

## TABLE OF CONTENTS

### SUBJECTS

table of contents .....	1
Analiza in optimizacija vezij Učni načrt predmeta/Course syllabus.....	3
<b>Circuit Analysis and Optimisation .....</b>	<b>3</b>
Avtonomni mobilni sistemi Učni načrt predmeta/Course syllabus.....	6
<b>Autonomous Mobile Systems.....</b>	<b>6</b>
Biomedicinska informatika Učni načrt predmeta/Course syllabus.....	10
<b>Biomedical Informatics.....</b>	<b>10</b>
Digitalna integrirana vezja in sistemi Učni načrt predmeta/Course syllabus .....	14
<b>Digital Integrated Circuits and Systems .....</b>	<b>14</b>
Električni servo sistemi Učni načrt predmeta/Course syllabus.....	17
<b>Electric Servo Systems .....</b>	<b>17</b>
Fizika snovi Učni načrt predmeta/Course syllabus.....	20
<b>Physics of Matter .....</b>	<b>20</b>
Internetna omrežja Učni načrt predmeta/Course syllabus .....	23
<b>Internet Networks .....</b>	<b>23</b>
Konstruiranje elektronskih naprav Učni načrt predmeta/Course syllabus.....	26
<b>Construction of Electronic Systems .....</b>	<b>26</b>
Konvencionalni viri električne energije Učni načrt predmeta/Course syllabus.....	29
<b>Conventional Energy Sources .....</b>	<b>29</b>
Mobilnost in internet stvari Učni načrt predmeta/Course syllabus.....	32
<b>Mobility and Internet of things .....</b>	<b>32</b>
Modul A: Identifikacija Učni načrt predmeta/Course syllabus .....	35
<b>Module A: Identification .....</b>	<b>35</b>
Modul A: Inteligentni sistemi za podporo odločanju Učni načrt predmeta/Course syllabus .....	39
<b>Module A: Intelligent systems in decision support.....</b>	<b>39</b>
Modul C: Biomehanika Učni načrt predmeta/Course syllabus .....	43
<b>Module C: Biomechanics.....</b>	<b>43</b>
Modul C: Roboti v stiku s človekom Učni načrt predmeta/Course syllabus.....	46
<b>Module C: Robot-Human Interaction .....</b>	<b>46</b>
Modul E: Alternativni viri električne energije in energetske trgi Učni načrt predmeta/Course syllabus .....	49
<b>Module E: Alternative sources of electrical energy and energy markets .....</b>	<b>49</b>
Modul E: Energetika Učni načrt predmeta/Course syllabus .....	52
<b>Module E: Power Engineering .....</b>	<b>52</b>

Modul L: Operacijske raziskave v telekomunikacijah Učni načrt predmeta/Course syllabus.....	55
<b>Module L: Operations research in telecommunications .....</b>	<b>55</b>
Modul L: Varnost informacijsko komunikacijskih sistemov Učni načrt predmeta/Course syllabus .....	58
<b>Module L: Information and communication systems security.....</b>	<b>58</b>
Računalniški vid Učni načrt predmeta/Course syllabus .....	61
<b>Computer Vision .....</b>	<b>61</b>
Svetlobna tehnika Učni načrt predmeta/Course syllabus.....	64
<b>Lighting Engineering.....</b>	<b>64</b>
Umetni inteligentni sistemi Učni načrt predmeta/Course syllabus.....	67
<b>Artificial Intelligent Systems .....</b>	<b>67</b>
Uporabna statistika Učni načrt predmeta/Course syllabus .....	71
<b>Applied Statistics.....</b>	<b>71</b>
Vodenje robotov Učni načrt predmeta/Course syllabus.....	74
<b>Robot Control.....</b>	<b>74</b>
Zaščita in vodenje EES Učni načrt predmeta/Course syllabus.....	77
<b>Power System Protection and Control.....</b>	<b>77</b>
Elektroenergetska omrežja in naprave Učni načrt predmeta/Course syllabus .....	80
<b>Electrical Power Networks and Devices .....</b>	<b>80</b>
Regulacijska tehnika Učni načrt predmeta/Course syllabus .....	83
<b>Control Engineering.....</b>	<b>83</b>
Energetika in okolje Učni načrt predmeta/Course syllabus.....	87
<b>Energy and Environment.....</b>	<b>87</b>

# ANALIZA IN OPTIMIZACIJA VEZIJ

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Analiza in optimizacija vezij
<b>Course title:</b>	Circuit Analysis and Optimisation
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FE

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Elektrotehnika, druga stopnja, magistrski	Elektronika (smer)	1. letnik	1. semester	obvezni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0075522
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	64225

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45		30			75	6

Nosilec predmeta/Lecturer:	Tadej Tuma
----------------------------	------------

Izvajalci predavanj:	Tadej Tuma
Izvajalci seminarjev:	
Izvajalci vaj:	
Izvajalci kliničnih vaj:	
Izvajalci drugih oblik:	
Izvajalci praktičnega usposabljanja:	

Vrsta predmeta/Course type:	Obvezni-strokovni /Compulsory professional
-----------------------------	--

Jeziki/Languages:	Predavanja/Lectures:	Slovenščina
	Vaje/Tutorial:	Slovenščina

<b>Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:</b>	<b>Prerequisites:</b>
Vpis v letnik.	Enrolment in the year of the course.

<b>Vsebina:</b> Programska orodja za analizo analognih vezij se uporabljajo pri mnogih predmetih prvostopenjskega študija elektrotehnike. Študenti tako že poznajo orodje, ki v imenu skoraj vedno nosi akronim SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis). Vsa orodja te družine imajo skupnega prednika in si še danes delijo notranji matematični aparat. Osnovni namen programov SPICE je omogočiti proizvodnjo sodobnih čipov. Hkrati pa so	<b>Content (Syllabus outline):</b> Many bachelor courses in electrical engineering rely on analog circuit simulation tools. Therefore students are familiar with a software tool carrying the acronym SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) in its name. All tools from this family have a common ancestor and share the same internal mathematical apparatus. The basic purpose of SPICE tools is to facilitate modern chip manufacturing. At the same time, these tools are useful for studying
--	--

<p>ta orodija dobrodošla pri študiju vseh analognih elektronskih vezij, saj so njihove okrnjene inačice uporabniško prijazne in vizualno učinkovite. Pri predavanjih tega predmeta študenti spoznajo osnovne numeričnih metod programov SPICE. V okviru laboratorijskih vaj pa pridobijo izkušnje pri napredni uporabi inačice SPICE OPUS, ki je bila razvita na Fakulteti za elektrotehniko in je študentom v celoti dostopna na spletni strani <a href="http://www.spiceopus.si">http://www.spiceopus.si</a>. Brez dvoma je mogoče uspešno uporabljati programska orodja družine SPICE, ne da bi se poglobili v njihov notranji matematičen aparat, tako kot je mogoče voziti avtomobil, ne da bi razumeli delovanje motorja. Vendar je za načrtovanje analognih elektronskih vezij na nivoju magistrskega študija razumevanje notranjega delovanja orodij SPICE neprecenljiva prednost.</p>	<p>analog electronic circuits in general, since their simplified versions are user friendly and visually efficient. This course is about numerical methods inside any SPICE tool. The lab work consists of advanced circuit simulation cases on SPICE OPUS, which has been developed at the Faculty of Electrical Engineering in Ljubljana and is freely available to students at <a href="http://www.spiceopus.si">http://www.spiceopus.si</a>. You can certainly use a circuit simulator without understanding its mathematical background, just as you can drive a car without knowing what is going on under the hood. However, for analog circuit design on the master level the understanding of the inner workings of SPICE is priceless.</p>
--	--

### Temeljna literatura in viri/Readings:

<p>TUMA, Tadej, BÜRMENT, Arpad. Circuit simulation with SPICE OPUS : theory and practice, (Modeling and simulation in science, engineering and technology). Boston; Basel; Berlin: Birkhäuser, cop. 2009. TUMA, Tadej. Circuit Analysis and Optimisation. Zapiski predavanj 2024 (PDF datoteka), 67 str. Spletna stran programskega orodja <a href="http://www.spiceopus.si">www.spiceopus.si</a></p>
---

### Cilji in kompetence:

<p>Razumeti numerične metode za analizo analognih elektronskih vezij. Razumeti osnovna teoretična načela parameterske optimizacije. Spoznati splošnonamensko orodje za analizo in optimizacijo analognih elektronskih vezij SPICE OPUS in pridobiti ustrezne izkušnje v okviru laboratorijskega dela.</p>	<p><b>Objectives and competences:</b> Understanding numerical methods for analog circuit analysis. Understanding basic principles of parameter optimization. Practical hands-on laboratory work experience with SPICE OPUS analog circuit design tools.</p>
---	---

### Predvideni študijski rezultati:

<p>Po uspešno opravljenem izpitu naj bi bili študenti zmožni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• matematično izpeljati sistem enačb, ki opisuje poljubno linearno vezje,</li> <li>• matematično izpeljati iterativne metode za reševanje nelinearnih vezij,</li> <li>• matematično izpeljati integracijske metode za reševanje dinamičnih vezij,</li> <li>• obrazložiti osnovni koncept parameterske optimizacije analognih vezij,</li> <li>• v omejenem času analizirati poljubno srednje zahtevno analogno vezje z uporabo programa SPICE OPUS,</li> <li>• opraviti zahtevnejšo ogliščno analizo poljubnega analognega vezja z uporabo skriptnega jezika NUTMEG.</li> </ul>	<p><b>Intended learning outcomes:</b> Upon successful completion of this course, the students should be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• mathematically derive an equation set representing any given linear circuit,</li> <li>• mathematically derive iterative methods for solving nonlinear circuits,</li> <li>• mathematically derive integration algorithms for solving dynamic circuits,</li> <li>• explain the basic notion of parameter optimization of analog circuits,</li> <li>• analyze any given medium complex analog circuit with SPICE OPUS in a limited amount of time,</li> <li>• perform complex corner analysis of any given analog circuit by using the scripting language NUTMEG.</li> </ul>
---	---

### Metode poučevanja in učenja:

<p>Predavanja, vodena diskusija, laboratorijsko skupinsko delo, samostojno seminarsko delo.</p>	<p><b>Learning and teaching methods:</b> Lectures, discussion groups, laboratory project work (group and individual).</p>
---	---

<b>Načini ocenjevanja:</b>	<b>Delež/Weight</b>	<b>Assessment:</b>
Način: laboratorijske vaje, ustni izpit. Ocena 5 je negativna, ocene od vključno 6 do 10 so pozitivne. Pozitivna ocena laboratorijskih vaj je pogoj za pristop k ustnem izpitu. Prispevki k oceni: laboratorijske vaje ustni izpit		Type: laboratory exercises, oral exam. Negative grade is 5, positive grades: from 6 to 10. Positive evaluation of laboratory exercises is a prerequisite for the oral exam. Contributions to final grade: laboratory exercises oral examination
laboratorijske vaje	50,00 %	laboratory exercises
ustni izpit	50,00 %	oral examination

<b>Ocenjevalna lestvica:</b>	<b>Grading system:</b>
5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna ocena od 6 - 10	5 - 10, a student passes the exam if he is graded from 6 to 10

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

1. TUMA, Tadej, BÜRMEIN, Arpad. Circuit simulation with SPICE OPUS : theory and practice, (Modeling and simulation in science, engineering and technology). Boston; Basel; Berlin: Birkhäuser, cop. 2009.
2. PUHAN, Janez, BÜRMEIN, Arpad, TUMA, Tadej, FAJFAR, Iztok. Teaching assembly and C language concurrently. Int. J. Electr. Eng. Educ., Apr. 2010, vol. 47, no. 2, str. 120-131,
3. OLENŠEK, Jernej, BÜRMEIN, Arpad, PUHAN, Janez, TUMA, Tadej. Automated analog electronic circuits sizing. V: QING, Anyong. Differential evolution : fundamentals and applications in electrical engineering. [Piscataway]: IEEE Press; Singapore: J. Wiley & Sons, cop. 2009, str. [353]-367.
4. BÜRMEIN, Arpad, OLENŠEK, Jernej, TUMA, Tadej. Mesh adaptive direct search with second directional derivative-based Hessian update. Computational optimization and applications, ISSN 0926-6003. [Print ed.], Dec. 2015, vol. 62, no. 3, str. 693-715.
5. KORINŠEK, Gašper, DERLINK, Maja, VIRANT-DOBERLET, Meta, TUMA, Tadej. An autonomous system of detecting and attracting leafhopper males using species- and sex-specific substrate borne vibrational signals. Computers and electronics in agriculture, ISSN 0168-1699. [Print ed.], 2016, vol. 123, str. 29-39.

# AVTONOMNI MOBILNI SISTEMI

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Avtonomni mobilni sistemi
<b>Course title:</b>	Autonomous Mobile Systems
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FE

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Elektrotehnika, druga stopnja, magistrski	Avtomatika in informatika (smer)	2. letnik	1. semester	obvezni
Elektrotehnika, druga stopnja, magistrski	Robotika (smer)	2. letnik	1. semester	obvezni

<b>Univerzitetna koda predmeta/University course code:</b>	0075317
<b>Koda učne enote na članici/UL Member course code:</b>	<b>64272</b>

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45		30			75	6

**Nosilec predmeta/Lecturer:** Gregor Klančar

**Izvajalci predavanj:** Gregor Klančar  
**Izvajalci seminarjev:**  
**Izvajalci vaj:**  
**Izvajalci kliničnih vaj:**  
**Izvajalci drugih oblik:**  
**Izvajalci praktičnega usposabljanja:**

**Vrsta predmeta/Course type:** Obvezni – strokovni /compulsory - professional

<b>Jeziki/Languages:</b>	Predavanja/Lectures:	Angleščina
	Vaje/Tutorial:	Angleščina

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

Vpis v letnik predmeta  
 Končana 1. stopnja, priporočljivo naravoslovno tehniške usmeritve. Slednje vključuje osnovna znanja iz:

- Matematike: geometrijske transformacije, osnove verjetnosti (Bayesovo pravilo, funkcija gostote verjetnosti, normalna porazdelitev), matrične operacije, numerične metode za navadne diferencialne enačbe.

**Prerequisites:**

Enrolment in the year of the course  
 Finished 1. level of the Study programme, recommended from natural scientist field. This should cover the basics knowledge of:

- Mathematics: geometric translations, vector operations, basics of probability (Bayes rule, probability density, functions, normal distribution), matrix operations, numerical methods for ordinary differential equations.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dinamični linearni sistemi: predstavitve modelov (prostor stanj, prenosna funkcija, diferencialna enačba), osnove zaprtozančnega vodenja.</li> <li>• Dinamika gibanja togih teles</li> <li>• Izkušnje iz programiranja v okolju Matlab in C/C++</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dynamic linear systems: model presentations (state space, transfer function, differential equation), basics of closed loop control.</li> <li>• Basics of rigid body motion description</li> <li>• Programming experiences in Matlab and C/C++</li> </ul>
---	---

### Vsebina:

<p>Pregled avtonomnih mobilnih sistemov in definicija pojma agent, obravnava teh sistemov glede na lastnosti kot so: avtonomija, mobilnosti, načini delovanja agentov, strukture sistemov, pogonski mehanizem, cilji, zaznavanje in interakcije z zunanjim svetom in področja uporabe. Arhitektura agentov in primeri načrtovanja.</p> <p>Večagentni sistemi (Multi-Agent Systems) kot področje umetne inteligence, predstavitev principov za gradnjo kompleksnih sistemov s pomočjo osnovnih entitet - agentov. Možna področja uporabe, delitve glede na različne lastnosti in zmožnosti ter prednosti in slabosti uporabe takih sistemov.</p> <p>Modeliranje kinematike, omejitev gibanja in dinamičnih lastnosti mobilnih sistemov. Prikaz na praktičnih primerih mobilnih sistemov.</p> <p>Različni pristopi vodenja mobilnih sistemov, metode planiranja poti in izogibanja ovir. Vodenje po poziciji, orientaciji, v zeleno lego po poti ali trajektoriji. Metode planiranja gibanja, optimalne poti v znanem okolju.</p> <p>Uporabna sensorika v avtonomnih mobilnih sistemih za namen vodenja in navigacije. Osnovni principi delovanja senzorjev in namen njihove uporabe.</p> <p>Osnovne metode integracije informacij več senzorjev kot so Kalmanov filter, filter delcev in podobni.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Navigacija, gradnja zemljevida neznanega okolja, lokalizacija na osnovi informacij senzorjev in znanega zemljevida okolja, simultana lokalizacija in gradnja zemljevida. Prikaz različnih pristopov z nazornimi demonstracijskimi primeri.</li> </ul>	<p><b>Content (Syllabus outline):</b></p> <p>Overview of autonomous mobile systems and definition of the agent concept. Categorization of such systems regarding their properties such as: autonomy, mobility, different agent performance, systems structures, driving mechanism, goals, sensing and interactions with environment and areas of applicability. Agent's architecture and some examples of construction.</p> <p>Multi-Agent Systems (MAS) as a subfield of artificial intelligence, introduction of principles for complex systems construction using agents as basic entities. Possible areas of applications, classification based on different properties and capabilities and properties and disadvantages of such system usage.</p> <p>Modeling of kinematic, motion constraints and dynamic properties of mobile systems.</p> <p>Demonstration on practical examples of mobile systems.</p> <p>Different approaches for control of mobile systems, motion planning and obstacle avoidance. Control to desired position, orientation, pose, following desired path or trajectory. Motion planning methods, optimal path search in known environment.</p> <p>Sensors used in mobile robotics systems, their principles of operation and usage. Sensors fusion methods such as Kalman filter, particle filter and the like.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Navigation, mapping of unknown environment, localization using sensor information and environment map, simultaneous localization and mapping (SLAM). Different approaches demonstration using clear examples.</li> </ul>
---	---

### Temeljna literatura in viri/Readings:

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gregor Klančar, Andrej Zdešar, Sašo Blažič, Igor Škrjanc: Wheeled mobile robotics : from fundamentals towards autonomous systems, Elsevier: Butterworth-Heinemann, Cambridge, 2017.</li> <li>2. Gregory Dudek, Michael Jenkin: Computational Principles of Mobile Robotics, Cambridge University Press, New York, 2010.</li> <li>3. Howie Choset, Kevin M. Lynch, Seth Hutchinson, George A. Kantor, Wolfram Burgard, Lydia E. Kavraki, Sebastian Thrun, Principles of Robot Motion: Theory, Algorithms, and Implementations (Intelligent Robotics and Autonomous Agents series), MIT Press, Cambridge, 2005.</li> <li>4. Sebastian Thrun, Wolfram Burgard, Dieter Fox: Probabilistic Robotics (Intelligent Robotics and Autonomous Agents series), MIT Press, Cambridge, 2006.</li> <li>5. Michael Wooldridge: An Introduction to MultiAgent Systems, Second Edition, John Wiley &amp; Sons, Chichester, England, 2009.</li> </ol>
---

### Cilji in kompetence:

### Objectives and competences:

<p>Cilj predmeta je predstaviti avtonomne mobilne sisteme ter študentu podati osnovna znanja, ki so potrebna za razvoj avtonomnih mobilnih robotov. Predmet vključuje področja mobilne robotike z ilustracijo na primerih ter postopki njihovih načrtovanj.</p> <p>Predmet daje teoretične osnove metod modeliranja, analize in vodenja mobilnih sistemov, planiranje poti, uporabo senzorike, načinov obdelave informacij pri lokalizaciji in kartiranju okolice ter večagentnih sistemov. Za bolj celovito razumevanje področja so opisani številni izzivi in probleme s katerimi se srečujemo pri prenosu teoretičnih rešitev v prakso. Študent osvojeno teoretično znanje preveri in utrdi na številnih praktičnih primerih načrtovanja mobilnih platform v okviru laboratorijskih vaj. Študent se spozna tudi z nekaterimi programskimi okolji in njihovo uporabnostjo v podporo obravnavani tematiki.</p>	<p>The objective of the course is to introduce autonomous mobile systems and to give students basic knowledge required to develop autonomous mobile robots. This course includes areas of mobile robotics with illustrative examples and algorithms for their design.</p> <p>This course include basic theoretic knowledge of methods for modeling, analysis and control of mobile systems, path planning, use of sensors, methods for information processing in localization and environment mapping and multi-agent systems. For a more comprehensive understanding of the field, a number of challenges and problems that we encounter in practice are described.</p> <p>Within laboratory work while designing mobile platforms student can examine and consolidates the obtained theoretical knowledge. Student also gets familiar with some of the programming environments and their applicability to the subject.</p>
---	---

<p><b>Predvideni študijski rezultati:</b></p> <p>Po uspešno opravljenem predmetu naj bi bili študenti zmožni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• razumeti in uporabljati osnovne znanja iz področja avtonomnih mobilnih sistemov,</li> <li>• določiti kinematični model mobilne robotske platforme ter ga uporabiti pri načrtovanju vodenja, planiranja poti in lokalizaciji,</li> <li>• uporabiti senzore, optimalno združevati informacijo dobljeno iz več virov,</li> <li>• izvedba filtrov za lokalizacijo v prostoru,</li> <li>• načrtati algoritem vodenja za sledenje želeni poti in doseglo cilja ob prisotnosti motenj,</li> <li>• napisati algoritem planiranja poti, ki samostojno poišče varno pot do cilja v podanem zemljevidu,</li> <li>• izvedba sistema odločanja in delovanja mobilne robotske platforme,</li> <li>• razložiti mehanizme delovanja večagentnih sistemov,</li> <li>• dobiti pregled možnih aplikacij avtonomnih sistemov.</li> </ul>	<p><b>Intended learning outcomes:</b></p> <p>After successful completion of the course, students should be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• understand and use basic knowledge from the autonomous mobile system area,</li> <li>• derive kinematic model of a mobile robot platform and use it for development of control, path planning and localisation,</li> <li>• use sensors and optimally fuse information obtained from more sources,</li> <li>• develop filters for localisation in environment,</li> <li>• write a control algorithm for desired path following, which can safely find the way to the goal at present disturbances,</li> <li>• develop path planning algorithms which can automatically find safe path in a given map,</li> <li>• implementation of the reasoning system for mobile platform,</li> <li>• explain the mechanisms of multiagent systems operation,</li> <li>• have the overview of possible applications of autonomous systems.</li> </ul>
---	--

<p><b>Metode poučevanja in učenja:</b></p> <p>Na predavanjih so predstavljene teoretične osnove obravnavanih poglavij skupaj s prikazom rešitev enostavnih praktičnih primerov. Študentom je na voljo študijski material s podrobno vsebino. Praktično delo poteka v okviru laboratorijskih vaj. Te so zasnovane projektno v več delih, v katerih se študentje postopoma seznanjajo s problemom in opremo. Projektno skupino sestavljata dva študenta, ki napišeta svoje algoritme za vodenje mobilne robotske platforme, zaznavanje okolje in lokalizacije v njem, načrtovanje poti gibanja in izogibanju trkov ter nek sistem odločanja, ki omogoča avtonomnost</p>	<p><b>Learning and teaching methods:</b></p> <p>The lectures provide a theoretical background on particular subjects together with presentation of simple practical examples. A complete study material is available to the students.</p> <p>Practical work is being performed in the laboratory environment, and is accomplished in steps acquainting students with the problem and instrumentation. Project group is consisted of two students who program their own algorithms for control of mobile robot platform, environment detection, localization in environment, motion path planning, obstacle avoidance, and reasoning system that enables robot autonomy at performing given</p>
---	--

<p>robota pri opravljanju zadane naloge (npr. avtonomni dostavi, vožnji v prometu, kartiranju okolice, itd.) Ob koncu semestra študentje poročajo o končnih rezultatih s primerjavo izsledkov iz literature.</p>	<p>tasks (e.g. autonomous delivery, driving in traffic, environment mapping, etc.) At the end of semester, students report on their results together with comparison to the results from the literature.</p>
--	--

Načini ocenjevanja:	Delež/Weight	Assessment:
Način: laboratorijske vaje in projekt, pisni izpit, ustni izpit. Ocena 5 je negativna, ocene od vključno 6 do 10 so pozitivne. Pozitivna ocena laboratorijskih vaj je pogoj za pristop k izpitu. Prispevki k oceni: laboratorijske vaje in projekt pisni izpit ustni izpit		Type: laboratory exercises and project, written exam, oral exam. Negative grade is 5, positive grades: from 6 to 10. Positive evaluation of laboratory exercises is a prerequisite for the exam. Contributions to final grade: laboratory exercises and project written exam oral examination
laboratorijske vaje in projekt	30,00 %	laboratory exercises and project
pisni izpit	30,00 %	written exam
ustni izpit	40,00 %	oral examination

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:

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

1. KLANČAR, Gregor, TESLIČ, Luka, ŠKRJANC, Igor. Mobile-robot pose estimation and environment mapping using an extended Kalman filter. *International Journal of Systems Science*, vol. 45, no. 12, str. 2603-2618, 2014.
2. KLANČAR, Gregor, BLAŽIČ, Sašo, MATKO, Drago, MUŠIČ, Gašper. Image-based attitude control of a remote sensing satellite. *Journal of intelligent & robotic systems*, ISSN 0921-0296, vol. 66, no. 3, str. 343-357, 201
3. KLANČAR, Gregor, MATKO, Drago, BLAŽIČ, Sašo: A Control Strategy for Platoons of Differential-Drive Wheeled Mobile Robot. *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 59, no. 2, str. 57-64, 2011.
4. KLANČAR, Gregor, ZDEŠAR, Andrej, BLAŽIČ, Sašo, ŠKRJANC, Igor: *Wheeled mobile robotics : from fundamentals towards autonomous systems*, Elsevier: Butterworth-Heinemann, Cambridge, 2017.
5. KLANČAR, Gregor, ŠKRJANC, Igor. Tracking-error model-based predictive control for mobile robots in real time. *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 55, no. 6, str. 460-469, 2007.

# BIOMEDICINSKA INFORMATIKA

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Biomedicinska informatika
<b>Course title:</b>	Biomedical Informatics
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FE

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Elektrotehnika, druga stopnja, magistrski	Biomedicinska tehnika (smer)	1. letnik	1. semester	obvezni

<b>Univerzitetna koda predmeta/University course code:</b>	0075385
<b>Koda učne enote na članici/UL Member course code:</b>	64209

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45		30			75	6

<b>Nosilec predmeta/Lecturer:</b>	Tomaž Vrtovec
-----------------------------------	---------------

<b>Izvajalci predavanj:</b>	Tomaž Vrtovec
<b>Izvajalci seminarjev:</b>	
<b>Izvajalci vaj:</b>	
<b>Izvajalci kliničnih vaj:</b>	
<b>Izvajalci drugih oblik:</b>	
<b>Izvajalci praktičnega usposabljanja:</b>	

<b>Vrsta predmeta/Course type:</b>	Obvezni strokovni predmet /Compulsory professional course
------------------------------------	---

<b>Jeziki/Languages:</b>	Predavanja/Lectures:	Slovenščina
	Vaje/Tutorial:	Slovenščina

<b>Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:</b>	<b>Prerequisites:</b>
Vpis v 1. letnik študijskega programa.	Enrolment in the 1st year of the study programme.

<b>Vsebina:</b>	<b>Content (Syllabus outline):</b>
Predmet Biomedicinska informatika se osredotoča na preučevanje računalniških in informacijskih postopkov za izboljšanje ravnanja z biomedicinskimi podatki in zbirkami podatkov v povezavi z učinkovitim shranjevanjem, priklicem, prenosom, standardizacijo in uporabo ter upoštevanjem ustreznih vidikov zaščite, zasebnosti in zaupnosti biomedicinskih podatkov in zbirk podatkov. Predstavljena so osnovna štiri področja	The course in Biomedical Informatics is focused on the study of computerized and information-driven techniques for an improved management of biomedical data and databases that are related with an efficient storage, retrieval, exchange, standardization and usage, and with appropriate aspects of security, privacy and confidentiality of biomedical data and databases. The four main fields of biomedical informatics are introduced, namely the public health

<p>biomedicinske informatike, in sicer zdravstvena informatika (študije populacij, epidemiologija), klinična informatika (informacijski sistemi za podporo pri kliničnem odločanju), slikovna informatika (pridobivanje in analiza biomedicinskih slik) in bioinformatika (analiza sekvenc v molekularni biologiji). Poleg tega so predstavljene tudi uveljavljene metode iz biostatistike za statistično analizo biomedicinskih podatkov ter osnove globokega učenja kot področja umetne inteligence za uporabo na biomedicinskih podatkih.</p>	<p>informatics (population studies, epidemiology), clinical informatics (information systems for clinical decision support), imaging informatics (biomedical image acquisition and analysis) and bioinformatics (sequence analysis in molecular biology). In addition, the course also introduces the most established methods from biostatistics that are used for statistical analysis of biomedical data, and the basics of deep learning for application on biomedical data leveraging the use of artificial intelligence in biomedical informatics.</p>
--	--

### Temeljna literatura in viri/Readings:

<p>Biomedical Informatics., E. H. Shortliffe, J. J. Cimino (ur.), Springer, 3. izdaja, 2006. ISBN: 978-0-387-28986-1 (<a href="https://isbndb.com/book/978-0-387-28986-1">https://isbndb.com/book/978-0-387-28986-1</a>) COBISS.SI-ID: 4878867 (<a href="https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/4878867">https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/4878867</a>)</p> <p>Medical Informatics: Knowledge Management and Data Mining in Biomedicine., H. Chen, S. S. Fuller, C. Friedman, W. Hersh (ur.), Springer, 2005. ISBN: 978-0-387-25739-6 (<a href="https://isbndb.com/book/978-0-387-25739-6">https://isbndb.com/book/978-0-387-25739-6</a>) COBISS.SI-ID: 5989204 (<a href="https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/5989204">https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/5989204</a>)</p> <p>Clinical Decision Support: The Road Ahead. R. A. Greenes (ur.), Elsevier, 2007. ISBN: 978-0-123-69377-8 (<a href="https://isbndb.com/book/978-0-123-69377-8">https://isbndb.com/book/978-0-123-69377-8</a>) COBISS.SI-ID: 6017876 (<a href="https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/6017876">https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/6017876</a>)</p> <p>Clinical Decision Support Systems: Theory and Practice. E. S. Berner (ur.), Springer, 2. izdaja, 2007. ISBN: 978-0-387-33914-6 (<a href="https://isbndb.com/book/978-0-387-33914-6">https://isbndb.com/book/978-0-387-33914-6</a>) COBISS.SI-ID: 6021972 (<a href="https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/6021972">https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/6021972</a>)</p> <p>PACS and Imaging Informatics: Basic Principles and Applications., H. K. Huang, Wiley- Blackwell, 2010. ISBN: 978-0-470-37372-9 (<a href="https://isbndb.com/book/978-0-470-37372-9">https://isbndb.com/book/978-0-470-37372-9</a>) COBISS.SI-ID: 8088660 (<a href="https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/8088660">https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/8088660</a>)</p> <p>Primer of Biostatistics. S. A. Glantz, McGraw-Hill, 2002. ISBN: 978-0-071-37946-5 (<a href="https://isbndb.com/book/978-0-071-37946-5">https://isbndb.com/book/978-0-071-37946-5</a>) COBISS.SI-ID: 1519994 (<a href="https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/1519994">https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/1519994</a>)</p> <p>Deep Learning. I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville, MIT Press, 2016. ISBN: 978-0-262-03561-3 (<a href="https://isbndb.com/book/978-0-262-03561-3">https://isbndb.com/book/978-0-262-03561-3</a>) COBISS.SI-ID: 30683943 (<a href="https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/30683943">https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/30683943</a>)</p>
--

### Cilji in kompetence:

<p>Cilj predmeta je pridobiti znanja iz področja biomedicinske informatike, ki je izrazito interdisciplinarno, saj združuje področja elektrotehnike, biomedicinske tehnike, računalništva in informatike, medicine, farmacije, biologije, upravljanja, sociologije in ekonomije, primarno pa se ukvarja z učinkovitim shranjevanjem, priklicem, zaščito, prenosom, standardizacijo in uporabo biomedicinskih podatkov in informacij. Praktične laboratorijske vaje temeljijo na implementaciji računalniških oziroma informacijsko podprtih postopkov, ki so v skladu z obstoječimi standardi ter uveljavljenimi tehnikami za zaščito, shranjevanje, prenos in priklic biomedicinskih podatkov in informacij.</p>	<p><b>Objectives and competences:</b></p> <p>The course objective is to obtain knowledge in the field of biomedical informatics, which is extremely interdisciplinary, merging approaches from biomedical, electrical and computer engineering, informatics, medicine, pharmacy, biology, management, sociology and economy, and is primarily concerned with optimal storage, retrieval, security, transport, standardization and usage of biomedical data and information. Practical laboratory work consists of implementing computerized and computer-assisted techniques that adhere to the existing standards and established techniques in biomedical informatics that are used for protection, storage, transport and retrieval of biomedical data and information.</p>
---	--

### Predvideni študijski rezultati:

<p>Po uspešnem zaključku predmeta naj bi bili študenti sposobni:</p>	<p><b>Intended learning outcomes:</b></p> <p>With successful course completion, the students should be able to:</p>
--	---

<ul style="list-style-type: none"> <li>• opredeliti biomedicinske podatke, zbirke podatkov in standarde ter uveljavljene principe za zagotavljanje zaščite, zasebnosti in zaupnosti biomedicinskih podatkov in informacij;</li> <li>• primerjati posamezna področja biomedicinske informatike (zdravstvena informatika, klinična informatika, slikovna informatika, bioinformatika);</li> <li>• razlikovati med posameznimi kazalci ter raziskovalnimi študijami za opazovanje zdravja v dani populaciji;</li> <li>• razlikovati med različnimi tehnikami za zajemanje in analizo biomedicinskih slik;</li> <li>• razlikovati med različnimi panogami molekularne biologije;</li> <li>• razlikovati med različnimi metodami biostatistike ter</li> <li>• izbrati ustrezno metodo za statistično analizo danih biomedicinskih podatkov;</li> <li>• opredeliti radiomiko kot področje uporabe metod biomedicinske informatike;</li> <li>• poznati osnovne principe globokega učenja ter opredeliti njegovo uporabno vrednost na posameznih področjih biomedicinske informatike;</li> <li>• razviti poenostavljene računalniške algoritme za reševanje problemov iz področja biomedicinske informatike;</li> <li>• vrednotiti obstoječe in nove pristope k upravljanju in ravnanju z biomedicinskimi podatki.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• define biomedical data, databases and standards, and established concepts for ensuring security, privacy and confidentiality of biomedical data and information;</li> <li>• compare the individual fields of biomedical informatics (public health informatics, clinical informatics, imaging informatics, bioinformatics);</li> <li>• differentiate among individual indicators and research study types for observing health in the given population;</li> <li>• differentiate among different biomedical image acquisition and analysis techniques;</li> <li>• differentiate among different topics of molecular biology;</li> <li>• differentiate among different methods in biostatistics and choose an adequate method for statistical analysis of the given biomedical data;</li> <li>• define radiomics as a field of application of methods in biomedical informatics;</li> <li>• comprehend the basic principles of deep learning and define its practical value in individual fields of biomedical informatics;</li> <li>• develop simplified computer algorithms for problem solving in the field of biomedical informatics;</li> <li>• evaluate existing and new approaches for managing and handling biomedical data.</li> </ul>
---	---

#### Metode poučevanja in učenja:

Predavanja so namenjena podajanju teoretičnih postopkov, obstoječih standardov ter uveljavljenih metod, ki so dodatno utemeljene z opisom praktičnih primerov na različnih področjih. Laboratorijske vaje so namenjene pridobivanju praktičnih znanj, in sicer izdelavi postopkov za računalniško oziroma informacijsko podprto zaščito, shranjevanje, prenos in priklic biomedicinskih podatkov in informacij.

#### Learning and teaching methods:

During lectures, theoretical aspects of techniques, existing standards and established methods are given, which are additionally supported by descriptions of practical examples from different fields of application. During laboratory practice, techniques for computer- and information-based protection, storing, transport and retrieval of biomedical data and information are developed and implemented.

#### Načini ocenjevanja:

#### Delež/Weight

#### Assessment:

Način: laboratorijske vaje, pisni/ustni izpit. Ocena 5 je negativna. Ocene od vključno 6 do 10 so pozitivne. Pozitivna ocena laboratorijskih vaj je pogoj za pristop k pisnemu/ustnemu izpitu. Pozitivna ocena pisnega/ustnega izpita je pogoj za pozitivno končno oceno. Prispevki h končni oceni:		Type: laboratory work, written/oral exam. Negative grade: 5. Positive grades: from 6 to 10. A positive laboratory work grade is a prerequisite for the written/oral exam. A positive written/oral exam grade is a prerequisite for a positive final grade. Contributions to the final grade:
laboratorijske vaje	50,00 %	laboratory work
pisni/ustni izpit	50,00 %	written/oral exam

#### Ocenjevalna lestvica:

5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna ocena od 6 - 10

#### Grading system:

5 - 10, a student passes the exam if he is graded from 6 to 10

### Reference nosilca/Lecturer's references:

- Gašper Podobnik, Bulat Ibragimov, Primož Peterlin, Primož Strojjan, Tomaž Vrtovec. vOARiability: interobserver and intermodality variability analysis in OAR contouring from head and neck CT and MR images. *Medical Physics*, 2024. DOI: 10.1002/mp.16924 (<https://doi.org/10.1002/mp.16924>) COBISS.SI-ID: 181670147 (<https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/181670147>)
- Tomaž Vrtovec, Bulat Ibragimov. Spinopelvic measurements of sagittal balance with deep learning: systematic review and critical evaluation. *European Spine Journal*, 31(8):2031-2045, 2022. DOI: 10.1007/s00586-022-07155-5 (<https://doi.org/10.1007/s00586-022-07155-5>) COBISS.SI-ID: 100711939 (<https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/100711939>)
- Tomaž Vrtovec, Domen Močnik, Primož Strojjan, Franjo Pernuš, Bulat Ibragimov. Auto-segmentation of organs at risk for head and neck radiotherapy planning: from atlas-based to deep learning methods. *Medical Physics*, 47(9):e929-e950, 2020. DOI: 10.1002/mp.14320 (<https://doi.org/10.1002/mp.14320>) COBISS.SI-ID: 18653955 (<https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/18653955>)
- Bulat Ibragimov, Robert Korez, Boštjan Likar, Franjo Pernuš, Lei Xing, Tomaž Vrtovec. Segmentation of pathological structures by landmark-assisted deformable models. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 36(7):1457-1469, 2017. DOI: 10.1109/TMI.2017.2667578 (<https://doi.org/10.1109/TMI.2017.2667578>) COBISS.SI-ID: 11684692 (<https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/11684692>)
- Dejan Knez, Boštjan Likar, Franjo Pernuš, Tomaž Vrtovec. Computer-assisted screw size and insertion trajectory planning for pedicle screw placement surgery. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 35(6):1420-1430, 2016. DOI: 10.1109/TMI.2016.2514530 (<https://doi.org/10.1109/TMI.2016.2514530>) COBISS.SI-ID: 11250260 (<https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/11250260>)

# DIGITALNA INTEGRIRANA VEZJA IN SISTEMI

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Digitalna integrirana vezja in sistemi
<b>Course title:</b>	Digital Integrated Circuits and Systems
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FE

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Elektrotehnika, druga stopnja, magistrski	Elektronika (smer)	2. letnik	1. semester	obvezni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0075552
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	64287

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45		30			75	6

Nosilec predmeta/Lecturer: Andrej Žemva

Izvajalci predavanj: Andrej Žemva  
Izvajalci seminarjev:  
Izvajalci vaj:  
Izvajalci kliničnih vaj:  
Izvajalci drugih oblik:  
Izvajalci praktičnega usposabljanja:

Vrsta predmeta/Course type: Obvezni-strokovni /Compulsory professional

Jeziki/Languages: Predavanja/Lectures: Angleščina, Slovenščina  
Vaje/Tutorial: Angleščina, Slovenščina

Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti: Vpis letnik predmeta  
Prerequisites: Enrolment in the year of the course

**Vsebina:**  
Tehnološke izvedbe kompleksnih digitalnih integriranih vezij in sistemov: standardne celice, polja vrat, vezja FPGA.  
CMOS inverter: zasnova, izvedba, prenosna karakteristika, šumne meje, zakasnitve, poraba moči.  
Zasnova kombinacijskih vezij CMOS v različnih tehnologijah.  
Zasnova sekvenčnih vezij CMOS v različnih tehnologijah.

**Content (Syllabus outline):**  
Technology implementation of complex digital integrated circuits and systems: standard cells, gate arrays, FPGA devices.  
CMOS inverter: design, implementation, transfer function, noise margins, delay, power consumption.  
Design of combinational circuits CMOS in different target technologies.  
Design of sequential circuits CMOS in different target technologies.

Zasnova osnovnih aritmetično logičnih gradnikov: seštevalniki, množilniki, pomikalni registri. Zasnova in izvedba pomnilniških vezij SRAM, DRAM, DDRAM, SDRAM in drugih. Zasnova in izvedba mikroprocesorskega sistema v tehnologiji ASIC.	Design of arithmetic logic blocks: adders, multipliers, shift registers. Design and implementation of memory circuits SRAM, DDRAM, SDRAM and others. Design and implementation of microprocessor system in ASIC technology.
--	---

### Temeljna literatura in viri/Readings:

TOKHEIM, Roger. Digital Electronics: Principles and Applications, McGraw-Hill, 2014. GIFT, Stephan J. G., MAUNDY Brent. Electronic Circuit Design and Application, Springer Nature Switzerland AG, 2021.
---

### Cilji in kompetence:

Predmet podaja temeljna znanja s področja digitalnih integriranih vezij in sistemov. Pridobljena znanja so temelj za snovanje digitalnih integriranih vezij od najnižjega tranzistorskega nivoja do systemskega opisa v jezikih za opis delovanje vezij.	<b>Objectives and competences:</b> Solid knowledge of digital integrated circuits and systems. Gained knowledge forms the firm basis for designing integrated circuits from the transistor-level description up to the high-level description in hardware description language.
--	--

### Predvideni študijski rezultati:

Po uspešno opravljenem predmetu bodo študenti zmožni: <ul style="list-style-type: none"> <li>izračunati občutljivost in šumne meje digitalnega vezja,</li> <li>opisati delovanje kompleksnih digitalnih integriranih vezij in sistemov v visokonivojskem jeziku,</li> <li>izvesti vse načrtovalske korake za izvedbo v izbrani ciljni tehnologiji,</li> <li>načrtovati testiranje realiziranega vezja.</li> </ul>	<b>Intended learning outcomes:</b> After successful completion of the course, students should be able to: <ul style="list-style-type: none"> <li>calculate sensitivity and noise margin of digital circuit,</li> <li>describe operation of complex digital integrated circuits and systems in highlevel description language,</li> <li>realize all design steps for implementation in selected target technology,</li> <li>testing of realized integrated circuit.</li> </ul>
---	--

### Metode poučevanja in učenja:

Predavanja in laboratorijske vaje.	<b>Learning and teaching methods:</b> Lectures and tutorials.
------------------------------------	--

### Načini ocenjevanja:

### Delež/Weight

### Assessment:

Način: laboratorijske vaje, pisni izpit, ustni izpit. Ocena 5 je negativna ocena, ocene od vključno 6 do 10 so pozitivne. Pozitivna ocena laboratorijskih vaj je pogoj za pristop k izpitu. Prispevki k oceni: laboratorijske vaje pisni izpit ustni izpit		Type: laboratory exercises, written exam, oral exam. Negative grade is 5, positive grades: from 6 to 10. Positive evaluation of laboratory exercises is a prerequisite for the exam. Contributions to final grade: laboratory exercises written exam oral examination
laboratorijske vaje	50,00 %	laboratory exercises
pisni izpit	25,00 %	written exam
ustni izpit	25,00 %	oral examination

### Ocenjevalna lestvica:

### Grading system:

5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna ocena od 6 - 10	5 - 10, a student passes the exam if he is graded from 6 to 10
--	--

### Reference nosilca/Lecturer's references:

TROST, Andrej, JAMŠEK, Janez, ŽEMVA, Andrej. SHDL - a hardware description language and open-source web tool for online digital systems design teaching. Electronics. Jan.-2 2023, vol. 12, iss. 2, [article no.] 425, str. 1-22, ilustr. ISSN 2079-9292.
---

TROST, Andrej, LEY, Manfred, ŽEMVA, Andrej. Online digital-circuit modeling with data-flow visualisation and area estimation. *Elektrotehniški vestnik*. [Slovenska tiskana izd.]. 2022, letn. 89, št. 3, str. 124-132, ilustr. ISSN 0013-5852.

ZADNIK, Damjan, ŽEMVA, Andrej. Image acquisition device for smart-city access control applications based on iris recognition. *Sensors*. Sep.-2 2021, iss. 18, 6185, str. 1-19, ilustr. ISSN 1424-8220.

HROVATIN, Dejan, ŽEMVA, Andrej. Exploiting solar energy during an aerial mapping mission on a lightweight UAV. *Electronics*. Nov.-2 2021, iss. 22, 2876, str. 1-23, ilustr. ISSN 2079-9292.

SEŠEK, Aleksander, ŽEMVA, Andrej, TRONTELJ, Janez. A microbolometer system for radiation detection in the THz frequency range with a resonating cavity fabricated in the CMOS technology. *Recent patents on nanotechnology*. 2018, vol. 12, no. 1, str. 34-44, ilustr. ISSN 1872-2105.

MOČNIK, Jure, ŽEMVA, Andrej. Controlling voltage profile in smart grids with remotely controlled switches. *IET generation, transmission & distribution*. [Print ed.]. 2014, vol. 8, no. 8, str. 1499-1508, ilustr. ISSN 1751-8687.

# ELEKTRIČNI SERVO SISTEMI

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Električni servo sistemi
<b>Course title:</b>	Electric Servo Systems
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FE

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Elektrotehnika, druga stopnja, magistrski	Mehatronika (smer)	1. letnik	2. semester	obvezni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0075477
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	64231S

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45		30			75	6

Nosilec predmeta/Lecturer: Vanja Ambrožič

Izvajalci predavanj: Vanja Ambrožič  
Izvajalci seminarjev:  
Izvajalci vaj:  
Izvajalci kliničnih vaj:  
Izvajalci drugih oblik:  
Izvajalci praktičnega usposabljanja:

Vrsta predmeta/Course type: Obvezni-strokovni /Compulsory professional

Jeziki/Languages: Predavanja/Lectures: Slovenščina  
Vaje/Tutorial: Slovenščina

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

**Prerequisites:**  
Enrolment in the year of the course.

**Vsebina:**  
Definicija servo pogonov, pomanjkljivosti klasičnih pristopov, napetostno/frekvenčno napajanje izmeničnih strojev. Krmiljenje pretvorniških vezij in modulatorske metode. Vektorski modeli izmeničnih strojev in primerjava z enosmernimi stroji, teorija orientacije polja, regulacija servo pogonov z asinhronskimi, sinhronskimi, elektronsko komutiranimi in reluktančnimi motorji. Najnovejše metode krmiljenja in regulacij izmeničnih strojev.

**Content (Syllabus outline):**  
Definition of servo drives, deficiencies of classical approaches, voltage/frequency supplying of AC machines. Control of converters and modulation approaches. Vector models of AC machines in comparison to DC machines, Field orientation theory, control of servo drives with induction, synchronous, electronically commutated and reluctance motors. Modern methods for open- and closed-loop control. Sensorless control. Discrete

Brezsenzorska regulacija. Diskretne regulacije in teorija multivariabilnih sistemov na področju servopogonov. Mikroprocesorski sistemi v servopogonih.	control and theory of MIMO systems in the area of servo drives. Microprocessors in servo drives.
--	--

### Temeljna literatura in viri/Readings:

<p>Ambrožič, Vanja ; Zajec, Peter: Električni servo pogoni, Slovensko združenje elektroenergetikov CIGRÉ-CIRED, 2016, ISBN - 978-961-6265-27-0, COBISS.SI-ID – 283707392</p> <p>Ambrožič Vanja: »Mikroročunalniki v močnostni elektroniki«, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, 2001, ISBN - 961-6210-78-5, COBISS.SI-ID - 115288832</p> <p>Zhu, Zi Qiang ; Wu, Xi Meng: Sensorless control of permanent magnet synchronous machine drives, Hoboken (NJ) : Wiley ; [Piscataway] : IEEE Press, cop. 2024, ISBN - 978-1-394-19435-3, COBISS.SI-ID – 179320323</p> <p>Hayes, John G.; Goodarzi, G. Abas: Electric powertrain : energy systems, power electronics and drives for hybrid, electric and fuel cell vehicles, Hoboken (NJ); Chichester : Wiley, cop. 2018, ISBN - 978-1-119-06364-3; 1-119-06364-7, COBISS.SI-ID - 12358228 COBISS.SI-ID - 385620</p> <p>Bose, Bimal K.: Power electronics and motor drives: advances and trends, Burlington : Elsevier/Academic Press, cop. 2006, ISBN - 0-12-088405-4; 978-0-12-088405-6, COBISS.SI-ID – 27442949</p>
---

### Cilji in kompetence:

Spoznavanje servopogonov, ki so osnova sodobne mehatronike, kompleksnosti njihove regulacije, integriranja komponent in problematike izbire primerne motorja.	<b>Objectives and competences:</b> Getting to know servo drives, as basis for modern mechatronics, their complexity, and integration of components. Choosing the suitable motor.
---	---

### Predvideni študijski rezultati:

<p><b>Znanje in razumevanje:</b> Študent se bo seznanil z nalogami servo pogonov, opisal bo možnosti in probleme realizacije pri uporabi različnih strojev ter preučil najsodobnejše regulacijske pristope.</p> <p><b>Uporaba:</b> Konkretni izračuni in optimiziranja regulacijskih zank skozi primere različnih elektromotorskih pogonov. Izvedba modeliranja splošnih diskretnih in multidimenzionalnih sistemov.</p> <p><b>Analiza:</b> Skozi simulacije in testiranja reguliranih pogonov bo možno ovrednotenje primerjava med idealnimi, teoretičnimi modeli in industrijskimi pogoni v realnem, z motnjami obremenjenem okolju.</p> <p><b>Prenosljive spretnosti:</b> Uporaba informacijske tehnike: samostojno sestavljanje simulacijskih modelov reguliranih pogonov - Računske spretnosti: izračun in optimiziranje parametrov regulatorjev.</p>	<p><b>Intended learning outcomes:</b></p> <p><b>Knowledge and understanding:</b> The student will get acquainted with task performed by servo drives, will describe possibilities and problems in its realization using different machines, and will study modern control techniques.</p> <p><b>Application:</b> Practical calculation and optimization of control loops through examples of different electrical drives. Implementation of general modelling of discrete and multivariable systems.</p> <p><b>Analisis:</b> An evaluations and comparison between ideal, theoretical, models and industrial drives in a real environment will be possible through simulations and testing.</p> <p><b>Transferable skills:</b> Use of information technologies: building up the simulation models of servo drives. Computational skills: calculation and optimization of control parameters.</p>
--	--

### Metode poučevanja in učenja:

Predavanja in obvezne laboratorijske vaje na simulacijskih in laboratorijskih modelih.	<b>Learning and teaching methods:</b> Lectures and mandatory laboratory exercises on simulation and experimental models.
--	---

### Načini ocenjevanja:

Načini ocenjevanja:	Delež/Weight	Assessment:
Ocena 5 je negativna, ocene od vključno 6 do 10 so pozitivne. Pozitivna ocena laboratorijskih vaj je pogoj za pristop k pisnem izpitu, pozitivna ocena pisnega izpita pa pogoj za opravljanje ustnega izpita. Prispevki k oceni:		Negative grade is 5, positive grades are from 6 to 10. Positive evaluation of laboratory exercises is a prerequisite for the written exam; its positive evaluation is a prerequisite for the oral exam. Contributions to the final grade:

laboratorijske vaje	50,00 %	laboratory exercises
pisni in ustni izpit	50,00 %	written and oral exam

**Ocenjevalna lestvica:**

5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna ocena od 6 - 10

**Grading system:**

5 - 10, a student passes the exam if he is graded from 6 to 10

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

DROBNIČ, Klemen, NEMEC, Mitja, FIŠER, Rastko, AMBROŽIČ, Vanja. Simplified detection of broken rotor bars in induction motors controlled in field reference frame. *Control engineering practice*, ISSN 0967-0661. [Print ed.], Aug. 2012, vol. 20, no. 8, str. 761-769, ilustr. [COBISS.SI-ID 9208660]

JOKSIMOVIČ, Gojko, ZAJEC, Peter, TESSAROLO, Alberto, AMBROŽIČ, Vanja, RIHAR, Andraž. Stator current spectral content of inverter-fed cage rotor induction motor. *IEEE access*. 2022, vol. 10, str. 23112-23121, ilustr. ISSN 2169-3536. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9721277>, DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3154481. [COBISS.SI-ID 99486979]

SUŠIN, Denis, NEMEC, Mitja, AMBROŽIČ, Vanja, NEDELJKOVIČ, David. Limitations of harmonics control in power converters. *Electronics*. Jul. 2019, no. 3, 739, str. 1-12, ilustr. ISSN 2079-9292. <https://www.mdpi.com/2079-9292/8/7/739>, <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=132866>, DOI: 10.3390/electronics8070739. [COBISS.SI-ID 12575060]

BREZNIK, Mitja, AMBROŽIČ, Vanja, NEMEC, Mitja. Detection of open circuit fault in battery power supply feeding permanent magnet synchronous motor. *IET power electronics*. [Print ed.]. 2018, vol. 11, iss. 14, str. 2377-2384, ilustr. ISSN 1755-4535. <http://digital-library.theiet.org/content/journals/10.1049/iet-pel.2018.5214>, DOI: 10.1049/iet-pel.2018.5214. [COBISS.SI-ID 12233044]

KONTARČEK, Andraž, BAJEC, Primož, NEMEC, Mitja, AMBROŽIČ, Vanja, NEDELJKOVIČ, David. Cost-effective three-phase PMSM drive tolerant to open-phase fault. *IEEE transactions on industrial electronics*. [Print ed.]. Nov. 2015, vol. 62, no. 11, str. 6708-6718, ilustr. ISSN 0278-0046. DOI: 10.1109/TIE.2015.2437357. [COBISS.SI-ID 11176276]

# FIZIKA SNOVI

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Fizika snovi
<b>Course title:</b>	Physics of Matter
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FE

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Elektrotehnika, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	2. letnik	1. semester	izbirni

<b>Univerzitetna koda predmeta/University course code:</b>	0079498
<b>Koda učne enote na članici/UL Member course code:</b>	64312

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
60		15			75	6

<b>Nosilec predmeta/Lecturer:</b>	Tomaž Gyergyek, Veronika Kralj Igljč
-----------------------------------	--------------------------------------

<b>Izvajalci predavanj:</b>	Tomaž Gyergyek, Veronika Kralj Igljč
<b>Izvajalci seminarjev:</b>	
<b>Izvajalci vaj:</b>	
<b>Izvajalci kliničnih vaj:</b>	
<b>Izvajalci drugih oblik:</b>	
<b>Izvajalci praktičnega usposabljanja:</b>	

<b>Vrsta predmeta/Course type:</b>	Izbirni-splošni /elective general
------------------------------------	-----------------------------------

<b>Jeziki/Languages:</b>	Predavanja/Lectures:	Angleščina, Slovenščina
	Vaje/Tutorial:	Angleščina, Slovenščina

<b>Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:</b>	<b>Prerequisites:</b>
Vpis v letnik predmeta	Enrolment in the year of the course

<b>Vsebina:</b>	<b>Content (Syllabus outline):</b>
Eksperimentalne osnove kvantne mehanike. Principi kvantne mehanike. Nekaj preprostih primerov iz kvantne mehanike. Vodikov atom. Atomi z več elektroni. Osnove statistične termodinamike. Elektronski plin. Samoorganizacija molekul. Fizika elektrolitov. Elektroni v kovinah. Električni tok v snovi. Energijski pasovi v kristalih. Polprevodniki. Dielektrične lastnosti snovi. Magnetne lastnosti snovi. Superprevodnost. Osnove mehanike kontinuov in	Experimental basis and principles of quantum mechanics. Some simple examples described by using the methods of quantum mechanics. Hydrogen atom and other atoms. The basis of statistical thermodynamics. Electron gas. Self-assembly of molecules. Electrons in metals. Electric current in metals. Energy bands in crystals. Semiconductors. Dielectric properties of solids, liquids and gases. Magnetic properties of materials. Superconductivity.

hidrodinamike. Kinetični in magnetohidrodinamski (MHD) opis plinske plazme.	The basis of mechanics of continuous media and hydrodynamics. Plasma physics, kinetic and magnetohydrodynamic (MHD) description of plasmas.
---	---

**Temeljna literatura in viri/Readings:**

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. J. Strnad, Fizika III in IV del, DZS, Ljubljana, vsakokratna nova izdaja</li> <li>2. L. Solymar, D. Walsh, Lectures on the electrical properties of materials, Clarendon Press, Oxford, 1970.</li> <li>3. S. Poberaj, Fizika snovi, Založba FE in FRI, 1976.</li> <li>4. B.H. Branden, C.J. Joachain, Quantum Mechanics, Prentice Hall, vsakokratna nova izdaja.</li> <li>5. R. A. Serway: Physics (international edition), Saunders Golden Sunburst Series, vsakokratna nova izdaja.</li> <li>6. A. Iglič in V. Kralj-Iglič, Izbrana poglavja iz fizike mehke snovi, Založba FE in FRI, 200</li> <li>7. A. Iglič, D. Drobne, V. Kralj-Iglič, Nanostructures in Biological Systems, Pan Stanford, Singapore, 2013 (in print).</li> <li>8. I. Supek, Teorijska fizika i struktura materije, Školska knjiga Zagreb, 1990.</li> </ol>
--

**Cilji in kompetence:**

Pridobljeno znanje naj študentom omogoči razumevanje električnih lastnosti snovi, med drugim lastnosti polprevodnikov, kovin, superprevodnikov, elektronskega plina, elektrolitskih raztopin in plinske plazme na nivoju, ki se ga pričakuje od magistra elektrotehnike.	<b>Objectives and competences:</b> The acquired knowledge will enable the students to understand the electrical properties of the materials like semiconductors, metals, superconductors, electronic gases, electrolyte solutions and gaseous plasmas.
--	---

**Predvideni študijski rezultati:**

<p>Po uspešno opravljenem izpitu naj bi študenti:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bili sposobni izbrati osnovne koncepte statistične fizike .</li> <li>2. Bili sposobni izbrati osnovne koncepte kvantne mehanike.</li> <li>3. Razlikovali koncepte mikrokanonskega, kanonskega in veleanonskega ansambla</li> <li>4. Bili sposobni rešiti preproste kvantnomehanske zglede s pomočjo Schrodingerjeve enačbe (potencialna jama, potencialna bariera,...).</li> <li>5. Uporabiti pridobljena matematična znanja pri delu z materiali na raznih področjih elektrotehnike.</li> <li>6. Bolj poglobljeno razumeli električne in magnetne lastnosti snovi.</li> </ol>	<p><b>Intended learning outcomes:</b></p> <p>After successful completion of the course, students should:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Be able to select basic concepts of statistical physics.</li> <li>2. Be able to select basic concepts of quantum mechanics.</li> <li>3. Be able to tell the difference between the canonical, grand-canonical and micro-canonical ensemble .</li> <li>4. Be able to solve simple quantum mechanical examples using Schrodinger equation (like potential well and potential barrier)</li> <li>5. Have the ability to apply the acquired mathematical knowledge in different fields of electrotechnics.</li> <li>6. Have deeper knowledge on electrical properties of materials.</li> </ol>
--	--

**Metode poučevanja in učenja:**

Predavanja, seminarji/računske vaje.	<b>Learning and teaching methods:</b> Lectures, seminars/problem solving.
--------------------------------------	--

**Načini ocenjevanja:**

	<b>Delež/Weight</b>	<b>Assessment:</b>
Ocena 5 je negativna, ocene od vključno 6 do 10 so pozitivne. Prispevki k oceni: projekt seminar		Negative grade: 5, positive grades: from 6 to 10. Contributions to final grade: project seminar
projekt	50,00 %	project
seminar	50,00 %	seminar

Ocenjevalna lestvica:

Grading system:

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

1. KONČAR, Boštjan, DRAKSLER, Martin, KOVAČIČ, Jernej, SCHNEIDER, Bernd Sebastian, IONIȚĂ, Codrina, GYERGYEK, Tomaž, KAR-WAI TSUI, Cedric, SCHRITTWIESER, Roman. Analysis of thermal response of new diagnostic probe in TCV. *Fusion engineering and design*, ISSN 0920-3796. [Print ed.], 2020, vol. 156, str. 111744-1-11744-4, doi: [10.1016/j.fusengdes.2020.111744](https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2020.111744)
2. GYERGYEK, Tomaž, KOVAČIČ, Jernej, GÓMEZ ALONSO, Iñaki, GUNN, James Paul, COSTEA, Stefan, MOZETIČ, Miran. Kinetic model of an inverted sheath in a bounded plasma system. *Physics of plasmas*, ISSN 1070-664X, Feb. 2020, iss. 2, 023520, str. 1-14, ilustr. <https://aip.scitation.org/doi/full/10.1063/1.5130742>, doi: [10.1063/1.5130742](https://doi.org/10.1063/1.5130742).
3. DRAB, Mitja, KRALJ-IGLIČ, Veronika. Electric double layer of electrons : attraction between two like-charged surfaces induced by Fermi-Dirac statistics. *Physics letters. Section A*, ISSN 0375-9601. [Print ed.], 2019, vol. 383, iss. 4, str. 358-365, ilustr., doi: [10.1016/j.physleta.2018.11.003](https://doi.org/10.1016/j.physleta.2018.11.003)
4. DANIEL, Matej, ŘEZNIČKOVÁ, Jitka, HANDL, Milan, IGLIČ, Aleš, KRALJ-IGLIČ, Veronika. Clustering and separation of hydrophobic nanoparticles in lipid bilayer explained by membrane mechanics. *Scientific Reports*, ISSN 2045-2322, 2018, vol. 8, art. no. 10810, str. 1-7, ilustr. <https://www.nature.com/articles/s41598-018-28965-y>, doi: [10.1038/s41598-018-28965-y](https://doi.org/10.1038/s41598-018-28965-y).
5. GORŠAK, Tanja, DRAB, Mitja, KRIŽAJ, Dejan, JERAN, Marko, LYUBOMIROVA GENOVA, Julia, KRALJ, Slavko, LISJAK, Darja, KRALJ-IGLIČ, Veronika, IGLIČ, Aleš, MAKOVEC, Darko. Magneto-mechanical actuation of barium-hexaferrite nanoplatelets for the disruption of phospholipid membranes. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2020, vol. 579, str. 508-519, ilustr. ISSN 0021-9797. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021979720308249>, DOI: [10.1016/j.jcis.2020.06.079](https://doi.org/10.1016/j.jcis.2020.06.079).
6. COSTEA, Stefan, KOVAČIČ, Jernej, TSKHAKAYA, David, SCHRITTWIESER, Roman, GYERGYEK, Tomaž, POPOV, Tsviatko K. Particle-In-Cell simulations of parallel dynamics of a blob in the scrape-off-layer plasma of a generic medium-size tokamak. *Plasma physics and controlled fusion*, ISSN 1361-6587., 2021, vol. 63 , no 5, str. 055016 (18 pages) ilustr. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6587/abf22e>, doi: [10.1088/1361-6587/abf22e](https://doi.org/10.1088/1361-6587/abf22e).

# INTERNETNA OMREŽJA

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Internetna omrežja
<b>Course title:</b>	Internet Networks
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FE

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Elektrotehnika, druga stopnja, magistrski	Informacijsko komunikacijske tehnologije (smer)	1. letnik	1. semester	obvezni

<b>Univerzitetna koda predmeta/University course code:</b>	0075258
<b>Koda učne enote na članici/UL Member course code:</b>	64237S

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45		30			75	6

**Nosilec predmeta/Lecturer:** Andrej Kos, Matevž Pustišek

**Izvajalci predavanj:** Andrej Kos, Matevž Pustišek  
**Izvajalci seminarjev:**  
**Izvajalci vaj:**  
**Izvajalci kliničnih vaj:**  
**Izvajalci drugih oblik:**  
**Izvajalci praktičnega usposabljanja:**

**Vrsta predmeta/Course type:** Obvezni-strokovni /Compulsory professional

**Jeziki/Languages:**

Predavanja/Lectures:	Angleščina, Slovenščina
Vaje/Tutorial:	Angleščina, Slovenščina

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

Vpis v letnik študija. Poznavanje vsebin predmeta: Komunikacijski sistemi.

**Prerequisites:**

Enrolment in the class. Acquaintance with content of the course: Communication systems.

**Vsebina:**

Predmet "Internetna omrežja" raziskuje širok nabor tem, ki zajemajo osnovne koncepte omrežij, prenosne medije in topologije omrežij. Študentje se bodo podrobneje seznanili z razvojem komunikacijskih tehnologij, ki sega od zgodnjih povezavnih in tokokrogovnih do sodobnih nepovezavnih in paketnih pristopov. Osrednje teme vključujejo

**Content (Syllabus outline):**

The subject "Internet Networks" explores a wide range of topics covering basic network concepts, transmission media and network topologies. Students will learn more about the development of communication technologies, ranging from early connection and circuit to modern connectionless and packet approaches. Core topics include various

<p>različne Ethernet tehnologije, kot sta VLAN in STP, ter protokole IPv4, IPv6, DHCP, DNS, NAT in orodja za diagnostiko. Nadalje bomo raziskali področje naprednega usmerjanja, multicast in osnove zagotavljanja kakovosti storitev. Poglobili se bomo tudi v arhitekturo, naprave in delovanje tako domačih kot operatorskih omrežij, skupaj s celovitim razumevanjem koncepta operaterstva, ki vključuje širokopasovna dostopovna, agregacijska, jedrna in storitvena omrežja, regulacijo, načela omrežne nevtralnosti in poslovne modele. Nadaljnje obravnave bodo vključevale navidezna zasebna omrežja (VPN) in programsko definirana omrežja (SDN). V okviru kibernetne varnosti bomo analizirali grožnje na različnih slojih omrežnih modelov, uporabo požarnih zidov, metode zaščite, izvajanje penetracijskih testov in zagotavljanje varnosti v oblaku.</p>	<p>Ethernet technologies such as VLAN and STP, as well as IPv4, IPv6, DHCP, DNS, NAT, and diagnostic tools. We will further explore the area of advanced routing, multicast and QoS basics. We will also delve into the architecture, devices, and operation of both home and operator networks, along with a comprehensive understanding of operator concepts, including broadband access, aggregation, core, and service networks, regulation, net neutrality principles, and business models. Further discussions will include Virtual Private Networks (VPNs) and Software Defined Networks (SDN). In the context of cyber security, we will analyze threats at different layers of network models, the use of firewalls, protection methods, performing penetration tests and ensuring cloud security.</p>
---	---

### Temeljna literatura in viri/Readings:

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Internetworking with TCP/IP. Vol. 1, Principles, protocols, and architecture, Comer, Douglas E., 6th ed, Boston [etc.] : Pearson, cop. 2014, ISBN 978-0-13-608530-0; 0-13-608530-X, COBISS.SI-ID. 10191188</li> <li>2. TCP/IP illustrated. Vol. 1, The protocols, all, Kevin R. ; Stevens, W. Richard, 2nd ed., Upper Saddle River [etc.] : Addison-Wesley, cop. 2012, ISBN 978-0-321-33631-6; 0-321-33631-3, COBISS.SI-ID - 8953172</li> <li>3. Članki, objavljenih v revijah, npr. / Articles published in magazines, i.e.: IEEE Communications Surveys &amp; Tutorials, <a href="http://www.comsoc.org/livepubs/surveys/index.html">http://www.comsoc.org/livepubs/surveys/index.html</a></li> </ol>
---

### Cilji in kompetence:

<p>Cilj predmeta je podati koncepte, arhitekture in protokole v sodobnih komunikacijskih omrežjih. Poudarek je na vidikih in procesih prenosa prometa z internetnim protokolom. Študenti bodo pridobili potrebna znanja in veščine s teh področij.</p>	<p><b>Objectives and competences:</b> The objective of the course is to provide an overview of concepts, architectures and protocols in modern telecommunication networks. The focus is on network transfer process with internet protocol. Students will acquire fundamental knowledge and skills in these fields.</p>
--	---

### Predvideni študijski rezultati:

<p>Po uspešno opravljenem predmetu naj bi bili študenti zmožni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• navesti ključne tehnologije internetnih omrežij,</li> <li>• opisati omrežne tehnologije v poslovnih okoljih in operatorskih okoljih,</li> <li>• opisati arhitekturo poslovnih in arhitekturo operatorskih omrežij,</li> <li>• razlikovati med funkcionalnostmi različnih slojev komunikacijskih protokolov,</li> <li>• razlikovati med funkcionalnostmi različnih protokolov za zagotavljanje omrežne varnosti,</li> <li>• konfigurirati uporabniške, domače in poslovne omrežne naprave za osnovno povezljivost ter pri tem uporabiti smiselne kombinacije tehnologij,</li> <li>• konfigurirati operatorske omrežne naprave za osnovno povezljivost ter pri tem uporabiti smiselne kombinacije tehnologij,</li> <li>• primerjati koncepte, arhitekture in funkcionalnosti za domača, poslovna in operatorska omrežja.</li> </ul>	<p><b>Intended learning outcomes:</b> After successful completion of the course, students should be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• list key technologies of Internet networks,</li> <li>• describe the network technologies in enterprise environments and operator environments,</li> <li>• describe the architecture of enterprise and the architecture of operator networks,</li> <li>• differentiate among functionalities of the layers of communication protocols,</li> <li>• differentiate among functionalities of different protocols for network security provisioning,</li> <li>• configure user, home and enterprise network devices for basic connectivity and use the adequate combinations of technologies,</li> <li>• configure operator network devices for basic connectivity and use the adequate combinations of technologies,</li> <li>• compare concepts, architectures and functionalities of home, enterprise and operator networks.</li> </ul>
--	--

<b>Metode poučevanja in učenja:</b>	<b>Learning and teaching methods:</b>
Predavanja, na katerih se študent seznanja s teoretičnimi osnovami, ter laboratorijske vaje, kjer probleme spozna tudi praktično in jih v timu rešuje skozi projektno delo. Del pedagoškega procesa bo izveden s pomočjo IKT tehnologij in možnosti, ki jih ponujajo. Ogledi in vabljeni predavatelji.	Lectures for theoretical aspects, laboratory exercises and team work for real-case scenarios and problem solving through project work. Part of the pedagogical process will be carried out with the help of ICT technologies and the possibilities they offer.. Study visits and invited lecturers.

<b>Načini ocenjevanja:</b>	<b>Delež/Weight</b>	<b>Assessment:</b>
Način: laboratorijske vaje, pisni izpit, ustni izpit. Ocena 5 je negativna ocena, ocene od vključno 6 do 10 so pozitivne. Opravljene laboratorijske vaje so pogoj za pristop k izpitu. Prispevki k oceni: pisni izpit ustni izpit laboratorijske vaje		Type: laboratory exercises, written exam, oral exam. Negative grades is 5, positive grades: from 6 to 10. Completed laboratory exercises is a prerequisite for the exam. Contributions to final grade: written exam oral examination laboratory exercises
pisni izpit	50,00 %	written exam
ustni izpit	40,00 %	oral examination
laboratorijske vaje	10,00 %	laboratory exercises

<b>Ocenjevalna lestvica:</b>	<b>Grading system:</b>
5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna ocena od 6 - 10	5 - 10, a student passes the exam if he is graded from 6 to 10

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

- KOS, Andrej, HOMAN, Peter, BEŠTER, Janez. Performance evaluation of a synchronous bulk packet switch under real traffic conditions. IEICE transactions on communications, ISSN 0916-8516, 2003, vol. E86-B, no. 5, str. 1612-1624.
- KOS, Andrej, VOLK, Mojca, BEŠTER, Janez. Quality assurance in the IMS-based NGN environment. V: CRANLEY, Nicola (ur.), MURPHY, Liam (ur.). Handbook of research on wireless multimedia: quality of service and solutions. Hershey; New York: Information Science Reference, cop. 2009, str. 240-257, ilustr.
- GRAŠIČ, Valerij, KOS, Andrej, MILEVA BOSHKOSKA, Biljana. Classification of incoming calls for the capital city of Slovenia smart city 112 public safety system using open Internet of Things data. International journal of distributed sensor networks. [Online ed.]. 2018, vol. 14, no. 9, str. 1-12, ilustr. ISSN 1550-1477. <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1550147718801703>, DOI: [10.1177/1550147718801703](https://doi.org/10.1177/1550147718801703). [COBISS.SI-ID [2048569107](https://www.cobiss.si/id/2048569107)]
- PUSTIŠEK, Matevž, ŠTEFANIČ JUŽNIČ, Leon, KOS, Andrej. Blockchain support in IoT platforms. The IPSI BgD transactions on internet research. [Print ed.]. Jan. 2018, vol. 14, no. 1, str. 13-20, ilustr. ISSN 1820-4503. [COBISS.SI-ID [11938132](https://www.cobiss.si/id/11938132)]
- KADUSIC, Esad, ZIVIC, Natasa, KOS, Andrej. QoS-aware dynamic MAP selection in HMIPv6 architectures. IEEE access. 2016, vol. 4, str. 3112-3126, ilustr. ISSN 2169-3536. DOI: [10.1109/ACCESS.2016.2575098](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2016.2575098). [COBISS.SI-ID [11793748](https://www.cobiss.si/id/11793748)]
- PUSTIŠEK, Matevž, DOLENC, Dejan, KOS, Andrej. LDAF : low-bandwidth distributed applications framework in a use case of blockchain-enabled IoT devices. Sensors. May-2 2019, iss. 10, 2337, str. 1-15, ilustr. ISSN 1424-8220. DOI: [10.3390/s19102337](https://doi.org/10.3390/s19102337). [COBISS.SI-ID [12534612](https://www.cobiss.si/id/12534612)]
- PUSTIŠEK, Matevž, TURK, Jan, KOS, Andrej. Secure modular smart contract platform for multi-tenant 5G applications. IEEE access. 10 Aug. 2020, vol. 8, str. 150626-150646, ilustr. ISSN 2169-3536. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9163092>, DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3013402. [COBISS.SI-ID [26860547](https://www.cobiss.si/id/26860547)]

# KONSTRUIRANJE ELEKTRONSKIH NAPRAV

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Konstruiranje elektronskih naprav
<b>Course title:</b>	Construction of Electronic Systems
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FE

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Elektrotehnika, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik	1. semester	izbirni

<b>Univerzitetna koda predmeta/University course code:</b>	0078309
<b>Koda učne enote na članici/UL Member course code:</b>	64253

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45		30			75	6

<b>Nosilec predmeta/Lecturer:</b>	Marko Jankovec
-----------------------------------	----------------

<b>Izvajalci predavanj:</b>	Marko Jankovec
<b>Izvajalci seminarjev:</b>	
<b>Izvajalci vaj:</b>	
<b>Izvajalci kliničnih vaj:</b>	
<b>Izvajalci drugih oblik:</b>	
<b>Izvajalci praktičnega usposabljanja:</b>	

<b>Vrsta predmeta/Course type:</b>	Izbirni splošni/Elective general
------------------------------------	----------------------------------

<b>Jeziki/Languages:</b>	Predavanja/Lectures:	Angleščina
	Vaje/Tutorial:	Angleščina

<b>Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:</b>	<b>Prerequisites:</b>
Vpis v letnik.	Enrolment in the year of the course.

<b>Vsebina:</b>	<b>Content (Syllabus outline):</b>
Predmet obravnava načrtovanje elektronskih izdelkov, ki zajema električne, mehanske, toplotne, zakonodajne in proizvodne vidike. Ponuja poglobljeno razumevanje materialov, tehnologij proizvodnje, pravil načrtovanja, stroškovnih in zakonodajnih omejitev. Poleg tega se študentje podrobneje spoznajo z elektromagnetno združljivostjo, vključno s sevanjem in imunostjo, elektronskimi komponentami, načrtovanjem tiskanih	The course covers the design of electronic products, encompassing electrical, mechanical, thermal, legislative, and production aspects. It offers an in-depth understanding of materials, production technologies, design rules, cost, and legislative constraints. Additionally, students delve into electromagnetic compatibility, including radiation and immunity, electronic components, printed circuit board design, and signal integrity. They also learn

<p>vezij ter integriteto signalov. Prav tako spoznajo pravila povezovanja visokofrekvenčnih digitalnih in analognih vezij, strategijah določanja strukture večplastnih tiskanih vezij in povezovanju napajanj in mas v mešanih analogno-digitalnih vezjih, določitve vrednosti in postavitve blokirnih kondenzatorjev za napajanje ter upravljanju s toploto. Z uporabo specializiranih računalniških orodij pridobijo praktične veščine za načrtovanje analogno-digitalnih elektronskih naprav v skladu z najboljšimi inženirskimi praksami.</p>	<p>about high-frequency digital and analog circuit interconnection rules, strategies for determining the layer stacks of multilayer printed circuit boards, connecting power supplies and grounds in mixed-signal circuits, determining the values and placement of bypass capacitors, and managing heat. Using specialized computer tools, they acquire practical skills in designing mixed-signal electronic devices following the best engineering practices.</p>
---	--

### Temeljna literatura in viri/Readings:

<p>Jankovec M., Construction of electronic systems, lecture handouts, online material, Ljubljana, 2023.          Glažar B., Jankovec M., Construction of electronic systems, laboratory exercises, Ljubljana, online material, 2023.          Jankovec M., Construction of Electronic Systems, video lectures, Youtube channel: <a href="https://www.youtube.com/playlist?list=PLt-ZRtvQN3DUPiGit5_3u2KGiUj88Y2BK">https://www.youtube.com/playlist?list=PLt-ZRtvQN3DUPiGit5_3u2KGiUj88Y2BK</a>          Jankovec M., Video tutorials for Altium designer, Youtube channel: <a href="https://www.youtube.com/playlist?list=PLqo30NsEjY2jWBDA6Y2magDIRzkw7c9m">https://www.youtube.com/playlist?list=PLqo30NsEjY2jWBDA6Y2magDIRzkw7c9m</a>          Henry W. Ott, Electromagnetic Compatibility Engineering, Wiley-Interscience, ISBN 978-0-470-18930-6, New York, 2009.          Joffe E. B., Lock, K-S., Grounds for grounding: a circuit-to-system handbook, J. Wiley &amp; Sons, ISBN - 978-0-471-66008-8, Hoboken, 2010.          Hall, S. H., Hall, G. W, McCall, J. A., High-speed digital system design : a handbook of interconnect theory and design practices, J. Wiley &amp; Sons, New York, 2000.          Baker B., Analog circuits : world class designs, Elsevier, ISBN - 978-0-7506-8627-3, Amsterdam, 2008.          Mark I. Montrose, EMC and the Printed Circuit Board – Design, Theory and -Layout Made Simple, Wiley-Interscience IEEE, ISBN 0-7803-4703-N, New York, 199          Tim Williams, EMC for Product Designers, Third edition, ISBN 0 7506 4930 5, 2001.</p>
---

### Cilji in kompetence:

<p>Študentje naj bi pridobili teoretična in praktična znanja, ki so potrebna za načrtovanje elektronskih naprav v skladu z veljavnimi predpisi in standardi.</p>	<h3>Objectives and competences:</h3>
	<p>Students should acquire skills and theoretical knowledge to design electronic devices in accordance with applicable regulations and standards.</p>

### Predvideni študijski rezultati:

<p>Ob uspešno zaključenih študijskih obveznosti pri tem predmetu naj bi študentje bili sposobni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• izbrati veljavne standarde, ki jim mora naprava ustrezati glede na veljavno zakonodajo in tip naprave,</li> <li>• izbrati najustreznejše materiale in tehnologijo izdelave in opremljanja tiskanega vezja,</li> <li>• načrtati tiskano vezje glede na dano shemo z upoštevanjem dobre inženirske prakse za doseganje združljivosti vezja z veljavnimi standardi in proizvodnimi tehnologijami,</li> <li>• uporabljati računalniške programe za simulacijo in načrtovanje električne sheme in tiskanega vezja,</li> <li>• izbirati materiale, topologijo, komponente in izračunati njihove vrednosti za namen filtriranja in dušenja motenj,</li> </ul>	<h3>Intended learning outcomes:</h3>
	<p>On successful completion of this module, students should be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• choose the applicable standards to which the device must comply according to the currently valid legislation and the type of the device,</li> <li>• select appropriate materials and technology for the manufacturing and assembly of printed circuit boards,</li> <li>• design a printed circuit board according to the given scheme with respect to good engineering practice to achieve compatibility with the applicable standards and to the production technologies,</li> <li>• use computer programs for the simulation and design of electrical schemes and printed circuit boards,</li> <li>• select materials, topology, components and calculate their values for the purpose of noise filtering and suppression,</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• izbrati in uporabiti najprimernejšo topologijo in zaključitve električnih povezav glede na tip signala,</li> <li>• identificirati najverjetnejši izvor težav v zvezi z elektromagnetno združljivostjo v vezju in ga z ustreznimi ukrepi zmanjšati.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• select the best topology and the termination of the electrical connections according to the type of signal,</li> <li>• identify the most likely source of problems related to electromagnetic compatibility in the circuit and suppress it with the most appropriate means.</li> </ul>
--	---

### Metode poučevanja in učenja:

Predavanja, laboratorijske vaje, projektno delo.

### Learning and teaching methods:

Lectures, laboratory exercises, project work.

### Načini ocenjevanja:

### Delež/Weight

### Assessment:

Način: domače naloge, praktični projekt, pisni izpit. Ocena 5 je negativna ocena, ocene od vključno 6 do 10 so pozitivne. Za pristop k pisnemu izpitu je potrebno uspešno opraviti vse laboratorijske vaje predmeta. Praktični projekt se lahko izvede na dva načina: - v obliki samostojno projektne naloge, ki jo kandidat izdelava najkasneje do konca tekočega semestra - v obliki praktičnega reševanja danega problema v omejenem času. Za končno pozitivno oceno morata biti obe delni oceni pozitivni. Prispevki k oceni: - domače naloge - praktični projekt pisni izpit		Type: homework, practical project, written exam. Negative grades is 5, positive grades: from 6 to 10. A prerequisite for the exam is a positive evaluation of all laboratory exercises. Practical project can be done in two ways: - In the form of an individual project work, which the candidate completes by the end of the current semester - In the form of solving a given practical problem in a limited time. A prerequisite for a positive final grade are both positive partial grades. Contributions to assess: - homework - practical project - written exam
Domače naloge	20,00 %	Homework
Praktični projekt	50,00 %	Practical project
Pisni izpit	30,00 %	Written exam

### Ocenjevalna lestvica:

5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna ocena od 6 - 10

### Grading system:

5 - 10, a student passes the exam if he is graded from 6 to 10

### Reference nosilca/Lecturer's references:

MITTERHOFER, Stefan, SLAPŠAK, Jan, ASTIGARRAGA, Alexander, MOSER, David, OVIEDO HERNANDEZ, Guillermo, CHIANTORE, Paolo Vincenzo, LUO, Wei, SHENG KHOO, Yong, RABANAL-ARABACH, Jorge, FUENTEALBA, Edward, FERRADA, Pablo, TRIGO-GONZALEZ, Mauricio, ASCENCIO VÁSQUEZ, Julián Andrés, TOPIČ, Marko, JANKOVEC, Marko. Measurement and simulation of moisture ingress in PV modules in various climates. IEEE journal of photovoltaics. Jan. 2024, vol. 14, iss. 1, str. 140-148, ilustr. ISSN 2156-3381, DOI: [10.1109/JPHOTOV.2023.3323808](https://doi.org/10.1109/JPHOTOV.2023.3323808).

KÖBLER, Hans, NEUBERT, Sebastian, JANKOVEC, Marko, GLAŽAR, Boštjan, HAASE, Martin, HILBERT, Clemens, TOPIČ, Marko, RECH, Bernd, ABATE, Antonio. High-throughput aging system for parallel maximum power point tracking of perovskite solar cells. Energy technology. 2022, iss. 6, DOI: [10.1002/ente.202200234](https://doi.org/10.1002/ente.202200234).

MITTERHOFER, Stefan, BARRETTA, Chiara, CASTILLON, Luis, ORESKI, Gernot, TOPIČ, Marko, JANKOVEC, Marko. A dual-transport model of moisture diffusion in PV encapsulants for finite-element simulations. IEEE journal of photovoltaics. Jan. 2020, vol. 10, no. 1, str. 94-102, ilustr. ISSN 2156-3381. DOI: [10.1109/JPHOTOV.2019.2955182](https://doi.org/10.1109/JPHOTOV.2019.2955182).

SLAPŠAK, Jan, MITTERHOFER, Stefan, TOPIČ, Marko, JANKOVEC, Marko. Wireless system for In situ monitoring of moisture ingress in PV modules. IEEE journal of photovoltaics. Sep. 2019, vol. 9, no. 5, str. 1316-1323, ilustr. ISSN 2156-3381. DOI: [10.1109/JPHOTOV.2019.2918044](https://doi.org/10.1109/JPHOTOV.2019.2918044).

JANKOVEC, Marko, GALLIANO, Federico, ANNIGONI, Eleonora, LI, Heng Yu, SCULATI-MEILLAUD, Fanny, PERRET-AEBI, Laure-Emmanuelle, BALLIF, Christophe, TOPIČ, Marko. In-situ monitoring of moisture ingress in PV modules using digital humidity sensors. IEEE journal of photovoltaics. Sep. 2016, vol. 6, no. 5, str. 1152-1159, ilustr. ISSN 2156-3381. DOI: [10.1109/JPHOTOV.2016.2583779](https://doi.org/10.1109/JPHOTOV.2016.2583779).

# KONVENCIONALNI VIRI ELEKTRIČNE ENERGIJE

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Konvencionalni viri električne energije
<b>Course title:</b>	Conventional Energy Sources
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FE

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Elektrotehnika, druga stopnja, magistrski	Elektroenergetika (smer)	1. letnik	1. semester	obvezni
Elektrotehnika, druga stopnja, magistrski	Mehatronika (smer)	1. letnik	1. semester	obvezni

<b>Univerzitetna koda predmeta/University course code:</b>	0075339
<b>Koda učne enote na članici/UL Member course code:</b>	64216

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45		30			75	6

**Nosilec predmeta/Lecturer:** Marko Čepin

**Izvajalci predavanj:** Marko Čepin  
**Izvajalci seminarjev:**  
**Izvajalci vaj:**  
**Izvajalci kliničnih vaj:**  
**Izvajalci drugih oblik:**  
**Izvajalci praktičnega usposabljanja:**

**Vrsta predmeta/Course type:** Obvezni-strokovni /Compulsory professional

<b>Jeziki/Languages:</b>	Predavanja/Lectures:	Angleščina, Slovenščina
	Vaje/Tutorial:	Angleščina, Slovenščina

<b>Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:</b>	<b>Prerequisites:</b>
Vpis v letnik.	Enrolment in the year of the course.

<b>Vsebina:</b>	<b>Content (Syllabus outline):</b>
Hidroelektrarne Osnove hidrodinamike, strujanje v cevovodih in kanalih, osnove turbinskih strojev, konstrukcijske in obratovalne značilnosti turbin, turbinska regulacija, jezovi in pregrade, hidravlične sheme hidroelektrarn, razdelitev hidroelektrarn glede na akumulacijo, padec in pretok ter način upravljanja.	Hydroelectric power plants Basics of hydrodynamics, water flow in pipes and channels, basics of turbo machines, design and operating characteristics of turbines, turbine control, dams and barriers, hydraulic hydroelectric schemes, types of hydroelectric power plants regarding

<p>Termoelektrarne Osnove termodinamike, procesi zgorevanja in parni kotli, izkoristki tehnoloških procesov, značilnosti parnih in plinskih turbin, problematika izpustov in njihov vpliv na okolje, čistilne naprave za zmanjšanje emisij izpustov iz termoelektrarn.</p> <p>Jedrskie elektrarne Osnove jedrskih reakcij, povezava mase in energije, pomembne značilnosti najpogostejših tipov jedrskih reaktorjev, obratovanje jedrskih reaktorjev, sistemi jedrskih elektrarn, naravno sevanje in zaščita pred sevanjem, jedrski odpadki, njihovo shranjevanje in njihov vpliv na okolje, varnost jedrskih elektrarn, metode za ocenjevanje tveganja.</p>	<p>accumulation, water heights and flow, and mode of operation.</p> <p>Thermal power stations Basics of thermodynamics, combustion processes and steam boilers, process efficiency, characteristics of steam and gas turbines, problems of emissions and impact to the environment, systems to reduce emissions of thermal power plants.</p> <p>Nuclear power plants Fundamentals of nuclear reactions, relation between mass and energy, characteristics of the most common types of nuclear reactors, operation of reactors, nuclear power plant systems, natural radiation and radiation protection, radioactive waste, their effects to the environment and disposal, nuclear power plants safety, risk assessment methods.</p>
--	---

### Temeljna literatura in viri/Readings:

M. Čepin, Osnove hidroelektrarn, Rev. 0, 2023  
M. Črpin, Osnove termoelektrarn, Rev. 0, 2023  
M. Čepin, Osnove jedrskih elektrarn, Rev. 0. 2023  
R. K. Rajput, Power Plant Engineering, Laxmi Publications, Fourth edition, 2008  
G. Kessler, Sustainable and Safe Nuclear Fission Energy, Springer 2012

### Cilji in kompetence:

Študent bo poznal osnovne mehanizme pretvorbe primarnih energetske virov v električno energijo s klasičnimi tehnologijami. Znal bo oceniti energetske potencialne primarnih virov energije v smislu proizvodnje električne energije. Poznal bo osnovno zgradbo in funkcijo posameznih komponent konvencionalnih postrojenj za pretvorbo v električno energijo. Seznanil se bo s problematiko in dilemami umeščanja konvencionalnih energetske objektov v prostor. Spoznal bo teoretične matematične modele procesov povezanih s pretvorbo električne energije v elektrarnah in njihove teoretične izpeljave ter poenostavitve.

### Objectives and competences:

Student will learn basic mechanisms of primary energy conversion to electric energy with classic technologies. Student will be capable to assess energy potentials regarding their conversion technologies into electric energy. Student will learn structure and functions of components and their interactions within conventional power plants. The problems and possible solutions regarding the spatial planning related with electric power systems will be communicated. Student will learn theoretical mathematical models of the processes of converting the energy in power plants and the related simplifications of complex expressions where appropriate.

### Predvideni študijski rezultati:

Študenti bo zmožen:

- izračunati pretvorbe primarnih energetske virov v električno energijo v klasičnih elektrarnah,
- izpeljati osnovne enačbe, ki popisujejo fizikalne procese, ki se odvijajo v elektrarnah,
- skicirati sheme procesov in glavne komponente tovrstnih objektov,
- oceniti osnovne parametre učinkovitosti energetske pretvorb,
- interpretirati osnovne obratovalne značilnosti klasičnih virov električne energije,
- reševati kompleksne probleme na področju pretvarjanja električne energije v hidroelektrarnah, v termoelektrarnah in v jedrskih elektrarnah.

### Intended learning outcomes:

Student will be capable to:

- calculate conversion of primary energy into electric energy in classical power plants,
- derive the basic equations, which represent the physical processes in power plants,
- sketch the plant operation processes and their main components,
- assess efficiency of processes related to energy conversion,
- interpret the operating parameters of classical sources of energy,
- solve the complex technical problems in the field of conversion to electric power in hydroelectric power plants, thermal power plants and nuclear power plants.

**Metode poučevanja in učenja:**

Predavanja in laboratorijske vaje. Del pedagoškega procesa bo izveden s pomočjo IKT tehnologij in možnosti, ki jih ponujajo.

**Learning and teaching methods:**

Lectures and exercises. Part of the pedagogical process will be carried out with the help of ICT technologies and the opportunities they offer.

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

Način: laboratorijske vaje, izpit. Ocena 5 je negativna, ocene od vključno 6 do 10 so pozitivne. Pozitivna ocena laboratorijskih vaj je pogoj za pristop k izpitu. Prispevki k oceni: laboratorijske vaje, izpit.		Type: laboratory exercises, exam. Negative grade: 5, positive grades: from 6 to 10. Positive evaluation of laboratory exercises is a prerequisite for the exam. Contributions to final grade: laboratory exercises, exam.
laboratorijske vaje	50,00 %	laboratory exercises
izpit	50,00 %	exam

**Ocenjevalna lestvica:**

5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna ocena od 6 - 10

**Grading system:**

5 - 10, a student passes the exam if he is graded from 6 to 10

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

M. Čepin, Evaluation of the power system reliability if a nuclear power plant is replaced with wind power plants, Reliability engineering & systems safety, 2019, Vol. 185, str. 455-464  
 M. Čepin, Probability of restoring power to the transmission power system and the time to restore power, Reliability engineering & systems safety, 2020, Vol. 193, 106595  
 M. Čepin, Contribution of human reliability in power probabilistic safety assessment models versus shutdown models. ASCE-ASME journal of risk and uncertainty in engineering systems, Part B, Mechanical engineering, 2020, 011001  
 M. Čepin, The extended living probabilistic safety assessment. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Pt. O, Journal of risk and reliability, 2020, Vol. 234 (1), str. 183-192  
 M. Čepin, Costs optimisation of reliable self-sufficient electric energy supply at family house, Reliability engineering & systems safety, 2023, Vol. 233, 109105

# MOBILNOST IN INTERNET STVARI

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Mobilnost in internet stvari
<b>Course title:</b>	Mobility and Internet of things
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FE

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Elektrotehnika, druga stopnja, magistrski	Napredni elektroenergetski sistemi (smer)	1. letnik	2. semester	obvezni

<b>Univerzitetna koda predmeta/University course code:</b>	0112460
<b>Koda učne enote na članici/UL Member course code:</b>	64271E

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45		30			105	6

<b>Nosilec predmeta/Lecturer:</b>	Janez Bešter, Urban Sedlar
-----------------------------------	----------------------------

<b>Izvajalci predavanj:</b>	Janez Bešter, Urban Sedlar
<b>Izvajalci seminarjev:</b>	
<b>Izvajalci vaj:</b>	
<b>Izvajalci kliničnih vaj:</b>	
<b>Izvajalci drugih oblik:</b>	
<b>Izvajalci praktičnega usposabljanja:</b>	

<b>Vrsta predmeta/Course type:</b>	Obvezni- strokovni/compulsory professional
------------------------------------	--

<b>Jeziki/Languages:</b>	Predavanja/Lectures:	Angleščina, Slovenščina
	Vaje/Tutorial:	Angleščina, Slovenščina

<b>Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:</b>	<b>Prerequisites:</b>
Vpis v letnik predmeta	Enrolment in the year of the course

<b>Vsebina:</b>	<b>Content (Syllabus outline):</b>
Značilnosti mobilnih sistemov (razpoložljiv radijski spekter, pokrivanje s celicami, kapaciteta radijskega kanala, upravljanje mobilnosti). Komerzialna mobilna omrežja 2G, 3G in 4G (arhitekture omrežij, posebnosti sodostopa, razvoj jedra, vzpostavljanje povezav, zagotavljanje varnosti). Potrebe interneta stvari po povezljivosti (razvoj mobilnih omrežij v smeri IoT, posebnosti	Characteristics of mobile systems (available radio spectrum, cellular coverage, radio channel capacity, mobility management). Commercial mobile networks 2G, 3G and 4G (network architectures, multiple access, core evolution, connection establishment, security). Internet of things connectivity issues (evolution of mobile technologies towards IoT, IoT

<p>komunikacije IoT, omrežja LTE-M, SigFox, LoRa primeri).</p> <p>Komunikacijska omrežja za kritično infrastrukturo (namenska omrežja nacionalnega pomena brez prekinitiv).</p> <p>Lokalna brezžična omrežja WLAN (različice 802.11b/g/n/ac/ad, načrtovanje in upravljanje omrežij, zagotavljanje QoS in varnosti).</p> <p>Brezžična senzorska omrežja na kratke razdalje (Bluetooth, ZigBee, RFID, NFC in druga).</p> <p>Storitvena področja interneta stvari (pametna mesta, inteligentne stavbe, lokacijske storitve, cestna telematika, zdravstvo, energetika).</p>	<p>communication requirements, LTE-M, SigFox, LoRa examples).</p> <p>Critical communications infrastructure (special networks of national importance with high availability).</p> <p>Wireless local area networks WiFi (overview of 802.11b/g/n/ac/ad, planning and management, QoS and security).</p> <p>Short range wireless sensor networks (Bluetooth, ZigBee, RFID, NFC, proprietary).</p> <p>Internet of things applications and services (smart cities, intelligent buildings, location services, road telematics, health services, smart grids).</p>
---	--

### Temeljna literatura in viri/Readings:

<p>Sauter, M., From GSM to LTE-Advanced: An Introduction to Mobile Networks and Mobile Broadband, John Wiley &amp; Sons, Chichester, 2014</p> <p>2. Chilamkurti, N., Next-Generation Wireless Technologies: 4G and Beyond, Springer-Verlag London, 2013</p> <p>3. Gratton, D. A., The Handbook of Personal Area Networking Technologies and Protocols, Cambridge University Press, New York, 2013</p> <p>4. Balani, N., Enterprise IoT: A Definitive Handbook, CreateSpace Independent Publishing Platform, 2015</p> <p>5. Članki, objavljenih v revijah, npr. / Articles published in magazines, i.e.: IEEE Communications Surveys &amp; Tutorials, <a href="http://www.comsoc.org/livepubs/surveys/index.html">http://www.comsoc.org/livepubs/surveys/index.html</a></p>
--

### Cilji in kompetence:

<p>Cilj predmeta je študentu podati sistematičen pregled mobilnih tehnologij ter pripadajočih storitev s področja interneta stvari s poudarkom na razumevanju značilnosti, temeljih delovanja ter razvojnih možnosti. Primeren je za zainteresirane študente vseh smeri.</p>	<p><b>Objectives and competences:</b></p> <p>The objective of the course is to give the students a systematic overview of mobile technologies and their role in the Internet of things scenarios with emphasis on understanding of characteristics, operation principles and development activities. The course is suitable for all interested students not regarding study field.</p>
--	--

### Predvideni študijski rezultati:

<p>Po uspešno opravljenem modulu naj bi bili študentje zmožni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- razložiti delovanje mobilnih, lokalnih in osebnih brezžičnih omrežij</li> <li>- opisati osnovne koncepte storitev na področjih interneta stvari</li> <li>- preučiti potrebe storitev po komunikacijah</li> <li>- izbrati komunikacijske tehnologije na področjih interneta stvari</li> <li>- načrtovati storitvene arhitekture za področje interneta stvari</li> <li>- zasnovati enostavne storitve z upoštevanjem potrebnih gradnikov</li> </ul>	<p><b>Intended learning outcomes:</b></p> <p>After successful completion of the course, students should be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- explain the operation of mobile, local and personal wireless networks</li> <li>- describe the basic concepts of services in the fields of the Internet of Things</li> <li>- study the requirements of communication services</li> <li>- choose communication technologies in the fields of the Internet of Things</li> <li>- plan service architectures for the Internet of Things</li> <li>- design simple services, taking into account the necessary building blocks</li> </ul>
---	---

### Metode poučevanja in učenja:

<p>Predavanja, na katerih se študent seznani s teoretičnimi osnovami, ter laboratorijske vaje, kjer probleme spozna tudi praktično in jih v timu rešuje skozi projektno delo. Del pedagoškega procesa bo izveden s pomočjo IKT tehnologij in možnosti, ki jih ponujajo. Ogledi in vabljeni predavatelji.</p>	<p><b>Learning and teaching methods:</b></p> <p>Lectures for the provisioning of theoretical aspects and laboratory practices with real-case scenarios and solving the problems through team project work. Part of the pedagogical process will be carried out with the help of ICT technologies and the possibilities they offer. Study visits and invited lecturers.</p>
--	--

Načini ocenjevanja:	Delež/Weight	Assessment:
Način: pisni izpit, ustni izpit. Ocena 5 je negativna, ocene od vključno 6 do 10 so pozitivne. Uspešna izvedba 80% laboratorijskih vaj je predpogoj za prijavo na pisni izpit. Prispevki k oceni: pisni izpit ustni izpit		Type: written exam, oral exam. Negative grades: from 1 to 5, positive grades: from 6 to 10. Successful completion of at least 80% of the laboratory exercises is prerequisite for the written exam. Contributions to final grade: written exam oral examination
pisni izpit	50,00 %	written exam
ustni izpit	50,00 %	oral examination

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:

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

- VODOPIVEC, Samo, BEŠTER, Janez, KOS, Andrej. A multihoming clustering algorithm for vehicular ad hoc networks. *International journal of distributed sensor networks*, ISSN 1550-1477. [Online ed.], 2014, vol. 2014, str. 1-8.
- PUŠTIŠEK, Matevž, DOLENC, Dejan, KOS, Andrej. LDAF : low-bandwidth distributed applications framework in a use case of blockchain-enabled IoT devices. *Sensors*. May-2 2019, iss. 10, 2337, str. 1-15, ilustr. ISSN 1424-8220. DOI: [10.3390/s19102337](https://doi.org/10.3390/s19102337). [COBISS.SI-ID [12534612](#)]
- QIAN, Yongfeng, JIANG, Yingying, CHEN, Jing, ZHANG, Yu, SONG, Jeungeun, ZHOU, Ming, PUSTIŠEK, Matevž. Towards decentralized IoT security enhancement : a blockchain approach. *Computers & electrical engineering*. Nov. 2018, vol. 72, str. 266-273, ilustr. ISSN 0045-7906. DOI: [10.1016/j.compeleceng.2018.08.021](https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2018.08.021). [COBISS.SI-ID [12456020](#)]
- PUŠTIŠEK, Matevž, ŠTEFANIČ JUŽNIČ, Leon, KOS, Andrej. Blockchain support in IoT platforms. *The IPSI BgD transactions on internet research*. [Print ed.]. Jan. 2018, vol. 14, no. 1, str. 13-20, ilustr. ISSN 1820-4503. [COBISS.SI-ID [11938132](#)]
- PUŠTIŠEK, Matevž, TURK, Jan, KOS, Andrej. Secure modular smart contract platform for multi-tenant 5G applications. *IEEE access*. 10 Aug. 2020, vol. 8, str. 150626-150646, ilustr. ISSN 2169-3536. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9163092>, DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3013402. [COBISS.SI-ID [26860547](#)], [JCR, SNIP, WoS, Scopus do 19. 3. 2021: št. citatov (TC): 1, čistih citatov (CI): 1]

## MODUL A: IDENTIFIKACIJA

### UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Modul A: Identifikacija
<b>Course title:</b>	Module A: Identification
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FE

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Elektrotehnika, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik	1. semester	izbirni

<b>Univerzitetna koda predmeta/University course code:</b>	0079474
<b>Koda učne enote na članici/UL Member course code:</b>	64259

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45		30			75	6

<b>Nosilec predmeta/Lecturer:</b>	Sašo Blažič
-----------------------------------	-------------

<b>Izvajalci predavanj:</b>	Sašo Blažič
<b>Izvajalci seminarjev:</b>	
<b>Izvajalci vaj:</b>	
<b>Izvajalci kliničnih vaj:</b>	
<b>Izvajalci drugih oblik:</b>	
<b>Izvajalci praktičnega usposabljanja:</b>	

<b>Vrsta predmeta/Course type:</b>	Izbirni-strokovni /elective professional
------------------------------------	--

<b>Jeziki/Languages:</b>	Predavanja/Lectures:	Angleščina
	Vaje/Tutorial:	Angleščina

<b>Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:</b>	<b>Prerequisites:</b>
Vpis v letnik.	Enrolment in the year of the course.

<b>Vsebina:</b>	<b>Content (Syllabus outline):</b>
Predmet obravnava identifikacijo dinamičnih sistemov, pri kateri je cilj pridobiti matematični model obravnavanega sistema na osnovi meritev. Ključnega pomena je, da rezultat identifikacije ni zgolj dobljeni model, pač pa tudi določitev pasu zaupanja oz. kvantitativne nedoločenosti modela. V uvodnem delu bomo obravnavali osnovne zapise modelov dinamičnih sistemov in pretvorbe med njimi, lastnosti motilnih signalov glede na	This course deals with the identification of dynamical systems, where the aim is to obtain a mathematical model of the system based on measurements. It is crucial that the identification results not only in a model, but also in a confidence band or quantitative uncertainty of the model. In the introductory part, we will discuss the basic descriptions of dynamical system models and the transformations between them, the properties of

<p>porazdelitev zaloge vrednosti in frekvenčni spekter ter koncepte pristranskosti in konsistentnosti. Nato bomo spoznali enostavne metode identifikacije, kot so Strejceva metoda odziva na stopničasto vzbujanje, Åströmova metoda z relejem v povratni zanki in metoda s prilagajanjem modela. Sledi sklop parametrične identifikacije, kjer bomo obravnavali metodo najmanjših kvadratov, regresijske metode, ocenjevanje parametrov dinamičnih modelov, parametriranje modelov, metodo razširjenih najmanjših kvadratov, metodo pomožnih spremenljivk idr. Spoznali bomo tudi rekurzivne različice metod in algoritme, ki so primerni za časovno spremenljive procese (metoda uteženih najmanjših kvadratov in eksponentno pozabljanje), ter pristope za ocenjevanje delovne točke procesa. V naslednjem sklopu se bomo posvetili identifikaciji neparometričnih modelov (analiza frekvenčnega odziva, metoda Fourierove, korelacijske in spektralne analize). Ob koncu bomo obravnavali še nekaj tem: Identifikacija nestabilnih modelov in identifikacija v zaprti zanki, identifikabilnost parametričnih in neparometričnih modelov; Identifikacija z razpoznavanjem vzorcev; Praktični vidiki, izbira časa vzorčenja, predhodna obdelava signalov, izbira modela, preskus njegove veljavnosti in izbira strukture, časovne zakasnitve, robustnost, izbira metode.</p>	<p>disturbance signals with respect to the distribution and the frequency spectrum, and the concepts of bias and consistency. We will then briefly discuss simple identification methods, such as the Strejc method of response to step excitation, the Åström method with feedback relay and the model fitting method. This will be followed by a section on parametric identification, where we will cover the least squares method, regression methods, least square estimation of dynamic model parameters, model parameterisation, the extended least squares method, the instrumental variables method, etc. We will also introduce recursive versions of the methods and algorithms suitable for time-varying processes (weighted least squares and exponential forgetting), as well as approaches to estimating the operating point of a process. In the next section, we will focus on the identification of non-parametric models (frequency response analysis, Fourier, correlation and spectral analysis). Finally, we will discuss a few more topics: Identification of unstable models and closed-loop identification, identifiability of parametric and non-parametric models; Identification by pattern recognition; Practical aspects, choice of sampling time, signal pre-processing, model selection, model validation and structure selection, time delays, robustness, method selection.</p>
--	---

### Temeljna literatura in viri/Readings:

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Karel J. Keesman, System Identification, An Introduction, Springer, 2013.</li> <li>2. Rolf Isermann, Marco Münchhof, Identification of Dynamic Systems, An Introduction with Applications Springer, 2011.</li> <li>3. Drago Matko, Identifikacije, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, 1998.</li> <li>4. Sašo Blažič, Drago Matko, Identifikacija, skripta, 2013.</li> <li>5. Sašo Blažič, Identifikacije, Zbirka rešenih nalog, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, 2007.</li> <li>6. Lennart Ljung, System identification, Prentice Hall, 1999.</li> </ol>
--

### Cilji in kompetence:

<ul style="list-style-type: none"> <li>• prikazati področje identifikacije sistemov, predvsem dinamičnih,</li> <li>• izpostaviti problem pristranskosti metod identifikacije v primeru neupoštevanja zunanjih pogojev in/ali neustreznega izbora parametrov metode,</li> <li>• podati metodo najmanjših kvadratov in prikazati njeno uporabnost na različnih področjih,</li> <li>• prikazati uporabnost metod za ocenjevanje parametrov dinamičnih sistemov,</li> <li>• podati metode identifikacije neparometričnih modelov,</li> <li>• prikazati probleme identifikacije nestabilnih sistemov in probleme identifikabilnosti v zaprti zanki,</li> <li>• seznaniti slušatelje s praktičnimi problemi identifikacije.</li> </ul>	<h3>Objectives and competences:</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>• To present the area of system identification, especially in relation to dynamical systems.</li> <li>• To expose the problem of biased identification results in case of ignoring external conditions and/or inappropriate choice of parameters.</li> <li>• To present the least squares method and show its applicability in different areas.</li> <li>• To show the applicability of parameter estimation methods for dynamical systems.</li> <li>• To present the methods of non-parametric model identification.</li> <li>• To expose the problems of identification of unstable systems and the problems of identifiability in a closed loop.</li> <li>• To introduce the practical problems of identification.</li> </ul>
--	--

<b>Predvideni študijski rezultati:</b>	<b>Intended learning outcomes:</b>
<p>Po uspešno opravljenem modulu naj bi bili študenti zmožni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• klasificirati parametrične in neparametrične metode za identifikacijo dinamičnih sistemov,</li> <li>• uporabiti metodo najmanjših kvadratov za reševanje predoločenih sistemov enačb,</li> <li>• oceniti strukturo modela dinamičnega procesa,</li> <li>• uporabiti ustrezno identifikacijsko metodo za modeliranje dinamičnega sistema,</li> <li>• vrednotiti identificirani matematični model,</li> <li>• razumeti vpliv motenj v procesu identifikacije.</li> </ul>	<p>After successful completion of the course, students should be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• classify parametric and non-parametric methods for identification of dynamical systems,</li> <li>• use the least squares estimation method for solving an overdetermined system of equations,</li> <li>• determine the model structure of a dynamic process,</li> <li>• use an appropriate identification method for modelling a dynamical system,</li> <li>• validate the identified mathematical model,</li> <li>• understand the influence of disturbances in the process of identification.</li> </ul>

<b>Metode poučevanja in učenja:</b>	<b>Learning and teaching methods:</b>
<p>Predavanja in laboratorijske vaje. Del pedagoškega procesa bo izveden s pomočjo IKT tehnologij in možnosti, ki jih ponujajo.</p>	<p>Lectures and laboratory work. Part of the pedagogical process will be carried out with the help of ICT technologies and the opportunities they offer.</p>

<b>Načini ocenjevanja:</b>	<b>Delež/Weight</b>	<b>Assessment:</b>
<p>Način: laboratorijske vaje, seminar, ustni izpit. Ocena 5 je negativna ocena, ocene od vključno 6 do 10 so pozitivne. Pozitivna ocena laboratorijskih vaj je pogoj za pristop k izpitu. Prispevki k oceni: ocena laboratorijskih vaj seminar ustno izpraševanje</p>		<p>Type: laboratory exercises, seminar, oral exam. Negative grade is 5, positive grades: from 6 to 10. Positive evaluation of laboratory exercises is a prerequisite for the exam. Contributions to final grade: laboratory work assessment seminar oral examination</p>
ocena laboratorijskih vaj	25,00 %	laboratory work assessment
seminar	40,00 %	seminar
ustno izpraševanje	35,00 %	oral examination

<b>Ocenjevalna lestvica:</b>	<b>Grading system:</b>
5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna ocena od 6 - 10	5 - 10, a student passes the exam if he is graded from 6 to 10

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

BLAŽIČ, Sašo, MATKO, Drago, Identifikacija, skripta, 2013.

BLAŽIČ, Sašo, ŠKRJANC, Igor. Incremental fuzzy c-regression clustering from streaming data for local-model-network identification. IEEE transactions on fuzzy systems. [Print ed.]. Apr. 2020, vol. 28, no. 4, str. 758-767

BLAŽIČ, Sašo, ANGELOV, Plamen, ŠKRJANC, Igor. Comparison of approaches for identification of all-data cloud-based evolving systems. V: COLNARIČ, Matjaž (ur.). CESCIT 2015 : proceedings. 2nd IFAC Conference on embedded systems, computational intelligence and telematics, Maribor, Slovenija, 22-24 June 2015. [S. l.]: Elsevier, cop. 2015. Str. 129-134.

BLAŽIČ, Sašo, DOVŽAN, Dejan, ŠKRJANC, Igor. Cloud-based identification of an evolving system with supervisory mechanisms. V: The 2014 IEEE Control Systems Society Multiconference on Systems and Control : Nice/Antibes, France, October 8-10, 2014. Piscataway: IEEE, cop. 2014, str. 1906-1911.

BLAŽIČ, Sašo, ŠKRJANC, Igor, GERKŠIČ, Samo, DOLANC, Gregor, STRMČNIK, Stanko, HADJISKI, Mincho B., STATHAKI, Anna. Online fuzzy identification for an intelligent controller based on a simple platform. Eng. appl. artif. intell., Jun. 2009, vol. 22, no. 4/5, str. 628-638.

ŠKRJANC, Igor, BLAŽIČ, Sašo, AGAMENNONI, Osvaldo. Identification of dynamical systems with a robust interval fuzzy model. Automatica, 2005, vol. 41, str. 327-332.

BLAŽIČ, Sašo. Nekatere težave pri identifikaciji vzorčenih sistemov in pretvorbi identificiranih modelov v zvezni prostor. Elektrotehniški vestnik., 2006, letn. 73, št. 4, str. 195-200.

# MODUL A: INTELIGENTNI SISTEMI ZA PODORO ODLOČANJU

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Modul A: Inteligentni sistemi za podoro odločanju
<b>Course title:</b>	Module A: Intelligent systems in decision support
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FE

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Elektrotehnika, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik	2. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0079473
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	64258

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45		30			75	6

Nosilec predmeta/Lecturer:	Igor Škrjanc
----------------------------	--------------

Izvajalci predavanj:	Igor Škrjanc
Izvajalci seminarjev:	
Izvajalci vaj:	
Izvajalci kliničnih vaj:	
Izvajalci drugih oblik:	
Izvajalci praktičnega usposabljanja:	

Vrsta predmeta/Course type:	Izbirni-strokovni /Elective professional
-----------------------------	--

Jeziki/Languages:	Predavanja/Lectures:	Slovenščina
	Vaje/Tutorial:	Slovenščina

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

- Vpis v letnik.
- Osnovno znanje uporabne matematike (vektorji in matrike, lastni vektorji in lastne vrednosti, linearna algebra).
- Osnovna znanja teorije vodenja.

### Prerequisites:

- Enrolment in the year of the course.
- Basic knowledge of applied mathematics (vectors and matrices, eigenvectors and eigenvalues, some linear algebra).
- Basics of control theory.

### Vsebina:

- Uvod v inteligentne sisteme. Prikaz inteligentnih sistemov v raziskovanju podatkov, modeliranju, razvrščanju v biomedicini, razpoznavanju, vodenju in detekciji napak.

### Content (Syllabus outline):

- Introduction to intelligent systems. Intelligent systems in data-mining, classification and fault detection.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Osnovne metode nelinearne lokalne optimizacije, s poudarkom na metodah, ki so uporabne v učenju v inteligentnih sistemih in metode nelinearne globalne optimizacije.</li> <li>• Metode nelinearne globalne optimizacije s primeri: metoda ohlajanja, evolucijskih algoritmov, genetskih algoritmov, metoda delcev, metoda drevesnega iskanja.</li> <li>• Nenadzorovane metode učenja. Metoda glavnih komponent. Uporaba metode glavnih komponent pri identifikaciji, filtriranju, vodenju in detekciji napak.</li> <li>• Metode rojenja. Metode mehkega rojenja: metoda mehkih c-povprečij, metod Gustafson-Kessel, metoda možnih c-povprečij, metoda regresijskega rojenja.</li> <li>• Optimizacija kompleksnosti modelov. Verifikacija in validacija modelov. Eksplicitna in implicitna optimizacija strukture modela.</li> <li>• Statični modeli. Formulacija na osnovi baznih funkcij. Polinomski modeli.</li> <li>• Nevronske mreže. Večplastni perceptron. Gaussove nevrnske mreže in aproksimacija funkcij.</li> <li>• Mehki in nevro-mehki modeli. Mehka logika. Tipi mehkih sistemov. Učenje nevro-mehkih sistemov. Ocenjevanje izhodnih parametrov mehkih modelov. Globalna in lokalna estimacija. Različni tipi mehkih regulatorjev.</li> <li>• Nelinearni dinamični sistemi. Klasični polinomski modeli v nelinearnem modeliranju. Dinamični mehki in nevronski modeli.</li> <li>• Intervalni mehki modeli in družine funkcij.</li> <li>• Nadzorovano hierarhično rojenje pri načrtovanju eksperimentov.</li> <li>• Vodenje nelinearnih dinamičnih sistemov. Vodenje z razvrščanjem ojačenj.</li> <li>• Vodenje z nelinearnim internim modelom. Vodenje z regulatorjem dveh prostostnih stopenj.</li> <li>• Nelinearno prediktivno vodenje na osnovi modela. Prediktivno funkcijsko vodenje (PFC) in njegova uporaba na mehkih modelih.</li> <li>• Prediktivno vodenje na osnovi dinamične matrike (DMC). Prediktivno vodenje na osnovi odziva na stopnico. Prediktivno vodenje na osnovi modela v prostoru stanj.</li> <li>• Prediktivno vodenje na osnovi nelinearnega modela in optimizacija.</li> <li>• Adaptivno vodenje in prilagajanje modela. Robustna modifikacija adaptivnih pravil. Modelno-referenčni adaptivni sistemi. Mehki modelno-referenčni adaptivni sistemi.</li> <li>• Odkrivanje in diagnosticiranje napak na osnovi inteligentnih sistemov.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic methods of local nonlinear optimization used in intelligent systems and global nonlinear optimization methods for model identification.</li> <li>• Methods of global nonlinear optimization: simulated annealing, evolutionary algorithms, particle swarm optimization, genetic algorithms, branch and bound algorithms.</li> <li>• Unsupervised learning methods. Principle component analysis. PCA in identification, data filtering, control and fault detection.</li> <li>• Data clustering. Methods of clustering: fuzzy c-means, Gustafson-Kessel fuzzy c-means, possibilistic c-means clustering, method of regression clustering.</li> <li>• Optimization of complex models. Verification and validation of models. Explicit and implicit optimization of model structure.</li> <li>• Static models. Model based on basis function formulation. Polynomial models.</li> <li>• Neural networks. Multilayer perceptron network. Radial basis function networks in function approximation.</li> <li>• Fuzzy and neuro-fuzzy models. Fuzzy logic. Types of fuzzy models. Estimation of fuzzy model parameter. Global and local estimation. Different structures of fuzzy controllers.</li> <li>• Nonlinear dynamical systems. Classical polynomial models in nonlinear modelling. Identification of dynamical fuzzy and neuro-fuzzy models.</li> <li>• Interval fuzzy model and families of functions.</li> <li>• Supervised hierarchical clustering in experiment design.</li> <li>• Control of nonlinear dynamical systems. Gain scheduling control algorithm.</li> <li>• Internal nonlinear model control algorithm. 2DOF control algorithm.</li> <li>• Nonlinear model based control. Predictive functional control (PFC) and fuzzy model based predictive functional control.</li> <li>• Predictive control based on dynamical matrix (DMC). Predictive control based on step response. Predictive control based on state-space model.</li> <li>• Predictive control based on nonlinear model and optimization.</li> <li>• Adaptive control and online adaptation. Robust adaptive laws. Model-reference adaptive systems. Fuzzy model-reference adaptive systems.</li> <li>• Monitoring, fault detection and isolation based on intelligent systems.</li> </ul>
--	--

### Temeljna literatura in viri/Readings:

I. Škrjanc: Inteligentni sistemi pri raziskovanju podatkov in odločanju, skripta, 2016.

**Cilji in kompetence:**

Seznani študenta z osnovnimi matematičnimi in računalniškimi načeli izgradnje inteligentnih sistemov za pomoč pri odločanju v sodobnih sistemih.

**Objectives and competences:**

To provide students with an understanding of the basic mathematical and computational principles of constructing artificial perception systems, which are an essential part of intelligent systems in automation and control.

**Predvideni študijski rezultati:**

Znanje in razumevanje:

Po zaključku tega predmeta bo študent zmožen izkazati znanje in razumevanje:

- gradnje inteligentnih sistemov za podporo odločanju in vodenje,
- identifikacije statičnih in dinamičnih modelov z metodami umetne inteligence,
- gradnja naprednih sistemov vodenja na osnovi inteligentnih sistemov.

Uporaba znanja:

Pridobljeno znanje bo študent lahko uporabil pri gradnji modelov za spremljanje, nadzor, napovedovanje, analizo, vodenje in detekcijo in diagnostiko napak. Študent bo zmožen kritično ovrednotiti skladnost med pridobljenim znanjem ter uporabo konceptov v praktičnih primerih.

Prenosljive spretnosti:

Študent si bo pridobil spretnosti:

- uporabe literature ter drugih virov s področja inteligentnih sistemov pri raziskovanju podatkov.
- uporaba računalniških razvojnih orodij in okolij za programiranje (pisanje programov programskem okolju Matlab),
- reševanja problemov: analiza problema, načrtovanje algoritma, implementacija programa in testiranje programa.

**Intended learning outcomes:**

Knowledge and understanding:

After completing this course the student will be able to demonstrate a knowledge and understanding of the:

- construction of intelligent systems for decision support and control,
- identification of static and dynamic models based on intelligent methods,
- construction of advanced control systems based on intelligent systems.

The use of knowledge:

The student will be able to use the acquired knowledge to construct technical systems for monitoring, forecasting, analysis, control and fault detection. The student will be able to critically evaluate the consistency between the acquired knowledge and the application in practice.

Transferable skills:

- the use of literature and other resources in the fields of pattern recognition, machine learning and artificial intelligence;
- the use of development tools and environments for computer programming (writing computer or using the Matlab development environment), problem solving: problem analysis, algorithm design, implementation and testing of a program.

**Metode poučevanja in učenja:**

- predavanja,
- laboratorijske vaje in projekti,
- reševanje domačih nalog.

**Learning and teaching methods:**

- lectures,
- laboratory exercises and projects,
- coursework.

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

Način: domače naloge, laboratorijske vaje, ustni izpit. Ocena 5 je negativna, ocene od vključno 6 do 10 so pozitivne. Pozitivna ocena laboratorijskih vaj je pogoj za pristop k izpitu. • domače naloge, • laboratorijske vaje in projekt, • pisni izpit, • ustni izpit.		Type: coursework, laboratory exercises, oral exam. Negative grade: 5, positive grades: from 6 to 10. Positive evaluation of laboratory exercises is a prerequisite for the exam • coursework, • laboratory exercises and project, • written exam, • oral examination.
domače naloge	10,00 %	coursework
laboratorijske vaje in projekt	50,00 %	laboratory exercises and project
pisni izpit	0,00 %	written exam
ustni izpit	40,00 %	oral examination

Ocenjevalna lestvica:

Grading system:

--	--

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

Izvirni znanstveni članek / Original scientific article

1. ŠKRJANC, Igor. Evolving fuzzy-model-based design of experiments with supervised hierarchical clustering. *IEEE transactions on fuzzy systems*, ISSN 1063-6706. [Print ed.], 2014, vol. , no. , str. 1-12.
2. ŠKRJANC, Igor. Fuzzy confidence interval for pH titration curve. *Applied mathematical modelling*, ISSN 0307-904X. [Print ed.], Aug. 2011, vol. 35, no. 8, str. 4083-4090.
3. HARTMANN, Benjamin, BÄNFER, Oliver, NELLES, Oliver, SODJA, Anton, TESLIĆ, Luka, ŠKRJANC, Igor. Supervised hierarchical clustering in fuzzy model identification. *IEEE transactions on fuzzy systems*, ISSN 1063-6706. [Print ed.], Dec. 2011, vol. 19, no. 6, str. 1163-1176.
4. BELIĆ, Aleš, ŠKRJANC, Igor, ZUPANČIČ-BOŽIČ, Damjana, VREČER, Franc. Tableting process optimisation with the application of fuzzy models. *International journal of pharmaceutics*, ISSN 0378-5173. [Print ed.], Apr. 2010, vol. 389, no. 1/2, str. 86-93.
5. ŠKRJANC, Igor. Confidence interval of fuzzy models : an example using a waste-water treatment plant. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, ISSN 0169-7439. [Print ed.], Apr. 2009, vol. 96, no. 2, str. 182-187.

## MODUL C: BIOMEHANIKA

### UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Modul C: Biomehanika
<b>Course title:</b>	Module C: Biomechanics
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FE

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Elektrotehnika, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik	2. semester	izbirni

<b>Univerzitetna koda predmeta/University course code:</b>	0079478
<b>Koda učne enote na članici/UL Member course code:</b>	64263

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45		30			75	6

<b>Nosilec predmeta/Lecturer:</b>	Roman Kamnik
-----------------------------------	--------------

<b>Vrsta predmeta/Course type:</b>	Izbirni-strokovni /elective professional
------------------------------------	--

<b>Jeziki/Languages:</b>	Predavanja/Lectures:	Angleščina
	Vaje/Tutorial:	Angleščina

<b>Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:</b>	<b>Prerequisites:</b>
Vpis v letnik predmeta.	Enrolment in the year of the course

#### Vsebina:

Uvod v biomehaniko (razvoj skozi zgodovino, aktualna področja, znanstveni pristop k biomehanskim študijam) in osnovni pojmi; Mišično-skeletni gibalni sistem pri človeku (model mišice kot aktuatorja, mehanika sklepov); Obravnava togih in deformabilnih teles v mirovanju (osnove statične analize, težišče, ravnotežje, notranje obremenitve, deformacije); Obravnava biomehanskega sistema človeka v gibanju (opis kinematičnih in kinetičnih parametrov, mehanika sklepov, merjenje gibanja in določitev obremenitev v sklepih, energijske razmere, ocenjevanje funkcionalnih sposobnosti, zakonitosti gibanja pri dinamičnih manevrih hoje, teka, vstajanja in veslanja); Gibalna vadba z inteligentnimi napravami s sprotno biomehansko analizo in posredovanjem povratne informacije.

#### Content (Syllabus outline):

Introduction to Biomechanics (development of biomechanics through history, areas of biomechanics, approach to the research) and fundamental terminology; Musculoskeletal motion system in human (human muscle as actuator, joint mechanics); Analysis of rigid and deformable bodies in static conditions (static analysis, center of mass, analysis of elastic materials, deformations, strength of materials); Analysis of human motion (kinematic and kinetic parameters, joint mechanics, motion assessment, joint loadings assessment, energy conditions, assessment of functional capabilities, motion laws in dynamic manoeuvres of walking, running, standing-up and rowing); Motion exercise by intelligent devices incorporating on-line biomechanical analysis and presentation of feedback information.

### Temeljna literatura in viri/Readings:

1. J. D. Humphrey, S.L. Delange, An Introduction to Biomechanics, Solids and Fluids, Analysis and Design, Springer Verlag, New York, 2004.
2. G.J. Alderink, B.M. Ashby, Clinical Kinesiology and Biomechanics, Springer Nature, 2023..
3. D. A. Winter, Biomechanics and Motor Control of Human Movement, John Wiley & Sons, New Jersey, 2009.
4. D. Knudson, Fundamentals of Biomechanics, Springer, New York, 2021.
5. M. Nordin, V. H. Frankel, Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System, Wolters Kluwer Health, 2012.

### Cilji in kompetence:

Cilj predmeta Biomehanika je študentu podati znanje tehniške mehanike, ki je uporabno pri študiju gibanja živih sistemov. Predmet vključuje področja, ki obravnavajo gibanje in mirovanje togih in deformabilnih teles. Študent spozna principe uporabe Newtonove mehanike in senzornih sistemov pri analizi gibanja človeka. Predmet daje teoretične osnove za interdisciplinarno delo na področju ocenjevanja ter rehabilitacijske ali športne vadbe gibalnega sistema človeka. Hkrati je z vidikov prenosa rešitev narave v tehniko pridobljeno znanje podlaga za razvoj robotskih sistemov, umetnih organov, biomaterialov, rehabilitacijskih pripomočkov, simulacijskih modelov in inteligentnih naprav za vadbo v rehabilitaciji in športu.

### Objectives and competences:

The objective of the course on Biomechanics is to familiarize students with fundamental laws of mechanics and to present how these can be applied to understanding and analyzing of the living systems. The foundations of biomechanics that are developed in this course include the mechanics of materials and structures of rigid and deformable bodies. The course gives the basic knowledge for interdisciplinary work in the fields of human motion assessment and exercise in rehabilitation and sport. From the perspectives of solutions transfer from nature the knowledge is fundamental in development of robotic systems, artificial organs, biomaterials, rehabilitation products, simulation models, and intelligent devices for exercise in rehabilitation and sport.

### Predvideni študijski rezultati:

Po uspešno opravljenem modulu naj bi bili študenti zmožni:

- razviti matematični model gibanja deformabilnih in nedeformabilnih materialnih teles,
- opisati biomehanske pogonske mehanizme,
- uporabiti senzorne sisteme za merjenje parametrov gibanja in obremenitev človeškega telesa, ki so v uporabi v kliničnem ali športnem okolju,
- analizirati gibanje človeka in učinke na njegovo telo,
- izračunati obremenitve v sklepih večsegmentnega sistema med gibanjem,
- razložiti mehanizme večnožne lokomocije in vzdrževanja ravnotežja.

### Intended learning outcomes:

After successful completion of the course, students should be able to:

- develop a mathematical model for the movement of deformable and nondeformable material bodies,
- describe biomechanical propulsion mechanisms,
- use sensory systems for assessment of the movement parameters and human body loadings that are used in a clinical or sports environment,
- analyze the motion of a person and the effects on his body,
- calculate the loadings in the joints of the multisegment system during movement,
- explain the mechanisms of multileg locomotion and maintaining the body balance.

### Metode poučevanja in učenja:

Na predavanjih so predstavljene teoretične osnove obravnavanih poglavij skupaj s prikazom rešitev enostavnih praktičnih primerov. Študentom je na voljo študijski material s podrobno vsebino. Praktično delo poteka v okviru laboratorijskih vaj. Te so zasnovane projektno v več delih, v katerih se študentje postopoma seznanjajo s problemom in instrumentacijo. Projektno skupino sestavljata dva ali trije študentje, ki opravijo biomehansko analizo gibalnega manevra pri športni vadbi, npr. skoka, kolesarjenja, veslanja ali teka. Ob

### Learning and teaching methods:

The lectures provide a theoretical background on particular subjects together with presentation of simple practical examples. A complete study material is available to the students. Practical work is being performed in the laboratory environment, and is accomplished in steps acquainting students with the problem and instrumentation. Project group is consisted of two or three students who accomplish the biomechanical analysis of motion maneuver, e.g. jumping, cycling, rowing or running. At the end of semester, students

koncu semestra študentje poročajo o končnih rezultatih s primerjavo izsledkov iz literature.	report on their results together with comparison to the results from the literature.
--	--

<b>Načini ocenjevanja:</b>	<b>Delež/Weight</b>	<b>Assessment:</b>
Način: laboratorijske vaje, pisni izpit, ustni izpit. Ocena 5 je negativna ocena, ocene od vključno 6 do 10 so pozitivne. Pozitivna ocena laboratorijskih vaj je pogoj za pristop k izpitu. Prispevki k oceni: laboratorijske vaje pisni izpit ustni izpit		Type: laboratory exercises, written exam, oral exam. Negative grade is 5, positive grades: from 6 to 10. Positive evaluation of laboratory exercises is a prerequisite for the exam. Contributions to final grade: laboratory exercises written exam oral examination
laboratorijske vaje	40,00 %	laboratory exercises
pisni izpit	35,00 %	written exam
ustni izpit	25,00 %	oral examination

#### **Reference nosilca/Lecturer's references:**

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. AMBROŽIČ, Luka, GORŠIČ, Maja, GEEROMS, Joost, FLYNN, Louis, LOVA, Molino, KAMNIK, Roman, MUNIH, Marko, VITIELLO, Nicola. Cyberlegs : a user-oriented robotic transfemoral prosthesis with whole-body awareness control. <i>IEEE robotics &amp; automation magazine</i>, Dec. 2014, vol. 21, no. 4, str. 82-93. ŠLAJPAH, Sebastjan, KAMNIK, Roman, MUNIH, Marko. Compensation for Magnetic Disturbances in Motion Estimation to Provide Feedback to Wearable Robotic Systems, <i>IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering</i>, vol. 25, no. 12, pp. 2398-2406, 2017.</li> <li>2. VEZOČNIK, Melanija, KAMNIK, Roman, JURIC, Matjaž B. Inertial sensor-based step length estimation model by means of principal component analysis. <i>Sensors</i>, vol. 21, no. 10, str. 1-22, 2021. .</li> <li>3. MANDELJC, Ana, RAJHARD, Aleksander, MUNIH, Marko, KAMNIK, Roman. Robotic device for out-of-clinic post-stroke hand rehabilitation. <i>Applied sciences</i>. no. 3, 1092, str. 1-18, 2022. .</li> <li>4. BACHER, Emmanuel, CARTIEL, Sergio, GARCÍA-PUEYO, Jorge, STOPAR, Julija, ZORE, Aleš, KAMNIK, Roman, AULIKA, Ilze, OGURCOVS, Andrejs, GRUBE, Jurgis, BUNDULIS, Arturs, BUTIKOVA, Jelena, KEMERE, Meldra, MUÑOZ, Adolfo, LAURENZIS, Martin. OptoSkin: novel LIDAR touch sensors for detection of touch and pressure within wave guides. <i>IEEE sensors journal</i>. vol. 24, iss. 20, str. 33268-33280, 2024. .</li> </ol>
---

# MODUL C: ROBOTI V STIKU S ČLOVEKOM

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Modul C: Roboti v stiku s človekom
<b>Course title:</b>	Module C: Robot-Human Interaction
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FE

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Elektrotehnika, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik	2. semester	izbirni

<b>Univerzitetna koda predmeta/University course code:</b>	0079477
<b>Koda učne enote na članici/UL Member course code:</b>	64262

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
30		45			75	6

<b>Nosilec predmeta/Lecturer:</b>	Aleš Ude, Matjaž Mihelj
-----------------------------------	-------------------------

<b>Izvajalci predavanj:</b>	Matjaž Mihelj, Aleš Ude
<b>Izvajalci seminarjev:</b>	
<b>Izvajalci vaj:</b>	
<b>Izvajalci kliničnih vaj:</b>	
<b>Izvajalci drugih oblik:</b>	
<b>Izvajalci praktičnega usposabljanja:</b>	

<b>Vrsta predmeta/Course type:</b>	Izbirni-strokovni /elective professional
------------------------------------	--

<b>Jeziki/Languages:</b>	Predavanja/Lectures:	Angleščina
	Vaje/Tutorial:	Angleščina

<b>Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:</b>	<b>Prerequisites:</b>
Vpis v letnik predmeta	Enrolment in the year of the course

<b>Vsebina:</b>	<b>Content (Syllabus outline):</b>
Predmet obravnava pomembne vidike interakcije med roboti in človekom. Uvede osnove kinematike, dinamike in vodenja robotov, sledi pa preučitev problemov in načinov interakcije robota s človekom, s poudarkom na varnosti interakcije. V sklopu haptičnih robotov in teleoperacijskih sistemov obravnavamo kinematiko, dinamiko, zaznavanje dotika, modeliranje reakcijske sile, vodenje in navidezne omejitve. Analiziramo podajne in	This course deals with important aspects of robot-human interaction. It introduces the basics of robot kinematics, dynamics and control, followed by an examination of the problems and methods of robot-human interaction, with an emphasis on the safety of the interaction. Kinematics, dynamics, touch sensing, reaction force modelling, control and virtual constraints are discussed in the context of haptic robots and teleoperation systems. We analyse

<p>sodelujoče robote ter robotske sisteme s spremenljivo impedanco. V kontekstu medicinske robotike predmet obravnava kirurško robotiko in robotsko podprto diagnostiko. Rehabilitacijska robotika se osredotoča na motorično rehabilitacijo spodnjih in zgornjih okončin, asistenčne robotske tehnologije pa na eksoskelete, robotske proteze in ortoze. Analiziramo učenje robotov s posnemanjem človeških gibov, sodelovanje med človekom in robotom ter sociološki vidik interakcije.</p>	<p>compliant and collaborative robots and robotic systems with variable impedance actuators. In the context of medical robotics, the course deals with surgical robotics and robot-assisted diagnostics. Rehabilitation robotics focuses on motor rehabilitation of the lower and upper limbs, and assistive robotic technologies on exoskeletons, robotic prostheses and orthoses. We analyse how robots learn from human demonstrations, human-robot interaction and the sociological aspect of interaction.</p>
---	--

### Temeljna literatura in viri/Readings:

<p>MIHELJ, Matjaž, PODOBNIK, Janez. Haptics for virtual reality and teleoperation, Springer, 2012.  SICILIANO, Bruno, KHATIB, Oussama, Handbook of Robotics, Springer, 2008.  DIETZ, Volker, NEF, Tobias, RYMER, W. Zev, Neurorehabilitation Technology, Springer, 2012  BURDET, Etienne, FRANKLIN, W. David., MILNER, E. Theodore, Human Robotics: Neuromechanics and Motor Control, The MIT Press, 2013  SICILIANO, Bruno, SCIAVICCO, Lorenzo, VILLANI, Luigi, ORIOLO, Giuseppe.: Robotics - Modelling, Planning and Control, Springer 2009.</p>
--

### Cilji in kompetence:

<p>Obravnavati večmodalno interakcijo med človekom in robotom z namenom izboljšave človekovih sposobnosti, pomagati prizadetim osebam, izboljšave učinkovitosti in varnosti ter nadomeščanja človekovih okončin:  Analiza robotskih sistemov, ki so namenjeni za interakcijo s človekom ali z živo materijo nasploh. Roboti v interakciji s človekom lahko delujejo na različnih nivojih. Človeku omogočajo natančnejše, enostavnejše in varnejše izvajanja nalog (kirurška in diagnostična robotika), s haptičnimi roboti moremo simulirati interakcije, ki zahtevajo fizični dotik človeka z okoljem, roboti lahko delujejo kot ojačevalniki človekove sile (eksoskeletni roboti), nadomeščajo amputirane dele telesa (robotske proteze), znotraj človeškega telesa pa omogočajo natančno diagnostiko in doziranje zdravilnih učinkovin.</p>	<p><b>Objectives and competences:</b>  To study multimodal interactions between a human and a robot for the purpose of augmenting human capabilities, assisting disabled persons, increasing human performance and safety, replacing human limbs:  Analysis of robotic systems, which are designed to interact with humans or with organic matter in general. The robots interacting with humans can operate at different levels. They enable the operator more accurate, easier and safer performance of tasks (surgical and diagnostic robotics), haptic robots can simulate interactions that require physical contact between the human and environment, robots can act as amplifiers of human force (exoskeletons), can replace amputated body parts (robotic prostheses), within the human body they enable precise diagnostics and delivery of medical substances.</p>
--	---

### Predvideni študijski rezultati:

<p>Po uspešno opravljenem modulu naj bi bili študenti zmožni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• obravnavati fizično, kognitivno in socialno interakcijo med človekom in robotom,</li> <li>• načrtati mehanizme in vodenje robotskih manipulatorjev za stik s človekom,</li> <li>• določiti varnostne zahteve za interakcijo robota s človekom,</li> <li>• sintetizirati vodenje robota s posnemanjem gibanja človeka,</li> <li>• zasnovati robota za socialno interakcijo s človekom,</li> <li>• uporabiti robota v medicinskih, rehabilitacijskih, raziskovalnih in industrijskih aplikacijah.</li> </ul>	<p><b>Intended learning outcomes:</b>  After successful completion of the course, students should be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• address physical, cognitive and social interactions between human and robot,</li> <li>• design mechanisms and control of robot manipulators for contact with human,</li> <li>• determine security requirements for humanrobot interaction,</li> <li>• synthesize robot control based on human demonstration (teaching by demonstration),</li> <li>• design a robot for social interaction with a person,</li> <li>• use a robot in medical, rehabilitation, research, and industrial applications.</li> </ul>
---	--

**Metode poučevanja in učenja:**

Predavanja, laboratorijsko delo v manjših skupinah, reševanje kompleksnejše nalog vodenja robota, kombinacija skupnega in individualnega dela. Praktične vaje potekajo na večjem številu sodobnih haptičnih robotov, dodatno opremljenih s senzorijskih sil. Pri predmetu je posebna pozornost posvečena varnosti pri delu z roboti.

**Learning and teaching methods:**

Lectures, laboratory work in small groups, complex robot control problem solving, combination of individual and team work. Practical exercises take place on a number of modern robots for human-robot interaction equipped with additional force sensors. In this course, special attention is paid to safety.

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

Način: laboratorijske vaje, pisni in/ali ustni izpit. Ocena 5 je negativna ocena, ocene od vključno 6 do 10 so pozitivne. Pozitivna ocena laboratorijskih vaj je pogoj za pristop k izpitu. Praktične vaje se izvajajo v obliki projektnih nalog povezanih s tematiko predmeta (medicinska, rehabilitacijska industrijska robotika, ki temelji na stiku s človekom). Zahtevana je obvezna prisotnost pri praktičnih vajah. Študent lahko opravičeno izostane največ od ene vaje. Ustrezno opravljene obveznosti pri laboratorijskih vajah so potrebne za pristop k izpitu. Ustna javna predstavitev projektov pred komisijo asistentov in profesorjev. Pisni izpit ali ustno preverjanje znanja pred komisijo prof. Matjaž Mihelj in doc. Aleš Ude  
Prispevki k oceni: - laboratorijske vaje - pisni in/ali ustni izpit

Type: laboratory exercises, written and/or oral exam. Negative grade is 5, positive grades: from 6 to 10. Positive evaluation of laboratory exercises is a prerequisite for the exam. Practical exercises are carried out in the form of semester project related to the topics of the course (medical, rehabilitation, industrial robotics, based on contact with humans). Mandatory presence at practical courses. Student can justifiably miss maximally one practical course time slot. Adequately completed obligations in the laboratory are required for the exam. Oral presentation of projects in front of the committee consisting of teaching assistants and professors. Written exam or oral examination in front of the exam committee: Prof. Matjaž Mihelj and Assoc. Prof. Aleš Ude  
Contributions to final grade: - laboratory exercises - written and/or oral examination

laboratorijske vaje

50,00 %

laboratory exercises

pisni in/ali ustni izpit

50,00 %

written and/or oral examination

**Ocenjevalna lestvica:**

5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna ocena od 6 - 10

**Grading system:**

5 - 10, a student passes the exam if he is graded from 6 to 10

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

1. MIHELJ, Matjaž, PODOBNIK, Janez. Haptics for virtual reality and teleoperation, Springer, 2012.
2. PODOBNIK, Janez, REJC, Jure, ŠLAJPAH, Sebastjan, MUNIH, Marko, MIHELJ, Matjaž. All-terrain wheelchair : increasing personal mobility with a powered wheel-track hybrid wheelchair. IEEE robotics & automation magazine, ISSN 1070-9932, Dec. 2017, vol. 24, no. 4, str. 26-36.
3. BAUMKIRCHER, Aljaž, MUNIH, Marko, MIHELJ, Matjaž. Performance analysis of learning from demonstration approaches during a fine movement generation. IEEE transactions on human-machine systems. Dec. 2021, vol. 51, no. 6, str. 653-662.
4. BAUMKIRCHER, Aljaž, SEME, Katja, MUNIH, Marko, MIHELJ, Matjaž. Collaborative robot precision task in medical microbiology laboratory. Sensors. 2022, vol. 22, no. 8, str. 1-10.
5. PETRIČ, Tadej, GAMS, Andrej, COLASANTO, L., IJSPEERT, J. Auke, UDE, Aleš. Accelerated sensorimotor learning of compliant movement primitives, IEEE Transactions on Robotics, 2018, vol. 34, no. 6, str. 1636-1642.

# MODUL E: ALTERNATIVNI VIRI ELEKTRIČNE ENERGIJE IN ENERGETSKI TRGI

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Modul E: Alternativni viri električne energije in energetski trgi
<b>Course title:</b>	Module E: Alternative sources of electrical energy and energy markets
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FE

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Elektrotehnika, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik	2. semester	izbirni

<b>Univerzitetna koda predmeta/University course code:</b>	0079481
<b>Koda učne enote na članici/UL Member course code:</b>	64266

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45		30			75	6

**Nosilec predmeta/Lecturer:** Marko Čepin, Miloš Pantoš

**Izvajalci predavanj:** Marko Čepin, Miloš Pantoš  
**Izvajalci seminarjev:**  
**Izvajalci vaj:**  
**Izvajalci kliničnih vaj:**  
**Izvajalci drugih oblik:**  
**Izvajalci praktičnega usposabljanja:**

**Vrsta predmeta/Course type:** Izbirni strokovni/elective professional

<b>Jeziki/Languages:</b>	Predavanja/Lectures:	Slovenščina
	Vaje/Tutorial:	Slovenščina

<b>Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:</b>	<b>Prerequisites:</b>
Vpis v letnik predmet.	Enrolment in the year of the course.

<b>Vsebina:</b> Tehnologija pretvorbe različnih oblik energije v električno energijo (energija vetra, geotermalna energija, energija iz odpadkov, energija iz biomase, vodikova tehnologija, gorivne celice, sončna energija), načini shranjevanja energije, primerjava s tehnologijami pretvorbe energije nekonvencionalnih virov v električno energijo, izkoristki pretvorbe	<b>Content (Syllabus outline):</b> Technology of transformation of various energy sources into electrical energy (wind energy, geothermal energy, energy from waste, energy from biomass, hydrogen technology, fuel cells, thermal solar energy, and solar energy from photovoltaics). Means of conservation of energy. Comparison of technology of alternative sources with technology of conventional sources.
---	---

<p>energije v električno energijo, vpliv tehnologij na varovanje okolja.</p> <p>Deregulacija elektrogospodarstva in prestrukturiranje podjetij, pravni okvir trga z energijo, organizacija in tipi trga, udeleženci trga, regulatorni okvir, borza, borzni instrumenti, vrsta trgov: sprotni, urni, srednje- in dolgoročni trg, trg odstopanj, trg sistemskih storitev, terminski posli, terminske pogodbe, opcije in finančni instrumenti, način poravnave finančnih instrumentov, tveganja na trgu, njihovo merjenje in obvladovanje, mehanizmi varovanja tveganj, tržna moč, strategije proizvajalcev, ponudbe proizvajalcev, načrtovanje in optimizacija obratovanja proizvodnih enot ponudnika, napoved cene električne energije, vozni redi in obračun odstopanj, strategije dobavitelja, optimizacija njegovega portfelja, pogoji za dobavo in odjem energije, sistem meritev in obračun energije, zamenjava dobavitelja, struktura cene.</p>	<p>Efficiency of transformations of energy. The effect of energy technologies considering the environment.</p> <p>Deregulation and unbundling of power sector, regulation, organization and market models, pool, spot market, derivatives market, market participants, power exchange, market derivatives, financial derivatives, forward, futures, options, ancillary services, balancing market, clearing, risk assessment and management, market power, trading strategies, offers, unit commitment, economic dispatch, planning, optimization, price forecasting, load forecasting, power supply, system security, metering, energy pricing, transmission service pricing, price structure.</p>
--	---

### Temeljna literatura in viri/Readings:

<p>M. Čepin, Costs optimisation of reliable self-sufficient electric energy supply at family house, Reliability engineering &amp; systems safety, 2023, Vol. 233, 109105</p> <p>E. F. Fuchs, M. A.S. Masoum, Power Conversion of Renewable Energy Systems, Springer, 2011</p> <p>B. Sorensen, Renewable Energy, Fourth Edition, Academic Press 2011</p> <p>F. A. Farret, Integration of Alternative Sources of Energy, Wiley-IEEE Press 2006</p> <p>D. Kirschen, G. Strbac G.: Power System Economics: Introduction, Wiley, 2000</p> <p>S. Stoft, Power System Economics: Designing Markets for Electricity, Wiley, 2002</p>
--

### Cilji in kompetence:

<p>Študenti se bodo seznanili s tehnologijami pridobivanja električne energije iz alternativnih virov in primerjavo s konvencionalnimi načini. Poudarek je na tehnologijah, načinu pretvorbe energij v električno energijo. Študentje bodo spoznali tehnične, ekonomske in okoljevarstvene vplive tehnologij pridobivanja električne energije iz alternativnih virov. Študenti se pri predmetu spoznajo z modeli trga, ki povezujejo električno in ostale vrste energije. Spozna mehanizme trga, vloge udeležencev na trgu ter strategije prodaje in nakupa energije. Posebej se seznanijo z obvladovanjem tveganj s pomočjo finančnih instrumentov.</p>	<p><b>Objectives and competences:</b></p> <p>Students will become familiar with the technologies of power generation from alternative sources. They will be able to compare the alternative with conventional sources.</p> <p>Students will learn the technical, economic and environmental impacts of technologies of electric energy generation from alternative sources.</p> <p>Students will gain basic knowledge in the field of market modelling, trading mechanisms, the role of market participants, trading strategies, risk assessment and management, the role of financial derivatives.</p>
--	---

### Predvideni študijski rezultati:

<p>Študent bo zmožen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>skicirati procese tehnologij pridobivanja električne energije iz obnovljivih virov v primerjavi s pridobivanjem iz konvencionalnih virov,</li> <li>izračunati količine električne energije pridobljene iz posameznega vira s poznavanjem izkoriščenosti in faktorjev, ki vplivajo na spremenljivost energentov,</li> <li>reševati probleme povezane z močjo in energijo vetra, sonca, biomase in geotermalnih virov,</li> <li>interpretirati trg z električno energijo,</li> </ul>	<p><b>Intended learning outcomes:</b></p> <p>Students will be capable to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>sketch the processes of technologies for production of electrical energy from alternative sources in comparison with technologies for production from conventional sources,</li> <li>calculate the quantities of electric energy gained from the selected source considering the load factor and other parameters, which cause the variability of power and energy,</li> <li>solve problems related to the wind, solar, biomass and geothermal power and energy,</li> <li>interpret the electric energy market,</li> </ul>
---	---

<ul style="list-style-type: none"> <li>• razločevati in kritično ovrednotiti mehanizme na trgu z električno energijo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• differentiate and evaluate the mechanisms on the electric energy market.</li> </ul>
--	--

<b>Metode poučevanja in učenja:</b> Predavanja in vaje za utrjevanje pridobljenega znanja. Del pedagoškega procesa bo izveden s pomočjo IKT tehnologij in možnosti, ki jih ponujajo.	<b>Learning and teaching methods:</b> Lectures and exercises. Part of the pedagogical process will be carried out with the help of ICT technologies and the opportunities they offer.
---	--

Načini ocenjevanja:	Delež/Weight	Assessment:
Način: laboratorijske vaje, pisni izpit, ustni izpit. Ocena 5 je negativna, ocene od vključno 6 do 10 so pozitivne. Pozitivna ocena vaj je pogoj za pristop k izpitu. Prispevki k oceni:		Type: laboratory exercises, written exam, oral exam. Negative grade 5, positive grades: from 6 to 10. Positive evaluation of laboratory exercises is a prerequisite for the exam. Contributions to final grade:
laboratorijske vaje	50,00 %	laboratory exercises
pisni izpit	25,00 %	written exam
ustni izpit	25,00 %	oral examination

<b>Ocenjevalna lestvica:</b> 5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna ocena od 6 - 10	<b>Grading system:</b> 5 - 10, a student passes the exam if he is graded from 6 to 10
--	--

<b>Reference nosilca/Lecturer's references:</b> ČEPIN, Marko. Assessment of power system reliability. London: Springer, 2011 ČEPIN, Marko. Costs optimisation of reliable self-sufficient electric energy supply at family house. Reliability engineering & systems safety. 2023, vol. 233, 109105 ČEPIN, Marko. Evaluation of the power system reliability if a nuclear power plant is replaced with wind power plants. Reliability engineering & systems safety. 2019, vol. 185, str. 455-464 PANTOŠ, Miloš. Market-based congestion management in electric power systems with increased share of natural gas dependent power plants. Energy, 2011, vol. 36, no. 7, str. 4244-4255. PANTOŠ, Miloš. Exploitation of electric-drive vehicles in electricity markets. IEEE trans. power syst., 2012, vol. 27, no. 2, str. 682-694
---

## MODUL E: ENERGETIKA

### UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Modul E: Energetika
<b>Course title:</b>	Module E: Power Engineering
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FE

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Elektrotehnika, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik	2. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0079482
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	64267

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45		30			75	6

Nosilec predmeta/Lecturer: Rafael Mihalič

Izvajalci predavanj: Rafael Mihalič  
Izvajalci seminarjev:  
Izvajalci vaj:  
Izvajalci kliničnih vaj:  
Izvajalci drugih oblik:  
Izvajalci praktičnega usposabljanja:

Vrsta predmeta/Course type: Izbirni-strokovni /elective professional

Jeziki/Languages:

Predavanja/Lectures:	Slovenščina
Vaje/Tutorial:	Slovenščina

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

Prerequisites:

Vpis v letnik predmeta	Enrolment in the year of the course
------------------------	-------------------------------------

Vsebina:

Vloga izkoriščanja energetskih virov pri razvoju civilizacije in družbe, globalni pogled na problematiko oskrbe z energijo, razdelitev energetskih virov in osnovne energetske pretvorbe, konvencionalni viri energije (premog, nafta, plin, vodne sile, jedrska energija, les), za vsakega od virov: nastanek in osnovne značilnosti, osnovni fizikalni principi in tehnologija izkoriščanja, svetovni potenciali,

Content (Syllabus outline):

The role of energy sources exploitation in the civilization and human society development, global overview of energy supply issues, categorization of energy sources and basic energy conversions, conventional sources of energy (coal, oil, gas, water, nuclear energy, wood), for each of sources: origin and basic characteristics, basic physical principles and technologies of its exploitation, world-wide potential, efficiency, basic economic exploitation indices,

<p>izkoristki, osnovni ekonomski kazalci izkoriščanja, trend porabe, zaloge in poraba v Sloveniji. Nekonvencionalni viri energije (energija sonca, vetra, bibavice, odpadkov, šote, biomase, fuzije, vodikova tehnologija, direktne termične pretvorbe v električno energijo, termoionske pretvorbe, magnetohidrodinamski generatorji). Za vsakega od virov: nastanek in osnovne značilnosti, osnovni fizikalni principi in tehnologija izkoriščanja, svetovni potenciali, izkoristki, osnovni ekonomski kazalci izkoriščanja, trend porabe, zaloge in poraba v Sloveniji. Dileme in tehnične težave zadovoljevanja energetskih potreb z energijo iz sonaravnih virov, vpliv energetskih pretvorb na okolje, ekonomsko ovrednotenje zadovoljevanja energetskih potreb, pogled v prihodnost</p>	<p>consumption and supply trends, Slovenian consumption. Unconventional energy sources (energy of the sun radiation, wind, tide, waste, peat, biomass, nuclear fusion, hydrogen technology, direct thermal conversion to electrical energy, thermoionic conversions, magnetohydrodynamic generator), for each of sources: origin and basic characteristics, basic physical principles and technologies of its exploitation, world-wide potential, efficiency, basic economic exploitation indices, consumption and supply trends, Slovenian consumption. Dilemmas and technical issues of satisfying all energy needs by applying sustainable energy sources, environmental impacts of energy conversion procedures, economic evaluation of supplying energy needs, glance towards the future.</p>
--	--

### Temeljna literatura in viri/Readings:

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Požar. H.: Osnove energetike I, II, III, Školska knjiga, Zagreb, 1992</li> <li>2. Cleveland, Cutler J., Ayres, Robert U.: Encyclopedia of energy : San Diego, Oxford : Academic Press, cop. 2004</li> <li>3. J. Voršič: Pretvarjanje v električno energijo Maribor : Fakulteta za elektrotehniko,</li> <li>4. računalništvo in informatiko, 1996</li> <li>5. Denno, K.: Power system design and applications for alternative energy sources, Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice-Hall, Inc., 1989</li> <li>6. Willis, H. Lee, Scott, Walter G.: Distributed power generation : planning and</li> <li>7. evaluation, New York, Basel : M. Dekker, cop. 2000</li> <li>8. Smil, Vaclav : Energy at the crossroads : global perspectives and uncertainties : Cambridge, Massachusetts, London, England : MIT Press, cop. 2005</li> <li>9. Medved, Sašo, Novak, Peter: Varstvo okolja in obnovljivi viri energije, Ljubljana : Fakulteta za strojništvo, 2000</li> </ol>
---

### Cilji in kompetence:

<p>Cilj predmete Energetika je ustvariti širši pogled na problem oskrbe z energijo, saj do napačnih odločitev na področju oskrbe z energijo prihaja ravno zaradi parcialnega pogleda na problematiko. Študent bo spoznal osnovne značilnosti, tehnične možnosti izkoriščanja ter ekonomske kazalce in perspektive pri izrabi primarnih energentov - globalni vidik in lokalne razmere. Ker bo spoznal prednosti in omejitve uporabe sonaravnih virov za zadovoljevanje energetskih potreb naj bi bil sposoben analizirati različne koncepte oskrbe z energijo, o katerih poročajo mediji dnevno in so večinoma dvomljive vrednosti.</p>	<p><b>Objectives and competences:</b></p> <p>The objective of the course on Power Engineering to submit a broad, world-wide overview of energy supply issues, as partial view on the subject is often the main reason for making wrong decisions in the energy supply area. A student gets familiar with basic characteristics, technical possibilities for exploitation and economic indices together with perspectives when using primary energy sources. This goes both for world-wide as well as local perspective. As the student will realize the advantages and limitations of the use of sustainable resources to meet human energy needs, it is supposed to be able to analyze the different concepts of energy supply reported by the media daily and are in general of dubious value.</p>
---	--

### Predvideni študijski rezultati:

<p>Po uspešno opravljenem modulu naj bi bili študenti zmožni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• razumevati osnovne zakonitosti pri pretvarjanju primarnih energetskih virov v ljudem uporabne oblike,</li> <li>• poznati globalne energetske tokove in trende,</li> </ul>	<p><b>Intended learning outcomes:</b></p> <p>After successful completion of the course, students should be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• understand basic characteristics of primary energysources conversion to suitable energy form from human-society's point of view,</li> <li>• knowledge regarding global energy trends,</li> </ul>
--	---

<ul style="list-style-type: none"> <li>• poznati vidike oskrbe (zaloge) in porabe energentov,</li> <li>• razumevati energetske politike,</li> <li>• analizirati koncepte oskrbe z energijo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• get familiar with aspects of supply (stock) and energy consumption,</li> <li>• understand energy policy,</li> <li>• analyse concepts of energy supply.</li> </ul>
--	--

**Metode poučevanja in učenja:**

Predavanja, laboratorijske vaje, vodeno projektno delo. Del pedagoškega procesa bo izveden s pomočjo IKT tehnologij in možnosti, ki jih ponujajo.

**Learning and teaching methods:**

Lectures, laboratory practice, project work. Part of the pedagogical process will be carried out with the help of ICT technologies and the opportunities they offer.

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

Način: laboratorijske vaje, seminar, ustni izpit. Ocena 5 je negativna ocena, ocene od vključno 6 do 10 so pozitivne. Pozitivna ocena laboratorijskih vaj in seminarja je pogoj za pristop k izpitu. Prispevki k oceni: laboratorijske vaje seminar ustni izpit		Type: laboratory exercises, seminar work, oral exam. Negative grades is 5, positive grades: from 6 to 10. Positive evaluation of laboratory exercises and seminar work is a prerequisite for the exam. Contributions to final grade: laboratory exercises seminar work oral examination
laboratorijske vaje	20,00 %	laboratory exercises
seminar	40,00 %	seminar work
ustni izpit	40,00 %	oral examination

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

--	--

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

1. MIHALIČ, Rafael. "Zelena" energija - bližnjica k energetske neodvisnosti ali slepa ulica?. Elektrotehniški vestnik, 2011, letn. 78, št. 5, str. 245-256.
2. AŽBE, Valentin, MIHALIČ, Rafael. Distributed generation from renewable sources in an isolated DC network. Renewable energy, 2006, vol. 31, iss. 14, str. 2370-2384.
3. MIHALIČ, Rafael. Vetrne elektrarne - ni vse zlato, kar se sveti. V: SLAVINEC, Mitja (ur.). Zgodovinska identiteta sveta ob Muri. Murska Sobota: Pomurska akademsko znanstvena unija PAZU, 2008, str. 30-3
4. AŽBE, Valentin, MIHALIČ, Rafael, POVH, Dušan. Distributed generation from renewable sources in an isolated DC network. V: ALVAREZ, Carlos (ur.), HAMZA, Mohamed H. (ur.). Proceedings of the Third IASTED International Conference on Power and Energy Systems, September 3-5, 2003, Marbella, Spain, (Series on energy and power systems, ISSN 1482-7891). Anaheim; Calgary; Zürich: ACTA Press, cop. 2003, str. 81-86.
5. AŽBE, Valentin, MIHALIČ, Rafael. Razpršena proizvodnja iz obnovljivih virov v enosmernih porabniških omrežjih. Elektrotehniški vestnik, 2004, letn. 71, št. 4, str. 229-236.

# MODUL L: OPERACIJSKE RAZISKAVE V TELEKOMUNIKACIJAH

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Modul L: Operacijske raziskave v telekomunikacijah
<b>Course title:</b>	Module L: Operations research in telecommunications
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FE

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Elektrotehnika, druga stopnja, magistrski	Napredni elektroenergetski sistemi (smer)	1. letnik	2. semester	izbirni

<b>Univerzitetna koda predmeta/University course code:</b>	0111022
<b>Koda učne enote na članici/UL Member course code:</b>	64243E

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45		30			75	6

<b>Nosilec predmeta/Lecturer:</b>	Andrej Košir
-----------------------------------	--------------

<b>Izvajalci predavanj:</b>	Andrej Košir
<b>Izvajalci seminarjev:</b>	
<b>Izvajalci vaj:</b>	
<b>Izvajalci kliničnih vaj:</b>	
<b>Izvajalci drugih oblik:</b>	
<b>Izvajalci praktičnega usposabljanja:</b>	

<b>Vrsta predmeta/Course type:</b>	Izbirni/elective
------------------------------------	------------------

<b>Jeziki/Languages:</b>	Predavanja/Lectures:	Angleščina, Slovenščina
	Vaje/Tutorial:	Angleščina, Slovenščina

<b>Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:</b>	<b>Prerequisites:</b>
Vpis v letnik.	Enrolment in the year of the course.

<b>Vsebina:</b>	<b>Content (Syllabus outline):</b>
Algoritem in numerična analiza (algoritem, časovna in prostorska zahtevnost). Teorija grafov (opis, operacije na grafih, osnovni grafovski algoritmi, izbrane lastnosti grafov). Uvod v operacijske raziskave in optimizacijo. Optimizacijska naloga (formulacija, tipi rešitev, kriterijske funkcije). Linearno programiranje in celoštevilsko programiranje (predstavitev, simpleksna metoda, primeri iz TK). Analiza mreže (maksimalen	Algorithm and numerical analysis (algorithm, time and space complexity). Graph theory (description, operations on graphs, basic graph algorithms, the properties of graphs). Introduction to operational research and optimization. Optimization task (formulation of solutions, cost function). Linear programming and integer programming (simplex method, examples from TC). Network analysis (maximum flow,

<p>pretok, minimalna cena, najkrajša pot). Nelinearna optimizacija (gradientna in Newtonova metoda, optimizacija pri pogoju). Markovski verige (klasifikacija stanj, ergodičnost, uporaba). Teorija časovnih vrst in teorija čakalnih vrst (osnovna analiza). Pomembne aplikacije v TK. Optimalnost s stališča uporabnikove interakcije in optimizacija z uporabnikom v središču. Merjenje in modeliranje uporabnikov, situacijsko zavedanje.</p>	<p>minimum price, shortest path). Nonlinear optimization (gradient and Newton methods, optimization). Markov chains (classification of states, ergodicity). Time series and traffic models, queuing theory (primary analysis). Important applications in telecommunications. Optimal user interaction and the user-centric optimization. Measuring and modelling users, situation awareness.</p>
---	--

### Temeljna literatura in viri/Readings:

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. W. L. Winston: Operations research Applications and Algorithms, Brooks/Cole, 2004.</li> <li>2. Mauricio G.C. Resende, Panos Pardalos: Handbook of Optimization in Telecommunications, Springer, 2006.</li> <li>3. M. W. Carter, C. C. Price: Operations Research, A Practical Introduction, CRC Press, 2000.</li> <li>4. D. C. Montgomery. Design and Analysis of Experiments. John Wiley &amp; Sons, 2008.</li> <li>5. A. Košir: Operacijske raziskave v telekomunikacijah, Založbe FE in FRI, 2013.</li> </ol>
--

### Cilji in kompetence:

<p>Spoznavanje osnov optimizacijskih metod in algoritmov. Spoznavanje osnovnih principov optimizacije in njenih postopkov z aplikacijo v telekomunikacijah. Spoznavanje različnih možnosti optimizacije in racionalizacije procesov ter postopkov v telekomunikacijah. Spoznati razrede optimizacijskih problemov in njihovih osnovnih rešitev. Spoznati osnove merjenja in modeliranja uporabnikov. Spoznati osnove uporabniških poskusov.</p>	<p><b>Objectives and competences:</b>  Basics optimization methods and algorithms. Understanding the basic principles of optimization and its procedures with application in telecommunications. Getting to know the various options to optimize and streamline processes and procedures in telecommunications. Getting to know selected classes of optimization problems and their basic solutions. Getting to know measuring and modeling users. Getting to know user experiments.</p>
---	--

### Predvideni študijski rezultati:

<p>Po uspešno opravljenem modulu naj bi bili študenti zmožni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klasificirati tip optimizacijskega problema kot so linearno programiranje, nelinearna optimizacija itd;</li> <li>• Razviti in zgraditi optimizacijski problem s kriterijsko funkcijo na podlagi opisa realne situacije.</li> <li>• Analizirati optimizacijski algoritem v smislu računske in prostorske zahtevnosti</li> <li>• Izbrati ustrezne metode in orodja glede na predstavljene lastnosti problema.</li> <li>• Poznati uporabo operacijskih raziskav na področju telekomunikacij</li> <li>• Uporabiti programska in matematična orodja za reševanje optimizacijskih problemov.</li> <li>• Načrtati in implementirati merjenje uporabnikov ter njihovo modeliranje</li> <li>• Načrtati in implementirati uporabniške poskuse</li> </ul>	<p><b>Intended learning outcomes:</b>  After successful completion of the course, students should be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• To classify the type of the optimization problem such as linear program, nonlinear optimization etc;</li> <li>• To development and design an optimization problem and its objective function based on a description of a real situation.</li> <li>• To perform time and space complexity of an optimization algorithm</li> <li>• To select the most appropriate method and tool based on the problem description.</li> <li>• Know the role of operational research in the field of telecommunications</li> <li>• Using the software and mathematical tools to solve the selected optimization task</li> <li>• Design and implementation of user measurement and modeling</li> <li>• Design and implementation of user experiments</li> </ul>
---	---

### Metode poučevanja in učenja:

<p>Predavanja podajajo teoretične osnove in osnovne načine sklepanja, ki so redno podkrepljeni s primeri. Avditorne vaje podajajo več primerov z namenom</p>	<p><b>Learning and teaching methods:</b>  Lectures provide theoretical backgrounds and basic reasoning supported by illustrative examples. Tutorials adds more examples and focus on</p>
--	--

izboljšanja analitičnih spretnosti in osvetljevanja dodatnih vidikov. Oba procesa sta podprta z uporabo Jupyter Python okolja in drugimi programskimi orodji, ki omogoča prikaze v predavalnici in prostovoljno konstruktivno delo študentov doma. Gre za pokrivanje obvladljivih primerov optimizacijskih problemov	improvement of analytical skills of students. Both methods are supported by the Jupyter Python system and selected software optimization tools allowing hands-on learning and voluntary student's work at home. It covers analyzable examples of optimization problems.
--	---

<b>Načini ocenjevanja:</b>	<b>Delež/Weight</b>	<b>Assessment:</b>
Način: Poročila, projekt, pisni izpit. Ocena 5 je negativna, ocene od vključno 6 do 10 so pozitivne. Sprejeta poročila so pogoj za pristop k izpitu. Prispevki k oceni: Poročila lab. vaj, Projekt, Ustni izpit		Type: Reports, group project and oral exam. Negative grade: 5, positive grades: from 6 to 10. Positive evaluation of lab reports is a prerequisite for the exam. Contributions to final grade: Lab. reports, Project, Oral exam
Poročila lab. vaj	30,00 %	Lab. reports
Projekt	30,00 %	Project
Ustni izpit	40,00 %	Oral exam

<b>Ocenjevalna lestvica:</b>	<b>Grading system:</b>

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

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ASLAN OĞUZ, Evin, STRLE Gregor, KOŠIR Andrej. Multimedia ad exposure scale: measuring short-term impact of online ad exposure, <i>Multimed Tools Appl</i> 83, (2023). <a href="https://doi.org/10.1007/s11042-023-14401-5">https://doi.org/10.1007/s11042-023-14401-5</a>.</li> <li>2. MEŽA, Marko, KOŠIR, Janja, STRLE, Gregor, KOŠIR, Andrej. Towards automatic real-time estimation of observed learner's attention using psychophysiological and affective signals : the touch-typing study case. <i>IEEE access</i>, ISSN 2169-3536, 2017, vol. , str. 1-18.</li> <li>3. VODLAN, Tomaž, TKALČIČ, Marko, KOŠIR, Andrej. The impact of hesitation, a social signal, on a user's quality of experience in multimedia content retrieval. <i>Multimedia tools and applications</i>, 2015, vol. 74, no. 17, str. 6871-6896.</li> <li>4. DROFTINA, Uroš, ŠTULAR, Mitja, KOŠIR, Andrej. A diffusion model for churn prediction based on sociometric theory. <i>Advances in data analysis and classification</i>, 2015, vol. 9, iss. 3, str. 341-365.</li> <li>5. ODIĆ, Ante, TKALČIČ, Marko, TASIĆ, Jurij F., KOŠIR, Andrej. Predicting and detecting the relevant contextual information in a movie-recommender system. <i>Interacting with computers</i>, 2013, vol. 25, no. 1, str. 74-90.</li> </ol>
---

# MODUL L: VARNOST INFORMACIJSKO KOMUNIKACIJSKIH SISTEMOV

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Modul L: Varnost informacijsko komunikacijskih sistemov
<b>Course title:</b>	Module L: Information and communication systems security
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FE

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Elektrotehnika, druga stopnja, magistrski	Napredni elektroenergetski sistemi (smer)	1. letnik	2. semester	izbirni

<b>Univerzitetna koda predmeta/University course code:</b>	0111021
<b>Koda učne enote na članici/UL Member course code:</b>	64299E

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45		30			75	6

**Nosilec predmeta/Lecturer:** Anton Kos

**Izvajalci predavanj:** Anton Kos  
**Izvajalci seminarjev:**  
**Izvajalci vaj:**  
**Izvajalci kliničnih vaj:**  
**Izvajalci drugih oblik:**  
**Izvajalci praktičnega usposabljanja:**

**Vrsta predmeta/Course type:** izbirni/elective

<b>Jeziki/Languages:</b>	Predavanja/Lectures:	Angleščina, Slovenščina
	Vaje/Tutorial:	Angleščina, Slovenščina

<b>Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:</b>	<b>Prerequisites:</b>
Vpis v letnik predmeta.	Enrolment in the year of the course.

<b>Vsebina:</b>	<b>Content (Syllabus outline):</b>
Model varnosti informacijsko komunikacijskih sistemov (zaupnost, celovitost, dostopnost). Vidiki varnosti (avtentičnost, zasebnost, tajnost, neznanje, dostopnost). Varovanje komunikacijsko informacijskih sistemov (varnostna politika, nevarnosti, identifikacija, avtorizacija, požarni zidovi, protivirusna zaščita). Pretočni šifrirni postopki. Simetrični bločni šifrirni postopki (DES, AES).	Security model for information and communication systems (confidentiality, integrity, availability). Aspects of security (authentication, privacy, confidentiality, non-repudiation, accessibility). Protection of communication and information systems (security policy, threats, authentication, authorization, firewalls, anti-virus protection). Stream chippers. Symmetric key encryption (DES, AES).

Asimetrični šifrirni postopki (eksponentna izmenjava ključev, RSA, eliptične krivulje). Zgostitvene funkcije (SHA1-SHA3). Elektronski dokumenti. Digitalni podpis. Upravljanje s ključi (overila, overjanje, infrastruktura javnih ključev). Kriptoanaliza. Varnost podatkov in omrežij.	Asymmetric key encryption (exponential key exchange, RSA, elliptic curves). Hash functions (SHA1-SHA3). Electronic documents. Digital signature. Key management (certificates, authentication, public key infrastructure). Cryptanalysis. Security of data and networks.
--	--

### Temeljna literatura in viri/Readings:

Sašo Tomažič, Varnost informacijsko komunikacijskih sistemov, 2014 (Objavljena elektronska knjiga kot študijsko gradivo – dostopna vsem študentom na eFE). Jonathan Katz, Yehuda Lindell, Introduction to modern cryptography, CRC Press, Taylor & Francis, 2015, COBISS.SI-ID: 26808067 The basics of information security, Elsevier, 2014, COBISS.SI-ID: 26803971 G. J. Simmons (editor), Contemporary Cryptology, The Science of Information Integrity, IEEE Press, 1991, COBISS.SI-ID: 12304724
--

### Cilji in kompetence:

Spoznavanje osnovnih principov varovanja podatkov tako pri prenosu kot shranjevanju in dostopu do podatkov. Spoznavanje nevarnosti in različnih načinov za zagotavljanje varnosti informacijsko komunikacijskih sistemov.	<b>Objectives and competences:</b> To understand the basic principles of data protection during their transfer and storage. To understand security in data access. To understand the threats and different ways to secure information and communication systems.
---	---

### Predvideni študijski rezultati:

Po uspešno opravljenem izpitu naj bi bili študentje zmožni: <ul style="list-style-type: none"> <li>• prepoznati nevarnosti, ki pretijo IKT sistemom,</li> <li>• prepoznati različne spletne prevare,</li> <li>• zaščititi IKT sistem,</li> <li>• zagotavljati celovitost elektronskih dokumentov,</li> <li>• oceniti varnost IKT sistema,</li> <li>• zasnovati varnostno politiko.</li> </ul>	<b>Intended learning outcomes:</b> After successful completion of the course, students should be able to: <ul style="list-style-type: none"> <li>• identify threats to ICT systems,</li> <li>• identify various online scams,</li> <li>• protect the ICT system,</li> <li>• ensure the integrity of electronic documents,</li> <li>• assess the security of the ICT system,</li> <li>• design a security policy.</li> </ul>
---	--

### Metode poučevanja in učenja:

Predavanja na katerih se študent seznani s teoretičnimi osnovami, in laboratorijske vaje, kjer nekaj problemov spozna tudi praktično in jih skuša v duhu timskega dela reševati. Del pedagoškega procesa bo izveden s pomočjo IKT tehnologij in možnosti, ki jih ponujajo.	<b>Learning and teaching methods:</b> Lectures and lab work. In lectures the students gain theoretical background and in lab they gain some practical experience. Part of the pedagogical process will be carried out with the help of ICT technologies and the opportunities they offer.
--	--

### Načini ocenjevanja:

### Delež/Weight

### Assessment:

Ocena 5 je negativna ocena, ocene od vključno 6 do 10 so pozitivne. Pozitivna ocena vaj je pogoj za pristop k izpitu. Prispevki k oceni: Laboratorijske vaje Pisni izpit		Negative grade is 5, positive grades are from 6 to 10. Positive exercises is a prerequisite for the exam. Contributions to final grade: Laboratory exercises Written exam.
Laboratorijske vaje	30,00 %	Laboratory exercises
Pisni izpit	70,00 %	Written exam

### Ocenjevalna lestvica:

### Grading system:

5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna ocena od 6 - 10	5 - 10, a student passes the exam if he is graded from 6 to 10
--	--

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

1. TOMAŽIČ, Sašo (urednik, avtor). VIKING : varna informacijsko komunikacijska infrastruktura naslednje generacije : zaključno poročilo o rezultatih opravljenega raziskovalnega dela na projektu v okviru ciljnega raziskovalnega programa (CRP) "Znanje za varnost in mir 2004-2010". Ljubljana: Univerza, Fakulteta za elektrotehniko, 2006.
2. TOMAŽIČ, Sašo, VIDMAR, Tone, CIGLARIČ, Mojca, PANČUR, Matjaž, KREVL, Andrej, ZAVEC, Aleš, KOS, Anton. Varnostne politike in standardi varovanja informacij : projekt "Viking". Ljubljana: Univerza v Ljubljani, 2005.
3. TOMAŽIČ, Sašo. Varnost v telekomunikacijah in kako jo zagotoviti. Štirinajsta delavnica o telekomunikacijah, Brdo pri Kranju, 2003, str. 9-14.
4. ŽNIDAR, Simon, TOMAŽIČ, Sašo. Načrtovanje varnostne politike. Peta delavnica o telekomunikacijah, Brdo pri Kranju, 1997, str.1-10.
5. TOMAŽIČ, Sašo. Celovitost podatkov in veda o šifriranju, Peta delavnica o telekomunikacijah, Brdo pri Kranju, 1997. str. 1-14.

# RAČUNALNIŠKI VID

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Računalniški vid
<b>Course title:</b>	Computer Vision
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FE

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Elektrotehnika, druga stopnja, magistrski	Avtomatika in informatika (smer)	1. letnik	1. semester	obvezni

<b>Univerzitetna koda predmeta/University course code:</b>	0075309
<b>Koda učne enote na članici/UL Member course code:</b>	64206

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45		30			75	6

**Nosilec predmeta/Lecturer:**

**Izvajalci predavanj:**

**Izvajalci seminarjev:**

**Izvajalci vaj:**

**Izvajalci kliničnih vaj:**

**Izvajalci drugih oblik:**

**Izvajalci praktičnega usposabljanja:**

**Vrsta predmeta/Course type:**

<b>Jeziki/Languages:</b>	Predavanja/Lectures:	Angleščina
	Vaje/Tutorial:	Angleščina

<b>Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:</b>	<b>Prerequisites:</b>
Vpis v letnik.	Enrolment in the year of the course.

<b>Vsebina:</b>	<b>Content (Syllabus outline):</b>
Predmet se začne z uvodom v cilje računalniškega vida, raziskuje sorodna področja, trende razvoja in uporabe. Nato prehaja na nastanek slike, kjer se obravnavajo osnovne lastnosti digitalnih slik, centralno projekcijski model kamere, kalibracija, korekcija distorzije, fotometrija in osvetlitev, ter razlike med človeškim vidom in zaznavanjem barv. V delu o analizi slik pokrivamo teme filtriranja, operacij s histogrami, detekcije robov in oglišč,	The course begins with an introduction to the goals of computer vision, explores related fields, trends in development and use. It then moves on to image creation, where the basic properties of digital images, the central projection camera model, calibration, distortion correction, photometry and lighting, and the differences between human vision and color perception are discussed.

<p>uporabe Houghove transformacije, analize povezanih komponent, morfološkega filtriranja, aktivnih modelov krivulj (kač), opisa oblike, slikovnih piramid, geometričnih transformacij, mer podobnosti, registracije slik in metode RANSAC.</p> <p>Stereo vid zajema osnove stereo percepcije, primerjanje, modeliranje in kalibriranje stereo sistema, epipolarno geometrijo in strukturirano osvetlitev.</p> <p>Analiza gibanja se osredotoča na detekcijo gibanja, čas do dotika, optični tok in vizualno sledenje ponujajoč študentom celovit vpogled v različne aspekte računalniškega vida, od zajema in obdelave slik do interpretacije gibanja in stereo percepcije.</p>	<p>In the image analysis section we cover the topics of filtering, histogram operations, edge and vertex detection, the use of the Hough transform, connected component analysis, morphological filtering, active curve models (snakes), shape description, image pyramids, geometric transformations, similarity measures, image registration and RANSAC methods.</p> <p>Stereo vision covers the basics of stereo perception, comparison, stereo system modeling and calibration, epipolar geometry and structured illumination.</p> <p>Motion analysis focuses on motion detection, time-to-touch and optical flow, offering students a comprehensive insight into various aspects of computer vision, from image capture and processing to motion interpretation and stereo perception.</p>
--	---

### Temeljna literatura in viri/Readings:

<p>Forsyth, David A., in Jean Ponce. Computer Vision: A Modern Approach. 2nd ed., Pearson, cop. 2012. Boston [etc.]. ISBN 978-0-13-608592-8, 0-13-608592-X. COBISS.SI-ID: 10640724. Dostopno v knjižnici UL FE.</p> <p>Trucco, Emanuele in Alessandro Verri. Introductory Techniques for 3-D Computer Vision. Prentice Hall, cop. 1998, Upper Saddle River (New Jersey). ISBN 0-13-261108-2. COBISS.SI-ID: 1224276. Dostopno v knjižnici UL FE.</p>
---

### Cilji in kompetence:

<p>Razumevanje osnovnih načel, tehnologij in teorije vidnega zaznavanja v inteligentnih sistemih avtomatike in robotike.</p>	<p><b>Objectives and competences:</b></p> <p>The aims of this course are to understand basic concepts, underlying theory, algorithms, and applications of computer vision, especially in intelligent systems for automation and robotics.</p>
--	---

### Predvideni študijski rezultati:

<p>Po uspešno opravljenem predmetu bi naj bili študenti zmožni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pojasniti koncept nastanka slike na senzorju digitalne kamere</li> <li>• Pojasniti koncept delovanja pogosto uporabljenih algoritmov računalniškega vida.</li> <li>• Izvesti kalibracijo kamer z orodji, ki se uporabljajo na področju računalniškega vida</li> <li>• Izbrati ustrezne osnovne algoritme računalniškega vida za izbran problem</li> <li>• Implementirati zmerno zahtevne algoritme računalniškega vida.</li> <li>• Izdelati zmerno zahtevne rešitve problemov strojnega vida, ki delujejo v kontroliranih pogojih</li> </ul>	<p><b>Intended learning outcomes:</b></p> <p>After successful completion of the course, the students should be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explain the concept of image formation on a sensor of a digital camera</li> <li>• Explain the working of the widely used computer vision algorithms on a conceptual level</li> <li>• Perform camera calibration using the tools that are used for this purpose in the field of computer vision</li> <li>• Choose appropriate basic computer vision algorithms for the problem at hand</li> <li>• Implement moderately complex computer vision algorithms.</li> <li>• Develop moderately difficult solutions for machine vision problems, which are able to work in controlled environments</li> </ul>
---	--

### Metode poučevanja in učenja:

<p>Na predavanjih so predstavljene teoretične osnove obravnavanih poglavij skupaj s praktičnimi prikazi v jeziku Matlab ali C.</p> <p>Praktično delo poteka v okviru laboratorijskih vaj. Te so zasnovane v obliki večih nalog, v katerih se študentje postopoma seznanjajo s posameznimi algoritmi računalniškega vida ter jih implementirajo</p>	<p><b>Learning and teaching methods:</b></p> <p>The lectures provide a theoretical background on particular subjects together with practical examples in Matlab or C.</p> <p>Practical work is being performed as the part of laboratory exercises, and is accomplished in the form of multiple assignments, acquainting students with computer vision algorithms. Students work in groups,</p>
--	---

ter preizkusijo. Skupino na vajah sestavljata dva ali trije študentje, rezultati pa so v obliki programske kode v jeziku Matlab. Po vsakem delu vaj študentje predstavijo svoje rezultate asistentu.	consisting of two or three students, and the results are in the form of Matlab code. After completing each part, students present their results to the assistant.
--	---

Načini ocenjevanja:	Delež/Weight	Assessment:
Način: laboratorijske vaje, pisni izpit, ustni izpit. Ocena 5 je negativna ocena, ocene od vključno 6 do 10 so pozitivne. Pozitivna ocena laboratorijskih vaj je pogoj za pristop k izpitu. Prispevki k oceni: laboratorijske vaje pisni izpit ustni izpit		Type: laboratory exercises, written exam, oral exam. Negative grade is 5, positive grades: from 6 to 10. Positive evaluation of laboratory exercises is a prerequisite for the exam. Contributions to final grade: laboratory exercises written exam oral examination
laboratorijske vaje	30,00 %	laboratory exercises
pisni izpit	50,00 %	written exam
ustni izpit	20,00 %	oral examination

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:
5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna ocena od 6 - 10	5 - 10, a student passes the exam if he is graded from 6 to 10

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

- MUHOVIČ, Jon Natanael, MANDELJC, Rok, BOVCON, Borja, KRISTAN, Matej, PERŠ, Janez. Obstacle tracking for unmanned surface vessels using 3-D point cloud. *IEEE journal of oceanic engineering*. [Print ed.]. 2019, vol. , str. 1-13, ilustr. ISSN 0364-9059. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8703893>, DOI: 10.1109/JOE.2019.2909507. [COBISS.SI-ID 12642388]
- KOPOREC, Gregor, VUČKOVIĆ, Goran, MILIĆ, Radoje, PERŠ, Janez. Quantitative contact-less estimation of energy expenditure from video and 3D imagery. *Sensors*. Aug. 2018, iss. 8, 4235, str. 1-32, ilustr. ISSN 1424-8220. <http://www.mdpi.com/1424-8220/18/8/2435>, DOI: 10.3390/s18082435. [COBISS.SI-ID 12120148]
- KRISTAN, Matej, SULIĆ KENK, Vildana, KOVAČIČ, Stanislav, PERŠ, Janez. Fast image-based obstacle detection from unmanned surface vehicles. *IEEE transactions on cybernetics*, ISSN 2168-2267, Mar. 2016, vol. 46, no. 3, pp. 641-654.
- MANDELJC, Rok, KOVAČIČ, Stanislav, KRISTAN, Matej, PERŠ, Janez. Tracking by identification using computer vision and radio. *Sensors*, ISSN 1424-8220, Jan. 2013, vol. 13, no. 1, pp. 241-273.
- KRISTAN, Matej, KOVAČIČ, Stanislav, LEONARDIS, Aleš, PERŠ, Janez. A two-stage dynamic model for visual tracking. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics. Part B, Cybernetics*, ISSN 1083-4419, Dec. 2010, vol. 40, no. 6, str. 1505-1520.
- PERŠ, Janez, SULIĆ, Vildana, KRISTAN, Matej, PERŠE, Matej, POLANEC, Klemen, KOVAČIČ, Stanislav. Histograms of optical flow for efficient representation of body motion. *Pattern recognition letters*, ISSN 0167-8655, Aug. 2010, vol. 31, no. 11, str. 1369-137
- PERŠE, Matej, KRISTAN, Matej, KOVAČIČ, Stanislav, VUČKOVIĆ, Goran, PERŠ, Janez. A trajectory-based analysis of coordinated team activity in a basketball game. *Computer vision and image understanding*, ISSN 1077-3142, May 2009, vol. 113, no. 5, str. 612-621.

# SVETLOBNA TEHNIKA

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Svetlobna tehnika
<b>Course title:</b>	Lighting Engineering
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FE

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Elektrotehnika, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik	1. semester	izbirni

<b>Univerzitetna koda predmeta/University course code:</b>	0078310
<b>Koda učne enote na članici/UL Member course code:</b>	64254

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
30		45			75	6

<b>Nosilec predmeta/Lecturer:</b>	Grega Bizjak
-----------------------------------	--------------

<b>Izvajalci predavanj:</b>	Grega Bizjak
<b>Izvajalci seminarjev:</b>	
<b>Izvajalci vaj:</b>	
<b>Izvajalci kliničnih vaj:</b>	
<b>Izvajalci drugih oblik:</b>	
<b>Izvajalci praktičnega usposabljanja:</b>	

<b>Vrsta predmeta/Course type:</b>	Izbirni-splošni /elective general
------------------------------------	-----------------------------------

<b>Jeziki/Languages:</b>	Predavanja/Lectures:	Angleščina, Slovenščina
	Vaje/Tutorial:	Angleščina, Slovenščina

<b>Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:</b>	<b>Prerequisites:</b>
Vpis v letnik.	Enrolment in the year of the course.

<b>Vsebina:</b>	<b>Content (Syllabus outline):</b>
Predmet je osredotočen na človeka in njegovo potrebo po svetlobi. S pomočjo izbranih poglavij je predstavljen vpliv svetlobe na človeka in kako lahko te vplive skupaj z razsvetljavo in sodobnimi svetlobnimi viri uporabimo za izboljšanje našega življenja. Sodobna razsvetljava naj ne bi samo omogočala dobrega vida ampak mora stimulirati naš celotni organizem. Poleg tega pa mora biti še energetske učinkovita in imeti čim manjši vpliv na	The subject focuses on humans and their need for light. Through selected chapters, the impact of light on humans is presented and how these impacts, together with lighting and modern light sources, can be used to improve our lives. Modern lighting should not only enable good vision but should also stimulate our whole organism. In addition, it must be energy efficient and have the lowest possible impact on the environment. The course covers the basic physics of

<p>okolje. V okviru predmeta so predstavljene fizikalne osnove svetlobe in njeni vplivi na človeka, svetlobni viri in svetilke, fotometrične meritve ter načrtovanje kakovostne notranje in zunanje razsvetljave. Osnove svetlobne tehnike, podane na predavanjih, so dopolnjene s praktičnim projektiranjem razsvetljave različnih notranjih in zunanjih prostorov ter z osnovnimi meritvami parametrov razsvetljave v okviru vaj.</p>	<p>light and its effects on humans, light sources and luminaires, photometric measurements and the design of good quality indoor and outdoor lighting. The basics of lighting technology presented in the lectures are complemented by practical lighting design of different indoor and outdoor spaces and basic measurements of lighting parameters in the exercises.</p>
---	---

### Temeljna literatura in viri/Readings:

<p>BIZJAK, Grega, KOBAV, Matej Bernard, PRELOVŠEK, Mitja. Razsvetljava: učbenik. izd. Ljubljana: Založba FE in FRI, 2013.</p> <p>VAN BOMMEL, Wout. Interior Lighting, Springer Nature Switzerland AG, 2019, ISBN 978-3-030-17194-0, <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-030-17195-7">https://doi.org/10.1007/978-3-030-17195-7</a></p> <p>KARLICEK, Robert, SUN, Ching-Cherng, ZISSIS, Georges, MA Ruiqing. Handbook of Advanced Lighting Technology, Volume 1, Springer International Publishing, 2017, ISBN 978-3-319-00175-3, <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-319-00176-0">https://doi.org/10.1007/978-3-319-00176-0</a></p> <p>KARLICEK, Robert, SUN, Ching-Cherng, ZISSIS, Georges, MA Ruiqing. Handbook of Advanced Lighting Technology, Volume 2, Springer International Publishing, 2017, ISBN 978-3-319-00175-3, <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-319-00176-0">https://doi.org/10.1007/978-3-319-00176-0</a></p> <p>SANSONI, Paola, MERCATELLI, Luca, FARINI, Alessandro. Sustainable Indoor Lighting, Springer-Verlag London, 2015, ISBN 978-1-4471-7162-1, <a href="https://doi.org/10.1007-978-1-4471-6633-7">https://doi.org/10.1007-978-1-4471-6633-7</a></p>
---

### Cilji in kompetence:

<p>Pri predmetu se študent seznaní z stanjem tehnike pri razsvetljavi. Pri tem spozna tudi, kako pomembna je razsvetljava za ljudi in kako se lahko s pravilno razsvetljavo izboljša delovne in bivalne pogoje pa tudi, kateri problemi so povezani z razsvetljavo z umetno svetlobo. Študent spozna metode za izračune razsvetljave in se nauči uporabljati ustrezna orodja za načrtovanje razsvetljave.</p>	<p><b>Objectives and competences:</b></p> <p>The course aims to acquaint you with the state of the art in lighting. You will learn how important lighting is for humans and how lighting can be used to improve working and living conditions but also what problems are connected with artificial lighting. We will introduce you to the methods for lighting planning and show you how to use appropriate tools in the planning process.</p>
---	--

### Predvideni študijski rezultati:

<p>Po uspešno opravljenem predmetu naj bi bili študenti zmožni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• opisati zahteve standardizacije za razsvetljavo;</li> <li>• razlikovati med različnimi svetlobnimi viri in svetilkami;</li> <li>• uporabljati programska orodja za načrtovanje razsvetljave;</li> <li>• izvesti potrebne izračune pri načrtovanju razsvetljave;</li> <li>• samostojno načrtovati notranjo in zunanjo razsvetljavo;</li> <li>• izvesti meritve razsvetljave ter</li> <li>• presoditi o ustreznosti razsvetljave s pomočjo rezultatov meritev.</li> </ul>	<p><b>Intended learning outcomes:</b></p> <p>After successful completion of the course, students should be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• describe the requirements for lighting in standardization;</li> <li>• distinguish between different light sources and luminaires;</li> <li>• use software tools for lighting design;</li> <li>• carry out the calculations in lighting design;</li> <li>• independently plan interior and road lighting;</li> <li>• carry out measurements of lighting installations and</li> <li>• assess the adequacy of lighting by means of measurement results.</li> </ul>
--	--

### Metode poučevanja in učenja:

<p>Predavanja, laboratorijske vaje, vodeno projektno delo. Del pedagoškega procesa bo izveden s pomočjo IKT tehnologij in možnosti, ki jih ponujajo.</p>	<p><b>Learning and teaching methods:</b></p> <p>Lectures, exercises, guided project work. Part of the pedagogical process will be carried out with the help of ICT technologies and the opportunities they offer.</p>
--	---

<b>Načini ocenjevanja:</b>	<b>Delež/Weight</b>	<b>Assessment:</b>
Način: laboratorijske vaje, izpitni projekt, ustni izpit. Ocena 5 je negativna, ocene od vključno 6 do 10 so pozitivne. Pozitivna ocena laboratorijskih vaj je pogoj za pristop k izpitu. Prispevki k oceni:		Type: laboratory exercises, exam project, oral exam. Negative grade is 5, positive grades: from 6 to 10. Positive evaluation of laboratory exercises is a prerequisite for the exam. Contributions to the final grade:
Laboratorijske vaje	33,00 %	Report of laboratory exercises
Izpitni projekt	33,00 %	Exam project
Ustni izpit	34,00 %	Oral exam

<b>Ocenjevalna lestvica:</b>	<b>Grading system:</b>
5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna ocena od 6 - 10	5 - 10, a student passes the exam if he is graded from 6 to 10

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

- BIZJAK, Grega, KOBAV, Matej Bernard, PRELOVŠEK, Mitja. Razsvetljava : učbenik za poglavja o razsvetljavi pri predmetih Električne inštalacije in razsvetljava, Niskonapetostne električne inštalacije, Elektrotehnika in varnost, Svetlobna tehnika. izd. Ljubljana: Založba FE in FRI, 2013.
- KOBAV, Matej Bernard, BIZJAK, Grega, KLANJŠEK GUNDE, Marta, MALOVRH REBEC, Katja. LED spectra and its photobiological effects. Light & engineering, ISSN 1068-9761, 2013, vol. 21, no. 1, str. 22-27.
- BIZJAK, Grega, MALOVRH REBEC, Katja, KOBAV, Matej Bernard, KLANJŠEK GUNDE, Marta. Photobiological aspects of LED sources for general lighting. V: Conference Balkan Light, Belgrade, 03-06 October 2012. KOSTIĆ, Miomir B. (ur.). Proceedings. Belgrade: Academic mind, 2012, str. 109-116.
- KOS, Marko, BIZJAK, Grega. Calculation of electrical energy use for lighting according to EN 15193. V: Světlo 2011 : ekologie - ekonomika - efektivita = Light 2011 : ecology - economy - efficiency. Praha: Česká společnost pro osvětlování, 2011, str. 60-63.
- KOBAV, Matej Bernard, BIZJAK, Grega. Long term study - energy savings obtained with use of daylight sensor and dimming ballasts. V: Proceedings of CIE 2010 "Lighting Quality and Energy Efficiency", 14-17 March 2010, Vienna, Austria. Vienna: Commission Internationale de l'Eclairage: = CIE, cop. 2010, str. 618-621.

# UMETNI INTELIGENTNI SISTEMI

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Umetni inteligentni sistemi
<b>Course title:</b>	Artificial Intelligent Systems
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FE

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Elektrotehnika, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik	1. semester	izbirni

<b>Univerzitetna koda predmeta/University course code:</b>	0078306
<b>Koda učne enote na članici/UL Member course code:</b>	64250

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45		30			75	6

<b>Nosilec predmeta/Lecturer:</b>	Simon Dobrišek
-----------------------------------	----------------

<b>Izvajalci predavanj:</b>	Simon Dobrišek
<b>Izvajalci seminarjev:</b>	
<b>Izvajalci vaj:</b>	
<b>Izvajalci kliničnih vaj:</b>	
<b>Izvajalci drugih oblik:</b>	
<b>Izvajalci praktičnega usposabljanja:</b>	

<b>Vrsta predmeta/Course type:</b>	Izbirni-splošni /Elective general
------------------------------------	-----------------------------------

<b>Jeziki/Languages:</b>	Predavanja/Lectures:	Angleščina
	Vaje/Tutorial:	Angleščina

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

Vpis v letnik predmeta.  
Osnove linearne algebre, več-variabilne analize, optimizacije, statistike, verjetnostne teorije in računalniškega programiranja.

### Prerequisites:

Enrolment in the year of the course.  
The basics of linear algebra, multivariate analysis, optimization, statistics, probability theory, and computer programming.

### Vsebina:

V okviru predmeta se študenti seznanijo s temeljnimi koncepti in gradniki umetne inteligence, s poudarkom na umetnem zaznavanju in razpoznavanju vzorcev, mehkem računanju, strojnem učenju, avtonomnih agentih in ambientalni inteligenci. Obravnava se inteligentno reševanje problemov z uporabo grafov in

### Content (Syllabus outline):

Within this course, students are introduced to the fundamental concepts and components of artificial intelligence, focusing on artificial perception and pattern recognition, soft computing, machine learning, autonomous agents, and ambient intelligence. The course covers intelligent problem-

<p>algoritmov, pri čemer se posebna pozornost posveča izčrpnemu in hevrističnemu preiskovanju prostora problemov. Pri obravnavi z znanjem podprtih sistemov se posveča spoznavanju s procesom sklepanja, s poudarkom na metodah veriženja pravil, izjavni in predikatni logiki ter neizrazitem in verjetnostnem sklepanju. Pri pridobivanju znanja iz podatkov: z metodami strojnega učenja se obravnava predvsem več-variabilna regresija z umetnimi nevronskimi omrežji.</p> <p>V zaključnem delu se predmet posveča več-agentnim sistemom, pri čemer so predstavljeni platforme in med-agentni komunikacijski jeziki, ki omogočajo razvoj tovrstnih sistemov.</p>	<p>solving using graph representations and algorithms, with special emphasis on exhaustive and heuristic exploration of problem spaces. In the discussion of expert systems, attention is paid to the reasoning process, highlighting rule-chaining methods, propositional and predicate logic, as well as fuzzy and probabilistic reasoning. In learning from data using machine learning methods, multi-variable regression with artificial neural networks is primarily addressed. The final part of the course is dedicated to multi-agent systems, introducing platforms and inter-agent communication languages that facilitate the development of such systems.</p>
--	--

### Temeljna literatura in viri/Readings:

S. J. Russell, P. Norvig: Artificial Intelligence: A Modern Approach, 4, izdaja, Pearson, 2021. ISBN 0-13-461099-7. [COBISS.SI-ID 33119235]

N. Pavešić: Razpoznavanje vzorcev : uvod v analizo in razumevanje vidnih in slušnih signalov, 3. popravljena in dopolnjena izdaja, Založba FE in FRI, 2012. ISBN 978-961-243-201-0. [COBISS.SI-ID 260256256]

### Cilji in kompetence:

Cilj predmeta je študentu podati znanje o osnovnih matematičnih in računalniških pristopih pri razvoju umetne inteligence. Študent se seznanja z osnovnimi koncepti umetnih inteligentnih sistemov in s primeri izvedb takšnih sistemov. Pridobljeno znanje o mehkem računanju, strojnem učenju in obrazcih za predstavitev znanja omogoča osnovno načrtovanje in razvoj ekspertnih sistemov, avtonomnih inteligentnih agentov in tudi več-agentnih aplikacij.

### Objectives and competences:

The objective of the course is to provide the student with the knowledge of basic mathematical and computational approaches in the development of artificial intelligence. The student is acquainted with the basic concepts of artificial intelligent systems and with the examples of the implementations of such systems. The acquired knowledge of soft computing, machine learning, and knowledge-representation forms enables the basic design and development of expert systems, autonomous intelligent agents, as well as multi-agent applications.

### Predvideni študijski rezultati:

Po uspešno opravljenem predmetu naj bi bili študenti zmožni:

- predstaviti osnovno zamisel in pod-področja umetne inteligence glede na vsebino, raziskave in uporabo,
- opisati osnovne koncepte in gradnike avtonomnih agentov in drugih umetnih inteligentnih sistemov, ki so podprti z bazami problemsko usmerjenega znanja in mehanizmi sklepanja, z možnostjo zaznavanja prostora in komuniciranja z govorom ter z možnostjo samo-učenja in prilagajanja na nove okoliščine,
- razložiti osnovne metode mehkega računanja in različne obrazce za predstavitev znanja v inteligentnih sistemih,
- modelirati določene umske zmožnosti človeka, kot je učenje in reševanje problemov,
- uporabljati metode iskanja optimalnih rešitev glede na vhodne podatke in bazo znanja, ki temelji na uporabi enega od obrazcev za predstavitev znanja,

### Intended learning outcomes:

After successful completion of the course, students should be able to:

- present the basic idea and sub-areas of artificial intelligence according to the content, research and application area,
- describe the basic concepts and components of autonomous agents and other artificial intelligent systems that are supported by the problem-oriented knowledge bases and reasoning mechanisms, and having the ability to perceive environment, communicate with speech, self-learn and adapt to new circumstances,
- explain the basic methods of soft computing and various knowledge-representation forms in intelligent systems,
- model certain mental functions of human, such as learning and solving problems,
- use the methods for searching for optimal solutions considering input data and knowledge base that is based on the use of one of the knowledge-representation forms,

<ul style="list-style-type: none"> <li>iskati zakonitosti v podatkih z metodami samodejnega razpoznavanja vzorcev in podatkovnega rudarjenja ter</li> <li>ovrednotiti točnost in zanesljivost delovanja umetnih inteligentnih sistemov.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>search for regularities in data using the methods of automatic pattern recognition and data mining, and</li> <li>to evaluate the accuracy and reliability of artificial intelligent systems.</li> </ul>
--	--

### Metode poučevanja in učenja:

Na predavanjih so podane teoretične osnove vseh obravnavanih modelov in metod. Predstavljeni so tudi računski primeri, ki ponazarjajo ključne značilnosti predstavljenih metod. Študentom je kot osnovno študijsko gradivo na razpolago skripta z drsnicami s predavanj. V okviru predavanja študenti dobijo neobvezne domače naloge, ki vključujejo nekaj teoretičnih vprašanj in tudi nekaj računskih nalog, katerih namen je sprotno preverjanje pridobljenega znanja. Praktično delo poteka v okviru laboratorijskih vaj, kjer študenti rešujejo predvsem zadane programerske naloge. V okviru laboratorijskih vaj študenti izvedejo še izbirne projekte, v okviru katerih udeležijo izbrane umetne inteligentne sisteme ali njihovo izbrano ključno komponento za izbrano področje uporabe, oziroma izvedejo poglobljene študije obstoječih umetnih inteligentnih sistemov. O rezultatih izbirnih projektov poročajo v pisnih poročilih.

### Learning and teaching methods:

The lectures provide a theoretical background of all the considered models and methods together with simple computational examples that illustrate the key characteristics of all the presented methods. Lectures notes with the slides from the lectures are available to the students as the basic study material. As part of the lectures, the students receive optional homework assignments including theoretical questions as well as computational exercises that enable the students to promptly verify the acquired knowledge. Practical work is carried out as part of the laboratory exercises, where the students solve the given programming tasks. As part of the laboratory exercises, students also carry out additional elective projects within which they implement selected artificial intelligent systems or one of their key components for the selected fields of application, or alternatively, they carry out in-depth studies of existing artificial intelligent systems. The results of the elective projects are reported in written reports.

### Načini ocenjevanja:

### Delež/Weight

### Assessment:

Način: domače naloge, laboratorijske vaje, projekt, pisni izpit, ustni izpit. Ocena 5 je negativna ocena, ocene od vključno 6 do 10 so pozitivne. Pozitivna ocena laboratorijskih vaj je pogoj za pristop k izpitu. Prispevki k oceni:		Type: homework, laboratory exercises, project, written exam, oral exam. Negative grade is 5, positive grades are grades from 6 to 10. Positive evaluation of laboratory exercises is a prerequisite for the exam. Contributions to the final grade:
domače naloge	10,00 %	coursework
laboratorijske vaje in projekt	30,00 %	laboratory exercises and project
pisni izpit	30,00 %	written exam
ustni izpit	30,00 %	oral examination

### Ocenjevalna lestvica:

### Grading system:

5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna ocena od 6 - 10	5 - 10, a student passes the exam if he is graded from 6 to 10
--	--

### Reference nosilca/Lecturer's references:

PERNUŠ, Martin, ŠTRUC, Vitomir, DOBRIŠEK, Simon. MaskFaceGAN : high-resolution face editing with masked GAN latent code optimization. IEEE transactions on image processing. [Print ed.]. 2023, vol. 32, str. 5893-5908, ilustr. ISSN 1057-7149.

KRIŽAJ, Janez, DOBRIŠEK, Simon, ŠTRUC, Vitomir. Making the most of single sensor information : a novel fusion approach for 3D face recognition using region covariance descriptors and Gaussian mixture models. Sensors, ISSN 1424-8220, Mar.-2 2022, iss. 6, 2388, str. 1-26.

BATAGELJ, Borut, PEER, Peter, ŠTRUC, Vitomir, DOBRIŠEK, Simon. How to correctly detect face-masks for COVID-19 from visual information?. Applied sciences, ISSN 2076-3417, Feb. 2021, vol. 11, iss. 5, str. 1-246.

DOBRIŠEK, Simon. Pametni nadzorni sistemi : je to grožnja umetne inteligence. V: dnevi prava zasebnosti in svobode izražanja, [Kranjska Gora, 9. in 10. april 2015]. Zbornik 2015. 1. natis. Ljubljana: IUS Software, GV založba, 2015, str. 134-138.

SULIČ KENK, Vildana, KRIŽAJ, Janez, ŠTRUC, Vitomir, DOBRIŠEK, Simon. Smart surveillance technologies in border control. European journal of law and technology, ISSN 2042-115X. [Online ed.], 2013, vol. 4, no. 2, str. 1-12.

# UPORABNA STATISTIKA

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Uporabna statistika
<b>Course title:</b>	Applied Statistics
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FE

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Elektrotehnika, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik	1. semester	izbirni

<b>Univerzitetna koda predmeta/University course code:</b>	0078313
<b>Koda učne enote na članici/UL Member course code:</b>	64257

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
60		15			75	6

<b>Nosilec predmeta/Lecturer:</b>	Gregor Dolinar, Melita Hajdinjak
-----------------------------------	----------------------------------

<b>Izvajalci predavanj:</b>	Gregor Dolinar, Melita Hajdinjak
<b>Izvajalci seminarjev:</b>	
<b>Izvajalci vaj:</b>	
<b>Izvajalci kliničnih vaj:</b>	
<b>Izvajalci drugih oblik:</b>	
<b>Izvajalci praktičnega usposabljanja:</b>	

<b>Vrsta predmeta/Course type:</b>	Izbirni-splošni/elective general
------------------------------------	----------------------------------

<b>Jeziki/Languages:</b>	Predavanja/Lectures:	Angleščina, Slovenščina
	Vaje/Tutorial:	Angleščina, Slovenščina

<b>Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:</b>	<b>Prerequisites:</b>
Vpis v letnik.	Enrolment in the year of the course.

<b>Vsebina:</b>	<b>Content (Syllabus outline):</b>
Osnove verjetnostnega računa: kombinatorika (permutacije, kombinacije, variacije), slučajne spremenljivke (diskretne, zvezne) in njihova porazdelitev (Gaussova, Poissonova, Weibullova, ...), številske karakteristike (matematično upanje, varianca). Statistika: načrtovanje statističnega opazovanja (definicija hipoteze, ustrezna izbira vzorca in spremenljivk), predstavitev podatkov, ocenjevanje	Basic concepts of probability: combinatorics (permutations, combinations, variations), random variables (discrete, continuous) and their distributions (Gauss, Poisson, Weibull, ...), numerical characteristics (expected value, variance). Statistics: statistic design (definition of statistical hypothesis, sampling plans), data presentation, estimation of parameters (definition and properties of estimators), hypothesis testing (type one and type two)

parametrov (definicija in lastnosti cenilke), preverjanje statističnih domnev (napaka I. in II. vrste, moč testa), intervali zaupanja, testi (parametrični, neparametrični, P vrednost, statistična značilnost), regresija in korelacija (linearna, bivariatna, multivariatna), časovne vrste (ARIMA, ARCH), simulacije (metoda Monte Carlo).	error, power of test), confidence intervals, tests (parametric, non-parametric, P-value, statistical significance), regression and correlation (linear, bivariate, multivariate), time series (ARIMA, ARCH), simulations (Monte Carlo method).
---	--

### Temeljna literatura in viri/Readings:

<p>G. Dolinar: Uporabna statistika, zapiski predavanj, <a href="https://e.fe.uni-lj.si">https://e.fe.uni-lj.si</a>, 2023.</p> <p>D. C. Montgomery, G. C. Runger: Applied statistics and probability for engineers, John Wiley &amp; Sons, 6th Edition, 2013.</p> <p>W. C. Navidi: Statistics for Engineers and Scientists, McGraw-Hill, 2007.</p> <p>G. Turk: Verjetnostni račun in statistika, Ljubljana, 2011.</p> <p>M. Hladnik: Verjetnost in statistika, Založba FE in FRI, Ljubljana, 2002.</p> <p>R.S. Kenett, S. Zacks, D. Amberti: Modern Industrial Statistics: with Applications in R, MINITAB, and JMP, Wiley 2014.</p>
---

### Cilji in kompetence:

<p>Osvojiti osnove verjetnostnega računa. Osvojiti osnovne statistične metode, med njimi razločevati in izbirati ter biti sposoben izdelati statistično analizo z vsebinsko razlago. Razvijati spretnost zbiranja in statistične interpretacije podatkov ter kritične analize rezultatov in meritev v tehniki. Osvojiti uporabo nekaterih programskih orodij za statistiko.</p>	<p><b>Objectives and competences:</b></p> <p>Grasp the basics of probability theory and statistical methods. Being able to collect and interpret statistical data and to make a critical analysis of the results and measurements in technical engineering with appropriately chosen statistical methods. Use of some statistical data analysis software.</p>
---	---

### Predvideni študijski rezultati:

<p>Po uspešno opravljenem predmetu naj bi bili študenti zmožni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• opisati osnovne statistične metode, ki so uporabne v tehniki,</li> <li>• razločiti različne statistične metode,</li> <li>• uporabiti statistične metode pri statistični analizi,</li> <li>• uporabiti statistična programska orodja pri reševanju statističnih problemov,</li> <li>• kritično analizirati in statistično interpretirati tehnične probleme, ki se pojavijo v praksi,</li> <li>• kritično ovrednotiti dobljeni rezultat.</li> </ul>	<p><b>Intended learning outcomes:</b></p> <p>After successful completion of the course, students should be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• describe basic statistical methods used in technical engineering,</li> <li>• distinguish between different statistical methods,</li> <li>• use statistical methods to make a statistical analysis,</li> <li>• use statistical programming tools for solving statistical problems,</li> <li>• critically analyse and statistically interpret technical problems that we encounter in practise,</li> <li>• critically evaluate the solution.</li> </ul>
--	--

### Metode poučevanja in učenja:

<p>Predavanja, laboratorijske vaje, domače naloge, seminarska naloga.</p>	<p><b>Learning and teaching methods:</b></p> <p>Lectures, laboratory work, homeworks, seminar assignment.</p>
---	---

### Načini ocenjevanja:

Načini ocenjevanja:	Delež/Weight	Assessment:
<p>Način: domače naloge, seminarska naloga, ustni izpit. Ocena 5 je negativna ocena, ocene od vključno 6 do 10 so pozitivne. Pozitivni oceni domačih nalog in seminarske naloge sta pogoja za pristop k ustnemu izpitu. Pozitivna ocena na ustnem izpitu je pogoj za skupno pozitivno oceno. Prispevki k oceni: - domače naloge, - seminarska naloga, - ustni izpit.</p>		<p>Type: homework assignments, seminar assignment, oral exam. Negative grade is 5, positive grades: from 6 to 10. Positive grades of the homework assignments and the seminar assignment are prerequisites for the oral exam. Positive grade at the oral exam is a prerequisite for a positive final grade. Contributions to final grade: - homework</p>

		assignments, - seminar assignment, - oral exam.
domače naloge	25,00 %	homework assignments
seminarska naloga	50,00 %	seminar assignment
ustni izpit	25,00 %	oral exam

**Ocenjevalna lestvica:**

5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna ocena od 6 - 10

**Grading system:**

5 - 10, a student passes the exam if he is graded from 6 to 10

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

1. DOLINAR, Gregor, KUZMA, Bojan, NAGY, Gergő, SZOKOL, Patrícia. Restricted skew-morphisms on matrix algebras. *Linear Algebra and its Applications*, ISSN 0024-3795, 2016, vol. 490, str. 1-17.
2. DOLINAR, Gregor, GUTERMAN, Aleksandr Ėmilevič, MAROVT, Janko. Monotone transformations on  $B(H)$  with respect to the left-star and the right-star partial order. *Mathematical inequalities & applications*, ISSN 1331-4343, 2014, vol. 17, no. 2, str. 573-589.
3. DOLINAR, Gregor, MOLNÁR, Lajos. Isometries of the space of distribution functions with respect to the Kolmogorov-Smirnov metric. *J. math. anal. appl.*, 2008, letn. 348, št. 1, str. 494-498.
4. MAREŠ, Tomáš, DANIEL, Matej, PERUTKOVÁ, Šárka, PERNE, Andrej, DOLINAR, Gregor, IGLIČ, Aleš, RAPPOLT, Michael, KRALJ-IGLIČ, Veronika. Role of phospholipid asymmetry in the stability of inverted hexagonal mesoscopic phases. *J. phys. chem., B Condens. mater. surf. interfaces biophys.*, 2008, letn. 112, št. 51, str. 16575-1658
5. ŠKERLJ, Tina, DOLINAR, Gregor, MRAMOR, Dušan. Estimation of asset accumulation of the proposed Slovenian mandatory-funded pension pillar. *Acta oecon. (Bp.)*, 2001, letn. 51, št. 4, str. 513-539.
6. SULIČ KENK, Vildana, MANDELJČ, Rok, KOVAČIČ, Stanislav, KRISTAN, Matej, HAJDINJAK, Melita, PERŠ, Janez. Visual re-identification across large, distributed camera networks. *Image and vision computing*, ISSN 0262-8856, Feb. 2015, vol. 34, str. 11-26.
7. VODOPIVEC, Samo, HAJDINJAK, Melita, BEŠTER, Janez, KOS, Andrej. Vehicle interconnection metric and clustering protocol for improved connectivity in vehicular ad hoc networks. *EURASIP Journal on wireless communications and networking*, ISSN 1687-1499, 2014, 2014, 170, str. 1-14.
8. RUGELJ, Miha, SEDLAR, Urban, VOLK, Mojca, STERLE, Janez, HAJDINJAK, Melita, KOS, Andrej. Novel cross-layer QoE-aware radio resource allocation algorithms in multiuser OFDMA systems. *IEEE transactions on communications*, ISSN 0090-6778, Sep. 2014, vol. 62, no. 9, str. 3196-3208.
9. HAJDINJAK, Melita, BIERMAN, Gavin M. Extending relational algebra with similarities. *Mathematical structures in computer science*, ISSN 0960-1295, Aug. 2012, vol. 22, no. 4, str. 686-718.
10. HAJDINJAK, Melita, MIHELJČ, France. The PARADISE evaluation framework : issues and findings. *Computational linguistics*, ISSN 0891-2017, Jun. 2006, vol. 32, iss. 2, str. 263-272.

# VODENJE ROBOTOV

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Vodenje robotov
<b>Course title:</b>	Robot Control
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FE

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Elektrotehnika, druga stopnja, magistrski	Robotika (smer)	1. letnik	2. semester	obvezni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0075456
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	64236

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
30		45			75	6

Nosilec predmeta/Lecturer: Matjaž Mihelj

Izvajalci predavanj: Matjaž Mihelj  
Izvajalci seminarjev:  
Izvajalci vaj:  
Izvajalci kliničnih vaj:  
Izvajalci drugih oblik:  
Izvajalci praktičnega usposabljanja:

Vrsta predmeta/Course type: Obvezni-strokovni /Compulsory professional

Jeziki/Languages: Predavanja/Lectures: Slovenščina  
Vaje/Tutorial: Slovenščina

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

Vpis v letnik.	Prerequisites: Enrolment in the year of the course.
----------------	---

**Vsebina:**

Predmet obravnava tehnologije in metodologije za vodenje robotov. Začne se z vodenjem odprtih kinematičnih verig, s poudarkom na robotskih senzorjih ter vodenju v notranjih in zunanjih koordinatah. Nadalje obravnava vodenje zaprtih kinematičnih verig, kar izboljša interakcijo robota z okoljem. Uvede metodologijo merjenja sil in navorov ter regulacijo sile z uporabo impedančne in neposredne regulacije. Poglavlje o vodenju na osnovi

**Content (Syllabus outline):**

The course covers technologies and methodologies for robot control. It starts with the control of open kinematic chains, focusing on robotic sensors and control in joint and task space. It then goes on to consider closed kinematic chain control, which improves the interaction of the robot with its environment. It introduces the methodology of force and torque measurement and force control using impedance and direct control. The chapter on vision-

<p>robotskega vida raziskuje uporabo senzorjev za vizualno zaznavanje, izračunavanje lege ter vodenje robota na podlagi vizualnih podatkov, kar poveča avtonomijo in prilagodljivost. Področje vodenja s spodbujevalnim učenjem in umetno inteligenco razširja zmogljivosti robotov, omogoča samostojno učenje in prilagajanje na nove situacije. Uporaba Robotskega operacijskega sistema (ROS) kot standardne platforme za vodenje robotov poudarja pomen modularnosti, ponovne uporabe kode in skupnosti pri razvoju robotskih aplikacij.</p>	<p>based robot control explores the use of sensors for visual sensing, pose calculation and robot control based on visual data, which increases autonomy and flexibility. Control methodology based on reinforcement learning and artificial intelligence extends the capabilities of robots, allowing them to learn autonomously and adapt to new situations. The use of the Robot Operating System (ROS) as a standard platform for robot control highlights the importance of modularity, code reuse and community in the development of robotic applications.</p>
--	---

### Temeljna literatura in viri/Readings:

<p>MIHELJ, Matjaž, BAJD, Tadej, MUNIH, Marko. Vodenje robotov. Ljubljana: Založba FE in FRI, 2011.  SICILIANO Bruno, SCIAVICCO, Lorenzo, VILLANI, Luigi, ORIOLO, Giuseppe.: Robotics - Modelling, Planning and Control, Springer 2009.  SUTTON, Richard S., BARTO, Andrew G. Reinforcement Learning: An Introduction (second edition), The MIT Press 2020, <a href="http://incompleteideas.net/book/RLbook2020.pdf">http://incompleteideas.net/book/RLbook2020.pdf</a>.  SICILIANO, Bruno, KHATIB, Oussama, Handbook of Robotics, Springer, 2016.</p>
---

### Cilji in kompetence:

<p>Razumeti teoretične osnove vodenja odprtih in zaprtih kinematičnih verig ter vodenja na osnovi robotskega vida.  Preveriti lastnosti izbranih shem vodenja na realnih sodobnih mehanizmih v laboratoriju.  Združitev znanj Osnov robotike, Kinematike in dinamike robotov ter Vodenja robotov v funkcionalen robotski sistem.</p>	<p><b>Objectives and competences:</b>  To understand theoretical basis of control of open and closed kinematic chains and visual servoing. Validation of properties of the chosen control schemes on real robot mechanisms in the Laboratory of robotics.  Integration of knowledge gained in courses Introduction to robotics, Kinematics and dynamics of robots and Robot control in functional robotic system.</p>
--	---

### Predvideni študijski rezultati:

<p>Po uspešno opravljenem modulu naj bi bili študenti zmožni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• zasnovati vodenje odprtih in zaprtih kinematičnih verig na osnovi klasičnih pristopov in sodobnih metod na osnovi umetne inteligence,</li> <li>• sintetizirati vodenje z uporabo robotskega vida,</li> <li>• analizirati parametre regulacijskih sistemov, ki vplivajo na stabilnost,</li> <li>• integrirati relacije kinematike, diferencialne kinematike, statike in dinamike v namene vodenja industrijskih mehanizmov, haptičnih robotov ter pri vodenju drugih mehanskih sistemov,</li> <li>• izbrati ustrezen pristop in kompleksnost vodenja glede na konkreten mehanizem in predvidene naloge,</li> <li>• reševati specifičen primer robotske naloge s sodelovanjem v delovni skupini.</li> </ul>	<p><b>Intended learning outcomes:</b>  After successful completion of the course, students should be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• design robot control methods for open and closed kinematic chains based on classical control approaches and modern artificial intelligence based concepts,</li> <li>• synthesize robot control based on visual servoing,</li> <li>• analyze parameters of the control system that affect stability,</li> <li>• integrate knowledge of kinematics, differential kinematics, statics and dynamics for the purposes of controlling industrial robots, haptic interfaces and other mechanical systems,</li> <li>• select the right approach and the complexity of control method for the specific mechanism and planned task,</li> <li>• solve a specific robot control problem within a workgroup.</li> </ul>
--	---

### Metode poučevanja in učenja:

<p>Predavanja, laboratorijsko delo v manjših skupinah, reševanje kompleksnejše nalog vodenja robota.</p>	<p><b>Learning and teaching methods:</b>  Lectures, laboratory work in small groups, complex robot control problem solving. Practical exercises</p>
--	---

Praktične vaje potekajo na večjem številu sodobnih industrijskih in drugih robotov, dodatno opremljenih s senzorji sil. Študenti imajo na voljo učbenik Vodenje robotov z vsebino predmeta. Vabljeni so gostujoči predavatelji iz slovenske industrije. Pri predmetu je posebna pozornost posvečena varnosti pri delu z roboti.	take place on a number of modern industrial and other robots equipped with additional force sensors. The students have a textbook "Vodenje robotov" or equivalent English textbook with course content. Invited are guest speakers from the Slovenian industry. In this course, special attention is paid to safety.
---	--

### Načini ocenjevanja:

### Delež/Weight

### Assessment:

Način: laboratorijske vaje, pisni izpit, ustni izpit. Ocena 5 je negativna ocena, ocene od vključno 6 do 10 so pozitivne. Pozitivna ocena laboratorijskih vaj je pogoj za pristop k izpitu. Zahtevana je obvezna prisotnost pri praktičnih vajah. Študent lahko opravičeno izostane največ od ene vaje. Študent na koncu semestra zagovarja svoj projekt. Pisni izpit obsega reševanje primerov ter teoretična vprašanja iz posameznih poglavij. Študent opravlja tudi ustni izpit, kjer so vprašanja postavljena predvsem na osnovi odgovorov pismenega izpita. Prispevki k oceni: laboratorijske vaje pisni izpit ustni izpit		Type: laboratory exercises, written exam, oral exam. Negative grade is 5, positive grades: from 6 to 10. Positive evaluation of laboratory exercises is a prerequisite for the exam. Mandatory presence at practical courses. Student can justifiably miss maximally one practical course time slot. Students defend their project at the end of semester. Written exam is based on problem solving as well as theoretical questions related to course topics. Oral exam is based primarily on the basis of answers in the written exam. Contributions to the final grade: laboratory exercises written exam oral examination
laboratorijske vaje	40,00 %	laboratory exercises
pisni izpit	40,00 %	written exam
ustni izpit	20,00 %	oral examination

### Ocenjevalna lestvica:

### Grading system:

5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna ocena od 6 - 10	5 - 10, a student passes the exam if he is graded from 6 to 10
--	--

### Reference nosilca/Lecturer's references:

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. MIHELJ, Matjaž, BAJD, Tadej, MUNIH, Marko. Vodenje robotov. Ljubljana: Založba FE in FRI, 2011.</li> <li>2. MIHELJ, Matjaž, PODOBNIK, Janez. Haptics for virtual reality and teleoperation, Springer, 2013.</li> <li>3. MIHELJ, Matjaž, PODOBNIK, Janez, MUNIH, Marko. Sensory fusion of magnetoinertial data based on kinematic model with Jacobian weighted-left-pseudoinverse and Kalman-adaptive gains. IEEE transactions on instrumentation and measurement, ISSN 0018-9456. Jul. 2019, vol. 68, no. 7, str. 2610-2620.</li> <li>4. BAUMKIRCHER, Aljaž, SEME, Katja, MUNIH, Marko, MIHELJ, Matjaž. Collaborative robot precision task in medical microbiology laboratory. Sensors. 2022, vol. 22, no. 8, str. 1-10</li> <li>5. BAUMKIRCHER, Aljaž, MUNIH, Marko, MIHELJ, Matjaž. Performance analysis of learning from demonstration approaches during a fine movement generation. IEEE transactions on human-machine systems. Dec. 2021, vol. 51, no. 6, str. 653-662.</li> <li>6. ŠLAJPAH, Sebastjan, MUNIH, Marko, MIHELJ, Matjaž. Mobile robot system for selective asparagus harvesting. Agronomy. Jul. 2023, vol. 13, iss. 7., 1766, str. 1-17.</li> </ol>
---

# ZAŠČITA IN VODENJE EES

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Zaščita in vodenje EES
<b>Course title:</b>	Power System Protection and Control
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FE

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Elektrotehnika, druga stopnja, magistrski	Elektroenergetika (smer)	2. letnik	1. semester	obvezni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0075380
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	64284

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45		30			75	6

Nosilec predmeta/Lecturer: Miloš Pantoš

Izvajalci predavanj: Miloš Pantoš  
Izvajalci seminarjev:  
Izvajalci vaj:  
Izvajalci kliničnih vaj:  
Izvajalci drugih oblik:  
Izvajalci praktičnega usposabljanja:

Vrsta predmeta/Course type: Obvezni-strokovni /Compulsory professional

Jeziki/Languages: Predavanja/Lectures: Slovenščina  
Vaje/Tutorial: Slovenščina

Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti: Vpis v letnik predmeta.  
Prerequisites: Enrolment in the year of the course.

**Vsebina:**  
Sekundarni elektroenergetski sistem, lastnosti zaščitnega sistema, redundanca, osnovne karakteristike relejev, instrumentni transformatorji, zaščita generatorjev, zaščita transformatorjev, zaščita zbiralk, zaščita vodov, digitalna zaščita, sistemska zaščita.  
Elementi vodenja, podatkovna omrežja, obdelava podatkov, komunikacijske povezave, avtomatizacija v elektroenergetiki, regulacije v elektroenergetskem

**Content (Syllabus outline):**  
Protection and control equipment in power systems, power system protection principles, redundancy, features of protective relays, current and voltage transformers, protection of generators, transformers, lines, numerical (digital) protection, wide area protection.  
Elements of power system control, databases, SCADA systems, communication, signal processing, automation of power systems, frequency and voltage

sistemu, funkcije vodenja (vodenje omrežja, vodenje proizvodnje, nadzor sigurnosti sistema, simulator, ostale funkcije vodenja), organizacija vodenja (nivoji vodenja, konfiguracija in struktura sistema vodenja, povezava s sistemom vzdrževanja), standardi in protokoli, oprema sistema vodenja.	regulation, control functions (network, production, consumption, reliability of supply, simulator, other control functions), control management (control levels – OSI model, configuration of control systems, control and maintenance), standards and protocols, control equipment.
--	--

### Temeljna literatura in viri/Readings:

<p>Horowitz S.H., Phadke A.G., Power system relaying, J. Wiley &amp; Sons, New York, 1992.</p> <p>Kundur P., Power System Stability and Control, McGraw-Hill, 1993</p> <p>Anderson P. M., Fuad A. A., Power System Control and Stability, IEEE Press, New York, 1994</p> <p>Ziegler, G., Numerical Distance Protection: Principles and Applications, Fourth Edition, Publicis Publishing, 2011</p>
--

### Cilji in kompetence:

<p>Študentje si bodo ustvarili celostno sliko o delovanju sekundarnih elektroenergetskih sistemov s poudarkom na sistemih zaščite in vodenja. Spoznali bodo osnovne fizikalne principe delovanja zaščitnih naprav, razvoj zaščitne tehnike in sistemov vodenja, avtomatizacije, načinov ščitenja posameznih elementov in delov elektroenergetskega sistema v okviru systemske zaščite. Spoznali bodo vlogo instrumentnih transformatorjev, pomen redundance pri zaščiti, funkcije vodenja, vlogo in razvoj podatkovnih omrežij, obdelavo podatkov, komunikacijske povezave, standarde in protokole.</p>	<h3>Objectives and competences:</h3> <p>Students will become familiar with basic principles in the field of power system protection and control, basic physical principles of different phenomena in power systems, development of technologies in the field of protection and automation, protective solutions of different elements, wide area protection systems, the role of measurement transformers (current and voltage), protection redundancy, control functions, databases, signal processing, communication technologies, standards and protocols.</p>
---	---

### Predvideni študijski rezultati:

<p>Po uspešno opravljenem modulu naj bi bili študenti zmožni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• razviti matematične modele za vse tipe kratkih stikov, ki se pojavljajo med obratovanjem elektroenergetskih sistemov,</li> <li>• opisati fizikalne pojave v napravah ob nastopu kratkih stikov,</li> <li>• interpretirati osnovne principe delovanja zaščit posameznih elementov in sklopa naprav ter sistemov vodenja,</li> <li>• koncipiranje in izvedba zaščitnih sistemov in sistemov vodenja in avtomatizacije v elektroenergetskih sistemih,</li> <li>• razložiti in nadgraditi v praksi funkcije vodenja elektroenergetskih sistemov.</li> </ul>	<h3>Intended learning outcomes:</h3> <p>After successful completion of the course, students should be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• develop mathematical models for all types of short circuits occurring during power system operation,</li> <li>• describe physical phenomena in devices during short circuit occurrence,</li> <li>• interpret basic principles of protection of individual devices or set of devices and control systems,</li> <li>• conceptualization and realization of protective and control systems and automation of power systems,</li> <li>• explain and upgrade automation and control function in the practice.</li> </ul>
--	---

### Metode poučevanja in učenja:

Predavanja in vaje za utrjevanje pridobljenega znanja.	<b>Learning and teaching methods:</b> Lectures and exercises.
--	--

### Načini ocenjevanja:

<p>Način: laboratorijske vaje, pisni izpit, ustni izpit. Ocena 5 je negativna, ocene od 6 do 10 so pozitivne. Pozitivna ocena vaj je pogoj za pristop k izpitu. Prispevki k oceni: laboratorijske vaje pisni izpit ustni izpit</p>	<p><b>Delež/Weight</b></p>	<p><b>Assessment:</b></p> <p>Type: laboratory exercises, written exam, oral exam. Negative grade: 5, positive grades: from 6 to 10. Positive evaluation of laboratory exercises is a prerequisite for the exam. Contributions to final grade:</p>
--	----------------------------	---

		laboratory exercises written exam oral examination
laboratorijske vaje	50,00 %	laboratory exercises
pisni izpit	25,00 %	written exam
ustni izpit	25,00 %	oral examination

**Ocenjevalna lestvica:**

5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna ocena od 6 - 10

**Grading system:**

5 - 10, a student passes the exam if he is graded from 6 to 10

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

1. TERZIJA, Vladimir, STANOJEVIĆ, Vladimir, PANTOŠ, Miloš. Overhead lines protection based on synchronized phasors technology, Proceedings of the 15th International Conference on Power System Protection - PSP 2006, Bled, Slovenia, September 6-8, 2006, str. 11-19.
2. GANTAR, Janez, VERBIČ, Gregor, PANTOŠ, Miloš. Tele frequency relay protection, Proceedings of the 15th International Conference on Power System Protection - PSP 2006, Bled, Slovenia, September 6-8, 2006, str. 123-127.
3. ŠMON, Ivan, PANTOŠ, Miloš, GUBINA, Ferdinand. An improved voltage-collapse protection algorithm based on local phasors. Electric power systems research, 2008, vol. 78, no. 3, str. 434-440.
4. PIRNAT, Blaž, PANTOŠ, Miloš. Comparison of basic protection algorithms, Proceedings of the 15th International Conference on Power System Protection - PSP 2006, Bled, Slovenia, September 6-8, 2006, str. 178-183.
5. VERBIČ, Gregor, PANTOŠ, Miloš, GANTAR, Janez. A novel principle for measuring overfrequency and frequency rate of change, Proceedings of the 15th International Conference on Power System Protection - PSP 2006, Bled, Slovenia, September 6-8, 2006, str. 184-189.

# ELEKTROENERGETSKA OMREŽJA IN NAPRAVE

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Elektroenergetska omrežja in naprave
<b>Course title:</b>	Electrical Power Networks and Devices
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FE

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Elektrotehnika, prva stopnja, univerzitetni (od študijskega leta 2025/2026 dalje)	Energetika in mehatronika (smer)	3. letnik	1. semester	obvezni

<b>Univerzitetna koda predmeta/University course code:</b>	0102087
<b>Koda učne enote na članici/UL Member course code:</b>	64155

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45		45			85	7

<b>Nosilec predmeta/Lecturer:</b>	Boštjan Blažič, Valentin Ažbe
-----------------------------------	-------------------------------

<b>Izvajalci predavanj:</b>	Valentin Ažbe, Boštjan Blažič
<b>Izvajalci seminarjev:</b>	
<b>Izvajalci vaj:</b>	
<b>Izvajalci kliničnih vaj:</b>	
<b>Izvajalci drugih oblik:</b>	
<b>Izvajalci praktičnega usposabljanja:</b>	

<b>Vrsta predmeta/Course type:</b>	Obvezni strokovni /Compulsory professional
------------------------------------	--

<b>Jeziki/Languages:</b>	Predavanja/Lectures:	Slovenščina
	Vaje/Tutorial:	Slovenščina

<b>Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:</b>	<b>Prerequisites:</b>
Vpis v letnik.	Enrolment in the year of the course.

<b>Vsebina:</b>	<b>Content (Syllabus outline):</b>
Osrednja tema predmeta je analiza obratovanja distribucijskih omrežij električne energije, kjer se soočamo z izzivi priključevanja obnovljivih virov in elektrifikacije prometa ter ogrevanja. Zgodovinski pregled razvoja elektroenergetskega sistema, struktura sodobnih elektroenergetskih omrežij. Matematične osnove za analizo omrežij, obravnava nesimetričnih sistemov.	The course focuses on the analysis of the operation of power distribution networks, where we are facing challenges due to the connection of renewable energy sources and the electrification of transport and heating. Historical overview of the development of the power system, structure of modern power networks.

<p>Električni parametri vodov. Model voda s porazdeljenimi parametri, Pi model voda, model trifaznega voda za nesimetrične razmere. Upornost, induktivnost in kapacitivnost vodov. Nadomestno vezje transformatorja. Nadomestno vezje bremena.</p> <p>Pasivne in aktivne kompenzacijske naprave v elektroenergetskih omrežjih. Osnovi izračun elementov pasivnega kompenzatorja. Zgradba in delovanje napetostnega pretvornika. Obratovanje distribucijskih omrežij. Razpršeni viri električne energije in njihov vpliv na omrežje. Pametna distribucijska omrežja.</p> <p>Mehanski parametri nadzemnih vodov, določanje višine daljnovodnih stebrov.</p>	<p>Mathematical basis for network analysis, analysis of unbalanced systems.</p> <p>Electrical parameters of lines. Distributed parameters line model, Pi line model, three-phase line model for unbalanced conditions. Resistance, inductance, and capacitance of lines.</p> <p>Transformer equivalent circuit. Load equivalent circuit.</p> <p>Passive and active compensation devices in power networks. Basic calculation of passive compensator elements. Structure and operation of a voltage source converter.</p> <p>Operation of distribution networks. Renewable energy sources and their impact on the network. Smart grids.</p> <p>Mechanical parameters of overhead lines, calculation of the height of transmission line poles.</p>
---	--

### Temeljna literatura in viri/Readings:

<p>Blažič B., Papič I. Modeliranje elementov elektroenergetskega omrežja. 1. elektronska izd. Ljubljana: Založba FE, 2019.</p> <p>Kiessling, F., Nefzger P., Nolasco J.F., Kaintzyk U., Overhead Power Lines: Planning, Design, Construction, Springer Verlag, 2003.</p> <p>Kersting W. H., Distribution System Modeling and Analysis, CRC Press, 2018.</p>
---

### Cilji in kompetence:

<p>Študent bo poznal glavne elemente in naprave elektroenergetskega omrežja. Pridobil bo osnovno znanje o modeliranju in parametrih elektroenergetskih elementov pri matematični analizi elektroenergetskih sistemov.</p>
---

### Objectives and competences:

<p>The student will acquire the knowledge of main elements and devices of electrical power networks and the basic knowledge of mathematical modelling and parameters of electrical power elements used in power systems analysis.</p>
---

### Predvideni študijski rezultati:

<p>Po uspešno opravljenem modulu naj bi bili študenti zmožni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• opisati strukturo elektroenergetskega omrežja in funkcije glavnih gradnikov omrežja,</li> <li>• razložiti pristope k modeliranju elementov in naprav elektroenergetskega omrežja,</li> <li>• določiti parametre modelov elementov in naprav,</li> <li>• analizirati delovanje sistema s pomočjo simetričnih komponent,</li> <li>• razviti model elektroenergetskega omrežja,</li> <li>• presoditi ustreznost modelov omrežja glede na obravnavano problematiko.</li> </ul>
---

### Intended learning outcomes:

<p>After successful completion of the course, students should be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• describe the power system structure and the functions of main power network elements,</li> <li>• explain the approach to modelling of power system elements and devices,</li> <li>• define the parameters of models of power system elements and devices,</li> <li>• analyze system operation with the use of symmetrical components,</li> <li>• develop a power system model,</li> <li>• evaluate the adequacy of the power-system models based on the analyzed problem.</li> </ul>
---

### Metode poučevanja in učenja:

<p>Predavanja, avditorne vaje, laboratorijske vaje.</p>
---

### Learning and teaching methods:

<p>Lectures, tutorials (auditory practice and laboratory work).</p>
---

### Načini ocenjevanja:

<p>Pogoj za opravljanje ustnega izpita je pozitivna ocena poročila o opravljenih vajah. Pisni izpit Ustni izpit Ocena poročila</p>
--

### Delež/Weight

<p></p>
---------

### Assessment:

<p>The prerequisite for the oral exam is a positive assessment of tutorials report. Written examination Oral examination</p>
--

laboratorijskih vaj Pisni in ustni izpit. Kandidat, ki na pisnem izpitu zbere vsaj 50 % možnih točk, lahko pristopi k ustnemu izpitu. Skupna končna ocena se oblikuje na podlagi rezultata pisnega izpita in ustnega zagovora, pri čemer se upošteva tudi poročilo z laboratorijskih vaj. Kandidat lahko opravi pisni izpit tudi z dvema kolokvijema, pri čemer mora na vsakem kolokvijju doseči vsaj 50 % možnih točk. Laboratorijske vaje so obvezne. Ocenjevalna lestvica: nezadostno (5), zadostno (6), dobro (7), prav dobro (8), prav dobro (9), odlično (10).		Grade of tutorials report Written and oral exam. The candidate should score a minimum of 50 % of the written exam points to take the oral exam. The final grade is given on the basis of the result of the written and oral examination, taking into account the grade of tutorials report. Instead of the written exam, the candidate can take two partial written exams, and should score a minimum of 50 % of the points at each one of them. Laboratory work is mandatory. Grading: unsatisfactory (5), sufficient (6), good (7), very good (8), very good (9), excellent (10).
Pisni izpit	40,00 %	Written examination
Ustni izpit	30,00 %	Oral examination
Ocena poročila laboratorijskih vaj	30,00 %	Grade of tutorials report

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

--	--

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

- HERMAN, Leopold, BLAŽIČ, Boštjan, PAPIČ, Igor. Pregled in primerjava sodobnih kompenzacijskih naprav za kompenzacijo jalove moči in filtriranje harmonikov. V: *Enajsta konferenca slovenskih elektroenergetikov, Laško, 27.-29. maj 2013*.
- KOLENC, Marko, PAPIČ, Igor, BLAŽIČ, Boštjan. Minimization of losses in smart grids using coordinated voltage control. *Energies* (Basel), Oct. 2012, vol. 5, no. 10, str. 3768-3787, ilustr.
- BOBNAR, Matjaž, PAPIČ, Igor, BIZJAK, Jurij, BLAŽIČ, Boštjan. Development planning of the electric power network at the Ravne steelworks. *Elektrotehniški vestnik*. [English print ed.], 2012, vol. 79, no. 5, str. 242-247.
- BLETTERIE, Benoit, GORŠEK, Aljaž, FAWZY, Yehia Tarek, PREMM, Daniel, DEPREZ, Wim, TRUYENS, Filip, WOYTE, Achim, BLAŽIČ, Boštjan, ULJANIČ, Blaž. Development of innovative voltage control for distribution networks with high photovoltaic penetration. *Progress photovoltaics*, 2011, str. 747-759.
- BLAŽIČ, Boštjan, PAPIČ, Igor. Large-scale integration of distributed energy resources in power networks. *Elektrotehniški vestnik*. [Slovenska tiskana izd.], 2008, letn. 75, št. 3, str. 117-122.
- AŽBE, Valentin, MIHALIČ, Rafael. STATCOM control strategies in energy-function-based methods for the globally optimal control of renewable sources during transients. *International journal of electrical power & energy systems*. [Print ed.]. Okt. 2022, vol. 141, 108145, str. 1-13.
- ZEMLJARIČ, Borut, AŽBE, Valentin. Generalised electromagnetic forces in an absolute nodal coordinate formulation. *Journal of sound and vibration*. [Print ed.]. 13 Oct. 2021, vol. 510, 116274, str. 1-1
- ZEMLJARIČ, Borut, AŽBE, Valentin. Uporaba metode absolutnih vozliščnih koordinat za izračun mehanskih dinamičnih razmer VN daljnovidov. *Elektrotehniški vestnik*. [Slovenska tiskana izd.]. 2020, letn. 87, št. 1/2, str. 46-52
- DIMITROVSKA, Teodora, KOPŠE, Damijan, AŽBE, Valentin, RUDEŽ, Urban, MIHALIČ, Rafael. Simultaneous multiple-parameter control in flexible power systems for its stability enhancement. *International journal of electrical power & energy systems*. [Print ed.]. Sep. 2019, vol. 110, str. 434-440.
- ZEMLJARIČ, Borut, AŽBE, Valentin. Analytically derived matrix end-form elastic-forces equations for a low-order cable element using the absolute nodal coordinate formulation. *Journal of sound and vibration*. [Print ed.]. 28 Apr. 2019, vol. 446, str. 263-272

# REGULACIJSKA TEHNIKA

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Regulacijska tehnika
<b>Course title:</b>	Control Engineering
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FE

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Elektrotehnika, prva stopnja, univerzitetni (od študijskega leta 2025/2026 dalje)	Energetika in mehatronika (smer)	3. letnik	1. semester	obvezni

<b>Univerzitetna koda predmeta/University course code:</b>	0102090
<b>Koda učne enote na članici/UL Member course code:</b>	64156

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
60		30			85	7

<b>Nosilec predmeta/Lecturer:</b>	David Nedeljković, Vanja Ambrožič
-----------------------------------	-----------------------------------

<b>Izvajalci predavanj:</b>	Vanja Ambrožič, David Nedeljković
<b>Izvajalci seminarjev:</b>	
<b>Izvajalci vaj:</b>	
<b>Izvajalci kliničnih vaj:</b>	
<b>Izvajalci drugih oblik:</b>	
<b>Izvajalci praktičnega usposabljanja:</b>	

<b>Vrsta predmeta/Course type:</b>	obvezni strokovni /compulsory professional
------------------------------------	--

<b>Jeziki/Languages:</b>	Predavanja/Lectures:	Slovenščina
	Vaje/Tutorial:	Slovenščina

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

Formalni pogoj: vpis v 3. letnik univerzitetnega študijskega programa Elektrotehnika; sicer so potrebna predznanja, pridobljena pri predmetih iz matematike, fizike, osnov elektrotehnike, meritev in električnih strojev. Za pristop k izpitu mora kandidat imeti uspešno opravljene laboratorijske vaje in izdelano poročilo z le-teh. Laboratorijske vaje morajo potekati v skupinah z manjšim številom študentov zaradi povišane nevarnosti (visoka napetost, vrteči se deli).

### Prerequisites:

Enrolment in the study year.  
Knowledge of Mathematics I-IV, Physics I-II, Electrical Engineering Fundamentals I-II, Measurements, Electrical Machines.  
Before taking the exam the student has to accomplish the laboratory work and to prepare the corresponding report.  
Laboratory work must be carried out in groups with a small number of students due to the increased danger (high voltage and rotating parts).

<p><b>Vsebina:</b></p> <p>Linearni sistemi in njihovo opisovanje: diferencialne enačbe, prostor stanj, Laplaceova transformacija in prenosna funkcija, merjenje ali izračun frekvenčnega odziva in podajanje frekvenčne karakteristike v Bodejevem, Nicholsovem in Nyquistovem diagramu, prehodna funkcija. Ponazoritev regulacijskih sistemov z blokovnimi diagrami, prenosne funkcije odprtozanknih in zaprtozanknih sistemov za različne vplivne veličine ter njihova linearizacija in normiranje. Stabilnost in stabilnostni kriteriji, statični in dinamični pogošek.</p> <p>Osnovni gradniki regulacijskih sistemov in njihove lastnosti.</p> <p>PID regulatorji in njihova realizacija z operacijskimi ojačevalniki.</p> <p>Optimiranje parametrov regulatorjev: integralski kriteriji, priporočila, potek frekvenčne karakteristike (amplitudna in fazna rezerva), metoda lege korenov. Kaskadne regulacije, procesne regulacije.</p> <p>Diskretne regulacije in Z-transformacija, digitalni regulatorji.</p> <p>Nelinearnosti in njihov vpliv na obnašanje regulacijskih sistemov; analiza stabilnosti nelinearnih sistemov: fazna ravnina, opisna funkcija; odpravljanje integralskega pobega.</p> <p>Osnove simulacij in uporaba sodobnih programskih orodij za simulacijo regulacijskih sistemov.</p> <p>Primeri regulacij v močnostni elektrotehniki.</p>	<p><b>Content (Syllabus outline):</b></p> <p>Linear systems and their descriptions: differential equations, state space, Laplace transform and transfer function, frequency response (Bode, Nyquist, Nichols plots), step response.</p> <p>Block diagrams, open-loop, closed-loop systems and corresponding transfer functions.</p> <p>Linearization and normalization.</p> <p>Stability, steady state error, dynamic error.</p> <p>Features of elements of control systems in power electronics and electrical drives.</p> <p>PID controllers, their realization with operational amplifiers and microcontrollers.</p> <p>Optimization of controllers' parameters.</p> <p>Cascade control systems, process control systems.</p> <p>Features of digital control, Z-transform.</p> <p>Influence of nonlinearities, limit cycles, integrator wind-up.</p> <p>Basics of simulations and use of appropriate tools in control system design.</p> <p>Examples of control systems in power electronics and electrical drives.</p>
--	--

**Temeljna literatura in viri/Readings:**

<p>David Nedeljković: Regulacije v močnostni elektrotehniki, predvideni izid 2024.</p> <p>Gene F. Franklin, J. David Powell, Abbas Emami-Naeini: Feedback control of dynamic systems, Addison-Wesley, 2015. COBISS.SI-ID - 64719873</p> <p>Dogan Ibrahim: Microcontroller based applied digital control: J. Wiley &amp; Sons, 2006. COBISS.SI-ID - 5606996</p> <p>Werner Leonhard: Control of Electrical Drives, Springer; 2001. COBISS.SI-ID - 317012</p> <p>Vanja Ambrožič, Peter Zajec: Električni servo pogoni, Slovensko združenje elektroenergetikov CIGRÉ-CIRED, 2016. COBISS.SI-ID - 283707392</p> <p>Borut Zupančič, Rihard Karba, Drago Matko, Igor Škrjanc, Aleš Belič: Simulacija dinamičnih sistemov, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, 2010. COBISS.SI-ID - 250598912</p> <p>Rafael Cajhen: Regulacije, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko in računalništvo, 1990. COBISS.SI-ID - 22542080</p>
--

<p><b>Cilji in kompetence:</b></p> <p>Študent bo usvojil osnovne pojme s področja regulacijske tehnike, pri čemer bo poudarek pretežno na linearnih sistemih. Spoznal bo različne metode za načrtovanje regulacijskih sistemov in se jih naučil uporabljati s sodobnimi programskimi orodji. Zavedal se bo pomanjkljivosti pri modeliranju in znal bo kritično pristopiti k izvedbi regulacijskih sistemov, zlasti na področju močnostne elektrotehnike.</p>	<p><b>Objectives and competences:</b></p> <p>The student will master fundamental topics in the field of control engineering, with emphasis on linear systems. He will meet a variety of methods to design control systems and learn how to use these methods with state-of-the-art software tools. The student will become aware of the modeling inadequacies and will develop a critical approach to design of control systems, especially in the field of power electronics and electrical drives.</p>
--	--

**Predvideni študijski rezultati:**

**Intended learning outcomes:**

<p><b>Znanje in razumevanje:</b> Študent bo razumel osnovne pojme s področja regulacijske tehnike in spoznal različne načine za opisovanje električnih in mehanskih sistemov.</p> <p><b>Uporaba:</b> Študent bo samostojno zasnoval in optimiral preprostejše regulacijske sisteme na področju močnostne elektrotehnike, pri čemer bo po tehtni presoji izbral eno izmed predstavljenih metod.</p> <p><b>Refleksija:</b> Študent se bo zavedal prednosti in pomanjkljivosti posameznih pristopov k reševanju regulacijskih problemov ter nevarnosti za neučinkovito regulacijo, ki lahko izvirajo iz njih.</p> <p><b>Prenosljive spretnosti:</b> Spretnosti, pridobljene pri tem predmetu, bodo podlaga za poglobljen študij regulacij pri drugih predmetih iz energetike, elektromotorskih pogonov in elektriških tehnoloških procesov. Študent bo tako znanja tega predmeta lahko nadgradil in uporabil za realizacijo zahtevnejših regulacijskih sistemov z naj sodobnejšimi tehnološkimi rešitvami. Poleg regulacijskih sistemov v tehniki in naravi bo študent ovrednotil delovanje povratnozančnih sistemov v družbi oziroma njihovo nedelovanje v primeru slabega načrtovanja.</p>	<p><b>Knowledge and understanding:</b> The student will understand the basic concepts in the field of control engineering and know different ways to describe the electrical and mechanical systems.</p> <p><b>Application:</b> Students will independently design and optimize simpler control systems in the field of power electronics, by taking into consideration one of the presented methods.</p> <p><b>Reflection:</b> The student will be familiar with the advantages and shortcomings of different approaches to solving the control engineering problems and he will be aware of the risk of ineffective control that may result from them.</p> <p><b>Transferable skills:</b> The skills acquired in this course will provide a basis for in-depth study of control in other courses covering power engineering, electrical drives and electrical technological processes. The student can upgrade the knowledge of this course and use it for the realization of complex control systems with state of the art technological solutions. In addition to control systems in technology and nature, the student will evaluate the operation of feedback systems in the society, as well as their failure in case of poor planning.</p>
---	--

<p><b>Metode poučevanja in učenja:</b> Predavanja (60 ur) in laboratorijske vaje (30 ur); opcija: projektno delo na nalogah, ki potekajo v Laboratoriju za regulacijsko tehniko in močnostno elektroniko.</p>	<p><b>Learning and teaching methods:</b> Lectures (60 hours) and laboratory work (30 hours); optional: project work on R&amp;D activities within the Laboratory of Control Engineering and Power Electronics. For foreign students: consultations in English and project work.</p>
---	--

<b>Načini ocenjevanja:</b>	<b>Delež/Weight</b>	<b>Assessment:</b>
<p>Za pristop k izpitu mora kandidat imeti uspešno opravljene laboratorijske vaje in izdelano poročilo z le-teh. Pisni in ustni izpit. Kandidat, ki na pisnem izpitu zbere vsaj 50 % možnih točk, lahko pristopi k ustnemu izpitu. Končna ocena se oblikuje na podlagi rezultata pisnega izpita in ustnega zagovora, pri katerem se upošteva tudi poročilo z laboratorijskih vaj. Kandidat lahko opravi pisni izpit tudi z dvema kolokvijema, pri čemer mora na vsakem kolokvijju doseči vsaj 50 % možnih točk. Kandidatom, ki se vključijo v projektno delo in nalogo uspešno zaključijo, ni treba opravljati pisnega in ustnega izpita, temveč se jim ocena poda na podlagi njihovega angažiranja na projektu in pri tem usvojenih znanj. Ocenjevalna lestvica: opravi (od 6 do 10), ni opravi (5).</p>		<p>Before taking the exam the student has to accomplish the laboratory work and to prepare the corresponding report. Written and oral exam. The candidate who passes the written exam with at least 50% of all possible points can take the oral examination. Final assessment is formed on the basis of the result of written and oral examination, where the student's report on laboratory work is also taken into account. The candidate can pass the written exam by taking 2 colloquia and exceeding score 50% on each of them. The grade for the candidates involved in the project work that successfully accomplish their task can be formed on the basis of student's knowledge acquired during his/her engagement within the project. Grading scale: pass (from 6 to 10), fail (5).</p>
Pisni izpit	50,00 %	Written exam
ustni izpit	50,00 %	oral exam

Ocenjevalna lestvica:

Grading system:

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

**David Nedeljković:**

1. KONTARČEK, Andraž, BAJEC, Primož, NEMEC, Mitja, AMBROŽIČ, Vanja, NEDELJKOVIĆ, David. Cost-effective three-phase PMSM drive tolerant to open-phase fault. IEEE transactions on industrial electronics, ISSN 0278-0046. [Print ed.], Nov. 2015, vol. 62, no. 11, str. 6708-6718.
2. SLADIĆ, Saša, SKOK, Srđan, NEDELJKOVIĆ, David. Efficiency considerations and application limits of single-phase active power filter with converters for photoenergy applications. International journal of photoenergy, 2011, vol. 2011, str. 1-8.
3. DROBNIČ, Klemen, NEMEC, Mitja, NEDELJKOVIĆ, David, AMBROŽIČ, Vanja. Predictive direct control applied to AC drives and active power filter. IEEE trans. ind. electron. (1982. Print). [Print ed.], Jun. 2009, vol. 56, no. 6, str. 1884-1893.
4. AMBROŽIČ, Vanja, FIŠER, Rastko, NEDELJKOVIĆ, David. Direct current control - a new current regulation principle. IEEE trans. power electron., jan. 2003, vol. 18, no. 1, str. 495-503.
5. NEDELJKOVIĆ, David, NASTRAN, Janez, VONČINA, Danijel, AMBROŽIČ, Vanja. Synchronization of active power filter current reference to the network. IEEE trans. ind. electron. (1982. Print). [Print ed.], 1999, vol. 46, no. 2, str. 333-339.

**Vanja Ambrožič:**

1. NEMEC, Mitja, DROBNIČ, Klemen, NEDELJKOVIĆ, David, FIŠER, Rastko, AMBROŽIČ, Vanja. Detection of broken bars in induction motor through the analysis of supply voltage modulation. IEEE trans. ind. electron. (1982. Print). [Print ed.], Aug. 2010, vol. 57, no. 8, str. 2879-2888.
2. NEMEC, Mitja, DROBNIČ, Klemen, NEDELJKOVIĆ, David, AMBROŽIČ, Vanja. Direct current control of a synchronous machine in field coordinates. IEEE trans. ind. electron. (1982. Print). [Print ed.], Oct. 2009, vol. 56, no. 10, str. 4052-4061.
3. NEMEC, Mitja, NEDELJKOVIĆ, David, AMBROŽIČ, Vanja. Predictive torque control of induction machines using immediate flux control. IEEE trans. ind. electron. (1982. Print). [Print ed.], Aug. 2007, vol. 54, no. 4, str. 2009-2017.
4. AMBROŽIČ, Vanja, BUJA, Giuseppe S., MENIS, Roberto. Band-constrained technique for direct torque control of induction motor. IEEE trans. ind. electron. (1982. Print). [Print ed.], 2004, vol. 51, no. 4, str. 776-784.
5. AMBROŽIČ, Vanja, ZAJEC, Peter. Električni servo pogoni. 1. izd. V Ljubljani: Slovensko združenje elektroenergetikov CIGRÉ-CIRED, 2016.

# ENERGETIKA IN OKOLJE

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Energetika in okolje
<b>Course title:</b>	Energy and Environment
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FE

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Elektrotehnika, prva stopnja, univerzitetni	Informacijsko komunikacijske tehnologije (smer)	2. letnik	2. semester	izbirni
Elektrotehnika, prva stopnja, univerzitetni (od študijskega leta 2025/2026 dalje)	Ni členitve (študijski program)	2. letnik	2. semester	izbirni

<b>Univerzitetna koda predmeta/University course code:</b>	0082585
<b>Koda učne enote na članici/UL Member course code:</b>	64121

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			65	5

**Nosilec predmeta/Lecturer:** Marko Čepin

**Izvajalci predavanj:** Marko Čepin  
**Izvajalci seminarjev:**  
**Izvajalci vaj:**  
**Izvajalci kliničnih vaj:**  
**Izvajalci drugih oblik:**  
**Izvajalci praktičnega usposabljanja:**

**Vrsta predmeta/Course type:** Izbirni – strokovni/elective professional

<b>Jeziki/Languages:</b>	Predavanja/Lectures:	Slovenščina
	Vaje/Tutorial:	Slovenščina

<b>Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:</b>	<b>Prerequisites:</b>
Pogoj za vključitev v študij predmeta je vpis v letnik. Pogoj za opravljanje izpita so opravljene laboratorijske vaje.	Enrolment into the program. Prerequisite for exam includes the well performed laboratory exercises.

<b>Vsebina:</b>	<b>Content (Syllabus outline):</b>
Energija je ena najpomembnejših fizikalnih veličin. Energetika je pojem, ki proučuje procese povezane z energijo, kar v največji meri velja za	Energy is one of the most important physical quantities. Field of energy is a term, which includes processes related to conversion of energy from one

<p>pretvarjanje energij iz oblike v obliko ali v delo. Energetika je veda, ki obsega pretvarjanje, trgovanje, prenos, dobavo in rabo energije. Vsebina predmeta podaja osnovna dejstva in praktične informacije s področja energetike. Predstavljeni so najpomembnejši viri energije in načini njihove izrabe. Prikazani in opisani so procesi, ki so povezani s pretvorbo, prenosom in rabo energije. Pri vprašanih povezanih s pretvorbo, prenosom in uporabo energije so posebej poudarjeni tudi vplivi na okolje.</p>	<p>form into another or into the work. Field of energy is a science that encompasses the conversion, trading, transmission, supply and use of energy. The content of the course provides basic facts and practical information in the field of energy. The most important sources of energy and ways of their use are presented. Processes related to the conversion, transmission and use of energy are shown and described. The environmental impacts related to conversion, transmission and use of energy are emphasized.</p>
---	---

### Temeljna literatura in viri/Readings:

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. M. Čepin, Osnove energetike, Rev. 0, 2023</li> <li>2. Standard Handbook for Electrical Engineers, The McGraw-Hill, 2006</li> <li>3. B. Sorensen, Renewable Energy, Fourth Edition, Elsevier Inc., 2011</li> <li>4. S. Kalogirou, Solar Energy Engineering, Elsevier Inc., 2009</li> <li>5. Renewable Energy Conversion, Transmission and Storage, Elsevier Inc., 2007</li> <li>6. R. A. Higgins, Energy Storage, Springer, 2010</li> </ol>
--

### Cilji in kompetence:

<p>Slušatelji si bodo ustvarili celotno sliko potreb po energiji in izkoriščanju primarnih virov energije. Pridobili bodo osnovna znanja na področju oskrbe z električno energijo skozi spoznavanje pretvorbe, prenosa in razdeljevanja električne energije. V okviru aktualne problematike predmet izpostavlja okoljevarstvene vidike, vpliv trga z električno energijo in razvoj novih tehnologij, obnovljive vire energije (veter, voda, sonce, biomasa) in učinkovito rabo energije.</p>	<h3>Objectives and competences:</h3> <p>Students will get a comprehensive view of energy demand and exploitation of primary energy resources. They will acquire basic knowledge in the field of electric power supply through learning about the electric energy conversion, its transmission and distribution. The subject highlights the environmental aspects, the impact of the electricity market the development of new technologies, renewable energy sources (wind, water, solar, biomass) and efficient use of energy.</p>
--	---

### Predvideni študijski rezultati:

<p>Študent bo zmožen oceniti kakšne so potrebe po energiji. Sposoben bo izračunati, koliko električne energije se dobi iz primarnih virov energije in kakšne so posledice na okolje. Sposoben bo oceniti, kako se energija prenaša in razdeljuje med odjemalce. Z osnovnim znanjem bo slušatelj sposoben matematično modelirati in reševati osnovne probleme na področju energetike, kar zajema obstoječe in nove tehnologije ter smotrno rabo energije.</p>	<h3>Intended learning outcomes:</h3> <p>Student will be capable to assess the needs for energy. Student will be capable to calculate how much electric energy is transformed from the primary sources of energy. Student will be capable to assess, how the electric energy is transmitted and distributes to the customers. The student will be capable to mathematically model the main problems in the field of energy and to solve them. The problem area includes existing and new technologies and efficient use of energy.</p>
--	---

### Metode poučevanja in učenja:

Predavanja in vaje.	Learning and teaching methods: Lectures and exercises.
---------------------	---

### Načini ocenjevanja:

Načini ocenjevanja:	Delež/Weight	Assessment:
Način: laboratorijske vaje, izpit. Ocena 5 je negativna, ocene od vključno 6 do 10 so pozitivne. Pozitivna ocena laboratorijskih vaj je pogoj za pristop k izpitu. Prispevki k oceni: laboratorijske vaje, izpit.		Type: laboratory exercises, exam. Negative grade: 5, positive grades: from 6 to 10. Positive evaluation of laboratory exercises is a prerequisite for the exam. Contributions to final grade: laboratory exercises, exam.
laboratorijske vaje	50,00 %	laboratory exercises
izpit	50,00 %	exam

**Ocenjevalna lestvica:**

5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna ocena od 6 - 10

**Grading system:**

5 - 10, a student passes the exam if he is graded from 6 to 10

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

1. M. Čepin, Costs optimisation of reliable self-sufficient electric energy supply at family house, Reliability engineering & systems safety, 2023, Vol. 233, 109105
2. M. Čepin, Probability of restoring power to the transmission power system and the time to restore power, Reliability engineering & systems safety, 2020, Vol. 193, 106595
3. M. Čepin, Contribution of human reliability in power probabilistic safety assessment models versus shutdown models. ASCE-ASME journal of risk and uncertainty in engineering systems, Part B, Mechanical engineering, 2020, 011001
4. M. Čepin, The extended living probabilistic safety assessment. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Pt. O, Journal of risk and reliability, 2020, Vol. 234 (1), str. 183-192
5. M. Čepin, Evaluation of the power system reliability if a nuclear power plant is replaced with wind power plants, Reliability engineering & systems safety, 2019, Vol. 185, str. 455-464