

Антропоморфний роботизований транспортний засіб для розвантаження людини в умовах підвищеного ризику та невизначеності рельєфу місцевості

Антропоморфное роботизированное транспортное средство для разгрузки человека в условиях повышенного риска и неопределенности рельефа местности

Anthropomorphic robotic transport device for human unloading in conditions of high risk and uncertainty of terrain

- 1. Номер державної реєстрації: 0117U001179**
- 2. Науковий керівник - д.т.н., проф. Стенін О. А., Стенин А. А., Stenin Alexandr A.**

3. Суть розробки, основні результати (укр.)

Розроблено нову аналітичну модель кінематики АРТЗ, модель динамічної поведінки крокуючого апарату при пересуванні по довільній поверхні, проведено синтез структурної схеми взаємодії систем роботизованого транспортного засобу з його вузлами. Створено комп'ютерні моделі кінематики та динамічної поведінки робота, показано взаємодію виконавчих органів АРТЗ з його сенсорною системою через навколишнє середовище. Розроблено єдину віртуальну систему (ЄВС) і структуру взаємозв'язків її з АРТЗ, програмно-технічні засоби для термінального сполучення ЄВС і навколишнім середовищем, а також інтерфейс взаємодії з фізичними блоками робота. Розроблено стратегію динамічної стійкості АРТЗ, математичний опис її дотримання та відновлення при опрацюванні вантажних операцій, систему управління (СУ) стійкістю, як ієрархічну розподілену структуру для управління рухом робота, яка включає три структуровані рівні – інтелектуального управління поведінкою, рівень шаблонів програмного управління та рівень регуляторів, що взаємодіють між собою. Розроблено архітектуру та алгоритми інтегрованої СУ рухом маніпуляторів, яка узгоджує їх рух з рухом корпусу та рухом кінцівок робота, а швидкість його, в свою чергу, синхронізується з рухом транспортного візка. Розроблена СУ рухом транспортного засобу за траєкторією, а також алгоритми її оптимізації, з урахуванням стійкості робота та можливості корекції заданої траєкторії з використанням розроблених спеціальних каналів управління. Запропоновано ескізний проект з рекомендаціями по створенню макету АРТЗ, проведено комп'ютерне моделювання роботи виконавчих пристроїв та сенсорів АРТЗ у середовищі комп'ютерного стенду.

(рос.)

Разработана новая аналитическая модель кинематики АРТЗ, модель динамического поведения шагающего аппарата при передвижении по произвольной поверхности, проведен синтез структурной схемы взаимодействия систем роботизированного транспортного средства с его узлами. Созданы компьютерные модели кинематики и динамического поведения робота, показано взаимодействие исполнительных органов АРТЗ с его сенсорной системой через окружающую среду. Разработано единую виртуальную систему (ЕВС) и структуру взаимосвязей ее с АРТЗ, программно-технические средства для терминального сообщения ЕВС и окружающей средой, а также интерфейс взаимодействия с физическими блоками робота. Разработана стратегия динамической устойчивости АРТЗ, математическое описание ее соблюдения и восстановления при обработке грузовых операций, систему управления (СУ) устойчивостью, как иерархическую распределенную структуру для управления движением робота, которая включает три структурированные уровня - интеллектуального управления поведением, уровень шаблонов программного управления и уровень регуляторов взаимодействующих между собой. Разработана архитектура и алгоритмы интегрированной СУ движением манипуляторов, которая согласовывает их движение с движением корпуса и движением конечностей робота, а скорость его в свою очередь, синхронизируется с движением транспортной тележки. Разработана СУ движением транспортного средства на траектории, а также алгоритмы ее оптимизации с учетом устойчивости робота и возможности коррекции заданной траектории с использованием разработанных специальных каналов управления.

Предложено эскизный проект с рекомендациями по созданию макета АРТЗ, проведено компьютерное моделирование работы исполнительных устройств и сенсоров АРТЗ в среде компьютерного стенда.

(англ.)

A new analytical model of ARTD kinematics, model of the dynamic behavior of the walking apparatus when moving on an arbitrary surface, has been developed a structural diagram, has been synthesized for the interaction of the robotic transport device systems with its nodes. Created computer models of kinematics and dynamic behavior work, shows the interaction of the executive bodies of the ARTD with its sensory system through the environment. A unified virtual system (UVS) and a structure of its interconnection with the ARTD, software and hardware for the terminal message of the UVS and the environment, as well as an interface for interaction with physical units, have been developed. Developed a strategy for dynamic sustainability of the ARTD, a mathematical description of its observance and recovery in handling cargo operations, a resilience control system (CS) as a hierarchical distributed structure for controlling the robot's movement, which includes three structured levels — intelligent control of robotic transport device, level of program control patterns and level of regulators interacting with each other. The architecture and algorithms of the integrated control system are developed by the movement of the manipulators, which coordinates their movement with the movement of the body and the movement of the limbs, and its speed is in turn synchronized with the movement of the transport trolley. CS was developed by robotic transport device movement on a trajectory, as well as algorithms for its optimization taking into account the stability of work and the possibility of correcting a given trajectory using the developed special control channels. A draft design with recommendations for creating an ARTD layout was proposed, computer simulation of the performance of the ARTD actuation devices and sensors in the environment of a computer test bench was carried out.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

Отримано 2 патенти

- 1) Поліщук М.М., Ткач М.М., Пасько В.П. Патент UA 117979, Захват крокуючого робота. Опубл. 10.07.2017, Бюл. № 13
- 2) Поліщук М.М. Патент № 113702, Складальний модуль маніпулятора. № заявки 2016 01978. Дата виписки 27.02.2017 р.

Подано 3 заявки на патент UA на винахід, що проходять кваліфікаційну експертизу:

- 1) Поліщук М.М. № a201701440 від 16.02.2017р. «Крокуючий мобільний робот».
- 2) Поліщук М.М. № a201702376, 14.03.2017р.. «Антропоморфний причіп поліщука для маломірних суден».
- 3) Поліщук М.М. № a201710873, 07.11.2017р. «Захват крокуючого робота вертикального переміщення»

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Рівень розробки: *перевищує вітчизняний* з напрямку **robotic transport systems (RTS)**, щодо структуризації розподілених систем управління, інтелектуалізації процесів поведінки на маршруті переміщення, оптимізації їх сервісів, інтеграції ІТ - ресурсів, розпізнавання та мінімізації ризиків несанкціонованого доступу до їх компонентів чи втрати даних.

Технологія відрізняється від відомих методів тим, що дозволяє адаптувати засоби обробки даних та управління АРТЗ до умов пересування в залежності від параметрів вантажу, характеристик зовнішнього середовища та можливих перешкод на маршруті, враховувати та динамічно визначати їх параметри, змінювати траєкторію руху, забезпечувати стабілізацію робота на маршруті. Перевагою розроблених засобів над системами, що використовуються сьогодні, є трьохрівнева архітектура управління, що значно підвищує надійність автономного робота, а застосування технології прикладної віртуальної машини на базі динамічної інтерпретації метамodelей і спеціалізованих брокерів обробки надає можливість створити конкурентоспроможні алгоритми та програмні засоби, які більш гнучкі при інтеграції.

6. Економічна привабливість для просування на ринок.

Розроблені СУ та алгоритми дозволяють:

- підвищити точність управління роботом на маршруті, забезпечити інтегроване управління рухом АРТЗ, його курсову і вертикальну стійкість, зменшити до 20% витрати живлення за рахунок оптимізації траєкторії переміщення.
- знизити (на 10 – 20 %) витрат на впровадження нових сервісів і моніторингу, динамічно модифікувати процеси їх обробки за рахунок широкого використання уніфікованих компонентів з динамічною інтерпретацією метамоделей обробки та управління.

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, відомства, підприємства, організації).

Пр АТ «НВК «КУРС»» (м. Київ) може використати результати роботи для системи управління усталеним рухом роботизованого схвату космічного апарата. Застосування кібернетичної роботизованої системи передбачає розробку нового різновиду розвантажуючих систем на базі крокуючих апаратів для забезпечення потреб поліції, МНС, муніципальних служб, медичного застосування, використовуючи єдину програмно-апаратну базу та її компоненти. Перспективним для застосування результатів роботи є область протезування опорно-рухового апарата людини, що забезпечує можливість відновлення рухомості людини.

8. Стан готовності розробки. Розроблено комп'ютерний стенд для моделювання та термінального управління антропоморфними роботизованими транспортними засобами, створено моделі та системи управління рухом АРТЗ, розроблено відповідний ескізний проект.

9. Існуючі результати впровадження.

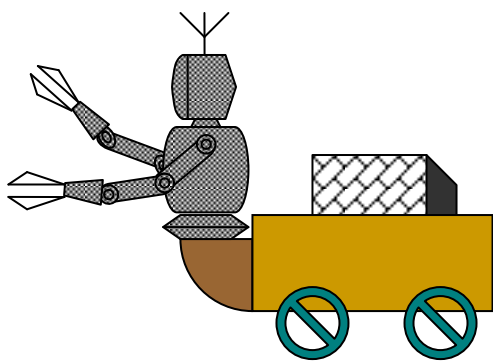
Розробник безкоштовно передав до Київського спеціалізованого конструкторського Бюро СКБ – Перспектива науково-практичні результати у вигляді:

- а) Структури системи управління (СУ) рухом робота за траєкторією з урахуванням його курсової та вертикальної стійкості на маршруті переміщення, архітектури СУ кутовим положенням ланок кінцівок і маніпуляторів;
- б) алгоритми операцій завантаження роботом об'єктів вантажу з виконанням їх пошуку та ідентифікації за габаритними розмірами, на основі розпізнавання за штрих-кодом та за RFID мітками; алгоритми поведінки робота при переміщенні на маршруті та при обході перешкод;
- в) програмних засобів моделювання приводу виконуючого механізму маніпулятора в середовищі пакету Simulink з його стандартними бібліотеками та розроблений авторами роботи регулятор кутового положення ланок для досягнення оптимального управління за критерієм швидкодії та прискорення, що дозволяє підвищити показники точності позиціонування ланок.

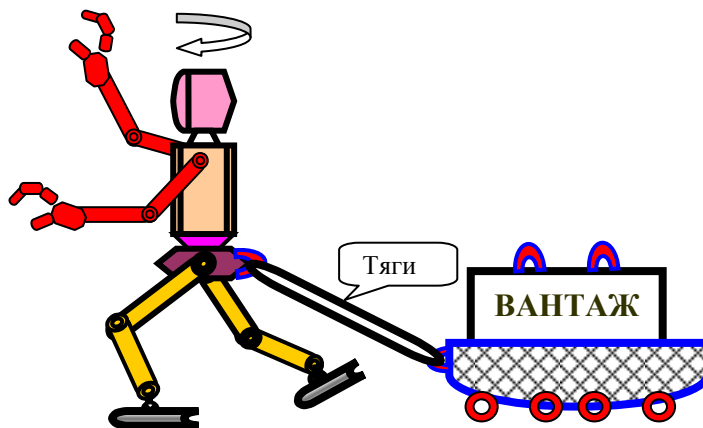
10. Назва підрозділу, телефон, e-mail.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, факультет інформатики та обчислювальної техніки, кафедра технічної кібернетики, (044) 204-86-13, y.timoshin@gmail.com

11. Фото або декілька слайдів презентації з фото розробки в електронному вигляді (рекламного характеру).



Конструкція колісного варіанту типу «Кентавр»



Варіант АРТЗ з транспортним візком

12. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання.

1. О.І. Михальов, О.А. Стенін, М.О. Солдатова, О.С. Стенін Модальна робастна стабілізація об'єктів керування з параметричною невизначеністю// Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник.- Вип.-№2(115). Дніпро.-2018.сс.61-67. **Index Copernicus**

2. А.И. Михалев, А.А. Стенин, И.Г. Шитикова, В.А. Лемешко Интеллектуальная мультиагентная система формирования предметно-ориентированной эволюционной модели знаний. Системные технологии - Днепр-ск: НМетАУ, ИВК «Системні технології», №3(116),2018. – сс.57-63. **Index Copernicus**

3. D. Humennyi, I.Parkhomey, Y. Bondar. Structural Model of Robot-Manipulator for Capture 3 of No-Cooperation Client Spacecraft/ Frontiers / Preprints 201709.0072. v1, Doi.10/20944 (**Scopus**)

4. А.А. Стенин, В.П.Пасько, И.Г. Шитикова, В.А. Лемешко Построение предметно-ориентированных ИСППР ситуационного типа. Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського Серія: Технічні науки Том 29 (68) № 1 2018 Частина 2. сс25-31. **WorldCat, Google scholar**

5. А.А. Стенин, О.И.Лисовиченко, И.Г. Шитикова Синтез оптимальных по расходу топлива управлений одним классом линейных нестационарных систем. Bulgarian Journal for Engineering Design, issue. Mechanical Engineering Faculty, Technical University-Sofia.№36 , 2018, .pp.25-31 **Index Copernicus**

6. А.А. Стенин, Е. Мелкумян, С.А. Стенин. КОНТРОЛЛЕР МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ МАКРОСЕТИ КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ // ASAC Адаптивні системи автоматичного управління, 1 (30), 2017, стор. 176-182 **WorldCat, Google scholar**

7. Ю.А. Тимошин, С.П. Орленко. ВЛИЯНИЕ ПЯТНА ВОСПРИЯТИЯ НА СКОРОСТЬ ОБУЧЕНИЯ И ТОЧНОСТЬ РАСПОЗНАВАНИЯ СВЕРТОЧНОЙ НЕРОННОЙ СЕТИ // ASAC Адаптивні системи автоматичного управління, 1 (30), 2017, стор. 134-145 **WorldCat, Parkhomei. OPTIMAL CONTROL SYSTEMS DESIGN OF COMMUNICATION NETWORKS /**

8.A.Stenin, V.Pasko, I.Drozovich Designing of autonomous heat supply systems and optimization of energy resources at their exploitation/-Zaporizhia, National Technical University, №3(46), 2018, pp.78-87. **Web of science**

13. Надати ключові слова до розробки: АРТЗ, РОБОТИЗОВАНИЙ ТРАНСПОРТ, КРОКУЮЧИЙ АПАРАТ, РОЗПОДІЛЕНА СУ, ОБРОБКА ДАНИХ, МОДЕЛЮВАННЯ, ПРОГРАМНІ БРОКЕРИ, МЕТАМОДЕЛЬ, ПРИКЛАДНА ВІРТУАЛЬНА МАШИНА