

# ROBOTSKI SISTEMI - PAP

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Robotski sistemi - PAP
<b>Course title:</b>	ROBOTIC SYSTEMS - PAP
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FS

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni (od študijskega leta 2024/2025 dalje)	Mehatronika (smer)	3. letnik	1. semester	obvezni

**Univerzitetna koda predmeta/University course code:** 0563956

**Koda učne enote na članici/UL Member course code:** 3073-V

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
30		30			40	4

**Nosilec predmeta/Lecturer:** Marjan Jenko, Rok Vrabič

**Izvajalci predavanj:**

**Izvajalci seminarjev:**

**Izvajalci vaj:**

**Izvajalci kliničnih vaj:**

**Izvajalci drugih oblik:**

**Izvajalci praktičnega usposabljanja:**

**Vrsta predmeta/Course type:**

Izbirni strokovni predmet/Elective specialised course

**Jeziki/Languages:**

Predavanja/Lectures:

Slovenščina

Vaje/Tutorial:

Slovenščina

**Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:**

**Prerequisites:**

Izpolnjevanje pogojev za vpis v Visokošolski strokovni študijski program I. stopnje Strojništvo - Projektno aplikativni program.

Meeting the enrollment conditions for the MECHANICAL ENGINEERING - Project Oriented Applied Programme.

**Vsebina:**

**Content (Syllabus outline):**

1. Predavanje: Uvod  
□ Predstavitev predmeta  
□ Uvod v robotiko  
□ Predstavitev tipov in delitve industrijskih robotov  
□ Pregled področij uporabe industrijskih robotov  
2. Predavanje: Koordinatni sistemi v robotiki  
□ Rotacije  
□ Homogena transformacija  
□ Koordinatni sistemi industrijskih robotov (globalni, uporabnikov, vrha, sklepov)  
□ Postavitev koordinatnih sistemov na krmilniku  
3. Predavanje: Opis robotskih rok  
□ Denavit-Hartenbergov zapis  
□ Denavit-Hartenbergovi parametri  
□ Obravnava primerov  
4. Predavanje: Kinematika robotov  
□ Uporaba direktne kinematika  
□ Načini gibanja  
□ Uporaba inverzne kinematika  
□ Vpliv singularnosti na kinematiko  
5. Predavanje: Trajektorije  
□ Opis trajektorij  
□ Izvajanje gibanja po trajektoriji

1. Lecture: Introduction  
□ Course overview  
□ Introduction to robotics  
□ Overview of industrial robot types  
□ Overview of industrial robot use cases  
2. Lecture: Coordinate systems in robotics  
□ Rotations  
□ Homogeneous transformation  
□ Coordinate systems of industrial robots (global frame, user frame, end-effector and joint frames)  
□ Setting coordinate systems on robot controllers  
3. Lecture: Robotic arm description  
□ Denavit-Hartenberg notation  
□ Denavit-Hartenberg parameters  
□ Examples  
4. Lecture: Robot kinematics  
□ Using direct kinematics  
□ Motion modes  
□ Using inverse kinematics  
□ The effect of singularities on kinematics  
5. Lecture: Trajectories  
□ Describing trajectories  
□ Execution of trajectory following

<p>☐ Upoštevanje omejitev pri gibanju</p> <p>6. Predavanje: Robotski senzorji</p> <p>☐ Kodirniki in tahogeneratorji</p> <p>☐ Inercialne merilne enote</p> <p>☐ Senzorji sile in navora</p> <p>☐ Kamere in globinske kamere</p> <p>7. Predavanje: Robotski aktuatorji</p> <p>☐ Servo motorji</p> <p>☐ Robotska prijemala</p> <p>☐ Primeri pogosto uporabljenih rešitev</p> <p>8. Predavanje: Krmiljenje</p> <p>☐ Zaprtozanko krmiljenje v robotiki</p> <p>☐ Krmiljenje položaja</p> <p>☐ Krmiljenje navora</p> <p>9. Predavanje: Programiranje</p> <p>☐ Principi programiranja robotskih manipulatorjev</p> <p>☐ Programiranje z učno enoto</p> <p>☐ Programski jeziki v industrijski robotiki</p> <p>10. Predavanje: Integracija</p> <p>☐ Integracija z drugimi sistemi</p> <p>☐ Robotski komunikacijski protokoli</p> <p>☐ Tipi vhodov in izhodov krmilnikov</p> <p>☐ Programiranje vhodno-izhodnih operacij na krmilniku</p> <p>11. Predavanje: Varnost</p> <p>☐ Delovno območje robota</p> <p>☐ Opredelitev mej in con delovanja</p> <p>☐ Standardi na področju varnosti</p> <p>☐ Analiza pogostih vzrokov za nesreče</p> <p>12. Predavanje: Vgradnja in vzdrževanje</p> <p>☐ Vgradnja v industrijska okolja</p> <p>☐ Težave zaradi vibracij, ki nastanejo kot posledica gibanja</p> <p>☐ Vzdrževanje robotov</p> <p>☐ Poraba energije</p> <p>13. Predavanje: Izbira robotskih sistemov</p> <p>☐ Specifikacije robotov</p> <p>☐ Izbira robota glede na delovno območje</p> <p>☐ Izbira robota glede na aplikacijo</p> <p>☐ Preračun rentabilnosti</p> <p>14. Predavanje: Industrijske aplikacije: Manipulacija objektov</p> <p>☐ SCARA roboti</p> <p>☐ Robotske roke in prijemala</p>	<p>☐ Handling movement constraints</p> <p>6. Lecture: Robotic sensors</p> <p>☐ Encoders and tachometers</p> <p>☐ Inertial measurement units</p> <p>☐ Force and torque sensors</p> <p>☐ Cameras and depth cameras</p> <p>7. Lecture: Robotic actuators</p> <p>☐ Servo motors</p> <p>☐ Robotic grippers</p> <p>☐ Examples of commonly used solutions</p> <p>8. Lecture: Control</p> <p>☐ Closed loop control in robotics</p> <p>☐ Position control</p> <p>☐ Torque control</p> <p>9. Lecture: Programming</p> <p>☐ Principles of robotic manipulator programming</p> <p>☐ Programming using teach pendant</p> <p>☐ Programming languages in industrial robotics</p> <p>10. Lecture: Integration</p> <p>☐ Integration of robotic controllers with external systems</p> <p>☐ Communication protocols in robotics</p> <p>☐ Inputs and outputs of controllers</p> <p>☐ Programming input-output operations on controllers</p> <p>11. Lecture: Safety</p> <p>☐ Robot workspace</p> <p>☐ Safety limits and safety zones</p> <p>☐ Safety standards</p> <p>☐ Analysis of common accident causes</p> <p>12. Lecture: Installation and maintenance</p> <p>☐ Installation in industrial environments</p> <p>☐ Problems, related to vibration, caused by robot motion</p> <p>☐ Robot maintenance</p> <p>☐ Energy consumption</p> <p>13. Lecture: Selection of robotic systems</p> <p>☐ Robot specifications</p> <p>☐ Selection based on workspace</p> <p>☐ Selection based on application</p> <p>☐ Calculation of profitability</p> <p>14. Lecture: Industrial applications: Object manipulation</p> <p>☐ SCARA robots</p> <p>☐ Articulated robots and grippers</p>
--	---

<ul style="list-style-type: none"> <li>□ Preračun obremenitev</li> <li>□ Primeri</li> </ul> <p>15. Predavanje: Druge industrijske aplikacije robotov</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ Robotsko varjenje</li> <li>□ Robotsko barvanje</li> <li>□ Robotske obdelave</li> <li>□ Uporaba robotov v kontroli kakovosti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ Load calculation</li> <li>□ Examples</li> </ul> <p>15. Lecture: Other industrial robot applications</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ Robotic welding</li> <li>□ Robotic painting</li> <li>□ Robotic machining</li> <li>Using robots in quality control</li> </ul>
--	--

### Temeljna literatura in viri/Readings:

1. Peter Corke: Robotics, Vision and Control, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011 [COBISS.SI-ID [15787291](#)]
2. Tadej Bajd, Matjaž Mihelj, Marko Munih: Introduction to Robotics, Springer Dordrecht Heidelberg New York London, 2013 [COBISS.SI-ID [9761364](#)]
3. Gupta, A. K., Arora, S. K. Industrial automation and robotics [COBISS.SI-ID [30368005](#)]
4. J. Norberto Pires: Industrial Robots Programming, Springer Science+Business Media, 2007 [COBISS.SI-ID [32471813](#)] e-knjiga: <https://link.springer.com/book/10.1007/b101252>
5. Thomas R. Kurfess: Robotics and Automation Handbook, CRC Press, 2005 [COBISS.SI-ID [25747973](#)]
6. B.S. Dhillon: Robot System Reliability and Safety, CRC Press, 2015 [COBISS.SI-ID [38039557](#)]

### Cilji in kompetence:

<p>Cilji:</p> <p>Spoznati delovanje industrijskih robotov.</p> <p>Spoznati upravljanje in programiranje industrijskih robotov.</p> <p>Spoznati načine integracije industrijskih robotov z drugimi sistemi.</p> <p>Spoznati standarde in principe za zagotavljanje varnosti pri delu z industrijskimi roboti.</p> <p>Kompetence:</p> <p>S2-PAP + P7-PAP: Sposobnost upravljanja in programiranja industrijskih robotov</p> <p>S10-PAP + P9-PAP: Sposobnost integracije industrijskih robotov z drugimi sistemi</p> <p>S15-PAP: Sposobnost varnega dela z industrijskimi roboti</p>	<p>Cilji:</p> <p>Understaing the operation of industrial robots.</p> <p>Understanding how to control and program industrial robots.</p> <p>Understanding robot integration with other industrial systems.</p> <p>Understanding standards and principles for ensuring safe operation of robots.</p> <p>Competences:</p> <p>S2-PAP + P7-PAP: The ability to control and program industrial robots.</p> <p>S10-PAP + P9-PAP: The ability to integrate industrial robots with external systems</p> <p>S15-PAP: The ability to ensure safety of industrial robot operation</p>
---	---

**Predvideni študijski rezultati:****Intended learning outcomes:**

<p>Znanja:</p> <p>Z1: Predmet je namenjen spoznavanju robotskih sistemov in njihove uporabe v industrijskih aplikacijah. Obravnavani so robotski manipulatorji (robotske roke). S pridobljenimi kompetencami so študenti sposobni varnega upravljanja in programiranja industrijskih robotov ter integracije z drugimi sistemi.</p> <p>Spretnosti:</p> <p>S1.1: Uporaba in programiranje industrijskih robotov s pomočjo učnih enot in namenskih programskih jezikov.</p> <p>S1.2: Načrtovanje in izvedba integracije industrijskih robotov z drugimi sistemi na osnovi povezovanja robotskih krmilnikov.</p>	<p>Learning outcomes:</p> <p>Z1: The course objective is to provide basic knowledge about robotic systems and their applications in industrial environments. The course is focused on articulate robots (robotic arms). The acquired competences allow students to safely control, program, and integrate industrial robots.</p> <p>Skills:</p> <p>S1.1: Usage and programming of industrial robots with teach pendants and specific programming languages.</p> <p>S1.2: Planning and executing integration of industrial robots with external systems using inputs/outputs of robotic controllers.</p>
---	---

**Metode poučevanja in učenja:****Learning and teaching methods:**

<p>P1 Avditorna predavanja z reševanjem izbranih - za področje značilnih - teoretičnih in praktično uporabnih primerov.</p> <p>P2 Obravnava snovi po urejeni in vnaprej razloženi sistematiki.</p> <p>P4 Laboratorijske vaje z namenski didaktičnimi pripomočki: industrijskimi roboti, prenosnimi računalniki, namensko programsko opremo.</p> <p>P8 Izdelava in predstavitev aplikativnih seminarskih nalog.</p> <p>P11 Uporaba izvršljivih knjig</p>	<p>P1 Formal lectures with domain-specific theoretical and practical examples.</p> <p>P2 Contents treated in orderly and pre-explained systematic manner.</p> <p>P4 Laboratory work with dedicated teaching aids (industrial robots, mobile robots, laptops, domain-specific software).</p> <p>P8 Design and presentation of applicative seminar papers.</p> <p>P11 Use of executable notebooks.</p>
---	--

**Načini ocenjevanja:****Delež/  
Weight****Assessment:**

Teoretične vsebine (predavanja), preverjane pisno	50,00 %	Theory (lectures) graded with written exams
Praktične vsebine (vaje), preverjane pisno	50,00 %	Practical work (tutorials) graded with written exams

**Ocenjevalna lestvica:****Grading system:**

5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna	5 - 10, a student passes the exam if he is
--	--

**Reference nosilca/Lecturer's references:****Rok Vrabič:**

1. **VRABIČ, Rok**, KOZJEK, Dominik, BUTALA, Peter. Knowledge elicitation for fault diagnostics in plastic injection moulding : a case for machine-to-machine communication. CIRP annals, 66/1:433-436, 2017. [COBISS.SI-ID [15490587](#)]
2. ŠKULJ, Gašper, **VRABIČ, Rok**, BUTALA, Peter, SLUGA, Alojzij. Decentralised network architecture for cloud manufacturing. International journal of computer integrated manufacturing, 30/4/5:395-408, 2017. [COBISS.SI-ID [14075675](#)]
3. MAKINDE, O. A., MPOFU, Khumbulani, **VRABIČ, Rok**, RAMATSETSE, B. I. A bio-inspired approach for the design of a multifunctional robotic end-effector customized for automated maintenance of a reconfigurable vibrating screen. Robotics and biomimetics, 4/1:1-29, ISSN 2197-3768, 2017. [COBISS.SI-ID [16491803](#)]
4. ZDEŠAR, Andrej, BOŠNAK, Matevž, **VRABIČ, Rok**, ŠKULJ, Gašper, KLANČAR, Gregor. Navigacija robota v zemljevidu kvadratnih celic s pomočjo bilinearne interpolacije diskretnega potencialnega polja. V: ŽEMVA, Andrej (ur.), TROST, Andrej (ur.). *Zbornik enaintridesete mednarodne Elektrotehniške in računalniške konference ERK 2022 = Proceedings of the 31st International Electrotechnical and Computer Science Conference ERK 2022 : Portorož, Slovenija, 19. - 20. september 2022*. Ljubljana: Slovenska sekcija IEEE: Fakulteta za elektrotehniko, 2022. Str. 242-245, ilustr. Zbornik ... Elektrotehniške in računalniške konference (Online), 31. ISSN 2591-0442. <https://erk.fe.uni-lj.si/2022/erk22.pdf>, <http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:doc-UJ2P2S4J>. [COBISS.SI-ID [126831107](#)]
5. **VRABIČ, Rok**, ERKOYUNCU, John, BUTALA, Peter, ROY, Rajkumar. Digital twins : understanding the added value of integrated models for through-life engineering services. V: Proceedings of the 7th International Conference on Through-life Engineering Services (Procedia manufacturing, 16:139-146, 2018. [COBISS.SI-ID [16492059](#)]

**Marjan Jenko:**

1. Rihar L., **Jenko M.**, QFD with statistical ranking – a hydropower turbine case study, International Journal of Simulation Modelling, vol. 23, issue 2, junij 2024, DOI [10.2507/IJSIMM23-2-681](#) , Q2 v Eng. Ind., Q2 v Eng. Manuf.
2. **Jenko M.**, State-Of-Art Precise Control in Foods Processing: Pasteurization and Lyophilization, a chapter in a book Worldwide Megatrends in Food Safety and Food Security, str. 28, založba Intech Open, status poglavja: sprejeto junija 2024, waiting for Online First publication
3. Podržaj P., Požrl T., **Jenko, M.**, Selak L., Škulj G., Rihar L., Vrabič R., Bračun D., Berlec T., Kozjek D. The applicability of Arduino microcontroller with a LoRa shield as an element in IoT. V: WYLD, David C. (ur.), NAGAMALAI, Dhinakaran (ur.). *11th International Conference on Signal Image Processing and Multimedia : SIPM 2023 : May 27 ~ 28, 2023, Vancouver, Canada*. [Chennai]: AIRCC, 2023. Vol. 13, nr. 9, str. [21]-31, ilustr. Computer science and information technology, vol. 13, nr. 9. ISBN 978-1-925953-95-4. ISSN 2231-5403.

<https://aircconline.com/csit/papers/vol13/csit130903.pdf>. [COBISS.SI-ID [154249987](#)]

4. Podržaj P., Reznichenko I., Požrl T., **Jenko M.**, Bračun D., Kozjek D.. Matlab based synthesis of a PID controlled magnetic levitation system. V: *ICMAME 2023 : International Conference on Mechanical, Automotive and Mechatronics Engineering : 29-30 April 2023, Dubai, UAE : proceedings*. [Dubai: ICMAME, 2023]. Str. 316-321, ilustr. [COBISS.SI-ID [152866563](#)]
5. **Jenko M.** *Mesto nagovarja meščane : končno poročilo o doseženih ciljih*. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, 2023. [143] f., ilustr. [COBISS.SI-ID [168761859](#)]  
projekt: Projekt javnega razpisa Ministrstva za visoko šolstvo, znanost in inovacije RS - Projektno delo za pridobitev praktičnih izkušenj študentov v delovnem okolju 2022/2023