

СПРАВКА

за приносите на доц. д-р инж. Нина Фотева Вълчкова,
кандидат по обявения конкурс за академичната длъжност „ПРОФЕСОР“
в ДВ № 51/05.06.2026 г. към Института по роботика – БАН

Настоящата справка представя в систематизиран и обобщен вид научните, научно-приложните и приложните приноси на кандидата. Запазена е структурата на първоначалния документ, като са отстранени повторенията и са обединени близки по съдържание формулировки. Акцентът е поставен върху оригиналните резултати, научната новост, значението и доказването на приносите чрез публикациите, включени в списъка на кандидата.

I. НАУЧНИ ПРИНОСИ

1. Разработена е оригинална методология за системно проектиране на мобилни колаборативни работи за медицински, социални и индустриални приложения.

Научен проблем. Съвременните мобилни роботизирани системи трябва едновременно да удовлетворяват изисквания за мобилност, безопасност, автономност, енергийна ефективност и интелигентно взаимодействие с човека. В традиционните подходи конструкцията, задвижването, управлението, сензорният комплекс и енергийното осигуряване обикновено се разглеждат последователно, което затруднява съгласуването на подсистемите и води до компромиси в крайните експлоатационни характеристики.

Научен принос. Разработена е единна методология, която разглежда мобилния колаборативен робот като интегрирана кибер-физична система. В общ процес са обединени функционалният анализ, структурният и кинематичният синтез, изборът на задвижвания, интегрирането на сензорни подсистеми, моделирането на енергийното осигуряване и критериите за експериментална верификация. Методологията позволява архитектурата на робота да се избира целенасочено според предназначението, работната среда и ограниченията за безопасност.

- анализ на функционалните задачи и експлоатационните сценарии;
- избор на мобилна платформа, кинематична схема и манипулаторна подсистема;
- съвместно определяне на механичните, сензорните, управленските и енергийните параметри;
- формулиране на критерии за оценка, изпитване и валидиране на системата.

Научна новост. Научната новост се състои в създаването на интегрирана рамка за съвместно проектиране на взаимозависимите подсистеми още на концептуалния

етап. Подходът преодолява ограниченията на последователното проектиране и осигурява по-висока конструктивна съгласуваност, адаптивност и енергийна ефективност.

Научно и практическо значение. Методологията има универсален характер и е приложима към медицински, сервизни, индустриални, логистични, спасителни и високопроходими работи. Тя е използвана при разработването на мобилни колаборативни работи за здравеопазването, автономни медицински станции и роботизирани платформи с хибридно и водородно хранване.

Публикации, в които е реализиран приносът: №№ 1, 2, 5, 6, 7, 15 и 17.

2. Разработена е оригинална научна концепция и методология за системно проектиране на автономни мобилни колаборативни работи.

Научен проблем. Автономните колаборативни работи функционират в динамична среда и трябва да съчетават механична устойчивост, надеждно възприемане, адаптивно управление и достатъчна енергийна автономност. Независимото разработване на отделните компоненти затруднява постигането на балансирана архитектура и ограничава възможността за оптимизация на системата като цяло.

Научен принос. Предложена е научна концепция, според която механичната конструкция, системата за управление, сензорната архитектура, комуникациите и енергийното осигуряване се моделират като взаимосвързани компоненти на една система. Разработен е последователен процес за преминаване от функционалните изисквания към структурен синтез, избор на кинематична схема, моделиране на задвижванията, интеграция на мултисензорна система и експериментална оценка.

- съвместно оптимизиране на подсистемите според общи критерии;
- отчитане на взаимодействието между механиката и алгоритмите за управление;
- включване на ограниченията на енергийната система още при избора на конструкция;
- подготовка на цифров модел за предварителна проверка на проектните решения.

Научна новост. Новостта е в разглеждането на автономния мобилен робот като цялостна функционална структура, чиито параметри се определят взаимно. Това създава основа за разработването на следващо поколение работи с повишена автономност, адаптивност и безопасност.

Научно и практическо значение. Концепцията е приложена при разработване на експериментални мобилни платформи, работи за работа в здравеопазването, системи за неструктурирана среда и автономни полеви медицински комплекси.

Публикации, в които е реализиран приносът: №№ 2, 3, 4, 6, 8, 9 и 10.

3. Разработени са оригинални математически модели за параметричен синтез и оптимизация на мобилни роботизирани платформи.

Научен проблем. Проектирането на мобилна платформа е многокритериална задача, при която трябва едновременно да се осигурят устойчивост, маневреност, товароносимост, проходимост, безопасност и приемлива енергийна консумация. Отделното оптимизиране на тези показатели може да доведе до несъвместими решения и до влошаване на общото поведение на робота.

Научен принос. Разработени са математически модели за определяне и оптимизиране на геометричните, кинематичните, масово-инерционните и енергийните параметри на мобилните платформи. Моделите позволяват да се оценят взаимовръзките между междуосовите разстояния, разположението на масовия център, вида на ходовата част, характеристиките на задвижването и ограниченията на енергийната подсистема.

- моделиране на геометричната структура и масовото разпределение;
- избор на кинематична схема според условията на движение;
- оценка на устойчивостта и динамичните натоварвания;
- анализ на взаимодействието между задвижване, ходова част и енергийна консумация.

Научна новост. Научната новост е в комплексното разглеждане на конструктивните, кинематичните и енергийните характеристики като взаимосвързани величини. Така оптимизацията се извършва на системно ниво, а не чрез независимо настройване на отделни параметри.

Научно и практическо значение. Моделите разширяват теоретичната основа на параметричния синтез и подпомагат разработването на цифрови двойници и виртуални експериментални среди. Те са използвани при медицински работи, високопроходими платформи и мобилни системи с хибридно хранване.

Публикации, в които е реализиран приносът: №№ 1, 2, 3, 9, 10, 12 и 16.

4. Разработени са оригинални модели и алгоритми за интелигентно управление на автономни мобилни колаборативни работи.

Научен проблем. Работата в динамична и слабо структурирана среда изисква непрекъсната оценка на състоянието на робота и околната среда, адаптивен избор на режим на движение и безопасно взаимодействие с хора. Класическите алгоритми с предварително зададени режими не осигуряват необходимата устойчивост при промяна на условията и непълна информация.

Научен принос. Разработени са модели и алгоритми за интелигентно управление, основани на многослойна архитектура и интегриране на сензорна

информация в реално време. Функциите са разпределени между стратегическо, тактическо и оперативно ниво, като решенията се формират съобразно текущото състояние на системата, ограниченията на средата и оценката на риска.

- адаптивен избор на режими и траектории на движение;
- локално планиране и избягване на препятствия;
- оценка на риска при движение в присъствие на хора;
- вземане на решения при непълна, шумна или противоречива информация.

Научна новост. Новостта се изразява в интегриран модел, при който поведението на робота се изменя автоматично според динамично оценяваната среда и функционалното състояние на подсистемите. Така се повишават адаптивността и устойчивостта спрямо непредвидени ситуации.

Научно и практическо значение. Алгоритмите са използвани в експериментални мобилни платформи, медицински и високопроходими роботи. Изпитванията показват намаляване на навигационните грешки и повишаване на безопасността при автономно движение и взаимодействие с човека.

Публикации, в които е реализиран приносът: №№ 2, 3, 6, 8, 10 и 13.

5. Разработени са оригинални модели за мултисензорно възприятие и сливане на информация в мобилни роботизирани системи.

Научен проблем. Нито един самостоятелен сензор не може да осигури пълна и надеждна информация при всички експлоатационни условия. Камерите зависят от осветеността, лидарите могат да бъдат чувствителни към външни условия, а инерциалните и енкодерните измервания натрупват грешки. Необходим е модел за съвместна обработка на хетерогенни измервания с различна точност, честота и достоверност.

Научен принос. Разработени са модели за мултисензорно възприятие чрез едновременно използване на лидарни, визуални, инерциални, ултразвукови, GPS и енкодерни данни. Създадени са процедури за синхронизация, филтриране, оценка на достоверността, откриване на противоречиви измервания и формиране на единна информационна картина на средата.

- времева и пространствена синхронизация на измерванията;
- оценяване и компенсирание на шумове и систематични грешки;
- сливане на данни за локализация, картографиране и разпознаване на препятствия;
- поддържане на устойчива оценка при отпадане или влошаване на отделен канал.

Научна новост. Научната новост е в интегрирания подход, който отчита качеството и надеждността на всеки сензорен канал и формира обединена оценка,

вместо да обработва измерванията независимо. Това повишава устойчивостта на възприятието и точността на локализацията.

Научно и практическо значение. Моделите са приложими в автономната навигация, медицинската и социалната роботика, логистичните системи и роботите за неструктурирана среда. Експерименталните резултати показват намаляване на влиянието на шумовете и повишаване на надеждността на движение.

Публикации, в които е реализиран приносът: №№ 2, 3, 5, 6, 8, 10, 14 и 15.

6. Разработени са научни модели за интелигентно управление на енергийните подсистеми на автономни мобилни роботи, базирани на хибридни енергийни източници и водородни технологии.

Научен проблем. Ограничената енергийна автономност е съществена пречка пред практическото използване на мобилни роботи. Изцяло батерийното хранване увеличава масата, ограничава времето за работа и изисква продължително зареждане. Интегрирането на водородни горивни клетки налага управление на динамичните натоварвания и координация с буферни акумулаторни източници.

Научен принос. Разработени са модели за изграждане и управление на хибридни енергийни подсистеми, съчетаващи литиево-йонни и LiFePO_4 батерии с водородни горивни клетки. Предложено е адаптивно разпределение на енергийните потоци според режима на движение, натоварването на манипулатора, характеристиките на терена и текущото енергийно състояние.

- оценка и прогнозиране на енергийните потребности;
- избор на конфигурация и размери на източниците;
- прогнозиране на остатъчния енергиен ресурс;
- управление на преходите между батериен, горивноклетъчен и хибриден режим.

Научна новост. Новостта е в разглеждането на енергийната подсистема като динамично адаптивна система, чиито режими се променят в зависимост от функционалното натоварване. Особен принос е приложението на зеления водород като основен енергиен носител за мобилни колаборативни роботи и медицински комплекси.

Научно и практическо значение. Моделите създават основа за роботи с увеличено време на автономна работа, по-висока надеждност и намалено въздействие върху околната среда. Те са приложени при медицински роботи, високопроходими платформи и автономни полски медицински станции.

Публикации, в които е реализиран приносът: №№ 1, 2, 7, 9, 12 и 15.

7. Разработени са научни модели за автономни медицински роботизирани системи и интелигентни полеви медицински станции.

Научен проблем. При работа в болнична среда, при бедствия и в труднодостъпни райони е необходимо мобилните роботи, медицинското оборудване, комуникациите и автономното електрозахранване да функционират като единна система. Липсата на общ модел затруднява оптимизирането на логистичните процеси и енергийното управление.

Научен принос. Разработена е концепция за автономна медицинска роботизирана инфраструктура, която обединява мобилни роботи, интелигентно управление, водородни и батерийни енергийни източници, цифров модел, дистанционен мониторинг и възможности за интеграция с телемедицински системи.

- автономно електрозахранване и управление на ресурсите;
- роботизиран транспорт на медикаменти, оборудване и консумативи;
- дистанционно наблюдение и координация на подсистемите;
- виртуално моделиране и оценка на работоспособността при различни сценарии.

Научна новост. Научната новост е в комплексния модел на медицинска кибер-физична система, в който роботите, енергийната инфраструктура и медицинското оборудване са взаимосвързани и се оптимизират съвместно.

Научно и практическо значение. Получените резултати създават научна основа за автономни медицински комплекси с висока степен на независимост и са значими за роботизираната медицина, телемедицината и реакцията при бедствия.

Публикации, в които е реализиран приносът: №№ 1, 2, 5, 6, 7, 11 и 15.

8. Разработени са научни основи за проектиране на мобилни роботи с висока проходимост за работа в неструктурирана и високорискова среда.

Научен проблем. Роботите за спасителни, медицински и специализирани операции трябва да работят върху променлив релеф, при препятствия, неблагоприятни условия и ограничена комуникация. Постигането на висока проходимост, устойчивост, надеждност и автономност изисква съвместно моделиране на ходовата част, управлението, сензорите и енергийното осигуряване.

Научен принос. Разработени са модели за комплексно проектиране на високопроходими мобилни роботи. Формулирани са критерии за избор на ходова част, оптимизация на геометрията и масовото разпределение, оценка на устойчивостта върху пресечен терен, управление при динамични препятствия и взаимодействие между платформата и манипулаторните устройства.

- оценка на проходимостта и устойчивостта според терена;

- адаптивно управление при промяна на сцеплението и натоварването;
- интеграция на навигационни и сензорни алгоритми;
- съгласуване на механичната конструкция с енергийните ограничения.

Научна новост. Новостта е в интегрирания подход, при който конструкцията, управлението, сензорният комплекс и захранването се разглеждат като взаимозависими подсистеми. Това позволява едновременно подобряване на проходимостта, устойчивостта, безопасността и автономността.

Научно и практическо значение. Резултатите са приложими при бедствия, аварии, антитерористични операции, медицинска евакуация и работа в труднодостъпни райони. Използвани са при създаване и изпитване на експериментални високопроходими платформи.

Публикации, в които е реализиран приносът: №№ 2, 3, 6, 10, 13, 15 и 16.

9. Развити са научните основи на метрологичното осигуряване, експерименталната верификация и цифровото моделиране на мобилни роботизирани системи.

Научен проблем. Сложността на съвременните роботизирани системи изисква надеждни методи за оценка на точността, повторемостта, динамичната устойчивост, енергийната ефективност и надеждността на сензорните подсистеми. Липсата на единни критерии затруднява сравнението между различни платформи и обективната оценка на тяхната пригодност.

Научен принос. Разработени са научни принципи и процедури за метрологично осигуряване и експериментална верификация. Те обединяват математическото моделиране, физическите изпитвания и цифровите модели в един процес за оценяване на качеството и функционалните характеристики на робота.

- измерване на точността и повторемостта на движението;
- оценка на динамичната устойчивост и енергийната ефективност;
- анализ на надеждността на сензорните и управленските подсистеми;
- предварително валидиране чрез цифрови двойници и виртуални експерименти.

Научна новост. Научната новост е в комплексната методология, която свързва метрологичните процедури с цифровото моделиране и експерименталното валидиране. Подходът създава предпоставки за стандартизирани процедури за изпитване и сравнение на автономни роботи.

Научно и практическо значение. Методологията е приложена при медицински и експериментални мобилни роботи, интелигентни системи за управление

и разработките, представени в хабилитационния монографичен труд „Метрология на мобилни роботи в здравеопазването“.

Публикации, в които е реализиран приносът: №№ 2, 9, 10 и 16.

II. НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ

1. Разработена е инженерна методика за комплексно проектиране на мобилни колаборативни роботизирани системи.

Методиката превежда научната концепция в практически процес, включващ анализ на функционалните изисквания, избор на кинематична схема и мобилна платформа, определяне на манипулаторната конфигурация и степените на свобода, подбор на сензорна, комуникационна и енергийна архитектура и избор на алгоритми за управление. Тя осигурява проследима връзка между предназначението на работа и конкретните инженерни решения.

Публикации: №№ 2, 4, 9, 10 и 16.

2. Разработени са инженерни критерии за избор на мобилни платформи.

Създадена е система от критерии за сравнение на колесни, верижни, омнидирекционни и хибридни платформи според товароносимостта, проходимостта, скоростта, маневреността, енергийната консумация и особеностите на средата. Критериите позволяват аргументиран избор още на проектния етап и ограничават риска от конструктивни несъответствия.

Публикации: №№ 2, 6, 9 и 10.

3. Разработена е инженерна методика за избор и интегриране на сензорни системи.

Предложени са процедури за подбор, разполагане и свързване на LiDAR, RGB и Depth камери, IMU, GPS, енкодери и ултразвукови датчици. Методиката отчита диапазон, точност, честота на обновяване, работна среда и необходимата изчислителна производителност и определя принципи за изграждане на единна измервателна система.

Публикации: №№ 1, 2, 3, 9 и 14.

4. Разработени са алгоритми за интелигентно управление на мобилни роботи.

Реализирани са алгоритми за автономно движение, локално планиране, избягване на препятствия, управление на скоростта, избор на режим на движение и безопасно взаимодействие човек–робот. Те могат да бъдат конфигурирани според конструкцията и предназначението на платформата.

Публикации: №№ 1, 3, 6, 8, 9, 10 и 14.

5. Разработени са инженерни модели за управление на енергийните потоци.

Предложени са практически алгоритми за управление на литиево-йонни и LiFePO₄ акумулатори, водородни горивни клетки и хибридни конфигурации. Моделите осигуряват превключване между източниците, ограничаване на пиковите натоварвания и оптимизиране на автономността според текущия режим на работа.

Публикации: №№ 4, 7, 9 и 12.

6. Разработени са инженерни решения за автономни медицински станции.

Разработени са конструктивни и функционални решения за автономно електрозахранване, роботизирана логистика, дистанционен мониторинг, интегриране на медицинско оборудване и работа при бедствия или ограничена инфраструктура. Решенията обединяват енергийна, информационна и роботизирана подсистема.

Публикации: №№ 1, 2, 5, 6, 7, 11, 16 и 17.

7. Разработени са инженерни решения за работи с висока проходимост.

Предложени са конструкции на мобилни платформи с оптимизирано разпределение на масите, решения за стабилизация и адаптивно управление при движение по тежък терен. Инженерните решения са насочени към спасителни, медицински и специализирани операции.

Публикации: №№ 2, 3, 6, 10, 13 и 15.

8. Разработени са инженерни модели за цифрови двойници.

Създадени са цифрови модели на мобилната платформа, сензорния комплекс, системата за управление, енергийната подсистема и медицинската станция. Те позволяват предварителна проверка на конструктивни решения, настройване на алгоритми и намаляване на необходимия обем физически изпитвания.

Публикации: №№ 2, 9 и 10.

9. Разработени са инженерни методики за експериментална оценка.

Формулирани са процедури за измерване на точността и повторяемостта, изпитване на енергийната ефективност, оценяване на автономността и валидиране на интелигентни алгоритми. Методиките осигуряват възпроизводимост и обективно сравнение на изследваните решения.

Публикации: №№ 2, 4, 7, 9 и 10.

10. Разработени са инженерни решения за интегриране на роботизирани системи в медицинската практика.

Предложени са практически подходи за транспорт на медикаменти и консумативи, логистично обслужване, подпомагане на медицински персонал и работа

в полеви медицински комплекси. Решенията отчитат изискванията за безопасност, надеждност, автономност и взаимодействие с хора.

Публикации: №№ 1, 2, 5, 6, 7, 11, 15, 16 и 17.

III. ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ

1. Разработени и експериментално валидирани са мобилни колаборативни роботизирани платформи за медицински, социални и специализирани приложения.

Създадени и изпитани са няколко поколения мобилни платформи за транспорт на медикаменти и консумативи, болнична логистика, подпомагане на персонал, социални услуги и научни експерименти. Платформите включват модулна механична конструкция, интелигентно управление, мултисензорен комплекс и програмно осигуряване за автономно движение. Те представляват експериментална база за бъдещо внедряване и адаптация към различни задачи.

Публикации: №№ 1, 2, 3, 6, 7, 10, 13 и 15.

2. Реализирани са експериментални системи за мултисензорно възприятие и автономна навигация.

Изградени са комплекси с LiDAR, RGB и Depth камери, IMU, GPS, енкодери и ултразвукови датчици. Създадена е единна среда за обработка на данните, която осигурява локализация, картографиране, автономна навигация и избягване на препятствия. Практическите изпитвания потвърждават приложимостта на системите в реална среда.

Публикации: №№ 2, 3, 6, 14 и 15.

3. Реализирани са интелигентни системи за управление на мобилни роботи.

Практически са реализирани програмни средства за управление на движението и скоростта, избор и следване на траектория, избягване на препятствия, управление на манипулатор и дистанционен контрол. Получените резултати повишават автономността и безопасността на роботизираните системи.

Публикации: №№ 1, 3, 5, 6 и 15.

4. Реализирани са хибридни енергийни системи с използване на водородни горивни клетки.

Разработени и изследвани са батерийни, LiFePO₄, горивноклетъчни и хибридни конфигурации. Решенията увеличават времето за автономна работа, ограничават пиковото натоварване на източниците и позволяват използване на зеления водород като екологично чист енергиен носител за мобилни роботи.

Публикации: №№ 4, 7, 9 и 12.

5. Реализирани са експериментални модели на автономни полеви медицински станции.

Разработена е концепция за станция, включваща мобилни роботи, интелигентна енергийна система, автономно захранване, цифров модел и дистанционен мониторинг. Системата е предназначена за работа при бедствия, аварии, военно-медицински операции и в труднодостъпни райони.

Публикации: №№ 1, 2, 5, 6 и 15.

6. Реализирани са мобилни роботи с висока проходимост за специализирани операции.

Създадени са експериментални конструкции за спасителни и антитерористични действия, медицинска евакуация и работа при бедствия. Изпитванията потвърждават подобрена устойчивост, маневреност и функционалност при движение в неструктурирана среда.

Публикации: №№ 1, 2, 3, 6, 9, 13, 15 и 16.

7. Разработени са цифрови модели и виртуални експериментални среди за роботизирани системи.

Реализирани са цифрови модели на платформите, сензорите, енергийните системи, медицинските станции и алгоритмите за управление. Използването им съкращава времето за проектиране, подпомага предварителното валидиране и оптимизацията и намалява разходите за експериментални изпитвания.

Публикации: №№ 1, 2, 3, 6, 9, 10 и 16.

8. Разработените научни резултати са внедрени в научноизследователската и образователната дейност.

Методиките, алгоритмите, моделите и експерименталните постановки са използвани при изпълнение на научноизследователски проекти, подготовка на дипломни работи, обучение на докторанти и студенти, разработване на лабораторни упражнения и формулиране на нови проектни предложения. По този начин резултатите имат устойчиво въздействие върху развитието на научния капацитет в областта на мобилната и колаборативната роботика.

Публикации: №№ 1, 2, 3, 8, 16 и 17.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представените научни приноси обхващат системното проектиране, параметричния синтез, интелигентното управление, мултисензорното възприятие, енергийното осигуряване, медицинските приложения, високопроходимите платформи и метрологичното осигуряване на мобилни роботизирани системи. Те формират

взаимосвързана научна линия, насочена към разработването на автономни и колаборативни роботи с висока степен на безопасност, надеждност и енергийна ефективност.

Научно-приложните и приложните резултати демонстрират превръщането на разработените модели и методологии в инженерни процедури, цифрови модели, експериментални образци и практически решения. Особено значение имат разработките за здравеопазването, автономните полеви медицински станции, роботите с висока проходимост и хибридните енергийни системи с водородни горивни клетки.

В обобщение може да се приеме, че приносите на доц. д-р инж. Нина Вълчкова покриват значителна част от научната специалност „Роботи и манипулатори“, с ясно изразена насоченост към колаборативни и сервизни роботи, кибер-физични системи, интелигентно управление и автономно енергийно осигуряване. Резултатите намират приложение в области с висока обществена значимост – здравеопазване, социална роботика, специализирани операции и устойчиви енергийни технологии.

Като доказателство за практическата реализация и устойчивостта на научните изследвания могат да бъдат посочени ръководените от кандидата проекти:

- Договор с Фонд „Научни изследвания“ по проект КП-06-Н57/8-16.11.2021 г. – „Методология за определяне на функционалните параметри на мобилен колаборативен сервизен робот асистент в здравеопазването“, по Конкурса за финансиране на фундаментални научни изследвания – 2021 г.
- Договор № ПБУ-44/05.12.2024 г., проект BG-RRP-2.017-0011-C02 „Екологични колаборативни роботи, хранени със зелен водород“, по Механизма за възстановяване и устойчивост, инвестиция C2I2 „Повишаване на иновационния капацитет на Българската академия на науките в сферата на зелените и цифровите технологии“.