ДОКТОРСКА ПРОГРАМА

„МАТЕМАТИЧЕСКО МОДЕЛИРАНЕ И ПРИЛОЖЕНИЕ

НА МАТЕМАТИКАТА – МЕХАТРОНИКА И РОБОТИКА”

професионално направление 4.5 Математика

КОНСПЕКТ

за кандидатдокторантски изпит

1. Основни понятия в роботиката. Базови системи, изграждащи роботите. Степени на свобода (DOF) на тяло, механизъм и робот. Формула на Chebychev-Grübler-Kutzbach за определяне броя на степените на свобода. Механична система на роботите: звена и връзки. Конфигурация и работно пространство. Класификация на роботите. Роботи с отворена и затворена структура, предимства и недостатъци. Примери.
2. Елементи на топологични пространства. Моделиране на 3d ротации. Ъгли на Ойлер. 3D ротационни матрици. Представяне на ротации с вектор за ос на въртене и ъгъл. Кватерниони.
3. Кинематика на роботи. Дефиниция на права и обратна задача в роботиката. Конвенция на Denavit-Hartenberg за роботи с отворена структура. Параметри на метода на D-H за получаване на кинематичните уравнения посредством 4x4 хомогенни матрици. Обща формулировка на кинематичните уравнения на манипулатори - ниво: позиции, скорости и ускорения.
4. Математически методи за решаване на обратната задача (класификация), особености при решаване на обратната задача – ограничения на обобщените координати, не еднозначност на решението, сингулярни конфигурации.
5. Общ метод за решаване на обратната задача на кинематиката на манипулационни роботи на ниво – скорости. Матрица на Якоби в роботиката. Методи за числено решаване на обратната задача на кинематиката на манипулационни роботи.
6. Сензори и сензорни системи в роботиката. Класификация, типове получавана информация. Числени методи за обработка на сензорната информация.
7. Общата структура на управлението на манипулационен робот (контролер за координация на подсистемите, сензори, планиране на траектории, обратна задача на кинематиката, сервоуправление). Описание на базовите подсистеми за управлението на манипулационен робот. Класификация на сервоконтролерите според функционалните характеристики.
8. Адаптивно управление на роботи - класификация. Итеративно управление със самообучение – основни характеристики, основни проблеми, алгоритъм (Baunded error algorithm) за решение на проблема с „преходното“ нарастване на траекторната грешка.
9. Мобилни роботи. Класификация. Крачещи роботи. Статична и динамична устойчивост на мобилни роботи.
10. Хващачи и крайни ефектори в роботиката. Сила на хващане и измерването ѝ.

11. Алгоритми за откриване на колизии между обектите. Алгоритми за изчисляване на изпъкнали обвивки. Метод на Gilbert-Johnson-Keerthi (GJK) за откриване на колизии.
12. Работно и конфигурационно пространство при стационарни роботи. Конфигурационно пространство при мобилни и стационарни роботи в среда с препятствия. Приложение на сума на Минковски за определяне на конфигурационно пространство при мобилни роботи.
13. Основни методи за планиране на движения в среда с препятствия. Алгоритми за планиране с граф на видимост и диаграма на Вороной.
14. Методи за планиране на движения с вземане на проби. Алгоритъм RRT (Rapidly-exploring Random Trees). Алгоритъм PRM (Probabilistic Roadmap Planner).
15. Алгоритми за планиране на движения на робот с виртуални потенциални полета. Моделиране на атрактивен потенциал. Моделиране на отблъскващи (репулсивни) потенциали. Градиентно спускане във виртуалното потенциално поле.
16. Критични точки и екстремуми при виртуални потенциални полета. Хармонична отблъскваща потенциална функция. Функции за избягване на локални минимуми.
17. Уравнения Лагранж от първи род. Интеграл на енергията. Уравнения на динамиката на манипулатори – уравнения на Лагранж от IIри род. Уравненията на динамиката на манипулационни роботи в каноничен вид.

Литература

1. К. Делчев, Лекции за курс „Кинематика и динамика на роботи“ и „Управление на роботи“ от магистърска програма „Мехатроника, роботика и механика“.
2. И. Чавдаров, Лекции за курс „Планиране на движения в сложна среда“ от магистърска програма „Мехатроника, роботика и механика“.
3. Л. Лилов, Г. Бояджиев: Динамика и управление на манипулационни роботи, СУ, 1997.
4. John J. Craig, Introduction to Robotics, Mechanics and Control (Third Edition), Pearson Education, Inc., Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2005. ISBN-13 978-0201543612
5. Delchev, K., Iterative Learning Control for Nonlinear Systems: A Bounded-Error Algorithm. Asian Journal of Control, (2012). doi: 10.1002/asjc.554
6. Oussama Khatib, Advanced Robotic Manipulation, Stanford University Spring 2005, Lecture Notes (CS327A).
7. Sam Cubero, Industrial Robotics Theory, Modelling and Control, 2007 Advanced Robotic Systems International, ISBN3-86611-285-8, Doi10.5772/44.
8. Steven M. LaValle, PLANNING ALGORITHMS, Cambridge University Press, 2006, https://doi.org/10.1017/CBO9780511546877 .
9. Farbod Fahimi, Autonomous Robots Modeling, Path Planning, and Control, Springer, Mechanical Engineering Department, University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada, ISBN: 978-0-387-09537-0 e-ISBN: 978-0-387-09538-7,DOI 10.1007/978-0-387-09538-7
10. Christer Ericson, Real-Time Collision Detection, 2005, Morgan Kaufmann Publishers is an imprint of Elsevier, ISBN: 1-55860-732-3

11. L. E. Kavraki, P. Svestka, J. C. Latombe and M. H. Overmars, "Probabilistic roadmaps for path planning in high-dimensional configuration spaces," in IEEE Transactions on Robotics and Automation, vol. 12, no. 4, pp. 566-580, Aug. 1996, doi: 10.1109/70.508439.
12. Jorge Angeles, Fundamentals of Robotic Mechanical Systems Theory, Methods, and Algorithms, Sprriinger, 2007.
13. Harry Henderson, MODERN ROBOTICS: Building Versatile Machines, 2006, ISBN-13 978-0816057450.
14. Bruno Siciliano, Oussama Khatib (Eds.), Handbook of Robotics - 2nd Edition 2016, Springer,ISBN: 978-3-319-32550-7
15. Gupta A.K., Arora S.K., Westcott J.R., Industrial Automation and Robotics, 2016, Mercury Learning and Information, ISBN: 9781938549304
16. Jeff Trinkle, Yoky Matsuoka, and Jose A. Castellanos, Robotics: Science and Systems V, 2010, , Massachusetts Institute of Technology, ISBN: 978-0-262-51463-7
17. L. Marques, A de Almeida, M. O. Tokhi, G. S. Virk, Advances in Mobile Robotics, 2008, , World Scientific, ISBN: 981-283-576-8
18. Shimon Y. Nof, Handbook of Industrial Robotics 2nd Edition, Wiley; 2nd edition (1999), ISBN-13 : 978-0471177838.
19. Paul E. Sandin, Robot Mechanisms and Mechanical Devices, ISBN 978-0071412001, 2003

София, 13.05.2025г.

Катедра „Мехатроника, роботика и механика”