетачна машина с множество едновременно работещи плетачни игли.

Публикация 46 допълнително представя възможности за програмно разширение на възможностите на промишлени работи.

- Специализирани обслужващи работи -

За работа с метали в течно и полутвърдо състояние са създадени сложни специализирани машини или технологични линии. Типичен пример са машини за работа с ценни и/или по-редки метали – алуминий, цинк, магнезий. Съществуват множество специализирани машини за леене, шамповане и формоване на детайли - под налягане или

с противоналягане, за горещо или студено леене, шамповане или пресоване, както и технологични линии за изтегляне (екструдиране) на профили от твърди, но предварително загряти до висока температура заготовки. Основна тяхна черта е много високата производителност. Ето защо от голямо значение е намаляването на времето за спомагателни операции около машината или линията – изваждане на детайла, контрол, почистване на леярската форма и др., а при технологични линии с няколко обекта – бързо изваждане, пренос и зареждане на заготовките. За целта се създават манипулатори и специализирани роботи със специфични работни цикли. Основни изисквания към тях са високата скорост и точност в зоната на обслужване, което съкращава времето на престой на съответната скъпа обслужвана машина или технологична линия. Тъй като работните цикли са в границите на няколко в минута, стотици в час и хиляди в денонощие при непрекъсната работа, то специализираният робот се произвежда само за тази цел, изпълнява една функция или еднотипни такива и обикновено не са необходими препрограмиране или наличие на универсални функции.

Тук са представени две разработки съответно за фирмите „Стилмет“ и „Спесима“.

В областта на специализираните роботи основните приноси на автора са следните:

- Концепция за изграждане на система за управление на основа на програмируем контролер като система за реално време,
- Концепция за използване на базовото програмно осигуряване на сервоконтролер в система за управление в реално време,
- Управление на специализиран двурък манипулатор в линия за изтегляне на алуминиеви профили,
- Управление на специализиран робот SPEEDMAT за работа с машини за леене под налягане и шамповане.

Публикация 34 описва технически средства за нискостойностна автоматизация.

Заявка за полезен модел 59 представя вид електромагнитен хващач с приложение в промишлени устройства.

Публикации 44 и 52 допълнително разглеждат методи за управление на специализирани заваръчни роботи.

- Индустриално ориентирани разработки –

В последно време наред с фундаменталните изследвания и приложните разработки все по-важни стават т.н. “индустриално насочени научно-приложни изследвания и разработки”. Става въпрос за иновативни научни идеи, приложени практически в методи, устройства и технологии, ориентирани за ползване от промишлеността и бизнеса.

Тук са представени няколко такива за различни промишлени отрасли, оценени и класирани в конкурси на НФНИ, под ръководството и/или с активното участие на автора.

Нови методи и средства за реновиране на валове

Основната задача на изследването и разработката е създаване на промишлено приложима технология и проектиране на съответна технологична линия за нанасяне на покрития с висока устойчивост на механично износване и голяма повърхностна гладкост за реновиране на работната повърхнина на комплекти екструдирани валове за листов материал (плексиглас, PVC и други пластмаси) чрез нанасяне и полиране на нов тип високо износоустойчиви покрития на никелова основа с включени нанодисперсоиди и/или с наночастици (нанодиаменти). Предложени и са патентно защитени нови видове покрития с наноеlementи, методи и устройства за изследване качествата на покритията.

Публикации 12 и 16, както и заявка за патент 55 описват методи и средства за реновиране работната повърхност на екструдирани валове с нов вид химическо никелово покритие с включени в кристалната решетка наноеlementи (нанодиаменти).

Публикации 1, 10 и 13 разглеждат резултатите от трибологични изследвания и тестове на различни видове никелови покрития с включени наноеlementи.

Публикация 8 и заявки за патенти 53 и 63 описват микроустройства и изпитателен стенд за изследване работната повърхност на реновирани валове.

Високоскоростна шамповъчна преса с ракетен двигател

Основна задача е изследването на високоскоростна **шамповъчна преса с ракетно задвижване в условията на удар с управляема сила и продължителност, с възможност за намаляване на отскока след удара** поради продължаващо действие на ракетния двигател. Ракетното задвижване и приложимо освен при деформация на метали, също и при забиване на пилоти (поради възможността за невертикално забиване) и при брикетирание на отпадъци (подади възможността за повишаване на плътността).

Публикации 3, 11 и 15 описват конструкция, възможности и приложение на индустриален пресовъчен чук с ракетно задвижване.

Публикация 2 описва възможностите за намаляване силата на отскок след удара чрез управление на силата и времето за работа на ракетния двигател.

Публикация 24 разглежда деформациите в структурата на материали при студена пластична деформация.

Компютърен интерфейс за хора с увредено зрение

Графичните интерфейси, изградени на базата на визуални представяния и директна манипулация върху обекти (икони и Windows), възпрепятстват хората с увреждания на зрението при пълноценното използване на компютъра. Основната изследователска цел е: **концептуално изграждане, проектиране и създаване на прототип на комбиниран тактилно-гласов интерфейс, позволяващ и улесняващ работата на хора с увредено зрение с компютри, без оглед на вид потребителски интерфейс, операционна система и ориентиран към графични повърхности.** Така дефинирана целта е насочена към осигуряване условия за работа и повишаване качеството на живот при хора с увредено зрение. Представени и патентно защитени са идеи за изграждане на графичен Брайлов екран с електромагнитно линейно задвижване.

Публикации 4, 17 и 23 описват Брайлов екран (матрица) за тактилно представяне на графична компютърна информация при потребители с увредено зрение.

Заявки за патенти 54, 56, 57, 58 и 64 представят различни защитени конструкции на елементите на електромагнитно линейно задвижване за Брайлова матрица.

Публикации 6 и 9 описват моделирането на линейно задвижване за елементите на Брайлов екран и оптимизирането на параметрите електромагнитните двигатели.

Мелещи тела с нова форма за топкови мелници

При барабанните мелници в продължение на десетилетия за смилане се използват сферични работни тела. В циментовото производство при смилането на клинкера се прилага освен работна среда със сферична форма и такава, съставена от цилиндрични тела със заоблени ръбове. Идеята е да се изследва и експериментира с форма на работния елемент от смилачната среда при барабанните мелници, близка до геометричната форма "сфероидален тетраедър", като се оптимизират размерите и големината на закръгленията на ръбовете. Предвидени са стендове и установки за изпитване с различни форми и размери работни тела, при различни смилани материали и различна едрина на крайния продукт.

Публикация 21 обосновава нова форма (сфероидален тетраедър) на мелещо тяло за топкови мелници с по-добри показатели за енергийна консумация и едрина на материала.

Мобилни изследователски платформа с безжично управление

Проектът е насочен към изследване на клас автономни мобилни роботи, предназначени за адаптивно възприемане и работа в непозната и неструктурирана околна среда, ориентирани за приспособяване и изследвания като измервания и пробовземане, откриване и маркиране на обекти; както и въздействия върху околната среда - внасяне, транспорт, изнасяне на апаратура и обекти. Предложена е концепция за изграждане на гама мобилни роботи на основата на стандартни модули. За безжична комуникация е проектиран специализиран електронен модул и е разработено конкретно програмно осигуряване. Разглеждат се и методи, средства и алгоритми за адаптивно приспособяване към параметрите на околната среда и зададените за изпълнение функции. Разработени са методи за групово управление и за откриване и манипулация с подозрителни обекти.

Публикации 5 и 7 представят методи за навигация на мобилен робот и за пълно обхождане на зададена повърхност.

Публикации 14 и 18 описват безжично управление на мобилна платформа.

Публикации 22, 26 и 27 представят устройства и системи за изследване параметрите на околната среда, както и за опериране с малки и/или подозрителни обекти.

Модули и системи за роботизация в медицината

Предложена е конструкция, задвижване и управление на роботизиран модул за пробиване на кости с приложение в ортопедията. Въведени са нови функционални възможности, повишена е точността на пробиване, следят се различни параметри на процеса на пациента. Представен е нов метод на пасивна и активна рехабилитация чрез роботизация на устройствата за следоперативно раздвижване на крайници. Разгледана е структурата и организацията на роботизирана ортопедична клетка, включваща още система за безжичен мониторинг на пациента, компютърни журнали и архиви.

Публикация 25 описва роботизиран модул за пробиване на кости в ортопедията.

Публикации 19 и 20 представят структура и организация на роботизирана ортопедична клетка и роботизиран медицински комплекс.

Публикации 28 и 29 разглеждат хващач на основа на електромагнитно задвижване за нуждите на медицинската роботика – артроскопия, лапароскопия и др.

17 декември 2012 г.