

**РЕЗЮМЕТА
НА РЕЦЕНЗИРАНИТЕ ПУБЛИКАЦИИ НА БЪЛГАРСКИ И НА АНГЛИЙСКИ
ЕЗИЦИ**

на научни трудове на доц. д-р Иван Чавдаров, за участие в конкурса

за професор по научна област 4.6. Информатика и компютърни науки (Компютърно моделиране чрез CAD системи с приложение в мехатрониката и роботиката), обявен в ДВ, бр. 20 от 08.03.2024г.

Публикация №1:

Chavdarov, I., Yovchev, K., Miteva, L., Stefanov, A., Nedanovski, D., A strategy for controlling motions related to sensory information in a walking robot Big Foot. Sensors, MDPI, 2023, Volume: 23, Pages: 1-17, DOI:10.3390/s23031506, Published: FEB 2023, ISSN:1424-8220, Article Number: 1506, Ref Web of Science, IF (3.9 - 2022), Web of Science Quartile: Q2, SJR (0.764 - 2022).

<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000932567700001>

<https://www.mdpi.com/1424-8220/23/3/1506>

Резюме:

Придобиването на адекватна сензорна информация и използването ѝ за осигуряване на управление на двигателите са важни въпроси в процеса на създаване на крачещи роботи. Целта на тази статия е да представи алгоритми за управление за оптимизиране на цикъла на ходене на иновативен крачещ робот, наречен „Big Foot“. Конструкцията на робота е базирана на принципите на минималистичния дизайн — ползват се само два двигателя, с които Big Foot може да ходи и дори да преодолява препятствия. Оборудван е с различни видове сензори, като някои от тях предоставят информация, необходима за реализирането на оптимизиран цикъл на ходене. Изследваме два закона на движение - синусоидален и полиномиален - като сравняваме получените резултати с движение с постоянна ъглова скорост. И двата предложени закона се опитват да намерят баланс между минимизиране на ударните натоварвания и максимизиране на скоростта на ходене при определена двигателна мощност. Експерименталните резултати се извличат с помощта на 3D принтиран прототип на робота, като правилното реализиране на законите на движение се осигурява с ползването на PD контролер, получаващ данни от енкодери и тактилни сензори. Експерименталните резултати потвърждават предложените закони на движение, а резултатите могат да бъдат приложени към други ходещи роботи с подобна конструкция.

Abstract:

Acquiring adequate sensory information and using it to provide motor control are important issues in the process of creating walking robots. The objective of this article is to present control algorithms for the optimization of the walking cycle of an innovative walking robot named “Big Foot”. The construction of the robot is based on minimalist design principles—only two motors are used, with which Big Foot can walk and even overcome obstacles. It is equipped with different types of sensors, with some of them providing information necessary for the realization of an optimized walk cycle. We examine two laws of motion—sinusoidal and polynomial—where we compare the results with constant angular velocity motion. Both proposed laws try to find balance between minimizing shock loads and maximizing walking speed for a given motor power. Experimental results are derived with the help of a 3D-printed working prototype of the robot, with the correct realization of the laws of motion being ensured by the use of a PD controller receiving data from motor encoders and tactile sensors. The experimental results validate the proposed laws of motion and the results can be applied to other walking robots with similar construction.

Публикация №2:

Chavdarov, I., Naydenov, B., Design and kinematics of a 3-D printed walking robot “Big Foot”, overcoming obstacles. International Journal of Advanced Robotic Systems, SAGE, Volume: 16(6), 2019, Pages: 1-12, DOI:10.1177/1729881419891329, Published: NOV 2019, ISSN:1729-8806, Article Number: 1729881419891329, Ref Web of Science, IF (1.482 - 2019), Web of Science Quartile: Q4, SJR (0.432 - 2019).

<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000500268700001>

<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1729881419891329>

Резюме:

Представеното изследване представя оригинална концепция за проектиране на крачещ робот с минимален брой двигатели. Роботът има опростена механична и управляваща система, успешно се движи с крачене, избягва или преодолява препятствия, като използва само два независимо управлявани двигателя. Описани са основните геометрични и кинематични зависимости, свързани с неговото движение. Предлага се оптимизиране на основните размери на робота, за да се намалят загубите на енергия при движение по равен терен. Разработен и произведен е 3D принтиран прототип на робота. Представени са симулация и експерименти за преодоляване на препятствие. Експериментално се определят траекториите и моментните центрове на скоростите на звено от робота. Описани са фазите на ходене и етапите на преодоляване на препятствие. Сравняват се теоретичните и експерименталните резултати. Предложените подходи за оптимизация на размерите за намаляване на загубите на енергия и експериментално определяне на моментния център на скоростите са приложими и за други крачещи роботи.

Abstract:

The proposed study presents an original concept for the design of a walking robot with a minimum number of motors. The robot has a simple design and control system, successfully moves by walking, avoids or overcomes obstacles using only two independently controlled motors. Described are basic geometric and kinematic dependencies related to its movement. It is proposed optimization of basic dimensions of the robot in order to reduce energy losses when moving on flat terrain. Developed and produced is a 3-D printed prototype of the robot. Simulation and experiments for overcoming an obstacle are presented. Trajectories and instantaneous velocities centers of links from the robot are experimentally determined. The phases of walking and the stages of overcoming an obstacle are described. The theoretical and experimental results are compared. The suggested dimensional optimization approaches to reduce energy loss and experimental determination of the instant center of rotation are also applicable to other walking robots.

Публикация №3:

Chavdarov, I., Nikolov, K., Naydenov, B., Instant Centre of Rotation of the Robot Big Foot During Motion and Overcoming an Obstacle. Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences, Volume: 72(6), 2019, Pages: 803-810, DOI:10.7546/CRABS.2019.06.13, Published: 2019, ISSN:1310–1331, Ref Web of Science, IF (0.343 - 2019), Web of Science Quartile: Q4, SJR (0.218 - 2019).

<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000477784300013>

Резюме:

Представен е подход за експериментално определяне на моментния център на въртене и траекториите на този център за звена на крачещ робот. Експериментите се извършват с 3D принтиран модел на робота Big Foot. Той има само два мотора и опростен механичен дизайн и въпреки това може да върви, да се обръща и да преодолява препятствия, дори да се изкачва по стълби, пропорционални на размерите му. Траекторията на моментния център на въртене за едно звено се определя в различни фази от преодоляване на препятствие. Изследва се поведението на робота при движение по равен терен и преодоляване на препятствие. Направени са заключения въз основа на получените резултати с цел подобряване на дизайна.

Abstract:

An approach is presented for experimental determination of the instant centre of rotation and the trajectories of this centre for some links of a walking robot. Experiments are carried out with a 3D Printed model of the robot Big Foot. It has only two motors and simple mechanical design, and yet it can walk, turn and overtake obstacles, even climb stairs comparable to its size. The trajectory of the instant centre of rotation for one link is determined at different phases of overcoming an obstacle. The behaviour when moving on a flat terrain and overcoming an obstacle is also investigated. Conclusions are made, based on the obtained results in order to improve the design.

Публикация №4:

Chavdarov, I., Krastev, A., Naydenov, B., Pavlova, G., Analysis and experiments with a 3D printed walking robot to improve climbing obstacle. International Journal of Advanced Robotic Systems, SAGE, Volume: 17(3), 2020, Pages: 1-13, DOI:10.1177/1729881420925282, Published: MAY 2020, ISSN:1729-8806, Ref Web of Science, IF (1.652 - 2020), Web of Science Quartile: Q4, SJR (0.394 - 2020).
<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000541015900001>

Резюме:

Целта на тази разработка е да изследва възможностите за изкачване на по-високи препятствия, като същевременно поддържа общите размери на крачещ робот, чрез подобрения в дизайна и експерименти. Представена е оригинална концепция за дизайн на крачещ робот с минимален брой двигатели. Определят се геометрични и силови ограничения за преодоляване на препятствие и условията за поддържане на статична стабилност. Провеждат се експерименти за преодоляване на вертикално препятствие с 3D принтиран модел. Използват се 3D отпечатани стъпала на робота с различни форми и материали. Резултатите от експериментите са представени графично, като се сравняват с базов модел. В това проучване се въвежда безразмерен индекс за сравняване на височината на преодоляното препятствие и размерите на робота. Той позволява обективно да се сравняват възможностите за преодоляване на препятствията между различните видове мобилни роботи. Направени са заключения и насоки за подобрения в конструкцията.

Abstract:

The purpose of this work is to investigate the possibilities of climbing higher obstacles while maintaining the overall dimensions of a walking robot through design improvements and experiments. An original concept for the design of a walking robot with a minimum number of motors is presented. Geometric and force constraints for overcoming an obstacle and the conditions for maintaining static stability are determined. Experiments for overcoming a vertical obstacle are conducted with a 3D printed model. The 3D printed robot feet with different shapes and materials are used. The results of the experiments are presented graphically as a percentage of success against a baseline model. In this study, a dimensionless index to compare the height of the overcome obstacle and the dimensions of the robot is introduced. It allows to objectively compare the possibilities of overcoming obstacles between various types of mobile robots. Conclusions and guidelines for design improvements are made.

Публикация №5:

Stefanov, A., **Chavdarov, I., Nedanovski, D., Detailed dynamical model of a simple 3D printed walking robot.** 1, 2321, AIP Conference Proceedings, Volume: 2321, Pages: 1-11, DOI:<https://doi.org/10.1063/5.0040125>, Published: 2021, Ref Web of Science and SCOPUS, SJR (0.189 - 2021),

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85101813022&origin=resultslist>
<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000664136600018>

Резюме:

Представя се подробен динамичен модел на 3D принтиран крачещ робот с минимален брой степени на свобода (DOF). Роботът има само две степени на свобода, но въпреки това той е способен да се движи напред (или назад), като върви, завърта се под произволен ъгъл, заобикаля препятствия и дори се изкачва по стълби, в съответствие с неговия размер. Следвайки тенденция към повишена популярност на роботите в образователния процес, прототипът намира приложение в специализирани образователни методи за работа с деца с аутизъм или проблеми с развитието.

Abstract:

We present the detailed dynamical model of a 3D printed walking robot with a minimal number of degrees of freedom (DOF). The robot has only two DOF, but despite that, it is capable of moving forward (or backwards) by walking, rotating to an arbitrary angle, going around obstacles, and even climbing stairs, in accordance with its size. Following a tendency of an increased popularity of robots in the education process, the prototype finds application in specialized educational methods for work with children with autism or development problems.

Публикация №6:

Lekova, A., Chavdarov, I., **A Fuzzy Shell for Developing an Interpretable BCI Based on the Spatiotemporal Dynamics of the Evoked Oscillations**. Computational Intelligence and Neuroscience, Hindawi, Volume: 2021, 2021, Pages: 1-21, DOI:<https://doi.org/10.1155/2021/6685672>, Published: APR 12 2021, ISSN:1687-5265, Ref Web of Science, IF (3.12 - 2021), Web of Science Quartile: Q2, SJR (0.863 - 2021).

<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000680166000002>

<https://www.hindawi.com/journals/cin/2021/6685672/>

Резюме:

Изследователите в компютърните невронауки изпитват трудности, когато се опитват да извършат невроанализ на практика или когато трябва да проектират компютърно-мозъчен интерфейс (BCI) с бърза настройка и минимална фаза на обучение. Възниква нужда от интерпретируеми техники за изчислителна интелигентност и декодиране на нови състояния на мозъка за по-разбираема интерпретация на сензорната, когнитивната и двигателната обработка на мозъка. Ние предлагаме обвивка на размита (fuzzy) софтуерна система с общо предназначение за разработване на персонализирана ЕЕГ BCI система. Метода разчита на изблици (резки промени) на текущата синхронизация/десинхронизация на мощността на ЕЕГ честотата на ниво скалп и поддържа бърза настройка на BCI чрез езикови характеристики, размита конструкция на „ad hoc“, обясними правила АКО-ТОГАВА (IF-THEN) и концепцията за Интернет на нещата (IoT), което прави системата BCI независима от устройството и услугата. Той има потенциал за проектиране както на пасивни, така и на свързани със събития BCI, с възможност за визуално представяне на сигнали от скалпа във функция на времето.

Осъществимостта на предложената система е доказана чрез реални експерименти, резки промени на честотната мощност са открити в реално време, в отговор на предизвикано визуално-пространствено селективно внимание. Новият начин за декодиране на сигналите от мозака може да се използва като възможна за интерпретация на пространствено-времевата динамика на пасивните или предизвикани невронни трептения.

Abstract:

Researchers in neuroscience computing experience difficulties when they try to carry out neuroanalysis in practice or when they need to design an explainable brain-computer interface (BCI) with quick setup and minimal training phase. There is a need of interpretable computational intelligence techniques and new brain states decoding for more understandable interpretation of the sensory, cognitive, and motor brain processing. We propose a general-purpose fuzzy software system shell for developing a custom EEG BCI system. It relies on the bursts of the ongoing EEG frequency power synchronization/desynchronization at scalp level and supports quick BCI setup by linguistic features, ad hoc fuzzy membership construction, explainable IF-THEN rules, and the concept of the Internet of Things (IoT), which makes the BCI system device and service independent. It has a potential for designing both passive and event-related BCIs with options for visual representation at scalp-source level in response to time. The feasibility of the proposed system has been proven by real experiments and bursts for and frequency power have been detected in real time in response to evoked visuospatial selective attention. The presence of the proposed new brain state decoding can be used as a feasible metric for interpretation of the spatiotemporal dynamics of the passive or evoked neural oscillations.

Публикация №7:

Boiadjiev, T., Boiadjiev, G., Delchev, K., **Chavdarov, I.**, Kastelov, R., **Feed rate control in robotic bone drilling process.** Journal of Engineering in Medicine, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine, Volume: 235(3), 2021, Pages: 273-280, DOI:<https://doi.org/10.1177/0954411920975890>, Published: MAR 2021, ISSN 09544119, Ref Web of Science, IF (1.763 - 2021), Web of Science Quartile: Q4, SJR (0.418 - 2021).

<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000620669500003>

Резюме:

Процесът на пробиване на кости се характеризира с различни параметри, най-важните от които са скоростта на подаване (mm / s) и скоростта на пробиване (rpm). Те влияят силно върху крайните ефекти и резултати от процеса на пробиване, като механични и термични повреди на костната тъкан и качеството на отворите. По време на ръчното пробиване, тези параметри се контролират от хирурга въз основа на неговите практически умения. Но автоматичното пробиване може да осигури оптимален резултат от манипулацията, когато такива параметри се управляват. По време на бикортикално автоматично костно пробиване такъв процес се състои от няколко етапа: търсене на

контакта с първата кора на костта, пробиване на кората и автоматично спиране; търсене на контакта с втората кора, пробиване на кората и автоматично спиране; връщане на свредлото. Тази работа представя подход за управление на скоростта на подаване по време на различни етапи от процеса на пробиване на костите (оригинален алгоритъм за контрол на подаването), с помощта на ортопедичен робот за пробиване (ODRO). Контролът на скоростта на подаване се основава на предложен алгоритъм, създаден и реализиран от специфичен софтуер. По време на процеса на пробиване на бикортикална кост скоростта на подаване приема различни стойности на всеки етап в диапазона 0,5–6 mm / s. Тези стойности зависят от положението на свредлото и данните от датчика за сила, измервани в реално време. Новостта на тази работа е синтезът на оригинален алгоритъм за управление на скоростта на подаване за решаване на основните проблеми на пробиването на костите в ортопедичната хирургия - минимизиране на времето за пробиване (генерирането на топлина); премахване на приплъзването на свредлото при първата кора и огъване на свредлото при втората (далечна) кора; минимизиране на риска от микропукнатини, които причиняват травматична остеонекроза; подобряване качеството на отворите на пробитите отвори; премахване на приплъзването на свредлото и огъването на свредлото при втората кора; минимизиране на стойността на второто проникване на свредлото на кората чрез двукортично пробиване на кост.

Abstract:

The bone drilling process is characterised by various parameters, the most important of which are the feed rate (mm/s) and the drill speed (rpm). They highly reflect the final effects and results of the drilling process, such as mechanical and thermal damages of bone tissue and hole quality. During manual drilling, these parameters are controlled by the surgeon based on his practical skills. But automatic drilling can assure an optimal result of the manipulation where such parameters are under control. During bicortical automatic bone drilling such a process consists of several stages: searching the contact with the first cortex, cortex drilling and automatic stop; searching the contact with the second cortex, cortex drilling and automatic stop; drill bit extraction. This work presents a way to control the feed rate during different stages of the bone drilling process (an original feed rate control algorithm) using the orthopaedic drilling robot (ODRO). The feed rate control is based on a proposed algorithm created and realised by specific software. During bicortical bone drilling process the feed rate takes various values in any stage in the range 0.5–6 mm/s. These values depend on drill bit position and real time force sensor data. The novelty of this work is the synthesis of an original feed rate control algorithm to solve the main problems of bone drilling in orthopaedic surgery – minimisation the drilling time (the heat generation); eliminating of the drill bit slip at the first (near) cortex and the drill bit bending at the second (far) cortex; minimising the risk of micro cracks which causes Traumatic Osteonecrosis; improving hole quality of the drilled holes; eliminating of the drill bit slip and the drill bit bending at the second cortex; minimising the value of the second cortex drill bit penetration by bicortical bone drilling.

Публикация №8:

Nikolov, V., Dimitrova, M., **Chavdarov, I.**, Krastev, A., Wagatsuma, H., **Design of Educational Scenarios with Big Foot Walking Robot: A Cyber-physical System Perspective to Pedagogical Rehabilitation.** Lecture Notes in Computer Science, Artificial Intelligence in Neuroscience: Affective Analysis and Health Applications. IWINAC 2022, Springer, Cham, Volume: 13258, 2022, Pages: 259-269, DOI:10.1007/978-3-031-06242-1_26, 259-269, Published: 2022, ISBN:978-3-031-06241-4, Ref Web of Science, IF (0.302 - 2022), Web of Science Quartile: Q4, SJR (0.32 - 2022).

<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000874361900026>

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-06242-1_26

Резюме:

Разглеждат се нови образователни сценарии с крачещия робот BigFoot от гледна точка на киберфизичната система и приложения в педагогическата рехабилитация. Представена е сензорната система на робота, която се доразвива с цел адекватно приложение в два новоформулирани образователни сценария. Обсъждат се резултатите получени от пилотно проучване.

Abstract:

The currently designed novel educational scenarios with the walking robot BigFoot from a cyberphysical system perspective to pedagogical rehabilitation is described in the paper. The sensor system of the robot is presented, which is being developed further in order to adequately apply it to two newly formulated educational scenarios. The results of a pilot study are discussed.

Публикация №9:

Chavdarov I., Georgiev, I., Miteva, L., Trifonov, R., Pavlova, G., **Analysis of the kinematic characteristics of a 3D printed finger of robotic humanoid hand.** ACM International Conference Proceeding Series, 2021, Pages: 145-150, DOI:10.1145/3472410.3472434, 145-150, ISBN 978-145038982-2, Ref SCOPUS, SJR (0.232 - 2021), <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85117580999&origin=resultslist>

Резюме:

В тази статия се представя развитието на 3D отпечатана хуманоидна ръка. Ползва се оригинална идея за отпечатване на пръстите директно сглобени, което е възможно само с технологиата за 3D печат. Основните кинематични характеристики на пръст от хуманоидната ръка са изследвани с помощта на концепциите за отворена кинематична верига. Приложен е алгоритъм за определяне на основните кинематични характеристики на пръста, като работно пространство и манипулативност. Резултатите за всички пръсти, без палеца, са представени графично и сравнени. Ползвани са средно статистически размери на пръстите и ставните ограничения. Обсъждат се ползите и приложимостта на

предложеното изследване, както и предимствата от приложението на технологията за 3D принтиране.

Abstract:

The development of 3D printed humanoid hand is presented in this paper. An original idea of printing the fingers completely assembled is introduced. Main kinematic characteristics of finger of humanoid hand are researched using concepts of open kinematic chain. An algorithm for determining the main kinematic characteristics of the finger, such as workspace and manipulability, is implemented. The results for all fingers, without the thumb, are described and compared using their average size and joint constraints. The benefits and applicability of the proposed research are discussed, as well as the application of 3D printing technology.

Публикация №10:

Chavdarov, I., Naydenov, B., Nikolov, V. and Georgiev, I., **Modular Design, Communication and Control Systems of a 3D-printed Humanoid Robotic Hand**, in Journal of Communications Software and Systems, vol. 20, no. 2, pp. 146-156, March 2024, doi: 10.24138/jcomss-2023-0168 2023,ISSN

18456421, Ref SCOPUS, SJR (0.215 - 2024), IF (0.7 - 2023), Web of Science, <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85188475383&origin=resultslist>

Резюме:

Тази статия представя иновативен подход за разработване на механични и контролни системи на хуманоидна 3D-отпечатана ръка с пръсти, базирана на модулен принцип. Новостта е в създаването на 3D отпечатаните пръсти като единичен сглобен компонент и вграждането на задвижващи механизми и управляващи елементи, което го прави завършен независим модул. Новият подход позволява прилагането на един и същ софтуер за действащи компоненти, които да се използват в пръстови модули с различни индивидуални размери и ограничения на ставите. Разработена е механичната и управляваща система на ръката и е създаден работещ прототип. Описано е как да регулирате и контролирате позицията на пръстите с различни размери и ставни ограничения. Описана е комуникацията на модулите с разработения софтуер. Проучва се повторемостта на движението на пръста и се измерва силата, която всеки пръст може да упражни по време на сгъване. Провеждат се и се обсъждат функционални експерименти.

Abstract:

This article presents an innovative approach for developing the mechanical and control systems of humanoid 3D-printed hand with fingers, based on a modular principle. The novelty is in creating the 3D printed fingers as a single assembled component and embedding the actuators and control elements, thus making it a complete independent module. The new approach allows the implementation of the same software and actuating components to be used in finger modules with different individual sizes and joint constraints. The mechanical and control system of the hand is developed and a working prototype is created. It is described how

to adjust and control the position of fingers with different sizes and joint constraints. The communication of the modules with the developed software is described. The repeatability of finger movement is studied and the force that each finger is capable of exerting during folding is measured. Functional experiments are performed and discussed.

Публикация №11:

Chavdarov, I, Naydenov, B., Algorithm for Determining the Types of Inverse Kinematics Solutions for Sequential Planar Robots and Their Representation in the Configuration Space. Algorithms, MDPI, Volume:15(12), 2022, Pages: 469-493, DOI:doi.org/10.3390/a15120469, Published: DEC 2022, ISSN:ISSN:1999-4893, Ref Web of Science IF (2.3 - 2022) and SCOPUS, SJR (0.497 - 2022), <https://www.mdpi.com/1999-4893/15/12/469>

<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000902147100001>

<https://www.mdpi.com/1999-4893/15/12/469>

Резюме:

Работата дефинира по нов начин различните типове решения на обратната задача на кинематична (ИК) за равнинни роботи със серийна топология и представя алгоритъм за нейното решаване. Разработеният алгоритъм позволява намирането на решения за широк кръг работи чрез използване на геометричен подход, представящ точки в полярна координатна система. Обратната кинематика, която е един от най-важните, най-изследваните и предизвикателни проблеми в роботиката, има за цел да изчисли стойностите на ставните променливи, като се има предвид желаната позиция и ориентация на крайния ефектор на робота. Конфигурационното пространство се определя от ъглите на ставите и е в основата на повечето алгоритми за планиране на движението. Генерират се области в работното и конфигурационното пространство, които са достъпни с различни типове решения. Създадени са програми, които използват предложения алгоритъм за работи с две и три ротационни степени на свобода и графично представят резултатите в работното и конфигурационното пространство. Обсъжда се възможността за преминаване от един тип решение на обратна задача към друг чрез преминаване през сингулярна конфигурация. Резултатите са важни за планирането на движенията в работното и конфигурационното пространство, както и за дизайна и кинематичния анализ на роботите.

Abstract:

The work defines in a new way the different types of solutions of the inverse kinematics (IK) problem for planar robots with a serial topology and presents an algorithm for solving it. The developed algorithm allows the finding of solutions for a wide range of robots by using a geometric approach, representing points in a polar coordinate system. Inverse kinematics, which is one of the most important, most studied and challenging problems in robotics, aims to calculate the values of the joint variables, given the desired position and orientation of the robot's end effector. Configuration space is defined by joint angles and is the basis of most motion planning algorithms. Areas in the working and configuration space are generated that

are reachable with different types of solutions. Programs are created that use the proposed algorithm for robots with two and three rotational degrees of freedom, and graphically present the results in the workspace and configuration space. The possibility of transitioning from one type of solution to another by passing through a singular configuration is discussed. The results are important for planning motions in the workspace and configuration space, as well as for the design and kinematic analysis of robots.

Публикация №12:

Boiadjiev, G., Krustev, E., **Chavdarov, I.**, Miteva, L., **A Novel, Oriented to Graphs Model of Robot Arm Dynamics.** Robotics, MDPI, Volume: 10(4), 2021, Pages: 1-21, DOI:<https://doi.org/10.3390/robotics10040128>, Published: DEC 2021, ISSN:22186581, Ref Web of Science and SCOPUS, SJR (0.764 - 2021), <https://www.mdpi.com/2218-6581/10/4/128>

<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000738781000001>

<https://www.mdpi.com/2218-6581/10/4/128>

Резюме:

Роботиката е интердисциплинарна област в която съществуват няколко добре известни подхода за представяне на динамичния модел механичната конструкция на роботизирана ръка. Ръката на работа е отворена кинематична верига от звена, свързани чрез ротационни и транслационни стави. В общия случай е много трудно да се получат ясни изрази за силите и въртящите моменти в уравненията, където въртящи моменти на задвижващите механизми предизвикват желаното движение на хващача. Управлението на ръката на работа зависи от точността на динамичния модел. В съществуващата литература сложността на динамичния модел се намалява чрез техники за машинно обучение за идентифициране на немоделирана динамика. Тази статия предлага нов подход за извличане на уравненията на движението и въртящите моменти на двигателите на ръка на робот с произволен брой стави. Предложеният подход за получаване на динамичния модел в затворена форма използва теорията на графите и принципа на ортогоналността, мощна концепция, която служи като обобщение на закона за запазване на енергията. Приложението на този подход се демонстрира с помощта на 3D принтиран равнинен робот с три степени на свобода. Компютърните експерименти с този робот се изпълняват за валидиране на динамичните характеристики на математическия модел на движение, получен чрез прилагането на предложения подход. Резултатите от експериментите са визуализирани и обсъдени подробно.

Abstract:

Robotics is an interdisciplinary field and there exist several well-known approaches to represent the dynamics model of a robot arm. The robot arm is an open kinematic chain of links connected through rotational and translational joints. In the general case, it is very difficult to obtain explicit expressions for the forces and the torques in the equations where the driving torques of the actuators produce desired motion of the gripper. The robot arm control depends significantly on the accuracy of the dynamic model. In the existing literature, the complexity of

the dynamic model is reduced by linearization techniques or techniques like machine learning for the identification of unmodelled dynamics. This paper proposes a novel approach for deriving the equations of motion and the actuator torques of a robot arm with an arbitrary number of joints. The proposed approach for obtaining the dynamic model in closed form employs graph theory and the orthogonality principle, a powerful concept that serves as a generalization for the law of conservation of energy. The application of this approach is demonstrated using a 3D-printed planar robot arm with three degrees of freedom. Computer experiments for this robot are executed to validate the dynamic characteristics of the mathematical model of motion obtained by the application of the proposed approach. The results from the experiments are visualized and discussed in detail.

Публикация №13:

Miteva, L., Yovchev, K., Chavdarov, I., **Preliminary Study on Motion Planning with Obstacle Avoidance for Hard Constrained Redundant Robotic Manipulators.** CompSysTech '21: International Conference on Computer Systems and Technologies, ACM International Conference Proceeding Series, 2021, Pages: 71-75, DOI:10.1145/3472410.3472438, 71-75, ISBN:978-145038982-2, SCOPUS, SJR (0.232 - 2021),

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85117618670&origin=resultslist>

Резюме:

Планирането на движението на роботи е един от най-важните и предизвикателни проблеми за управлението им. Основната задача на роботизирания манипулатор е да премести своето изпълнително звено от първоначална позиция и ориентация към предварително зададена целева позиция и ориентация. Това изследване разглежда планиране на движение с избягване на препятствия за равнинни редундантни роботи с отчитане на ставните ограничения. Анализира се тяхната кинематика и се дефинират различните видове обратни кинематични решения. На базата на тези типове решения в работното пространство на робота се определят зони, съответстващи на всеки тип решение. Изследването предлага числен подход за намиране на специфичните точки, в които роботът може да промени типа си решение. Тези точки представляват интерес, когато роботът трябва да изпълни движение, което преминава през различни зони на работното пространство. В такива случаи от робота се изисква да премине през някои от тези точки, за да може да промени типа на решението и да изпълни желаното движение. Приложимостта на подхода е валидирана чрез проведени експерименти.

Abstract:

The motion planning for robotic manipulators is one of the most important and challenging problems of the robot control. The primary task of a robotic manipulator is to move its end-effector from an initial position and orientation to a predefined goal position and orientation. This research considers motion planning with obstacle avoidance for planar redundant robots with constrained joint space. It analyses their kinematics and defines the different types of inverse kinematics solutions. On the basis of those types of solutions in the robot workspace are defined zones corresponding to each solution type. The research proposes

a numerical approach for finding the specific points at which the robot can change its solution type. Those points are of interest when the robot has to execute a motion which passes through different zones of the workspace which are not intersecting. In such cases the robot is required to pass through some of those points in order to be able to change the solution type and to execute the desired motion. The approach applicability is validated through conducted experiments.

Публикация №14:

Miteva, L., Yovchev, K., Chavdarov, I., **Planning Orientation Change of the End-effector of State Space Constrained Redundant Robotic Manipulators.** Computer Systems and Technologies, CompSysTech 2022 Proceedings, Pages: 51-56, DOI:<https://doi.org/10.1145/3546118.3546136>, ISBN:978-1-4503-9644-8, SCOPUS, SJR (0.209 - 2022),

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85137181634&origin=resultslist>

Резюме:

В наши дни роботизираните манипулатори трябва да работят в динамична среда и да изпълняват все по-сложни и прецизни задачи. Затова се използват роботи, които имат повече степени на свобода, отколкото изисква желаната задача. Тези роботи се наричат редундантни роботи и могат да достигнат до произволна точка от работното си пространство с множество от различни конфигурации на ставите. Освен това те имат разширен диапазон от ориентации на своите крайни изпълнителни звена. Има точки в работното пространство на робота, които изискват крайното изпълнително звено на робота да се премести от текущата си позиция, за да промени ориентацията си. Това изследване изучава зоните в работното пространство на робота, в които той може да промени ориентацията на своето изпълнително звено без да се променя текущата му позиция и тези, в които това е невъзможно. Статията предлага подход за планиране на траекторията за промяна на ориентацията на изпълнителното звено на редундантен робот с минимално изместване от текущата му позиция. Провеждат се експерименти за оценка на приложимостта на този подход.

Abstract:

Nowadays, robotic manipulators must operate in a dynamic environment and perform more and more complex and precise tasks. Therefore, robots that have more degrees of freedom than the desired task requires are used. These robots are called redundant robots and they can achieve an arbitrary point from their workspace with multiple sets of different joint configurations. Also, they have an extended range of orientations of their end-effectors. There are points in the workspace of the robot which require the end-effector of the robot to move from its current position to change its orientation. This research studies the zones in the workspace of the robot at which it can make orientation change of its end-effector without moving from the current position and these at which that is impossible. Therefore, the paper proposes an approach for trajectory planning for orientation change of the end-effector of a

redundant robot with minimal displacement from its current position. Experiments are conducted to evaluate the applicability of this approach.

Публикация №15 (патент):

Чавдаров, И., Роботизирана хуманоидна ръка, (2020), Патент № 67070 В1, ОФИЦИАЛЕН БЮЛЕТИН, БРОЙ 06.1 15.06.2020 г., стр. 18, <https://bulletin.bpo.bg/2020/binder-2020-06-15.pdf>

Резюме:

Изобретението се отнася до роботизирана хуманоидна ръка, която има независимо управляеми двигатели, задвижващи пръстите. Ръката може да се ползва самостоятелно или като част от робот хуманоид. Намира приложение при създаването на роботизирани структурирани игри, с цел социална терапия на деца с проблеми в развитието или за преподаване езика на жес товете при хора с увреждания. Роботизираната хуманоидна ръка се състои от основа (1), към която са монтирани сервомотори (2), които задвижват ролки (3), към които са свързани първи краища на нишки (4), които преминават през отвори в еднотипни пръсти (5), а втори краища на нишките се захващат неподвижно към последни звена (6) на пръстите. Еднотипните пръсти (5) са присъединени към основата (1) посредством разглобяема винтова връзка (7), а формата на ста вите на всеки от пръстите е с два цилиндрични участъка (8) и една сферична част (9) по средата, като една от частите на пръста е свързана със сферичния участък неподвижно, а следващата лагерува в двата цилиндрични участъка (8) и частично в сферата (9). Еластичен равнинен гофриран елемент (10) е свързан в единия си край неподвижно към найвъншното звено (6) на пръста (5), а другият му край е неподвижно свързан посредством винтовете към основата (1).

Abstract:

The invention relates to a robotic humanoid hand that has independently controllable motors driving the fingers. The arm can be used alone or as part of a humanoid robot. It finds application in the creation of robotic structured games, for the purpose of social therapy for children with developmental problems or for teaching sign language to people with disabilities. The robotic humanoid arm consists of a base (1) to which are mounted servomotors (2) that drive rollers (3) to which are attached first ends of tendons (4) that pass through holes in identical fingers (5), and second ends of the threads are fixedly attached to the last links (6) of the fingers. The identical fingers (5) are connected to the base (1) by a detachable screw connection (7), and the shape of the joints of each of the fingers is with two cylindrical sections (8) and one spherical section (9) in the middle, as one of parts of the finger is connected to the spherical section immovably, and the next bearing in the two cylindrical sections (8) and partially in the sphere (9). An elastic planar corrugated element (10) is fixedly connected at one end to the outermost link (6) of the finger (5) and its other end is fixedly connected by screws to the base (1).

Публикация №16 (патент):

Чавдаров, И., Танев, Т., Павлов, В., **Крачеш робот**, (2018), Патент № 66752 В1, ОФИЦИАЛЕН БЮЛЕТИН, БРОЙ 10.2, 31.10.2018 г., стр.16, <https://bulletin.bpo.bg/2018/binder-2018-10-31.pdf>

Резюме:

Крачеш робот, състоящ се от централна опора (1), към която е лагериран корпус (2) с вертикална ос на ротация и към него е лагериран хоризонтален вал (3а), и към вала (3а), неподвижно са захванати две симетрични успоредни рамена (3b и 3c), характеризира се с това, че в свободните краища на рамената (3b, 3c) са лагерираны две стъпала (4 и 4а), като осите на ротации на тези стъпала (4 и 4а) са взаимно съосни и са успоредни на оста на вала (3а), а две ролки (5 и 5а) са лагерираны на хоризонталния вал (3а) и са захванати неподвижно към корпуса (2), които посредством ремъци, или нишки, или вериги (6 и 6а), са свързани съответно с втора двойка ролки (7 и 7а), които са лагерираны в осите на ротация между рамената (3b, 3c) и стъпалата (4, 4а), като втората двойка ролки (7 и 7а), са неподвижно захванати към стъпалата (4 и 4а) и всички ролки (4, 4а, 7 и 7а), имат еднакви диаметри, при което статор на ротационен двигател (8) е захванат неподвижно към корпуса (2), а роторът му е свързан посредством трета ролка (9) верига или ремък (10) с централна ролка (11), неподвижно захваната към централната опора (1), а втори ротационен двигател (12), също е захванат неподвижно към корпуса (2), а роторът му е свързан посредством четвърта ролка (13) верига или ремък (14) с пета ролка (15) към хоризонталния вал (3а).

Abstract:

The invention relates to a walking robot with central support and two synchronously moving legs, which finds application in the study of hard-to-reach terrains as a means of transportation in undefined environments. The walking robot consists of a central support (1) to which a housing (2) with a vertical axis of rotation is mounted and a horizontal shaft (3a) is mounted to it, to which two symmetrical parallel arms (3b and 3c), in the free ends of which two feet are housed (4 and 4a) the axis of the rotation of these feet (4 and 4a) being mutually coaxial and parallel to the axis of the shaft (3a). Two rollers (5 and 5a) are mounted on the horizontal shaft (3a) and are fixed to the housing (2) and by means of straps or threads or chains (6 and 6a) respectively connected to a second pair of rollers (7 and 7a), which are supported in the axis of rotation between the arms (3b, 3c) and the feet (4, 4a), the second pair of rollers (7a and 7a) being fixed to the feet (4, 4a). All rollers have the same diameters. The motor (8) is immovably attached to the housing (2) and its rotor is connected by means of a third roller (9), a chain or belt or a thread (10) to the central roller (11) fixed to the central support. A second rotary engine (12) is also fixed to the housing (2) and its rotor is connected to the horizontal shaft (3a) by means of a fourth roller (13) chain or belt (14) with a fifth roller (15). A third rotary motor (17) is fixed to the housing (2) and its rotor is connected by means of a seventh roller (18), belt or chain (19) with an eighth roller (20) fixedly connected to a second central support (16). A movie with an 3D printed model prototype can be seen here: <https://www.youtube.com/watch?v=ePiC0b5xf40>