SLIKOVNA BIOMETRIJA

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Slikovna biometrija
Course title:	Image based biometry
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

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

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0075165
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63554

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45	10	20			105	6

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Peter Peer
Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet/specialist elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Predmet temelji predvsem na postopkih računalniškega vida, ki predstavljajo izhodišče večine biometričnih sistemov. Ciljna skupina so študentje, ki jih zanimata visoko-tehnološki razvoj in raziskave, saj je veliko pristopov še v raziskovalni fazi. Glavna vsebina, ki se bo zaradi razvoja področja spreminjala: Osnove biometrije Biometrične modalnosti Zgradba tipičnega biometričnega sistema Razpoznava/verifikacija/identifikacija Metrike	The course relies mostly on computer vision, as most biometrics technologies are based on it. Students interested in cutting edge technology, much of which is still in a research stage, are the intended target for the course. The main content (will evolve due to developments in the field): Biometry basics Biometrical modalities Structure of a typical biometric system Recognition/verification/identification Metrics

Pogoji za korektno primerjanje sistemov (baze, ogrodja) Uspešnost in uporabnost sistemov Računalniški vid kot temelj biometričnih sistemov ----- Prstni odtis Zajem Ocena kvalitete slike in izboljšanje kvalitete Procesiranje Singularne točke, minucije, grebeni Ujemanje ----- Šarenica Zajem Izboljšanje kvalitete Procesiranje (segmentacija, normalizacija, kodiranje) Značilke Ujemanje ----- Obraz Zajem Podmodalnosti Procesiranje Značilke (pristop na osnovi izgleda, modela in/ali teksture) Ujemanje ----- Gibanje Zajem Vpliv dinamike Procesiranje (pristop na osnovi izgleda in/ali modela) Dinamične značilke Ujemanje ----- Uhelj Zajem Procesiranje Značilke Ujemanje ----- Večbiometrični sistemi / večmodalnost / fuzije Ključni problemi modalnosti/sistemov (raziskovalni izzivi) Predavanja predstavijo pristope in razložijo njihovo delovanje. Na laboratorijskih vajah to znanje uporabimo za apliciranje na praktične probleme v Matlabu in odprtokodnih orodjih.	Conditions for correct comparisons of the systems (databases, frameworks) Performance and usefulness of the systems Computer vision as the foundation of the biometric systems ----- Fingerprint Acquisition Quality assessment and quality improvement Processing Singular points, minutiae, ridges Matching ----- Iris Acquisition Quality improvement Processing (segmentation, normalization, coding) Feature points Matching ----- Face Acquisition Sub-modalities Processing Feature points (appearance/ model/texture-based approach) Matching ----- Gait Acquisition Influence of dynamics Processing (appearance/ model-based approach) Dynamic feature points Matching ----- Ear Acquisition Processing Feature points Matching ----- Multi-biometric systems / multi-modality / fusions Key problems of modalities/systems (research challenges) The lectures introduce the approaches and explain their operation. At tutorial the knowledge is applied to practical problems in Matlab and open source tools.

Temeljna literatura in viri/Readings:

Anil K. Jain, Arun A. Ross, Karthik Nandakumar, *Introduction to Biometrics*, Springer, 2011 (glavna, izhodiščna literatura / primary literature) Ruud M. Bolle, Jonathan Connell, Sharath Pankanti, Nalini K. Ratha, Andrew W. Senior, *Guide to Biometrics*, 2003 Vsebine bodo podprte tudi s članki iz pomembnih konferenc in revij. / Content will be backed also with articles from important conferences and journals.

Cilji in kompetence:	Objectives and competences:
Cilji predmeta: Študent dobi dober pregled nad področjem biometrije in tistimi področji računalniškega vida, ki tvorijo temelje biometričnih sistemov. Študent je seznanjen s potekom raziskovalnega dela. Študent pridobi dobro osnovo za doktorski študij. Pridobljene kompetence študenta: Pozna terminologijo in principe analize identitete. Pozna obseg biometričnih tehnologij in njihove prednosti in slabosti. Pozna delovanje biometričnega sistema od zajema do odločitve. Razume potek procesiranja za vsako biometrično modalnost. Pozna nekatere omejitve delovanja biometričnih sistemov. Kritično razmišlja o starejših in novejših modalnostih, kako se modalnosti lahko dopolnjujejo. Pozna nekatere odprte probleme/izzive v biometriji.	Objectives of the course: Student gains good overview over the biometry and with it related computer vision methods that set foundations of biometric systems. Student gets acquainted with the flow of the research work. Student gets good foundation for doctoral study. Gained student competences: • Knows the terminology and principles of identity analysis. • Knows the scope of the biometric technologies and their (dis)advantages. • Knows how the system works from the acquisition to decision. • Understands the processing flow for each biometric modality. • Knows some limitations of biometric systems. • Is able to critically consider older and newer modalities and how they can work together. • Is familiar with some open problems/challenges in biometry.

Predvideni študijski rezultati:	Intended learning outcomes:
Po uspešno opravljenem predmetu bodo študenti zmožni: - pojasniti razvojni cikel biometričnega sistema - razlikovati med specifikami različnih modalnosti - izbrati algoritme računalniškega vida za biometrični cevovod - implementirati biometrični cevovod - ovrednotiti kvaliteto vsakega koraka v cevovodu - zgraditi večbiometrični sistem - argumentirati izbiro metrik, baz, protokolov - identificirati odprta raziskovalna vprašanja - spisati tehnično poročilo.	After successful completion of the course, students will be able to: - explain the design cycle of the biometric system - differentiate between specifics of different modalities - choose computer vision algorithms for biometric pipeline - implement biometric pipeline - evaluate the quality of each step in the pipeline - build multi-biometric system - argument the choice of metrics, databases, protocols - identify open research questions - write a technical report.

Metode poučevanja in učenja:	Learning and teaching methods:
Predavanja in laboratorijske vaje, individualno delo na domačih nalogah/projektu, predstavitve izdelkov.	Lectures and tutorial, individual work on assignments/project, presentations of outcomes.

Načini ocenjevanja:	Delež/Weight	Assessment:
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project):
Sprotno preverjanje (domače naloge/projekt, predstavitve)	67,00 %	Continuing (assignments/project, presentations)
Končno preverjanje (pisni ali ustni izpit)	33,00 %	Final: (written or oral exam)
Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).		Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:

Reference nosilca/Lecturer's references:

EMERŠIČ, Žiga, ŠTRUC, Vitomir, PEER, Peter. Ear recognition : more than a survey. *Neurocomputing*, ISSN 0925-2312. [Print ed.], Sep. 2017, vol. 255, str. 26-39. [COBISS.SI-ID 1537395395], [JCR]
MEDEN, Blaž, MALLI, Refik Can, FABIJAN, Sebastjan, EKENEL, Hazim Kemal, ŠTRUC, Vitomir, PEER, Peter. Face deidentification with generative deep neural networks. *IET signal processing*, ISSN 1751-9675. [Print ed.], May 2017, vol. , no. , str. 1-17. [COBISS.SI-ID 1537419459], [JCR]
PEER, Peter, EMERŠIČ, Žiga, BULE, Jernej, ŽGANEC GROS, Jerneja, ŠTRUC, Vitomir. Strategies for exploiting independent cloud implementations of biometric experts in multibiometric scenarios. *Mathematical problems in engineering*, ISSN 1024-123X. [Print ed.], Mar. 2014, vol. 2014, str. 1-15. [COBISS.SI-ID 10478420], [JCR]
KOVAČ, Jure, PEER, Peter. Human skeleton model based dynamic features for walking speed invariant gait recognition. *Mathematical problems in engineering*, ISSN 1024-123X. [Print ed.], Jan. 2014, vol. 2014, str. 1-15. [COBISS.SI-ID 10477140], [JCR]
KOVAČ, Jure, PEER, Peter. Transformation based walking speed normalization for gait recognition. *Transactions on internet and information systems*, ISSN 1976-7277, Nov. 2013, vol. 7, no. 11, str. 2690-2701. http://www.itiis.org/. [COBISS.SI-ID 10308948], [JCR]
(Nosilec ima sicer reference iz vseh modalnosti iz vsebine.)
Celotna bibliografija je dostopna na:
http://splet02.izum.si/cobiss/bibliography?code=19226&sciif=on.

AKTUALNO RAZISKOVALNO PODROČJE 1

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Aktualno raziskovalno področje 1
Course title:	Topical research themes 1
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

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

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0125916
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63545

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45	10	20			105	6

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Matej Kristan
Vrsta predmeta/Course type:	izbirni/elective

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

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

Vsebina:	Content (Syllabus outline):
Predmet izvajajo (mlajši) učitelji, ki bodo pokrivali novosti iz praktično usmerjenega raziskovalnega dela. Predstavili bodo tehnološke preboje ali uporabne rešitve s področja praktičnega računalništva in informatike, ki še niso vključene v vsebine obstoječih predmetov. Podrobna vsebina in predavatelj se določi vsako leto posebej glede na predloge, potrebe programa in zadnje raziskovalne smernice v svetu.	The course is lectured by (younger) professors who present novelties from practically oriented research work. Currently uncovered topics interesting due to recent technological breakthroughs or their applicative value are presented. The lecturer and specific contents of the course are determined annually according to the propositions, programme needs, and latest research trends.

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman: *The elements of statistical learning, 2nd edition*. Springer, 2009.
2. J. L. Hennessy, D. A. Patterson, *Computer Architecture, 5th edition: A Quantitative Approach*. Morgan Kaufmann, 2011.

Dodatna literatura se predpiše vsako leto posebej glede na vsebino in predloge izbranega predavatelja.

Additional literature is given annually, with respect to the current topic of the course.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilj predmeta je prenesti raziskovalne novosti v učni program in študentom omogočiti, da spoznajo zadnje tehnološke dosežke in praktične implementacije novih metod in tehnologij na področju računalništva in informatike.	The goal of the course is a transfer of recent research results into the curriculum. Students will be introduced to novel technological breakthroughs as well as practical implementations of new methods and technologies in the field of computer and information science.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po zaključku predmeta bo študent: - Poznal nove praktične raziskovalne prijeme, ki v obstoječem predmetniku še niso zajeta. - Znal uporabiti najnovejše pristope in tehnike z izbranega področja računalništva in informatike v praksi. - Razumel primernosti izbranih pristopov s področja računalništva in informatike za reševanje praktičnih primerov v poslovnih okoljih. - Znal reševati kompleksne probleme in razvijati kompleksne sisteme.	After completing this course a student will: - Be familiar with the field of study from the practical point of view, and recent new methods and concepts. - Know current practically oriented approaches and techniques from the specific field of computer and information science in. - Understand the advantages of the chosen approaches in computer and information science in solving specific practical tasks. - Know how to solve complex problems, and design complex systems.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, laboratorijske vaje	Lectures, lab work.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project):
Sprotno preverjanje (domače naloge, kolokviji in projektno delo)	50,00 %	Continuing (homework, midterm exams, project work)
Končno preverjanje (pisni in ustni izpit)	50,00 %	Final (written and oral exam)
Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).		Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	**Grading system:**

Reference nosilca/Lecturer's references:

ČEHOVIN, Luka, KRISTAN, Matej, LEONARDIS, Aleš. Robust visual tracking using an adaptive coupled-layer visual model. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, ISSN 0162-8828. [Print ed.], Apr. 2012, vol. 35, no. 4, str. 941-953, [COBISS.SI-ID 9431124]

SULIĆ KENK, Vildana, MANDELJC, Rok, KOVAČIČ, Stanislav, KRISTAN, Matej, HAJDINJAK, Melita, PERŠ, Janez. Visual re-identification across large, distributed camera networks. *Image and vision computing*, ISSN 0262-8856. [Print ed.], Feb. 2015, vol. 34, str. 11-26, [COBISS.SI-ID 10896980]

KRISTAN, Matej, LEONARDIS, Aleš, SKOČAJ, Danijel. Multivariate online kernel density estimation with Gaussian kernels. *Pattern recognition*, ISSN 0031-3203. [Print ed.], 2011, vol. 44, no. 10/11, str. 2630-2642. [COBISS.SI-ID 8289876]

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. [Print ed.], Dec. 2010, vol. 40, no. 6, str. 1505-1520, [COBISS.SI-ID 7709524]

KRISTAN, Matej, PERŠ, Janez, PERŠE, Matej, KOVAČIČ, Stanislav. Closed-world tracking of multiple interacting targets for indoor-sports applications. *Computer vision and image understanding*, ISSN 1077-3142. [Print ed.], May 2009, vol. 113, no. 5, str. 598-611, [COBISS.SI-ID 6401620].

Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu:
http://www.sicris.si/public/jqm/search_basic.aspx?lang=slv&opdescr=search&opt=2&subopt=1&code1=cmn&code2=auto&search_term=30155.

AKTUALNO RAZISKOVALNO PODROČJE 2

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Aktualno raziskovalno področje 2
Course title:	Topical research themes 2
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

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

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0125917
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63546

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45	10	20			105	6

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Matej Kristan
Vrsta predmeta/Course type:	izbirni predmet/elective course

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

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

Vsebina:	Content (Syllabus outline):
Predmet izvajajo (mlajši) učitelji, ki bodo pokrivali novosti iz teoretično usmerjenega raziskovalnega dela. Predstavili bodo nove ideje, metodološke preboje ali nove usmeritve na področju teoretičnega računalništva in informatike, ki še niso vključene v vsebine obstoječih predmetov. Podrobna vsebina in predavatelj se določi vsako leto posebej glede na predloge, potrebe programa in zadnje raziskovalne smernice v svetu.	The course is lectured by (younger) professors who present novelties from theoretically oriented research work. Currently uncovered topics interesting due to recent theoretical findings or methodological breakthroughs are presented. The lecturer and specific contents of the course are determined annually according to the propositions, programme needs, and latest research trends.

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. M. Li, P. Vitányi, *An Introduction to Kolmogorov Complexity and Its Applications, 3rd edition.* Springer, 2008
2. J. E. Hopcroft, R. Motwani, J. D. Ullman , *Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation, 3rd edition.* Prentice Hall, 2006.

Dodatna literatura se predpiše vsako leto posebej glede na vsebino in predloge izbranega predavatelja.

Additional literature is given annually, with respect to the current topic of the course.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilj predmeta je prenesti raziskovalne novosti v učni program in študentom omogočiti, da spoznajo njihove teoretične osnove, metodološke novosti in posledice za razvoj novih metod in tehnologij na področju računalništva in informatike.	The goal of the course is a transfer of recent research results into the curriculum. Students will be introduced to novel theoretical ideas as well as their possible impact for development of new methods and technologies in the field of computer and information science.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po zaključku predmeta bo študent: - Poznal nove praktične raziskovalne prijeme, ki v obstoječem predmetniku še niso zajeta. - Znal uporabiti najnovejše pristope in tehnike z izbranega področja računalništva in informatike v praksi. - Razumel primernosti izbranih pristopov s področja računalništva in informatike za reševanje praktičnih primerov v poslovnih okoljih. - Znal reševati kompleksne probleme in razvijati kompleksne sisteme.	After completing this course a student will: - Be familiar with the field of study from the practical point of view, and recent new methods and concepts. - Know current practically oriented approaches and techniques from the specific field of computer and information science in. - Understand the advantages of the chosen approaches in computer and information science in solving specific practical tasks. - Know how to solve complex problems, and design complex systems.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, laboratorijske vaje	Lectures, lab work.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project):
Sprotno preverjanje (domače naloge, kolokviji in projektno delo)	50,00 %	Continuing (homework, midterm exams, project work)
Končno preverjanje (pisni in ustni izpit)	50,00 %	Final (written and oral exam)
Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).		Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	**Grading system:**

Reference nosilca/Lecturer's references:

ČEHOVIN, Luka, KRISTAN, Matej, LEONARDIS, Aleš. Robust visual tracking using an adaptive coupled-layer visual model. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, ISSN 0162-8828. [Print ed.], Apr. 2012, vol. 35, no. 4, str. 941-953, [COBISS.SI-ID 9431124]

SULIĆ KENK, Vildana, MANDELJC, Rok, KOVAČIČ, Stanislav, KRISTAN, Matej, HAJDINJAK, Melita, PERŠ, Janez. Visual re-identification across large, distributed camera networks. *Image and vision computing*, ISSN 0262-8856. [Print ed.], Feb. 2015, vol. 34, str. 11-26, [COBISS.SI-ID 10896980]

KRISTAN, Matej, LEONARDIS, Aleš, SKOČAJ, Danijel. Multivariate online kernel density estimation with Gaussian kernels. *Pattern recognition*, ISSN 0031-3203. [Print ed.], 2011, vol. 44, no. 10/11, str. 2630-2642. [COBISS.SI-ID 8289876]

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. [Print ed.], Dec. 2010, vol. 40, no. 6, str. 1505-1520, [COBISS.SI-ID 7709524]

KRISTAN, Matej, PERŠ, Janez, PERŠE, Matej, KOVAČIČ, Stanislav. Closed-world tracking of multiple interacting targets for indoor-sports applications. *Computer vision and image understanding*, ISSN 1077-3142. [Print ed.], May 2009, vol. 113, no. 5, str. 598-611, [COBISS.SI-ID 6401620].

Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu:
http://www.sicris.si/public/jqm/search_basic.aspx?lang=slv&opdescr=search&opt=2&subopt=1&code1=cmn&code2=auto&search_term=30155

ALGORITMI

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Algoritmi
Course title:	Algorithms
Članica nosilka/UL Member:	

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

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0127821
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63508

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45	20	10			105	6

Nosilec predmeta/Lecturer:	izr. prof. dr. Andrej Brodnik
Vrsta predmeta/Course type:	obvezni predmet/co

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

Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:	**Prerequisites:**
Osnovno znanje algoritmov in podatkovnih struktur.	Basic knowledge of algorithms and data structures.

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Vsebina predmeta: Računska zahtevnost za algoritme tipa deli in vladaj. Randomizirani algoritmi in verjetnostna analiza algoritmov. Amortizirana analiza algoritmov. Iskanje v večdimenzionalnih prostorih: k-d drevesa, R drevesa, lokalno občutljivo razprševanje. Sortiranje s predpostavkami: s štetjem, korensko urejanje, sektorsko urejanje. Iskanje s predpostavkami: drevesa van Emde Boats. Razpršene tabele: funkcije razprševanja, univerzalno razprševanje, popolno razprševanje, Bloomovi filtri. Hevristične metode reševanja problemov: lokalne metode.	The topics: Computational complexity for divide and conquer algorithms. Randomized algorithms and probabilistic analysis. Amortized analysis of algorithms. Searching in multidimensional spaces: k-d trees, R-trees and locality-sensitive hashing. Sorting with assumptions: counting sort, radix sort, bucket sort. Searching with assumptions: van Emde Boats trees. Hash tables: hash functions, universal hashing, perfect hashing, Bloom filters. Heuristic programming: local methods. Metaheuristics for optimization.

Metahevristike pri optimizaciji. Biološko navdahnjene metode: genetski algoritmi, diferencialna evolucija in metode roja. Računska geometrija: lastnosti daljic, konveksna ovojnica, par najbližjih točk. Večnitni in porazdeljeni algoritmi. Avtomati in gramatike. Študenti, ki na prvi stopnji še niso osvojili osnovnih algoritmov in podatkovnih struktur, bodo pod mentorstvom izvajalcev v obliki seminarjev in domačih nalog sproti obdelali še manjkajoče predznanje.	Biologically inspired methods: genetic algorithms, differential evolution, swarm intelligence. Computational geometry: line-segment properties, convex hull, closest pair of points. Multithreaded and distributed algorithms. Automata theory and grammars. Students lacking a required background from the 1st degree courses will gain needed knowledge and skills through additional preparation of seminar papers and programming assignments throughout the course. The topics will be individually selected.

Temeljna literatura in viri/Readings:

T. H. Cormen, C.E. Leiserson, R.L. Rivest, C. Stein: *Introduction to Algorithms, 3rd edition*. MIT Press, 2009.
K.A.Berman, J.L. Paul: *Algorithms: Sequential, Parallel, and Distributed*. Thomson, 2005.
J. Kleinberg, E. Tardos: *Algorithm Design*. Pearson Education, 2006.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilj predmeta je nadgraditi znanje s področja načrtovanja in analize algoritmov in podatkovnih struktur. Študenti bodo dosegli nivo, ko znajo analizirati večino algoritmov in si razširili orodjarno znanih algoritmov in tehnik za njihov razvoj. **Splošne kompetence:** sposobnost kritičnega razmišljanja, razvoj spretnosti kritičnega, analitičnega in sintetičnega razmišljanja, sposobnost razumevanja in reševanja profesionalnih izzivov, sposobnost nadgradnje pridobljenega znanja. **Predmetno-specifične kompetence:** poznavanje mojstrove metode in metode Akra-Bazzi za analizo algoritmov tipa deli in vladaj, randomizacija algoritmov verjetnostna analiza algoritmov, amortizirana analiza algoritmov, poznavanje razredov formalnih jezikov in zapis regularnih izrazov ter kontekstno neodvisnih gramatik, poznavanje vloge predpostavk pri razvoju učinkovitih algoritmov, učinkovito iskanje prostorskih podatkov, uporaba razpršenih tabel, sestava razprševalne funkcije, priprava optimizacijskega problema za reševanje z lokalnimi metodami, uporaba meta-hevristik v lokalnih metodah: spremenljive okolice, vodeno lokalno iskanje, tabu preiskovanje, priprava problema za reševanje z biološko navdahnjenimi metodami: genetskimi algoritmi, metodo rojev, diferencialno evolucijo in kolonijo mravelj,	The goal of this course is to upgrade the knowledge of the analysis of algorithms and data structures and algorithm design techniques. A level where most of the algorithms can be analysed will be reached. Students will expand their algorithm toolbox and a set of design approaches. **General competences:** ability of critical thinking, developing skills in critical, analytical and synthetic thinking, the ability to understand and solve professional challenges in computer and information science, the ability to upgrade acquired knowledge. **Subject-specific competences:** use of master theorem and Akra-Bazzi method for analysis of divide-and-conquer algorithms, randomization of algorithms, probabilistic analysis of algorithms, amortized analysis of algorithms, classes of formal languages, writing regular expressions and context-free grammars, the role of assumptions in development of efficient algorithms, efficient search of spatial data and low-dimensional data, use of hash tables, construction of hash functions, preprocessing problems for optimization based on local search, using met heuristics in local search: variable neighbour method, guided local search, tabu search, preprocessing problems for biology inspired methods: particle swarm optimization, differential evolution, ant colony optimization using techniques from computational geometry and efficiently finding convex hull, analysis of multithreaded algorithms, speed-up

uporaba tehnik računske geometrije in poznavanje učinkovitih algoritmov za konveksno ovojnico, analiza večnitnih algoritmov, paralelna pohitritev, spreminjanje enonitnih v večnitne algoritme, poznavanje razvoja porazdeljenih algoritmov.	turning single threaded algorithms in multi-threaded algorithms, knowing distributed algorithm development.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešnem zaključku tega predmeta bo študent: - znal opredeliti razliko med težkim in lahkim problemom ter med dobrim in slabim algoritmom, - razumel delovanje izbranih algoritmov in jih znal implementirati v izbranem programskem jeziku, - sposoben izkazati algoritmični način razmišljanja in reševanja problemov, - sposoben samostojno razviti nov algoritem za izbrane probleme, - znal raziskati problem, določiti način reševanja in poiskati ali razviti algoritem, - sposoben ovrednotiti kakovost algoritma za reševanje izbranega problema.	After the completion of the course a student will be able to: - define the difference between easy and hard problems and between good (efficient) and bad (inefficient) solutions, - understand the selected algorithms and implement them in a selected programming language, - show the algorithmic way of thinking and solving the problems, - independently develop algorithms for solving the selected problems, - research the selected problem, find an approach to solve the problem and develop an appropriate algorithm, - evaluate the quality of a selected algorithm.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, laboratorijske vaje in domače naloge; pomembno je sprotno oddajanje domačih nalog. Študenti s šibkim obstoječim znanjem bodo manjkajoče znanje pridobili z dodatnimi individualnimi seminarskimi nalogami in programerskimi projekti.	Lectures and homework; assignments are assigned regularly and shall be delivered on time. For students with low prior knowledge individual work (seminal papers and programming assignments) will be assigned.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način: pisni in ustni izpit, naloge.		Type: written and oral examination, coursework.
Sprotno preverjanje: domače naloge, seminarsko delo.	50,00 %	Continuing: homework, seminars.
Končno preverjanje: pisni in ustni izpit.	50,00 %	Final: written and oral exam.
Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).		Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the Statutes of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	**Grading system:**

Reference nosilca/Lecturer's references:

BRODNIK, Andrej, GRGUROVIČ, Marko, POŽAR, Rok. Modifications of the Floyd-Warshall algorithm with nearly quadratic expected-time. Ars mathematica contemporanea. 2022, vol. 22, no. 1, str. 1-22, ilustr. ISSN 1855-3966.
BRODNIK, Andrej, MALNIČ, Aleksander, POŽAR, Rok. A subquadratic algorithm for the simultaneous conjugacy problem. Journal of graph theory. 2022, str. 1-8. ISSN 1097-0118.
BRODNIK, Andrej, MALNIČ, Aleksander, POŽAR, Rok. The simultaneous conjugacy problem in the symmetric group. Mathematics of computation. Nov. 2021, vol. 90, no. 332, str. 2977-2995. ISSN 0025-5718.
BRODNIK, Andrej, JEKOVEC, Matevž. Sliding suffix tree. Algorithms. 2018, vol. 11, no. 8, str. 1-11. ISSN 1999-4893.
BRODNIK, Andrej, GRGUROVIČ, Marko. Parallelization of ant system for GPU under the PRAM model. Computing and informatics. 2018, vol. 37, no. 1, str. 229-243, graf. prikazi. ISSN 1335-9150.

ANALIZA OMREŽIJ

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Analiza omrežij
Course title:	Network analysis
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	**Študijska smer**	**Letnik**	**Semestri**	**Izbirnost**
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Podatkovne vede (smer)		2. semester	izbirni
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)		2. semester	izbirni
Računalništvo in matematika, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik, 2. letnik	1. semester, 2. semester	izbirni
Umetna inteligenca (Erasmus Mundus Joint Master in Artificial Intelligence (EMAI)), druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik	2. semester	obvezni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0127835
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63545B

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	izr. prof. dr. Lovro Šubelj
Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet /specialist elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Uvod v omrežno znanost. Teorija grafov. Realna omrežja. **Položaj vozlišč.** Spektralne in razdaljnostne mere središčnosti vozlišč. Koeficienti nakopičenosti. Algoritmi analize povezav. **Pomembnost povezav.** Mere vmesne središčnosti povezav. Vpetost in topološko prekrivanje. **Podobnost vozlišč.** Lokalna in globalna podobnost vozlišč. Strukturna in regularna ekvivalenca.	**Introduction to network science.** Graph theory. Real-world networks. **Node position.** Spectral and distance node centrality. Clustering coefficients. Link analysis algorithms. **Link importance.** Betweenness and bridgeness link centrality. Embeddedness and topological overlap. **Node similarity.** Local and global node similarity. Structural and regular equivalence. **Node fragments.** Egonets analysis. Network motifs and graphlets. Convex subgraphs. Node orbit distributions.

Fragmenti vozlišč. Egocentrična analiza. Motivi in grafki omrežij. Konveksni podgrafi. Porazdelitve orbit vozlišč. **Razbitje grafov.** Bisekcija grafov. Spektralna analiza. Hierarhično razvrščanje. Jedrno-obrobna zgradba. **Razvrščanje omrežij.** Optimizacija modularnosti. Odkrivanje skupnosti. Bločno modeliranje. **Struktura omrežji.** Brezlestvična in omrežja malega sveta. Mešanje vozlišč. **Modeliranje omrežij.** Erdos-Renyi. Watts-Strogatz. Price, Barabasi-Albert in konfiguracijski modeli. **Abstrakcija omrežij.** Predstavitve omrežij. Strukturna primerjava omrežij. Vzorčenje omrežij. Algoritmi postavitve vozlišč. Prikazi omrežij. **Rudarjenje omrežij.** Klasifikacija in rangiranje vozlišč. Inferenca omrežij in napovedovanje povezav. Strojno učenje z grafi. **Izbrani primeri uporabe analize omrežij.** Odkrivanje goljufij. Programski inženiring. Informacijska znanost.	**Graph partitioning.** Graph bisection. Spectral analysis. Hierarchical clustering. Core-periphery structure. **Network clustering.** Modularity optimization. Community detection. Blockmodeling. **Network structure.** Small-world and scale-free networks. Node mixing. **Network modeling.** Erdos-Renyi. Watts-Strogatz. Price, Barabasi-Albert and configuration models. **Network abstraction.** Network representations. Structural network comparison. Network sampling. Network layout algorithms. Network visualization. **Network mining.** Node classification and ranking. Network inference and link prediction. Machine learning with graphs. **Selected applications of network analysis.** Fraud detection. Software engineering. Information science

Temeljna literatura in viri/Readings:

- Barabási, A.-L., *Network Science* (Cambridge University Press, 2016).
- Newman, M.E.J., *Networks: An Introduction* (Oxford University Press, 2010, 2018).
- Coscia, M., *The Atlas for the Aspiring Network Scientist* (e-print *arXiv:210100863v2*, 2021).
- Menczer, F., Fortunato, S. & Davis, C.A., *A First Course in Network Science* (Cambridge University Press, 2020).
- Easley, D. & Kleinberg, J., *Networks, Crowds, and Markets* (Cambridge University Press, 2010).
- de Nooy, W., Mrvar, A. & Batagelj, V., *Exploratory Social Network Analysis* (Cambridge University Press, 2011).
- Estrada, E. & Knight, P.A., *A First Course in Network Theory* (Oxford University Press, 2015

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Predmet je namenjen seznanitvi študentov s teoretičnimi osnovami omrežne znanosti in analize omrežij ter vidiki uporabe analize omrežij pri reševanju praktičnih problemov.	The course aims at familiarizing the student with the theoretical fundamentals of network science and analysis, and the practicalities of applying network analysis to real-world problems.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešno zaključenem predmetu naj bi bili študentje zmožni: • Uporabiti pristope omrežne znanosti k podatkovni analitiki. • Oceniti uporabo različnih metod in tehnik modeliranja. • Izbrati ustrezno tehniko za dani problem in podatke. • Interpretirati rezultate analize omrežij. • Prepoznati potencialne težave.	After successfully completing the course, students should be able to: • Apply the network science approach to data analysis. • Evaluate different types of methods and models. • Choose the correct approach for the problem at hand. • Interpret network analysis results • Identify potential issues.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, vaje, domače naloge, projekt in končni pisni izpit.	Lectures, lab sessions, homeworks, a project and a final written exam.

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

Sprotno preverjanje (domače naloge, projekt)	50,00 %	Continuing (homeworks, project)
Končno preverjanje (pisni izpit)	50,00 %	Final (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:

- Šubelj, L. & Bajec, M. Unfolding communities in large complex networks. *Phys. Rev. E* **83**, 036103 (2011).
- Šubelj, L., Fiala, D. & Bajec, M. Network-based statistical comparison of citation topology of bibliographic databases. *Sci. Rep.* **4**, 6496 (2014).
- Šubelj, L., Žitnik, S., Blagus, N. &Bajec, M. Node mixing and group structure of complex software networks. *Advs. Complex Syst.* **17**, 1450022 (2014).
- Šubelj, L., Van Eck, N. J. & Waltman, L. Clustering scientific publications based on citation relations. *PLoS ONE* **11**, e0154404 (2016).
- Marc, T. & Šubelj, L. Convexity in complex networks. *Netw. Sci.* **6**(2), 176-203 (2018).
- Šubelj, L. Convex skeletons of complex networks. *J. R. Soc. Interface* **15**(145), 20180422 (2018).
- Naglić, L. & Šubelj, L. War pact model of shrinking networks. *PLoS ONE* **14**(10), e0223480 (2019).
- Šubelj, L., Waltman, L, Traag, V. & Van Eck, N. J. Intermediacy of publications. *R. Soc. Open Sci.* **7**(1), 190207 (2020).
- Makarov, I., Kiselev, D., Nikitinsky, N. & Šubelj, L. Survey on graph embeddings and their applications to machine learning problems on graphs. *PeerJ Comput. Sci.* **7**, e357 (2021).
- Traag, V. & Šubelj, L. Large network community detection by fast label propagation. *Sci. Rep.* **13**, 2701 (2023).

APROKSIMACIJSKI IN NAKLJUČNOSTNI ALGORITMI

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Aproksimacijski in naključnostni algoritmi
Course title:	Approximation and randomized algorithms
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

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

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0148105
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63557

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	doc. dr. Uroš Čibej
Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet/specialist elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Struktura predmeta Naprednejše teme računske zahtevnosti Aproksimacijski algoritmi Naključnostni algoritmi Druge tehnike spopadanja s kompleksnostjo	Course Structure Advanced Topics in Computational Complexity Approximation Algorithms Randomized Algorithms Other Techniques for Tackling Complexity
Naprednejše teme računske zahtevnosti Predmet se bo poglobil v hierarhijo računske kompleksnosti. Obravnavali bomo: Različne računske modele Pomembne razrede, kot so P, NP, PH, PSPACE, ECP in NEXP Vlogo in primere prevedb med temi razredi Koncept relativizacije (preroki) Ladnerjev izrek ter primere problemov, kot sta izomorfizem grafov (GI) in faktorizacija	Advanced Topics in Computational Complexity This part of the course will delve into the hierarchy of computational complexity. We will cover: Various computational models Important classes such as P, NP, PH, PSPACE, ECP, and NEXP The role and examples of reductions between these classes The concept of relativization (oracles)

Modeliranje problemov z Booleovim zadovoljevanjem (SAT), celoštevilskim linearnim programiranjem (ILP) in semidefinitnim programiranjem (SDP)	Ladner's theorem and examples of problems like graph isomorphism (GI) and factorization Modeling problems with Boolean satisfiability (SAT), integer linear programming (ILP), and semidefinite programming (SDP)
Aproksimacijski algoritmi Ta del se bo osredotočil na algoritme, ki zagotavljajo rešitve z določenim odstopanjem od optimalne. Vsebine so: Definicije aproksimacijskih algoritmov in razreda APX Metode snovanja, kot so: Požrešni algoritmi Linearno programiranje Semidefinitno programiranje Polinomske aproksimacijske sheme (PTAS) Algoritmi s konstantno aproksimacijo L-prevedbe v razredu APX	Approximation Algorithms This section will focus on algorithms that guarantee solutions with a certain deviation from the optimal one. The topics include: Definitions of approximation algorithms and the APX class Design methods such as: Greedy algorithms Linear programming Semidefinite programming Polynomial-time approximation schemes (PTAS) Algorithms with a constant approximation ratio L-reductions within the APX class
Naključnostni algoritmi Raziskovali bomo, kako lahko naključnost pomaga pri reševanju zahtevnih problemov. To vključuje: Uporabo naključnosti pri problemih v razredu P, na primer z algoritmoma Rabin-Miller in Karger, ter preverjanje polinomske identitete Uporaba naključnosti za aproksimacijo Metoda color coding Koncept raznaklučenja (ali "derandomization"), ki naključne algoritme pretvori v deterministične	Randomized Algorithms We will explore how randomness can help in solving difficult problems. This includes: The use of randomness for problems in the P class, for example, with the Rabin-Miller and Karger algorithms, and checking for polynomial identity The use of randomness for approximation The color coding method The concept of derandomization, which converts randomized algorithms into deterministic ones
Druge tehnike spopadanja s kompleksnostjo Na koncu bomo spoznali še druge pristope, kot so: Fiksno-parametrsko sledljivi algoritmi (FPT) in kernelizacija Kvantni algoritmi Kompleksnost vezij Natančni eksponentni algoritmi	Other Techniques for Tackling Complexity Finally, we will get acquainted with other approaches, such as: Fixed-parameter tractable algorithms (FPT) and kernelization Quantum algorithms Circuit complexity Exact exponential algorithms

Temeljna literatura in viri/Readings:

Barak. *Computational Complexity: A Modern Approach*. Cambridge University Press, 2009
D.P. Williamson, D.B. Shmoys, *The Design of Approximation Algorithms*, Cambridge University Press, 2011.
V. V. Vazirani, *Approximation Algorithms,* Springer, 2004.
D. Hochbaum, *Approximation Algorithms for NP-hard Problems,* Course Technology, 1996.
R. Motwani, P.Raghavan, *Randomized Algorithms,* Cambridge University Press, 1995.
M. Mitzenmacher, E. Upfal, *Probability and Computing: Randomized algorithms and Probabilistic Analysis,* Cambridge University Press, 2005.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Slušatelji bodo na teoretičnem nivoju in prek praktičnih primerov osvojili znanja za približno in naključnostno reševanje praktičnih problemov, ki so v razumnem času drugače neobvladljivi.	Students will learn, both theoretically and through practical examples, how to use approximation and randomization techniques to solve practical yet intractable computational problems.

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

Študent bo po opravljenem predmetu: Razumel razloge za uporabo aproksimacijskih in naključnostnih pristopov pri reševanju kompleksnih problemov, kot so NP-težki problemi. Poglobljeno razumel hierarhijo razredov računske zahtevnosti (P, NP, PH, PSPACE, itd.), relacije med njimi ter vlogo različnih tipov prevedb. Razumel teoretične osnove aproksimacijskih algoritmov, vključno z definicijami, metodami snovanja (požrešni algoritmi, linearno in semidefinitno programiranje) in načini ocenjevanja kakovosti rešitev (razred APX, PTAS, L-prevedbe). Razumel vlogo naključnosti pri razvoju algoritmov in razlikoval med različnimi tipi naključnostnih algoritmov ter razredi kompleksnosti, ki jih opisujejo. Spoznal druge sodobne tehnike za spopadanje z računsko zahtevnostjo, kot so fiksno-parametrski algoritmi, kvantni algoritmi, kompleksnost vezij in natančni eksponentni algoritmi. Usposobljen za uporabo različnih metod za razvoj in analizo tako aproksimacijskih kot naključnostnih algoritmov. Sposoben samostojno poiskati in razumeti nove raziskovalne rezultate s področja aproksimacijskega in naključnostnega reševanja računskih problemov.	After completing the course, the student will be able to: Understand the reasons for using approximation and randomized approaches to solve complex problems, such as NP-hard problems. Develop a deep understanding of the hierarchy of computational complexity classes (P, NP, PH, PSPACE, etc.), the relationships between them, and the role of different types of reductions. Grasp the theoretical foundations of approximation algorithms, including definitions, design methods (greedy algorithms, linear and semidefinite programming), and ways to evaluate the quality of solutions (APX class, PTAS, L-reductions). Understand the role of randomness in algorithm development and differentiate between various types of randomized algorithms and the complexity classes that describe them. Learn about other modern techniques for tackling computational complexity, such as fixed-parameter tractable algorithms, quantum algorithms, circuit complexity, and exact exponential algorithms. Become proficient in using various methods for the design and analysis of both approximation and randomized algorithms. Be capable of independently searching for and understanding new research results in the field of approximation and randomized solutions to computational problems.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, domače naloge, seminarski način dela pri vajah.	Lectures, homeworks, and exercise groups.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način (pisni izpit, naloge, projekt)		Type (examination, coursework, project):
Sprotno preverjanje (domače naloge, praktično delo)	50,00 %	Continuing (homework, practical work)
Končno preverjanje (pisni izpit)	50,00 %	Final (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. ČIBEJ, Uroš, LI, Aaron, MIKLÓS, István, NASIR, Sohaib, SRIKANTH, Varun. *Constructing bounded degree graphs with prescribed degree and neighbor degree sequences*. Discrete Applied Mathematics, 2023.
2. ČIBEJ, Uroš, SLIVNIK, Boštjan, ROBIČ, Borut. *The complexity of static data replication in data grids*. Parallel Computing, 2007.
3. ČIBEJ, Uroš, ROBIČ, Borut, MIHELIČ, Jurij. *Empirical estimation of the halting probabilities*. Computability in Europe, 2014.
4. ČIBEJ, Uroš, MIHELIČ, Jurij. *Improvements to Ullmann's algorithm for the subgraph isomorphism problem*. International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence.
5. ČIBEJ, Uroš, MIHELIČ, Jurij. *A polynomial-time algorithm for recognizing subgraph-symmetry-compressible graphs*. MATCOS, 2019.

6. ČIBEJ, Uroš, FÜRST, Luka, MIHELIČ, Jurij. *A symmetry-breaking node equivalence for pruning the search space in backtracking algorithms*. Symmetry, 2019.

ARHITEKTURE INFORMACIJSKIH SISTEMOV ZA DIGITALNO TRANSFORMACIJO

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Arhitekture informacijskih sistemov za digitalno transformacijo
Course title:	Information System Architectures for Digital Transformation
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)		1. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0644723
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63575

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Branko Matjaž Jurič
Vrsta predmeta/Course type:	strokovno izbirni predmet/specialist elective course

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

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

Vsebina:	Content (Syllabus outline):
1. Arhitekturni temelji digitalnih platform: Prehod od monolitov k mikrostoritvam in kompozitnim arhitekturam (MACH). Uporaba Domensko vodenega načrtovanja (DDD) za dekompozicijo sistemov. 2. Dogodkovno vodena hrbtenica in podatkovne arhitekture: Asinhrona, dogodkovno	1. Architectural Foundations of Digital Platforms: Transition from monoliths to micr oservices and composable architectures (MACH). Application of Domain-Driven Design (DDD) for system decomposition. 2. Event-Driven Backbone and Data Architectures: Asynchronous, Event-Driven Architecture (EDA) using message brokers. 3. Integration Strategies and the API Economy: API-First strategy, API management (API Gateway), and secure B2B integration. 4. Process Discovery and Analysis: Process Mining for analyzing the as-is state and creating Digital Twins of an Organization (DTO). 5. Execution and Architecture: Process Engines, integration patterns, Low-Code/No-Code platforms, user experience, and data platforms. 6. Task and Process Automation: Automation using Robotic Process Automation (R PA). 7. Digital Experience Architectures and Operational Excellence: Supporting Omnich annel experiences with patterns such as Backend-for-Frontend (BFF) and Micro-frontends. Platform

vodena arhitektura (EDA) z uporabo posrednikov sporočil. 3. Integracijske strategije in API ekonomija: Strategija API-First, upravljanje API-jev (API Gateway) in varna B2B integracija. 4. Odkrivanje in analiza procesov: rudarjenje procesov (Process Mining) za analizo dejanskega stanja in ustvarjanje digitalnih dvojčkov organizacije. 5. Izvedba in arhitektura: procesni stroji (Process Engines), integracijski vzorci in platforme Low-Code/No-Code, uporabniška izkušnja in podatkovne platforme. 6. Avtomatizacija nalog in procesov: avtomatizacija z robotsko avtomatizacijo procesov (RPA). 7. Arhitekture digitalnih izkušenj in operativna odličnost: Podpora O mnichannel izkušnji z vzorci, kot sta Backend-for-Frontend (BFF) in Micro-frontends. Platform Engineering za izgradnjo notranjih razvijalskih platform (IDP) in zagotavljanje opazljivosti.	Engineering for building Internal Developer Platforms (IDP) and ensuring observability.

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. Richards, M., & Ford, N. (2020). Fundamentals of Software Architecture: An Engineering Approach. O'Reilly Media.
2. Newman, S. (2021). Building Microservices: Designing Fine-Grained Systems (2nd ed.). O'Reilly Media.
3. Kleppmann, M. (2017). Designing Data-Intensive Applications: The Big Ideas Behind Reliable, Scalable, and Maintainable Systems. O'Reilly Media.
4. van der Aalst, W. M. P. (2016). Process Mining: Data Science in Action. Springer.

5. Bornet, P., Barkin, I., & Wirtz, J. (2021). Intelligent Automation: Welcome to the World of Hyperautomation.
6. Willcocks, L. P., & Lacity, M. C. (2018). Robotic Process and Cognitive Automation: The Next Phase. Steve Brookes Publishing.
7. Juric, M. B., Bernhardt, S., & Reijers, H. A. (2015). Design Principles for Process-driven Architectures Using Oracle BPM and SOA Suite 12c. Packt Publishing.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Po uspešnem zaključku predmeta bo študent sposoben: Zasnovati modularne in skalabilne arhitekture: Uporabiti načela Domensko vodenega načrtovanja (DDD) za dekompozicijo kompleksnih poslovnih domen v neodvisne mikrostoritve in zasnovati kompozitne arhitekture (MACH), ki nadomeščajo monolitne sisteme.	Upon successful completion of the course, the student will be able to: Design Modular and Scalable Architectures: Apply Domain-Driven Design (DDD) principles to decompose complex business domains into independent microservices and design composable architectures (MACH) that replace monolithic systems. Implement an Event-Driven Backbone: Design asynchronous, Event-Driven Architectures (EDA) using message brokers, enabling real-time responsiveness and loose coupling between services. Master Integration Strategies and APIs: Define an API-First strategy, design secure and reusable interfaces, and manage their lifecycle (API Gateway) for effective B2B integration and ecosystem connectivity. Integrate Automation and Analytics Platforms: Incorporate Process Mining tools, process engines, and Robotic Process Automation (RPA) into the broader information architecture, thereby enabling the creation of Digital Twins and the automation of business processes. Design Digital Experience Architectures: Design backend systems that support a unified user experience across all channels (Omnichannel) using patterns such as Backend-for-Frontend (BFF) and Micro-frontends.

Implementirati dogodkovno hrbtenico: Načrtovati asinhrone, dogodkovno vodene sisteme (EDA) z uporabo posrednikov sporočil, kar omogoča odzivnost v realnem času in ohlapno povezanost med storitvami. Obvladovati integracijske strategije in API-je: Definirati strategijo API-First, načrtovati varne in ponovno uporabljive vmesnike ter upravljati njihov življenjski cikel (API Gateway) za učinkovito B2B integracijo in	

povezovanje ekosistemov. Integrirati platforme za avtomatizacijo in analitiko: Vključiti orodja za procesno rudarjenje (Process Mining), procesne stroje in robotsko avtomatizacijo (RPA) v širšo informacijsko arhitekturo, s čimer se omogoči ustvarjanje digitalnih dvojčkov in avtomatizacija poslovnih procesov. Načrtovati arhitekturo digitalnih izkušenj: Zasnovati zaledne sisteme, ki podpirajo enotno uporabniško izkušnjo na vseh	

kanalih (Omnichannel) z uporabo vzorcev, kot sta Backend-for-Frontend (BFF) in Micro-frontends.	

Predvideni študijski rezultati:	Intended learning outcomes:
Znanje in razumevanje: Študent bo razumel celovit spekter arhitektur informacijskih sistemov, potrebnih za digitalno transformacijo. Poznal bo sodobne arhitekturne paradigme, kot so MACH (Microservices, API-first, Cloud-native, Headless) in dogodkovno vodene arhitekture (EDA). Razumel bo vlogo in delovanje ključnih komponent digitalnih platform: od integracijskih slojev (API Gateway) in procesnih strojev do orodij za avtomatizacijo (RPA) in napredne analitike (Process Mining). Razumel bo, kako principi Domensko vodenega načrtovanja (DDD) vplivajo na strukturo programske opreme in kako platformni inženiring (Platform Engineering) omogoča operativno odličnost. **Uporaba:** Študent bo pridobljeno znanje sposoben praktično uporabiti pri načrtovanju kompleksnih digitalnih rešitev. Znal bo: Uporabiti DDD za dekompozicijo poslovnih problemov v modularne mikrostoritve. Zasnovati robustno integracijsko arhitekturo z uporabo API-jev in sporočilnih vrst. Integrirati orodja za procesno rudarjenje in avtomatizacijo (RPA, Low-Code) v širši informacijski sistem. Načrtovati arhitekturo za podporo večkanalni (Omnichannel) uporabniški izkušnji. Pripraviti arhitekturni načrt, ki upošteva zahteve po skalabilnosti, varnosti in vzdržnosti. **Refleksija:** Študent bo sposoben kritično vrednotiti arhitekturne odločitve in kompromise (trade-offs), npr. med konsistentnostjo in razpoložljivostjo ali med nakupom gotove rešitve in razvojem po meri. Razvil bo sposobnost presojanja, kdaj je uporaba določene tehnologije (npr. mikrostoritev ali RPA) poslovno upravičena in kdaj uvaja nepotrebno kompleksnost. Razumel bo vpliv tehnične arhitekture na organizacijsko strukturo (Conwayev zakon) in agilnost podjetja. **Prenosljive spretnosti - niso vezane le na en predmet:** Študent bo razvil ključne spretnosti za vlogo arhitekta ali vodje digitalizacije: Sistemsko inženirstvo:	**Knowledge and Understanding:** The student will understand the comprehensive spectrum of information system architectures required for digital transformation. They will be familiar with modern architectural paradigms such as MACH (Microservices, API-first, Cloud-native, Headless) and Event-Driven Architectures (EDA). They will understand the role and function of key digital platform components: from integration layers (API Gateway) and process engines to automation tools (RPA) and advanced analytics (Process Mining). They will grasp how Domain-Driven Design (DDD) principles influence software structure and how Platform Engineering enables operational excellence. **Application:** The student will be able to practically apply the acquired knowledge in designing complex digital solutions. They will be able to: Use DDD to decompose business problems into modular microservices. Design a robust integration architecture using APIs and message queues. Integrate Process Mining and automation tools (RPA, Low-Code) into the broader information system. Design an architecture to support an Omnichannel user experience. Prepare an architectural plan that considers scalability, security, and maintainability requirements. **Reflection:** The student will be able to critically evaluate architectural decisions and trade-offs (e.g., between consistency and availability, or between buying an off-the-shelf solution vs. custom development). They will develop the judgment to discern when the use of a specific technology (e.g., microservices or RPA) is business-justified and when it introduces unnecessary complexity. They will understand the impact of technical architecture on organizational structure (Conway's Law) and business agility. **Transferable Skills – not specific to one course:** The student will develop key skills for the role of an architect or digitalization lead:

Sposobnost videnja "velike slike" in razumevanja interakcij med različnimi sistemi, podatki in procesi. Arhitekturno razmišljanje: Sposobnost abstraktnega modeliranja kompleksnih sistemov in prepoznavanja vzorcev. Podatkovno podprto odločanje: Uporaba dejstev iz procesnega rudarjenja in metrik opazljivosti za usmerjanje razvoja in optimizacij. Obvladovanje standardov: Usposobljenost za delo z industrijskimi standardi za modeliranje, integracijo in varnost.	Systems Engineering: The ability to see the "big picture" and understand interactions between different systems, data, and processes. Architectural Thinking: The ability to abstractly model complex systems and recognize patterns. Data-Driven Decision Making: Using facts from Process Mining and observability metrics to guide development and optimization. Mastery of Standards: Proficiency in working with industry standards for modeling, integration, and security.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja in seminarska naloga. Skupinska analiza študijskih primerov.	Lectures and seminar work. Group case study analysis.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Sprotno preverjanje (domače naloge, kolokviji in projektno delo)	50,00 %	Continuing (homework, midterm exams, project work)
Končno preverjanje (pisni izpit)	50,00 %	Final (written and oral 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. Juric, M. B., Bernhardt, S., & Reijers, H. A. (2015). Design Principles for Process-driven Architectures Using Oracle BPM and SOA Suite 12c. Packt Publishing.
2. Juric B.M.: Do more with SOA Integration, PACKT Publishing, December 2011, ISBN ISBN 978-1-84968-572-6
3. Juric B.M., Chandrasekaran, Frece A. Srdić G., Hertiš M.: S., WS-BPEL 2.0 for SOA Composite Applications with IBM WebSphere 7: define, model, implement, and monitor real-world BPEL 2.0 business processes with SOA-powered BPM. Birmingham: Packt Publishing, cop. 2010. 644 str., ilustr. ISBN 978-1-849680-46-2.
4. Juric B.M, et. Al: Business process execution language for web services: an architect and developer's guide to orchestrating web services using BPEL4WS. Birmingham: Packt Publishing, 2006. X, 353 str., ilustr. ISBN 1-904811-81-7.
5. Juric M.B., Šaša A.: WS-BPEL extension for versioning. Inf. softw. technol. [Print ed.], 2009, vol. 51, iss. 8, str. 1261-1274.
6. Jurič M.B.: WSDL and BPEL extensions for event driven architecture. Inf. softw. technol. [Print ed.], 2010, vol. 52, iss. 10, str. 1023-1043, doi: 10.1016/j.infsof.2010.04.005.

Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu:
https://bib.cobiss.net/biblioweb/direct/si/slv/cris/18337?citation=true

BAYESOVA STATISTIKA

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Bayesova statistika
Course title:	Bayesian statistics
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Podatkovne vede (smer)	2. letnik	1. semester	obvezni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0127867
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63563

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	izr. prof. dr. Jure Demšar
Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet /specialist elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Kratek uvod v Bayesovo statistiko. Apriorna porazdelitev. Aposteriorna porazdelitev. Verjetje. Konjugiranost. Orodje Stan. **Metode MCMC.** Generiranje slučajnih števil. Markovske verige. Monte Carlo. Metoda sprejema in zavrnitve. Vzorčevalnik Gibbs. Metropolis-Hastings. **Statistični modeli.** GLM. Hierarhično modleiranje. Modeli diskretne izbire. Modeliranje časovnih vrst. Modeliranje z mešanicami porazdelitev. Gaussovi procesi. **Statistika v praksi.** Izbira apriorne porazdelitve. Izbira modela. Ocenjevanje modelov. Interpretacija modelov. Poročanje o rezultatih statističnih analiz. **Naprednejše računske metode.** Hamiltonski Monte Carlo. Laplaceova aproksimacija. Variacijski Bayes.	**Brief introduction to Bayesian statistics.** Prior. Posterior. Likelihood. Conjugacy. Stan software for Bayesian inference. **MCMC methods.** Random number generators. Markov Chains. Monte Carlo. Rejection sampling. Gibbs sampling. Metropolis-Hastings. **Statistical models.** GLM. Hierarchical modelling. Discrete choice models. Time-series models. Mixture models. Gaussian processes. **Statistics in practice.** Choosing priors. Model selection. Model evaluation. Diagnostics. Interpreting statistical models. Reporting statistical results. **Advanced computation.** Hamiltonian Monte Carlo. Laplace approximation. Variational Bayes.

Temeljna literatura in viri/Readings:

- Hoff, P. D. (2009). A first course in Bayesian statistical methods. Springer Science & Business Media.
- Kadane, J. B. (2011). Principles of uncertainty. CRC Press.
- Kruschke, J. (2014). Doing Bayesian data analysis: A tutorial with R, JAGS, and Stan. Academic Press.
- Gelman, A., Carlin, J. B., Stern, H. S., Dunson, D. B., Vehtari, A., & Rubin, D. B. (2013). Bayesian data analysis. CRC press.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Glavni cilj tega predmeta je študenta seznaniti z Bayesovo statistiko, kako uporabiti metode Bayesove statistike in temeljnimi algoritmi in računskimi tehnikami, ki nam omogočajo uporabo Bayesove statistike.	The main goal of this course is to introduce the student to Bayesian statistics, how to apply Bayesian statistics and the underlying algorithms and computational techniques that make Bayesian statistics practically feasible.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešno zaključenem predmetu naj bi bili študentje zmožni: • Rešiti tipične naloge statistike. • Izbrati primeren model za statistično analizo. • Interpretirati rezultate statističnih modelov. • Argumentirati izbrane metode in tehnike. • Pripraviti zgledno statistično poročilo. • Uporabiti primerne metode MCMC. • Zasnovati nove različice standardnih statističnih modelov.	After successfully completing the course, students should be able to: • Solve typical statistical tasks. • Select an appropriate model for statistical analysis. • Interpret statistical results. • Justify their modelling choices. • Prepare a exemplary statistical report. • Use appropriate MCMC methods. • Design new variants of standard statistical models.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, vaje, sprotno delo, diskusije, izpit.	Lectures, tutorials, coursework, discussions, exam.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Sprotno preverjanje (domače naloge, projekt)	50,00 %	Continuing (homework, project)
Končno preverjanje (ustni izpit) Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).	50,00 %	Final (oral exam) Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	**Grading system:**

Reference nosilca/Lecturer's references:

- Demšar, Jure, Grega Repovš, and Erik Štrumbelj. "bayes4psy—An open source R package for Bayesian statistics in psychology." Frontiers in psychology 11 (2020): 947.
- Ciglarič, Tadej, Rok Češnovar, and Erik Štrumbelj. »Automated OpenCL GPU kernel fusion for Stan math.« Proceedings of the International Workshop on OpenCL. 2020.
- Jurov, Iva, Jure Demšar, and Thomas McCurdy. "A Meta-Analysis of Sampled Maximal Aerobic Capacity Data for Boys Aged 11 Years Old or Less Obtained by Cycle Ergometry." Life 13.2 (2023): 276.
- van Midden, Vesna M., et al. "The effects of transcutaneous auricular vagal nerve stimulation on cortical GABA-ergic and cholinergic circuits: a transcranial magnetic stimulation study." European Journal of Neuroscience (2023).
- Demšar, J., Štrumbelj, E., & Bajec, I. L. (2016). A Balanced Mixture of Antagonistic Pressures Promotes the Evolution of Parallel Movement. Scientific reports, 6, 39428.

BREZŽIČNA SENZORSKA OMREŽJA

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Brezžična senzorska omrežja
Course title:	Wireless Sensor networks
Članica nosilka/UL Member:	

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

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0082617
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63511

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45	10	20			105	6

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Nikolaj Zimic
Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet/specialist elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Poglavja predavanj: 1. Zgradba omrežnega priključka (senzorja) 2. Arhitektura senzorskega omrežja 3. Fizični nivo 4. Protokoli v senzorskih omrežjih 5. Prenosni nivo 6. Poimenovanje in naslavljanje 7. Časovna sinhronizacija 8. Določanje pozicije v prostoru 9. Topologija omrežja 10. Usmerjevalni protokoli 11. Podatkovno in vsebinsko usmerjana omrežja 12. Omrežja LWPA 13. Satelitska senzorska omrežja	Basic topics: 1. Single – node architecture 2. Network architecture 3. Physical layer 4. The sensor network protocol 5. Transport layer 6. Naming and addressing 7. Time synchronization 8. Localization and positioning 9. Network topology 10. Routing protocols 11. Data centric and content – based networks 12. LPWA network 13. Satellite-based sensor networks

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. Holger Karl, Andreas Willig, “Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks ”, Wiley, 2007, ISBN: 0470519231 2. Ankur Dumka, Sandip K. Chaurasiya, Arindam Biswas, and Hardwari Lal Mandoria "A Complete Guide to Wireless Sensor Networks" CRC Press 2019 Number-13: 978-1-138-57828-9 3. Waltenegus Dargie, Christian Poellabauer , Fundamentals of Wireless Sensor Networks: Theory and Practice, Wiley , 2010, ISBN: 978-0-470-99765-9 Dodatna literatura: Abdulrahman Yarali,: "Wireless sensor networks (WSN)", 2020 by Nova Science Publishers, Inc.,ISBN 9781536187267

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilj predmeta je študentom računalništva in informatike predstaviti senzorska omrežja. Poudarek je na posebnostih senzorskih omrežij, ki se od običajnih razlikujejo po omejeni moči procesorja ter omejeni energiji za napajanje.	The goal of this course is to gain the main knowledge about wireless sensor networks with their special properties (different processing and power capabilities).

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Znanje in razumevanje: Po uspešno opravljenem modulu na bi bili študenti zmožni: izkazati znanje in razumevanje osnovnih principov senzorskih omrežij uporabiti postopke časovne sinhronizacije, določiti pozicijo senzorja v prostoru, zasnovati enostavno topologijo senzorskega omrežja, uporabiti ustrezen usmerjevalni protokol, izbrati ustrezen transportni protokol, razlikovati med podatkovno in vsebinsko usmerjenimi omrežji. **Uporaba:** Uporaba senzorskih omrežij pri raznih pogojih uporabe (v industriji, pri zajemanju podatkov na širokem področju, v domu, ...). **Refleksija:** Spoznavanje in razumevanje uglašenosti med teorijo in njeno aplikacijo na konkretnih primerih s področja senzorskih omrežij. **Prenosljive spretnosti - niso vezane le na en predmet:** Reševanje drugih konceptualno sorodnih problemov s področja komunikacije in zajemanja podatkov.	**Knowledge and understanding:** After successful completion of the course, students should be able to: understand the principles of sensor networks, use time synchronization techniques, determine the position of the sensor in the space, design a simple topology of the sensor network, use an appropriate routing protocol, select the appropriate transport protocol, distinguish between data and content-oriented networks. **Application:** Use of sensor networks in various scenarios (industry, general data acquisition, intelligent home,…). **Reflection:** Learning and understanding the correlation between theory and its application to specific scenarios of sensor network use. **Transferable skills:** Solving other conceptually related problems from the fields of communication and data acquisition.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, računske vaje z ustnimi nastopi. Poseben poudarek je na sprotnem študiju in na laboratorijskem delu pri vajah.	Lectures, numerical exercises and oral presentations. Special attention is given to active study and laboratory work.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project):
Sprotno preverjanje (domače naloge, kolokviji, projektno in seminarsko delo)	50,00 %	Continuing (homework, midterm exams, project work or seminar paper)
Končno preverjanje (pisni izpit)	50,00 %	Final (written exam)
Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).		Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	**Grading system:**

Reference nosilca/Lecturer's references:

VASYLCHENKOVA, Anastasiia, MRAZ, Miha, ZIMIC, Nikolaj, MOŠKON, Miha. Classical mechanics approach applied to analysis of genetic oscillators. IEEE/ACM transactions on computational biology and bioinformatics, ISSN 1545-5963. [Print ed.], May/Jun. 2017, vol. 14, no. 3, str. 721-727,
BORDON, Jure, MOŠKON, Miha, ZIMIC, Nikolaj, MRAZ, Miha. Fuzzy logic as a computational tool for quantitative modelling of biological systems with uncertain kinetic data. IEEE/ACM transactions on computational biology and bioinformatics, ISSN 1545-5963. [Print ed.], 2015, vol. 12, no. 5, str. 1199-120
PETRONI, Mattia, ZIMIC, Nikolaj, MRAZ, Miha, MOŠKON, Miha. Stochastic simulation algorithm for gene regulatory networks with multiple binding sites. Journal of computational biology, ISSN 1066-5277. [Print ed.], Mar. 2015, vol. 22, no. 3, str. 218-226,
ŠOBERL, Domen, ZIMIC, Nikolaj, LEONARDIS, Aleš, KRIVIC, Jaka, MOŠKON, Miha. Hardware implementation of FAST algorithm for mobile applications. Journal of signal processing systems for signal, image, and video technology, ISSN 1939-8018. [Print ed.], 2015, vol. 79, no. 3, str. 247-256,
PEČAR, Primož, MRAZ, Miha, ZIMIC, Nikolaj, JANEŽ, Miha, LEBAR BAJEC, Iztok. Solving the ternary quantum-dot cellular automata logic gate problem by means of adiabatic switching. *Japanese journal of applied physics*, ISSN 0021-4922, 2008, vol. 47, no. 6, str. 5000-5006

DIGITALIZACIJA POSLOVNIH PROCESOV

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Digitalizacija poslovnih procesov
Course title:	Digitalization of business processes
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)		2. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0644726
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63578

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	doc. dr. Damjan Fujs
Vrsta predmeta/Course type:	strokovno izbirni predmet/specialist elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
1. Uvod in temeljne definicije poslovnih procesov v okviru digitalizacije poslovnih procesov (rudarjenje procesov, inteligenca poslovnih procesov) 2. Sistemski pristop k digitalizaciji poslovnih procesov 3. Inteligenca poslovnih procesov za različne sisteme in sektorje (npr. banke, bolnišnice, trgovske verige, itd.) 4. Orodja in metodologije za izboljševanje poslovnih procesov (LeanSixSigma, Design thinking, BPM, DMN) 5. Inženirstvo zahtev v okviru izboljševanja poslovnih procesov (Funkcionalne zahteve in nefunkcionalne zahteve) 6. Storitveno inženirstvo (upravljanje življenjskega cikla storitve, storitveno programsko inženirstvo) 7. Modeliranje zahtev za potrebe digitalizacije poslovnih procesov	1. Introduction and basic definitions of business processes in the context of digitalization of business processes (process mining, business process intelligence) 2. System approach to digital transformation 3. Business process intelligence for various systems and sectors (e.g., banks, hospitals, retail chains, etc.) 4. Tools and methodologies for improving business processes (LeanSixSigma, Design thinking, BPM, DMN) 5. Requirements engineering in the context of improving business processes (Functional requirements and non-functional requirements) 6. Service engineering (service life cycle management, service software engineering) 7. Requirements modeling for digitalization of business processes

8. Izdelava sistemskih in funkcijskih specifikacij informacijskega sistema 9. Ogrodja za orkestracijo (poslovnih) procesov 10. Procesi programskega inženirstva v luči digitalizacije poslovnih procesov(osnove inženirstva programske opreme in modeli izboljšanja produktov/procesov) 11. Vloga digitalizacije pri poslovnih procesih 12. Študije primerov s poudarkom na digitalizaciji in v različnih industrijah te predstavitev aktualnih pristopov (npr. procesne koreografije, informacijska asismetrija, odprto inoviranje, Wikinomics, inovacije uporabnikov, commons-based peer production, trajnostnost). 13. Pristopi, metodologije, tehnike, orodja in ogrodja na področju rudarjenja procesov 14. Strateški okvir odločanja o poslovnih procesih (konkurenčne prednostne naloge, strateški vzvodi) 15. Analiza procesov (Littlov zakon, analiza zmogljivosti procesov) 16. Reinženiring procesov Dodatna vsebina se določi vsako leto posebej glede na predloge, potrebe programa in zadnje raziskovalne smernice v svetu.	8. Creation of system and functional specifications of an information system 9. Frameworks for (business) process orchestration 10. Software engineering processes in the light of digitalization of business processes (software engineering basics and improvement models products/processes) 11. The role of digitalization in business processes 12. Case studies with a focus on digitalization and in various industries presenting current approaches (e.g. process choreographies, information asymmetry, Wikinomics, open innovation, user innovation, commons-based peer production, sustainability). 13. Approaches, methodologies, techniques, tools, and frameworks in the field of process mining 14. Strategic framework for business process decision-making (competitive priorities, strategic levers) 15. Process analysis (Little's law, process capacity analysis) 16. Process reengineering Additional content is determined each year according to the proposals, program needs, and the latest research directions in the world.

Temeljna literatura in viri/Readings:

[1] Harmon, P. (2019). Business Process Change: A Business Process Management Guide for Managers and Process Professionals. Fourth Edition. Morgan Kaufmann.
[2] Weske, M. (2012). Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-28616-2
[3] De Neufville, R., & Scholtes, S. (2011). Flexibility in Engineering Design. MIT Press.
[4] Van Der Aalst, W. (2016). Process Mining: Data Science in Action. Springer Berlin Heidelberg.
[5] Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron, D., & Buckley, N. (2015). Strategy, not Technology, Drives Digital Transformation. *MIT Sloan management review*.
[6] Brocke, J. V., van der Aalst, W. M., Berente, N., van Dongen, B., Grisold, T., Kremser, W., ... & Weber, B. (2024). Process Science: The Interdisciplinary study of Socio-technical Change. *Process Science*, *1*(1), 1.
[7] Schuett, J. (2024). Risk Management in The Artificial Intelligence Act. *European Journal of Risk Regulation*, *15*(2), 367-385.

Nadaljnje relevantne knjige in članki v revijah/konferencah bodo objavljeni v predavanju
Further relevant books and journal/conference papers will be announced in the lecture

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilj predmeta je v učni proces prenesti znanja, ki so potrebna za celovito razumevanje analize in izboljševanja poslovnih procesov (npr. v okviru kompleksnih informacijskih sistemov v luči digitalizacije poslovnih procesov). Pri tem študenti s pomočjo inteligence poslovnih procesov razvijajo zmožnosti analitičnega in kritičnega razmišljanja. Namen predmeta je študentom podati vpogled v ključna ogrodja, tehnologije in procese za digitalizacijo poslovnih procesov skozi celoten cikel razvoja informacijskih sistemov (npr. analiza stanja, zajem zahtev, modeliranje poslovno informacijskih arhitektur, …).	Cilj predmeta je v učni proces prenesti znanja, ki so potrebna za celovito razumevanje analize in izboljševanja poslovnih procesov (npr. v okviru kompleksnih informacijskih sistemov v luči digitalizacije poslovnih procesov). Pri tem študenti s pomočjo inteligence poslovnih procesov razvijajo zmožnosti analitičnega in kritičnega razmišljanja. Namen predmeta je študentom podati vpogled v ključna ogrodja, tehnologije in procese za digitalizacijo poslovnih procesov skozi celoten cikel razvoja informacijskih sistemov (npr. analiza stanja, zajem zahtev, modeliranje poslovno informacijskih arhitektur, …).

Predvideni študijski rezultati:	Intended learning outcomes:
Po zaključku predmeta bo študent: - Poznal teoretične vidike in praktične omejitve različnih pristopov v okviru analize in izboljševanja poslovnih procesov - Poznal različne pristope k izboljšanju poslovnih procesov (inženirstvo zahtev, modeliranje poslovno informacijske arhitekture, dekompozicija, re-inženirstvo, …) - Znal uporabljati orodja za zajem zahtev (tako funkcionalnih kot nefunkcionalnih, načrtovanje poslovno informacijskih arhitektur, modeliranje, …) - Poznal procese inženirstva v luči digitalizacije poslovnih procesov (specifike programskega inženirstva, specifike storitvenega inženirstva, itd.) - Poznal procese izboljševanja in inoviranja poslovnih procesov - Znal združevati obstoječa znanja s širšega področja računalništva in informatike ter jih povezoval s specifikami digitalizacije poslovnih procesov - Razumel praktično uporabo na podlagi primerov iz uporabe v industriji	After completing the course, the student will: - Know the theoretical aspects and practical limitations of different approaches in the framework of business process analysis and improvement - Know different approaches to business process improvement (requirements engineering, business information architecture modeling, decomposition, re-engineering, ...) - Know how to use tools for capturing requirements (both functional and non-functional, business information architecture planning, modeling, ...) - Know the engineering processes in the light of digitalization of business processes (specifics of software engineering, specifics of service engineering, etc.) - Know the processes of improving and innovating business processes - Know how to combine existing knowledge from the broader field of computer and information science and connect them with the specifics of business process digitalization - Understand the practical application based on examples from use in industry

Metode poučevanja in učenja:	Learning and teaching methods:
Predavanja, vaje, domače naloge, projekt, individualno delo.	Lectures, tutorials, homework, project, individual work.

Načini ocenjevanja:	Delež/Weight	Assessment:
Sprotno preverjanje (domače naloge, kolokviji in projektno delo)	50,00 %	Continuing (homework, midterm exams, project work)
Končno preverjanje (pisni in ustni izpit)	50,00 %	Final (written and oral 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] FUJS, Damjan, VRHOVEC, Simon, ŽVANUT, Boštjan, VAVPOTIČ, Damjan. Improving the efficiency of remote conference tool use for distance learning in higher education : a kano based approach. Computers & Education : an international journal.

[2] FUJS, Damjan, VRHOVEC, Simon, VAVPOTIČ, Damjan. Inovativni model za obvladovanje informacijskovarnostnih groženj pri uporabi informacijskih sistemov. *Elektrotehniški vestnik*. [Slovenska tiskana izd.]. 2020, letn. 87, št. 3, str. 109-116, ilustr. ISSN 0013-5852

[3] FUJS, Damjan, VRHOVEC, Simon, VAVPOTIČ, Damjan. A novel approach for acquiring training and software security requirements. V: CAVIGLIONE, Luca (ur.), MILEVA, Aleksandra (ur.), WENDZEL, Steffen (ur.). *EICC 2020 : proceedings of the European Interdisciplinary Cybersecurity Conference : Rennes, France, November, 2020*. New York (NY): Association for Computing Machinery, cop. 2020. Str. 1-2, ilustr. ACM proceedings.

[4] FUJS, Damjan, VRHOVEC, Simon, VAVPOTIČ, Damjan. Balancing software and training requirements for information security. *Computers & security*. [Print ed.]. Nov. 2023, vol. 134, [article no. 103467], str. 1-13, ilustr. ISSN 0167-4048.

[5] FUJS, Damjan. Concurrent consideration of technical and human aspects in security requirements engineering. *Informatica : an international journal of computing and informatics*. [Tiskana izd.]. Jun. 2024, vol. 48, no. 2, str. 283-284, ilustr. ISSN 0350-5596
[6] FUJS, Damjan, VRHOVEC, Simon, HOVELJA, Tomaž, VAVPOTIČ, Damjan. SmartICST : a smart information and cyber security training approach for older adults. Education and information technologies. Sep. 2025, vol. 30, iss. 14, str. 19911-19932, ilustr. ISSN 1360-2357.
Celotna bibliografija je dostopna na SICRIS (dr. Damjan Fujs):
[7] POTOČNIK, Jaka, FUJS, Damjan. Navigating uncharted waters : select practical considerations in radiology AI compliance with the EU AI Act. NPJ digital medicine. Oct. 2025, vol. 8, article no. 630, str. 1-3. ISSN 2398-6352.
https://bib.cobiss.net/bibliographies/si/webBiblio/bib201_20250313_200626_53821.html

DIGITALNA FORENZIKA

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Digitalna forenzika
Course title:	Digital forensic
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

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

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0082824
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63530

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	izr. prof. dr. Andrej Brodnik
Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet /specialist elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Uvod in pravne osnove: • uvod • digitalni dokazi in računalniški kriminal • tehnologija in pravo: evropska perspektiva, ameriška perspektiva • preiskovalni proces in rekonstrukcija • modus operandi, motivi in tehnologija • digitalni dokazi na sodišču **Računalniki:** • osnove: delovanje, predstavitev podatkov, datotečni sistemi, enkripcija • forenzična znanost in računalniki: avtorizacija, razpoznava, dokumentiranje, zbiranje in ohranjanje, preiskava in analiziranje, rekonstrukcija	**Introduction and legal basis:** • introduction • digital evidence and computer crime • technology and legal framework: European perspective, North American perspective • investigating procedure and reconstruction • modus operandi, motifs and technology • a digital evidence and a court of law **Computers:** • basics: operation, data representation, file systems, encryption • forensic science and computers: authorization, recognition, documentation, collecting and saving data, investigation and analysis, reconstruction

• forenzična analiza sistemov Windows: datotečni sistem, pridobivanje podatkov iz računalnika, register, zabeležke (*log*), sledi datotek, omrežno dostopanje, programi • forenzična analiza sistemov Unix: datotečni sistem, pridobivanje podatkov iz računalnika, register, zabeležke (log), sledi datotek, omrežno dostopanje, programi • forenzična analiza sistemov Macintosh: datotečni sistem, pridobivanje podatkov iz računalnika, register, zabeležke (*log*), sledi datotek, omrežno dostopanje, programi • forenzična analiza dlančnih sistemov: pomnilnik, Palm OS, Windows CE, RIM Blackberry, mobilni telefoni **Omrežja:** • osnove: plasti in njihove storitve ter protokoli • forenzična znanost in omrežja: razpoznava, dokumentiranje, zbiranje, ohranjanje podatkov; filtriranje in združevanje podatkov • digitalni dokazi na fizični in povezavni plasti • digitalni dokazi na omrežni in prednosti plasti • digitalni dokazi v Internetu: splet, e-pošta, pogovorni programi; uporaba interneta kot preiskovalnega orodja **Preiskovanje računalniškega kriminala:** • vdori in rekonstrukcija • spolni zločini • nadlegovanje • digitalni dokazi kot alibi	• forensic analysis of Windows systems: file system, collecting data from the computer, registry, logs, traces of files, network access, programs • forensic analysis of Unix systems: file system, collecting data from the computer, registry, logs, traces of files, network access, programs • forensic analysis of Mac computers: file system, collecting data from the computer, registry, logs, traces of files, network access, programs • forensic analysis of palm computers: memory, Palm OS, Windows CE, RIM Blackberry, mobile phones **Networks:** • basics: layers and their services with protocols • forensic science and networks: recognition, documentation, collecting and saving data; data filtering and event matching • digital evidences on a physical layer • digital evidences on a link layer • digital evidences on a network layer • digital evidences in Internet: web, e-mail, chats; use of Internet as an investigation tool **Investigation of a computer crime:** • intrusion and reconstruction • sexual crimes • harassment • digital evidence as an alibi

Temeljna literatura in viri/Readings:

Digital Evidence and Computer Crime, Second Edition, Eoghan Casey, Academic Press (2004), ISBN-10: 0121631044, ISBN-13: 978-0121631048 Cyber Crime: The Investigation, Prosecution and Defense of a Computer-Related Crime. 2nd Edition. Edited by Clifford, R., Carolina Academic Press, ISBN 159460150X Computer Forensics: Incident Response Essentials, Kruse, W., &, Heiser, J, Addison Wesley, ISBN 201707195

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Študent se spozna s tem, kako se uporablja računalništvo in informatika v forenzičnih postopkih.	Student learns how to use knowledge and skills of Computer Science in forensic procedures.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešnem zaključku predmeta bo študent: • sposoben izkazati razumevanje osnovnih pojmov forenzike; • sposoben opredeliti v podrobnosti delovanja računalniških sistemov; • znal povezovati obe področji.	After the successful completion of the course the student will be able to: • understand basic terms in forensic science; • explain details of computer systems, and • combine knowledge from both areas.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, vaje, domače naloge, seminarji, konzultacije, laboratorijsko delo.	Lectures, exercises, lab work, assignments, seminars, consulting.

Načini ocenjevanja:	Delež/Weight	Assessment:
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project):
Sprotno preverjanje (domače naloge, kolokviji in projektno delo)	50,00 %	Continuing (homework, midterm exams, project work)
Končno preverjanje (pisni in ustni izpit)	50,00 %	Final (written and oral exam)
Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).		Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:

Reference nosilca/Lecturer's references:

1. BRODNIK, Andrej, IACONO, John. Unit-time predecessor queries on massive data sets. Lect. notes comput. sci., part 1, str. 133-144. [COBISS.SI-ID 8178260]
2. BRODNIK, Andrej, GRGUROVIČ, Marko. Speeding up shortest path algorithms. V: 23rd international symposium, 23rd international symposium, ISAAC 2012, (Lecture notes in computer science, ISSN 0302-9743, 7676), 2012, str. 156-165. [COBISS.SI-ID 1024498772]
3. TRČEK, Denis, BRODNIK, Andrej. Hard and soft security provisioning for computationally weak pervasive computing systems in e-health. IEEE wireless communications, ISSN 1536-1284. [Print ed.], Aug. 2013, vol. 20, no. 4. [COBISS.SI-ID 10091092]
4. BRODAL, Gerth Stølting, BRODNIK, Andrej, DAVOODI, Pooya. The encoding complexity of two dimensional range minimum data structures. 21st Annual European Symposium: proceedings, (Lecture notes in computer science, ISSN 0302-9743, Theoretical computer science and general issues, 8125). [COBISS.SI-ID 10148692]
5. KRIŽAJ, Dejan, BRODNIK, Andrej, BUKOVEC, Boris. A tool for measurement of innovation newness and adoption in tourism firms. International journal of tourism research, ISSN 1522-1970, 2014, vol. 16, no. 2, str. 113-125. [COBISS.SI-ID 1500126]

Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu: http://sicris.izum.si/search/rsr.aspx?lang=slv&id=5281.

DIGITALNE STRATEGIJE IN DIGITALNI POSLOVNI MODELI

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Digitalne strategije in digitalni poslovni modeli
Course title:	Digital strategies and digital business models
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)		1. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0644724
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63577

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45	10	20			105	6

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Tomaž Hovelja
Vrsta predmeta/Course type:	strokovno izbirni predmet/specialist elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Predavanja: Predmet se osredotoča na poglobljeno predstavitev sodobnih digitalnih strategije in digitalnih poslovnih modelov. Preučili bomo kako nove disruptivne informacijske tehnologije vplivajo na digitalizacijo poslovnih procesov, oblikovanje digitalnih produktov in storitev ter vstopanje na nove trge. V ta namen bomo: • Podrobno spoznali koncepte kot so digitalna preobrazba podjetja, industrija 4.0, družba 5.0, pametna tovarna, pametna logistika -integrirana veriga dodane vrednosti. • Preučili digitalne poslovne modele (platforme, naročnine, prosta dostopnost, dostopnost po potrebi, doživetja…) in z njimi povezana digitalna preoblikovanja podjetij skozi njihove ključne dimenzije. Te so:	**Lectures:** The course focuses on an in-depth study of modern digital strategies and digital business models. The course will examine how new disruptive information technologies enable digitalization of business processes, the design of digital products and services, and entering new markets. To this end, we will: • Learn about concepts such as digital transformation of the company, industry 4.0, society 5.0, smart factory, smart logistics - integrated value chain. • Examine digital business models (platforms, subscriptions, free accessibility, accessibility on demand, experiences...) and related digital transformations of companies through their key dimensions. These are:

• poslovne domene digitalne preobrazbe (kupci, konkurenca, podatki, inovativnost, ustvarjena dodana vrednost) • sodobne disruptivne informacijske tehnologije, ki predstavljajo tehnološko osnovo digitalne preobrazbe podjetij (internet stvari, masivni podatki, digitalni dvojčki, umetna inteligenca, računalništvo v oblaku, 3D-tiskanje, Blockchain, Edge…). • agilne organizacijske in managerske prakse (osnovni principi digitalne preobrazbe, pristopi industrije 4.0, kanvas metodologija, osredotočenje na kupca, agilni pristopi k (re)organizaciji podjetij …) • digitalne socialne veščine (strateški pogled, inovativnost, e-vodenje, timsko delo, tehnike komunikacije in pogajanj…). Preučili primere dobrih praks in pristopov k oblikovanju digitalne strategije podjetja (izkušnja kupca, podatkovna strategija, procesi in digitalne rešitve za podporo poslovanja, digitalni poslovni modeli, produkti in storitve, načrt razvoja digitalnih kadrov in digitalnih delovnih mest, načrt razvoja digitalne kulture, kibernetska varnost…) in izvedbi implementacije digitalne preobrazbe v različnih panogah. **Vaje:** Namen vaj je dvojen: • Naučiti študente kako pripraviti digitalno strategijo za specifično podjetje • Naučiti študente kako ovrednotiti digitalno strategijo specifičnega podjetja **Delo izven kontaktnih ur:** Študenti skladno z navodili na vajah pripravijo in ovrednotijo digitalne strategije za specifična podjetja.	• business domains of digital transformation (customers, competition, data, innovation, created added value) • modern disruptive information technologies that represent the technological basis for digital transformation (IoT, Big Data, Digital twins, AI, Cloud computing, 3D-printing, Blockchain, Edge ...). • agile organizational and managerial practices (basic principles of digital transformation, Industry 4.0 approaches, canvas methodology, customer focus, agile organizational frameworks...) • digital social skills (strategic view, innovation, e-leadership, teamwork, communication and negotiation techniques…). Study examples of good practices and approaches to the design of the company's digital strategy (customer experience, data strategy, processes and digital solutions for business support, digital business models, products and services, digital HR and digital jobs development plan, digital culture development plan, cyber security...) and the implementation of digital transformation in various industries. **Laboratory practice:** The purpose of the lab practices is twofold: 1. Teach students how to prepare a digital strategy for a specific company 2. Teach students how to evaluate the digital strategy of a specific company **Individual work outside of contact hours:** Students prepare and evaluate digital strategies for specific companies in accordance with the instructions in the exercises.

Temeljna literatura in viri/Readings:

Dieffenbacher, Hüttinger, Zaninelli, Lines, Rein. How to Create Innovation: The Ultimate Guide to Proven Strategies and Business Models to Drive Innovation and Digital Transformation 1st Edition, Wiley, 2024. Prabhu, Amit: Digital Strategy Framework: A Practical Guide for Incumbents, Business Expert Press, LLC, 2024 Rogers, David L., The digital transformation playbook : rethink your business for the digital age, Columbia University Press, 2016. Cordon, Garcia-mila, Ferreiro Vilarino and Caballero: Strategy is Digital: How Companies Can Use Big Data in the Value Chain, Springer 2016 Robert Obermaier: Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe: Betriebswirtschaftliche, technische und rechtliche Herausforderungen 1. Aufl. 2016 Edition, Robert Obermaier: Handbuch Industrie 4.0 und Digitale Transformation: Betriebswirtschaftliche, technische und rechtliche Herausforderungen Erasmus+ I4EU – Project: Key competences for an European model of Industry 4.0

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilj predmeta je študente seznaniti s ključnimi koncepti digitalnih strategij in poslovnih modelov ter poslovnimi, tehničnimi, organizacijskimi, managerskimi in socialnimi tehnikami, ki tvorijo ogrodje digitalne preobrazbe podjetja. Na ta način	The aim of the course is to familiarize students with the key concepts of digital strategies and business models, as well as business, technical, organizational, managerial and social techniques that form the framework of the digital transformation of the

bodo pridobili potrebne kompetence za samostojno pripravo digitalno strategijo za podjetje in načrta njene implementacije. Pri predmetu bodo študenti pridobili ključne organizacijske, managerske in socialne kompetence štirih profilov za EU I4.0 sektor, kot so določeni v EQF in ECVET kompetenčnem ogrodju. Te so: • Management digitalne preobrazbe • Strateški pogled • Učinkovito delo v ekipi za digitalno transformacijo • Razumevanje digitalnih strategij Razumevanje poslovnih modelov in kanvas metodologije	company. This will empower them to independently prepare a digital strategy for the company and develop a plan for its implementation. In the course, students will acquire key organizational, managerial and social competencies of the four profiles from the EU I4.0 sector, as defined in the EQF and ECVET Competency Frameworks. These are: • Digital Transformation Management • Strategic view • Effective work in a digital transformation team • Understanding digital strategies Understanding business models and canvas methodology

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Znanje in razumevanje: Študent osvoji tehnike načrtovanja in izvedbe digitalne preobrazbe, pridobi strateški pogled na razvoj podjetja in njihovih organizacij, spozna veščine uspešnega delovanja v projektni ekipi za izvedbo kompleksnih projektov digitalne prenove. **Uporaba:** Predmet je povezan s poslovno prakso. Na vajah bodo študentske ekipe za specifična podjetje pripravila digitalne strategije in jih ovrednotila. **Refleksija:** Študent bolje razume spremembe, ki jih digitalizacija podjetij prinaša v evropska gospodarstva, pridobi sposobnost kritičnega ovrednotenja različnih digitalnih strategij in poslovnih modelov, razume (ne)skladnosti med teoretičnimi koncepti in praktičnim ravnanjem podjetij. **Prenosljive spretnosti:** Študent pridobi kompetence iz organizacijskih in socialnih veščin I4.0 profilov Junior Operations Manager, Junior Business Strategist, Junior Tech Professional in Junior Talent Manager kot definiranih v I4EU Handbook Key competences for an european model of Industry 4.0. Poleg tega pridobi izkušnje z delom v projektih digitalne prenove ter izboljša razumevanje trendov na področju digitalizacije podjetij ter splošno sposobnost kritičnega razmišljanja	**Knowledge and understanding:** The student familiarizes with the techniques for planning and implementing digital transformation in companies, acquires a strategic view of the development of companies and their organizations, learns the necessary skills for efficient and effective work in digital transformation project teams. **Application:** The course aims to simulate business practice. In the exercises, student teams will develop digital strategies for specific companies and evaluate them. **Reflection:** The student will improve his/her understanding of the changes that the digitalization of enterprises brings to economies, the student will acquire the skills needed for critical evaluation of digital strategies and digital models and understand the (mis)fit between theoretical concepts and practical conduct of companies. **Transferable skills:** The student acquires competencies from the organizational and social skills of the I4.0 profiles of Junior Operations Manager, Junior Business Strategist, Junior Tech Professional and Junior Talent Manager as defined in the I4EU Handbook Key competences for an European model of Industry 4.0. In addition, they gain experience conducting digital transformation projects, improve their understanding of trends in the field of digitalization of companies and their general ability to think critically.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja: 3 ure na teden Študenti na predavanjih osvojijo poznavanje in razumevanje predhodno omenjenih in veščin. Na predavanjih uporabljamo študije primerov, video posnetke in, v kolikor možno, obiske znanih podjetij, da bi študentom čim bolj približali podjetniško prakso. **Vaje: 2 uri na teden**	**Lectures: 3 hours per week**. In lectures Students gain the previously mentioned knowledge and skills. In the lectures, we use case studies, videos and, if possible, visits to well-known companies in order to bring students as close as possible to entrepreneurial practice. **Tutorials: 2 hours per week.**

Na vajah študenti praktično uporabijo znanje pridobljeno na predavanju. V okviru predmeta za specifično podjetje pripravijo strategijo digitalne preobrazbe. S tem namenom študenti delajo v skupinah. Na koncu predmeta sledi prezentacija pripravljenih strategij digitalne preobrazbe in njihova evalvacija.	In the exercises, students practically apply the knowledge gained during lectures. As part of the course, they prepare a digital transformation strategy for a specific company. To this end, students work in groups. At the end of the course, there is a presentation of the prepared digital transformation strategies and their evaluation.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Kolokviji ali izpit	50,00 %	Midterm exams or Final exam
Projektno delo	50,00 %	Project work

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:

MIHELIČ, Anže, VRHOVEC, Simon, MARKELJ, Blaž, HOVELJA, Tomaž. Delegation-based agile secure software development approach for small and medium-sized businesses. IEEE access. 11 Dec. 2024, vol. 12, str.
MIHELIČ, Anže, VRHOVEC, Simon, HOVELJA, Tomaž. Agile development of secure software for small and medium-sized enterprises. Sustainability. 2023, vol. 15, iss. 1, str. 1-23.
VAVPOTIČ, Damjan, KALIBATIENE, Diana, VASILECAS, Olegas, HOVELJA, Tomaž. Identifying key characteristics of business rules that affect software project success. Applied sciences. Jan. 2022, vol. 12, iss. 2, str. 1-10, ilustr. ISSN 2076-3417.
VAVPOTIČ, Damjan, BALA, Saimir, MENDLING, Jan, HOVELJA, Tomaž. Software process evaluation from user perceptions and log data. Journal of software. Apr. 2022, vol. 34, iss. 4, str. 1-14, ilustr. ISSN 2047-7473.
LEVSTEK, Aleš, PUCIHAR, Andreja, HOVELJA, Tomaž. Towards an adaptive strategic IT governance model for SMEs. Journal of theoretical and applied electronic commerce research. 2022, vol. 17, iss. 1, str. 230-252.
VAVPOTIČ, Damjan, ROBNIK ŠIKONJA, Marko, HOVELJA, Tomaž. Exploring the relations between net benefits of IT projects and CIOs perception of quality of software development disciplines. Business & information systems engineering. [Print ed.]. 2020, vol. 62, no. 4, str. 347-360
HOVELJA, Tomaž, VASILECAS, Olegas, KALIBATIENE, Diana, RUPNIK, Rok. Evaluating organizational characteristics complementary with enterprise software products. Journal of business economics and management : transition processes in Central and Eastern Europe. 2020, vol. 21, no. 3, str. 890-913
LEVSTEK, Aleš, HOVELJA, Tomaž, PUCIHAR, Andreja. IT governance mechanisms and contingency factors : towards an adaptive it governance model. Organizacija : revija za management, informatiko in kadre, ISSN 1318-5454. [Tiskana izd.], nov. 2018, vol. 51, no. 4, str. 286-310.
Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu:
https://cris.cobiss.net/ecris/si/sl/researcher/34132 (za prof. dr. Tomaž Hovelja)

DISKRETNA MATEMATIKA

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Diskretna matematika
Course title:	Discrete Mathematics
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)		2. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0082841
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63532

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Gašper Fijavž
Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet/specialist elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Povezanost grafov in dekompozicije, bloki, 3-povezane komponente, povečanje povezanosti. 1. Mengerjev izrek, Hallov izrek, pretoki, Ford-Fulkersonov izrek, prirejanja. 2. Ravninski grafi, 5-barvanje, različna barvanja ravninskih grafov, postopek prenosa naboja. 3. Drevesna dekompozicija in drevesna širina grafov, igra policajev in roparja, grafi z omejeno drevesno širino. 4. Posebni razredi grafov, lastnosti, razpoznavanje, optimizacija. 5. Problemi na usmerjenih grafih. 6. Grafovski minorji, problem disjunktnih poti. 7. Računska geometrija: algoritmi pometanja. 8. Osnovni problemi z mnogokotniki. 9. Triangulacije mnogokotnikov. 10. Voronoievi diagrami in Delaunayeve triangulacije.	1. Graph connectivity, decompositions, blocks, 3-connected components. 2. Menger and Hall theorems, flows, Ford-Fulkerson theorem, matchings. 3. Planar graphs, 5-colorings, colorings of planar graphs, discharging algorithms. 4. Tree decompositions and tree width, cops and robbers game, graphs with bounded tree width. 5. Graph classes, properties, recognition, optimization. 6. Problems on directed graphs. 7. Graph minors, disjoint paths problems. 8. Computational geometry, sweeping algorithms. 9. Basic problems on polygons, triangulation. 10. Voronoi diagrams, Delaunay triangulations.

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. M. de Berg, O. Cheong, M. van Kreveld, M. Overmars,Computational Geometry: Algorithms and Applications, Springer Verlag, 2008.
2. S. Even, Graph Algorithms, CS Press, 1979.
3. G. Valiente, Algorithms on trees and graphs, Springer Verlag, 2002.
4. G. Fijavž, Discrete mathematics, Ljubljana, 2014, http://matematika.fri.uni-lj.si/dm/dm.pdf.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Možnost definiranja, razumevanja in reševanja kreativnih strokovnih nalog iz področja računalništva in informatike. Zmožnost strokovne komunikacije v materinem in tujem jeziku. Cilj predmeta je poglobiti znanje iz teorije grafov v povezavi z algoritmi na grafih. Del tečaja je namenjen geometrijskim konfiguracijam, ki jih ravno tako študiramo z algoritmičnega stališča.	The ability to define, understand and solve creative professional challenges in computer and information science; The ability of professional communication in the native language as well as a foreign language. Major part of the course is devoted to graph theory emphasizing on graph algorithms. In part the course covers problems in geometric configurations, again focusing on the algorithmic perspective.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešnem zaključku predmeta bo študent: - uporabljal algoritme za izračun pretokov pri iskanju velikih disjunktnih družin poti v grafih, - razumel pojem povezanosti grafa in poznal lastnosti in strukture, ki jih porodi vse večja povezanost grafa, - razumel in znal implementirati postopke prenosa naboja v ravninskih grafih, - razumel koncept seznamskega barvanja grafa z uporabo na ravninskih grafih, - obvladal razpoznavanje in reševanje nekaterih težkih optimizacijskih problemov v posebnih razredih grafov, - poznal in razumel nekaj dinamičnih algoritmov za težke probleme na grafih omejene drevesne širine, - razumel in uporabljal Delaunayave triangulacije in Voronoieve diagrame kot primera geometrijskih diskretnih struktur.	After the completion of the course a student will be able to: - use flow algorithms for lookig for large families of disjoint paths in graphs, - understand the notion of graph connectivity and know properties and structures that follow from incresing connectivity in graphs, - understand and implement discharging algorithms in planar graphs, - understand the concept of list coloring and its usage in the class of planar graphs, - be able to recognize and solve several computationally hard problems in special graph classes, - understand several dynamical algoriths for hard problems on graphs of bounded treewidth, - understand and use Delaunay triangulations and Voronoi diagrams as examples of geometric discrete structures.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja in vaje z reševanjem problemov, problemske domače naloge. Domače naloge so delno časovno nezahtevne in služijo za utrjevanje snovi. Delno pa so lahko domače naloge tudi manjši projekti, ki jih študentje izdelajo v majhnih skupinah in so časovno bolj zahtevne.	Lectures and exercise groups, homework assignments. Frequent homework assignments shall not be time consuming. Some of the homework assignments will be more demanding – projects – which may be distributed to students divided in groups.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project):
Sprotno preverjanje (domače naloge, kolokviji in projektno delo)	50,00 %	Continuing (homework, midterm exams, project work)
Končno preverjanje (pisni in ustni izpit)	50,00 %	Final (written and oral exam)
Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).		Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	**Grading system:**

Reference nosilca/Lecturer's references:

1. FIJAVŽ, Gašper, WOOD, David Richard. Graph minors and minimum degree. The Electronic journal of combinatorics, ISSN 1077-8926. [Online ed.], 2010, vol. 17, no. 1, r151 (30 str.).
2. DUJMOVIĆ, Vida, FIJAVŽ, Gašper, JORET, Gwenaël, SULANKE, Thom, WOOD, David Richard. On the maximum number of cliques in a graph embedded in a surface. European journal of combinatorics, ISSN 0195-6698, 2011, vol. 32, no. 8, str. 1244-1252.
3. ALAM, Muhammad Jawaherul, CHAPLICK, Steven, FIJAVŽ, Gašper, KAUFMANN, Michael, KOBOUROV, Stephen G., PUPYREV, Sergey. Threshold-coloring and unit-cube contact representation of graphs. V: BRANDSTÄDT, Andreas (ur.), JANSEN, Klaus (ur.), REISCHUK, Rüdiger (ur.). Graph-theoretic concepts in computer science : 39th International Workshop, WG 2013, Lübeck, Germany, June 19-21, 2013 : revised papers, WG 2013, 39th International Workshop on Graph-Theoretic Concepts in Computer Science, June 19 - 21, 2013, Lübeck, Germany, (Lecture notes in computer science, ISSN 0302-9743, 8165). Heidelberg [etc.]: Springer. cop. 2013, str. 26-37.
4. FIJAVŽ, Gašper, PISANSKI, Tomaž, RUS, Jernej. Strong traces model of self-assembly polypeptide structures. MATCH Communications in Mathematical and in Computer Chemistry, ISSN 0340-6253, 2014, vol. 71, no. 1, str. 199-212.
5. FIJAVŽ, Gašper, NAKAMOTO, Atsuhiro. Odd complete minors in even embeddings on surfaces. Discrete Mathematics, ISSN 0012-365X. [Print ed.], 2016, vol. 339, iss. 1, str. 165-178.

Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu:
http://www.sicris.si/search/rsr.aspx?lang=slv&id=9390.

FUNKCIJSKO PROGRAMIRANJE

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Funkcijsko programiranje
Course title:	Functional programming
Članica nosilka/UL Member:	

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

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0088108
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63507

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45	10	20			105	6

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Zoran Bosnić
Vrsta predmeta/Course type:	obvezni predmet/compulsory course

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

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

Vsebina:	Content (Syllabus outline):
Predmet poučuje koncept in uporabo paradigme funkcijskega programiranja, skozi katero se dotika teorije programskih jezikov in poglobljenega razumevanja njihovih lastnosti. Poglavja pri predmetu vsebujejo: Uvod v funkcijsko programiranje. Pojem okolja, leksikalnega in semantičnega dosega. Osnove funkcijskega jezika Standard ML (sintaksa, semantika, enostavni in sestavljeni podatkovni tipi, opcije, lastni tipi) in osvajanje naslednjih pojmov: ujemanje vzorcev, funkcije višjega reda, currying, delo z moduli. Osnove funkcijskega jezika Racket in osvajanje naslednjih pojmov: takojšnja in lena evalvacija,	The course teaches the concept and use of a functional programming paradigm and connects it to the programming language theory through a deeper understanding of programming language concepts. The content contains: Introduction to functional programming. Concepts of: environment, lexical and semantic scope. Basics of Standard ML (syntax, semantics, basic and complex data types, options, custom types) and concepts: pattern matching, higher order functions, currying, working with modules. Basics of Racket programming language and concepts:

tokovi, zakasnitev in sprožitev, gradnja podatkovnih tipov, funkcije z dinamičnim številom argumentov, izdelava interpreterja. Primerjava funkcijskega in objektno usmerjega programiranja. Vrste tipiziranj (statično/dinamično, močno/šibko, implicitno/eksplicitno) in trdnost/polnost sistema tipov.	eager and lazy evaluation, streams, delay and force, building custom datatypes, functions with variable number of arguments, making an interpreter. Comparison of functional and object-oriented programming. Different types of typing (static/dynamic, weak/strong, implicit/explicit) and soundness/completeness of a type system.

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. R. Pucella: Notes on Programming SML/NJ, Cornell, 2001
2. Matthew Flatt, Robert Bruce Findler et al.: The Racket Guide, 2015.
3. Ravi Sethi: Programming Languages: concepts & constructs. Addison-Wesley, 1996.
4. A. Tucker, R. Noonan: Programming Languages: Principles and Paradigms. McGraw-Hill, 2007.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Študenti, ki so dokončali prvostopenjski študij RI, so opravili predmete s področja osnov programiranja in pretežno spoznali objektno-usmerjeno paradigmo programiranja. Cilj tega predmeta predstaviti drugačne tehnike programiranja s poudarkom na funkcijskem programiranju. Predmet bo študentom omogočil razvoj veščin kritičnega, analitičnega in sintetičnega mišljenja pri uporabi in razumevanju delovanja programskih jezikov kot temeljnih orodij vsakega programerja.	Students who finished the undergraduate study of computer science already completed courses on basics of programming and mostly used the object-oriented programming paradigm. The objective of this course is to present alternative programming techniques with the emphasis on functional programming. The course will help develop students' skills in critical, analytical and synthetic thinking for use and understanding of programming languages as basic tools of each programmer.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešnem zaključku predmeta bo študent: - razlikoval paradigme objektno-usmerjenega in funkcijskega programiranja, - znal opisati prednosti izogibanja mutaciji in stranskim učinkom, - sposoben uporabljati ujemanje vzorcev, funkcije višjega reda, lastne podatkovne tipe, zakasnjeno evalvacijo, - razločeval med statično/dinamično, impliticno/eksplicitno, šibko/močno tipiziranimi programskimi jeziki, - sposoben načrtovati lastni preprost programski jezik, - sposoben argumentirati, katera programerska paradigma je bolj primerna za reševanje danega problema.	After the completion of the course the student will be able to: - differentiate between the object-oriented and functional programming paradigms, - describe advantages of avoiding mutation and program side-effects, - use pattern matching, higher-order functions, own data types and lazy evaluation, - differentiate between statically/dynamically, implicitly/explicitly, weakly/strongly typed programming languages, - design own simple programming language, - argue which programming paradigm is the most suitable for solving a given problem.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, domače naloge in seminarske naloge. Poseben poudarek je na individualnem delu študentov.	Lectures, homeworks and seminar works with special emphasis on individual work.

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

Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project):
Sprotno preverjanje (seminarske nal.)	50,00 %	Continuing (homework)
Končno preverjanje (pisni ali ustni izpit)	50,00 %	Final (written or oral exam)
Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).		Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	**Grading system:**

Reference nosilca/Lecturer's references:

1. OCEPEK, Uroš, RUGELJ, Jože, BOSNIĆ, Zoran. Improving matrix factorization recommendations for examples in cold start. Expert systems with applications, ISSN 0957-4174. [Print ed.], Nov. 2015, vol. 42, no. 19, str. 6784-6794.
2. BOSNIĆ, Zoran, KONONENKO, Igor. Estimation of individual prediction reliability using the local sensitivity analysis. Appl. intell. (Boston). [Print ed.], Dec. 2008, vol. 29, no. 3, p. 187-203, ilustr.
3. BOSNIĆ, Zoran, KONONENKO, Igor. Comparison of approaches for estimating reliability of individual regression predictions. Data knowl. eng.. [Print ed.], Dec. 2008, vol. 67, no. 3, p. 504-516
4. BERDAJS, Jan, BOSNIĆ, Zoran. Extending applications using an advanced approach to DLL injection and API hooking. Software, ISSN 0038-0644, 2010, vol. 40, no. 7, str. 567-584.
5. BOSNIĆ, Zoran, KONONENKO, Igor. Automatic selection of reliability estimates for individual regression predictions. Knowl. eng. rev., 2010, vol. 25, no. 1, p. 27-47

Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu:
http://sicris.izum.si/search/rsr.aspx?lang=slv&id=31318

GLOBOKO UČENJE

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Globoko učenje
Course title:	Deep learning
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	**Študijska smer**	**Letnik**	**Semestri**	**Izbirnost**
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Podatkovne vede (smer)		2. semester	izbirni
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)		2. semester	izbirni
Umetna inteligenca (Erasmus Mundus Joint Master in Artificial Intelligence (EMAI)), druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	2. letnik	2. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0127837
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63561

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Danijel Skočaj
Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet /specialist elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Uvod v globoko učenje. Zgodovinski pregled. Aplikacije globokega učenja. **Učenje globokih nevronskih mrež**. Naprej povezane nevronske mreže. Stohastični gradientni spust. Vzvratno razširjanje napake. Aktivacijske funkcije. Funkcije izgube. Regularizacija, inicializacija, normalizacija. Optimizacija učenja. **Konvolucijske nevronske mreže**. Plasti konvolucijskih nevronskih mrež. Arhitekture CNN. Razložljivost konvolucijskih mrež. Nasprotniške slike. **Rekurenčne nevronske mreže.** Sekvenčni podatki. Vzvratno razširjanje napake skozi čas. RNN. LSTM. GRU. Pozornost.	**Introduction to deep learning.** Historical perspective. Applications of deep learning. **Training deep neural networks.** Feedforward neural networks. Stochastic Gradient Descent. Backpropagation. Activation and loss functions. Regularization, initialization, normalization. Learning optimisers. **Convolutional Neural Networks.** CNN layers. CNN architectures. Practical methodology. Explainability of CNNs. Adversarial images. **Recurrent Neural Networks.** Dealing with sequential data. Backpropagation through time. RNN. LSTM, GRU. Attention.

Transformerji in obdelava naravnega jezika. Arhitektura transformerja. Samopozornost. Večglava pozornost. Naloge in aplikacije v obdelavi naravnega jezika. BERT in razširitve. GPT. ChatGPT in ostali LLM-ji. Adapterji. **Transformerji v računalniškem vidu.** ViT in razširitve. Aplikacije v računalniškem vidu. **Generativne metode.** Samokodirniki, VAE, GAN, Normalizacijski tokovi, Difuzijski modeli. Vizualni jezikovni modeli. Aplikacije v računalniškem vidu in obdelavi naravnega jezika. **Napredni koncepti.** Samonadzorovano učenje. Šibko in polnadzorovano učenje. Globoko spodbujevano učenje.	**Transformers and natural language processing.** Transformer architecture. Self-attention. Multi-head attetion. NLP tasks. BERT. BERT extensions. GPT. ChatGPT and other LLMs. Applications in NLP. **Transformers in computer vision.** Vision transformer and extensions. Applicatins in computer vision. **Generative methods.** Autoencoders, Variational autoencoders, GAN, Normalising flows, Diffusion models. Vision language models. Applications in computer vision and NLP. **Advanced concepts.** Self-supervised learning. Active, weakly and semi-supervised learning. Deep Reinforcement Learning.

Temeljna literatura in viri/Readings:

- Primarno številni izbrani raziskovalni članki. / Mainly many selected research papers.
- I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville, Deep Learning, MIT Press, 2016.
- M. A. Nielsen, Neural Networks and Deep Learning, Determination Press, 2015.
- C. M. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, 2006.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilj predmeta je študente naučiti temeljnih in aplikacijskih vidikov globokega učenja. Pri predmetu se bodo naučili razumeti teoretične osnove globokih arhitektur. Naučili se bodo zasnovati arhitekturo, načrtovati nove plasti in prilagoditi funkcionalnost mreže potrebam določenega problema. Prav tako se bodo seznanili s praktičnimi implementacijskimi vidiki. Osvojili bodo sposobnost samostojnega apliciranja osvojenega znanja za reševanje različnih problemov, ki vključujejo napredno razpoznavanje vzorcev in podobne naloge na širših področjih strojnega učenja, računalniškega vida in obdelave naravnega jezika.	The course aims at teaching the students the fundamentals as well as application concepts of deep learning. Students will learn to understand the theoretical foundations of deep architectures. They will learn to design an architecture, to design new layers, and to adapt its functionality to the needs of a specific problem. They will also be acquainted with the practical implementation issues. They will acquire the ability to apply the acquired knowledge in independent work for solving various problems involving advanced pattern recognition and similar tasks in the broader fields of machine learning, computer vision and natural language processing.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešnem zaključku predmeta bodo študentje: • razumeli teoretične temelje globokega učenja, • razumeli podrobnosti o učenju globokih nevronskih mrež, • poznali najpogostejše pristope globokega učenja, primerne za reševanje problemov z različnih problemskih področij, • načrtovali nove globoke arhitekture in jih ustrezno prilagajali, • kreativno analizirali in razumeli rezultate, • aplicirali globoko učenje na raznih problemih in podatkih na različnih področjih uporabe.	After successfully completing the course, students should be able to: • understand the theoretical foundations of deep learning, • understand the details about training the deep neural networks, • know the most common deep learning approaches appropriate for solving problems from different problem domains, • design novel deep architectures and adapt them accordingly, • creatively analyze and understand the results, • apply deep learning to different types of problems and data from various application domains.

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

Predavanja, laboratorijske vaje, domače naloge, projektne naloge, individualno delo.	Lectures, lab sessions, homeworks, projects, individual work.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Sprotno preverjanje (domače naloge in projektno delo)	50,00 %	Continuing (homework, project work)
Končno preverjanje (pisni in ustni izpit) Ocene: 5 (negativno), 6-10 (pozitivno) (v skladu s Statutom UL).	60,00 %	Final (written and oral exam) Grading: 5 (fail), 6-10 (pass) (according to the rules of University of Ljubljana).

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:

Tabernik D, Šela S, Skvarč J, Skočaj D (2020) Segmentation-based deep-learning approach for surface-defect detection. Journal of intelligent manufacturing, ISSN 0956-5515, Mar. 2020, vol. 31, no. 3, str. 759-776.
Tabernik D, Skočaj D (2020) Deep learning for large-scale traffic-sign detection and recognition. IEEE transactions on intelligent transportation systems, ISSN 1524-9050. Apr. 2020, vol. 21, no. 4, str. 1427-1440.
Božič J, Tabernik D, Skočaj D (2021) Mixed supervision for surface-defect detection : from weakly to fully supervised learning. Computers in industry. Vol. 129 ISSN 0166-3615.
Zavrtanik V, Kristan M, Skočaj D (2021). Reconstruction by inpainting for visual anomaly detection. Pattern recognition, vol. 112, ISSN 0031-3203.
Zavrtanik V, Kristan M, Skočaj D (2022). DSR – a dual subspace re-projection network for surface anomaly detection. Computer vision - ECCV 2022, str. 539-554. Lecture notes in computer science. ISSN 1611-3349.
Tabernik D, Muhovič J, Skočaj D. (2024). Dense center-direction regression for object counting and localization with point supervision. Pattern recognition, vol. 153. ISSN 0031-3203.
Fučka M, Zavrtanik V, Skočaj D. (2024). TransFusion – a transparency-based diffusion model for anomaly detection. Computer vision - ECCV 2024. Part 35, str. 91-108. ISSN 1611-3349.
Fučka M, Zavrtanik V, Skočaj D. (2025). SALAD - Semantics-Aware Logical Anomaly Detection. International Conference on Computer Vision, ICCV 2025.
Rolih B, Fučka M, Skočaj D. (2025). No Label Left Behind: A Unified Surface Defect Detection Model for all Supervision Regimes. Journal of intelligent manufacturing, 2025.
Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu: http://www.sicris.si/search/rsr.aspx?lang=slv&id=10425

INFORMACIJSKA VARNOST IN ZASEBNOST

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Informacijska varnost in zasebnost
Course title:	Information Security and Privacy
Članica nosilka/UL Member:	

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

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0082821
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63521

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	Denis Trček
Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet /specialist elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
• Uvodni pregled področja. • Ključne organizacije in standardi (ISO, ITU-T, IETF, W3C, OASIS, OMA). • Obvladovanje tveganj. • Varnostni mehanizmi (simetrični in asimetrični algoritmi, enosmerne zgoščevalne funkcije, homomorfna kriptografija) in varnostne storitve (principi in praktične izvedbe overjanja, zaupnosti, celovitosti, nezatajljivosti, nadzora dostopa, beleženja in alarmiranja), infrastruktura javnih ključev (časovna normala, upravljanje imenskega prostora, operativni protokoli), post-kvantno računalništvo (kvantna izmenjava ključev,	• Introduction. • Key standards and organizations (ISO, ITU-T, IETF, W3C, OASIS, OMA). • Risk management. • Security mechanisms (symmetric and asymmetric algorithms, strong one way hash functions, homomorphic cryptography), security services (principles and practical implementations of authentication, confidentiality, integrity, non-repudiation, access control, logging and alarming), public key infrastructure (time base, name space management, operational protocols), post-quantum computing (quantum key exchange, Lamport crypto

Lamportova kripto-shema), problematika stranskih kanalov in protiukrepi. • Inženirski vidiki varnostnih mehanizmov. • Infrastruktura za overjanje, avtorizacijo in nadzor (principi, primeri standardiziranih rešitev – RADIUS in Diameter). • Varovanje na fizičnem in linijskem sloju (protokoli WEP, WPA1 in WPA2 in WP3). • Varovanje na mrežnem, transportnem in aplikacijskem sloju, vključno z internetom stvari in računalništvom v oblaku (protokoli in aplikacije kot so IPSec, TLS, S/MIME, XMLSec, SAML, XACML, WS-*, Bitcoin in bločne verige, Passkey). • Formalne metode (taksonomija formalnih metod s primeri kot so metoda R. Rueppla ter SPIN / Promela). • Obvladovanje zasebnosti in obvladovanje zaupanja ter ugleda v storitvenih arhitekturah. • Nove varnostne paradigme – internet stvari in varnost v oblaku. • Varnostno usmerjeno programsko inženirstvo (preverjanje modelov). • Obvladovanje tveganj pri varovanju informacijskih sistemov, organizacijski pristopi ter obvladovanje človeškega dejavnika (varnostne politike, modeliranje človeškega dejavnika in simulacije). • Akreditacijski in nadzorno-revizijski postopki varnosti informacijskih sistemov (ISO 2700X, CISSP), evalvacijski postopki za zagotavljanje varnosti strojno-programskih komponent (Common Criteria) ter rešitev s področja umetne inteligence. • Temeljna zakonodaja (direktive EU in nacionalne implementacije). • Zaključki. • Addendum: Mini vložki s praktičnim delom, ki pokrivajo najnovejše trende.	scheme), side channels problems and countemeassures. • Engineering issues related to securiity mechanisms. • Authentication, authorization and accounting infrastructure (principles, examples of standardized solutions like RADIUS and Diameter). • Security of physical and data layers (example protocols are WEP, WPA, WPA2 and WPA3). • Security of network, transport and application layers, including internet of things and clouds (example protocols and applications included are IPSec, TLS, S/MIME, XMLSec, SAML, XACML, WS-*, Bitcoin and blockchains, Passkey). • Formal methods (taxonomy of formal methods with examples like R. Rueppl's method and SPIN / Promela). • Privacy (privacy by design) with trust management and reputation management in services oriented architectures. • New security paradigms – Interenet of Things and cloud computing. • Secure programming practices and verification (model checking). • Risk management in information systems, organizational views and human factor views (security policies, human factor modelling and simulations). • Accreditation and auditing of IS related to security (ISO 2700X, CISSP), standards for technical implementations of hardware and software components (Common Criteria), and standards for security management of artificial intellignece solutions. • Basic legislation in the area of IS security and privacy (EU directives, national implementations). • Conclusions. • Addendum: Mini practical tasks covering the latest selected technological issues.

Temeljna literatura in viri/Readings:

- Stallings W., Network Security Essentials, Pearson educations, 2017.
- D. Trček, Informacijska varnost in zasebnost, kopije prosojnic, FRI UL 2023.
- D. Trček: Information Systems Security and Privacy, Springer, New York, Heidelberg, 2006.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilj predmeta je, da študentje aktivno osvojijo znanja varovanja omrežij in zasebnosti v sodobnih informacijskih sistemih in sicer za namen skrbništva (administracije), kot tudi namen razvoja novih rešitev. Kategorizirane kompetence: -Razvijanje sposobnosti kritičnega, analitičnega in sintetičnega razmišljanja. -Sposobnost definiranja, razumevanja in reševanja kreativnih profesionalnih izzivov na področju računalništva in informatike. -Sposobnost profesionalnega komuniciranja v materinem in tujem jeziku.	The goal of the course is to educate students to be able to actively provide security and privacy in contemporary information systems, be it as systems administrators, or developers of new solutions. Categorized competences: - Developing skills in critical, analytical and synthetic thinking. - The ability to define, understand and solve creative professional challenges in computer and information science. - The ability of professional communication in the native language as well as a foreign language.

-Sposobnost biti skladen z varnostnimi, funkcionalnimi in okoljskimi zahtevami. -Sposobnost razumevanja in uporabe znanja računalništva in informatike na drugih relevantnih področjih (ekonomija, organizacija, umetnost, itd.). -Praktična znanja in sposobnosti na področju strojne in programske opreme ter informacijske tehnologije za uspešno profesionalno delo.	- Compliance with security, functional, economic and environmental principles. - The ability to understand and apply computer and information science knowledge to other technical and relevant fields (economics, organisational science, fine arts, etc). -Practical knowledge and skills of computer hardware, software and information technology necessary for successful professional work in computer and information science.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po zaključku predmeta bo študent: -poznal in razumel principe varovanja informacijskih sistemov ter zagotavljanja zasebnosti, -poznal in razumel standardne rešitve na tem področju, -sposoben operativno upravljati informacijske sisteme s stališča zagotavljanja varnosti in zasebnosti, -znal razvijati enostavnejše varnostne rešitve, -sposoben interne revizije informacijskih sistemov s stališča varnosti, -znal specificirati varnostno politiko.	After completing this course a student will: -know and be familiar with principles for providing security and privacy in information systems, -know and understand standard solutions in this area, -be able to administer security and privacy of information systems, -be able to develop simpler solutions in this domain, -be qualified for internal security and privacy auditing, -be able to define security policy.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, vaje s projektnim delom (praktične prototipne implementacije), lastne predstavitve. Udeležba na vajah je obvezna (zahtevan procent udeležbe se določi ob začetku študijskega leta). Nosilec predmeta lahko določi obvezno udeležbo tudi na predavanjih.	Lectures, laboratory work (with practical prototype implementations), students' presentations. Attendance of laboratory work is mandatory (the exact percentage is announced at the beginning of a study year). The lecturer may impose mandatory attendance of lectures.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
50 % ocene predstavlja sprotno delo študenta v obliki preverjanj na vajah (domače naloge, kvizi, praktičen projekt)	50,00 %	50% of the final grade is obtained on the basis of on-going laboratory work (home-works, quizzes, practical project implementations and presentations).
50 % ocene pa predstavlja izpit, ki je načeloma v pisni obliki, lahko pa tudi v pisni in ustni obliki (pri čemer lahko nosilec namesto ustnega izpita uvede zagovor seminarja).	50,00 %	The other 50% is obtained on the basis of a written exam, or written and oral exam (the lecturer may decide that a coursework replaces the oral exam).
Za uspešno opravljene obveznosti pri predmetu morata biti pozitivni obe delni oceni. Pristop k pisnemu izpitu je možen le po uspešno opravljenih obveznostih pri vajah (in v primeru dodatnih zahtev, ki se nanašajo na predavanja, po izpolnitvi le-teh).		To be eligible for the written exam, a candidate must have successfully completed laboratory work, and fulfilled other obligations related to lecturing that the lecturer may have imposed. For successful completition of the course both grades have to be pos
Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).		Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	**Grading system:**

Reference nosilca/Lecturer's references:

1. TRČEK, Denis, Cultural heritage preservation by using blockchain technologies. Heritage science. Jan. 2022, vol. 10, str. 1-11, ISSN 2050-7445. https://heritagesciencejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40494-021-00643-9, 2022.
2. Trček D, Wireless sensors grouping proofs for medical care and ambient assisted-living deployment, Sensors, vol. 16, no. 1, str. 1-12, 2016.
3. HUČ, Aleks, TRČEK, Denis. Anomaly detection in IoT networks : from architectures to machine learning transparency. IEEE access. Apr. 2021, vol. 9, str. 60607-60616, ISSN 2169-3536. https://ieeexplore.ieee.org/document/9406023.
4. Trček D., Lightweight protocols and privacy for all-in-silicon objects, Ad hoc networks, Elsevier, ISSN 1570-8705, July 2013, vol. 11, no. 5, str. 1619-1628.
5. Trček D., Brodnik A., Hard and soft security provisioning for computationally weak pervasive computing systems in e-health, IEEE wireless communications, vol. 20, no. 4, 8 str., 2013.

Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu:
The whole bibliography can be obtained at the below URL:
https://bib.cobiss.net/biblioweb/eval/si/slv/evalrsr/11077.

INTERAKTIVNOST IN OBLIKOVANJE INFORMACIJ

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Interaktivnost in oblikovanje informacij
Course title:	Interaction and Information Design
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Multimedija, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik	1. semester	obvezni
Pedagoško računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)		1. semester	izbirni
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)		1. semester	izbirni
Računalništvo in matematika, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik, 2. letnik	1. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0082114
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63527

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45	20	10			105	6

Nosilec predmeta/Lecturer:	doc. dr. Ciril Bohak

Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet/specialist elective course

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

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

Vsebina:	Content (Syllabus outline):
1. sklop: Uvod v vizualizacijo informacij in oblikovanje interakcij • Definicije: DataVis, InfoVis, SciVis, Interaction Design • Učni plan, orodja (D3, Vega-Lite, Unity, WebGL) • Ključni koncepti: paradigme interakcije, pripovedovanje zgodb, generiranje vpogleda **2. sklop: Zaznavanje, kognicija in podatkovne strukture v vizualizaciji** • Vizualna percepcija, Gestalt zakoni, pozornost in spomin	**Part 1: Introduction to Information Visualization and Interaction Design** • Definitions: DataVis, InfoVis, SciVis, Interaction Design • Course roadmap, tools (D3, Vega-Lite, Unity, WebGL) • Key concepts: interaction paradigms, storytelling, insight generation **Part 2: Perception, Cognition, and Data Structures in Visualization** • Visual perception, Gestalt laws, attention and memory

• Osnove vizualnega kodiranja: položaj, oblika, velikost, barva, gibanje • Podatkovni tipi in strukture: tabelarne, hierarhične, relacijske, prostorske, časovne **3. sklop: Vizualno kodiranje in načela oblikovanja** • Izraznost in učinkovitost • Taksonomija grafikona: stolpec, črta, območje, tortni diagram, razpršeni diagram, omrežje, matrika • Izbira vizualnih kodiranj • Načrtovanje na podlagi opravil: iskanje, primerjava, pregled, filtriranje, raziskovanje **4. sklop: Večspremenljiva in visokodimenzionalna vizualizacija** • Vizualizacija večspremenljivih podatkov: glifi, razpršene matrike, vzporedne koordinate • Zmanjševanje dimenzionalnosti: PCA, t-SNE, UMAP • Učinkovito kodiranje več spremenljivk • Tehnike vizualne abstrakcije in redukcije **5. sklop: Tehnike interakcije v vizualizaciji** • Modeli interakcije: neposredna manipulacija, ščetkanje, povezovanje, povečava, filtriranje • Upravljanje stanja in povratne informacije uporabnikov • Sestava nadzorne plošče in raziskovalni vmesniki **6. sklop: Vizualizacija negotovosti** • Vrste negotovosti: na ravni podatkov, na ravni modela, zaznavna • Vizualno kodiranje negotovosti: vrstice napak, zamegljenost, animacija • Kognitivne pristranskosti in vizualno zaupanje • Aplikacije v umetni inteligenci in simulaciji **7. sklop: Geoprostorska vizualizacija** • Koordinatni sistemi, projekcije zemljevidov, prostorski spoji • Horopleti, točkasti zemljevidi, toplotni zemljevidi, zemljevidi simbolov • Prostorsko-časovni podatki in dinamično upodabljanje **8. sklop: Časovna in prostorsko-časovna vizualizacija** • Časovne vrste: črtni grafikoni, majhni delilniki, horizontni grafi • Koledarji, zaporedja dogodkov, animacije • Združevanje prostorskih in časovnih plasti **9. sklop: AR/VR za vizualizacijo podatkov** • Načela potopne vizualizacije • Okolja z zaslonom na glavi (HMD) v primerjavi z ročno AR • Prostorska interakcija in multimodalni vnos • Študije primerov v znanstvenih in mestnih podatkih **10. sklop: Strojno učenje in razložljiva vizualizacija** • Ponazoritev modela (drevesa, plasti, vdelave) • Orodja XAI: SHAP, LIME, zemljevidi izrazitosti	• Visual encoding basics: position, shape, size, color, motion • Data types and structures: tabular, hierarchical, relational, spatial, temporal **Part 3: Visual Encoding and Design Principles** • Expressiveness and effectiveness • Chart taxonomy: bar, line, area, pie, scatter, network, matrix • Choosing visual encodings • Task-based design: lookup, comparison, overview, filter, explore **Part 4: Multivariate and High-Dimensional Visualization** • Visualizing multivariate data: glyphs, scatterplot matrices, parallel coordinates • Dimensionality reduction: PCA, t-SNE, UMAP • Encoding multiple variables effectively • Visual abstraction and reduction techniques **Part 5: Interaction Techniques in Visualization** • Interaction models: direct manipulation, brushing, linking, zooming, filtering • State management and user feedback • Dashboard composition and exploratory interfaces **Part 6: Uncertainty Visualization** • Types of uncertainty: data-level, model-level, perceptual • Visual encoding of uncertainty: error bars, blur, animation • Cognitive biases and visual trust • Applications in AI and simulation **Part 7: Geospatial Visualization** • Coordinate systems, map projections, spatial joins • Choropleths, dot maps, heatmaps, symbol maps • Spatial-temporal data and dynamic rendering **Part 8: Temporal and Spatiotemporal Visualization** • Time series: line charts, small multiples, horizon graphs • Calendars, event sequences, animations • Combining spatial and temporal layers **Part 9: AR/VR for Data Visualization** • Principles of immersive visualization • Head-mounted display (HMD) environments vs. handheld AR • Spatial interaction and multi-modal input • Case studies in scientific and urban-scale data **Part 10: Machine Learning and Explainable Visualization** • Model visualization (trees, layers, embeddings) • XAI tools: SHAP, LIME, saliency maps • Visual analytics for black-box models • Ethics, bias, and decision support **Part 11: Real-Time Visualization and Visual analytics** • Progressive rendering, streaming data, sketch-based rendering

• Vizualna analitika za modele črne skrinjice • Etika, pristranskost in podpora pri odločanju **11. sklop: Vizualizacija v realnem času in vizualna analitika** • Progresivno upodabljanje, pretakanje podatkov, upodabljanje na podlagi skic • Optimizacija učinkovitosti delovanja v spletnih kontekstih • Načela vizualne analitike: združevanje avtomatizirane analize z interaktivno vizualizacijo • Osmišljanje in odločanje na podlagi vizualizacije **12. sklop: Pripovedništvo s podatki** • Narativne tehnike v vizualizaciji • Grafikoni z opombami, scrollytelling • Študije primerov (NYT, Gapminder, Datawrapper) **13. sklop: Sodelovalna vizualizacija in večuporabniški sistemi** • Sinhrono in asinhrono sodelovanje • Skupno stanje, izvor, opomba • Študije primerov: nadzorne plošče za sodelovanje, državljanska znanost, izobraževanje **14. sklop: Projektni studio in kritika** • Kritike oblikovanja: ponovitev projekta in povratne informacije vrstnikov • Ocenjevalni okviri za InfoVis: metrike, ki temeljijo na vpogledu, uporabnost • Zaključna razprava: prihodnost interakcije in vizualizacije **15. sklop: Zaključne predstavitve projektov** • Končne predstavitve projekta in navodila • Povratne informacije vrstnikov + inštruktorjev • Oddaja poročila in kode/artefaktov Na večini predavanj bo zadnja ura posvečena predstavitvi najsodobnejših del z ustrezne teme.	• Performance optimization in web contexts • Principles of visual analytics: combining automated analysis with interactive visualization • Sensemaking and decision-making based on visualization **Part 12: Storytelling with Data** • Narrative techniques in visualization • Annotated charts, scrollytelling • Case studies (NYT, Gapminder, Datawrapper) **Part 13: Collaborative Visualization and Multi-User Systems** • Synchronous and asynchronous collaboration • Shared state, provenance, annotation • Case studies: collaborative dashboards, citizen science, education **Part 14: Project Studio and Critique** • Design critiques: project iteration and peer feedback • Evaluation frameworks for InfoVis: insight-based metrics, usability • Wrap-up discussion: the future of interaction and visualization **Part 15: Final Project Presentations** • Final project demos and walkthroughs • Peer + instructor feedback • Submission of report and code/artifacts At most of the lectures, last hour will be dedicated to presentation of state-of-the-art works from the corresponding topic

Temeljna literatura in viri/Readings:

- Knaflic, Cole Nussbaumer. *Storytelling with data: A data visualization guide for business professionals*. John Wiley & Sons, 2015.
- Munzner, Tamara. *Visualization analysis and design*. CRC press, 2014.
- Ware, Colin. *Information visualization: perception for design*. Morgan Kaufmann, 2019.
- Kirk, Andy. "Data visualisation: A handbook for data driven design." (2019): 1-328.
- Tominski, Christian. *Interaction for visualization*. Morgan & Claypool Publishers, 2015.
- Knaflic, Cole Nussbaumer. *Storytelling with data: A data visualization guide for business professionals*. John Wiley & Sons, 2015.
- Rosenberg, Daniel, and Anthony Grafton. *Cartographies of time: A history of the timeline*. Princeton Architectural Press, 2013.
- McCandless, David. *Information is beautiful*. London: Collins, 2012.
- Steele, Julie, and Noah Iliinsky. *Beautiful visualization: Looking at data through the eyes of experts*. " O'Reilly Media, Inc.", 2010.
- Fry, Ben. *Visualizing data: Exploring and explaining data with the processing environment*. " O'Reilly Media, Inc.", 2007

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilji:	Objectives:

• Oblikovanje in izvajanje interaktivne vizualizacije podatkov z uporabo ustreznih vizualnih kodiranj, postavitev in tehnik interakcije z uporabniki. • Analiza in ovrednotenje sistemov za vizualizacijo podatkov glede na uporabnost, kognitivno učinkovitost in vizualno zaznavanje. • Integracija geoprostorskih, večspremenljivih, časovnih in negotovih podatkov v skladne in učinkovite vizualne predstavitve. • Razvoj poglobljene vizualizacije z uporabo ogrodij AR/VR za raziskovanje prostorskih podatkov in interaktivno pripovedovanje zgodb. Kompetence: • Razumeti teoretične temelje vizualizacije informacij, vključno s človeško percepcijo, vizualnim kodiranjem in modeli interakcije. • Naučiti se izbrati ustrezne tehnike vizualizacije na podlagi podatkovnih tipov, ciljev analize in potreb uporabnikov. • Raziskati vlogo interakcije pri podpiranju raziskovalne analize podatkov in pripovedovanja zgodb na različnih področjih. Kritično oceniti etične, kognitivne in komunikacijske razsežnosti vizualnih predstavitev v aplikacijah v resničnem svetu.	• Design and implement interactive data visualizations using appropriate visual encodings, layouts, and user interaction techniques. • Analyze and evaluate data visualization systems with respect to usability, cognitive effectiveness, and visual perception. • Integrate geospatial, multivariate, temporal, and uncertain data into coherent and effective visual representations. • Develop immersive visualizations using AR/VR frameworks for spatial data exploration and interactive storytelling. Competences: • Understand the theoretical foundations of information visualization, including human perception, visual encoding, and interaction models. • Learn to select appropriate visualization techniques based on data types, analysis goals, and user needs. • Explore the role of interaction in supporting exploratory data analysis and storytelling across various domains. Critically assess the ethical, cognitive, and communicative dimensions of visual representations in real-world applications

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Študenti bodo: • Sposobni pokazati kritično razumevanje teoretičnih temeljev vizualizacije informacij, vključno z zaznavnimi in kognitivnimi načeli, vizualnim kodiranjem in modeli interakcije. • Oblikovati in izdelati so sposobni interaktivne vizualizacijske sisteme, ki učinkovito sporočajo vzorce v kompleksnih podatkih, vključno z geoprostorskimi, časovnimi, večspremenljivimi in negotovimi nabori podatkov. • Sposobni so razviti potopne in prostorske vizualizacije z uporabo tehnologij AR/VR in tehnik 3D interakcije za raziskovanje podatkov v realnem času ali kontekstu. • Izbrati in utemeljiti ustrezne tehnike in izbor orodij za vizualizacijo za določene vrste podatkov, določiti analitične cilje in uporabniške kontekste v aplikacijah v resničnem svetu. • Učinkovito komunicirati oblikovalske odločitve in tehnične rešitve z vizualnim pripovedovanjem zgodb, dokumentacijo in predstavitvijo interaktivnih prototipov.	Students will be able to: • Demonstrate a critical understanding of the theoretical foundations of information visualization, including perceptual and cognitive principles, visual encoding, and interaction models. • Design and implement interactive visualization systems that effectively communicate patterns in complex data, including geospatial, temporal, multivariate, and uncertain datasets. • Develop immersive and spatial visualizations using AR/VR technologies and 3D interaction techniques for real-time or context-aware data exploration. • Select and justify appropriate visualization techniques and tools for specific data types, analytical goals, and user contexts within real-world applications. • Communicate design decisions and technical solutions effectively through visual storytelling, documentation, and presentation of interactive prototypes.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja s podporo avdio-vizualne opreme. Laboratorijske vaje v učilnici z ustrezno strojno in	Lectures using audio visual equipment. Laboratory work with special hardware and software tools.

programsko opremo. Delo posamezno in v skupinah. Praktično delo in vrednotenje produktov.	Individual and team assignments. Practical work and evaluation of products.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project):
Sprotno preverjanje (domače naloge, kolokviji in projektno delo)	50,00 %	Continuing (homework, midterm exams, project work)
Končno preverjanje (pisni in ustni izpit)	50,00 %	Final (written and oral 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:

Izvirni zanstveni članki najtesneje povezani z vsebino predmeta:

1. KHAN, Dawar, BOHAK, Ciril, VIOLA, Ivan. Dr. KID : direct remeshing and K-set isometric decomposition for scalable physicalization of organic shapes. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*. Jan. 2024, vol. 30, iss. 1, str. 705-715, ilustr. ISSN 1077-2626. https://ieeexplore.ieee.org/document/10290929, Repozitorij Univerze v Ljubljani – RUL, DOI: 10.1109/TVCG.2023.3326595. [COBISS.SI-ID 173697795]
2. REY RAMIREZ, Julio, RAUTEK, Peter, BOHAK, Ciril, STRNAD, Ondřej, ZHANG, Zheyuan, LI, Sai, VIOLA, Ivan, HEIDRICH, Wolfgang. GPU accelerated 3D tomographic reconstruction and visualization from noisy electron microscopy tilt-series. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*. Jul. 2024, vol. 30, no. 7, str. 3331-3345, ilustr. ISSN 1077-2626. https://ieeexplore.ieee.org/document/9992117, DOI: 10.1109/TVCG.2022.3230445. [COBISS.SI-ID 135069955]
3. LESAR, Žiga, ALHARBI, Ruwayda, BOHAK, Ciril, STRNAD, Ondřej, HEINZL, Christoph, MAROLT, Matija, VIOLA, Ivan. Volume conductor : interactive visibility management for crowded volumes. *The visual computer*. Feb. 2024, vol. 40, iss. 2, str. 1005-1020, ilustr. ISSN 0178-2789. https://link.springer.com/article/10.1007/s00371-023-02828-8, Repozitorij Univerze v Ljubljani – RUL, DOI: 10.1007/s00371-023-02828-8. [COBISS.SI-ID 147129603]
4. ŠMAJDEK, Uroš, LESAR, Žiga, MAROLT, Matija, BOHAK, Ciril. Combined volume and surface rendering with global illumination caching. *The visual computer*. 2024, vol. 40, iss. 4, str. 2491-2503, ilustr. ISSN 0178-2789. https://link.springer.com/article/10.1007/s00371-023-02932-9, Repozitorij Univerze v Ljubljani – RUL, DOI: 10.1007/s00371-023-02932-9. [COBISS.SI-ID 157669379]
5. ALHARBI, Ruwayda, STRNAD, Ondřej, LUIDOLT, Laura R., WALDNER, Manuela, KOUŘIL, David, BOHAK, Ciril, KLEIN, Tobias, GRÖLLER, Eduard, VIOLA, Ivan. Nanotilus : generator of immersive guided-tours in crowded 3D environments. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*. Mar. 2023, vol. 29, iss. 3, str. 1860-1875, ilustr. ISSN 1077-2626. https://ieeexplore.ieee.org/document/9645360, DOI: 10.1109/TVCG.2021.3133592. [COBISS.SI-ID 92052739]
6. NGUYEN, Ngan, BOHAK, Ciril, ENGEL, Dominik, MINDEK, Peter, STRNAD, Ondřej, WONKA, Peter, LI, Sai, ROPINSKI, Timo, VIOLA, Ivan. Finding Nano-Ötzi : cryo-electron tomography visualization guided by learned segmentation. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*. Oct. 2023, vol. 29, no. 10, str. 4198-4214, ilustr. ISSN 1077-2626. https://ieeexplore.ieee.org/document/9806341, DOI: 10.1109/TVCG.2022.3186146. [COBISS.SI-ID 112947459]
7. KORDEŽ, Jaka, MAROLT, Matija, BOHAK, Ciril. Real-time interpolated rendering of terrain point cloud data. *Sensors*. Jan. 2023, vol. 23, iss. 1, str. 1-17, ilustr. ISSN 1424-8220. https://www.mdpi.com/1424-8220/23/1/72, DOI: 10.3390/s23010072. [COBISS.SI-ID 135043331]
8. BOHAK, Ciril, SLEMENIK, Matej, KORDEŽ, Jaka, MAROLT, Matija. Aerial LiDAR data augmentation for direct point-cloud visualisation. *Sensors*. Apr. 2020, vol. 20, no. 7, str. 1-17, ilustr. ISSN 1424-8220. https://www.mdpi.com/1424-8220/20/7/2089/html, Repozitorij Univerze v Ljubljani – RUL, DOI: 10.3390/s20072089. [COBISS.SI-ID 1538566595]

ISKANJE IN EKSTRAKCIJA PODATKOV S SPLETA

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Iskanje in ekstrakcija podatkov s spleta
Course title:	Web information extraction and retrieval
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Digitalno jezikoslovje, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)		1. semester, 2. semester	izbirni
Multimedija, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik	2. semester	obvezni
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Podatkovne vede (smer)		1. semester, 2. semester	izbirni
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)		1. semester, 2. semester	izbirni
Računalništvo in matematika, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik, 2. letnik	1. semester, 2. semester	izbirni
Umetna inteligenca (Erasmus Mundus Joint Master in Artificial Intelligence (EMAI)), druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	2. letnik	2. semester	obvezni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0075158
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63551

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45	10	20			105	6

Nosilec predmeta/Lecturer:	Marko Bajec
Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet/specialist elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Vsebina predavanj: Predmet bo pokrival naslednje vsebine: Poizvedovanje in iskanje po spletu Osnovni koncepti poizvedovanja Modeli poizvedovanja Odziv ustreznosti	**Content of the course**: This course will cover the following topics: Information Retrieval and Web Search Basic Concepts of Information Retrieval Information Retrieval Models Relevance Feedback

Mere za ocenjevanje točnosti poizvedb Predobdelava besedil in spletnih strani Inverzni index in njegova kompresija Latentno semantično indeksiranje Iskanje po spletu Meta iskanje po sletu: kombiniranje različnih načinov rangiranja	Evaluation Measures Text and Web Page Pre-Processing Inverted Index and Its Compression Latent Semantic Indexing Web Search Meta-Search: Combining Multiple Rankings
Spletno pregledovanje in indeksiranje Osnovni algoritem spletnega pajka Univerzalni spletni pajek Fokusirani spletni pajki Domenski spletni pajki	Web Crawling A Basic Crawler Algorithm Implementation Issues Universal Crawlers Focused Crawlers Topical Crawlers
Ekstrakcija strukturiranih podatkov Indukcija ovojnice Generiranje ovojnice na osnovi primera Samodejna izdelava ovojnice Ujemanje glede na obliko besede ali drevesne strukture Večkratna poravnava Gradnja DOM dreves Ekstrakcija glede na stran s seznamom ali več strani	Structured Data Extraction Wrapper Induction Instance-Based Wrapper Learning Automatic Wrapper Generation String Matching and Tree Matching Multiple Alignment Building DOM Trees Extraction Based on a Single List Page or Multiple Pages
Integracija podatkov Ujemanje glede na podatkovno shemo Ujemanje glede na domeno in primere Združevanje podobnosti Ujemanje 1:m Integracija iskalnikov po spletnih straneh Izgradnja globalnega iskalnika po spletnih straneh	Information Integration Schema-Level Matching Domain and Instance-Level Matching Combining Similarities 1:m Match Integration of Web Query Interfaces Constructing a Unified Global Query Interface
Rudarjenje mnenja in analiza sentimenta Klasifikacija dokumentov po sentimentu Ugotavljanje subjektivnosti v stavkih in klasifikacija sentimenta Slovarji besed in fraz, nosilcev mnenja Aspektno orientirano rudarjenje mnenja Iskanje in extrakcija mnenja	Opinion Mining and Sentiment Analysis Document Sentiment Classification Sentence Subjectivity and Sentiment Classification Opinion Lexicon Expansion Aspect-Based Opinion Mining Opinion Search and Retrieval

Temeljna literatura in viri/Readings:

Bing Liu, Web Data Mining: Exploring Hyperlinks, Contents, and Usage Data (Data-Centric Systems and Applications, Springer, August 2013 Ricardo Baeza-Yates , Berthier Ribeiro-Neto: Modern Information Retrieval: The Concepts and Technology behind Search, 2nd Edition, ACM Press Books, 2010

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilj predmeta je študente naučiti, kako sprogramirati iskanje po spletu (po indeksiranem in neindeksiranem delu spleta) ter kako razviti programe za ekstrakcijo strukturiranih podatkov s statičnih in dinamičnih spletnih strani. Študentje bodo spoznali osnovne koncepte spletnega iskanja in ekstrakcije podatkov s spleta ter se naučili potrebnih tehnik, ki so za to potrebne. Po uspešno opravljene predmetu bodo sposobni samostojnega razvoja aplikacij, ki avtomatizirajo spletno iskanje in ekstrahirajo podatke	The main objective of this course is to teach students about how to develop programs for web search (including surface web and deep web search) and for extraction of structural data from both, static and dynamic web pages. Beside basic concepts of the web search and retrieval, students will learn about relevant techniques and approaches. After the course, if successful, students will be able to develop programs for automatic web search and structured data

s spletnih strani, vključno z ekstrakcijo podatkov iz on-line socialnih medijev.	extraction from web pages (including search and extraction from on-line social media).

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešno zaključenem modulu bodo študenti zmožni: Povzeti najpomembnejše pristope in tehnike s področja iskanja in ekstrakcije podatkov s spleta presoditi, kateri pristopi s področja iskanja in ekstrakcije podatkov s spleta so najbolj primerni za reševanje posameznih problemov, razviti aplikacije za zajem in analizo podatkov s spleta, konstruirati lastne algoritme za ekstrakcijo podatkov s spleta, pojasniti delovanje in časovno kompleksnost algoritmov iskanja po spletu, uporabiti in integrirati različne odprto-kodne rešitve s področja iskanja in ekstrakcije podatkov s spleta	After successful completion of the module, students will be able to: summarize the most important approaches and techniques for searching and extracting data from the web to select approaches and techniques that are most suitable for individual problems in web information extraction and retrieval. to develop applications for data acquisition and analysis, to construct new algorithms for web data search and extraction, to explain behavior and time complexity of specific web search algorithms, to integrate and employ different open-source solutions from the field.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, računske vaje z ustnimi nastopi, projektni način dela pri domačih nalogah in seminarjih.	Lectures, seminars, homeworks, oral presentations, project work.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project):
Sprotno preverjanje (domače naloge, kolokviji in projektno delo)	50,00 %	Continuing (homework, midterm exams, project work)
Končno preverjanje (pisni in ustni izpit)	50,00 %	Final (written and oral exam)
Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).		Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	**Grading system:**

Reference nosilca/Lecturer's references:

ŠUBELJ, Lovro, BAJEC, Marko. Group detection in complex networks : an algorithm and comparison of the state of the art. Physica. A, 2014

ŽITNIK, Slavko, ŠUBELJ, Lovro, LAVBIČ, Dejan, VASILECAS, Olegas, BAJEC, Marko. General context-aware data matching and merging framework. Informatica, 2013

LAVBIČ, Dejan, BAJEC, Marko. Employing semantic web technologies in financial instruments trading : Dejan Lavbič and Marko Bajec. International journal of new computer architectures and their applications, 2012

ŠUBELJ, Lovro, FURLAN, Štefan, BAJEC, Marko. An expert system for detecting automobile insurance fraud using social network analysis. Expert systems with applications, 2011

ŠUBELJ, Lovro, JELENC, David, ZUPANČIČ, Eva, LAVBIČ, Dejan, TRČEK, Denis, KRISPER, Marjan, BAJEC, Marko. Merging data sources based on semantics, contexts and trust. The IPSI BgD transactions on internet research, 2011

Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu:
http://sicris.izum.si/search/rsr.aspx?lang=slv&id=9270.

IZBRANA POGLAVJA IZ RAČUNALNIŠTVA IN INFORMATIKE

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Izbrana poglavja iz računalništva in informatike
Course title:	Topics in Computer and Information Science
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

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

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0070555
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63536

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Polona Oblak
Vrsta predmeta/Course type:	izbirni predmet/elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Predmet je namenjen uveljavljenim gostujočim predavateljem iz tujine ali iz prakse. Ti bodo študentom v okviru predmeta predstavili nove odmevne ideje, metodološke preboje ali uporabne rešitve s področja računalništva in informatike, ki kot take še niso vključene v vsebine obstoječih predmetov. Podrobna vsebina se določi vsako leto posebej glede na predloge in strokovno usmeritev izbranega predavatelja.	The course is intended for established visiting researchers and lecturers and for experts in computer and information science which will introduce students to topics that are interesting due to recent theoretical findings and methodological breakthroughs or for their applicative value, and are as such not included into the existing curriculum. The specific contents of the course are determined yearly.

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson: Introduction to Algorithms, 2nd edition, MIT Press, 2001.
2. Graham, Ronald L.; Knuth, Donald E.; Patashnik, Oren (1994). *Concrete Mathematics* (second ed.). Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Company. pp. xiv+657. ISBN 0-201-55802-5. MR1397498

3. O'Regan, Gerard: A Brief History of Computing, Springer, 2008. Dodatna literatura se predpiše vsako leto posebej glede na vsebino in predloge izbranega predavatelja. Additional literature is given yearly, with respect to the current topic of the course.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilj predmeta je spoznati teoretične osnove in praktične implementacije novih metod in tehnologij na področju računalništva in informatike.	The goal of the course is to introduce basic theoretical ideas as well as practical implementations of new methods and technologies in the field of computer and information science

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešnem zaključku tega predmeta bo študent: -spoznal nova področja in prijeme, ki v obstoječem predmetniku še niso zajeta, -uporabljal najnovejše pristope in tehnike z izbranega področja računalništva in informatike, -razumeval primernosti izbranih pristopov s področja računalništva in informatike za reševanje praktičnih primerov v poslovnih okoljih, -reševal kompleksne probleme, razvijal kompleksne sisteme.	After the completion of the course a student will: -obtain a broader overview and understanding of the field of study, and of up to date methods and concepts, -apply current approaches and techniques from the specific field of computer and information science, -understand the advantages of the chosen approaches in computer and information science in solving specific practical tasks, -solve complex problems, design complex systems.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, laboratorijske vaje	Lectures, lab exercises

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project):
Sprotno preverjanje (domače naloge, kolokviji in projektno delo)	50,00 %	Continuing (homework, midterm exams, project work)
Končno preverjanje (pisni in ustni izpit)	50,00 %	Final (written and oral 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:

- OMANOVIĆ, Amra, KAZAN, Hilal, OBLAK, Polona, CURK, Tomaž. Sparse data embedding and prediction by tropical matrix factorization. BMC bioinformatics. Feb. 2021, vol. 22, str. 1-18.
- FALLAT, Shaun M., HALL, H. Tracy, LEVENE, Rupert H., MEYER, Seth A., NASSERASR, Shahla, OBLAK, Polona, ŠMIGOC, Helena. Spectral arbitrariness for trees fails spectacularly. Journal of combinatorial theory. Series B. Nov. 2024, vol. 169, str. 161-210.
- LEVENE, Rupert H., OBLAK, Polona, ŠMIGOC, Helena. A Nordhaus-Gaddum conjecture for the minimum number of distinct eigenvalues of a graph. Linear algebra and its applications. [Print ed.]. March 2019, vol. 564, str. 236-263.
- LEVENE, Rupert H., OBLAK, Polona, ŠMIGOC, Helena. Orthogonal symmetric matrices and joins of graphs. Linear algebra and its applications. [Print ed.]. Nov. 2022, vol. 652, str. 213--238.
- DOLŽAN, David, OBLAK, Polona. The zero-divisor graphs of rings and semirings. International journal of algebra and computation. 2012, vol. 22, iss. 4, 1250033 (20 str.).

KOMUNIKACIJA ČLOVEK RAČUNALNIK

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Komunikacija človek računalnik
Course title:	Human-Computer Interaction
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

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

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0082828
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63550

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	doc. dr. Ciril Bohak, izr. prof. dr. Luka Čehovin Zajc
Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet/specialist elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Predavanja: 1. Uvod v Komunikacijo človek računalnik (KČR) • Pregled KČR in njegov pomen • Zgodovinski razvoj in ključni koncepti 2. Razumevanje uporabnikov • Uvod v raziskavo uporabnikov • Prepoznavanje uporabnikovih potreb • Spomin in napake 3. Oblikovalsko razmišljanje in na uporabnika osredotočeno oblikovanje • Načela oblikovalskega razmišljanja • Faze na uporabnika osredotočenega procesa oblikovanja • Ideacija in definicija problema 4. Načela uporabnosti • Uvod v uporabnost in uporabniško izkušnjo	**Lectures:** 1. Introduction to Human-Computer Interaction (HCI) • Overview of HCI and its importance • Historical developments and key concepts 2. Understanding Users • Introduction to user research • User needs assessment • Memory and mistakes 3. Design Thinking and User-Centered Design • Principles of design thinking • Stages of user-centered design process • Ideation and problem framing 4. Usability Principles • Introduction to usability and user experience • Heuristic evaluation and usability guidelines

• Hevristično vrednotenje in uporabniške smernice 5. Načrtovanje interakcije • Načela interakcijskega oblikovanja • Načrtovanje učinkovitih interakcijskih tokov • Analiza študija primera 6. Arhitektura informacij • Učinkovita organizacija informacij • Načrtovanje navigacije 7. Prototipiranje • Izdelava manj in bolj kompleksnih prototipov • Orodja in tehnike za izdelavo prototipov 8. Testiranje uporabnosti • Načrtovanje in izvedba uporabniških študij • Analiza uporabe • Testiranje uporabnosti s prototipi 9. Dostopnost in vključujoče oblikovanje • Načela univerzalnega oblikovanja • Pravni in etični vidiki v KČR • Revizija dostopnosti spletne strani 10. Integracija oblikovalskih procesov • Oblikovalsko razmišljanje in hevristično vrednotenje • Integracija oblikovalskega razmišljanja in razvoja programske opreme 11. Podatkovno vodeno oblikovanje in analitika • Uporaba analitike v oblikovanju • A/B testiranje 12. Napredni in nekonvencionalni uporabniški vmesniki • AR/VR vmesniki • Vmesniki možgani-računalnik • Oprijemljivi uporabniški vmesniki • Vmesniki z uporabo kretenj • Vmesniki s haptičnim povratnim odzivom • Interakcija človek-robot • Interakcija z uporabo naravnega jezika • Prihajajoče tehnologije 13. KČR v realnem svetu – študija primera iz industrije	5. Interaction Design • Principles of Interaction Design • Designing effective interaction flows • Case study analysis 6. Information Architecture • Organizing information effectively • Navigation design 7. Prototyping Techniques • Low-fidelity vs. high-fidelity prototyping • Tools and techniques for prototyping 8. Usability Testing • Planning and conducting usability tests • Analyzing usability data • Usability testing with prototypes 9. Accessibility and Inclusive Design • Principles of accessible design • Legal and ethical considerations • Accessibility audit of a website 10. Integration of Design Processes • Design Thinking and Heuristic Evaluation • Integrating Design Processes and Software Development 11. Data-Driven Design and Analytics • Using analytics in design • Introduction to A/B testing 12. Advanced and Unconventional Human-Computer Interfaces • AR/VR interfaces • Brain-Computer Interfaces • Tangible User Interfaces • Gestural Interfaces • Haptic Feedback Interfaces • Human-robot interaction • Natural language interaction • Emerging technologies 13. HCI in the Real World - Industry case study

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. D. N. et al., The Encyclopedia of Human-Computer Interaction, 2nd Ed. online. [Online]. Available: https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed
2. J. S. Olson and W. Kellogg, Ways of knowing in HCI. 2014.
3. D. Benyon, Designing Interactive Systems: A Comprehensive Guide to HCI, UX & Interaction Design. 2013.
4. D. Norman, The Design of Everyday Things. 2013.
5. B. Martin and B. Hanington, Universal Methods of Design: 100 Ways to Research Complex Problems, Develop Innovative Ideas, and Design Effective Solutions. 2012.
6. R. Buchanan, D. P. Doordan, and V. Margolin, The designed world: images, objects, environments. 2010.
7. B. Moggridge, Designing interactions. 200
8. A. N. Kumar and R. K. Raj, Computer Science Curricula 2023 (CS2023) – The Joint Task Force on Computing Curricula. 2023.
9. N. N. Group, UX & Usability Articles from Nielsen Norman Group. [Online]. Available: https://www.nngroup.com/articles/

Cilji in kompetence:	Objectives and competences:
Glavni cilji so predstaviti naslednje enote znanja: • Razumevanje uporabnika • Odgovornost v oblikovanju • Dostopno in vključujoče oblikovanje • Vrednotenje oblikovanja v KČR V okviru predmeta naj bi študenti razvili kompetence iz naslednjih področij: • *Raziskovanje in analiza:* Sposobnost izvajanja in analiziranja uporabniških študij z uporabo različnih metod, kot so ankete, intervjuji in opazovalne študije za vrednotenje uporabniških potreb in vedenja, • *Oblikovanje in izdelava prototipov:* Veščine oblikovanja žičnih okvirjev, realističnih modelov in interaktivnih prototipov z uporabo standardnih industrijskih orodij in tehnik. • *Vrednotenje uporabnosti:* Sposobnost uporabe tako kvalitativnih kot kvantitativnih metod za evalvacijo uporabnosti vmesnikov in artikulacijo ugotovitev za vodenje izboljšav oblikovanja. • *Tehnična izvedba:* Razumevanje osnovnih razvojnih praks za razvoj čelih delov aplikacij za prenos oblike v delujoče vmesnike. • *Etične in družbene posledice:* Ozaveščenost o etičnih, družbenih in kulturnih vidikih oblikovanja vmesnikov in uporabe tehnologije, upoštevanje etike pri delu.	The main coure objectives are to present the following knowledge units: • Understanding the user • Accountability and responsibility in design • Accessibility and inclusive design • Evaluating a HCI design Within the course, the students should develop competences from the following key areas: • *Research and analysis:* Ability to conduct and analyze user research using a variety of methods such as surveys, interviews, and observational studies to gather insights into user needs and behaviors. • *Design and prototyping:* Skills in designing wireframes, mockups, and interactive prototypes using industry-standard tools and techniques. • *Usability evaluation:* Competence in employing both qualitative and quantitative methods to evaluate the usability of interfaces and articulate the findings to guide design improvements. • *Technical implementation:* Understanding of basic front-end development practices to translate designs into working interfaces. • *Ethical and social implications:* Awareness of the ethical, social, and cultural implications of interface design and technology use, inclusion of ethics in work activities

Predvideni študijski rezultati:	Intended learning outcomes:
Po uspešnem zaključku tega predmeta naj bi bili študenti zmožni: • poznati osnovne koncepte komunikacije človek računalnik, • poznati koncepte interakcije, principe, navodila in postopke • načrtovanja interaktivnih aplikacij ter uporabniških vmesnikov, • poznati postopke vrednotenja vmesnikov, • prepoznati slabo in dobro načrtane uporabniške vmesnike in • interaktivne aplikacije, • načrtati uporabniške vmesnike in interaktivne aplikacije, • vrednotiti uporabniške vmesnike in interaktivne aplikacije, • analizirati in avtomatsko klasificirati možganske valove, • načrtati vmesnik možgani računalnik.	Upon successful completion of this course, the students should be able to: • compare and contrast different user-interface frameworks, • plan, document, and execute a usability study, • evaluate and provide recommendations to improve a user-facing system's usability, accessibility, and inclusivity, • prepare engineering specifications for a user interface, given the design requirements, • conduct a formative study to offer design strategy recommendations for a user-facing system, • interpret and communicate feedback to support the iteration of a user-facing system under development, • assess the ethical implications of deploying a user-facing system in a particular population.

Metode poučevanja in učenja:	Learning and teaching methods:
Predavanja, vaje, in praktični projekti v skupinah.	Lectures, lab work, and practical projects done in teams.

Načini ocenjevanja:	Delež/Weight	Assessment:

Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, projekti):		Type (written exam, oral examination, projects):
Sprotno (projektno delo)	70,00 %	Continuing (project work)
Končni izpit	30,00 %	Final 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:

Ciril Bohak:

1. ALHARBI, Ruwayda, STRNAD, Ondřej, LUIDOLT, Laura R., WALDNER, Manuela, KOUŘIL, David, BOHAK, Ciril, KLEIN, Tobias, GRÖLLER, Eduard, VIOLA, Ivan. Nanotilus : generator of immersive guided-tours in crowded 3D environments. IEEE transactions on visualization and computer graphics. Mar. 2023, vol. 29, iss. 3, str. 1860-1875, ilustr. ISSN 1077-2626. https://ieeexplore.ieee.org/document/9645360, DOI: 10.1109/TVCG.2021.3133592.
2. KAVČIČ, Alenka, PODLESEK, Anja, KOMIDAR, Luka, HLADNIK, Aleš, BOH PODGORNIK, Bojana, BOHAK, Ciril, DEPOLLI STEINER, Katja, GRIL, Alenka, LESAR, Žiga, MAROLT, Matija, PEČJAK, Sonja, PESEK, Matevž, PIRC, Tina, PUKLEK LEVPUŠČEK, Melita, PEKLAJ, Cirila. What can off- and online measures tell about students' self-regulation and their achievement while learning science expository hypertext. Sustainability. May 2022, vol. 14, iss. 9, str. 1-19, ilustr. ISSN 2071-1050. https://www.mdpi.com/2071-1050/14/9/5686, https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=138143, DOI: 10.3390/su14095686.
3. KAVČIČ, Alenka, PESEK, Matevž, BOHAK, Ciril, MAROLT, Matija. Introducing on-site customers in agile software development projects : an alternative approach to project work in engineering education. International journal of engineering education. 2018, no. 2, part a, str. 482-496, ilustr. ISSN 0949-149X.
4. BOHAK, Ciril, GUNA, Jože, ŠKRLJ, Peter, ISAKOVIĆ, Alja, MAROLT, Matija. A usability comparison of input devices for precise and intuitive interaction with 3D visualizations = Uporabniška primerjava vhodnih naprav za natančno in intuitivno interakcijo v 3D vizualizacijah. Uporabna informatika. [Tiskana izd.]. jul./avg./sep. 2018, letn. 26, št. 3, str. 94-106, ilustr. ISSN 1318-1882. https://uporabna-informatika.si/index.php/ui/article/view/34, http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:doc-QOBA2U9R.
5. BOHAK, Ciril, MAROLT, Matija. Kinect web kiosk framework. V: HOLZINGER, Andreas (ur.), et al. Human factors in computing and informatics : proceedings. First International Conference, SouthCHI 2013, Maribor, Slovenia, July 1-3, 2013. Heidelberg [etc.]: Springer, cop. 2013. Str. 785-790, ilustr. Lecture notes in computer science, 7946. ISBN 978-3-642-39061-6, ISBN 978-3-642-39062-3. ISSN 0302-9743.

Celotna bibliografija je dostopna na SICRIS-u:
https://cris.cobiss.net/ecris/si/sl/researcher/32704 (Ciril Bohak)

Luka Čehovin Zajc:

1. ČEHOVIN ZAJC, Luka, REZELJ, Anže, SKOČAJ, Danijel. Low-cost open-source robotic platform for education. IEEE transactions on learning technologies. [Online ed.]. Feb. 2023, vol. 16, no. 1, str. 18-25, ilustr. ISSN 1939-1382.
2. PELHAN, Jer, KRISTAN, Matej, LUKEŽIČ, Alan, MATAS, Jiří, ČEHOVIN ZAJC, Luka. Guided video object segmentation by tracking. Elektrotehniški vestnik. [Slovenska tiskana izd.]. 2023, letn. 90, št. 4, str. 147-158, ilustr. ISSN 0013-5852.
3. KOS, Jernej, MILUTINOVIĆ, Mitar, ČEHOVIN ZAJC, Luka. Nodewatcher : a substrate for growing your own community network. Computer networks : the international journal of computer and telecommunications networking. [Print ed.]. Dec. 2015, vol. 93, part 2, str. 279-296, ilustr. ISSN 1389-1286.
4. MODIC, Leon, ČEHOVIN ZAJC, Luka. Towards fast lighting condition inference for augmented reality. V: ŽEMVA, Andrej (ur.), TROST, Andrej (ur.). Zbornik enaintridesete mednarodne Elektrotehniške in računalniške konference ERK 2022 = Proceedings of the 31st International Electrotechnical and Computer Science Conference ERK 2022
5. ROLIH, Blaž, ČEHOVIN ZAJC, Luka. Zaznavanje gest na vgrajeni napravi s prvoosebnim pogledom. V: ŽEMVA, Andrej (ur.), TROST, Andrej (ur.). Zbornik enaintridesete mednarodne Elektrotehniške in računalniške konference ERK 2022 = Proceedings of the 31st International Electrotechnical and Computer Science Conference ERK 2022

6. ISTENIČ, Klemen, ČEHOVIN ZAJC, Luka, SKOČAJ, Danijel. Multi-touch surface based on RGBD camera. V: NOVAK, Franc (ur.), et al. Interakcija človek-računalnik v informacijski družbi : zbornik 17. mednarodne multikonference Informacijska družba - IS 2014, 8. oktober 2014, [Ljubljana, Slovenia] : zvezek H = Human-computer interaction in information society : proceedings of the 17th International Multiconference Information Society - IS 2014, October 8th, 2014, Ljubljana, Slovenia : volume H. Ljubljana: Institut Jožef Stefan, 2014. Str. 6-9, ilustr. ISBN 978-961-264-078-1

Celotna bibliografija je dostopna na SICRIS-u:
https://cris.cobiss.net/ecris/si/sl/researcher/31985 (Luka Čehovin Zajc)

KRIPTOGRAFIJA IN RAČUNALNIŠKA VARNOST

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Kriptografija in računalniška varnost
Course title:	Cryptography and Computer Security
Članica nosilka/UL Member:	

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

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0082727
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63528

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45	10	20			105	6

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Aleksandar Jurišić
Vrsta predmeta/Course type:	

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

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

Vsebina:	Content (Syllabus outline):
Informacijska/*računalniška varnost* opisuje vse preventivne postopke in sredstva s katerimi zagotovimo dostop do informacijskih sistemov in njihove vsebine ter preprečimo njihovo nepooblaščeno uporabo. Med preventivnimi ukrepi nudi *kriptografija* največjo varnost oziroma zaščito glede na svojo prilagodljivost digitalnim medijem in s tem predstavlja osnovo informacijske družbe (cilji: zasebnost, celovitost podatkov, digitalno overjanje/podpisovanje, digitalni denar, in drugi kriptografski protokoli; obseg: matematika, računalništvo, elektrotehnika, finance, poli-tika, obramba, itd.). Vsebina bo med drugim zajemala naslednje teme:	Information/computer security describes means to control access to information systems and their contents in order to prevent unauthorized use. Cryptography provides maximum security while at the same time preserving the flexibility of digital media. It forms the foundation of an information society, enabling privacy, data integrity, digital authentication/signatures, digital cash, and other goals. It incorporates mathematics, computer science, electrical engineering, finance, policy, defence, etc. The course will cover the following topics: • **Symmetric cryptography** – Classical ciphers and history of cryptography

• **Simetrična kriptografija** – Klasični tajnopisi in zgodovina kriptografije – Kerckhoffov princip in stopnje napadov na kriptosisteme. – Shannonova teorija informacij in entropija (popolna, računska in dokazljiva varnost) – Bločne šifre (DES/IDEA, AES in finalisti, linearna in diferenčna analiza) – Tokovne šifre/PRNG (RC4, LFSR in Berlekamp-Masseyjev algoritem,...), – Kriptoanaliza in statistične metode – Zgoševalne funkcije (MD/SHA, HMAC, ...) in kode za avtentikacijo (MAC), napadi s paradoksom rojstnih dni, novi napadi,... • **Kriptografija javnih ključev** oziroma asimetična kriptografija – Kriptosistemi z javnimi ključi, enosmerne funkcije in z njimi povezani problemi iz teorije števil (testiranje praštevilskosti, faktorizacija števil, diskretni logaritem) – Digitalni podpisi (RSA, DSA, enkratni, slepi, skupinski, itd.) – Protokoli za dogovor o ključu (Diffie-Hellman, ElGamal, Kerberos, STS) – Sheme za identifikacijo oseb in naprav (izziv/odgovor, ...) – Drugi protokoli (grb/cifra po telefonu, mentalni poker, sheme za deljenje skrivnosti, kode za overjanje, časovni žigi, vizualna kriptografija, dokaz brez razkritja znanja) – Kvantna kriptografija • **Računalniška varnost** – Varnost programov (hrošči, virusi, zlonamerna koda) – Varnost podatkovnih baz (anonimizacija) – Varnost operacijskih sistemov (MS Win, Unix/Linux, liveCD) – Varnost mrežnih komunikacij (požarni zidovi, VPN, IPSec, SSL) – Zasebnost v računalništvu (žetoni/pametne kartice, RFID kartice) – Upravljanje s ključi (certifikati, CA, PKI, X.509) – Učinkovite in varne implementacije kriptosistemov (napadi s stranskim kanalom in obramba pred njimi) – Upravljanje varnosti v praksi (varnostne politike, nadzor) – Patenti in standardi (ISO, IEEE, IETF)	– Kerckhoff principle and various attacks on cryptosystems – Shannon theory of information and entropy (perfect, computational and provable security) – Block ciphers (DES/IDEA, AES and finalists, linear and differential analysis) – Stream ciphers/PRNG (RC4, LFSR and Berlekamp-Massey algorithm, ...), – Cryptoanalysis and statistical methods • Hash functions (MD/SHA, HMAC, ...) and authentication codes (MAC), birthday paradox attacks, new attacks, ... • **Public-key cryptography** (asymmetric aryptography) – Perfect security (computational, unconditional and provable security) – Public-key cryptosystems, one-way functions and related problems in number theory (primality testing, integer factorization, discrete logarithm problem) – Digital signatures (RSA, DSA, one-time, blind, group, etc.) – Key agreement protocols (Diffie-Hellman, ElGamal, Kerberos, STS) – Identification schemes for humans and devices (challenge/response, ...) – Other protocols (head/tail over the phone, mental poker, secret sharing schemes, authentication schemes, timestamps, visual cryptography, zero-knowledge proofs) – Quantum cryptography • **Computer and information security** – Security of programs (bugs, viruses, malicious code) – Security of databases (anonymization) – Security of OS (MS Win, Unix/Linux, liveCD) – Security of network communication (firewalls, VPN, IPSec, SSL) – Privacy in CS (tokens/smart cards, RFID cards) – Key management (certificates, CA, PKI, X.509) – Efficient and secure implementations of cryptosystems (side channel attacks and defenses against them) – Real time security management (security policy, monitoring) – Patents and standards (ISO, IEEE, IETF)

Temeljna literatura in viri/Readings:

D. Stinson, Cryptography: Theory and Practice, 3rd Ed., Chapman and Hall/CRC, 2006. A. Menezes, P. van Oorschot in S. Vanstone, Handbook of Applied Cryptography, CRC Press, 1997 (peti ponatis 2001). C.P. Pfleeger in S.L. Pfleeger, Security in Computing, 4th Ed., Prentice Hall, 2006.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Študent se spozna z osnovami kriptografije in računalniške varnosti.	Introduction to cryptography and computer security.

Predvideni študijski rezultati:	Intended learning outcomes:
Po uspešnem zaključku tega predmeta bo študent: - razumel osnovne probleme računalniške varnosti in v podrobnosti delovanje najbolj znanih kriptosistemov sistemov ter bo sposoben povezovati obe področji, predlagati rešitve in implementirati oziroma vzdrževati kriptografske sisteme, - znal uporabiti oz. bil sposoben opredeliti (definirati) problem, pravilno ovrednotiti s strokovnega vidika (tako s kriptografskega kot varnostnega) ter predlagati/ovrednotiti učinkovito rešitev, - razumel uglašenosti med teorijo in njeno rabo na konkretnih primerih računalniške varnosti. Predmet je osnova za številne predmete, ki preučujejo računalniške sisteme in mreže, (tele)komunikacijo, digitalno forenziko, elektronsko in mobilno poslovanje,... Med pridobljene spretnosti štejejo teoretične osnove za inženirsko reševanje različnih praktičnih problemov, ki se pojavljajo v problemih iz računalniške varnosti in kriptografije.	After successful completition of this course the students will be able to: - master the basic problems of computer security and the detailed structure of the most famous cryptosystems and will be capable to connect these areas, propose specific solutions and implement or maintain cryptosystems, - apply, i.e., be able to define the problem, correctly evaluate it from a professional point of view (both cryptographic and security) and to propose/evaluate an effective solution, - understand the connection between theory and practice applied to specific examples of computer security. This course is a foundation for several courses that study computer systems and networks, telecommunications, digital forensics, electronic and mobile commerce, etc. Students will gain a theoretical foundation for a variety of practical problems that are encountered in the field of computer security and cryptography.

Metode poučevanja in učenja:	Learning and teaching methods:
Predavanja, vaje, domače naloge, seminarji, konzultacije, laboratorijsko delo. Poseben poudarek je na sprotnem študiju in na skupinskem delu pri vajah in seminarjih. Ogledali si bomo tudi kakšen video.	Lectures, tutorials, assignments, projects, office hours, lab work. There will be a special emphasis on real-time studies and team work (tutorials and seminars). We will occasionally watch video material related to the course.

Načini ocenjevanja:	Delež/Weight	Assessment:
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, projects):
Sprotno preverjanje (domače naloge, kolokviji in projektno delo)	50,00 %	Continuing (homework, midterm exams, project work)
Končno preverjanje (pisni in ustni izpit)	50,00 %	Final (written and oral exams)
Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).		Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of the University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:

Reference nosilca/Lecturer's references:

1. A. Jurišić and J. Vidali, Restrictions on classical distance-regular graphs, *Journal of Algebraic Combinatorics* **46** (2017), 571–588.
2. A. Jurišić and J. Vidali, Extremal 1-codes in distance-regular graphs of diameter 3, *Designs Codes and Cryptography* **65** (2012), 29–47.
3. A. Jurišić and J. Koolen, Classification of the family AT4(*qs,q,q*) of antipodal tight graphs, *J. Combin. Theory (A)* **118** (2011), 842–852.
4. A. Jurišić, P. Terwilliger and A. Žitnik, The *Q*-polynomial idempotents of a distance-regular graph, *J. Combin. Theory (B)* **100** (2010), 683–690.
5. A. Jurišić, A. Munemasa and J. Tagami, On graphs with complete multipartite mu-graphs, *Discrete Mathematics* **310** (2010), 1812–1819.

Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu: http://sicris.izum.si/search/rsr.aspx?lang=slv&id=6518.

MAGISTRSKO DELO

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Magistrsko delo
Course title:	Master thesis
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Podatkovne vede (smer)	2. letnik	Celoletni	obvezni
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)	2. letnik	Celoletni	obvezni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0070493
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63548

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
	60				660	24

Nosilec predmeta/Lecturer:	

Vrsta predmeta/Course type:	obvezni predmet/compulsory course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Predmet je namenjen pripravi in izdelavi magistrskega dela.	The course is intended for preparing and completing the master thesis.

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. Justin Zobel, Writing for Computer Science, second edition, Springer, 2004.
2. D. Evans and P. Gruba, How to Write a Better Thesis, Second edition, Melbourne University Press, Melbourne, 2002.
3. Herman T.: Ethics and Technology: Controversies, Questions, and Strategies for Ethical Computing, Wiley; 3 edition, 2010.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilj predmeta je spoznati širše področje in relevantno literaturo s področja teme magistrskega dela,razumeti zastavljene probleme in poiskati smiselne teoretične	The goal of the course is to obtain insight into and an overview of the wide field of the topic of the master thesis, to get acquainted with the relevant literature,

ter ustrezne programske rešitve, napisati magistrsko delo in izdelati programsko podporo. Splošne kompetence: Sposobnost kritičnega, analitičnega in sintetičnega razmišljanja. Sposobnost strokovne komunikacije v slovenskem in tujem jeziku. Sposobnost aplikacije pridobljenega znanja pri reševanju problemov s področja računalništva in informatike; sposobnost nadgradnje znanja. Obvladovanje raziskovalnih metod na področju računalništva in informatike. Razvoj strokovne odgovornosti in etike.	understand the addressed problems and find suitable theoretical and programming solutions, and finally to write the thesis and produce the necessary computer support. General competences: Ability of critical, analytical and synthetic thinking. The ability of professional communication in the Slovenian language as well as a foreign language. The ability to apply acquired knowledge for solving technical and scientific problems in computer and information science; the ability to upgrade acquired knowledge. Proficiency in research methods in the field of computer science Development of professional responsibility and ethics.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po zaključku predmeta bo študent: - Spoznal samostojno raziskovalno delo, literaturo in obstoječe rešitve. - Spoznal bo postopek iskanja novih prijemov za reševanje zastavljenih problemov. - Znal bo pridobivati znanja in izkušenje pri iskanju lastnih rešitev teoretičnih in praktičnih problemov, pri pisanju strokovnih del in predstavitvi lastnih rezultatov. - Poznal bo primernosti izbranih pristopov s področja računalništva in informatike za reševanje praktičnih primerov v poslovnih okoljih. - Znal bo predstaviti rešitev v obliki zaključenega pisnega izdelka in ustne predstavitve.	After completing this course a student will: - Be familiar with the challenge of individual research work, are acquainted to the literature and the existing solutions. - Know how to find new approaches to the posed problems. - Know how to obtain knowledge and experience in individually solving theoretical and practical problems, writing technical texts and presenting obtained results and solutions. - Will know the advantages of the chosen approaches in computer and information science in solving specific practical tasks. - Will know how to present problems and their solutions in the form of a written and oral presentation.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Seminarsko in samostojno delo pod vodstvom mentorja.	Seminar work and individual work under the advisor's guidance.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Končno preverjanje (ocena magistrskega dela in zagovora)	100,00 %	Final (grading the written thesis and the presentation)

Ocenjevalna lestvica:	**Grading system:**
opravil z odliko/opravil/ni opravil	passed with distinction/passed/failed

Reference nosilca/Lecturer's references:

MANAGEMENT PROIZVODNIH IN STORITVENIH PROCESOV

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Management proizvodnih in storitvenih procesov
Course title:	Management of production and service processes
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)		1. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0082831
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63533

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45	10	20			105	6

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Branko Matjaž Jurič
Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet /specialist elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
1. Strateški okvir odločanja o proizvodnih in storitvenih procesih (konkurenčne prednostne naloge, strateški vzvodi) 2. Analiza procesov (Littlov zakon, analiza zmogljivosti procesov) 3. Teorija repov in management zmogljivosti (obvladovanje stohastičnosti, vzvodi obvladovanja časa čakanja strank) 4. Sistem planiranja in kontrole izdelavne proizvodne ali storitvene poslovne funkcije v podjetju: predvidevanje povpraševanja; dolgoročno planiranje fiksnih zmogljivosti; mesečno planiranje izdelave; operativno planiranje izdelave; uravnavanje zalog povezanih z neodvisnim povpraševanjem; uravnavanje zalog povezanih z odvisnim povpraševanjem; izvajanje izdelave in kontrola izvajanja.	Strategic framework for decisions about manufacturing processes (competitive priority tasks, strategic levers). 2. Process analysis (Little's law, capacity analysis of processes) 3. Theory of tails and capacity management (stochastic management, levers for management of client waiting time) 4. Planning and control system of manufacturing business function: demand forecasting, long-term planning of fixed capacity, monthly production planning, operational production planning, stock balancing associated with independent demand, stock balancing related to dependent demand, manufacturing and control mechanisms. 5. Just in time (JIT) in the processes (definition of JIT, JIT elements) 6. Quality management (external and internal quality

5. Ravno ob pravem času (JIT) v procesih (opredelitev JIT, elementi JIT) 6. Obvladovanje kakovosti (zunanji in notranji vidik kakovosti, vgrajevanje kakovosti (QFD), sposobnost procesa, neprekinjeno izboljševanje) 7. Reinženiring poslovnih procesov (opredelitev, faze reinženiringa poslovnih procesov)	view, Quality function deployment, process capability, continuous improvement) 7. Business process reengineering (definition, business process reengineering phases)

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. Management izdelavnih procesov, Borut Rusjan (v pripravi – leto izida 2009)
2. Izbrana poglavja iz: Managing Business Process Flows, Anupindi, R. et al., Prentice Hall, Upper Saddle River, 1999.
3. Izbrani članki.
4. Študijski primeri (Michigan Manufacturing Corporation, National Cranberry, Sof-Optics, Toyota, Hank Kolb, Analog Devices).

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Po uspešnem zaključku predmeta bo študent: - Razumel možnosti učinkovitega analiziranja in obvladovanja materialnih in informacijskih tokov v proizvodnih in storitvenih procesih. - Spoznal glavne vzvode (zasnova procesov, obvladovanje variabilnosti, zmogljivosti, zaloge, management kakovosti) za delovanje na ključne kriterije učinkovitosti poslovnih procesov (stroški, kakovost, fleksibilnost, dobava). - Uporabil koncepte, pristope, orodja, metode in tehnike, uporabne za učinkovito obvladovanje izdelavnih procesov. - Načrtoval poslovne procese in jih pripravil za izvedbo. - Razumel pomen avtomatizacije poslovnih proceov. - Integriral poslovne procese z aplikacijami. - Razvijal rešitve za digitalno preobrazbo.	After successful completion of the course a student will be able to: - Understand the possibilities of effective analysis and management of material and information flows in manufacturing processes. - Know the main levers (establishment of process, management of variability, capacity, inventories, quality management) for the operation of the key efficiency criteria of business processes (cost, quality, flexibility, delivery). - Apply the concepts, approaches, tools, methods and techniques useful for effective management of manufacturing processes. - Design business processes and prepare them for implementation. - Understand the importance of automating business processes. - Integrate business processes with applications. - Develop solutions for digital transformation.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Znanje in razumevanje: Študent pri predmetu spozna vlogo izdelavne tako proizvodne kot storitvene poslovne funkcije za uspešnejše in učinkovitejše poslovanje podjetja ter dobi pregled metod, pristopov tehnik in konceptov, ki mu pomagajo pri učinkovitejšem organiziranju, planiranju in kontroli izdelave proizvodov in storitev. Študent pridobi poglobljeno znanje o temeljnih odločitvah, ki jih je potrebno sprejemati za učinkovito obvladovanje proizvodnje, obvladovanje delovanja oskrbnih verig in izdelavnega procesa v storitvenih podjetjih. **Uporaba:** Študent se usposobi za ugotavljanje temeljnih problemov v izdelavnem procesu proizvodnih in storitvenih podjetij ter za razvijanje alternativnih rešitev teh problemov. Na podlagi pridobljenega znanja lahko sprejema učinkovite odločitve oblikovanja, obvladovanja in izboljševanja izdelavnih procesov.	**Knowledge and understanding:** Students understand the role of the manufacturing business function for efficient and effective business and get an overview of methods, approaches, techniques and concepts that can assist in more effective organizing, planning and control of manufacturing. Students acquire an in-depth knowledge of the fundamental decisions that need to be taken to effectively control the production, manage supply chains and the production process for service firms. **Application:** Students are qualified to detect underlying problems in the production process of manufacturing and service firms and to develop alternative solutions to these problems. On the basis of the acquired knowledge they can take effective decisions about establishment, management and improvement of this process.

Refleksija: Teoretična načela obvladovanja procesov, ki jih študent pridobi s študijem predmeta, mu omogočajo učinkovitejše razumevanje delovanja različnih procesov, ki se izvajajo pri delovanju različnih združb. **Prenosljive spretnosti - niso vezane le na en predmet:** Študent bo osvojil spretnosti uporabe domače in tuje literature in uporabe postopkov analize procesa, planiranja zmogljivosti in obvladovanja zalog, časov čakanja in kakovosti. Študent bo z delom na študijskih primerih razvijal sposobnosti identifikacije in reševanja problemov.	**Reflection:** Theoretical principles of process management enable students to better understand the operation of different processes that are performed in various organizations. **Transferable skills:** Students will acquire skills for using domestic and foreign literature and knowledge for process analysis, capacity planning, inventory control, waiting times and quality. Students will develop the ability to identify and solve problems with work on case studies.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja in vaje. Skupinska analiza študijskih primerov. Igre vlog.	Lectures and exercises. Group case study analysis. Playing roles.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project):
Sprotno preverjanje (domače naloge, kolokviji in projektno delo)	50,00 %	Continuing (homework, midterm exams, project work)
Končno preverjanje (pisni in ustni izpit)	50,00 %	Final (written and oral exam)
Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).		Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	**Grading system:**

Reference nosilca/Lecturer's references:

1. Jurič B.M.: Do more with SOA Integration, PACKT Publishing, December 2011, ISBN ISBN 978-1-84968-572-6
2. Jurič B.M., Chandrasekaran, Frece A. Srdić G., Hertiš M.: S., WS-BPEL 2.0 for SOA Composite Applications with IBM WebSphere 7: define, model, implement, and monitor real-world BPEL 2.0 business processes with SOA-powered BPM. Birmingham: Packt Publishing, cop. 2010. 644 str., ilustr. ISBN 978-1-849680-46-2.
3. Jurič B.M, et. Al: Business process execution language for web services: an architect and developer's guide to orchestrating web services using BPEL4WS. Birmingham: Packt Publishing, 2006. X, 353 str., ilustr. ISBN 1-904811-81-7.
4. Jurič M.B., Šaša A.: WS-BPEL extension for versioning. Inf. softw. technol. [Print ed.], 2009, vol. 51, iss. 8, str. 1261-1274.
5. Jurič M.B.: WSDL and BPEL extensions for event driven architecture. Inf. softw. technol. [Print ed.], 2010, vol. 52, iss. 10, str. 1023-1043, doi: 10.1016/j.infsof.2010.04.005.

Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu: http://sicris.izum.si/search/rsr.aspx?lang=slv&id=10545.

MATEMATIKA 1

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Matematika 1
Course title:	Mathematics 1
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	**Študijska smer**	**Letnik**	**Semestri**	**Izbirnost**
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Podatkovne vede (smer)	1. letnik	1. semester	obvezni
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)	1. letnik	1. semester	obvezni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0125839
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63506

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Polona Oblak
Vrsta predmeta/Course type:	obvezni predmet/compulsory course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
1. Linearna algebra: Vektorski prostori, linearne in afine preslikave, skalarni produkt, vektorske in matrične norme, kvadratne forme, pozitivna semidefinitnost, razcep Choleskega, Perron-Frobeniusov izrek. 2. Matematična analiza: Funkcije več spremenljivk, ekstremi in zvezne optimizacijske naloge, dvojni integrali, vektorska analiza.	1. Linear algebra: Vector spaces, linear and affine transformations, scalar product, vector and matrix norms, quadratic forms, positive semidefiniteness, Cholesky decompostion, Perron-Frobenius theorem. 2. Calculus: Functions of several variables and continuous optimization problems, double integrals, vector calculus.

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. Erwin Kreyszig, Advanced Engineering Mathematics, John Wiley & Sons, 201
2. Roger A. Horn, Charles Johnson: Matrix Analysis, Cambridge University press, 201
3. Gilbert Strang, Introduction to Linear Algebra, Cambridge press, 200
4. James Stewart, Calculus, Early Transcendentals, Thomson, 2008.

Damir Franetič, Polona Oblak, Matematika 2 – zapiski s predavanj, dostopna na: https://ucilnica.fri.uni-lj.si/pluginfile.php/6121/mod_page/content/107/mat2.pdf, 2018.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Zmožnost kritičnega razmišljanja. Razvoj veščin kritičnega , analitičnega in sintetičnega razmišljanja. Zmožnost definiranja, razumevanja in reševanja ustvarjalnih poklicnih izzivov v računalništvu in informatiki. Sposobnost uporabiti pridobljeno znanje za samostojno delo pri reševanju tehničnih in znanstvenih problemov v računalništvu in informatiki; možnost nadgradnje pridobljenega znanja. Cilj predmeta je obnoviti in utrditi matematična znanja, ki so osnovna in nujno potrebna na tej stopnji računalništva in informatike, in študenta usposobiti za uporabo osnovnih matematičnih principov, metod in modelov pri reševanju problemov z različnih področij računalništva in informatike.	Ability of critical thinking. Developing skills in critical, analytical and synthetic thinking. The ability to define, understand and solve creative professional challenges in computer and information science; The ability to apply acquired knowledge in independent work for solving technical and scientific problems in computer and information science; the ability to upgrade acquired knowledge. The object of this course is to review the basic mathematical topics which are necessarily at this level of computer and information science and prepare the students for mastering applications of mathematical principles, methods and models in solving specific problems from various domains of computer and information science.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešnem zaključku tega predmeta bo študent**:** Sposoben izkazati znanje in razumevanje osnovnih pojmov abstraktne linearne algebre Razumel in uporabljal razvoj funkcije v Taylorjevo vrsto Zmožen izračunati lokalne in globalne ekstreme funkcij več spremenljivk Razumel in uporabljal večkratne in krivuljne integrale Sposoben aplicirati pojme linearne algebre v računalništvo in informatiko Sposoben formulirati nekatere probleme računalništva v matematičnem jeziku in rešiti nekatere izmed njih	After the completion of the course a student will be able to Show the knowledge and understanding of the basic notions of abstract linear algebra Understand and use the representation of a function as Taylor series Compute local and global extrema of a function of several variables Understand and use multiple and curve integrals Apply the notion of linear algebra into computer and information science Formulate several problems from computer science to mathematical language and solve some of them

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja in vaje z reševanjem problemov, domače naloge. Poseben poudarek je na sprotnem študiju s testi in na skupinskem delu pri vajah.	Lectures, tutorials and lab work printed to problem solving. Strong emphasis on regular work with tests and group work at tutorials.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project):
Sprotno preverjanje (domače naloge, kolokviji in projektno ali seminarsko delo)	50,00 %	Continuing (homework, midterm exams, project work or seminar paper)
Končno preverjanje (pisni in ustni izpit)	50,00 %	Final (written and oral exam)
Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).		Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	**Grading system:**

Reference nosilca/Lecturer's references:

- OBLAK, Polona. The upper bound for the index of nilpotency for a matrix commuting with a given nilpotent matrix. *Linear multilinear algebra*, 2008, vol. 56, no. 6, str. 701-711.
- DOLŽAN, David, OBLAK, Polona. Invertible and nilpotent matrices over antirings. *Linear algebra appl.*, 2009, vol. 430, iss. 1, str. 271-278.
- KOŠIR, Tomaž, OBLAK, Polona. On pairs of commuting nilpotent matrices. *Transform. groups*, 2009, vol. 14, no. 1, str. 175-182.
- DOLINAR, Gregor, GUTERMAN, Aleksandr Èmilevič, KUZMA, Bojan, OBLAK, Polona. Extremal matrix centralizers. *Linear Algebra and its Applications*, 2013, vol. 438, iss. 7, str. 2904-2910.
- OBLAK, Polona, ŠMIGOC, Helena. The maximum of the minimal multiplicity of eigenvalues of symmetric matrices whose pattern is constrained by a graph. Linear Algebra and its Applications, 2017, vol. 512, str. 48-70.

Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu:
http://sicris.izum.si/search/rsr.aspx?lang=slv&id=15808.

MATEMATIKA 2

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Matematika 2
Course title:	Mathematics 2
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Podatkovne vede (smer)	1. letnik	2. semester	obvezni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0129384
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63567

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Gašper Fijavž, prof. dr. Polona Oblak, Žiga Virk, Aljaž Zalar
Vrsta predmeta/Course type:	obvezni predmet/compulsory course
Jeziki/Languages:	Predavanja/Lectures: Angleščina, Slovenščina
	Vaje/Tutorial: Angleščina, Slovenščina

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

Vsebina:	Content (Syllabus outline):
Matrična in tenzorska algebra. Notacija. Odvodi. **Teorija.** Gradient. Konveksnost in stroga konveksnost. Lipschitzeve funkcije. Optimizacija z omejitvami. Dualne funkcije. Dualni optimizacijski problemi. Krepka dualnost. Slaterjev pogoj. Karush-Kuhn-Tuckerjev pogoj. **Optimizacijske metode.** Gradientna metoda. Stohastična gradientna metoda. Kvazi-Newtonova metoda. Subgradientna metoda. Pospešena gradientna metoda. Metode notranje točke. ADMM. Adaptivne gradientne metode.	**Matrix and tensor algebra.** Notation. Differentiation. **Theory.** Gradient. Convexity. Strong convexity. Lipschitz continuity. Limits on convergence rate. Constrained optimization. Dual function. Dual problem. Strong duality. Slater's condition. Karush-Kuhn-Tucker condition. **Optimization methods.** Gradient. Stochastic gradient. Conjugate gradient. Quasi-Newton. Subgradient. Proximal gradient. Accelerated gradient. Interior-point methods. ADMM. Adaptive gradient methods.

Temeljna literatura in viri/Readings:

- Stephen Boyd, Lieven Vandenberghe. Convex optimization. Cambridge University Press, 2004.
- David A. Harville: Matrix Algebra From a Statistician's Perspective, Springer, 1997.
- Zapiski s predavanj in izbrani članki. / Lecture notes and selected papers.

Cilji in kompetence:	Objectives and competences:
Zmožnost kritičnega razmišljanja. Razvoj veščin kritičnega , analitičnega in sintetičnega razmišljanja. Cilj predmeta je poglobiti študentovo razumevanje formalizacije problemov, ki izvirajo iz strojnega učenja, ter študenta seznaniti z osnovami optimizacijskih metod.	Critical thinking ability. Developing skills in critical, analytic and synthetic thinking. The object of the course is to deepen student's understanding of formulation of problems arising from machine learning with the basic optimization methods.

Predvideni študijski rezultati:	Intended learning outcomes:
Po uspešno zaključenem predmetu naj bi bili študentje zmožni: • zapisati rezultate matrične algebre v tenzorski notaciji, • odvajati vektorske in matrične funkcije po skalarjih, vektorjih ali matrikah • ločiti konveksne probleme od nekonveksnih, • uporabljati metode za optimizacijo konveksnih problemov, • reševati nekonveksne probleme s pomočjo dualnosti in Karush-Kuhn-Tuckerjevih pogojev, • uporabljati primerne optimizacijske metode za probleme v strojnem učenju.	After successfully completing the course, students should be able to: • write known matrix results in tensor notation, • derive vector and matrix functions over scalars, vectors and matrices, • distinguish between convex and nonconvex problems, • use the methods for convex optimization, • solve nonconvex problems with duality and Karush-Kuhn-Tucker conditions, • use different optimization methods on machine learning problems.

Metode poučevanja in učenja:	Learning and teaching methods:
Predavanja, računske vaje z ustnimi nastopi in delom z računalniki, domače naloge. Poseben poudarek je na sprotnem študiju z domačimi nalogami, na samostojnem delu z računalnikom in uporabo programske opreme za optimizacijo.	Lectures, exercise groups, homework assignments. The focus lies in continuous work with home assignments, individual work using computer and optimization software.

Načini ocenjevanja:	Delež/Weight	Assessment:
Sprotno preverjanje (kolokviji, domače naloge)	50,00 %	Continuing (homework, midterm)
Končno preverjanje (pisni ali ustni izpit) Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).	50,00 %	Final (written or oral exam) Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:

Reference nosilca/Lecturer's references:

Gašper Fijavž:

- FIJAVŽ, Gašper, WOOD, David Richard. Graph minors and minimum degree. The Electronic journal of combinatorics, ISSN 1077-8926. [Online ed.], 2010, vol. 17, no. 1, r151 (30 str.).
- DUJMOVIĆ, Vida, FIJAVŽ, Gašper, JORET, Gwenaël, SULANKE, Thom, WOOD, David Richard. On the maximum number of cliques in a graph embedded in a surface. European journal of combinatorics, ISSN 0195-6698, 2011, vol. 32, no. 8, str. 1244-1252.
- ALAM, Muhammad Jawaherul, CHAPLICK, Steven, FIJAVŽ, Gašper, KAUFMANN, Michael, KOBOUROV, Stephen G., PUPYREV, Sergey. Threshold-coloring and unit-cube contact representation of graphs. V: BRANDSTÄDT, Andreas (ur.), JANSEN, Klaus (ur.), REISCHUK, Rüdiger (ur.). Graph-theoretic concepts in computer science : 39th International Workshop, WG 2013, Lübeck, Germany, June 19-21, 2013, str. 26-37.

- FIJAVŽ, Gašper, PISANSKI, Tomaž, RUS, Jernej. Strong traces model of self-assembly polypeptide structures. MATCH Communications in Mathematical and in Computer Chemistry, ISSN 0340-6253, 2014, vol. 71, no. 1, str. 199-212.
- FIJAVŽ, Gašper, NAKAMOTO, Atsuhiro. Odd complete minors in even embeddings on surfaces. Discrete Mathematics, ISSN 0012-365X. [Print ed.], 2016, vol. 339, iss. 1, str. 165-178.

Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu:
http://www.sicris.si/search/rsr.aspx?lang=slv&id=9390.

Polona Oblak:

- OBLAK, Polona. The upper bound for the index of nilpotency for a matrix commuting with a given nilpotent matrix. *Linear multilinear algebra*, 2008, vol. 56, no. 6, str. 701-711.
- DOLŽAN, David, OBLAK, Polona. Invertible and nilpotent matrices over antirings. *Linear algebra appl.*, 2009, vol. 430, iss. 1, str. 271-278.
- KOŠIR, Tomaž, OBLAK, Polona. On pairs of commuting nilpotent matrices. *Transform. groups*, 2009, vol. 14, no. 1, str. 175-182.
- DOLINAR, Gregor, GUTERMAN, Aleksandr Èmilevič, KUZMA, Bojan, OBLAK, Polona. Extremal matrix centralizers. *Linear Algebra and its Applications*, 2013, vol. 438, iss. 7, str. 2904-2910.
- OBLAK, Polona, ŠMIGOC, Helena. The maximum of the minimal multiplicity of eigenvalues of symmetric matrices whose pattern is constrained by a graph. Linear Algebra and its Applications, 2017, vol. 512, str. 48-70.

Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu:
http://sicris.izum.si/search/rsr.aspx?lang=slv&id=15808.

Žiga Virk:

- VIRK, Žiga. Small loop spaces. *Topology and its Applications*, ISSN 0166-8641, 2010, vol. 157, no. 2, str. 451-455.
- VIRK, Žiga. Realizations of countable groups as fundamental groups of compacta. *Mediterranean journal of mathematics*, 2013, vol. 10, no. 3, str. 1573-1589.
- DYDAK, Jerzy, VIRK, Žiga. Preserving coarse properties. *Revista matemática complutense*, 2016, vol. 29, iss. 1, str. 191-206.
- EDELSBRUNNER, Herbert, VIRK, Žiga, WAGNER, Hubert. Smallest enclosing spheres and Chernoff points in Bregman geometry. V: SPECKMANN, Bettina (ur.), TÓTH, Csaba D. (ur.). *34th International Symposium on Computational Geometry : SoCG 2018, June 11-14, 2018, Budapest, Hungary*,
- VIRK, Žiga. Approximations of 1-dimensional intrinsic persistence of geodesic spaces and their stability. *Revista matemática complutense*, Jan. 2019, vol. 32, iss. 1, str. 195-213.

Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu:
http://sicris.izum.si/search/rsr.aspx?lang=slv&id=20092

Aljaž Zalar:

- CIMPRIČ, Jaka, ZALAR, Aljaž. Moment problems for operator polynomials. *Journal of mathematical analysis and applications,* 2013, vol. 401, iss. 1, str. 307-316.
- ZALAR, Aljaž. Operator Positivstellensätze for noncommutative polynomials positive on matrix convex sets. *Journal of mathematical analysis and applications*, 2017, vol. 445, iss. 1, str. 32-80.
- KLEP, Igor, MCCULLOUGH, Scott, ŠIVIC, Klemen, ZALAR, Aljaž. There are many more positive maps than completely positive maps. *International mathematics research notices,* 2019, vol. 2019, iss. 11, str. 3313-3375.
- BHARDWAJ, Abhishek, ZALAR, Aljaž. The tracial moment problem on quadratic varieties. *Journal of mathematical analysis and applications*, 2021, vol. 498, no. 1, 39 str.
- ZALAR, Aljaž. The truncated moment problem on the union of parallel lines. *Linear Algebra and its Applications*, 2022, vol. 649, str. 186-239.

Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu:
https://cris.cobiss.net/ecris/si/sl/researcher/41702

METODOLOGIJA EMPIRIČNIH RAZISKAV

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Metodologija empiričnih raziskav
Course title:	Empirical research methodology
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Podatkovne vede (smer)	1. letnik	1. semester	obvezni
Umetna inteligenca (Erasmus Mundus Joint Master in Artificial Intelligence (EMAI)), druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	2. letnik	1. semester	obvezni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0644377
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63571

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Erik Štrumbelj
Vrsta predmeta/Course type:	obvezni predmet/compulsory course

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

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

Vsebina:	Content (Syllabus outline):
Predmet bo pokril celoten delotok empiričnega raziskovanja: • Filozofija empirične znanosti, • faze empiričnega raziskovanja, • tipi študij (eksperimentalne, kvazi-eksperimentalne, prospektivne, presečne, s kontrolno skupino, meta-študije), • načrtovanje empiričnih raziskav (prevedba praktičnega vprašanja v statistično vprašanje, prepoznavanje pomembnih spremenljivk, posredne spremenljivke in operacionalizacija), • vzorčenje (preprost slučajen vzorec, stratificirano vzorčenje, gručenje, neverjetnostno vzorčenje),	The course will cover the entire empirical research workflow: • Philosophy of empirical science, • stages of empirical research, • types of studies (experimental, quasi-experimental, cross-sectional, cohort, case-control, meta-studies), • planning empirical research (translating a practical question into an actionable statistical question, identifying relevant variables, proxy variables and operationalization), • sampling (simple random sampling, cluster sampling, stratified sampling, non-probability sampling methods),

• na človeka osredinjeni inštrumenti (samoporočanje, poročanje, zasnova vprašalnikov, zanesljivost in veljavnost), • uporaba in interpretacija standardnih analizičnh metod (metoda največjega verjetja, Bayesova statistika, testiranje z ničelno hipotezo, napovedno strojno učenje) • komunikacija (poročanje, statične in interaktivne vizualizacije, zajemanje zahtev in komunikacija rezultatov). Predmet je kombinacija predavanj, ki razložijo temeljna načela, in vaj, kjer študentje ta načela uporabijo na praktičnih primerih (izbira najboljšega modela v strojnem učenju, ocenjevanje kvalitete predmetov, ocenjevanje študentov, merjenje športnikov, metodološka podpora empiričnemu znanstvenemu članku).	• human-centric research instruments (self-reporting, observer-reporting, designing questionnaires, reliability and validity), • standard data analysis application and interpretation (maximum likelihood, Bayesian, and null-hypothesis statistical testing, up to general mixed-effects models), • communication (reporting, static and interactive visualization, eliciting problems from and communicating results to non-experts). The course is a combination of lectures explaining the fundamental principles and labs where students apply these principles in real-world scenarios (selecting the best machine learning model, evaluating the quality of a university course, grading students, measuring athletes, providing the statistical methodology for an empirical research paper).

Temeljna literatura in viri/Readings:

Temeljna literatura bodo zapiski s predavanj. Key readings will be the lecture notes.
Priporočena literature / Recommended readings:

- Rice, J. A., & Rice, J. A. (2007). *Mathematical statistics and data analysis* (Vol. 371). Belmont, CA: Thomson/Brooks/Cole.
- Groves, R. M., Fowler Jr, F. J., Couper, M. P., Lepkowski, J. M., Singer, E., & Tourangeau, R. (2011). *Survey methodology*. John Wiley & Sons.
- Saris, W. E., & Gallhofer, I. N. (2014). *Design, evaluation, and analysis of questionnaires for survey research*. John Wiley & Sons.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Glavni cilj predmeta je študenta pripraviti za samostojno uporabo empiričnega raziskovanja v katerem koli praktičnem kontekstu. Predmet bo študenta seznanil z metodami, ki so na voljo, ter kdaj in zakaj je določena metoda bolj primerna.	The primary objective of the course is to prepare the student for independent application of empirical research in any practical setting. The course will inform the student of the methods available to them and of when and why a certain method is a more suitable choice.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešno zaključenem predmetu naj bi bili študentje zmožni zasnovati empirično raziskavo, ki bo odgovorila na praktično vprašanje, zbrati podatke, analizrati podatke in komunicirati rezultate.	After successfully completing the course, students should be able to design empirical research to answer a practical question, collect the data, analyze the data, and communicate the results.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, vaje, sprotno delo, gosti iz industrije in akademskega sveta.	Lectures, labs, coursework, guests from industry and academia.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Sprotno preverjanje (domače naloge)	50,00 %	Continuing (homework)
Končno preverjanje (izpit)	50,00 %	Final (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:

ŠTRUMBELJ, Erik, BOUCHARD-CÔTÉ, Alexandre, CORANDER, Jukka, GELMAN, Andrew B., RUE, Håvard, MURRAY, Lawrence, PESONEN, Henri, PLUMMER, Martyn, VEHTARI, Aki. Past, present and future of software for Bayesian inference. Statistical science. Feb. 2024, vol. 39, no. 1, 46-61.
JUTREŠA, Robert, ŠTRUMBELJ, Erik, ERČULJ, Frane, SUPEJ, Matej, MARKOVIĆ, Marko. The reliability of basketball shooting tests with binary outcomes. Journal of sports sciences. 2024, 1-9
PIRŠ, Gregor, ŠTRUMBELJ, Erik. Bayesian Gaussian process factor analysis with copula for count data. Expert systems with applications. [Print ed.]. Jul. 2022, vol. 197, 1-17.
DEMŠAR, Jure, REPOVŠ, Grega, ŠTRUMBELJ, Erik. bayes4psy : an open source R package for Bayesian statistics in psychology. Frontiers in psychology. May 2020, vol. 11, art. 947, 1-20.

MOBILNO ZAZNAVANJE

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Mobilno zaznavanje
Course title:	Mobile sensing
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)		1. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0643957
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63545C

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	izr. prof. dr. Veljko Pejović
Vrsta predmeta/Course type:	strokovno izbirni predmet/specialist elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Predmet vsebuje teme s področja mobilnega zaznavanja, obdelave senzorskih podatkov na sami mobilni napravi, ter aplikacij mobilnega zaznavanja. 1. Uvod v platforme mobilnega zaznavanja in aplikacije mobilnega zaznavanja; 2. Osnove vzorčenja senzorjev in lastnosti strojne opreme za zaznavanje; 3. Strojno učenje za mobilno zaznavanje, cevovod za obdelavo podatkov (od neobdelanih podatkov do visokonivojskih zaključkov); 4. Globoko učenje za obdelavo senzorskih podatkov; 5. Strojno učenje na robnih napravah. Tehnike kompresije in optimizacije modelov strojnega učenja; 6. Zvezno učenje v teoriji in praksi z uporabo ogrodja FLOWER na Androidu; 7. Lokacijsko vzorčenje, kompromis med natančnostjo in porabo energije; 8. Sledenje in napovedovanje lokacije, Markovske verige za modeliranje trajektorij; 9. Vzorčenje in obdelava fizioloških signalov; fotopletizmogram, temperatura kože, zaznavanje elektrodermalne aktivnosti; 10. Zaznavanje in obdelava glasu; sklepanje o čustvih in stresu iz glasovnih podatkov; 11. Ugotavljanje pozornosti in upravljanje z obvestili v mobilnem računalništvu;	The course will include topics in mobile sensing, mobile on-device sensor data processing and applications thereof. 1. Introduction to mobile sensing platforms and the applications of mobile sensing; 2. Foundations of sensor sampling and

12. Uporaba mobilnega zaznavanja v domeni zdravja; digitalne intervencije za spremembo vedenja; 13. Mobilno zaznavanje in zaznavanje s pomočjo interneta stvari z namenom zagotavljanja varnosti. Praktični del predmeta je sestavljen iz programskih vaj, študenti pravijo tudi praktično programsko nalogo na temo mobilnega zaznavanja in obdelave podatkov.	properties of sensing hardware; 3. Machine learning for mobile sensing, data processing pipeline (from raw data to high-level inferences); 4. Deep learning for sensor data processing; 5. Machine learning on edge devices. Machine learning model compression and optimisation techniques; 6. Federated learning in theory and practice using FLOWER framework on Android; 7. Location sampling, trade-off between accuracy and energy usage; 8. Location tracking and prediction, Markov chains for trajectory modeling; 9. Physiological signal sampling and processing; photoplethysmogram, skin temperature, electrodermal activity sensing; 10. Voice sensing and processing; emotion and stress inference from voice data; 11. Attention inference and notification management in mobile computing; 12. Sensing for health and wellbeing; digital

	behaviour change intervantions; 13. Mobile and IoT sensing for security. Practical part of the course consists of programming labs, while the students also complete a semester-long sensing and data processing programming project.

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. Smyth, N. (2023). Android Studio Giraffe Essentials - Kotlin Edition
2. Krumm, J. (Ed.). (2018). Ubiquitous computing fundamentals. CRC Press.
3. Lane, N. D., Miluzzo, E., Lu, H., Peebles, D., Choudhury, T., & Campbell, A. T. (2010). A survey of mobile phone sensing. IEEE Communications magazine, 48(9), 140-150.
4. Zhang, C., Patras, P., & Haddadi, H. (2019). Deep learning in mobile and wireless networking: A survey. IEEE Communications surveys & tutorials, 21(3), 2224-2287.
5. Kairouz, P., McMahan, H. B., Avent, B., Bellet, A., Bennis, M., Bhagoji, A. N., ... & Zhao, S. (2021). Advances and open problems in federated learning. Foundations and trends® in machine learning, 14(1–2), 1-210.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilj predmeta je spoznati se na mobilno zaznavanje in strojno učenje na mobilnih napravah, s poudarkom na pridobitvi praktičnega znanja s področja izdelave rešitev, ki temeljijo na mobilnem zaznavanju. Splošne kompetence: - Zmožnost kritičnega razmišljanja. - Zmožnost definirati, razumeti in rešiti kreativne strokovne izzive na področju računalništva in informatike. - Zmožnost uporabe in nadgrajevanja pridobljenega znanja. Predmetno specifične kompetence: - Zmožnost prenosa znanja sodelavcem v tehnoloških ekipah. - Veščine in praktično znanje o posebnih strojni opremi mobilnih platform, programskih jezikih in omejitvah mobilnih platform.	The aim of the course is to gain expertise in mobile sensing and on-device machine learning, with the practical knowledge on building mobile sensing solutions. General competences: - Ability of critical thinking. - The ability to define, understand and solve creative professional challenges in computer and information science. - The ability to apply and upgrade acquired knowledge. Subject specific competences: - The ability to transmit knowledge to co-workers in technology groups. - Practical knowledge and skills of paticular computer hardware of mobile platforms, constraints associated with these, and efficient programming of these platforms.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešno opravljenem predmetu bodo študenti zmožni: - navesti specifike različnih platform mobilnega zaznavanja, - našteti omejitve platform mobilnega zaznavanja in predstaviti načine za upoštevanje omejitev pri razvoju	After successful completion of the course, students will be able to: - list the specifics of different mobile sensing platforms, - list the limitations of mobile sensing platforms and present means for considering these limitations while

rešitev za mobilno zaznavanje, - razviti celoten programski izdelek za mobilno zaznavanje (tj. aplikacijo) na mobilni platformi, - uporabiti strojno učenje (na napravi) za visokonivojsko sklepanje v okviru rešitve mobilnega zaznavanja, - analizirati uporabnost, točnost in učinkovitost aplikacije mobilnega zaznavanja, - argumentirati izbiro specifične strojne in programske opreme za izdelavo rešitve mobilnega zaznavanja.	developing a sensing solution, - develop a complete mobile sensing software product (i.e. an app) on the mobile platform, - harness (on-device) machine learning for high-level inferences within their mobile sensing solution, - analyze the usability, accuracy, and efficiency of a mobile sensing app, - argument selection of specific hardware and software for the development of a mobile sensing solution.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja in domača naloge, ter praktičen projekt, ki ga bodo študenti izdelali v skupinah.	Lectures, lab work, and a practical semester-long project done in teams.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		
Sprotno preverjanje (domače naloge in projekt)	90,00 %	Continuing (labwork and projectwork)
Končno preverjanje (ustni izpit)	10,00 %	Final (oral 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. FABJANČIČ, Matevž, MACHIDON, Octavian-Mihai, SHARIF, Hashim, ZHAO, Yifan, MISAILOVIĆ, Saša, PEJOVIĆ, Veljko. Mobiprox : supporting dynamic approximate computing on mobiles. IEEE internet of things journal. 2024, vol. , no. , str. 1-14

2.MACHIDON, Octavian-Mihai, ASPROV, Jani, FAJFAR, Tine, PEJOVIĆ, Veljko. Context-aware adaptation of mobile video decoding resolution. Multimedia tools and applications. May 2023, vol. 82, iss. 12, str. 17599-17630

3.KNEZ, Timotej, MACHIDON, Octavian-Mihai, PEJOVIĆ, Veljko. Self-adaptive approximate mobile deep learning. Electronics. Dec. 2021, vol. 10, iss. 23, str. 1-23, ilustr. ISSN 2079-9292

4.MEHROTRA, Abhinav, PEJOVIĆ, Veljko, MUSOLESI, Mirco. FutureWare : designing a middleware for anticipatory mobile computing. IEEE transactions on software engineering. [Print ed.]. Oct. 2021, vol. 47, no. 10, str. 2107-2124

5.PEJOVIĆ, Veljko, MUSOLESI, Mirco. Anticipatory mobile computing : a survey of the state of the art and research challenges. ACM computing surveys. [Print ed.]. Apr. 2015, vol. 47, no. 3, str. 1-29, ilustr. ISSN 0360-0300

Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu:
https://cris.cobiss.net/ecris/si/sl/researcher/43813

MODUL 1 - PREDMET 1

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Modul 1 - predmet 1
Course title:	
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)	1. letnik	1. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0126169
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	M1-P1

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	
Vrsta predmeta/Course type:	

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**

Temeljna literatura in viri/Readings:

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**

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

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

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

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:

Reference nosilca/Lecturer's references:

MODUL 1 - PREDMET 2

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Modul 1 - predmet 2
Course title:	
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)	1. letnik	1. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0126170
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	M1-P2

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	
Vrsta predmeta/Course type:	

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

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

Vsebina:	Content (Syllabus outline):

Temeljna literatura in viri/Readings:

Cilji in kompetence:	Objectives and competences:

Predvideni študijski rezultati:	Intended learning outcomes:

Metode poučevanja in učenja:	Learning and teaching methods:

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

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:

Reference nosilca/Lecturer's references:

MODUL 1 - PREDMET 3

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Modul 1 - predmet 3
Course title:	
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)	1. letnik	2. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0126173
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	M1-P3

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	
Vrsta predmeta/Course type:	

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**

Temeljna literatura in viri/Readings:

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**

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

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

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

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:

Reference nosilca/Lecturer's references:

MODUL 1 - PREDMET 4

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Modul 1 - predmet 4
Course title:	
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)	1. letnik	2. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0126174
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	M1-P4

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	
Vrsta predmeta/Course type:	

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

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

Vsebina:	Content (Syllabus outline):

Temeljna literatura in viri/Readings:

Cilji in kompetence:	Objectives and competences:

Predvideni študijski rezultati:	Intended learning outcomes:

Metode poučevanja in učenja:	Learning and teaching methods:

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

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:

Reference nosilca/Lecturer's references:

MODUL 2 - PREDMET 1

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Modul 2 - predmet 1
Course title:	
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)	1. letnik	1. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0126171
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	M2-P1

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	
Vrsta predmeta/Course type:	

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**

Temeljna literatura in viri/Readings:

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**

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

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

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

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:

Reference nosilca/Lecturer's references:

MODUL 2 - PREDMET 2

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Modul 2 - predmet 2
Course title:	
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)	1. letnik	1. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0126172
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	M2-P2

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	
Vrsta predmeta/Course type:	

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**

Temeljna literatura in viri/Readings:

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**

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

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

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

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:

Reference nosilca/Lecturer's references:

MODUL 2 - PREDMET 3

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Modul 2 - predmet 3
Course title:	
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)	1. letnik	2. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0126175
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	M2-P3

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	
Vrsta predmeta/Course type:	

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**

Temeljna literatura in viri/Readings:

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**

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

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

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

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:

Reference nosilca/Lecturer's references:

MODUL 2 - PREDMET 4

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Modul 2 - predmet 4
Course title:	
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)	1. letnik	2. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0126176
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	M2-P4

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	
Vrsta predmeta/Course type:	

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**

Temeljna literatura in viri/Readings:

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**

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

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

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

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:

Reference nosilca/Lecturer's references:

MODUL 3 - PREDMET 1

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Modul 3 - predmet 1
Course title:	
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)	2. letnik	1. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0126541
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	M3-P1

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	
Vrsta predmeta/Course type:	

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

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

Vsebina:	Content (Syllabus outline):

Temeljna literatura in viri/Readings:

Cilji in kompetence:	Objectives and competences:

Predvideni študijski rezultati:	Intended learning outcomes:

Metode poučevanja in učenja:	Learning and teaching methods:

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

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:

Reference nosilca/Lecturer's references:

MODUL 3 - PREDMET 2

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Modul 3 - predmet 2
Course title:	
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)	2. letnik	1. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0126542
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	M3-P2

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	
Vrsta predmeta/Course type:	

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

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

Vsebina:	Content (Syllabus outline):

Temeljna literatura in viri/Readings:

Cilji in kompetence:	Objectives and competences:

Predvideni študijski rezultati:	Intended learning outcomes:

Metode poučevanja in učenja:	Learning and teaching methods:

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

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:

Reference nosilca/Lecturer's references:

MODUL 3 - PREDMET 3

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Modul 3 - predmet 3
Course title:	
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)	2. letnik	2. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0127817
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	M3-P3

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	
Vrsta predmeta/Course type:	

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**

Temeljna literatura in viri/Readings:

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**

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

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

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

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:

Reference nosilca/Lecturer's references:

MODUL 3 - PREDMET 4

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Modul 3 - predmet 4
Course title:	
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)	2. letnik	2. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0127818
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	M3-P4

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	
Vrsta predmeta/Course type:	

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

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

Vsebina:	Content (Syllabus outline):

Temeljna literatura in viri/Readings:

Cilji in kompetence:	Objectives and competences:

Predvideni študijski rezultati:	Intended learning outcomes:

Metode poučevanja in učenja:	Learning and teaching methods:

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

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:

Reference nosilca/Lecturer's references:

NAČELA NEGOTOVOSTI

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Načela negotovosti
Course title:	Principles of uncertainty
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	**Študijska smer**	**Letnik**	**Semestri**	**Izbirnost**
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Podatkovne vede (smer)	1. letnik	1. semester	obvezni
Umetna inteligenca (Erasmus Mundus Joint Master in Artificial Intelligence (EMAI)), druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	2. letnik	1. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0129330
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63564

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Erik Štrumbelj, Aljaž Zalar

Vrsta predmeta/Course type:	obvezni predmet/compulsory course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Data. Povzemanje podatkov. Vizualizacija podatkov. Temeljna težava pri analizi podatkov: negotovost v našem razumevanju procesa, ki generira podatke. **Probability.** Aksiomatski, bayesovski in klasičen (frekventistični) pogled na verjetnost. Skupne, robne in pogojne gostote. Bayesov izrek. **Porazdelitve.** Standardne porazdelitve. Porazdelitev kot orodje za izražanje verjetnostnega mnenja. Porazdelitev kot generator podatkov. **Fundamental statistical techniques.** Metode Monte Carlo. Metoda bootstrap. Maksimiziranje verjetja. Bayesovsko sklepanje. **Osnovne naloge statistike.** Testiranje hipotez proti bayesovskem ocenjevanju parametrov.	**Data.** Summarizing data. Visualizing data. The fundamental problem of data analysis: uncertainty in our understanding of the data generating process. **Probability.** The axiomatic, Bayesian and classical (frequentist) views of probability. Joint, marginal and conditional densities. Bayes theorem. **Distributions.** Common probability distributions. Distributions as a means for expressing probabilistic opinions. Distributions as data generators. **Fundamental statistical techniques.** Monte Carlo integration. Bootstrap. Maximum likelihood estimation. Bayesian inference. **Basic statistical tasks.** Hypothesis testing vs Bayesian estimation.

Multivariatna normalna porazdelitev. Kot linearna transformacija. Linearna regresija. PCA.	**The multivariate normal distribution.** As a linear transformation. Linear regression. PCA.

Temeljna literatura in viri/Readings:

- Hoff, P. D. (2009). A first course in Bayesian statistical methods. Springer Science & Business Media.
- Kadane, J. B. (2011). Principles of uncertainty. CRC Press.
- Kruschke, J. (2014). Doing Bayesian data analysis: A tutorial with R, JAGS, and Stan. Academic Press.
- Gelman, A., Carlin, J. B., Stern, H. S., Dunson, D. B., Vehtari, A., & Rubin, D. B. (2013). Bayesian data analysis. CRC press.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Negotovost je eden izmed najpomembnejših konceptov – ne samo v podatkovnih vedah, temveč v življenju. Glavni cilj predmeta je študenta seznaniti z negotovostjo – kako matematično verjetnost uporabiti za izražanje negotovosti in kako s statistiko sklepati v prisotnosti negotovosti.	Uncertainty is one of the most important concepts - not only in data science but in life. The main goal of this course is to introduce the students to uncertainty - how to use probabily theory to express uncertainty and how to use statistics to reason with uncertainty.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešno zaključenem predmetu naj bi bili študentje zmožni: • Razlikovati med bayesovskim in klasičnim pogledom na verjetnost. • Uporabiti osnovne pristope iz Bayesove in klasične statistike. • Uporabiti programski jezik R za simulacije in statistično analizo. • Povezati načela negotovosti s statističnimi modeli in modeli strojnega učenja, ki jih bodo srečali pri drugih predmetih. • Pojasniti povezavo med multivariatno normalno porazdelitvijo, osnovnimi statističnimi modeli in linearnimi transformacijami.	After successfully completing the course, students should be able to: • Distinguish between the Bayesian and the classical view of probability. • Use basic approaches from Bayesian and classical statistics. • Use the R programming lanugage for simulation and statistical analyses. • Connect principles of uncertainty to statistical and machine learning models they encounter in other courses. Explain the connection between the multivariate normal distribution, basic statistical models and linear transformations.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, vaje, sprotno delo, diskusije.	Lectures, tutorials, coursework, discussions.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Sprotno preverjanje (domače naloge)	50,00 %	Continuing (homework)
Končno preverjanje (pisni izpit ali ustni izpit) Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).	50,00 %	Final (written exam or oral exam) Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	**Grading system:**

Reference nosilca/Lecturer's references:

Erik Štrumbelj:

- Pucer, J. F., Pirš, G., & Štrumbelj, E. (2018). A Bayesian approach to forecasting daily air-pollutant levels. Knowledge and Information Systems, 1-20.
- Češnovar, R. & Štrumbelj, E. (2017). Bayesian Lasso and multinomial logistic regression on GPU. PloS one, 12(6), e0180343.
- Kumer, P., & Štrumbelj, E. (2017). Clustering-based typology and analysis of private small-scale forest owners in Slovenia. Forest Policy and Economics, 80, 116-124.

- Poberžnik, M., & Štrumbelj, E. (2016). The effects of air mass transport, seasonality, and meteorology on pollutant levels at the Iskrba regional background station (1996–2014). Atmospheric Environment, 134, 138-146.Demšar, J., Štrumbelj, E., & Bajec, I. L. (2016). A Balanced Mixture of Antagonistic Pressures Promotes the Evolution of Parallel Movement. Scientific reports, 6, 39428.

Aljaž Zalar:

- Cimprič, J. & Zalar, A. (2013). Moment problems for operator polynomials. Journal of mathematical analysis and applications, 401(1), 307-316.
- Zalar, A. (2017). Operator Positivstellensätze for noncommutative polynomials positive on matrix convex sets. Journal of mathematical analysis and applications, 445(1), 32-80.
- Klep, I., Mccullough, S., Šivic, K. & Zalar, A. (2019). There are many more positive maps than completely positive maps. International mathematics research notices, 2019(11), 3313-3375.
- Zalar, A. (2021). The truncated Hamburger moment problems with gaps in the index set. Integral equations and operator theory. 93(3), 36 str.
- Zalar, A. (2022). The truncated moment problem on the union of parallel lines. Linear Algebra and its Applications, 649, 186-239.

NAPREDNA RAČUNALNIŠKA GRAFIKA

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Napredna računalniška grafika
Course title:	Advanced Computer Graphics
Članica nosilka/UL Member:	

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

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0148094
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63553

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Matija Marolt
Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet/specialist elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Predavanja: 3D predstavitve 1. polna telesa, CSG, B-Reps 2. voksli, posredno upodabljanje, volumetrično upodabljanje 3. točkovne predstavitve, pretvorba v ploskovne Upodabljanje 1. osnove fotometrije in radiometrije, osvetljevanje, odsevanje 2. napredni modeli osvetljevanja in odsevanja, BRDF, podpovršinsko razprševanje 3. globalna osvetlitev: enačba upodabljanja, modeli za reševanje 4. Monte Carlo sledenje poti, Metropolis light transport, mapiranje fotonov Animacija	**Lectures:** 3D representations 1. solid bodies, CSG, B-Reps 2. voxels, indirect rendering, volumetric rendering 3. point based representations, mesh reconstruction Rendering 1. foundations of radio- and photometry, lighting, reflection 2. advanced lighting models, BRDF, subsurface scattering 3. global illumination: rendering equation, models for solutions 4. Monte Carlo path tracing, Metropolis light transport, photon mapping Animation

1. interpolacija, kinematika 2. zajem gibanja, urejanje gibanja, predelava gibanja 3. dinamika: sistemi delcev in vzmeti, animacija tekočin, toga telesa, mehka telesa 4. simulacija množic 5. obrazna animacija **Vaje:** Laboratorijski projekti, na katerih študenti implementirajo lastne rešitve za vizualizacijo in animacijo 3D predmetov.	1. interpolation, kinematics 2. motion capture, editing and retargeting 3. dynamics: particle and mass-spring systems, animation of fluids, rigid bodies, deformable models 4. crowd simulation 5. facial animation **Laboratory:** Laboratory projects, where students implement their own solutions for visualization and animation of 3D models.

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. Matt Phar and Greg Humphreys: *Physically Based Rendering: From Theory To Implementation.* Morgan Kaufmann, Second Edition, 2010
2. Rick Parent: *Computer Animation: Algorithms and Techniques*. Morgan Kaufmann, 3. edition 2012.
3. John Hughes , Andries van Dam, Morgan McGuire, David F. Sklar, James D. Foley, Steven K. Feiner, Kurt Akeley: *Computer Graphics: Principles and Practice.* Addison-Wesley Professional; 3. edition, 2013

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilj predmeta je, da študenti razumejo matematične in fizikalne aspekte in algoritme, ki so podlaga modernih pristopov v računalniški grafiki (teoretična podlaga), ter da jih znajo aplicirati v svoje programske rešitve (praksa). Študenti bodo pridobili naslednje kompetence: Zmožnost kritičnega, analitičnega in sintetičnega razmišljanja Zmožnost definiranja, razumevanja in reševanja ustvarjalnih profesionalnih izzivov v računalništvu in informatiki Sposobnost profesionalnega komuniciranja v materinem in tujem jeziku Sposobnost uporabe pridobljenega znanja za reševanje tehničnih in znanstvenih problemov v računalništvu; sposobnost nadgrajevanja pridobljenega znanja. Kompetence na področju računalništva in informatike, ki omogočajo nadaljevanje študija na tretji stopnji.	The objective of the course is that students gain understanding of mathematical, physical and algorithmic aspects that are the basis of modern approaches in computer graphics (theory) and that they can apply them to their own software solutions (practice). When completing the course, students will gain the following competences: Developing skills in critical, analytical and synthetic thinking The ability to define, understand and solve creative professional challenges in computer and information science The ability of professional communication in the native language as well as a foreign language The ability to apply acquired knowledge in independent work for solving technical and scientific problems in computer and information science; the ability to upgrade acquired knowledge Competences in computer and information science granting access to further study at 3rd cycle doctoral programmes

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešnem zaključku tega predmeta bo študent: - razumel delovanj metod neposredne in posredne rekonstrukcije in upodabljanja 3D predmetov - poznal osnove radiometrije in fotometrije - razumel delovanje metod za fotorealistično upodabljanje - razumel in uporabljal verjetnostne metode za numerično integracijo - razumel in uporabljal metode za numerično reševanje navadnih diferencialnih enačb	After the completion of the course the student will be able to: - understand the methods for direct and indirect reconstruction and rendering of 3D objects - know the basics of radiometry and photometry - understand the methods for photorealistic rendering - understand and use probabilistic methods for numerical integration - understand and use methods for numeric solving of ordinary differential equations - understand the different methods for animation

- razumel delovanje različnih vrst animacijskih algoritmov - sposoben analizirati in implementirati napredne metode računalniške grafike na podlagi znanstvene literature	- analyze and implement advanced computer graphics methods based on study of scientific literature

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja s praktičnimi demonstracijami, izvajanje laboratorijskega projekta pod mentorstvom asistenta.	Lectures with practical demostrations, laboratory work under the supervision of assistants.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project):
Sprotno preverjanje (domače naloge, in projektno delo)	50,00 %	Continuing (homework, project work)
Končno preverjanje (pisni in ustni izpit)	50,00 %	Final: (written and oral exam)
Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).		Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	**Grading system:**

Reference nosilca/Lecturer's references:

LESAR, Žiga, BOHAK, Ciril, MAROLT, Matija. Evaluation of angiogram visualization methods for fast and reliable aneurysm diagnosis. Medical imaging 2015 : image perception, observer performance, and technology assessment : 25-26 February 2015, Orlando, Florida, United States.
2. BOHAK, Ciril, SODJA, Anže, MAROLT, Matija, MITROVIĆ, Uroš, PERNUŠ, Franjo. Fast segmentation, conversion and rendering of volumetric data using GPU. IWSSIP 2014 : proceedings, (International Conference on Systems, Signals, and Image Processing (Print), ISSN 2157-8672), 2014, str. 239-242.
3. MAROLT, Matija. A connectionist approach to automatic transcription of polyphonic piano music. IEEE trans. multimedia. [Print ed.], str. 439-449, ilustr. [COBISS.SI-ID 4203860]
4. MAROLT, Matija. A mid-level representation for melody-based retrieval in audio collections. IEEE trans. multimedia. [Print ed.], Dec. 2008, vol. 10, no. 8, str. 1617-1625, ilustr. [COBISS.SI-ID 6908756]
5. PESEK, Matevž, LEONARDIS, Aleš, MAROLT, Matija. Robust real-time music transcription with a compositional hierarchical model. PloS one, ISSN 1932-6203, Jan. 2017, vol. 12, no. 1, str. 1-21

NAPREDNE METODE RAČUNALNIŠKEGA VIDA

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Napredne metode računalniškega vida
Course title:	Advanced topics in computer vision
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	**Študijska smer**	**Letnik**	**Semestri**	**Izbirnost**
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Podatkovne vede (smer)		2. semester	izbirni
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)		2. semester	izbirni
Računalništvo in matematika, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik, 2. letnik	2. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0075160
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63552

Predavanja /Lectures	**Seminar /Seminar**	**Vaje /Tutorials**	**Klinične vaje /Clinical tutorials**	**Druge oblike študija /Other forms of study**	**Samostojno delo /Individual student work**	**ECTS**
45	10	20			105	6

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Matej Kristan
Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet/specialist elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Predmet vsebuje različne napredne teme s področja zaznavanja in razumevanja gibanja z metodami računalniškega vida. Vsebina se letno prilagaja trendom v raziskavah in industriji. Jedrne teme obsegajo: 1. Pregled področja ocenjevanja gibanja in aplikacije. 2. Ocenjevanje optičnega toka z metodami najmanjših kvadratov ter postopki z variacijskim računom. 3. Sledenje s parametrično predlogo po postopku Lucas-Kanade. 4. Sledenje s histogrami po postopku srednjega premika (Mean Shift).	The course will include selected advanced topics in motion perception and understanding using computer vision. The content is adjusted each year to reflect the recent trends in research and industry. The core topics include: 1. Overview of the field motion estimation and applications. 2. Optical flow estimation using least-squares and variational estimation. 3. Parametric template tracking using Lucas-Kanade. 4. Histogram-based tracking using Mean Shift. 5. Discriminative models for object tracking. 6. Recursive Bayes filter for online state estimation.

5. Diskriminativni modeli za sledenje objektov. 6. Rekurzivni Bayesovi filtri za sprotno ocenjevanje stanj. 7. Verjetnostno sledenje s Kalmanovim filtrom. 8. Verjetnostno sledenje s filtri z delci. 9. Globoko učenje za sledenje in segmentacijo. 10. Dolgoročno sledenje objektov. 11. Metode za hkratno sledenje več objektov. 12. Metodologije primerjave sledilnikov.	7. Probabilistic tracking by Kalman filter. 8. Probabilistic tracking by particle filters. 9. Deep learning for tracking and segmentation. 10. Long-term object tracking. 11. Multiple object tracking methods. 12. Methodologies of tracker comparison.

Temeljna literatura in viri/Readings:

Primarno številni izbrani raziskovalni članki. / Mainly many selected research papers Simon J. D. Prince, Computer Vision: Models, Learning, and Inference, Cambridge University Press, 2012[CB1] Richard Szeliski, Computer Vision: Algorithms and Applications, Springer, 2022 David Barber, Bayesian Reasoning and Machine Learning, Cambridge University Press, 2012

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Primarni namen predmeta je seznanitev z raziskovalno zahtevnim področjem, ki je del računalniškega vida, širše pa umetne inteligence. V tem smislu je snov logično nadaljevanje prvostopenjskih predmetov umetne inteligence, specifično osnovnih tem s področja računalniškega vida, multimedije in strojnega učenja. Sekundarni namen predmeta je osvojitev uporabe analitičnih in numeričnih metod, s katerimi se študentje že spoznajo pri bazičnih predmetih, vendar jih pogosto ne uporabijo v praksi. Študentje bodo ob koncu predmeta seznanjeni z modernimi metodami ocenjevanja gibanja in sledenja z metodami računalniškega vida ter imeli praktične izkušnje iz implementacije teh metod.	The primary objective is obtaining an overview of scientifically challenging topics of computer vision and broader artificial intelligence. In this sense, the course is logical continuation of basic first-level courses in artificial intelligence, specifically, computer vision, multimedia and machine learning. The secondary objective is practical application of analytical and numerical methods that students learn at basic courses, but seldom use in practice. At the end of this course the students will be skilled in modern approaches for motion estimation and tracking using computer vision approaches. The studens will obtain practical experience with these approaches.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešnem zaključku predmeta bodo študenti**:** - poznali glavne postopke ocenjevanja gibanja in lokalizacijo premikajočih se objektov, - razumeli koncept ocenjevanja optičnega toka in bili sposobni implementirati osnovne postopke, - razumeli matematično ozadje prileganja predlog s pomočjo metod gradientnega spusta, - razumeli matematično ozadje verjetnostnih Bayesovskih modelov za ocenjevanje položaja objekta v sliki in bili sposobni implementirati osnovne algoritme, ki izhajajo iz te družine metod, - razumeli postopke evalvacije sledilnih algoritmov in bili sposobni kritično analizirati delovanje sledilnika, - razumeli osnove sledilnikov, ki sledijo na dolgi rok in poznali glavne predstavnike s tega področja - razumeli glavne tehnike in arhitekture globokega učenja za razumevanje gibanja - sposobni izdelati aplikacije za sledenje objektov v slikah, - sposobni razumevanja modernih algoritmov na področju sledenja objektov.	After completing this course a students will be able to: - know major methods for motion estimation and localization of moving objects, - understand the concept of optical flow estimation and be able to implement basic approaches, - understand mathematical background of template alignment using gradient descent, - understand mathematical background of probabilistic Bayesian models for target position estimation in images and be able to implement the basic algorithms from the family of these approaches, - understand the approaches for tracker evaluation and be able to critically analyze the algorithms, - understand the basics of long-term trackers and know the major representatives from this field, - understand major deep learning techniques and architectures for motion understanding, - implement applications for image-based object tracking,

	- understand modern algorithms in the field of object tracking.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, laboratorijske vaje, domače naloge in projektna naloga v sklopu vaj. Poseben poudarek je na individualnem delu študentov.	Lectures, laboratory exercises, homeworks and project work. Special emphasis will be given on individual work.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project):
Sprotno preverjanje (laboratorijske vaje, domače naloge, projektna naloga)	40,00 %	Continuing (lab exercises, homework, project)
Končno preverjanje (pisni izpit)	60,00 %	Final (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:

LUKEŽIČ, Alan, TROJER, Žiga, MATAS, Jiří, KRISTAN, Matej. A new dataset and a distractor-aware architecture for transparent object tracking. International journal of computer vision. Feb. 2024, vol. 132, str. 2729-2742, [COBISS.SI-ID 186509827]

BOVCON, Borja, KRISTAN, Matej. WaSR—a water segmentation and refinement maritime obstacle detection network. IEEE transactions on cybernetics. Dec. 2022, vol. 52, iss. 12, str. 12661-12674, [COBISS.SI-ID 69794307]

LUKEŽIČ, Alan, MATAS, Jiří, KRISTAN, Matej. A discriminative single-shot segmentation network for visual object tracking. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. Dec. 2022, vol. 44, no. 12, str. 9742-9755, [COBISS.SI-ID 94955523]

VIDENOVIĆ, Jovana, LUKEŽIČ, Alan, KRISTAN, Matej. A distractor-aware memory for visual object tracking with SAM2. V: 2025 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition : CVPR 2025, Str. 24255-24264 [COBISS.SI-ID 245699331]

PELHAN, Jer, LUKEŽIČ, Alan, ZAVRTANIK, Vitjan, KRISTAN, Matej. A novel unified architecture for low-shot counting by detection and segmentation. V: GLOBERSON, Amir (ur.). Advances in neural information processing systems 37 (NeurIPS 2024), 2024. Str. 1-23, [COBISS.SI-ID 225242371]

KRISTAN, Matej, MATAS, Jiří, LEONARDIS, Aleš, VOJÍŘ, Tomáš, PFLUGFELDER, Roman, FERNÁNDEZ, Gustavo, NEBEHAY, Georg, PORIKLI, Fatih, ČEHOVIN ZAJC, Luka. A novel performance evaluation methodology for single-target trackers. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, ISSN 0162-8828. [Print ed.], Nov. 2016, vol. 38, no. 11, str. 2137-2155, [COBISS.SI-ID 1536872643]

ČEHOVIN, Luka, KRISTAN, Matej, LEONARDIS, Aleš. Robust visual tracking using an adaptive coupled-layer visual model. *IEEE trans. pattern anal. mach. intell.*. [Print ed.], 2012, str. [1-14], [COBISS.SI-ID 9431124

Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu: http://sicris.izum.si/search/rsr.aspx?lang=slv&id=32801.

NEKONVENCIONALNE PLATFORME IN METODE PROCESIRANJA

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Nekonvencionalne platforme in metode procesiranja
Course title:	Unconventional computing
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

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

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0082618
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63512

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45	20	10			105	6

Nosilec predmeta/Lecturer:	Miha Mraz
Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet/specialist elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Predavanja: I. Platformno pogojene metode procesiranja: a.) Kvantni celularni avtomati (angl. quantum dot cellular automata) b.) Kvantno računalništvo (angl. quantum processing, q.computer) c.) MEMS in NEMS naprave (angl. micro/nano electro mechanical systems) d.) Optično računalništvo (angl. optical computing) e.) DNK procesiranje (angl. DNA computing) f.) Nanocevi (angl. nanotubes) II. Platformno neodvisne metode procesiranja: a.) Amorfno procesiranje (angl. amorphous computing) b.) Reverzibilno procesiranje (angl. reversible	Basic topics: I. Unconventional processing platforms: quantum dot cellular automata, quantum computing, MEMS/NEMS devices, Optical computing DNA processing, nanotubes, etc. II. Unconventional processing approaches: amorphous computing, reversible computing, multistate and analogous computing, bio inspired computing, etc.

computing) c.) Večstanjsko in analogno procesiranje (angl. multistate and analogous computing) d.) Naravno inspirirano procesiranje (angl. bio inspired computing)	

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. M.Mraz: Iskanje procesne platforme prihodnosti. https://ucilnica.fri.uni-lj.si/course/view.php?id=91. (e-book, 2017) 2. F.Lombardi, J.Huang: Design and test of digital circuits by quantum-dot cellular automata, Artech House Inc., 2008 3. U.Alon: An introduction to systems biology : design principles of biological circuits, Chapman &, Hall / CRC, 2007

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilj predmeta je študentom predstaviti nekatere najbolj aktualne metode in platforme procesiranja z vidika bazičnih sestavnih struktur, ki se danes uveljavljajo kot možne alternative klasičnim električno tranzistorskim dvovrednostnim logičnim strukturam. Razvoj slednjih bo drastično upočasnjen zaradi problemov tendenc miniaturizacije, saj jim bo tehnologija s svojimi rešitvami vse težje sledila. Ostale kompetence: Zmožnost definiranja, razumevanja in reševanja profesionalnih izzivov Zmožnost iskanja novih virov znanj in njihova kritična evaluacija	The main goal of the course is to present recent unconventional methods and platforms for computer processing needs. The motivation for the course comes from the restrictions in the field of minimization of classical computer structures. Other competences: The ability to define, understand and solve creative professional challenges in computer and information science; The ability to search knowledge sources and to search for resources and critically evaluate information.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešnem zaključku tega predmeta bo študent: sposoben kritične analitične obravnave načina delovanja obstoječih platform in metod procesiranja, razumel koncept reverzibilnosti logičnih funkcij, poznal in znal uporabljati koncepte porazdeljenih sistemov celularnih avtomatov in kvantnih celularnih avtomatov, razumel in znal uporabljati koncepte večvrednostnih logik in procesiranja, razumel koncepte biološkega procesiranja, razumel koncepte kvantnega procesiranja, sposoben obravnave in reševanja problema na osnovi alternativnih metod procesiranja.	After the completion of the course a student: - will be able to objectively analyse the existing processing platforms and methods, - will be able to understand the concept of logic functions reversibility, - will be familiar with the concepts of distributed systems, such as cellular automata and quantum-dot cellular automata, - will understand and will be able to apply the concepts of a many-valued logic and processing in practice, - will understand the concepts of biological computing, - will understand the concepts of quantum computing, - will be able to solve problems on the basis of alternative processing methods.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, praktične vaje s seminarji vsebinsko vezane na izvajanje eksperimentov, postavitve modelov, itd.	Lectures, practical lessons with seminar works, etc.

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

Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project):
Sprotno preverjanje (domače naloge, kolokviji, projektno in seminarsko delo)	50,00 %	Continuing (homework, midterm exams, project work or seminar paper)
Končno preverjanje (pisni izpit)	50,00 %	Final (written exam)
Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).		Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	**Grading system:**

Reference nosilca/Lecturer's references:

1. LEBAR BAJEC, Iztok, ZIMIC, Nikolaj, MRAZ, Miha. Towards the bottom-up concept: extended quantum-dot cellular automata. *Microelectron. eng.*. [Print ed.], 2006, vol. 83, no. 4/9, str. 1826-1829, ilustr. [COBISS.SI-ID 5212244], [WoS, št. citatov do 7.8.09: 4, brez avtocitatov: 2, normirano št. citatov: 2] JCR IF: 1.398, SE (48/206), engineering, electrical & electronic, x: 0.942, SE (18/32), nanoscience & nanotechnology, x: 2.04, SE (20/55), optics, x: 1.239, SE (34/84), physics, applied, x: 1.846
2. LEBAR BAJEC, Iztok, ZIMIC, Nikolaj, MRAZ, Miha. The ternary quantum-dot cell and ternary logic. *Nanotechnology (Bristol)*, 2006, vol. 17, no. 8, str. 1937-1942, ilustr. [COBISS.SI-ID 5201748], [WoS, št. citatov do 7.5.09: 5, brez avtocitatov: 3, normirano št. citatov: 4] JCR IF: 3.037, SE (2/66), engineering, multidisciplinary, x: 0.746, SE (5/32), nanoscience & nanotechnology, x: 2.04, SE (22/175), materials science, multidisciplinary, x: 1.659, SE (9/84), physics, applied, x: 1.846
3. MOŠKON, Miha, MRAZ, Miha. Systematic approach to computational design of gene regulatory networks with information processing capabilities. *IEEE/ACM transactions on computational biology and bioinformatics*, ISSN 1545-5963. [Print ed.], 2014, vol. 11, no. 2
4. PETRONI, Mattia, ZIMIC, Nikolaj, MRAZ, Miha, MOŠKON, Miha. Stochastic simulation algorithm for gene regulatory networks with multiple binding sites. *Journal of computational biology*, ISSN 1557-8666. [Online ed.], 2014, vol. 21
5. STRAŽAR, Martin, MRAZ, Miha, ZIMIC, Nikolaj, MOŠKON, Miha. An adaptive genetic algorithm for parameter estimation of biological oscillator models to achieve target quantitative system response. *Natural computing*, ISSN 1567-7818, Mar. 2014, vol. 13, no. 1, str. 119-127.

Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu:
http://sicris.izum.si/search/rsr.aspx?lang=slv&id=8066.

NUMERIČNA MATEMATIKA

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Numerična matematika
Course title:	Numerical Mathematics
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

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

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0574758
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63522

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	Aljaž Zalar

Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet/specialist elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Predavanja: 1. Uvod v numerično računanje (osnove numeričnih napak in stabilnost numeričnih algoritmov); 2. Linearna algebra: sistemi linearnih enačb (direktne in iterativne metode), lastne vrednosti matrik (inverzna in QR iteracija); 3. Interpolacija in aproksimacija (Lagrangeova in Newtonova interpolacija, metoda najmanjših kvadratov, trigonometrična aproksimacija); 4. Numerično integriranje (Newton-Cotesove formule, Rombergova metoda, Gaussove integracijske formule, ocenjevanje napake in izbira koraka, numerično računanje odvodov); 5. Reševanje navadnih diferencialnih enačb (Eulerjeva in Runge-Kutta metode, stabilnost, enačbe višjih redov,sistemi diferencialnih	**Lectures:** 1. Introduction to numerical computing (numerical errors and stability of numerical algorithms); 2. Linear algebra: systems of linear equations (direct and iterative methods). Matrix eigenvalues (inverse and QR iteration); 3. Interpolation and approximation (Lagrange and Newton interpolation formulas, least squares method, trigonometric approximation); 4. Numerical integration (Newton-Cotes formulas, Romberg integration, Gauss integration formulas, error estimation and step-size selection, numerical differentiation); 5. Ordinary differential equations (Euler and Runge-Kutta methods,, stability, higher order equations, systems of differential equations,

enačbrobni problemi), parcialne diferencialne enačbe (metode končnih diferenc, končnih elementov in spektralne metode). **Vaje:** Pri vajah bodo študentje s pomočjo numeričnih metod reševali različne (uporabne) probleme. **Domače naloge:** Z domačimi nalogami bodo študentje preverjali in s samostojnim delom utrdili doseženo znanje.	boundary value problems), partial differential equations (finite difference, finite element and spectral methods). **Tutorials:** Tutorials will illustrate and/or expand concepts presented in lectures by working through (real life) example problems. **Homeworks:** Homeworks are essential part of the course. With homeworks the students will test and upgrade their knowledge.

Temeljna literatura in viri/Readings:

B. Orel: Osnove numerične matematike, Založba FE in FRI, Ljubljana, 1997.
D. R. Kincaid, E. W. Cheney: Numerical Analysis, Mathematics of Scientific Computing, 3rd edition, Brooks/Cole, Pacific Grove, 2002.
K. Atkinson, W. Han: Elementary Numerical Analysis, 3rd edition, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2003.
L. N. Trefethen, D. Bau: Numerical Linear Algebra, SIAM, Philadelphia, 1997.
R. L. Burden, J. D. Faires, A. M. Burden: Numerical Analysis, 10th edition, Cengage Learning, Boston, 2016.
G. H. Golub, C. F. Van Loan: Matrix Computations, 3rd edition, Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore, 1996.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilj predmeta je študentom računalništva in informatike predstaviti osnovne metode numerične matematike in jih usposobiti za samostojno reševanje numeričnih problemov, ki jih bodo lahko srečali pri svojem strokovnem delu.	This course explores the basic methods of numerical mathematics. Successful students be able to solve numerical problems they will encounter in their work.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Študent naj bi po uspešno opravljenem predmetu: -poznal in razumel osnovne numerične metode, -poznal prednosti in slabosti različnih numeričnih metod, -znal uporabljati ustrezne numerične metode pri reševanju problemov iz strokovnega dela, -spoznal, da so računalniške simulacije nujna sestavina raziskovalnega dela (poleg eksperimentov in teorije), -imel sposobnost prenosa numeričnega pristopa k analizi problema na druga področja.	After successfully completing the course, the students will be able to: - understand and use basic numerical methods, - know and understand their advantages and weaknesses, - use appropriate numerical methods for problem solving, - discover that computer simulations are a necessary ingredient of research work (besides experiments and theory), - transfer systematic approach to numerical problem solving to other problems.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, laboratorijske vaje in domače naloge. Poudarek na samostojnem reševanju problemov.	Type (examination, oral, coursework, project): **Continuing** (homework, midterm exams, project work) **Final** (written and oral exam) Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project):
Sprotno preverjanje (domače naloge, kolokviji in projektno delo)	50,00 %	Continuing (homework, midterm exams, project work)
Končno preverjanje (pisni in ustni izpit)	50,00 %	Final (written and oral exam)

Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).		Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	**Grading system:**

Reference nosilca/Lecturer's references:

1. ZALAR, Aljaž. The truncated Hamburger moment problems with gaps in the index set. *Integral equations and operator theory*. June 2021, vol. 93, iss. 3, art. 22 (36 str.).
2. BHARDWAJ, Abhishek, ZALAR, Aljaž. The tracial moment problem on quadratic varieties. *Journal of mathematical analysis and applications*. June 2021, vol. 498, no. 1, art. 124936 (39. str.).
3. KLEP, Igor, MCCULLOUGH, Scott, ŠIVIC, Klemen, ZALAR, Aljaž. There are many more positive maps than completely positive maps. *International mathematics research notices*. June 2019, vol. 2019, iss. 11, str. 3313-3375.
4. ZALAR, Aljaž. Operator Positivstellensätze for noncommutative polynomials positive on matrix convex sets. *Journal of mathematical analysis and applications*. 2017, vol. 445, iss. 1, str. 32-80.
5. CIMPRIČ, Jaka, ZALAR, Aljaž. Moment problems for operator polynomials. *Journal of mathematical analysis and applications*. 2013, vol. 401, iss. 1, str. 307-316.

Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu:
http://www.sicris.si/search/rsr.aspx?opt=1&lang=slv&id=41702

OBDELAVA BIOMEDICINSKIH SIGNALOV IN SLIK

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Obdelava biomedicinskih signalov in slik
Course title:	Biomedical signal and image processing
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

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

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0075159
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63514

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	Franc Jager
Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet/specialist elective course

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

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

Vsebina:	Content (Syllabus outline):
Predavanja: • Predstavitev biomedicinskih signalov in slik kot so: kardiološki signali (EKG), nevrofiziološki signali (EEG, EMG, EHG), medicinske slike (CT, MRI, OCT) ter predstavitev modernih računalniških tehnologij v izbranih kliničnih okoljih. • Mednarodne standardizirane referenčne podatkovne baze medicinskih vzorcev (MIT/BIH DB, LTST DB, TPEHG DB, TPEHGT DS, ICEHG DS, EEGMMI DS) in repozitorij Physionet. • Izločanje značilk (časovni prostor, Fourierjeva transformacija, valčki, principalne komponente –	**Lectures:** • Introduction to biomedical signals and images like: electrocardiographic signals (ECG), neurophysiological signals (EEG, EMG, EHG), medical images (CT, MRI, OCT) and introduction to modern computer technologies in selected clinical settings. • International standardized reference databases of medical samples (MIT/BIH BD, LTST DB, TPEHG DB, TPEHGT DS, ICEHG DS, EEGMMI DS) and Physionet repository. • Feature extraction (time domain, Fourier transform, wavelets, principal components –

transformacija Karhunena in Loeveja, predstavitve značilk). • Izločanje motenj (linearni postopki v časovnem prostoru, postopki v prostorih značilk, uteženo povprečenje, robustni pristopi). • Spektralna analiza ter karakterizacija vzorcev in značilk (časovno frekvenčne predstavitve, prostori diagnostičnih in morfoloških značilk). • Analiza časovnih vrst in nestacionarnih signalov. • Modeliranje (linearni naključni in nelinearni modeli, avtoregresivno modeliranje). • Odkrivanje dogodkov, rojenje in klasifikacija dogodkov (tehnike v časovnem prostoru in prostoru značilk), pristopi s strojnim učenjem. • Procesiranje slik in 3'D slik z namenom redukcije motenj, izločanja kontur ter segmentacije in vizualizacije anatomskih struktur. • Raziskovalni izzivi na področju: avtomatska detekcija prehodne srčne ishemije (ECG); avtomatsko napovedovanje prezgodnjega poroda (EHG); komunikacija možgani računalnik (EEG); avtomatska detekcija in evaluacija atrofij v slikah retine (OCT slike). Vrednotenje zmogljivosti biomedicinskih računalniških sistemov (metrike, protokoli, napovedovanje zmogljivosti v realnem svetu, ocene robustnosti, standardi). **Vaje**: Vaje bodo potekale v obliki projektnega dela v primerno opremljenih študentskih laboratorijih. Študentje v okviru projektov samostojno implementirajo postopke. Obvezno delo na projektih omogoča poglobljeno in kritično razumevanje obravnavane snovi in spodbuja k samostojnosti in kreativnosti.	Karhunen-Loeve transform, feature representations). • Noise extraction (linear procedures in time domain, feature space procedures, weighted averaging, robust approaches). • Spectral analysis and characterization of samples and features (time-frequency representations, spaces of diagnostic and morphologic features). • Analysis of time series and nonstationary signals. • Modelling (linear stochastic and non-linear models, autoregressive modelling). • Event detection, clustering and event classification (techniques in time domain and in feature space), machine learning approaches • Processing of images and 3-D and images with the aim of noise reduction, conture extraction, and segmentation and visualization of anatomical structures. • Research challenges in the area: automated detection of tansient heart ischaemia (ECG); automated prediction of preterm birth (EHG); brain computer communication (EEG); automated detection and evaluation of atrophy in retinal images (OCT images). • Performance evaluation of biomedical computer systems (metrics, protocols, predictioning performance in real world, assessing robustness, standards). **Laboratory work:** Practical work will be performed in the form of project work in suitable equipped student laboratories. Students in the scope of projects independently implement procedures. Obligatory work on projects allows deepen and critical understanding of the subject topics and stimulates to independence and creativity.

Temeljna literatura in viri/Readings:

Kayvan Najarian, Robert Splinter, Biomedical Signal and Image Processing, CRC Press., 2012.
John G. Proakis, Dimitris G. Manolakis, Digital Signal Processing: Principles, Algorithms and Applications, Pearson, 2021.
Sornmo L, Laguna P, Biological Signal Processing in Cardiac and Neurological Applications, Elsevier, Inc., 2005.
Nam Chang S., Nijholt Anton, Lotte Fabien, Brain-Computer Interfaces Handbook. Technological and Theoretical Advances, CRC Press, 2018.
Gonzales Rafael C., Woods Richard E. Digital Image Processing, Pearson Education Limited, 2018.
Selected articles from journals: IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Computers in Biology and Medicine, Medical and Biological Engineering and Computing, Physiological Measurements, PLOS ONE

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilj predmeta je študentom računalništva in informatike predstaviti osnovne obdelave biomedicinskih signalov in slik s poudarkom na problemih biomedicinskih raziskav in klinične medicine. Predmet pokriva principe in postopke za obdelavo determinističnih signalov, naključnih signalov in slik. Teme pokrivajo zajemanje signalov, standardizirane podatkovne baze vzorcev signalov,	Objectives of the course are to represent students of computer and information science the basics of biomedical signal and image processing with the emphasis on the problems of biomedical researches and clinical medicine. The course covers principles and procedures for processing of deterministic signals, stochastic signals and images. The course topics cover signal acquisition, standardized databases

filtriranje, izločanje značilk, vizualizacijo, spektralno analizo, modeliranje, odkrivanje dogodkov, rojenje, klasifikacije, analizo slik in vrednotenje zmogljivosti avtomatskih postopkov. **Kompetence:** Sposobnost definiranja, razumevanja in reševanja kreativnih profesionalnih izzivov v računalništvu in informatiki; sposobnost prenosa znanj in pisnih veščin v materinem jeziku kot tudi tujem jeziku; sposobnost uporabe pridobljenega znanja za samostojno delo pri reševanju tehničnih in znanstvenih problemov v računalništvu in informatiki; sposobnost nadgrajevanja pridobljenega znanja; sposobnost razumevanja in uporabe znanj računalništva in informatike na drugih tehničnih in relevantnih področjih.	of signal samples, filtering, feature extraction, visualization, spectral analysis, modelling, event detection, clustering, classification, image analysis and performance evaluation of automatic procedures. **Competences:** The ability to define, understand and solve creative professional challenges in computer and information science; The ability of knowledge transfer and writing skills in the native language as well as a foreign language; The ability to apply acquired knowledge in independent work for solving technical and scientific problems in computer and information science; The ability to upgrade acquired knowledge; The ability to understand and apply computer and information science knowledge to other technical and relevant fields.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešnem zaključku tega predmeta naj bi bili študenti zmožni: - poznati računalniške tehnologije in avtomatske postopke analize biomedicinskih signalov in slik za razvoj avtomatskih analizatorjev v pomoč pri diagnosticiranju, - analizirati biomedicinske signale (elektrokardiogram, elektromiogram in elektroencefalogram) v frekvenčnem prostoru, - razviti algoritme za odkrivanje in klasifikacijo dogodkov v biomedicinskih signalih, - analizirati biomedicinske 2D in 3D tomografske slike, - razviti algoritme za izločanja kontur ter segmentacijo in vizualizacijo anatomskih struktur v tomografskih slikah, - vrednotiti zmogljivost in robustnost biomedicinskih računalniških sistemov.	After the completion of the course, students should be able to: - know computer technologies and automatic procedures of biomedical signal and image analysis to develop automatic analyzers in help to diagnose, - analyze biomedical signals (electrocardiogram, electromyogram, electroencephalogram) in frequency domain, - develop algorithms for detecting and classifying events in biomedical signals, - analyze biomedical 2D and 3D tomography images, - develop algorithms for conture extraction, and segmentation and visualization of anatomic structures in tomographic images, - evaluate performance and robustness of biomedical computer systems.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, vaje z aktivnim sodelovanjem, seminarski način dela pri individualnih projektih. Poseben poudarek je pri sprotnem študiju in sprotnem delu pri vajah in seminarjih.	Lectures, laboratory work with active cooperation, seminar type of work on individual projects. Special emphasize is given to prompt study and prompt work on laboratory work and seminars.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, projekti):		Type (written exam, oral exam, projects):
Sprotno preverjanje (projektno delo)	50,00 %	Continuing (project work)
Končno preverjanje (pisni in ustni izpit)	50,00 %	Final (written and oral 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:

JAGER, F. An open dataset with electrohysterogram records of pregnancies ending in induced and cesarean section delivery. Scientific Data, Vol. 10, Article nu.: 669, 2023.
PIRNAR, Ž, JAGER, F, GERŠAK, K. Characterization and separation of preterm and term spontaneous, induced, and cesarean EHG records. Computers in Biology and Medicine, Vol. 151, Part A, 2022.
JAGER, F, GERŠAK, K, VOUK, P, PIRNAR, Ž, TROJNER-BREGAR, A, LUČOVNIK, M, BOROVAC A, Assessing Velocity and Directionality of Uterine Electrical Activity for Preterm Birth Prediction Using EHG Surface Records. Sensors, Vol. 20(24): 7328, 2020.
JAGER, F, LIBENŠEK, S, GERŠAK, K, Characterization and automatic classification of preterm and term uterine records. PLoS ONE, Vol. 13(8): e0202125, 2018.
AMON, M, JAGER, F. Electrocardiogram ST-segment morphology delineation method using orthogonal transformations. PloS one, Vol. 11(2), pp. 1-18, 2016.
PANGERC, U, JAGER, F. Robust detection of heart beats in multimodal records using slope- and peak-sensitive band-pass filters. Physiological measurement, Vol. 36(8), pp. 1645-1664, 2015.
JAGER, F. Two chapters in Advanced Methods and Tools for ECG Data Analysis, G. Clifford, F. Azuaje, P.E. McSharry (editors), Artech House, Inc. 2006.
JAGER, F, TADDEI, A. MOODY G B, EMDIN, M, ANTOLIČ, G, DORN R, SMRDEL A, MARCHESI, C, MARK, R G. Long-term ST database: a reference for the development and evaluation of automated ischaemia detectors and for the study of the dynamics of myocardial ischaemia. Med. Biol. Eng. Comput., Vol. 41, pp.172-182, 2003.
Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu:https://cris.cobiss.net/ecris/si/sl/researcher/4815

OBDELAVA NARAVNEGA JEZIKA

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Obdelava naravnega jezika
Course title:	Natural language processing
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Multimedija, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik, 2. letnik	2. semester	izbirni
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Podatkovne vede (smer)		2. semester	izbirni
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)		2. semester	izbirni
Umetna inteligenca (Erasmus Mundus Joint Master in Artificial Intelligence (EMAI)), druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik	2. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0148113
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63555

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45	10	20			105	6

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Marko Robnik Šikonja
Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet/specialist elective course

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

Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:	**Prerequisites:**
Priporočamo solidno predznanje verjetnosti in statistike, programiranja, strojnega učenja in algoritmov.	Knowledge of probability and statistics, programming, machine learning, and algorithms is recommended.

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Vsebina predmeta temelji na izboru sodobnih tehnik obdelave naravnega jezika, temelječih na globokem učenju, podkrepljenih s praktično rabo. V predavanjih predstavimo glavne pristope in pojasnimo delovanje posameznih metod in njihovo teoretično ozadje. V okviru laboratorijskih vaj znanje povežemo s praktično rabo in ga utrdimo z uporabo odprtokodnih sistemov za obdelavo naravnega jezika. Študenti rešujejo naloge, ki temeljijo na realnih	The syllabus is based on a selection of modern deep learning based natural learning processing techniques and their practical use. The lectures introduce the main tasks and techniques, explain their operation and theoretical background. During practical sessions and seminars the gained knowledge is applied to language practical task using open source tools. Student investigate and solve assignments, based on

raziskovalnih in praktičnih problemih, pretežno v slovenskem in angleškem jeziku. 1. Uvod v obdelavo naravnega jezika: motivacija, razumevanje jezika, dvoumnost, tradicionalni, statistični in nevronski pristopi. 2. Predobdelava in normalizacija besedila: regularni izrazi, gramatike, podobnost nizov, napredne tehnike normalizacije, lematizacija. 3. Jezikovni viri: korpusi, slovarji, tezavri, mreže in semantične zbirke podatkov, WordNet. 4. Podobnost besedil: mere, metode gručenja, kosinusna razdalja, jezikovne mreže in grafi. 5. Predstavitev besedil: redke in goste vložitve; jezikovni modeli; vložitve besed, stavkov in dokumentov. 6. Globoke nevronske mreže za besedila: rekurentne nevronske mreže, konvolucijske mreže za besedila, transformerji. 7. Nevronske vložitve: word2vec, fastText, ELMo, BERT, medjezikovne vložitve. 8. Veliki jezikovni modeli: BERT, GPT in T5, večmodalni modeli. 9. Plitva računska in leksikalna semantika: oblikoskladenjsko označevanje, skladenjsko razčlenjevanje, prepoznavanje imenskih entitet, označevanje semantičnih vlog. 10. Besedni pomeni in njihovo razločevanje. 11. Afektivna analiza: sentiment, čustva. 12. Povzemanje besedil, odgovarjanje na vprašanja in razumevanje besedil: metode in vrednotenje. 13. Strojno prevajanje: metode in vrednotenje	real-world research and commercial problems form English and Slovene languages. 1. Introduction to natural language processing: motivation, language understanding, ambiguity, traditional, statistical, and neural approaches. 2. Text preprocessing and normalization: regular expressions, grammars, string similarity, advanced normalization techniques, lemmatization. 3. Language resources: corpora, dictionaries, thesauri, networks and semantic databases, WordNet. 4. Text similarity: measures, clustering approaches, cosine distance, language networks and graphs. 5. Text representation: sparse and dense embeddings; language models; word, sentence, and document embeddings. 6. Deep neural networks for text: recurrent neural networks, convolutional networks for text, transformers. 7. Neural embeddings: word2vec, fastText, ELMo, BERT, cross-lingual embeddings. 8. Large language models: BERT, GPT, and T5, multimodal models. 9. Shallow computational and lexical semantics: part-of-speech tagging, dependency parsing, named entity recognition, semantic role labelling. 10. Word senses and their disambiguation. 11. Affective computing: sentiment, emotions. 12. Text summarization, question answering and reading comprehension: methods and evaluation. 13. Machine translation: methods and evaluation.

Temeljna literatura in viri/Readings:

Jurafsky, David and Martin, James H. *Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics and Speech Recognition*, 3rd edition draft. 2023. Jacob Eisenstein. *Natural Language Processing*, MIT press, 2019

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Študenti se bodo naučili teorije in rabe osnovnih algoritmov in pristopov na področju obdelave naravnega jezika. Študenti bodo: razumeli pristope k analizi sintakse in semantike na področju obdelave naravnega jezika; razumeli pristope k povzemanju dokumentov in odgovarjanju na vprašanja; razumeli delovanje statističnih in nevronskih pristopov k strojnemu prevajanju, razumeli uporabo metod globokega učenja v obdelavi naravnega jezika znali uporabiti orodja za obdelavo naravnega jezika.	Upon completion of the course, students shall be able to explain and apply fundamental algorithms and techniques in the area of natural language processing. In particular, students will: understand approaches to syntax and semantics in NLP, understand approaches to summarization and question answering understand statistical and neural approaches to machine translation, understand deep learning techniques used in NLP, know how to apply standard natural language processing tools.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Ob zaključku predmeta bodo študenti: razumeli pristope k analizi sintakse in semantike na področju obdelave naravnega jezika;	Upon completion of the course, students will: understand approaches to syntax and semantics in NLP,

znali ovrednotiti pristope k povzemanju dokumentov; razlikovali med različnimi pristopi k strojnemu prevajanju, uporabljali in prilagajali metode strojnega učenja za obdelavo naravnega jezika uporabljali in kritično vrednotili orodja za obdelavo naravnega jezika poznali obstoječe in znali zasnovati nove jezikovne vire uporabljali različne predstavitve besedil in jih prilagajali novi okoliščinam	evaluate approaches to summarization differentiate between different approaches to machine translation, use and adapt machine learning techniques for NLP apply and critically evaluate natural language processing tools know the existing language resources and be able to design new ones use different text representations and adapt them to new contexts

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, laboratorijske vaje, delo v majhnih skupinah, javne predstavitve projektov	Lectures, lab work, work in small groups, public presentations of projects.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project):
Sprotno preverjanje (domače naloge, projektno delo, javne predstavitve)	50,00 %	Continuing (homework, project work, public presentations)
Končno preverjanje (pisni in ustni izpit)	50,00 %	Final: (written and oral exam)
Pri obeh delih mora študent doseči vsaj polovico možnih točk. Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).		In both parts students must get at least half of available points. Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	**Grading system:**

Reference nosilca/Lecturer's references:

1. KLEMEN, Matej, KRSNIK, Luka, ROBNIK ŠIKONJA, Marko. Enhancing deep neural networks with morphological information. *Natural language engineering*. Mar. 2023, vol. 29, iss. 2, str. 360-385
2. MIOK, Kristian, ŠKRLJ, Blaž, ZAHARIE, Daniela, ROBNIK ŠIKONJA, Marko. To BAN or not to BAN: Bayesian attention networks for reliable hate speech detection. *Cognitive computation*. Jan. 2022, vol. 14, iss. 1, str. 353-371
3. ŠKVORC, Tadej, GANTAR, Polona, ROBNIK ŠIKONJA, Marko. MICE: mining idioms with contextual embeddings. *Knowledge-based systems*. Jan. 2022, vol. 235, str. 1-11
4. ŽAGAR, Aleš, ROBNIK ŠIKONJA, Marko. Cross-lingual transfer of abstractive summarizer to less-resource language. *Journal of intelligent information systems*. Feb. 2022, vol. 58, iss. 1, str. 153-173,
5. MARTINC, Matej, POLLAK, Senja, ROBNIK ŠIKONJA, Marko. Supervised and unsupervised neural approaches to text readability. *Computational linguistics*. 2021, vol. 47, no. 1, str. 141-179

Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu https://cris.cobiss.net/ecris/si/sl/researcher/8741
Complete bibliography is available in SICRIS: https://cris.cobiss.net/ecris/si/en/researcher/8741

OBŠTUDIJSKA STROKOVNA DEJAVNOST 1

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Obštudijska strokovna dejavnost 1
Course title:	Computer science and society 1
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

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

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0125918
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63534

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
5				40	45	3

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Polona Oblak
Vrsta predmeta/Course type:	izbirni predmet/elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Na uvodnih predavanjih študentom pojasnimo cilje predmeta in kako jih lahko dosežžejo. Med aktivnosti, ki jih lahko štejemo kot obveznosti pri predmetu sodijo vodenje računalniškega (ali po strokovni tematiki sorodnega) krožka na osnovni ali srednji šoli, vodenje študijske skupine na fakulteti, redno obiskovanje izven kurikularnih strokovnih predavanj na fakulteti ali na drugih članicah UL, ki so povezana s predmetom ipd.	After an introductory lecture on the necessary background of the activities involved in the course, the students' activities include classes on topics in computer and information science and lab work with students of elementary and high schools, organizing study groups of students at the 1st degree level, attending extracurricular lectures at the University of Ljubljana on subjects associated to the topics of the course.

Temeljna literatura in viri/Readings:

Keller Gustav, **Binder** Annette, **Thiel** Rolf Dietmar (1999). Boljša motivacija uspešnejše učenje (translated from German); Trening učnih navad. Ljubljana: Center za psihodiagnostična sredstva.
Bratanič, Marija (1990), Mikropedagogija, interakcijsko-komunikacijski aspekt odgoja, Školska knjiga, Zagreb

Cilji in kompetence:	Objectives and competences:
Cilj predmeta je študentom je omogočiti in s kreditnimi točkami ovrednotiti njihovo izven kurikularno strokovno, nepridobitno delo, ki je za profesionalno profiliranje strokovnjaka na področju računalništva in informatike potrebno, pa ga učni načrt sicer ne pokriva. Splošne kompetence: • Sposobnost strokovnega sporazumevanja v domačem in v tujem jeziku • Sposobnost skupinskega dela v strokovnem okolju, vodenje manjše strokovne skupine • Sposobnost administrativnega vodenja procesov, povezanih z raziskovanjem, industrijo, izobraževanjem in drugimi področji • Sposobnost prenašanja znanja in pisanja v domačem in tujem jeziku Predmetno specifične kompetence: • Sposobnost celovite obdelave manjših projektov in reševanja problemov iz prakse s področja računalništva in informatike. • Naučiti se izbrati primerno orodje in tehnologijo za reševanje konkretnega problema • Razvijati sposobnosti za posredovanje znanja in popularizacijo računalniških znanj in veščin. Sodelovanje pri skupinskem reševanju problemov, vodenja manjše skupine, pripravo gradiv, ki so za vodenje take skupine potrebna, organizacijo in pridobivanje znanj, ki so potrebni za delo skupine, pripravo terminskega in vsebinskega načrta za delo skupine itd.	The object of this course is to provide a framework for awarding study credits for extracurricular non-profit activities of students related to computer and information science, providing useful experience for experts in this field that are not included in the curriculum of the study program. General competences: • The ability of professional communication in the native language as well as a foreign language • The ability of teamwork within the professional environment; management of a small professional team • The ability for administrative management of processes related to research, industry, education and other fields • The ability of knowledge transfer and writing skills in the native language as well as a foreign language. Subject specific competences: • Completing smaller practical projects and solve problems in the fields for computer and information science • Obtaining the knowhow to choose the suitable tools and technologies for a specific problem • Developing teaching skills and means for popularizing computer and information science topics and issues. Participating in group solutions, organizing and supervising the work of a smaller group including the preparation of the necessary materials, planning group work, etc.

Predvideni študijski rezultati:	Intended learning outcomes:
Spoznavanje osnovnih zakonitosti pri posredovanju znanja in popularizaciji računalniškega področja manjši skupini predvsem mlajših članov, organizaciji njenega dela in razumevanje pomena in uporabe takih znanj pri strokovnem delu strokovnjaka na področju računalništva in informatike.	Basic educational principles and teaching practice in the process of introducing computer science topics to smaller groups of younger students, organization of group work, understanding the role of such competencies in the work of an expert in the field of commuter and information science.

Metode poučevanja in učenja:	Learning and teaching methods:
Predavanja, mentorski in seminarski način dela ter spremljanja dela študenta, z ustnim nastopom ob zaključku semestra. Poseben poudarek je na skupinskem delu pri seminarjih.	Lectures, individual work with students, seminars with oral presentations with special emphasis on group work.

Načini ocenjevanja:	Delež/Weight	Assessment:
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project):
Sprotno preverjanje (domače naloge, kolokviji in projektno delo)	50,00 %	Continuing (homework, midterm exams, project work)
Končno preverjanje (pisni in ustni izpit)	50,00 %	Final (written and oral exam)

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:

opravil z odliko/opravil/ni opravil	passed with distinction/passed/failed

Reference nosilca/Lecturer's references:

- OMANOVIĆ, Amra, KAZAN, Hilal, OBLAK, Polona, CURK, Tomaž. Sparse data embedding and prediction by tropical matrix factorization. BMC bioinformatics. Feb. 2021, vol. 22, str. 1-18.
- FALLAT, Shaun M., HALL, H. Tracy, LEVENE, Rupert H., MEYER, Seth A., NASSERASR, Shahla, OBLAK, Polona, ŠMIGOC, Helena. Spectral arbitrariness for trees fails spectacularly. Journal of combinatorial theory. Series B. Nov. 2024, vol. 169, str. 161-210.
- LEVENE, Rupert H., OBLAK, Polona, ŠMIGOC, Helena. A Nordhaus-Gaddum conjecture for the minimum number of distinct eigenvalues of a graph. Linear algebra and its applications. [Print ed.]. March 2019, vol. 564, str. 236-263.
- LEVENE, Rupert H., OBLAK, Polona, ŠMIGOC, Helena. Orthogonal symmetric matrices and joins of graphs. Linear algebra and its applications. [Print ed.]. Nov. 2022, vol. 652, str. 213--238.
- DOLŽAN, David, OBLAK, Polona. The zero-divisor graphs of rings and semirings. International journal of algebra and computation. 2012, vol. 22, iss. 4, 1250033 (20 str.).

OBŠTUDIJSKA STROKOVNA DEJAVNOST 2

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Obštudijska strokovna dejavnost 2
Course title:	Computer science and society 2
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

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

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0125919
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63535

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
5				40	45	3

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Polona Oblak
Vrsta predmeta/Course type:	izbirni predmet/elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Na uvodnih predavanjih študentom pojasnimo cilje predmeta in kako jih lahko dosežžejo. Med aktivnosti, ki jih lahko štejemo kot obveznosti pri predmetu sodijo vodenje računalniškega (ali po strokovni tematiki sorodnega) krožka na osnovni ali srednji šoli, vodenje študijske skupine na fakulteti, redno obiskovanje izven kurikularnih strokovnih predavanj na fakulteti ali na drugih članicah UL, ki so povezana s predmetom ipd.	After an introductory lecture on the necessary background of the activities involved in the course, the students' activities include classes on topics in computer and information science and lab work with students of elementary and high schools, organizing study groups of students at the 1st degree level, attending extracurricular lectures at the University of Ljubljana on subjects associated to the topics of the course.

Temeljna literatura in viri/Readings:

Keller Gustav, **Binder** Annette, **Thiel** Rolf Dietmar (1999). Boljša motivacija uspešnejše učenje (translated from German); Trening učnih navad. Ljubljana: Center za psihodiagnostična sredstva.
Bratanič, Marija (1990), Mikropedagogija, interakcijsko-komunikacijski aspekt odgoja, Školska knjiga, Zagreb

Cilji in kompetence:	Objectives and competences:
Cilj predmeta je študentom je omogočiti in s kreditnimi točkami ovrednotiti njihovo izven kurikularno strokovno, nepridobitno delo, ki je za profesionalno profiliranje strokovnjaka na področju računalništva in informatike potrebno, pa ga učni načrt sicer ne pokriva. Splošne kompetence: • Sposobnost strokovnega sporazumevanja v domačem in v tujem jeziku • Sposobnost skupinskega dela v strokovnem okolju, vodenje manjše strokovne skupine • Sposobnost administrativnega vodenja procesov, povezanih z raziskovanjem, industrijo, izobraževanjem in drugimi področji • Sposobnost prenašanja znanja in pisanja v domačem in tujem jeziku Predmetno specifične kompetence: • Sposobnost celovite obdelave manjših projektov in reševanja problemov iz prakse s področja računalništva in informatike. • Naučiti se izbrati primerno orodje in tehnologijo za reševanje konkretnega problema • Razvijati sposobnosti za posredovanje znanja in popularizacijo računalniških znanj in veščin. Sodelovanje pri skupinskem reševanju problemov, vodenja manjše skupine, pripravo gradiv, ki so za vodenje take skupine potrebna, organizacijo in pridobivanje znanj, ki so potrebni za delo skupine, pripravo terminskega in vsebinskega načrta za delo skupine itd.	The object of this course is to provide a framework for awarding study credits for extracurricular non-profit activities of students related to computer and information science, providing useful experience for experts in this field that are not included in the curriculum of the study program. General competences: • The ability of professional communication in the native language as well as a foreign language • The ability of teamwork within the professional environment; management of a small professional team • The ability for administrative management of processes related to research, industry, education and other fields • The ability of knowledge transfer and writing skills in the native language as well as a foreign language. Subject specific competences: • Completing smaller practical projects and solve problems in the fields for computer and information science • Obtaining the knowhow to choose the suitable tools and technologies for a specific problem • Developing teaching skills and means for popularizing computer and information science topics and issues. • Participating in group solutions, organizing and supervising the work of a smaller group including the preparation of the necessary materials, planning group work, etc.

Predvideni študijski rezultati:	Intended learning outcomes:
Spoznavanje osnovnih zakonitosti pri posredovanju znanja in popularizaciji računalniškega področja manjši skupini predvsem mlajših članov, organizaciji njenega dela in razumevanje pomena in uporabe takih znanj pri strokovnem delu strokovnjaka na področju računalništva in informatike.	Basic educational principles and teaching practice in the process of introducing computer science topics to smaller groups of younger students, organization of group work, understanding the role of such competencies in the work of an expert in the field of computer and information science.

Metode poučevanja in učenja:	Learning and teaching methods:
Predavanja, mentorski in seminarski način dela ter spremljanja dela študenta, z ustnim nastopom ob zaključku semestra. Poseben poudarek je na skupinskem delu pri seminarjih.	Lectures, individual work with students, seminars with oral presentations with special emphasis on group work.

Načini ocenjevanja:	Delež/Weight	Assessment:
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project):
Sprotno preverjanje (domače naloge, kolokviji in projektno delo)	50,00 %	Continuing (homework, midterm exams, project work)
Končno preverjanje (pisni in ustni izpit)	50,00 %	Final (written and oral exam)

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:

opravil z odliko/opravil/ni opravil	passed with distinction/passed/failed

Reference nosilca/Lecturer's references:

- OMANOVIĆ, Amra, KAZAN, Hilal, OBLAK, Polona, CURK, Tomaž. Sparse data embedding and prediction by tropical matrix factorization. BMC bioinformatics. Feb. 2021, vol. 22, str. 1-18.
- FALLAT, Shaun M., HALL, H. Tracy, LEVENE, Rupert H., MEYER, Seth A., NASSERASR, Shahla, OBLAK, Polona, ŠMIGOC, Helena. Spectral arbitrariness for trees fails spectacularly. Journal of combinatorial theory. Series B. Nov. 2024, vol. 169, str. 161-210.
- LEVENE, Rupert H., OBLAK, Polona, ŠMIGOC, Helena. A Nordhaus-Gaddum conjecture for the minimum number of distinct eigenvalues of a graph. Linear algebra and its applications. [Print ed.]. March 2019, vol. 564, str. 236-263.
- LEVENE, Rupert H., OBLAK, Polona, ŠMIGOC, Helena. Orthogonal symmetric matrices and joins of graphs. Linear algebra and its applications. [Print ed.]. Nov. 2022, vol. 652, str. 213--238.
- DOLŽAN, David, OBLAK, Polona. The zero-divisor graphs of rings and semirings. International journal of algebra and computation. 2012, vol. 22, iss. 4, 1250033 (20 str.).

PODATKOVNO INŽENIRSTVO

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Podatkovno inženirstvo
Course title:	Data engineering
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Podatkovne vede (smer)	1. letnik	2. semester	obvezni
Umetna inteligenca (Erasmus Mundus Joint Master in Artificial Intelligence (EMAI)), druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	2. letnik	2. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0644378
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63572

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Erik Štrumbelj, izr. prof. dr. Slavko Žitnik

Vrsta predmeta/Course type:	obvezni predmet/compulsory course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Predmet bo obravnaval celosten postopek podatkovnega inženirstva, s poudarkom na operacijah z vidika podatkov in strojnega učenja (MLOps): • Uvod v strojno učenje v produkciji, življenjski cikel strojnega učenja in namestitev. • Zajemanje in shranjevanje podatkov. Označevanje in validacija podatkov, izgradnja značilk, transformacije, obogatitev podatkov in njihova izbira. • Neprekinjena integracija in kontinuirano nameščanje. • Orkestracija delovnih tokov. • Ponovljivost analiz podatkov. • Sledljivost analize podatkov (verzioniranje izvorne kode, podatkov in modelov).	The course will cover the entire data engineering workflow, with emphasis on operations from a data and machine learning perspective (MLOps): • Introduction to machine learning in production, machine learning lifecycle and deployment. • Data ingestion and storage. Labelling and validating data, feature engineering, transformation, augmentation, and selection. • Continuous integration and continuous deployment. • Workflow orchestration. • Data analysis reproducibility. • Data analysis traceability (code, data, and model versioning).

• Kontinuirano učenje in vrednotenje modelov. Visokozmogljivo modeliranje in razložljivost. • Streženje modelov: vzorci in infrastruktura, upravljanje in dostava modelov. • Sledenje metapodatkom in beleženje dogodkov. • Nadzor in spremljanje. Testiranje A/B. • Upravljanje podatkov, varnost, zasebnost. Načela FAIR. • Integracija v poslovne procese. • Pregled primerov uporabe iz resničnega sveta. Predmet je zasnovan projektno. Študenti bodo postopoma načrtovali, zgradili, uvedli in spremljali rešitev, ki bo vključevala pridobivanje podatkov, analizo podatkov in poročanje, s čimer bodo podprli celoten življenjski cikel MLOps. Predavanja bodo študente seznanila s teoretičnimi osnovami, medtem ko bodo gostujoča predavanja iz industrije predstavila praktične vidike podatkovnega inženiringa. Tekom laboratorijskih vaj bodo študenti spoznali aktualne pristope in orodja, ki jih bodo lahko uporabili za projektno delo. Vaje bodo služile tudi za konzultacije in ocenjevanje napredka na projektu. Nabor uporabljenih orodij se bo letno pregledoval in posodabljal, da bo ustrezal industrijskim standardom in razvoju.	• Continuous model training and evaluation. High-performance modeling and interpretability. • Model serving: patterns and infrastructure, model management and delivery. • Metadata tracking and logging. • Monitoring. A/B testing. • Data governance, security, privacy. FAIR principles. • Integration into business. • Real-world use cases overview. The course is project-based. Students will gradually design, build, deploy, and monitor a solution with a data acquisition, data analysis, and reporting component to support end-to-end MLOps lifecycle. Lectures will introduce the students to the principles and lectures from industry will introduce the students to the practical aspects of data engineering. Lab sessions will present the latest approaches and tools to support the students during their project work. Labs will also serve for consulting and evaluating project progress. The set of tools used will be reviewed annually and updated to meet industry standards and developments.

Temeljna literatura in viri/Readings:

Temeljna literatura bodo zapiski s predavanj. Key readings will be the lecture notes.
Priporočena literatura / Recommended readings:

- Treveil, M., Omont, N., Stenac, C, Lefevre, K, Phan, D., Zentici, J., Lavoillotte, A., Miyazaki, M., Heidmann, L. (2020). Introducing MLOps, O'Reilly Media, ISBN: 9781492083290.
- McMahon, A. (2023). Machine Learning Engineering with Python: Manage the lifecycle of machine learning models using MLOps with practical examples, 2nd Edition, Pact Publishing, ISBN: 1837631964.
- Haviv, Y, Gift, N. (2023). Implementing MLOps in the Enterprise, O'Reilly Media, ISBN: 9781098136581.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Primarni cilj predmeta je seznaniti študente s celostnim postopkom podatkovnega inženirstva, vključno z osnovnimi principi in orodji.	The primary objective of the course is to introduce the student to the entire data engineering workflow, including basic principles and tools.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešno zaključenem predmetu bi morali študenti znati samostojno izvajati osnovne naloge v kateremkoli delu podatkovnega inženirstva. Prav tako bi se morali znati hitro prilagoditi na uporabo novih orodij. Tudi kadar se bodo osredotočali le na posamezen del procesa, bodo znali prepoznati morebitne vplive sprememb iz predhodnih korakov in posledice za sledeče korake.	After successfully completing the course, students should be able execute basic data engineering tasks in any part of the data engineering workflow. They should also be able to quickly adapt to using new tools. Even when focusing only on a particular stage of the workflow, students should be able to identify the impact of previous stages and the impact of their work on downstream stages.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, vaje, sprotno delo na projektu, gosti iz industrije.	Lectures, labs, project-based coursework, guests from industry.

Načini ocenjevanja:	Delež/Weight	Assessment:
Projektno delo (delo na izbranem projektu v skupini, vmesni koraki in zagovori projekta).	100,00 %	Project work (work on a selected project within a group, intermediate steps and defenses of a project).

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:

ŠTRUMBELJ, Erik, BOUCHARD-CÔTÉ, Alexandre, CORANDER, Jukka, GELMAN, Andrew B., RUE, Håvard, MURRAY, Lawrence, PESONEN, Henri, PLUMMER, Martyn, VEHTARI, Aki. Past, present and future of software for Bayesian inference. Statistical science. Feb. 2024, vol. 39, no. 1, 46-61.

JUTREŠA, Robert, ŠTRUMBELJ, Erik, ERČULJ, Frane, SUPEJ, Matej, MARKOVIĆ, Marko. The reliability of basketball shooting tests with binary outcomes. Journal of sports sciences. 2024, 1-9

PIRŠ, Gregor, ŠTRUMBELJ, Erik. Bayesian Gaussian process factor analysis with copula for count data. Expert systems with applications. [Print ed.]. Jul. 2022, vol. 197, 1-17.

DEMŠAR, Jure, REPOVŠ, Grega, ŠTRUMBELJ, Erik. bayes4psy : an open source R package for Bayesian statistics in psychology. Frontiers in psychology. May 2020, vol. 11, art. 947, 1-20.

ŽITNIK, Slavko, SMITH, Glenn Gordon. Automated analysis of postings in fourth grade online discussions to help teachers keep students on-track. *Interactive learning environments*. 2024, vol. 32, no. 8, str. 4587-4612, ilustr. ISSN 1049-4820.

KNEZ, Timotej, ŽITNIK, Slavko. Multimodal learning for temporal relation extraction in clinical texts. *JAMIA. Journal of the American Medical Informatics Association*. Jun. 2024, vol. 31, iss. 6, str. 1-8, ilustr. ISSN 1067-5027.

GEC, Sandi, STANKOVSKI, Vlado, BAJEC, Marko, ŽITNIK, Slavko. Simulacija in izboljšava prometnih tokov : primer na dveh izbranih slovenskih križiščih. *Uporabna informatika*. [Tiskana izd.]. 2022, letn. 30, št. 3, str. 151-168, ilustr. ISSN 1318-1882.

PODATKOVNO RUDARJENJE IN VIZUALIZACIJA

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Podatkovno rudarjenje in vizualizacija
Course title:	Data mining and visualization
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)		1. semester, 2. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0070559
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63549

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Marko Robnik Šikonja
Vrsta predmeta/Course type:	izbirni predmet/elective course

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

Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:	**Prerequisites:**
Osnovno znanje statistike. Predmet lahko izberejo študenti, ki vsebin še niso poslušali na prvi stopnji. Predmeta ne morejo izbrati študenti Magistrskega študijskega programa Računalništvo in informatika. Predmet je primeren tudi za študente 3. letnikov prvostopenjskih programov, ki imajo ustrezno predznanje.	Basic knowledge of statistics. Students who have not covered similar contents on first level can select the course. The course is not available to students of Master study program Computer and Information Science. The course is suitable also for student of the 3rd year of first level study promars with appropriate background knowledge.

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Podatkovno rudarjenje je interdisciplinaren pristop k odkrivanju znanja iz (velikih) množic podatkov. Vsebuje metode in pristope s področja strojnega učenja, statistike, umetne inteligence in podatkovnih baz. Danes so rešitve s tega področje del vsakdanjega življenja, npr. trgovci pri razporejanju blaga na police v trgovini upoštevajo, katere skupine izdelkov njihove stranke kupujejo skupaj, spletni iskalniki zadetke razporejajo individualno tudi na podlagi strani, ki so uporabnikom všeč na socialnih omrežjih, semaforji v mestih se avtomatsko prilagajajo prometnim	Data mining can be viewed as an interdisciplinary approach to knowledge discovery. It encompasses many ideas and methods from machine learning, statistics, artificial intelligence, and databases. Nowadays many solutions from this field are part of everyday life, e.g., contents of shop shelves is optimized according to preferences of customers which articles to buy together, search engines display hits individually according to the preferences of the users in their social network profiles, traffic lights are tuned to traffic density patterns, medical treatment

tokovom, priporočila za zdravljenje številnih bolezni so oblikovana glede na vzorce uspešnih zdravljenj, zavarovalnice tako zaznavajo poskuse goljufij, »veliki bratje« odkrivajo teroristične skupine itd.
Vsebina predmeta temelji na razmisleku, da je potrebno ponuditi sodobno, pregledno, vendar praktično uporabno znanje. Izbrali smo tehnike, ki so še posebej primerne za ne tehnične smeri. V predavanjih predstavimo glavne pristope in pojasnimo delovanje posameznih metod, ne da bi se spuščali v podrobnosti izvedbe in teoretične osnove. Posebej obravnavamo nekaj pomembnih vrst podatkov za ne tehnične smeri in njihovo analizo. Pri številnih področjih je zelo pomembno razumevanje in določanje vzrokov posameznih pojavov, zato poudarimo vizualizacijo kompleksnih podatkov, trendov in napovednih modelov.
V okviru laboratorijskih vaj znanje povežemo s praktično rabo in ga utrdimo z uporabo odprtokodnih sistemov za podatkovno rudarjenje in vizualizacijo. Študenti rešujejo naloge, ki temeljijo na realnih problemih, in na problematiki z njihovega področja.

Pregled vsebine predavanj:

Uvod v podatkovno rudarjenje. Predstavimo motivacijske probleme in njihove rešitve z metodami podatkovnega rudarjenja. Poljudno predstavimo osnovne pojma učenja iz podatkov, modeliranje podatkov in pomembne teoretične rezultate glede (ne)zmožnosti učenja iz podatkov.
Zbiranje in priprava in podatkov. Obravnavamo prevedbo problemov v obliko, ki je primerna za uspešno podatkovno rudarjenje.
Mere podobnosti in razvrščanje v skupine. Podatke želimo analizirati glede medsebojne podobnosti posameznih primerov in jih razvrstiti v skupine. Predstavimo poglavitne tehnike in izzive.
Raziskovalna analiza podatkov. Predstavimo vrsto vizualizacijskih tehnik, ki nam omogočajo, da na razumljiv način spoznavamo problem in raziskujemo zakonitosti v (visoko razsežnih) podatkih.
Ovrednotenje in izbira pomembnih atributov. Številne probleme imamo podane v tabelarični obliki, kjer vrstica vsebuje en primer opisan z množico atributov. Za uspešno modeliranje je potrebno prepoznati pomembne atribute in izbrati njihovo neredundantno podmnožico. Opišemo poglavitne metode ocenjevanja atributov.
Napovedni modeli. Spoznamo napovedne modele s področja statistike in strojnega učenja ter pogoje, da le-ti v praksi dobro delujejo.
Vizualizacija napovednih modelov. Številni odlični napovedni modeli, delujejo za uporabnika kot črna škatla, saj niso razvidni mehanizmi njihovega delovanja in odločanja. Za področja, kjer je modeliranje namenjeno tudi razumevanju problema

guidelines are formed according to the history of successful recoveries, insurance companies detect fraudulent claims, "big brothers" detect terrorist groups, etc. The course content is formed with objective to offer a review of up to date applicative knowledge with emphasis on techniques suited for non-technical fields. The lectures introduce main approaches and their functioning without delving into implementation details or theoretical background. Some important types of data occurring in non-technical areas are reviewed. Many fields require comprehensibility of prediction models and want to understand the causes for different phenomena, therefore the visualization of data, trends, patterns, and predictive models is given an adequate attention. In lab work the gained knowledge is put into practice by using open-source data mining and visualization tools. The problems tackled are based on real-world problems from the study areas of the students.

An overview of the lectures:

Introduction to data mining.
Motivational problems and data mining solutions are introduced. An overview of learning from data, data modelling, and important theoretical results about learn ability are presented in a top-level fashion.

Data acquisition and pre-processing.
Transformation of problems and data into forms suitable for data mining are discussed.
Similarity measures and clustering.
Similarity is the basis for generalization, therefore the main techniques and challenges in clustering of similar objects are presented.
Exploratory data analysis.
Visualization aids in understand problems which is especially important in high dimensional spaces. Several advanced visualization techniques are presented.
Feature evaluation and subset selection.
Tabular form is a frequent form of data representation, where a row presents an instance, and a columns present instances' features. Evaluation of important features and selection of their non-redundant subset is essential for successful modelling, therefore the main methods are introduced.

Prediction models.
Several statistical and machine learning prediction models are discussed together with conditions for their successful application.
Visualization of prediction models.
To user many excellent prediction models look like a black-box, hiding the causal relationship between input and output. For areas where data modelling serves problem understanding and knowledge discovery this is not acceptable. General model

in pridobivanju novega znanja, je to nesprejemljivo. Predstavimo rešitev v obliki tehnik razlage, ki grafično predstavijo delovanje napovednih modelov in obrazložijo njihove odločitve. **Povezovalna pravila in pogosti vzorci.** Včasih v podatkih iščemo značilne povezave in vzorce, ki predstavljajo zanimive, statistično pomembne zakonitosti. Predstavimo uveljavljene metode za to analizo. **Grafični modeli.** Pri razumevanju nekaterih procesov in problemov si pomagamo z njihovo predstavitvijo v obliki bayesovskih grafičnih modelov, ki nam v primerih negotovosti omogočajo verjetnostno sklepanje od vzrokov k posledicam. **Analiza anket.** Obravnavamo nekaj metod strojnega učenja, ki so prilagojene značilnostim anketnih podatkov. Omogočajo npr. vrednotenje vprašanj pri anketah, zaznavanje šumnih in nekonsistentnih odgovorov, iskanje povezanih vprašanj, itd. **Rudarjenje besedil.** Besedila so pomemben vir podatkov, iz katerih lahko razberemo številne informacije in sociološke značilnosti. Pregledno obravnavamo procesiranje slovenskih in angleških besedil ter osnovne tehnike rudarjenja besedil. **Odkrivanje znanja iz socialnih omrežij**. Socialna omrežja v svoji strukturi vsebujejo številne pomembne informacije. Pregledamo nekaj pristopov, tehnik in orodij za analizo omrežij. **Analiza velikih podatkovnih množic**. Ogromne podatkovne množice, ki so nastale na posameznih področjih človekovega delovanja, vsebujejo v sebi številne zanimive drobce informacij, jih je pa zaradi tehničnih omejitev težko analizirati in iz njih pridobiti koristno znanje. Predstavimo nekaj uveljavljenih načinov dela s takšnimi množicami. **Spoznanja iz uporabe podatkovnega rudarjenja in etični vidiki analize podatkov**. Predstavimo nekaj uspešnih in nekaj neuspešnih aplikacij podatkovnega rudarjenja in povzamemo njihove lekcije. Na primerih obravnavamo etični vidik podatkovne analitike in predstavljanja rezultatov.	explanation techniques offering insight into models' structure and individual decisions are presented. **Association rules and frequent patterns.** Many times historical data is searched for interesting associations and statistically significant patterns. Analytical methods for this problem are introduced. **Graphical models.** Certain processes and problems can be modelled and understood with the help of Bayesiaan graphical models, which allow handling uncertainty and probabilistic reasoning. **Survey analysis.** We discuss several machine learning methods suitable for questionnaire analysis. They allow evaluation of survey questions, detection of noisy and inconsistent respondents, detection of related questions, etc. **Text mining.** Textual documents are an important source of information and offer many interesting sociological insights. Processing of Slovene and English texts is reviewed together with basics of text mining. **Mining social networks.** The structure of social networks contains many interesting information. Some representative approaches, tools, and techniques for analysis of social networks are presented. **Analysis of big data.** Very large data sets occurring in certain fields contain interesting facts. Due to technical difficulties these data sets are difficult to store and analyse. Some established approaches to finding interesting patterns in these data sets are discussed. **Data mining lessons and ethical issues.**Representative data mining success stories and failures are discussed and their lessons distilled. Ethical issues of data mining and visualization are discussed in case-based manner.

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. Witten, I. H., Frank, E., & Hall, M. A. (2011). *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques,* Morgan Kaufmann.
2. T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman (2009): *The elements of statistical learning, 2nd edition*. Springer.
3. Janert, P. K. (2010). *Data analysis with open source tools.* O'Reilly Media.

Dodatno literaturo v obliki člankov in posnetkov predavanj znanih predavateljev dobijo študenti na spletni učilnici.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilj predmeta je pregledno predstaviti poglavitne tehnike podatkovnega rudarjenja. Poudarek je na pridobitvi praktičnega znanja iz podatkovne analitike in rabe orodij, ki omogočajo analizo podatkov, njihovo vizualizacijo, interpretacijo in pridobivanje znanja iz podatkov.	The course objectives are presentation and overview of main data mining techniques with focus on practical use of data analytics tools. The depth of knowledge given shall be sufficient for data analysis and visualization, interpretation of results, and knowledge discovery.

Predvidene kompetence: poznavanje terminologije iz podatkovnega rudarjenja in modeliranja, priprava in pretvorba podatkov v obliko za podatkovno rudarjenje, izbira podmnožice pomembnih algoritmov, izbira primernega algoritma in uporaba algoritmov za razvrščanje, klasifikacijo, regresijo in povezovalna pravila, napredna vizualizacija podatkov in rezultatov napovednih modelov, izgradnja Bayesovskega grafičnega modela za preproste primere, analiza in vrednotenje anketnih vprašanj priprava besedila za podatkovno rudarjenje in interpretacija rezultatov, priprava podatkov o omrežju in analiza z analitičnimi orodji, poznavanje odprtokodnih orodij za podatkovno analitiko.	The competences students gain are: use of data mining and data modelling terminology, handling of data acquisition and reprocessing as a step towards data mining, use of feature subset selection, applying model selection and use of clustering, classification, regression, and association rules techniques, visualization of data and prediction models, building simple Bayesian graphical models , ability to analyse and evaluate questionnaire data, preparation of documents for text mining and interpretation of the results, preparation and analysis of social network data, use of open source data mining tools.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Ob koncu predmeta bodo študenti: Poznali in razumeli poglavitne tehnike podatkovnega rudarjenja. Poznali in uporabljali nekaj orodij za podarkovno analizo pripravili in pretvorili podatke v obliko za podatkovno rudarjenje, izbirali podmnožice pomembnih atributov, izbirali in vrednotili primerne algoritme za razvrščanje, klasifikacijo, regresijo, sposobni izdelati vizualizacijo podatkov in rezultatov napovednih modelov.	Upon completion of the course the students will: know and understand main techniques of data mining know and use some tools for data analytics prepare and convert data in a form suitable for data mining select a suitable subset of features choose and evaluate adequate algorithms for clustering, classification and regression problems be capable to visualize data and results of predictive models

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, laboratorijske vaje	Lectures, lab work.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način: pisni in ustni izpit, sprotne naloge, predstavitev projekta, projekt.		Type: written and oral examination, coursework, project presentation, project.
Sprotno preverjanje: domače naloge, projektno delo.	50,00 %	Continuing: homeworks, project work.
Končno preverjanje: pisni in ustni izpit.	50,00 %	Final: written and oral exam.
Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).		Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the Statutes of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	**Grading system:**

Reference nosilca/Lecturer's references:

ROBNIK ŠIKONJA, Marko. Data generators for learning systems based on RBF networks. IEEE transactions on neural networks and learning systems, May 2016, vol. 27, no. 5, pp. 926-938.
PIČULIN, Matej, ROBNIK ŠIKONJA, Marko. Handling numeric attributes with ant colony based classifier for medical decision making. Expert systems with applications, Nov. 2014, vol. 41, no. 16, pp. 7524-7535.

KRANJC, Janez, ORAČ, Roman, PODPEČAN, Vid, LAVRAČ, Nada, ROBNIK ŠIKONJA, Marko. ClowdFlows: online workflows for distributed big data mining. FGCS, 2017, vol. 68, pp. 38-58
ROBNIK ŠIKONJA, Marko, KONONENKO, Igor. Theoretical and empirical analysis of ReliefF and RReliefF. *Machine learning,* 2003, 53:23-69.
ROBNIK ŠIKONJA, Marko, KONONENKO, Igor. Explaining classifications for individual instances. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering,* 2008, 20(5):589-600.
Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu http://sicris.izum.si/search/rsr.aspx?lang=slv&id=8741.
Complete bibliography is available in SICRIS:
http://sicris.izum.si/search/rsr.aspx?lang=eng&id=8741.

POUČEVANJE ALGORITMIČNEGA RAZMIŠLJANJA

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Poučevanje algoritmičnega razmišljanja
Course title:	Teaching algorithmic thinking
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

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

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0082843
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63547

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45	20	10			105	6

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Janez Demšar
Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet/specialist elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Namen predmeta je izuriti prihodnje učitelje za poučevanje algoritmičnega razmišljanja. Didaktični pristop, ki ga bomo učili, temelji na načelih opisanih na http://csunplugged.org. Primeri konkretnih tem, ki jih bomo jemali za zgled, v grobem sledijo IEEE/ACMovem kurikulu za osnovne in srednje šole: • binarna predstavitev podatkov, predstavitev slik in zvoka, • stiskanje podatkov, teorija informacij, zaznavanje napak • kriptografija, • preiskovalni algoritmi, algoritmi za urejanje • usmerjanje in smrtni objem, končni avtomati in algoritmi na grafih in druge.	The goal of the course is to train the future teachers for teaching algorithmic thinking. The approach is based on principles described on http://csunplugged.org. Concrete illustrations will roughly follow the list of topics proposed in the IEEE/ACM K12 curriculum for computer science: • binary presentation of data, representation of images and sound, • data compression, information theory, error detection, • cryptography, • searching algorithms, sorting algorithms, • routing and deadlock, finite state automata, and algorithms on graphs and others.

Poleg konkretnih pristopov k poučevanju teh tem bodo študenti spoznavali predvsem splošna didaktična načela, ki jim je potrebno slediti pri poučevanju algoritmičnega razmišljanja. Študenti bodo poleg praktičnega dela v razredih na šolah, s katerimi so sklenjeni sporazumi o sodelovanju pod ustreznim mentorstvom nabirali praktične didaktične izkušnje tudi tako, da bodo pomagali pri izvedbi poletnih šol za dijake in osnovnošolce, vodili računalniške krožke, pripravljali osnovnošolce na tekmovanje Računalniški bober in podobno.	Besides these concrete examples, students will learn about general didactical principles that need to be observed when teaching algorithmic thinking. In addition to practice classes in partner schools under appropriate supervision, the students will gain practical experience by helping in the summer schools at the faculty, by teaching computer groups at schools, preparing school children for the international Bebras competition *etc.*

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. O. Hazzan, T. Lapidot, N. Ragonis: Guide to Teaching Computer Science: An Acticity-Based Approach, Springer, 2011.
2. T. Bell, I. H. Witten, M. Fellows: Computer Science Unplugged, http://csunplugged.org/sites/default/files/activity_pdfs_full/CS_Unplugged-en-10.2006.pdf, 2006.
3. R. Sedgewick, K. Wayne: Algorithms, 4th edition. Addison-Wesley, 2011.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Slušatelji bodo na teoretičnem nivoju in prek praktičnih primerov osvojili primeren način za poučevanje algoritmičnega razmišljanja v osnovnih in srednjih šolah.	Students will learn, both theoretically and through concrete examples, how to teach algorithmic thinking using methods that are appropriate for primary and high schools.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Študenti bodo razumeli osnove računalniške znanosti (od kodiranja ter algoritmov in podatkovnih struktur do bolj specifičnih tem) na intuitivnejšem nivoju. Zmožni bodo uporabiti to globje razumevanje za poučevanje računalništva na razumljivejši in privlačnejši način. Naučili se bodo pripravljati učne aktivnosti, opazovati reakcije ciljne publike, analizirati in ocenjevati aktivnosti ter jih izboljševati. Študenti bodo spoznali osnove psihologije s poudarkom na razvojni psihologiji in to uporabljali pri svojem poučevanju. Z nekaj treninga v govorjenju in predstavljanju bodo študenti postali sposobnejši javno podajati računalniško znanost različnim ciljnim občinstvom. Kot potencialni bodoči učitelji bodo poznali in razumeli pasti rigidnih taksonomij, kot je Bloomova taksonomija -- ki je znana kot neprimerna za računalniško znanost -- in njihovih uporabi za birokratizacijo šolstva, ter se izogibali njeni uporabi za načrtovanje, analizo in ocenjevanje svojega dela.	Students will understand the basics of computer science (from coding to algorithms and data structures to more specific topics) in a more intuitive way. They will be able to apply this deeper understanding of CS to teach computer science in an approachable and attractive way. They will learn how to prepare teaching activities, observe reactions of target audience, analyse and evaluate the activity and improve it. Students will gain basic understanding of psychology, in particular developmental psychology, and apply it to their teaching practice. With some training in speaking and presentation, students will be more capable to give public presentations of computer science to different target audiences. As potential future teachers, students will know and understand the pitfalls of rigid taxonomies like the Bloom taxonomy - which is known to be a particularly bad fit for CS -- and its application for bureaucratization of school system, and hence avoid its use for planning, analysis and evaluation of their work.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja in domače naloge. Poseben poudarek je na intuitivnem razumevanju snovi in na pridobivanju praktičnih pedagoških izkušenj.	Lectures and homeworks with special emphasis on intuitive understanding and gaining practical experience.

Načini ocenjevanja:	Delež/Weight	Assessment:
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project):
Sprotno preverjanje (domače naloge, praktično delo)	50,00 %	Continuing (homework, practical work)
Končno preverjanje (pisni izpit)	50,00 %	Final (written exam)
Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).		Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:

Reference nosilca/Lecturer's references:

1. DEMŠAR, Janez. Algorithms for subsetting attribute values with Relief. Mach. learn.. [Print ed.], Mar. 2010, vol. 78, no. 3, str. 421-428, graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 7550548], [JCR, WoS, št. citatov do 9. 3. 2010: 0, brez avtocitatov: 0, normirano št. citatov: 0]
2. ŠTAJDOHAR, Miha, MRAMOR, Minca, ZUPAN, Blaž, DEMŠAR, Janez. FragViz : visualization of fragmented networks. BMC bioinformatics, 2010, vol. 11, str. 1-14, ilustr. [COBISS.SI-ID 7964756], [JCR, WoS, št. citatov do 6. 10. 2011: 1, brez avtocitatov: 1, normirano št. citatov: 1]
3. ZUPAN, Blaž, DEMŠAR, Janez. Open-source tools for data mining. Clin. lab. med., 2008, vol. 28, no. 1, str. 37-54, ilustr. [COBISS.SI-ID 6280532], [JCR, WoS, št. citatov do 6. 9. 2011: 2, brez avtocitatov: 2, normirano št. citatov: 1]
4. DEMŠAR, Janez, LEBAN, Gregor, ZUPAN, Blaž. FreeViz-An intelligent multivariate visualization approach to explorative analysis of biomedical data. Journal of biomedical informatics, 2007, vol. 40, no. 6, str. 661-671, ilustr. [COBISS.SI-ID 6188116], [JCR, WoS, št. citatov do 9. 3. 2010: 2, brez avtocitatov: 2, normirano št. citatov: 2]
5. DEMŠAR, Janez. Statistical comparisons of classifiers over multiple data sets. J. mach. learn. res.. [Print ed.], Jan. 2006, vol. 7, str. [1]-30, graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 5134420], [JCR, WoS, št. citatov do 6. 11. 2011: 365, brez avtocitatov: 365, normirano št. citatov: 412]

Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu:
http://sicris.izum.si/search/rsr.aspx?opt=1&lang=slv&id=9383.
Nosilec je objavil tudi več kot 60 strokovnih člankov v revijah Programer in Monitor. Ti članki obravnavajo teme s podobno vsebino in v podobni obliki, kot jo predvideva pričujoči predmet.

PROJEKT

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Projekt
Course title:	Project
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Podatkovne vede (smer)	1. letnik	2. semester	obvezni
Umetna inteligenca (Erasmus Mundus Joint Master in Artificial Intelligence (EMAI)), druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik	2. semester	obvezni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0129453
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63568

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
20	10				150	6

Nosilec predmeta/Lecturer:	izr. prof. dr. Jure Demšar
Vrsta predmeta/Course type:	obvezni predmet/compulsory course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Študentje izberejo temo projekta in na projektu delajo v skupinah. Na sredini semestra poročajo o napredku in vmesnih rezultatih. Ob zaključku predmeta študentje javno predstavijo rezultate dela. Projektne teme predlagajo fakultetni predavatelji in strokovnjaki iz gospodarstva. Nosilec predmeta pripravi končen nabor projektnih tem, med katerimi študentje izbirajo.	Students select project theme and work in groups to complete the project. Students present their midterm progress and results. Students complete the Project with a public presentation of their work. Project themes are compiled by the lecturer from proposals by faculty members and industry.

Temeljna literatura in viri/Readings:

- Perez-Riverol Y, Gatto L, Wang R, Sachsenberg T, Uszkoreit J, Leprevost FdV, et al. (2016) Ten Simple Rules for Taking Advantage of Git and GitHub. PLoS Comput Biol 12(7): e1004947.
- Sandve GK, Nekrutenko A, Taylor J, Hovig E (2013) Ten Simple Rules for Reproducible Computational Research. PLoS Comput Biol 9(10): e1003285.

• Vicens Q, Bourne PE (2007) Ten Simple Rules for a Successful Collaboration. PLoS Comput Biol 3(3): e44. • Taschuk M, Wilson G (2017) Ten simple rules for making research software more robust. PLoS Comput Biol 13(4): e1005412. • Bourne PE (2007) Ten Simple Rules for Making Good Oral Presentations. PLoS Comput Biol 3(4): e77.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Študentje preko projekta združijo znanje iz obveznih predmetov ter ga uporabijo pri reševanju konkretnega problema. Naučijo se izbrati najbolj primerna orodja in pristope k reševanju realnih problemov. Naučijo se delati v skupinah in argumentirano poročati o rezultatih.	The main goal of the course is for students to apply the knowledge obtained in other courses on a relevant data science project. The students learn how to select and use the most appropriate tools and approaches to solve a real problem. They learnt and practice how to work in groups and how to defend their project outcomes.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešno zaključenem predmetu naj bi bili študentje zmožni: • Združiti postopke, metode in orodja, ki so jih spoznali pri drugih predmetih. • Načrtovati projekt za reševanje problema iz podatkovnih ved. • Organizirati skupinsko delo. • Argumentirati svoje delo in izbiro metod in orodij. • Kritično ovrednotiti svoje delo in delo drugih. • Zagovarjati svoje delo pred strokovnjaki iz področja.	After successfully completing the course, students should be able to: • Combine procedures, methods and tools presented in other courses. • Plan a research and development data science project. • Organize team work. • Explain their choice of methods and tools needed in the project. • Critically evaluate their work and the work of other. • Defend their work and results in front of a panel of data sceince experts.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Uvodna predavanja, diskusije, projekt z vmesno recenzijo.	Introductory lectures, discussions, project with interim review.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Sprotno preverjanje (vmesna recenzija)	50,00 %	Continuing (interim review)
Končno preverjanje (projekt) Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).	50,00 %	Final (project) Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

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:

- DEMŠAR, Jure, REPOVŠ, Grega, ŠTRUMBELJ, Erik. bayes4psy : an open source R package for Bayesian statistics in psychology. Frontiers in psychology. May 2020, vol. 11, art. 947, str. 1-20, ilustr. ISSN 1664-1078. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2020.00947/full, DOI: 10.3389/fpsyg.2020.00947. [COBISS.SI-ID 14800387]
- JI, Jie Lisa, DEMŠAR, Jure, et al. Mapping brain-behavior space relationships along the psychosis spectrum. eLife. 2021, 82 str., ilustr., graf. prikazi. ISSN 2050-084X. https://elifesciences.org/articles/66968#info, DOI: 10.7554/eLife.66968. [COBISS.SI-ID 49363971]
- DEMŠAR, Jure, LEBAR BAJEC, Iztok. Evolution of collective behaviour in an artificial world using linguistic fuzzy rule-based systems. PloS one. Jan. 2017, vol. 12, no. 1, str. 1-20, ilustr. ISSN 1932-6203.

http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0168876, DOI: 10.1371/journal.pone.0168876. [COBISS.SI-ID 1537322947]

- DEMŠAR, Jure, ŠTRUMBELJ, Erik, LEBAR BAJEC, Iztok. A balanced mixture of antagonistic pressures promotes the evolution of parallel movement. Scientific reports. Dec. 2016, vol. 6, str. 1-11, ilustr. ISSN 2045-2322. http://www.nature.com/articles/srep39428, DOI: 10.1038/srep39428. [COBISS.SI-ID 1537314499]

RAČUNALNIŠKA ZVOČNA PRODUKCIJA

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Računalniška zvočna produkcija
Course title:	Computer based sound production
Članica nosilka/UL Member:	

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

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0082596
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63523

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	Denis Trček
Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet/specialist elective course

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

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

Vsebina:	Content (Syllabus outline):
• Uvod in zgodovinski pregled področja. • Temelji zvoka in računalniške zvočne produkcije: o fizikalni (amplituda, frekvenca, faza, interferenca, resonanca, hitrost, moč, preostale značilnosti valovanj); o matematični (Fourierova teorija, teorem o vzorčenju, konvolucija, korelacija, Hilbertov transform, Gaborjev zvočni kvant in transform, itd.); o fiziološki in psihoakustika (slušna percepcija in frekvenčni razpon, posredna percepcija prek drugih anatomskih struktur, pomen harmonskih komponent zvoka, lokalizacija, maskiranje, kritični	• Introduction and overview of the field. • Basics of sound and computer based production: o physics (amplitude, frequency, phase, speed, interference, resonan-ce, power, other wave phenomena); o mathematics (Fourier theory, sampling theory, convolution, corre-lation, Hilbert transform, Gabor's acoustic quant and transfrom, etc.); o physiology and psychoacoustics (aural perception, frequency range, indirect perception by various anatomical structures, the role of harmonics, localization, masking, critical bands, environment-tal

pasovi, učinki okolja, rezultati zadnjih nevro-znanstvenih raziskav na tem področju). • Elektronski in omrežni vidiki procesiranja: analogni in digitalni signal, (kvantizacijski) šum, pasovna širina medija in naprave, ojačitev in slabenje, analogno digitalna in digitalno analogna pretvorba, popačenja, filtriranje, vrste mikrofonov in postopki zajemanja zvoka. • Generatorji zvoka: sintetizatorji (aditivna sinteza, odštevalna sinteza, frekvenčno modularna sinteza…), vzorčevalniki. • Računalniško snemanje zvoka: zajem kodiranega zvoka (sekvencerji), zajem vzorčenega zvoka (direct-to-disc recording). • Standardne studijske komponente: mešalniki, limiterji, kompresorji, reverberatorji, odstranjevalci šuma, korektorji višine, ekvilizatorji. • Protokoli in algoritmi v zvočni produkciji: MIDI, IEC-60958 (AES / EBU), S/PDIF, AC-3, E-AC-3. • Sinhronizacijski mehanizmi: MTC, SMPTE, integracija z video produkcijo, računalniškimi igrami in filmom. • Programski standardi: vmesniki (VST / Steinberg, DirectX / MS), formati zapisov (Wav, MP3, Ogg), vzorčeni zvoki (SoundFont). • Sodobna zvočna reprodukcija (omrežni tokovniki, protokoli RTP, RTCP in RTSP), napredna 2D ter 3D produkcija (sistemi 5.1, 7.1, Dolby Atmos). • Profesionalna orodja in njih uporaba (Steinberg-Yamaha, Twelve Tone Systems – Roland - BandLab, odprtokodne rešitve). • Zadnji trendi - prodor umetne inteligence in strojnega učenja v zvočno produkcijo (konkretne aplikacije v zvočni produkciji). Addendum: Mini vložki s praktičnim delom, ki pokrivajo najnovejše trende ali specifične vidike, ki niso pokriti na vajah.	effects, latest neuroscience research results in this domain). • Electronic and network principles of sound processing: analog and digital signal, (quantization) noise, medium / device bandwidth, amplification and attenuation, analog to digital, and digital to analog conversion, distortion, filtering, types of microphones, signals capturing processes. • Sound generators: synthesizers (additive synthesis, subtractive and frequency modulation synthesis…), samplers. • Computer based recording: capturing of coded sound (sequencers), capturing of sampled sounds (with direct-to-disc recording). • Standard studio components: mixing consoles, limiters, compressors, reverbs, noise reducers, pitch correction tools, equalizers. • Protocols and algorithms in computer-based production: MIDI, IEC-60958 (AES / EBU), S/PDIF, AC-3, E-AC-3. • Synchronization mechanisms: MTC, SMPTE, video, computer games and movies integration. • Programming standards: interfaces (VST / Steinberg, DirectX / MS), formats (wav, MP3, Ogg), sampled sounds (SoundFont). • Contemporary sound reproduction (network streaming technology, protocols RTP, RTCP, RTSP), advanced 2D and 3D production (systems 5.1, 7.1, Dolby Atmos). • Professional tools and their application (Steinberg-Yamaha, Twelve Tone Systems – Roland - BandLab, open-source solutions). • Latest trends – artificial intelligence and machine learning in sound production (concrete applications of ML in computer sound production). Addendum: Mini practical tasks covering the latest technological issues or specific issues not covered at laboratory works.

Temeljna literatura in viri/Readings:

- D. Trček: Računalniška zvočna produkcija, kopije prosojnic, FRI UL, 2023 / 2024.
- Loy G., Musimathics, The MIT Press, MIT, Cambridge, 2006.
- V učnem načrtu omenjeni standardi.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilj predmeta je, da študentje tehničnih in umetniških profilov pridobijo in osvojijo znanja na področju računalniške zvočne produkcije tako za čisto tehnično, kot tudi kreativno aplikacijo v produkcijskih okoljih. Splošne kompetence: Sposobnost definiranja, razumevanja in reševanja kreativnih profesionalnih izzivov na področju računalništva in informatike. Sposobnost profesionalnega komuniciranja v materinem in tujem jeziku.	The goal of the course is to educate students (with technological and fine-arts background) for using computers in sound production be it for purely technical, or creative application scenarios and production environments. General competences: The ability to define, understand and solve creative professional challenges in computer and information science. The ability of professional communication in the native language as well as a foreign language.

Sposobnost razumevanja in uporabe znanja računalništva in informatike na drugih relevantnih področjih (ekonomija, organizacija, umetnost, itd.). Predmetno specifične kompetence: Praktična znanja in sposobnosti na področju strojne in programske opreme ter informacijske tehnologije za uspešno profesionalno delo.	The ability to understand and apply computer and information science knowledge to other technical and relevant fields (economics, organisational science, fine arts, etc). Subject specific competences: Practical knowledge and skills of computer hardware, software and information technology necessary for successful professional work in computer and information science.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po zaključku predmeta bo študent: -poznal inženirske principe računalniške zvočne produkcije; -poznal in razumel fiziološke zakonitosti percepcije zvoka; -znal uporabljati omenjene principe v produkcijskem okolju; -sposoben razvoja enostavnejših tehnoloških rešitev na tem področju; -uporabe pridobljenih znanj tudi na področjih kreativnega ustvarjanja (umetnost); -poznal problematiko zaščite in varovanja intelektualne lastine.	After completition of the course a student will: -be familiar with the engineering principles of computer sound production; -know and understand physiological laws of sound perception; -be able to implement these principles in production environments; -be able to develop basic technological solutions in this area; -know how to use the acquired knowledge in creative ways (fine arts); -be familiar with intellectual property protection.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, vaje s projektnim delom (praktične prototipne implementacije), lastne predstavitve. Udeležba na vajah je obvezna (zahtevan procent udeležbe se določi ob začetku študijskega leta). Nosilec predmeta lahko določi obvezno udeležbo tudi na predavanjih.	Lectures, laboratory work (with practical prototype implementations), students' presentations. Attendance of laboratory work is mandatory (the exact percentage is announced at the beginning of a study year). The lecturer may impose mandatory attendance of lectures.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
50 % ocene predstavlja sprotno delo študenta v obliki preverjanj na vajah (domače naloge, kvizi, praktičen projekt),	50,00 %	50% of the final grade is obtained on the basis of on-going laboratory work (home-works, quizzes, practical project implementations and presentations).
50 % ocene pa predstavlja izpit, ki je načeloma v pisni obliki, lahko pa tudi v pisni in ustni obliki (pri čemer lahko nosilec namesto ustnega izpita uvede seminar).	50,00 %	The other 50% is obtained on the basis of a written exam, or written and oral exam (the lecturer may decide that a coursework replaces the oral exam).
Za uspešno opravljene obveznosti pri predmetu morata biti pozitivni obe delni oceni. Pristop k pisnemu izpitu je možen le po uspešno opravljenih obveznostih pri vajah (in v primeru dodatnih zahtev, ki se nanašajo na predavanja, po izpolnitvi le-teh).		To be eligible for the written exam, a candidate must have successfully completed laboratory work, and fulfilled other obligations related to lecturing that the lecturer may have imposed. For successful completition of the course both grades have to be positive.
Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).		Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	**Grading system:**

Reference nosilca/Lecturer's references:

1. Trček D., Cruxes for visual domain sonification in digital arts, Digital creativity, 2021, vol. 32, no. 4, str. 293-306, Taylor & Francis, DOI: 10.1080/14626268.2021.2002913.
2. Trček D., TRČEK, Gašper. sonicLamination - from a concept to artistic binding of visual and sound domains by using advanced technology. International journal of arts and technology, 2019, vol. 11, no. 2, str. 219-229, ISSN 1754-8853.
3. Trček D., Parallel spaces, London, Peoplesound.com, 2001, CD (ca 40 min).
4. Trček D., glasba in glasbena produkcija na TRČEK PEČAK, Tamara. Ajkec med freskami. Ljubljana: Narodna galerija, 2002. 1 videokaseta (VHS, PAL) (ca 30 min), barve, zvok. ISBN 961-6029-56-8. [COBISS.SI-ID 121147392]
5. Trček D., glasba in glasbena produkcija na TRČEK PEČAK, Tamara. Ajkec pri restavratorjih. Ljubljana: Televizija Slovenija: Narodna galerija, 2004/2005. 1 videokaseta (VHS, PAL), barve, zvok. [COBISS.SI-ID 513451903]
Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu: https://bib.cobiss.net/biblioweb/eval/si/slv/evalrsr/11077.

RAČUNALNIŠKE STORITVE V OBLAKU

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Računalniške storitve v oblaku
Course title:	Cloud Computing
Članica nosilka/UL Member:	

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

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0082823
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63541

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45	20	10			105	6

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Branko Matjaž Jurič
Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet /specialist elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Razvoj aplikacij, ki se izvajajo na strežnikih Definicija računalništva v oblaku: kaj je računalništvo v oblaku, namen, vloga in pomen, cilji Izzivi: upravljanje infrastrukture, arhitektura aplikacij za oblak, shranjevanje podatkov, varnost, ostali vidiki Lastnosti: samo oskrba na zahtevo, elastičnost in skalabilnost, dostop v obliki storitev, nadzor storitev, souporaba virov (pooling), itd. Storitveni modeli: IaaS (Infrastruktura kor storitev), PaaS (Platforma kot storitev), SaaS (Aplikacije kot storitve), XaaS Podrobni pregled IaaS (Infrastruktura kor storitev) • Pregled konceptov, arhitekturni vidik	Developing applications for the server-side Definition of cloud computing: what is cloud computing, purpose, role and importance, objectives Challenges: Infrastructure Management, Application Architecture for cloud, data storage, security, other aspects Features: on demand self-provisioning, elasticity and scalability, access in the form of services, monitoring, sharing of resources (pooling), etc.. Service models: IaaS (Infrastructure-as-a-Service), PaaS (Platform-as-a-Service), SaaS (Software-as-a-Service), XaaS Detailed overview of IaaS: • Overview of concepts, architectural perspective

• Privatni oblak, javni oblak, hibridni oblak, virtualni oblak • Spoznavanje in primerjava najpomembnejših IaaS tehnologij Podrobni pregled PaaS (Platforma kot storitev) • Pregled konceptov, arhitekturni vidik • Spremembe v razvojnih modelih: Trajno stanje: distribuirani datotečni sistemi, nestrukturirane shrambe, NoSQL baze, SQL baze v oblaku; Poslovna logika: spletne storitve, REST storitve, ostale tehnologije; Izvajalno okolje • Spoznavanje in primerjava najpomembnejših PaaS tehnologij: Java EE, Azure, Google App Engine, itd. Podrobni pregled SaaS (Aplikacije kot storitve) • Pregled konceptov, arhitekturni vidik • Model dostopa, koncept razvoja • Poslovni model, storitve v oblaku (lokacijske, dostava podatkov, bogatenje podatkov, integracijske storitve, poslovna inteligenca, itd.) Namestitveni modeli • Zasebni, javni, hibridni, skupni oblak • Na lokaciji, pri ponudniku, hibridni model, pregled ponudnikov Migracija v oblak Nadzor, upravljanje, SLA in QoS **Praktični del:** • Vzpostavitev lastnega računalniškega oblaka • Razvoj aplikacij za oblak o Tehnološki vidiki o Vsebinsko-poslovni vidiki • Razvoj inovativnih aplikacij, ki delujejo v oblaku • Konfiguriranje hibridnega računalniškega oblaka • Spoznavanje najpomembnejših javnih oblakov: Amazon, Google App Engine, Azure, OpenStack, itd. • Študija prenosljivost oblačnih rešitev med ponudniki • Razvoj specifičnih razširitev za oblak	• Private cloud, public cloud, hybrid cloud, virtual cloud • Getting to know and compare the most important IaaS technologies Detailed overview of PaaS: • Overview of concepts, architectural perspective • Changes in development models: data persistence: distributed file systems, unstructured storage, NoSQL database, SQL database in the cloud; Business tier: Web services, REST services, other technology runtime environment • Understanding and comparison of major PaaS technologies: Java EE, Azure, Google App Engine, etc. Detailed overview of SaaS: • Overview of concepts, architectural perspective • Access Models, Development Concepts • Business models, Cloud Services (location, data delivery, data enrichment, integration services, business intelligence, etc.). Deployment models • Private, public, hybrid, shared cloud • On premises, remote, hybrid model, overview of providers Migration to the cloud Control, management, SLA and QoS **Practical part:** • Deploying, setting up and configuring your own Cloud • Developing applications for the cloud o Technological aspects o Content and business aspects • Development of innovative applications that run in the cloud • Configuring a hybrid cloud • Getting to know the most important public clouds: Amazon, Google App Engine, Azure, OpenStack, etc. • Portability study between cloud solution providers • Development of cloud-specific extensions

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. Barrie Sosinsky, Cloud Computing Bible, Wiley; 2011.
2. George Reese, Cloud Application Architectures: Building Applications and Infrastructure in the Cloud, O'Reilly Media; 2009.
3. David S. Linthicum, Cloud Computing and SOA Convergence in Your Enterprise, Addison-Wesley Professional, 2009.
4. John Rhoton, Risto Haukioja, Cloud Computing Architected: Solution Design Handbook, Recursive Press, 2011.
5. Matjaz B. Juric et al., Do more with SOA Integration, Packt Publishing, 2011.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilj predmeta je osvojiti poglobljene znanje in poznavanje področja računalništva v oblaku in vseh nivojev storitvene usmerjenosti (XaaS), osvojiti znanje s področja infrastrukture, platforme in	The course objective is to provide an in-depth knowledge and understanding of the scope of cloud computing and all levels of service orientation (XaaS), provide knowledge of infrastructure, platforms, and

aplikacij v obliki storitev, spoznati načrtovalske vzorce, arhitekturne modele in dobre prakse ter razumeti pomen inovativnih aplikacij v oblaku. **Kompetence:** Študentje bodo sposobni vzpostaviti infrastrukturo za delovanje privatnih, hibridnih in zasebnih oblakov, načrtovati in implementirati arhitekturo platforme PaaS, načrtovati in implementirati aplikacije, ki se izvajajo na PaaS, razumeti specifike oblačnih arhitektur in infrastruktur. Usposobljeni bodo za razvoj SaaS aplikacij na najpomembnejših PaaS/IaaS. Razumeli bodo pomen inovacij v oblaku.	applications in the form of services, get familiar with design patterns, architectural models and best practices and understand the importance of innovative applications in the cloud. **Competences:** Students will be able to deploy the infrastructure for the operation of private, hybrid and private clouds, to design and implement PaaS platform architecture, design and implement applications that are implemented on PaaS, understand the specifics of cloud architectures and infrastructures. Students will be trained to develop SaaS applications on most important PaaS / IaaS platforms and understand the importance of innovation in the cloud.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešnem zaključku predmeta bo študent: - razvijal programske rešitve za delovanje v oblaku - poznal lastnostni javnih in zasebnih oblakov - razumel infrastrukture in arhitekture računalniških oblakov - razumel cloud-native arhitekturo in jo uporabil pri razvoju - obvladal razvoj mikrostoritev - razumel in uporabljal vzorce za razvoj mikrostoritev - uporabil vsebnike in orkestracijo vsebnikov - sposoben razvoja SaaS aplikacij	After successful completion of the course a student will be able to: - Develop cloud-based software solutions - Understand the characteristic public and private clouds - Understand the infrastructures and architecture of computer clouds - Understand the cloud-native architecture and use it in the development - master the development of microservices - understand and use patterns for the development of microservices - use containers and orchestration of containers - capable of developing SaaS applications

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, računalniške vaje, projektni način dela pri seminarjih.	Lectures, computer-based workshops, project work, seminars.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način (pisni izpit, naloge, projekt):		Type (examination, coursework, project):
Sprotno preverjanje (vaje, kolokviji in projektno delo)	50,00 %	Continuing (workshops, midterm exams, project work)
Končno preverjanje (pisni in ustni izpit)	50,00 %	Final (written and oral exam)
Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).		Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	**Grading system:**

Reference nosilca/Lecturer's references:

- JURIČ, Matjaž B. WSDL and BPEL extensions for event driven architecture. Inf. softw. technol.. [Print ed.], 2010, vol. 52, iss. 10, str. 1023-1043
- JURIČ, Matjaž B., ŠAŠA, Ana, BRUMEN, Boštjan, ROZMAN, Ivan. WSDL and UDDI extensions for version support in web services. J. syst. softw.. [Print ed.], 2009, vol. 82, iss. 8, str. 1326-1343
- JURIČ, Matjaž B., ŠAŠA, Ana, ROZMAN, Ivan. WS-BPEL extensions for versioning. *Inf. softw. technol.*. [Print ed.], 2009, vol. 51, iss. 8, str. 1261-12

- JURIČ, Matjaž B., PANT, Kapil. *Business process driven SOA using BPMN and BPEL: from business process modeling to orchestration and service oriented architecture*. Birmingham; Mumbai: Packt Publishing, cop. 2008. V, 311 str., ilustr. ISBN 978-1-84719-146-5
- JURIČ, Matjaž B., MATHEW, Benny, SARANG, Poornachandra G., *Business process execution language for web services: an architect and developer's guide to orchestrating web services using BPEL4WS*. Birmingham: Packt Publishing, 2006. X, 353 str., ilustr. ISBN 1-904811-81-7.
- JURIČ, Matjaž B., LOGANATHAN, Ramesh, SARANG, Poornachandra G., JENNINGS, Frank. *SOA approach to integration: XML, web services, ESB, and BPEL in real-world SOA projects*. Birmingham; Mumbai: Packt Publishing, cop. 2007. VIII, 366 str., ilustr. ISBN 978-1-904811-17-6

RAČUNALNIŠKI SISTEMI

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Računalniški sistemi
Course title:	Computer Systems
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

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

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0127828
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63509

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Branko Šter

Vrsta predmeta/Course type:	strokovno izbirni predmet/elective course

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

Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:	**Prerequisites:**
Znanje vsaj osnov programiranja. Poznavanje osnov računalniške arhitekt ure je zaželeno, ni pa nujno.	At least basic programming skills. Knowing basics of computer architecture is b eneficial.

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
1. **Napredni paralelizem na nivoju ukazov**: dinamično razvrščanje ukazov, skočna predikcija, špekulativno izvajanje. 2. **Vrednotenje vzporednih sistemov**: arhitekturni simulatorji (gem5), analiza zmogljivosti in modeliranje. 3. **Paralelizem na nivoju niti**: arhitekture s skupnim pomnilnikom, simetrični večprocesorji s skupnim pomnilnikom (SMP, UMA), vohljalni protokoli (MSI, MESI, MOESI), večjedrni procesorji, porazdeljeni sistemi s skupnim pomnilnikom (DSM, NUMA), imeniški protokoli, koherenca, atomičnost, sinhronizacija, konsistentnost pomnilnika.	1. Advanced instruction-level parallelism: dynamic instruction scheduling, branch prediction, speculative execution. 2. Evaluation of parallel systems: architectural simulators (gem5), performance analysis and modeling. 3. Thread-level parallelism: shared-memory architectures, symmetric (shared-memory) multiprocessors (SMP, UMA), snooping protocols (MSI, MESI, MOESI), multicores, distributed shared-

4. **Paralelizem na nivoju podatkov**: vektorske arhitekture, SIMD-razširitve nabora ukazov, strešni model, grafične procesne enote (GPE), arhitekture GPE, pomnilniške strukture GPE, paralelizem na nivoju zank. 5. **Paralelizem na nivoju zahtev**: porazdeljeni pomnilniški sistemi, grozdi, superračunalniki. 6. **Povezave**: hierarhija, vrste, topologije, metrike zmogljivosti, usmerjanje, povezave pospeševalnikov (PCIe, NVLink, NVSwitch, Infinity Fabric, GPUDirect RDMA, GPUDirect Storage). 7. **Domensko specifične arhitekture**: arhitekture pospeševalnikov, globoke nevronske mreže (DNN), tenzorske procesne enote (TPE), FPGA pospeševalniki, heterogeni sistemi.	memory (DSM, NUMA), directory protocols, cache coherence, atomicity, synchronization, memory consistency. 4. Data-level parallelism: vector architectures, SIMD instruction set extensions, roofline model, graphics processing units (GPU), GPU architectures, GPU memory structures, loop-level parallelism. 5. Request-level parallelism: distributed memory systems, clusters, supercomputers. 6. Interconnects: hierarchy, types, topologies, performance metrics, routing, accelerator interconnects (PCIe, NVLink, NVSwitch, Infinity Fabric, GPUDirect RDMA, GPUDirect Storage), supercomputers, trends. 7. Domain-specific architectures accelerator architectures, deep neural networks (DNN), tensor processing units (TPU), FPGA accelerators, heterogeneous systems.

Temeljna literatura in viri/Readings:

J.L. Hennessy, D.A. Patterson: Computer Architecture: A Quantitative Approach, 6th ed., Morgan Kaufmann, 2017.
M. Dubois, M. Annavaram, P. Stenström: Parallel Computer Organization and Design, 2nd ed., Cambridge University Press, 2026.
V. Eijkhout, E. Chow, R. van de Geijn: The Science of Computing, The Art of High Performance Computing, volume 1. 3rd edition 2022, https://theartofhpc.com
T.M. Aamodt, W.W.L. Fung, T.G. Rogers: General-Purpose Graphics Processor Architectures (Synthesis Lectures on Computer Architecture), Morgan & Claypool Publishers, 2018.
C. Wang: Domain-Specific Computer Architectures for Emerging Applications: Machine Learning and Neural Networks, CRC Press, 2024.
T. Sterling, M. Brodowicz, M. Anderson: High Performance Computing: Modern Systems and Practices, Morgan Kaufmann, 2017.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilj predmeta je študentom 2. stopnje predstaviti arhitekture sodobnih vzporednih visoko zmogljivih računalniških sistemov. Kompetence: Razvoj veščin kritičnega, analitičnega in sintetičnega mišljenja. Zmožnost definiranja, razumevanja in reševanja ustvarjalnih profesionalnih izzivov v računalništvu in informatiki. Zmožnost profesionalne komunikacije v materinem in v tujem jeziku. Zmožnost uporabe pridobljenega znanja pri samostojnem delu pri reševanju tehničnih in znanstvenih problemov v računalništvu in informatiki; zmožnost nadgradnje pridobljenega znanja.	The course aims to present to graduate students modern parallel high performance computer systems. Competences: Developing skills in critical, analytical and synthetic thinking. The ability to define, understand and solve creative professional challenges in computer and information science. The ability of professional communication in the native and in a foreign language. The ability to apply acquired knowledge in independent work for solving technical and scientific problems in computer and information science; the ability to upgrade acquired knowledge. Basic skills in computer and information science.

Osnovne veščine v računalništvu in informatiki. Praktično znanje in veščine, potrebne za uspešno profesionalno delo v računalništvu in informatiki. Zmožnost samostojne izvedbe inženirskih in organizacijskih nalog v določenih ozkih področjih in samostojnega reševanja specifičnih dobro definiranih nalog v računalništvu in informatiki.	Practical knowledge and skills necessary for successful professional work in computer and information science. The ability to independently perform engineering and organisational tasks in certain narrow areas and independently solve specific well-defined tasks in computer and information science.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Znanje in razumevanje: Poznavanje arhitektur sodobnih visoko zmogljivih računalniških siistemov. Razumevanje implikacij različnih vrst vzporednosti računanja (procesorjev, povezovalnih omrežij in pospeševalnikov). Arhitekturni vidiki razvoja vzporednih (paralelnih) računalnikov. Uporaba: Programiranje visoko zmogljivih računalniških sistemov na različnih področjih znanosti in inženirstva. Analiza in reševanje problemov na nivoju arhitekture. Refleksija: Razumevanje primernosti teoretičnih metod za reševanje praktičnih problemov ter njihovih omejitev. Razumevanje trendov vzporednih arhitektur. Sposobnost analize in reševanja kompleksnih praktičnih problemov s področja sodobnih računskih arhitektur. Prenosljive spretnosti: Kombiniranje znanj, pridobljenih pri predmetih s področja arhitekture in organizacije, programiranja, vzporednih in porazdeljenih sistemov. Spretnosti iskanja in uporabe literature, uporaba programske opreme za vzporedne računalnike, identifikacija in reševanje kompleksnih problemov.	Knowledge and understanding: Knowledge of the principles of advanced state-of-the-art computer architectures. Understanding of implications of different ways of using hardware parallelism (processors, interconnection networks and accelerators). Architectural design issues in parallel computers. Application: Programming high performance computer systems on various fields of science and engineering. Analyzing and solving architectural design problems. Reflection: Understanding theoretical methods for solving practical problems, and their limitations. Understanding trends in parallel computer architectures. How can high performance systems be used in practice to solve complex problems. Transferable skills: Students will be able to combine the knowledge from other courses that cover computer architecture and organization, programming, parallel and distributed systems. The course will require students to acquire skills in literature search, search and application of existing parallel software, and engineering skills for solving real-life complex problems.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, računske vaje, laboratorijske vaje, domače naloge.	Lectures, calculation exercises, laboratory exercises, homeworks.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Sprotno preverjanje: laboratorijske vaje, domače naloge.	50,00 %	Midterm work: laboratory exercises, homeworks.
Končno preverjanje: pisni in teoretični izpit.	50,00 %	Final exam: written and theoretical 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. Branko Šter: Selective recurrent neural network. *Neural processing letters*, 38(1): 1-15, 2013.
2. Dominik Olszewski, Branko Šter: Asymmetric clustering using the alpha–beta divergence. *Pattern Recognition,* 47(5): 2031-2041, 2013.

3. Rok Gaber, Tina Lebar, Andreja Majerle, Branko Šter, Andrej Dobnikar, Mojca Benčina, Roman Jerala: Designable DNA-binding domains enable construction of logic circuits in mammalian cells. *Nature Chemical Biology*, 10(3): 203-208, 2014.
4. Jernej Zupanc, Damjana Drobne, Branko Šter: Markov random field model for segmenting large populations of lipid vesicles from micrographs. *Journal of liposome research*, 21(4): 315-323, 2011.
5. Tom Vodopivec, Spyridon Samothrakis, Branko Šter: On Monte Carlo tree search and reinforcement learning. *The journal of artificial intelligence research*. Sep. 2017, vol. 60, str. 881-936.

RAČUNALNIŠTVO V MEGLI ZA PAMETNE STORITVE

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Računalništvo v megli za pametne storitve
Course title:	Fog Computing for Smart Services
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

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

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0643899
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63546H

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	Vlado Stankovski
Vrsta predmeta/Course type:	strokovno izbirni predmet/specialist elective course

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

Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:	**Prerequisites:**
Postopki razvoja programske opreme (63254)	Software Development Processes (63254)

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Računalništvo v megli lahko opredelimo kot krovni koncept, ki zajema pet različnih tehnologij: internet stvari, umetno inteligenco, računalništvo v oblaku, veriženje blokov ter digitalni dvojčki. Adaptacija, integracija in samo-adaptacija teh tehnologij omogoča razvoj številnih novih zmogljivih pametnih storitev in aplikacij. Za zagotavljanje zanesljivih in zaupanja vrednih aplikacij računalništva v megli se je potrebno osredotočiti na izboljšave celotnega postopka razvoja programske opreme v smislu prilagodljivosti, prožnosti, programskih modelov, načrtovanja aplikacij, kakovosti izvedbe, operativnih stroškov in podobno. Tematski sklopi: **1. Osnovni koncepti računalništva v megli** a. Opredelitev koncepta računalništva v megli	Fog computing is an umbrella concept that encompasses five different technologies and their adaptation: the Internet of Things, Artificial Intelligence, Cloud Computing, Blockchain, and Digital Twins. The adaptation, integration and self-adaptation of these technologies allows for the development of many new powerful smart services and applications. To ensure reliable and trustworthy fog computing applications, it is necessary to focus on improving the entire software development process in terms of adaptability, flexibility, software models, application design, implementation quality, operational costs, and similar. Topics: **1. Basic concepts of fog computing** a. Definition of the concept of fog computing

b. Razumevanje petih ključnih tehnologij: internet stvari, umetna inteligenca, računalniški kontinuum od oblaka do roba, tehnologije veriženja blokov ter digitalni dvojčki c. Pomen, metode in tehnike integracije tehnologij **2. Samo-prilagodljiva programska oprema** a. Avtomatizacija opravil b. Prilagoditev na podlagi arhitekture c. Modeli za prilagajanje v času izvajanja d. Ciljno usmerjeno prilagajanje e. Garancije v primeru negotovosti f. Prilagajanje na podlagi nadzora **3. Vpliv DevOps** a. Vpliv prakse DevOps na razvoj aplikacij v okviru računalništva v megli b. Uporaba tehnologij vsebnikov za olajšanje procesa razvoja in distribucije c. Možnosti uporabe metod umetne inteligence v aplikacijah računalništva v megli **4. Razvoj pametnih aplikacij v praksi** a. Razumevanje kompleksnosti razvoja pametnih aplikacij v okviru računalništva v megli b. Prikaz celotnega procesa razvoja ene osnovne pametne aplikacije c. Poudarek na prilagajanju obstoječih modelov različnih pametnih storitev in aplikacij glede na specifične zahteve **5. Koncept zaupanja in razvoj zaupanja vredne aplikacije** a. Pomembnost zaupanja v računalništvo v megli b. Strategije za zagotavljanje zaupanja vrednih aplikacij c. Obravnava etičnih vprašanj in regulativnih zahtev d. Analiza varnostnih vidikov in zaščite podatkov **6. Primeri uporabe in potenciali:** a. Pregled primerov uporabe v slovenskem programu pametne specializacije b. Analiza zahtev za vključevanje tehnologij računalništva v megli v obstoječe modele storitev c. Raziskovanje potencialnih aplikacij na področju internet stvari, umetne inteligence, računalništva v oblaku in veriženja blokov d. Kanvas poslovnega modela Vsak tematski sklop bo podrobneje raziskan in predstavljen, da študentje pridobijo celovit vpogled v koncept, prakse in aplikacije računalništva v megli ter njegove možnosti za prihodnost.	b. Understanding five key technologies: Internet of Things, Artificial Intelligence, the Cloud-to-Edge Computing Continuum, Blockchain and Digital Twins c. Importance, methods and techniques for technology integration **2. Software self-adaptation** a. Automating tasks b. Architecture based adaptation c. Runtime models d. Goal-driven adaptation e. Guarantees under uncertainties f. Control-based adaptation **3. DevOps impact** a. The impact of DevOps practices on application development in the context of fog computing b. Using container technologies to facilitate the development and distribution process c. The potential of using artificial intelligence methods in fog computing applications **4. Development of smart applications in practice** a. Understanding the complexity of developing smart applications in the context of fog computing b. Showing the whole development process of a basic smart application c. Emphasis on adapting existing models of various smart services and applications according to specific requirements **5. The concept of trust and the development of a trustworthy application** a. Importance of trust in fog computing b. Strategies for assuring trust in applications c. Addressing ethical issues and regulatory requirements d. Analysis of security aspects and data protection **6. Use cases and potentials:** a. Exploring potential applications in IoT, AI, cloud computing and blockchain b. Overview of use cases in the Slovenian smart specialization program c. Analysis of requirements for integrating fog computing technologies into existing service models d. Business Model Canvas Each topic will be explored and presented in more detail so that students gain a comprehensive insight into the concept, practices and applications of fog computing and its future possibilities.

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. Naresh Kumar Sehgal, Pramod Chandra P. Bhatt, Cloud Computing: Concepts and Practices, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-77839-6, Springer International Publishing AG, ISBN: 978-3- 319-77839-6, XXIX, 269
2. Tatiana Gayvoronskaya, Christoph Meinel, Blockchain: Hype or Innovation, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-61559-8, Springer Nature Switzerland AG, ISBN: 978-3-030- 61558-1, VIII, 126
3. Christoph Herwig, Ralf Pörtner, Johannes Möller, Digital Twins: Applications to the Design and Optimization of Bioprocesses, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-71656-1, Springer Nature Switzerland AG, ISBN: 978-3-030-71655-4, VII, 254

4. Joakim Verona, DevOps: Harness the power of DevOps to boost your skill set and make your IT organization perform better, Packt Publishing Ltd, ISBN: 978-1788392570, 240

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Študentje bodo pridobil znanja celotnega procesa razvoja pametnih aplikacij na preseku zgoraj omenjenih tehnologij. Ob zaključku tega predmeta se bo izboljšalo razumevanje primerov uporabe, funkcionalnih in nefunkcionalnih zahtev, sodobnih pristopov k reševanju različnih vprašanj zanesljivosti, kakovosti storitve in skrbništvu, glavnih tehnologij, ki se običajno uporabljajo za obravnavo celotnega spektra zahtev, vključno z orkestracijo, in celoten proces integracije samo-prilagodljivih aplikacij.	The student will gain software engineering competencies at the cross-section of the above mentioned technology types. Passing this course will result in an improved understanding of the use cases, the functional and non-functional requirements, the current approaches to addressing various dependability, Quality of Service, and trust-related concerns, the major technologies that are commonly used in order to address the whole spectrum of requirements, including orchestration, and the overall integration proces of self-adaptive applications.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Poznavanje celotnega procesa razvoja programske opreme za razvoj kompleksnih decentraliziranih aplikacij oz. aplikacij računalništva v megli, ki vključujejo uporabo metod umetne inteligence.	Knowledge of the overall software engineering process for the development of complex, decentralised, Artificial Intelligence-based fog computing applications.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja; laboratorijske vaje, kjer študenti spremljajo postopek razvoja večstopenjske pametne aplikacije; seminarsko delo (projekt), kjer študenti razvijajo in integrirajo pametno aplikacijo z upoštevanjem pojava in prakse DevOps; posvetovanja; študij literature.	Lectures; laboratory work, where the students follow the process of developing a multi-tier smart application; seminar work (project), where the students develop an integrated smart application by following the DevOps practice; consultations; study of literature.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project): projects)
Sprotno preverjanje (domače naloge, kvizi in drugi izdelki)	50,00 %	Continuing work (homeworks, quizzes, and other projects)
Končno preverjanje (pisni izpit)	25,00 %	Final (written exam)
Končno preverjanje (ustni izpit)	25,00 %	Final (oral 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:

GEC, Sandi, KOCHOVSKI, Petar, LAVBIČ, Dejan, STANKOVSKI, Vlado. Multi-party smart contract for an AI services ecosystem : an application to smart construction. Concurrency and computation: practice and experience. [Print ed.]. Aug. 2023, vol. 35, iss. 18, [article no.] e6895, str. 1-19, ilustr. ISSN 1532-0626. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cpe.6895, DOI: 10.1002/cpe.6895. [COBISS.SI-ID 100471555]
SHKEMBI, Klevis, KOCHOVSKI, Petar, PAPAIOANNOU, Thanasis G., BARELLE, Caroline, STANKOVSKI, Vlado. Semantic Web and blockchain technologies: convergence, challenges and research trends. Journal of web semantics. Dec. 2023, vol. 79, article no. 100809, str. 1-17, ilustr. ISSN 1570-8268. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1570826823000380, DOI: 10.1016/j.websem.2023.100809. [COBISS.SI-ID 172331523]
KOCHOVSKI, Petar, STANKOVSKI, Vlado. Building applications for smart and safe construction with the DECENTER Fog Computing and Brokerage Platform. Automation in construction. [Print ed.]. Apr. 2021,

vol. 124, str. 1-9, ilustr. ISSN 0926-5805.
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580521000133?via%3Dihub, https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=127113, DOI: 10.1016/j.autcon.2021.103562. [COBISS.SIID 48826627]
KOCHOVSKI, Petar, STANKOVSKI, Vlado, GEC, Sandi, FATICANTI, Francescomaria, SAVI, Marco, SIRACUSA, Domenico, KUM, Seungwoo. Smart contracts for service-level agreements in edge-to-cloud computing. Journal of grid computing. Dec. 2020, vol. 18, no. 4, str. 673-690, ilustr. ISSN 1570-7873. https://link.springer.com/article/10.1007/s10723-020-09534-y, DOI: 10.1007/s10723-020-09534-y. [COBISS.SI-ID 32701443]
TAHERIZADEH, Salman, STANKOVSKI, Vlado. Dynamic multi-level auto-scaling rules for containerized applications. The computer journal. [Online ed.]. febr. 2019, letn. 62, št. 2, str. 174-197, ilustr. ISSN 1460-2067. https://academic.oup.com/comjnl/advance-article/doi/10.1093/comjnl/bxy043/4993728, https://academic.oup.com/comjnl/search-results?f_TocHeadingTitle=Section B: Computer and Communications Networks and Systems, DOI: 10.1093/comjnl/bxy043. [COBISS.SI-ID 8415073]
ŠTEFANIČ, Polona, CIGALE, Matej, JONES, Andrew C., KNIGHT, Louise, TAYLOR, Ian, ISTRATE, Cristiana, SUCIU, George, ULISSES, Alexandre, STANKOVSKI, Vlado, TAHERIZADEH, Salman, SALADO, Guadalupe Flores, KOULOUZIS, Spiros, MARTIN, Paul, ZHAO, Zhiming. SWITCH workbench - a novel approach for the development and deployment of time-critical microservice-based cloud-native applications. Future generation computer systems. [Print ed.]. 2019, letn. 99, št. okt., str. 197-212, ilustr. ISSN 0167-739X.

RAZISKOVALNI SEMINAR

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Raziskovalni seminar
Course title:	Research seminar
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)		1. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0070593
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63544

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
15	45				300	12

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Polona Oblak
Vrsta predmeta/Course type:	izbirni predmet/elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Cilj predmeta je študente uvesti v raziskovalno delo. Na predavanjih bodo predstavljene osnovne veščine, ki jih bodo potrebovali pri svojem raziskovalnem delu, kot so načrtovanje in priprava raziskovalne naloge, principi pisnega sporočanja v znanosti in citiranje ter principi ustnega sporočanja. Pridobljeno znanje bodo uporabili v praksi pri izdelavi projektne raziskovalne naloge, ki jo bodo opravljali pod nadzorstvom mentorja. Poudarek bo na individualnem delu in na seminarski obliki dela. Študentje bodo izbrali raziskovalni problem, ga analizirali, zasnovali in implementirali rešitev ter jo pisno dokumentirali in predstavili po pravilih znanstvenega sporočanja.	The goal of the course is to introduce students to the research work. During the lectures the basic skills necessary for efficient research work will be presented, such as planning research tasks and the principles of the written and the oral communication. The acquired knowledge will be utilized in practice during the project work the students will have to complete under the guidance of a supervisor. The main emphasis will be on the individual work and seminars. The students will chose a research problem, they will analyze it, design and implement a solution, and write a report as well as present their work following the rules of scientific communication.

Temeljna literatura in viri/Readings:

Justin Zobel, Writing for Computer Science, second edition, Springer, 2004

B. Ballenger, The Curious Researcher, A Guide to writing research papers. Longman, 4th edition, 2003.

Bourne PE, Ten simple rules for getting published, PLoS Computational Biology 1(5): e57, 2005 Bourne PE, Ten simple rules for making good oral presentations, PLoS Computational Biology 3(4): e77, 2007 Erren TC, Bourne PE, Ten simple rules for a good poster presentation, PLoS Computational Biology 3(5): e102, 2007

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilj predmeta je seznaniti se z osnovnimi principi znanstveno raziskovalnega dela in sporočanja ter na tej osnovi pristopiti k reševanju projektne naloge: spoznati širše področje in relevantno literaturo s področja teme projektne naloge, razumeti zastavljene probleme, zasnovati in implementirati ustrezno rešitev ter to rešitev ustrezno dokumentirati in predstaviti. Splošne kompetence: Sposobnost kritičnega razmišljanja Razvijanje sposobnosti kritičnega, analitičnega in sintetičnega razmišljanja Sposobnost prenosa znanja in sposobnost pisanja v domačem in tujem jeziku Sposobnost iskanja virov znanja in kritičnega ocenjevanja informacij Poznavanje raziskovalnih metod na področju računalništva in informatike Razvijanje strokovne odgovornosti in etike Predmetno specifične kompetence: Samostojno reševanje zahtevnih razvojnih, inženirskih in organizacijskih nalog pa tudi zmerno zahtevnih raziskovalnih nalog na svojem področju Kompetence na področju računalništva in informatike, ki omogočajo dostop do nadaljnega študija na 3. stopnji	The main goal of the course is to acquaint students with the basic principles of the research work and communication and based on this to address and complete a research project; the students should be able to study the related work, to understand the problem, to design and implement a suitable solution and to document and present this solution. General Competences: Ability of critical thinking Developing skills in critical, analytical and synthetic thinking. The ability of knowledge transfer and writing skills in the native language as well as a foreign language. The ability to search knowledge sources and to search for resources and critically evaluate information. Proficiency in research methods in the field of computer science Development of professional responsibility and ethics Subject specific competences: Independently tackle demanding developmental, engineering, and organizational tasks as well as moderately demanding research tasks in their fields of study. Competences in computer and information science granting access to further study at 3rd cycle doctoral programmes

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Študenti spoznavajo samostojno znanstveno-raziskovalno delo, znajo analizirati problem, poiskati ustrezno rešitev ter jo ustrezno predstaviti. Analizirajo in rešujejo kompleksne probleme, razvijajo kompleksne sistemov, in se naučijo predstaviti rešitve tako v obliki pisnega izdelka kot tudi ustno.	research work, they know how to analyse the problem, how to search for an adequate solution and how to present the solution. They analyse and solve of complex problems, design and develop complex systems, learn to present problems and their solutions in the form of a written and oral presentation.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Delo v skupini na seminarjih in samostojno delo pod vodstvom mentorja.	Seminar work in groups and individual work under the supervisor's guidance.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project):
Sprotno preverjanje (vmesna pisna in ustna poročila in predstavitve)	30,00 %	Continuing (intermediate written and oral reports)

Končno preverjanje (ocena zaključnega poročila o raziskovalni nalogi in zagovora)	70,00 %	Final (written final report and the presentation)

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:

- OMANOVIĆ, Amra, KAZAN, Hilal, OBLAK, Polona, CURK, Tomaž. Sparse data embedding and prediction by tropical matrix factorization. BMC bioinformatics. Feb. 2021, vol. 22, str. 1-18.
- FALLAT, Shaun M., HALL, H. Tracy, LEVENE, Rupert H., MEYER, Seth A., NASSERASR, Shahla, OBLAK, Polona, ŠMIGOC, Helena. Spectral arbitrariness for trees fails spectacularly. Journal of combinatorial theory. Series B. Nov. 2024, vol. 169, str. 161-210.
- LEVENE, Rupert H., OBLAK, Polona, ŠMIGOC, Helena. A Nordhaus-Gaddum conjecture for the minimum number of distinct eigenvalues of a graph. Linear algebra and its applications. [Print ed.]. March 2019, vol. 564, str. 236-263.
- LEVENE, Rupert H., OBLAK, Polona, ŠMIGOC, Helena. Orthogonal symmetric matrices and joins of graphs. Linear algebra and its applications. [Print ed.]. Nov. 2022, vol. 652, str. 213--238.
- DOLŽAN, David, OBLAK, Polona. The zero-divisor graphs of rings and semirings. International journal of algebra and computation. 2012, vol. 22, iss. 4, 1250033 (20 str.).

RAZVOJ DIGITALNIH PRODUKTOV IN STORITEV

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Razvoj digitalnih produktov in storitev
Course title:	Development of Digital Products and Services
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)		2. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0644725
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63576

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Damjan Vavpotič
Vrsta predmeta/Course type:	strokovno izbirni predmet/specialist elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Predavanja: Vsebina predmeta se prilagaja trenutno aktualnim trendom na področju razvoja programske opreme in programskega inženirstva. Poudarek je na obravnavi agilnih metod in izbranih naprednih tematikah s področja programskega inženirstva: 1. Pregled področja programskega inženirstva in sodobnih metod razvoja programske opreme 2. Vodenje agilnih in iterativnih projektov razvoja programske opreme (iterativni in inkrementalni razvoj (Unified process), agilni pristopi (Scrum, XP, Kanban),primerjava agilnih in tradicionalnih pristopov) 3. Izbrane prakse agilnih pristopov (Programiranje v parih, Testno voden razvoj programske opreme, Sprotno preoblikovanje kode (refactoring)) 4. Napredno inženirstvo zahtev in upravljanje sprememb	**Lectures:** The contents adapts to current trends in software development and software engineering. The focus is on agile methods for software development and selected advanced topics in software engineering: 1. Overview of software engineering and contemporary methods for software development 2. Agile and iterative software project management (Iterative and incremental development (Unified process), Agile development (Scrum, XP, Kanban), Comparison of agile and traditional software development process) 3. Selected agile practices (Pair programming, Test driven development (TDD), Refactoring) 4. Advanced requirements engineering and managing change 5. Architectural design (Architectural design decisions, Architectural views, Architectural patterns)

5. Arhitekturno načrtovanje (arhitekturne odločitve, arhitekturni pogledi, arhitekturni vzorci) 6. Inženirstvo zanesljivih sistemov (zahteve za zanesljivost, arhitekture odporne na napake, merjenje zanesljivosti) 7. Inženirstvo varnih in odpornih sistemov (varnostne zahteve, načrtovanje varnih sistemov, socio-tehnična odpornost, načrtovanje odpornih sistemov) 8. Testiranje (testiranje v razvoju, sistemsko testiranje, testiranje v agilnem razvoju) 9. Upravljanje konfiguracij (upravljanje verzij, izgradnja sistema, upravljanje sprememb, upravljanje izdaj) 10. Agilni razvoj in DevOps (zvezna dostava, zvezna postavitev, postavitveni cevovod) 11. Programsko inženirstvo podprto s tehnologijam umetne inteligence 12. Merila v programskem inženirstvu (merila programske opreme, merila razvojnega procesa) 13. Uporaba sodobnih pristopov razvoja programske opreme v razvojnih skupinah (vpeljevanje, sprejemanje, prilagajanje, spremljanje in vrednotenje) **Vaje:** Namen vaj je dvojen: 1. seznanjanje s sodobnimi pristopi in orodji za razvoj programske opreme; 2. Študija primera: empirično ovrednotenje posameznih pristopov k razvoju programske opreme na podlagi praktičnega dela na projektih, ki so čim bolj podobni realnim. **Delo izven kontaktnih ur:** Študenti v okviru študije primera razvijajo programe skladno s pravili izbranega razvojnega procesa ter razvojni proces ovrednotijo.	6. Reliability enigneering (reliability requirements, fault-tolerant architecures, reliability measurement) 7. Engineering secure and resilient systems (security requirements, secure system design, sociotechnical resilieance, resilient systems design) 8. Testing (development testing, system testing, testing in agile development) 9. Configuration management (version management, system building, change management, release management) 10. Agile development and DevOps (continous delivery, continous deployment, deployment pipeline) 11. AI technologies in Software Engineering 12. Metrics in Software Engineering (software metrics, software development process metrics) 13. Use of software development processes in development teams (implementation, adoption, tailoring, monitoring and evaluation) **Lab practice:** The purpose of lab practice is twofold: 1. to acquaint students with modern approaches and tools for software development; 2. Case study: to empirically evaluate different approaches to software development through practical work on (almost) real software projects. **Individual work outside of contact hours:** In the context of the case study students develop programs that are part of the project following the selected development process and evaluate the process.

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. I. Sommerville: Engineering software products, Global Edition, Pearson Education Ltd., 2021 2. I. Sommerville: Software Engineering, Addison-Wesley, 10. izdaja, 2016. 3. Mattias Skarin, Henrik Kniberg: Kanban and Scrum - Making the Most of Both, 2009. Dodatna literatura: 1. R. Stephens: Beginning Software Engineering, Wrox, 2015 2. D. Anderson, Kanban – Successful Evolutionary Change for Your Technology Business, Sequim, WA: Blue Hole Press, 2010

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilj predmeta je poglobljena obravnava naprednih tematik s področja programskega inženirstva s poudarkom na sodobnih metodah razvoja programske opreme v primerjavi z že uveljavljenimi pristopi. Študenti delajo na obsežnejšem projektu, ki služi kot študija primera za ovrednotenje novih pristopov, da bi ugotovili njihove prednosti in pomanjkljivosti. Predvidene kompetence:	In depth study of advanced topics in program engineering with emphasis on modern software development methods in comparison to traditional approach. Students work on a project that serves as a case study for evaluation of modern approaches in order to find their strengths and weaknesses. The competences students gain are: • the ability to define, understand and solve creative professional challenges in computer and information science;

• sposobnost opredelitve, razumevanja in reševanja kreativnih strokovnih izzivov na področju računalništva in informatike; • sposobnost uporabe pridobljenega znanja pri samostojnem delu za reševanje tehničnih in znanstvenih problemov na področju računalništva in informatike; sposobnost nadgradnje pridobljenega znanja, • sposobnost skupinskega dela v profesionalnem delovnem okolju; vodenje manjše strokovne skupine; • sposobnost administrativnega vodenja procesov, povezanih z raziskovanjem, industrijo, izobraževanjem in drugimi področji; • sposobnost razumevanja in uporabe znanja računalništva in informatike na drugih tehničnih in relevantnih področjih (ekonomija, organizacijske vede ipd.); • praktično znanje in spretnosti, potrebne za uspešno strokovno delo na področju računalništva in informatike; • samostojno reševanje zahtevnih razvojnih, inženirskih in organizacijskih nalog kot tudi povprečno zahtevnih raziskovalnih nalog na področju računalništva in informatike.	• the ability to apply acquired knowledge in independent work for solving technical and scientific problems in computer and information science; the ability to upgrade acquired knowledge. • the ability of teamwork within the professional environment; management of a small professional team; • the ability for administrative management of processes related to research, industry, education and other fields; • the ability to understand and apply computer and information science knowledge to other technical and relevant fields (economics, organisational science, etc); • practical knowledge and skills of computer hardware, software and information technology necessary for successful professional work in computer and information science; • independently tackle demanding developmental, engineering, and organisational tasks as well as moderately demanding research tasks in their fields of study.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešnem zaključku tega predmeta bo študent zmožen: • poznati in razumeti sodobne pristope k razvoju programske opreme • razumeti ključne prednosti sodobnih metod razvoja programske opreme (v primerjavi z že uveljavljenim tradicionalnim pristopom) • uporabljati orodja, ki podpirajo sodobne metode razvoja programske opreme • uporabiti sodobne metode razvoja programske opreme pri razvoju dejanskih softverskih projektov • empirično ovrednotiti rezultate novih metod • bolje razumeti različne faktorje in okoliščine, ki vplivajo na uspešnost softverskih projektov • izboljšati sposobnosti za skupinsko delo, vodenje, načrtovanje in organizacijo, medsebojno komuniciranje, pisno in ustno poročanje.	After the completion of the course a student will be able to: • know and understand modern approaches to software development • understand key benefits of modern software development methods (in comparison to traditional software development) • use tools that support modern software development methods • apply modern software development methods in the context of a real software development project • empirically evaluate the outcomes of new methods • increase understanding of different factors and circumstances that affect the success of a software development project • increase professional skills like team-work, management, planning and organization, written and oral communication.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja z aktivno udeležbo študentov (razlaga, diskusija, primeri, reševanje problemov). Laboratorijske vaje s praktičnim delom na večjem projektu, ki služi kot študija primera za ovrednotenje posameznih pristopov k razvoju programske opreme.	Lectures with active participation on the part of students (discussion, examples, problem solving). Lab practice requires practical work on an almost real project that serves as a case study for evaluation of different approaches to software development.

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

Sprotno preverjanje (domače naloge, kolokviji in projektno delo)	50,00 %	Continuing (homework, midterm exams, project work)
Končno preverjanje (pisni izpit)	50,00 %	Final (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:

Damjan Vavpotič, Marko Robnik Šikonja, Tomaž Hovelja, "Exploring the relations between net benefits of IT projects and CIOs perception of quality of software development disciplines", *Business & information systems engineering*, [Print ed.], 2020, vol. 62, no. 4, str. 347-360

Damjan Fujs, Simon Vrhovec, Boštjan Žvanut, Damjan Vavpotič, "Improving the efficiency of remote conference tool use for distance learning in higher education : a kano based approach", *Computers & Education : an international journal*, [Print ed.], May 2022, vol. 181, str. 1-15, ilustr., ISSN 0360-1315

Damjan Vavpotič, Saimir Bala, Jan Mendling, Tomaž Hovelja, "Software process evaluation from user perceptions and log data", *Journal of software*, Apr. 2022, vol. 34, iss. 4, str. 1-14, ilustr., ISSN 2047-7473

Damjan Vavpotič, Diana Kalibatiene, Olegas Vasilecas, Tomaž Hovelja, "Identifying key characteristics of business rules that affect software project success", *Applied sciences*, Jan. 2022, vol. 12, iss. 2, str. 1-10, ilustr., ISSN 2076-3417

Damjan Fujs, Simon Vrhovec, Damjan Vavpotič, "Balancing software and training requirements for information security", Computers & security, Nov. 2023, vol. 134, str. 1-13, ilustr., ISSN 0167-4048

Luka Fürst, Tomaž Hovelja, Marko Poženel, Damjan Vavpotič, "Impact of competence on agile effort estimation in academic setting", Software : practice & experience, Nov. 2024, vol. 54, iss. 11, str. 2144-2159, ISSN 0038-0644.

Damjan Vavpotič, Damjan Fujs, Tomaž Hovelja, "A situational approach to Industry 4.0 maturity assessment : supporting strategic decision-making in top management teams", Kybernetes. Dec. 2026, vol. 55, iss. 13, str. 18-38, ilustr., ISSN 0368-492X

Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu:
https://bib.cobiss.net/biblioweb/direct/si/slv/cris/21393?citation=true

SKUPINSKO VEDENJE

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Skupinsko vedenje
Course title:	Collective behaviour
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)		1. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0075167
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63558

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	izr. prof. dr. Iztok Lebar Bajec
Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet/specialist elective course
Jeziki/Languages:	Predavanja/Lectures: Angleščina, Slovenščina
	Vaje/Tutorial: Angleščina, Slovenščina

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

Vsebina:	Content (Syllabus outline):
Strokovnjaki s področja računalništva navdih za reševanje aktualnih problemov iščejo v različnih virih. Povsem logično je, da inspiracijo za marsikatero rešitev najdejo v naravi, saj so zaradi evolucije organizmi v naravi razvili izjemne metode za reševanje različnih problemov, s katerimi se soočajo vsak dan. Posledica tega je, da mnogo zelo znanih algoritmov za reševanje kompleksnih problemov posnema obnašanje organizmov v naravi. Tako na primer eden od algoritmov za iskanje najkrajše poti posnema obnašanje mravelj, sistem za hitro vzpostavitev mobilnega brezžičnega omrežja pa imitira letenje ptic v jati. Cilj predmeta je študentom predstaviti uporabo znanj o delovanju narave in živih organizmov pri izgradnji računalniških sistemov ali algoritmov. Poleg konkretnega znanja bodo študenti dobili tudi teoretično ozadje, s čimer se bodo lažje prilagajali hitrim spremembam v današnji računalniški	Computer scientists seek inspiration for solving current problems from various sources. Many times, they find it in nature, as through evolution living organisms have discovered simple and elegant solutions to common problems. A number of known algorithms uses biomimicry. For example, there is an algorithm that in order to find the shortest path to a destination copies the approach of ants, and an algorithm that in order for a fast wireless network setup emulates the flocking of birds. The goal of the course is to present to students the use of the emulation of nature's time-tested patterns and strategies in order to create products, processes, computer systems and algorithms. Besides the specific knowledge, the students will gain an insight into the theoretical background by means of which they will be able to adapt more easily to the fast changes in current computer and information science.

industriji. Spretnosti, pridobljene pri predmetu, so prenosljive, saj so predstavljene metode uporabne na zelo širokem spektru področij. Z naučenimi tehnikami si bodo študenti lahko pomagali tudi pri ostalih predmetih študija oziroma pri morebitni nadaljnji računalniški karieri, tako na doktorskem študiju kot v industriji. Pregled vsebine predavanj: Uvodno predavanje (motivacija, mehka logika, skupinsko obnašanje) Programsko okolje Cinder++ (programsk vtičnik za C++ namenjen kreativnemu kodiranju, uporablja OpenGL za vizualizacijo) 1. Mehka logika (mehka množica, pripadnostne funkcije, FIS, čas v mehki logiki, mehka aritmetika, mehka logika tipa 2, primeri uporabe) 2. Avtonomni agenti in skupinsko obnašanje (modeliranje usklajenega skupinskega obnašanja, osnove sistemov delcev, Boids, SPP model, animati, sistemi zaznavanj, nagoni, izbira akcije, verifikacija modelov) 13-15. Umetno življenje in umetni svetovi (učenje avtonomnih agentov in skupinskega obnašanja, framstics, stickyfeet, mehka evolucija in mehki genetski algoritmi) Vaje: Semestrski skupinski projekt modeliranja in simulacije povezan z vsebino predstavljeno na predavanjih.	The acquired competences are transferrable as most of the covered topics are applicable to a wide variety of applications. Lectures overview: Introductory lecture (motivation, fuzzy logic, biomimicry, collective behaviour) Cinder++ (C++ API for creative coding, OpenGL) 3. Fuzzy logic (fuzzy sets, membership functions, FIS, time and fuzzy logic, fuzzy arithmetic, fuzzy type 2, use cases) 4. Autonomous agents and collective behaviour (modelling and simulation of collective behaviour, particle systems, boids, SPP model, animats, modelling perception, drives, action selection, verification) 13-15. Artificial life and artificial worlds (learning agents, learning collective behaviour, framstics, stickyfeet, fuzzy evolution and fuzzy genetic algorithms) Lab work: Group project in modelling and simulation related to the topics covered in the course.

Temeljna literatura in viri/Readings:

Rijnieks K. *Cinder - Begin creative coding*. Packt Publishing, 2013.
Medeira R. & Gorny D. *Cinder Creative Coding Cookbook*. Pakt Publishing, 2013.
Tettamanzi A. & Tomassini M. Soft Computing. Springer, 2001.
Dobnikar A. *Mehko računanje*. Založba FE in FRI, 2009.
Mendel J.M. *Uncertain Rule-Based Fuzzy Logic Systems*. Prentice–Hall, 2001.
Shiman D. *The Nature of Code*. Self-published, 2012.
Flake G.W. *The Computational Beauty of Nature*. MIT Press, 1998.
Bentley P.J. *Digital biology: How nature is transforming our technology and our lives*. Simon & Schuster, 2002.
de Castro L.N. & von Zuben F.J. *Recent Developments In Biologically Inspired Computing*. IGI Global, 2004.
Forbes N. *Imitation of Life: How Biology Is Inspiring Computing*. The MIT Press, 2005.
Zomya A.Y. *Handbook of Nature-Inspired and Innovative Computing*. Springer, 2006.
1. Sumpter D.J.T. Collective Animal Behavior. Princeton University Press, 2010.
Beauchamp G. *Social predation: How group living benets predators and prey*. Academic Press, 2014.
Dodatno literaturo v obliki člankov in posnetkov predavanj znanih predavateljev dobijo študenti na spletni učilnici.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilj predmeta je študentom predstaviti uporabo znanj o delovanju narave in živih organizmov pri izgradnji računalniških sistemov ali algoritmov oz. uporabo računalniških metod za modeliranje in simulacijo delovanja narave in obnašanja živih organizmov. Študenti bodo razvijali sledeče kompetence:	The goal of the course is to present to students the use of the emulation of nature's time-tested patterns and strategies in order to create products, processes, computers systems and algorithms as well as the use of computer and information science approaches for modelling and simulation of natural phenomena. The students will be developing the following competences:

• Sposobnost definiranja, razumevanja in ustvarjalnega reševanja poklicnih izzivov s področja računalništva in informatike. • Sposobnost strokovne komunikacije tako v materinem jeziku, kot tudi tujem. • Sposobnost prenosa znanja v pisni obliki tako v materinem jeziku, kot tudi tujem. • Sposobnost timskega dela v strokovnem okolju; upravljanje majhne skupine strokovnjakov. • Sposobnost prenosa znanja sodelavcem v tehnoloških in raziskovalnih skupinah. • Praktična znanja in spretnosti iz računalniške strojne opreme, programske opreme in informacijske tehnologije, potrebne za uspešno strokovno delo na področju računalništva in informatike. Sposobnost samostojnega opravljanja tako manj zahtevnih kot tudi kompleksnih inženirskih in organizacijskih nalog na nekaterih ozkih področjih in samostojnega reševanja določenih dobro opredeljenih nalog iz področja računalništva in informatike.	• The ability to define, understand and solve creative professional challenges in computer and information science. • The ability of professional communication in the native language as well as a foreign language. • The ability of knowledge transfer and writing skills in the native language as well as a foreign language. • The ability of teamwork within the professional environment; management of a small professional team. • The ability to transmit knowledge to co-workers in technology and research groups. • Practical knowledge and skills of computer hardware, software and information technology necessary for successful professional work in computer and information science. The ability to independently perform both less demanding and complex engineering and organisational tasks in certain narrow areas and independently solve specific well-defined tasks in computer and information science.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešnem zaključku predmeta bo študent: sposoben izkazati znanje in razumevanje osnovnih principov mehkih množic, mehkega sklepanja ter mehkih krmilnih sistemov, sposoben izkazati znanje in razumevanje osnovnih principov skupinskega vedenja živali, sposoben izkazati znanje in razumevanje razlik s stališča animata (zaznavanje, nagoni, izbira akcije) med različnimi modeli skupinskega vedenja na osnovi posameznika, poznal različne tipe in pristope k implementaciji zaznavanja, nagonov in izbire akcije, poznal različne minimalne modele skupinskega vedenja, ki izhajajo iz statistične fizike, poznal uporabo evolucijskih metod (genetski algoritmi in umetno življenje) za iskanje odgovorov na kako/zakaj skupinsko vedenje nastane iz sebičnih teženj, poznal uporabo znanj pridobljenih z modeli skupinskega vedenja za namene računalniške optimizacije.	After the completion of the course a student will be able to: understand the basic principles of fuzzy set theory, fuzzy logic and fuzzy control systems, understand the basic principles governing collective animal behaviour, understand the differences between various individual based models of collective animal behaviour and the animat (perception, drives, action selection) perspective, know of different types and implementations of perception models, drives and action selection, know of different minimal models of collective animal behaviour that originate from statistical physics, know of the application of evolutionary models (genetic algorithms, artificial life) for answering the elusive questions why and how collective animal behaviour emerges from selfish behaviour, know of the application of knowledge gained from collective animal behaviour models for the purpose of computer optimisation.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, laboratorijske vaje.	Lectures, lab work.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način (projekt, kviz):		Type (project, quiz):
Sprotno preverjanje (projektno delo)	50,00 %	Continuing (project work)
Končno preverjanje (40% projektno delo, 10% kviz)	50,00 %	Final (40% project work, 10% quiz)

Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).		Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	**Grading system:**

Reference nosilca/Lecturer's references:

1. DEMŠAR, Jure, LEBAR BAJEC, Iztok. Evolution of collective behaviour in an artificial world using linguistic fuzzy rule-based systems. *PloS one*, 2017, vol. 12, no. 1, str. 1-20, doi: 10.1371/journal.pone.0168876.
2. DEMŠAR, Jure, ŠTRUMBELJ, Erik, LEBAR BAJEC, Iztok. A balanced mixture of antagonistic pressures promotes the evolution of parallel movement. *Scientific reports*, 2016, vol. 6, str. 1-11, doi: 10.1038/srep39428.
3. DEMŠAR, Jure, HEMELRIJK, Charlotte Korinna, HILDENBRANDT, Hanno, LEBAR BAJEC, Iztok. Simulating predator attacks on schools : evolving composite tactics. *Ecological modelling*, 2015, vol. 304, str. 22-33, doi: 10.1016/j.ecolmodel.2015.02.018.
4. DEMŠAR, Jure, LEBAR BAJEC, Iztok. Simulated predator attacks on flocks : a comparison of tactics. *Artificial life*, 2014, vol. 20, no. 3, str. 343-359, doi: 10.1162/ARTL_a_00135.
5. LEBAR BAJEC, Iztok, HEPPNER, Frank H. Organized flight in birds. *Animal behaviour*, 2009, vol. 78, no. 4, str. 777-789, doi: 10.1016/j.anbehav.2009.07.007.

Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu:
http://splet02.izum.si/cobiss/BibPersonal.jsp?init=t&code=21404

SODOBNE METODE RAZVOJA PROGRAMSKE OPREME

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Sodobne metode razvoja programske opreme
Course title:	Advanced Software Development Methods
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Multimedija, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik	2. semester	obvezni
Pedagoško računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)		2. semester	izbirni
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)		2. semester	izbirni
Računalništvo in matematika, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik, 2. letnik	2. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0082861
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63515

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45	10	20			105	6

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Damjan Vavpotič
Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet/specialist elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Predavanja: Vsebina predmeta se prilagaja trenutno aktualnim trendom na področju razvoja programske opreme in programskega inženirstva. Poudarek je na obravnavi agilnih metod in izbranih naprednih tematikah s področja programskega inženirstva: 1. Pregled področja programskega inženirstva in sodobnih metod razvoja programske opreme 2. Vodenje agilnih in iterativnih projektov razvoja programske opreme • iterativni in inkrementalni razvoj (Unified process)	**Lectures:** The contents adapts to current trends in software development and software engineering. The focus is on agile methods for software development and selected advanced topics in software engineering: 1. Overview of software engineering and contemporary methods for software development 2. Agile and iterative software project management • Iterative and incremental development (Unified process) • Project risk management • Agile development (Scrum, XP, Kanban, Lean)

• obvladovanje tveganj na projektih • agilni pristopi (Scrum, XP, Kanban, Vitek razvoj) • primerjava agilnih in tradicionalnih pristopov 3. Izbrane prakse agilnih pristopov (Programiranje v parih, Testno voden razvoj programske opreme, Sprotno preoblikovanje kode (refactoring)) 4. Napredno inženirstvo zahtev: • proces inženirstva zahtev • upravljanje zahtev in sprememb zahtev • napredne tehnike zajema zahtev 5. Arhitekturno načrtovanje (arhitekturne odločitve, arhitekturni pogledi,arhitekturni vzorci) 6. Načrtovanje zanesljivih sistemov (zanesljivost, varnost, odpornost) 7. Testiranje • testiranje v razvoju • testiranje izdaj • uporabniško testiranje • posebnosti testiranja pri agilnem razvoju 8. Upravljanje konfiguracij (upravljanje verzij, izgradnja sistema, upravljanje sprememb, upravljanje izdaj) 9. Agilni razvoj in DevOps (zvezna dostava, zvezna postavitev, postavitveni cevovod) 10. Merila v programskem inženirstvu: • merila kakovosti programske opreme • merila kakovosti razvojnega procesa 11. Uporaba sodobnih pristopov razvoja programske opreme v razvojnih skupinah (vpeljevanje, sprejemanje, prilagajanje, spremljanje in vrednotenje) **Vaje:** Namen vaj je dvojen: 1. seznanjanje s sodobnimi pristopi in orodji za razvoj programske opreme; 2. Študija primera: empirično ovrednotenje posameznih pristopov k razvoju programske opreme na podlagi praktičnega dela na projektih, ki so čim bolj podobni realnim. **Delo izven kontaktnih ur:** Študenti v okviru študije primera razvijajo programe skladno s pravili izbranega razvojnega procesa ter razvojni proces ovrednotijo.	• Comparison of agile approache to traditional software development process 3. Selected agile practices (Pair programming, Test driven development (TDD), Refactoring) 4. Advanced requirements engineering • Reqirements engineering process • Management of requirements and requirements change • Advanced requirements elicitation techniques) 5. Architectural design (Architectural design decisions, Architectural views, Architectural patterns) 6. Designing dependable systems (reliability, safety, security, resilience) 7. Testing • Development testing • Release testing • User testing • Specifics of testing in agile development 8. Configuration management (version management, system building, change management, release management) 9. Agile development and DevOps (continous delivery, continous deployment, deployment pipeline) 10. Metrics in Software Engineering • Metrics of software quality • Metrics of software development process quality 11. Use of software development processes in development teams (implementation, adoption, tailoring, monitoring and evaluation) **Lab practice:** The purpose of lab practice is twofold: 1. to acquaint students with modern approaches and tools for software development; 2. Case study: to empirically evaluate different approaches to software development through practical work on (almost) real software projects. **Individual work outside of contact hours:** In the context of the case study students develop programs that are part of the project following the selected development process and evaluate the process.

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. I. Sommerville: Software Engineering, Addison-Wesley, 10. izdaja, 2016.
2. R. Stephens: Beginning Software Engineering, Wrox, 2015.
3. D. Anderson, Kanban – Successful Evolutionary Change for Your Technology Business, Sequim, WA: Blue Hole Press, 2010.

Dodatna literatura:

1. M. Cohn: User stories applied, Addison-Wesley, 2011, cop. 2004.
2. K. Beck, A. Cynthia: Extreme Programming Explained, Addison-Wesley, cop. 2005.
3. K. Schwaber: Agile Project Management with Scrum, Microsoft Press, 2004.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilj predmeta je poglobljena obravnava naprednih tematik s področja programskega inženirstva s poudarkom na sodobnih metodah razvoja	In depth study of advanced topics in program engineering with emphasis on modern software development methods in comparison to traditional

programske opreme v primerjavi z že uveljavljenimi pristopi. Študenti delajo na obsežnejšem projektu, ki služi kot študija primera za ovrednotenje novih pristopov, da bi ugotovili njihove prednosti in pomanjkljivosti. Predvidene kompetence: • sposobnost opredelitve, razumevanja in reševanja kreativnih strokovnih izzivov na področju računalništva in informatike; • sposobnost uporabe pridobljenega znanja pri samostojnem delu za reševanje tehničnih in znanstvenih problemov na področju računalništva in informatike; sposobnost nadgradnje pridobljenega znanja, • sposobnost skupinskega dela v profesionalnem delovnem okolju; vodenje manjše strokovne skupine; • sposobnost administrativnega vodenja procesov, povezanih z raziskovanjem, industrijo, izobraževanjem in drugimi področji; • sposobnost razumevanja in uporabe znanja računalništva in informatike na drugih tehničnih in relevantnih področjih (ekonomija, organizacijske vede ipd.); • praktično znanje in spretnosti, potrebne za uspešno strokovno delo na področju računalništva in informatike; • samostojno reševanje zahtevnih razvojnih, inženirskih in organizacijskih nalog kot tudi povprečno zahtevnih raziskovalnih nalog na področju računalništva in informatike.	approach. Students work on a project that serves as a case study for evaluation of modern approaches in order to find their strengths and weaknesses. The competences students gain are: • the ability to define, understand and solve creative professional challenges in computer and information science; • the ability to apply acquired knowledge in independent work for solving technical and scientific problems in computer and information science; the ability to upgrade acquired knowledge. • the ability of teamwork within the professional environment; management of a small professional team; • the ability for administrative management of processes related to research, industry, education and other fields; • the ability to understand and apply computer and information science knowledge to other technical and relevant fields (economics, organisational science, etc); • practical knowledge and skills of computer hardware, software and information technology necessary for successful professional work in computer and information science; • independently tackle demanding developmental, engineering, and organisational tasks as well as moderately demanding research tasks in their fields of study.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešnem zaključku tega predmeta bo študent zmožen: · poznati in razumeti sodobne pristope k razvoju programske opreme · razumeti ključne prednosti sodobnih metod razvoja programske opreme (v primerjavi z že uveljavljenim tradicionalnim pristopom) · uporabljati orodja, ki podpirajo sodobne metode razvoja programske opreme · uporabiti sodobne metode razvoja programske opreme pri razvoju dejanskih softverskih projektov · empirično ovrednotiti rezultate novih metod · bolje razumeti različne faktorje in okoliščine, ki vplivajo na uspešnost softverskih projektov • izboljšati sposobnosti za skupinsko delo, vodenje, načrtovanje in organizacijo, medsebojno komuniciranje, pisno in ustno poročanje.	After the completion of the course a student will be able to: · know and understand modern approaches to software development · understand key benefits of modern software development methods (in comparison to traditional software development) · use tools that support modern software development methods · apply modern software development methods in the context of a real software development project • empirically evaluate the outcomes of new methods · increase understanding of different factors and circumstances that affect the success of a software development project · increase professional skills like team-work, management, planning and organization, written and oral communication

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja z aktivno udeležbo študentov (razlaga, diskusija, primeri, reševanje problemov). Laboratorijske vaje s praktičnim delom na večjem	Lectures with active participation on the part of students (discussion, examples, problem solving). Lab practice requires practical work on an almost real

projektu, ki služi kot študija primera za ovrednotenje posameznih pristopov k razvoju programske opreme.	project that serves as a case study for evaluation of different approaches to software development.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project):
Sprotno preverjanje (domače naloge, kolokviji in projektno delo)	50,00 %	Continuing (homework, midterm exams, project work)
Končno preverjanje (pisni izpit)	50,00 %	Final (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:

Damjan Vavpotič, Marko Robnik Šikonja, Tomaž Hovelja, "Exploring the relations between net benefits of IT projects and CIOs perception of quality of software development disciplines", *Business & information systems engineering*, [Print ed.], 2020, vol. 62, no. 4, str. 347-360
Damjan Fujs, Simon Vrhovec, Boštjan Žvanut, Damjan Vavpotič, "Improving the efficiency of remote conference tool use for distance learning in higher education : a kano based approach", *Computers & Education : an international journal*, [Print ed.], May 2022, vol. 181, str. 1-15, ilustr., ISSN 0360-1315
Damjan Vavpotič, Saimir Bala, Jan Mendling, Tomaž Hovelja, "Software process evaluation from user perceptions and log data", *Journal of software*, Apr. 2022, vol. 34, iss. 4, str. 1-14, ilustr., ISSN 2047-7473
Damjan Vavpotič, Diana Kalibatiene, Olegas Vasilecas, Tomaž Hovelja, "Identifying key characteristics of business rules that affect software project success", *Applied sciences*, Jan. 2022, vol. 12, iss. 2, str. 1-10, ilustr., ISSN 2076-3417
Damjan Fujs, Simon Vrhovec, Damjan Vavpotič, "Balancing software and training requirements for information security", Computers & security, Nov. 2023, vol. 134, str. 1-13, ilustr., ISSN 0167-4048
Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu:
http://www.sicris.si/search/rsr.aspx?lang=slv&id=13311.

SPLOŠNO IZBIRNI PREDMET

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Splošno izbirni predmet
Course title:	Specialist elective course
Članica nosilka/UL Member:	

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Multimedija, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	2. letnik	2. semester	izbirni
Računalništvo in informatika, prva stopnja, visokošolski strokovni	Ni členitve (študijski program)	2. letnik, 3. letnik	2. semester	izbirni
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)	1. letnik	2. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0069530
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	0002

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	
Vrsta predmeta/Course type:	

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**

Temeljna literatura in viri/Readings:

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**

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

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

Načini ocenjevanja:	Delež/Weight	Assessment:

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:

Reference nosilca/Lecturer's references:

SPLOŠNO IZBIRNI PREDMET

PSEVDO PREDMET (BREZ UČNEGA NAČRTA)/ PSEUDO COURSE (NO COURSE SYLLABUS)

Predmet:	Splošno izbirni predmet
Course title:	
Članica nosilka/UL Member:	

Študijski programi in stopnja	**Študijska smer**	**Letnik**	**Semestri**	**Izbirnost**
Multimedija, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	2. letnik	1. semester	izbirni
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Podatkovne vede (smer)	1. letnik	1. semester, 2. semester	izbirni
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)	2. letnik	1. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0086926
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	0008

ECTS:	6

STROJNO UČENJE

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Strojno učenje
Course title:	Machine Learning
Članica nosilka/UL Member:	

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Multimedija, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik	1. semester	izbirni
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Podatkovne vede (smer)		1. semester	izbirni
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)		1. semester	izbirni
Računalništvo in matematika, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik, 2. letnik	1. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0073694
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63519

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45	6	24			105	6

Nosilec predmeta/Lecturer:	doc. dr. Jana Faganeli Pucer
Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet/specialist elective course

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

Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:	**Prerequisites:**
Potrebno je poznavanje verjetnostnega računa, statistike, programiranja in osnov strojnega učenja.	Knowledge of probability calculus, statistics, programming, and machine learning basics

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Predavanje: - Kaj je strojno učenje, kaj so osnovni principi, kaj želimo doseči. - Linearna regresija in poglobljeno obravnavanje regulariziranih metod linearne regresije. - Klasifikacija z metodo logistične regresije. - Cenovne funkcije. - Gradientni sestop in stohastičen gradientni sestop in zakaj sta metodi uporabni v strojnem učenju - Generalizirani linearni modeli.	Lectures: - What is machine learning, what are its basic principles, what are we trying to achieve with it. - A review of linear regression and an in-depth overview of regularised linear regression methods. - Classification using logistic regression. - What is a cost function and which are the most commonly used cost functions. - Gradient descent and stochastic gradient descent and why they are useful methods in machine learning. - Generalised linear models.

- Vrednotenje modelov strojnega učenja (prečno preverjanje, metoda stremena) - Ansambelske metode (predvsem bagging in boosting in naključni gozdovi) - Jedrne metode (Gaussovi procesi, metoda podpornih vektorjev) - Umetne nevronske mreže (aktivacijska funkcija, metoda vzvratnega razširjanja napake, učenje nevronske mreže, regularizacija) - Metode za zmanjšanje dimenzionalnosti prostora (analiza glavnih komponent, matrična faktorizacija, clustering) - Razlaga modelov strojnega učenja - Spodbujevano učenje Vaje: Na vajah študenti utrjujejo snov, ki jo obravnavajo na predavanjih, tako da jo uporabijo pri reševanju praktičnih problemov. Pri tem je poudarek na samostojnem delu študentov ob pomoči asistentov. Namen vaj je, da s pomočjo programiranja pristopov različnih algoritmov študenti razumejo metode strojnega učenja in kako te delujejo v praksi.	- Evaluation of machine learning models (cross-validation, the bootstrap method) - Ensemble methods (especially bagging and boosting and random forests) - Kernel methods (Gaussian processes, support vector machines) - Artificial neural networks (activation function, backpropagation, neural network training, regularisation) - Methods for dimensionality reduction (principal component analysis, matrix factorisation, clustering) - Explainable machine learning models - Reinforcement learning Lab work: At the lab work, students consolidate the material covered in lectures by applying it to practical problems. The emphasis is on students working independently with the help of lab assistants. The aim of the lab work is to explore how different methods work in practice through programming approaches.

Temeljna literatura in viri/Readings:

- James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2013). *An introduction to statistical learning* (Vol. 112, p. 18). New York: Springer.
- Trevor, H., Robert, T., & Jerome, F. (2016). The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction (second edition).
- Murphy, K. P. (2022). *Probabilistic machine learning: An introduction*. MIT press.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilj predmeta je poglobiti znanje iz strojnega učenja, ki so ga študenti pridobili na dodiplomskem študiju. Študenti bodo spoznali najbolj uspešne pristope in se poglobiti vanje, spoznali kako delujejo kaj so njihove omejitve. Predmet pripravi študenta na nadaljnji, bolj poglobljen študij pristopov strojnega učenja. Študente pripravi tudi na uporabo metod strojnega učenja v praksi, saj bodo ob zaključku predmeta za dani problem sposobni presoje, katero od predstavljenih tehnik uporabiti, ter sestaviti prototip rešitve.	The course aims to deepen the knowledge of machine learning that students have acquired in their undergraduate studies. Students learn about the most successful approaches and delve deeper into them to understand how they work and what their limitations are. The course prepares the student for further, more in-depth study of machine learning approaches. It also prepares students to apply machine learning methods in practice, as at the end of the course they will be able to judge which of the presented techniques to use for a given problem and build a prototype solution.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Z uspešno zaključenim predmetom je študent: - sposoben uporabe različnih tehnike in metode, ki se uporabljajo pri modeliranju podatkov s strojnim učenjem v praksi. - znal izbrati najbolj primerno tehniko za rešitev problema. - sposoben ovrednotiti različne rešitve in njihove omejitve. - sposoben razložiti naučen model.	On successful completion of the course, the students will: - be able to apply various machine learning techniques and methods used in data modelling in practice. - be able to choose the most appropriate technique to solve a problem. - be able to evaluate different solutions and their limitations. - be able to explain a machine learning model.

Metode poučevanja in učenja:	Learning and teaching methods:
Predavanja, vaje in domače naloge. Poseben poudarek bo na implementaciji različnih metod s čimer bodo študenti spoznali njihovo delovanje.	Lectures, lab work and homework. Special emphasis will be placed on the implementation of different methods to give students an understanding of how they work.

Načini ocenjevanja:	Delež/Weight	Assessment:
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project):
Sprotno preverjanje (domače naloge, vaje)	50,00 %	Continuing (homework, lab work)
Končno preverjanje (pisni in/ali ustni izpit)	50,00 %	Final (written and/or oral exam)
Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statuom UL).		Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:

Reference nosilca/Lecturer's references:

- Demaeyer, J., Bhend, J., Lerch, S., Primo, C., Van Schaeybroeck, B., Atencia, A., Ben Bouallègue, Z., Chen, J., Dabernig, M., Evans, G. & Faganeli Pucer, J., (2023). The EUPPBench postprocessing benchmark dataset v1. 0. *Earth System Science Data*, *15*(6), 2635-2653.
- Mlakar, P., & Faganeli Pucer, J. (2023). Mixture Regression for Clustering Atmospheric-Sounding Data: A Study of the Relationship between Temperature Inversions and PM10 Concentrations. Atmosphere, 14(3), 481.
- Faganeli Pucer, J., & Štrumbelj, E. (2018). Impact of changes in climate on air pollution in Slovenia between 2002 and 2017. Environmental pollution, 242, 398-406.
- Faganeli Pucer, J., Pirš, G., & Štrumbelj, E. (2018). A Bayesian approach to forecasting daily air-pollutant levels. Knowledge and Information Systems, 57(3), 635-654.
- Pucer, J. F., & Kukar, M. (2018). A topological approach to delineation and arrhythmic beats detection in unprocessed long-term ECG signals. *Computer methods and programs in biomedicine*, *164*, 159-168.

STROJNO UČENJE Z GRAFI

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Strojno učenje z grafi
Course title:	Machine Learning with Graphs
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Podatkovne vede (smer)		1. semester	izbirni
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)		1. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0644720
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63573

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	izr. prof. dr. Lovro Šubelj
Vrsta predmeta/Course type:	strokovno izbirni predmet/specialist elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**

• Učne naloge na grafih
  • Osnove globokega učenja na grafih
  • Naloge na ravni vozlišč, povezav in (pod)grafov
  • Transduktivne in induktivne učne naloge
  • Primeri in aplikacije iz resničnega sveta
• Napovedovanje na grafih brez učenja
  • Razvrščanje vozlišč glede na središčnost
  • Gručenje vozlišč z odkrivanjem skupnosti
  • Napovedovanje povezav z indeksi podobnosti
  • Podobnost grafov s pomočjo jedrnih funkcij
• Grafovsko predstavitveno učenje
  • »Plitek« kodirnik in dekodirnik
  • Metode matrične faktorizacije
  • Vložitve vozlišč z naključnimi sprehodi
	• Learning Tasks on Graphs
	  • Basics of deep learning on graphs
	  • Node-, link- & (sub)graph-level tasks
	  • Transductive & inductive learning setting
	  • Real-world examples & applications
	• Graph Prediction without Learning
	  • Node ranking by position & centrality
	  • Node clustering by community detection
	  • Link prediction by node similarity indices
	  • Graph similarity by kernel functions
	• Graph Representation Learning
	  • "Shallow" encoder & decoder
	  • Matrix factorization methods
	  • Random-walk (node) embeddings
	  • *DeepWalk*, *LINE*, *node2vec*, etc.
	• Graph Neural Networks (*GNN*)

• *DeepWalk*, *LINE*, *node2vec* itd.
• Grafovske nevronske mreže (GNN)
  • Osnovna arhitektura (sporočila, agregacija, plasti)
  • Permutacijska invariantnost in ekvivariantnost
  • Problema prekomernega glajenja in stiskanja
  • *GCN*, *GraphSAGE*, *GAT*, *GIN* itd.
• Učenje GNN v praksi
  • Delitev grafa (učna, validacijska in testna množica)
  • Prostor GNN in augmentacija grafov
  • Funkcije izgube, učenje, napovedovanje in vrednotenje
• Teorija GNN in omejitve
  • Weisfeiler–Lemanovo grafovsko jedro
  • Arhitekture na osnovi strukture in položaja
• Uvod v grafovske transformatorje
• Posebni grafi in aplikacije
  • Heterogeni grafi (*RGCN*, *HGT* itd.)
  • Priporočilni sistemi (*NGCF*, *LightGCN* itd.)
  • Grafi znanj (*TransE*, *RotatE* itd.)
  • Izbrane druge aplikacije
• Relacijsko globoko učenje
	• Basic architecture (message, aggregation, layers)
	  • Permutation invariance & equivariance
	  • Over-smoothing & -squashing problems
	  • *GCN*, *GraphSAGE*, *GAT*, *GIN*, etc.
	• *GNN* Training in Practice
	  • Graph splitting (train, validation & test sets)
	  • *GNN* design space & graph augmentation
	  • Loss, training, prediction & evaluation
	• *GNN* Theory & Limitations
	  • Weisfeiler-Leman graph kernel
	  • Structure- & position-awareness
	• Introduction to Graph Transformers
	• Special Graphs & Applications
	  • Heterogeneous graphs (*RGCN*, *HGT*, etc.)
	  • Recommender systems (*NGCF*, *LightGCN*, etc.)
	  • Knowledge graphs (*TransE*, *RotateE*, etc.)
	  • Selected other applications
	• Relational Deep Learning

Temeljna literatura in viri/Readings:

• Hamilton, L., Graph representation learning. *Synthesis Lectures on Artificial Intelligence and Machine Learning* **14**(3), 1-159 (2020).
• Easley, D. & Kleinberg, J., *Networks, Crowds, and Markets* (Cambridge University Press, 2010).
• Newman, M.E.J., *Networks: An Introduction* (Oxford University Press, 2018).
Vsebine bodo podprte z zadnjimi relevantnimi članki./Content will be backed with recent relevant papers.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Predmet je namenjen seznanitvi študentov s teoretičnimi osnovami strojnega učenja z grafi in praktičnimi vidiki uporabe metod strojnega učenja nad realnimi omrežji.	The course aims at familiarizing the student with the theoretical fundamentals of machine learning with graphs, and the practicalities of applying machine learning methods to real-world networks.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešno zaključenem predmetu naj bi bili študenti zmožni: • Uporabiti pristope strojnega učenja nad grafi in omrežji. • Oceniti uporabnost različnih metod in tehnik. • Izbrati ustrezno tehniko za dani problem in podatke. • Interpretirati rezultate učenja in dobljene napovedi. • Prepoznati potencialne težave.	After successfully completing the course, students should be able to: • Apply machine learning approaches to graph and network data. • Evaluate different types of methods and models. • Choose the correct approach for the problem at hand. • Interpret learning results and prediction outcomes. • Identify potential issues.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, vaje, konzultacije, domače naloge, projekt in končni pisni ali ustni izpit.	Lectures, lab sessions, consultations, homeworks, project, and final written or oral exam.

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

Sprotno preverjanje (domače naloge, projekt)	66,67 %	Continuing (homeworks, project)
Končno preverjanje (pisni ali ustni izpit)	33,33 %	Final (written or oral 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:

• Hudovernik, V., Xu, M., Shi, J., Šubelj, L., Ermon, S., Štrumbelj, E. & Leskovec, J., RelDiff: Relational data generative modeling with graph-based diffusion models. *arXiv*:2506.00710 (2025).
• Makarov, I., Kiselev, D., Nikitinsky, N. & Šubelj, L., Survey on graph embeddings and their applications to machine learning problems on graphs. *PeerJ Comput. Sci.* **7**, e357 (2021).
• Traag, V. & Šubelj, L., Large network community detection by fast label propagation. *Sci. Rep.* **13**, 2701 (2023).
• Marc, T. & Šubelj, L., Convexity in complex networks. *Netw. Sci.* **6**(2), 176-203 (2018).
• Šubelj, L., Waltman, L, Traag, V. & Van Eck, N. J., Intermediacy of publications. *R. Soc. Open Sci.* **7**(1), 190207 (2020).
• Šubelj, L., Fiala, D. & Bajec, M., Network-based statistical comparison of citation topology of bibliographic databases. *Sci. Rep.* **4**, 6496 (2014).
Bibliografija/Bibliography: https://cris.cobiss.net/ecris/si/sl/researcher/33612

STROJNO UČENJE ZA PODATKOVNE VEDE 1

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Strojno učenje za podatkovne vede 1
Course title:	Machine learning for data science 1
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Podatkovne vede (smer)	1. letnik	2. semester	obvezni
Računalništvo in matematika, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik, 2. letnik	2. semester	izbirni
Umetna inteligenca (Erasmus Mundus Joint Master in Artificial Intelligence (EMAI)), druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik	2. semester	obvezni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0129383
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63566

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	doc. dr. Tomaž Hočevar, prof. dr. Blaž Zupan
Vrsta predmeta/Course type:	obvezni predmet/compulsory course

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

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

Vsebina:	Content (Syllabus outline):
Linearni modeli. Linearna regresija. Linearna diskriminantna analiza. Logistična regresija. Gradientni sestop. Stohastični gradientni sestop. **Pristop strojnega učenja.** Cenovna funkcija. Pristop z zmanjšanjem tveganja. Maksimizacija verjetja. Vrednotenje modelov. Prečno preverjanje. **Izbor značilk.** Pristopi z iskanjem. Regularizacija. **Drevesni modeli.** Klasifikacijska in regresijska drevesa. Naključni gozd. Pristop bagging. Gradientni razvoj niza dreves. **Gručenje.** Metoda voditeljev. Algoritem EM. **Nelinearna regresija.** Bazne funkcije. Zlepki. Metoda podpornih vektorjev. Trik z jedri.	**Linear models.** Linear regression. Linear discriminant analysis. Logistic regression. Gradient descent. Stochastic gradient descent. **The machine learning approach.** Cost functions. Empirical risk minimization. Maximum likelihood estimation. Model evaluation. Cross-validation. **Feature selection.** Search-based feature selection. Regularization. **Tree-based models.** Decision trees. Random forest. Bagging. Gradient tree boosting. **Clustering.** k-means. Expectation Maximization. **Non-linear regression.** Basis functions. Splines. Support vector machines. Kernel trick.

Nevronske mreže. Perceptron. Aktivacijske funkcije. Tehnika vzvratnega razširjanja napak.	**Neural networks.** Perceptron. Activation functions. Backpropagation.

Temeljna literatura in viri/Readings:

- James G, Witten D, Hastie T, Tibshirani T (2017) An Introduction to Statistical Learning, Springer.
- Hastie T, Tibshirani R, Friedman J (2003) The elements of statistical learning, Springer.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Predmet je namenjen seznanitvi z matematičnimi in algoritmičnimi osnovami strojnega učenja ter vidiki uporabe strojnega učenja pri reševanju praktičnih problemov. Predmet pripravi študente na študij naprednejših metod iz strojnega učenja.	The course aims at familiarizing the student with the fundamentals of machine learning, classical machine learning models, and the practicalities of applying machine learning to real-world problems. The course prepares students for the study of advanced machine learning methods.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešno zaključenem predmetu naj bi bili študentje zmožni: • Uporabiti pristope strojnega učenja k podatkovni analitiki. • Evalvirati različne tehnike modeliranja. • Izbrati ustrezno tehniko za dani problem in podatke. • Interpretirati rezultate strojnega učenja. Prepoznati potencialne probleme.	After successfully completing the course, students should be able to: • Apply the machine learning approach to data analysis. • Evaluate different types of models. • Choose the correct model for the problem at hand. • Interpret machine learning results. • Identify potential issues.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, vaje, domače naloge in nabor manjših projektov.	Lectures, , homework, and a set of smaller projects.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Sprotno preverjanje (domače naloge, projekti)	50,00 %	Continuing (homework, projects)
Končno preverjanje (pisni izpit) Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).	50,00 %	Final (written exam) Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	**Grading system:**

Reference nosilca/Lecturer's references:

- Hočevar T, Zupan B, Stålring J (2021) Conformal Prediction with Orange. Journal of Statistical Software 98:1-22.
- Hočevar T, Demšar J (2014) A combinatorial approach to graphlet counting. Bioinformatics 30(4):559-65.
- Čopar A, Žitnik M, Zupan B (2017) Scalable non-negative matrix tri-factorization, BioData Mining 10:41.
- Žitnik M, Zupan B (2016) Jumping across biomedical contexts using compressive data fusion, Bioinformatics 32(12):i90-i100.
- Stražar M, Žitnik M, Zupan B, Ule J, Curk T (2016) Orthogonal matrix factorization enables integrative analysis of multiple RNA binding proteins, Bioinformatics 32(10): 1527-35.
- Žitnik M, Nam EA, Dinh C, Kuspa A, Shaulsky G, Zupan B (2015) Gene prioritization by compressive data fusion and chaining, PLoS Computational Biology 11(10):e1004552.
- Starič A, Demšar J, Zupan B (2015) Concurrent software architectures for exploratory data analysis. WIREs Data Mining and Knowledge Discovery 5(4):165-180.

STROJNO UČENJE ZA PODATKOVNE VEDE 2

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Strojno učenje za podatkovne vede 2
Course title:	Machine learning for data science 2
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Podatkovne vede (smer)	2. letnik	1. semester	obvezni
Umetna inteligenca (Erasmus Mundus Joint Master in Artificial Intelligence (EMAI)), druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	2. letnik	1. semester	obvezni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0127865
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63562

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Erik Štrumbelj
Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet /specialist elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Predmet pokriva izbrane napredne teme iz strojnega učenja skladno s trenutnimi smernicami v raziskavah in uporabi v praktičnih problemih. Obravnavali bomo sledeče teme. **Pristopi za linearne in nelinearne projekcije v nizkorazsežne prostore.** Metode za enostavne vložitve in pristopi matrične faktorizacije. Učenje vložitev z uporabo naključnih sprehodov in njihova povezava s spektralnimi pristopi. Nizkorazsežne projekcije, ki ohranjajo razdalje med objekti. **Strojno učenje na relacijskih podatkih.** Gradnja napovednih modelov na relacijskih podatkih, še posebno v povezavi z vložitvami podatkovnih grafov. Učenje predstavitev na grafih (omrežjih). Konvolucijske mreže na grafih. Nadzorovano učenje	The course will explore in depth several important classes of algorithms in modern machine learning, and cover applications of each algorithm in real-world settings. We will cover the following topics. **Methods for linear and non-linear dimensionality reduction.** Shallow embeddings and matrix factorization. Random-walk embeddings and their connection with spectral methods. Locality-preserving projections. **Machine learning on relational data.** Using machine learning to reason with relational data, especially in the context of knowledge graph embeddings. Network representation learning methods. Graph convolutional networks. End-to-end

na relacijskih podatkih z direktno optimizacijo vložitev. **Učenje na naborih z malo označenimi primeri, večznačno in večciljno učenje.** Metode šibkega/delnega nadzorovanega učenja. Podatkovno programiranje. Učenje na osnovi enega ali le nekaj označenih primerov. Kriterijske funkcije NCE in njihova optimizacija. **Uvod v vzpodbujevalno učenje.** **Aktualne raziskovalne teme.**	learning on relational data using low-dimensional embeddings. **Distant supervision, multi-label and multi-target learning.** Weak supervision. Data programming. One-shot and few-shot learning. Noise-contrastive estimation (NCE) and optimization. **Introduction to reinforcement learning.** **Current research topics.**

Temeljna literatura in viri/Readings:

Splošni priročniki s področja strojnega učenja: / General machine learning books:

- Murphy, K. P. (2012). *Machine learning: A probabilistic perspective*. MIT Press.
- Bishop, C. M. (2006). *Pattern recognition and machine learning*. Springer.
- Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. (2001). *The Elements of Statistical Learning*. Springer.
- MacKay D.J.C. (2003). *Information Theory, Inference, and Learning Algorithms*. Cambridge University Press.
- Zapiski s predavanj in izbrani članki. / Lecture notes and selected research papers.

Specializirani priročniki: / Specialized books:

- Nocedal J., Wright S.J. (2006). *Numerical Optimization*, Springer.
- Cover T.M., Thomas J.A. (2006). *Elements of Information Theory*, Wiley.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Glavni cilj predmeta je pripraviti študenta na uporabo naprednih metod s področja strojnega učenja. Poudarek bo na razumevanju matematičnih lastnosti teh metod, preko katerih bo študent razumel, kdaj in zakaj je uporaba določene metode primerna. Predmet bo študenta seznanil tudi s temelji in strogostjo, ki ju zahtevajo metodološke raziskave v strojnem učenju.	The primary objective of the course is to prepare the student for applications of advanced machine learning methods. The course will focus on understanding the mathematical properties of these methods in order to gain deeper insights on when and why they perform well. The course is also aimed at introducing the student to the fundamentals and rigor required for methodological research in machine learning.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešno zaključenem predmetu naj bi bili študentje zmožni: • Prepoznati primerno metodo za reševanje danega problema. • Upravičiti izbiro metode strojnega učenja za dano nalogo. • Združevati metode strojnega učenja. • Rešiti pomembne in praktične naloge strojnega učenja. • Preučiti dela iz literature sodobnega strojnega učenja.	After successfully completing the course, students should be able to: • Identify the appropriate machine learning method for a given problem. • Justify the selection of the machine learning method for a given problem. • Combine machine learning methods. • Solve important and practical problems in modern machine learning. • Read and understand advanced machine learning literature.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Seminar, diskusije, kvizi, domače naloge, projekt.	Seminar, discussions, quizzes, homework assignments, project.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Sprotno preverjanje (domače naloge, kvizi)	50,00 %	Continuing (homework, quizzes)
Končno preverjanje (projekt) Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).	50,00 %	Final (project) Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:

Reference nosilca/Lecturer's references:

PIRŠ, Gregor, ŠTRUMBELJ, Erik. Bayesian Gaussian process factor analysis with copula for count data. Expert systems with applications. [Print ed.]. Jul. 2022, vol. 197, str. 1-17.
POLJAK, Mario, OŠTRBENK VALENČAK, Anja, ŠTRUMBELJ, Erik, MAVER VODIČAR, Polona, VEHOVAR, Vasja, RESMAN RUS, Katarina, KORVA, Miša, KNAP, Nataša, SEME, Katja, PETROVEC, Miroslav, ZUPAN, Blaž, DEMŠAR, Janez, KURDIJA, Slavko, AVŠIČ-ŽUPANC, Tatjana. Seroprevalence of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 in Slovenia : results of two rounds of a nationwide population study on a probability-based sample, challenges and lessons learned. Clinical microbiology and infection : the official publication of the European society of clinical microbiology and infectious dieseases. Jul. 2021, vol. 27, iss. 7, str. 1039.e1-1039.e7.
KRESE, Blaž, ŠTRUMBELJ, Erik. A Bayesian approach to time-varying latent strengths in pairwise comparisons. PloS one. May 2021, vol. 16, no. 5, str. 1-17.
DEMŠAR, Jure, REPOVŠ, Grega, ŠTRUMBELJ, Erik. bayes4psy : an open source R package for Bayesian statistics in psychology. Frontiers in psychology. May 2020, vol. 11, art. 947, str. 1-20.
VRAČAR, Petar, ŠTRUMBELJ, Erik, KONONENKO, Igor. Automatic attribute construction for basketball modelling. Knowledge and information systems. [Print ed.]. Feb. 2020, vol. 62, no. 2, str. 541-570.
PIRŠ, Gregor, ŠTRUMBELJ, Erik. Bayesian combination of probabilistic classifiers using multivariate normal mixtures. Journal of machine learning research. [Print ed.]. 2019, vol. 20, str. 1-18.

STROKOVNO IZBIRNI PREDMET (POLJUBEN MODULSKI/OSTALI)

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Strokovno izbirni predmet (poljuben modulski/ostali)
Course title:	
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)	2. letnik	1. semester, 2. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0125850
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	0012

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	
Vrsta predmeta/Course type:	

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**

Temeljna literatura in viri/Readings:

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**

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

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

Načini ocenjevanja:	Delež/Weight	Assessment:

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:

Reference nosilca/Lecturer's references:

STROKOVNO IZBIRNI PREDMET (SEZNAM)

PSEVDO PREDMET (BREZ UČNEGA NAČRTA)/ PSEUDO COURSE (NO COURSE SYLLABUS)

Predmet:	Strokovno izbirni predmet (seznam)
Course title:	
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	**Študijska smer**	**Letnik**	**Semestri**	**Izbirnost**
Računalništvo in informatika, prva stopnja, univerzitetni	Ni členitve (študijski program)	3. letnik		izbirni
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Podatkovne vede (smer)	2. letnik	1. semester, 2. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0100890
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	0010

ECTS:	6

TOPOLOŠKA ANALIZA PODATKOV

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Topološka analiza podatkov
Course title:	Topological data analysis
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

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

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0153519
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63542

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45	10	20			105	6

Nosilec predmeta/Lecturer:	Žiga Virk
Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet/specialist elective course

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

Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:	**Prerequisites:**
Uspešno opravljene domače naloge in seminarsko-projektne naloge so pogoj za opravljanje izpita.	Successful completion of homework and projects is required for students to approach to a final exam.

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Topologija je področje matematike, ki se ukvarja z analizo oblik in več dimenzionalnih objektov. Topološka analiza podatkov pa je področje med topologijo in računalništvom, ki obravnava in analizira lastnosti oblik zajetih iz podatkov, slik in več dimenzionalnih podatkovnih množic. Ob množici podatkov, ki se neprestano zajemajo, na eni strani in pa vse bolj zmogljivimi računalnškimi sistemi na drugi se razvija tudi vrsta novih algoritmov za analizo in predstavitev, ki uporabljajo čedalje več topoloških pojmov in modelov. Za predstavitev podatkov se uporabljajo grafi in ploskve, triangulacije, simplicialni in celični kompleksi ter mnogoterosti. Za analizo podatkov pa se uporabljajo topološke invariante teh objektov kot so število komponent, fundamentalna	Topology is the mathematical field dealing with shapes and with modeling and understanding higher dimensional objects. Topologial data analysis is a field between topology and computer science dealing with shapes arising from data, images, and higher dimensional data sets. In view of massive quantities of experimental data on one hand, and available computing power on the other hand, numerous new algorithms and models for qualitative analysis and representation of such data sets using topological models and methods have been developed. Graphs, surfaces, triangulations, simplicial and cell complexes and manifolds are used for data representation and object reconstruction. Topological invariants like the number of components, the fundamental group,

grupa, homološke grupe in kohomološki kolobar, Morsova teorija, filtracije in vztrajnost. Takšne invariante se tipično lepo izračunajo in dajejo odgovore na vprašanja kot so, ali je objekt sestavljen iz enega li več kosov, ali ima kakšne luknje in tunele, kakšne značilnosti ima pri različnih resolucijah, kako so posamezni kosi zlepljeni skupaj v celoto... Na drugi strani je na voljo tudi čedalje več hitrih in učinkovitih algoritmov za njihovo računanje. Pri predmetu bodo predstavljeni osnovni topološki pojmi in modeli, ki se uporabljajo za predstavitev večdimenzionalnih objektov in prostorov, nekaj njihovih osnovnih številskih in algebraičnih invariant. Poudarek pa bo na uporabi teh modelov in invariant pri analizi in rekonstrukciji objektov iz zajetih podatkov, konfiguracijskih prostorov robotov in mehaničnih sistemov, pri analizi omrežij in v drugih povsem uporabnih domenah. Posamezna teme, ki jih bomo obravnavali, so 1. Osnovni pojmi topoloških in metričnih prostorov 2. Grafi in ploskve 3. Triangulacije, simplicialni in celični kompleksi 4. Homološke grupe in Bettijeva števila, njihova interpretacija in osnovni algoritmi za njihovo računanje 5. Diskretne Morsove funkcije in njihova uporaba pri analizi podatkov 6. Filtracije in vztrajnost za analizo podatkov pri različnih resolucijah Pri predmetu bo poudarek predvsem na uporabi opisanih topoloških pojmov in algoritmov pri analizi konkretnih podatkovnih množic, problemov in modelov.	hopology groups and the cohomology ring, Morse theory, filtrations and persistence are used for analyzing these models. These invariants are typically computable and give answers to questions like, is the object composed from one or more components, does it have holes and tunnels, which features appear at different resolutions, how do the separate pieces connect into the whole, … On the other hand new algorithms for efficient computation of these invariants are appearing. In the course, fundamental topological concepts and methods, which are used in modeling and analyzing higher dimensional objects and spaces, will be introduced. Further, basic numerical and algebraic invariants of the topological models will be explained. Special attention will be given to applications of these methods to analysis of data sets and reconstruction of the underlying objects, configuration spaces of robots and mechanical systems, analysis of networks and other practical problems and domains. We will introduce the following topological concepts and models: 1. Fundamentals of topological and metric spaces 2. Graphs and surfaces 3. Triangulations, simplicial and cell complexes 4. Homology groups and Betti numbers, , their interpretation, and basic algorithms for their computation 5. Discrete Morse functions and their application to data analysis and object reconstruction 6. Filtrations and persistence for dealing with changing resolutions The main part of the course will be devoted to applications of the topological concepts and algorithms in analyzing specific data sets, problems and models.

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. Herbert Edelsbrunner, John Harer: Computational Topology, American Mathematical Society, 2010
2. Afra J. Zomorodian: Topology for Computing, Cambridge University Press, 2005
3. Hjelle, Øyvind, Dæhlen, Morten: Triangulations and applications, Springer, 2006
4. Kevin Knudson: Morse theory, smooth and discrete, World Scientific, 2015

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilj predmeta je študentom na razumljiv način predstaviti osnovne pojme algebraične topologije, ki se uporabljajo v računalniških algoritmih pri analizi velikih množic večdimenzionalnih podatkov, pri rekonstrukciji objektov in konfiguracijskih prostorov robotov in mehaničnih sistemov in pri drugih realnih problmemih. Matematični pojmi bodo predstavljni predvsem z uporabnega zornega kota, poudarek bo na konkretnih primerih in računalniških algoritmih.	The aim of this course is to introduce in an informal and intuitive way the basic concepts of algebraic topology which are used in algorithms for analysis of big, possibly higher dimensional data sets, for reconstruction of obects and configuration soaces of robots and mechanical systems and in other practical applications. Mathematical concept will be presented from the point of view of applications, special attention will be given to specific examples and algorithms.

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

Po uspešno opravljenem predmetu bo študent • razumel pojem topološke invariante in njenega pomena pri analizi oblike in drugih lastnosti podatkov • razumel pojem simplicialnega kompleksa in poznal osnovne algoritme za konstrukcijo simplicialnih kompleksov na danih podatkih • poznal osnovne računske prijeme in algoritme za računanje topoloških Eulerjeve karakteristike, homoloških grup in Bettijevih števil • razumel pojem filtracije in vztrajnosti • znal pridobljeno znanje uporabiti za konstrukcijo preprostih topoloških algoritmov za analizo podatkovnih množic in rezultate interpretirati	After completing the course students will • understand the concept of a topological invariant and its role in analyzing shape and other properties of data • understand the concept of a simplcial complex and the basic algorithms for constructing simplicial complexes on data sets • understand the basic computational approches and algorithms for computing Euler characteristic, homology groups and Betti numbers • understand the concepts of filtrations and persistence • be able to use the concepts intruduced to construct simple topological algorithms for analysizing data sets and interpret the results

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja s podporo avdio-vizualne opreme, predstavitev teoretičnih pojmov in prikaz pomena na konkretnih primerih, laboratorijske vaje v računalniški učilnici z ustrezno programsko opremo. Delo posamezno in v skupinah. Velik poudarek na praktičnem delu in na skupinskem reševanju praktičnih problemov.	Combined lecturing with simultaneous use of the blackboard and computer projection explaining the theoretical concepts and specific meaning in specific cases. Lab work in computer-equipped lecture rooms. Individual and work in team. Emphasis on practical problem solving and group work.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project):
Sprotno preverjanje (domače naloge, kolokviji in projektno delo)	60,00 %	Continuing (homework, midterm exams, project work)
Končno preverjanje (pisni in ustni izpit)	40,00 %	Final (written and oral exam)
Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).		Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	**Grading system:**

Reference nosilca/Lecturer's references:

- VIRK, Žiga. Small loop spaces. *Topology and its Applications*, ISSN 0166-8641, 2010, vol. 157, no. 2, str. 451-455.
- VIRK, Žiga. Realizations of countable groups as fundamental groups of compacta. *Mediterranean journal of mathematics*, 2013, vol. 10, no. 3, str. 1573-1589.
- DYDAK, Jerzy, VIRK, Žiga. Preserving coarse properties. *Revista matemática complutense*, 2016, vol. 29, iss. 1, str. 191-206.
- EDELSBRUNNER, Herbert, VIRK, Žiga, WAGNER, Hubert. Smallest enclosing spheres and Chernoff points in Bregman geometry. V: SPECKMANN, Bettina (ur.), TÓTH, Csaba D. (ur.). *34th International Symposium on Computational Geometry : SoCG 2018, June 11-14, 2018, Budapest, Hungary*,
- VIRK, Žiga. Approximations of 1-dimensional intrinsic persistence of geodesic spaces and their stability. *Revista matemática complutense*, Jan. 2019, vol. 32, iss. 1, str. 195-213.

Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu:
http://sicris.izum.si/search/rsr.aspx?lang=slv&id=20092

UMETNA INTELIGENCA

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Umetna inteligenca
Course title:	Artificial Intelligence
Članica nosilka/UL Member:	

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Pedagoško računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)		2. semester	izbirni
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Podatkovne vede (smer)		2. semester	izbirni
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)		2. semester	izbirni
Računalništvo in matematika, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik, 2. letnik	2. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0073688
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63510

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45	10	20			105	6

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Ivan Bratko
Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet/specialist elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Pregled osnovnih metod reševanja problemov in zahtevnejše metode hevrističnega preiskovanja: prostorsko učinkovite metode, reševanje problemov v realnem času. Metode planiranja po principu sredstev in ciljev: robotsko planiranje, sestavljanje urnikov in planiranje opravil, princip sredstev in ciljev, delno urejeno planiranje, planirni grafi. Strojno učenje: pregled osnovnih metod (Bayesov klasifikator, učenje dreves in pravil); ocenjevanje verjetnosti; princip minimalne dolžina opisa (MDL); ocenjevanje uspešnosti učenja; principi	Problem solving and search: review of problem solving techniques; advanced heuristic search techniques, space efficient techniques, real-time search. Means-ends planning: robot planning, task planning and scheduling, means-ends planning, partial order planning, planning graphs and GRAPHPLAN. Machine learning: review of basic methods (Bayes and naive Bayes classifier, learning of trees and rules, handling noise, pruning of trees and rules); MDL principle; Support

poenostavljanja pravil in odločitvenih dreves; koncept naučljivosti in teoretične meje učenja. Nekatere druge paradigme strojnega učenja: induktivno logično programiranje,spodbujevano učenje, konstruktivno učenje in odkrivanje novih konceptov s funkcijsko dekompozicijo. Predstavitev in obravnavanje negotovega znanja: sklepanje in učenje v bayesovskih mrežah, konstrukcija mrež in predstavitev vzročnosti Kvalitativno sklepanje in modeliranje: kvantitavno in kvalitativno modeliranje, modeliranje brez števil, kvalitativna simulacija. Genetski algoritmi, genetsko programiranje, in druge alternativne paradigme reševanja problemov.	Vector Machines; evaluating success of learning and comparing learning algorithms; learnability and theoretical limits for learning. Other paradigms of machine learning: inductive logic programming, reinforcement learning, constructive learning and discovering new concepts with functional decomposition. Reasoning with uncertainty: reasoning and learning in Bayesian networks, construction of networks and causality. Qualitative reasoning and modelling: qualitative and quantitative modelling, modelling without numbers, qualitative simulation of dynamic systems. Genetic algorithms, genetic programming and other problem-solving paradigms.

Temeljna literatura in viri/Readings:

S. Russell, P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 3rd edition, Prentice-Hall 2009, ISBN-013:978-0-13-604259-4. I. Witten, E. Frank, M.A. Hall, C. Pal, *Data Mining*, 4th edition, Morgan Kaufmann, 2016, ISBN: 978-0128042915. I. Bratko, *Prolog Programming for Artificial Intelligence*, Fourth edition, Pearson Education, Addison-Wesley 2011, ISBN: 0201403757.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Poglobljeno znanje o metodah in tehnikah umetne inteligence. Sposobnost reševanja zahtevnih konkretnih praktičnih problemov z metodami umetne inteligence. Zmožnost kompetentne uporabe metod in orodij umetne pri raziskovalnem delu, vključno s seminarskimi nalogami pri drugih predmetih in pri diplomskem delu. Usposobljenost za raziskovalno delo na področju umetne inteligence.	In-depth knowledge of methods and techniques of Artificial Intelligence (AI). Ability of solving complex practical problems with AI methods. Competence in using methods and tools of AI in research, including projects in other courses and in the final graduation project. Ability of conducting research in Artificial Intelligence.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po zaključku tega predmeta bo študent: - Razumel napredne preiskovalne algoritme in kompromise med njihovo časovno in prostorsko zahtevnostjo ter kvaliteto dobljenih hevrističnih rešitev - Razumel algoritme za konstruiranje paralelnih planov in metode delno urejenega planiranja kot zadoščanja omejitev - Sposoben analizirati praktične probleme preiskovanja in planiranja v konkretnih aplikacijah - Razumel pristop in metode spodbujevanega učenja za zaporedno verjetnostno odločanje - Razumel pristop k strojnemu učenju na osnovi matematične logike in njegove praktične prednosti in slabosti - Razumel principe in algoritme kvalitativnega sklepanja, modeliranja in simulacije	After the completion of the course the student will be able to: - Understand advanced search algorithms, and trade-offs between their time and space complexity, and quality of heuristic solutions produced - Understand algorithms for constructing parallel plans, and methods for partial-order planning as constraint satisfaction - Analyse practical questions of search and planning methods when applied to concrete application problems - Understand the framework and methods of reinforcement learning for sequential probabilistic decision making - Understand the logic-based approach to machine learning, and its practical advantages and drawbacks

- Sposoben kombiniranja in uporabe metod umetne inteligence v industriji, robotiki, medicini, biologiji itd. ter v znanosti	- Understand the principles and algorithms of qualitative modelling, reasoning and simulation - Able to competently combine and apply AI methods in the implementation of applications in industry, robotics, medicine, biology, etc., and in research

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, seminarske naloge in avditorne ter laboratorijske vaje.	Lectures, laboratory work and projects.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project):
Sprotno preverjanje (domače naloge, kolokviji in projektno delo)	50,00 %	Continuing (homework, midterm exams, project work)
Končno preverjanje (pisni in ustni izpit)	50,00 %	Final (written and oral exam)
Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).		Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	**Grading system:**

Reference nosilca/Lecturer's references:

1. I. Bratko, *Prolog Programming for Artificial Intelligence*, 4th edition, Pearson Education – Addison-Wesley, 2011.
2. M. Možina, J. Žabkar, I. Bratko. Argument based machine learning. *Artificial Intelligence*. Vol. 171 (2007), no. 10/15, 922-937.
3. M. Luštrek, M. Gams, I. Bratko. Is real-valued minimax pathological?. *Artificial Intelligence*.Vol. 170 (2006), 620-642.
4. D. Šuc, D. Vladušič, I. Bratko. Qualitatively faithful quantitative prediction. *Artificial Intelligence*. Vol. 158, (2004) no. 2, str. [189]-214,
5. I. Bratko, S. Muggleton. Applications od inductive logic programming. *Commun. ACM*, 1995, vol. 38 (1995), no. 11, 65-70.

Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu:
http://sicris.izum.si/search/rsr.aspx?lang=slv&id=4496.

UVOD V BIOINFORMATIKO

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Uvod v bioinformatiko
Course title:	Introduction to bioinformatics
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Podatkovne vede (smer)		1. semester	izbirni
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)		1. semester	izbirni
Računalništvo in matematika, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik, 2. letnik	1. semester	izbirni
Umetna inteligenca (Erasmus Mundus Joint Master in Artificial Intelligence (EMAI)), druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	2. letnik	1. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0075157
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63520

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45	20	10			105	6

Nosilec predmeta/Lecturer:	Blaž Zupan
Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet/specialist elective course

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

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

Vsebina:	Content (Syllabus outline):
Kako podobna so si med seboj živa bitja? Smo ljudje res potomci neandertalcev? Kako so se živalske vrste lahko prilagodile na življenjska okolja? Kateri geni so odgovorni za pojav različnih bolezni? Zakaj vsako leto potrebujemo drugo cepivo proti gripi? Današnja biologija je polna zanimivih vprašanj in nikoli prej nismo bili tako blizu odgovorom. Nedavno razvite eksperimentalne biotehnologije omogočajo pridobivanje velikih količine eksperimentalnih podatkov: o genomih različnih vrst	How similar are living organisms? Have human indeed descended from Neanderthals? How did various species adapt to living environments? Which genes are responsible for susceptibility to various diseases? Why we need a different flu vaccine each year? Modern biology poses many interesting questions, and never before have we been so close to answering them. Recently developed experimental biotechnologies allow us to gather vast amounts of

in osebkov, o genskih izrazih, koncentracij proteinov, vplivih učinkovin na delovanje celice, ipd. Tovrstni podatki so danes dostopni v javnih spletnih podatkovnih bazah in jih je potrebno statistično in matematično obdelati, v njih poiskati skrite vzorce in jih primeren način prikazati. Temu so namenjena orodja bioinformatike, področja, brez katerega danes ne bi mogli več odgovoriti niti na eno od zgoraj zapisanih vprašanj. Gre za interdisciplinarno področje, ki združuje metode iz statistike, matematike, vizualizacije podatkov, strojnega učenja in umetne inteligence. Pri predmetu si bomo v teoriji in na praktičnih primerih ogledali osnovne bioinformatične metode ter se spoznali s sledečimi vsebinami: Osnove celične biologije Statistične lastnosti nukleotidnih zaporedij Računske tehnike za iskanje genov v nukleotidnih zaporedjih Tehnike poravnave zaporedij, algoritem BLAST Verjetnostni modeli zaporedij, markovske verige Računske tehnike ocenjevanja genskih razlik med predstavniki osebkov iste vrste in osebkov različnih vrst Filogenetska analiza, računski pristopi k odkrivanju evolucijskih dreves Računske primerjave genomov Analiza podatkov o genskih izrazih, uporaba tehnik uvrščanja in razvrščanja v skupine, genski izrazi v medicinski diagnostiki in prognostiki, analiza obogatenosti genskih skupin, vizualizacijske tehnike, genske mreže Integrativna bioinformatika: uporaba različnih baz podatkov in baz znanj v namene odkrivanja smiselnih vzorcev v biomedicinskih podatkih Teoretično predstavitev računskih pristopov in tehnik bo spremljal pregled javno dostopnih baz podatkov s področja, prikaz delovanja ustrezne odprtokodne programske opreme in prikaz uporabe tehnik in orodij pri reševanju praktičnih problemov s področja biomedicine in sistemske biologije. Pri analizi podatkov bomo uporabljali moderna skriptna okolja (npr. Python) in že razvite bioinformatične knjižnice (npr. Biopython in Orange). Uvod v uporabo bioinformatične programske opreme bo podan na predavanjih, praktično pa bomo ta orodja spoznali na vajah in pri projektnem delu.	experimental data. From genomes of various species, including that of *H. sapiens*, to gene expression, protein concentrations, effects of various chemicals to cell processes, and similar. Vast number of experimental data sets is today available in open, public repositories, and requires further statistical and mathematical analysis to discover useful and applicable patterns. The methods and techniques for such analysis is developed within the field of bioinformatics, which combines techniques from statistics, computer science, mathematics, data mining and visualization, machine learning and artificial intelligence. During the course, the students will in theory and practice get familiar with the following topics: Basics of molecular biology Statistical properties of nucleotide sequences Computational approaches to gene finding and annotation Sequence alignment (BLAST) Probabilistic models for nucleotide sequences, Markov chain models Computational techniques for assessment of genetic distances between species and individuals within the same species Phylogenetic analysis, computational techniques for construction of evolution trees Computational comparison of genomes Analysis of transcriptome, utility of data mining and visualization techniques, gene set enrichment analysis, gene networks, applications in biomedicine Integrative bioinformatics: how to combine various data sources and various modelling techniques to discover patterns in biomedical data sets Theoretical study of the above concepts will be accompanied with familiarization with public data repositories and open-source tools to assess the data and perform subsequent analysis. We will use scripting tools (e.g. Python) and already developed bioinformatics libraries (e.g., Biopython and Orange).

Temeljna literatura in viri/Readings:

Christianinni N, Hahn MW (2007) Introduction to Computational Genomics: A Case Study Approach. Cambridge University Press, Cambrige.
Durbin *et al.* (1998) Biological sequence analysis, Cambridge University Press
James D. Watson, Andrew Berry (2004) DNA: The Secret of Life, Arrow Books, UK. (also in Slovene: DNK, skrivnost življenja, Modrijan, Ljubljana, 2007).

Cilji in kompetence:

Objectives and competences:

Cilj predmeta je študente seznaniti z osnovnimi računskimi tehnikami, orodji in prosto dostopnimi bazami podatkov s področja bioinformatike. V okviru predmeta bodo predstavljene osnove biologije in genomike, ki bodo študentom računalništva omogočale razumevanje problemske domene tako, da lahko nato s pomočjo matematičnih, statističnih in računskih pristopov, ki jih bo študent spoznal pri predmetu, poišče odgovore na sicer kompleksna vprašanja s področij evolucije in razvoja živih bitij, povezav med geni in biološkimi procesi, vpliv genskih predispozicij na razvoj bolezni, in podobnih.	This is an introductory course to bioinformatics. During the course the students will become familiar with computational methods and tools that can be used in bioinformatics, and with publically available data bases in molecular biology. The course will start with introduction to molecular biology and genomics, which will allow students of computer science to apply mathematical, statistical and computational techniques to problems from evolution of living organisms, interactions of genes and biological processes, interactions between genome and phenotypes and diseases, and similar.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešnem zaključku predmeta bo študent: razumel osnovne pojme iz molekularne biologije in evolucije, vedel, do kakšnih podatkov lahko dostopamo na področju molekularne biologije in kje na spletu je moč te podatke dobiti, poznal osnovno matematične pristope in računske tehnike za modeliranje zaporedij, poznal tehnke za filogenetsko analizo, analizo genskih izrazov in primerjavo genomov, znal analizirati podatke s področja molekularne biologije z snovanjem in uporabe knjižnic v programskem jeziku Python, lahko prepoznal priložnosti, ki jih uporaba računskih postopkov nudi na področju znanosti o življenju.	After successfull completion of the course, the students should be able to: understand essential koncepts from molecular biology and evolution, know how and where to access the molecular biology data, understand computational techniques for sequence analysis, understand techniques for phylogeny analysis, analysis of gene expression data, and comparison of genomes, know how to access and analyze molecular biology data by scripting in Python and using Python libraries for bioinformatics, recognize advantages that computational methods and algorithms may provide in the area of life sciences.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja s podporo avdio-vizualne opreme, sprotni razvoj programskih rešitev, laboratorijske vaje v računalniški učilnici z ustrezno programsko opremo. Delo posamezno in v skupinah. Velik poudarek na praktičnem delu (npr. razvoj skript za pregledovanje in analizo podatkov) in reševanju praktičnih problemov.	Combined lecturing with simultaneous use of the blackboard and computer projection (coding, visualization of models, results). Lab work in computer-equipped lecture rooms. Individual and work in team. Emphasis on practical problem solving.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project):
Sprotno preverjanje (domače naloge, kolokviji in projektno delo)	50,00 %	Continuing (homework, midterm exams, project work)
Končno preverjanje (pisni in ustni izpit)	50,00 %	Final (written and oral 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:

Stajdohar M, Rosengarten RD, Kokosar J, Jeran L, Blenkus D, Shaulsky G, Zupan B (2017) dictyExpress: a web-based platform for sequence data management and analytics in Dictyostelium and beyond, BMC Bioinformatics. 2017 Jun 2;18(1):291.
Zitnik M, Zupan B (2016) Jumping across biomedical contexts using compressive data fusion, *Bioinformatics* 15;32(12):i90-i100.
Zitnik M, Nam EA, Dinh C, Kuspa A, Shaulsky G, Zupan B (2015) Gene prioritization by compressive data fusion and chaining, *PLoS Computational Biology* 11(10):e1004552.
Staric A, Demsar J, Zupan B (2015) Concurrent software architectures for exploratory data analysis. *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery* 5(4):165-180.
Zitnik M, Zupan B (2015) Data fusion by matrix factorization. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 37(1):41-53.
Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu:
http://sicris.izum.si/search/rsr.aspx?lang=slv&id=7764.

UVOD V PODATKOVNE VEDE

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Uvod v podatkovne vede
Course title:	Introduction to data science
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

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

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0129331
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63565

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	izr. prof. dr. Tomaž Curk, doc. dr. Octavian Mihai Machidon
Vrsta predmeta/Course type:	obvezni predmet/compulsory course

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

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

Vsebina:	Content (Syllabus outline):
Predmet predstavlja uvod in pregled tem, ki so pomembne za podatkovne vede. Predavatelji in gostje iz industrije in raziskovalnih ustanov bodo študentom predstavili te teme. **Delo s podatki.** Pridobivanje. Procesiranje. Hranjenje. Povzemanje. Čiščenje. **Analiza podatkov.** Napovedovanje. Gručenje. Statistično sklepanje. Auto ML. Agenti za programiranje in analizo podatkov. **Poslovni in družbeni vidiki.** Zasebnost. Varnost. Etika. Licenciranje. Intelektualna lastnina. **Dobre prakse (orodja).** Programiranje, standardi programske kode (Python). Uporaba velikih jezikovnih modelov. Upravljanje z različicami (git, Github). Ponovljivost (Jupyter). Stavljenje (LaTeX) in priprava strnjenih projektnih poročil. Javni repozitoriji (arXiv, Zenodo).	The course is an introductory overview of topics relevant to data science. The following topics will be presented to students through lectures by faculty members and guest lecturers from industry and research institutions: **Working with data.** Getting. Processing. Storing. Cleaning. Summarizing. Visualizing. **Analytics.** Prediction. Clustering. Statistical inference. Auto ML. Coding and Data Analysis Agents. **Business and social aspects**. Privacy. Security. Ethics. Licensing. Intellectual property. **Best practices (tools).** Programming, coding standards (Python). Use of Large Language models. Versioning (Github). Reproducibility (Jupyter). Typsetting (LaTeX) and concise project reporting. Public repositories (arXiv, Zenodo).

Temeljna literatura in viri/Readings:

- Žitnik S, Štrumbelj E (2021) Introduction to data science handbook, https://fri-datascience.github.io/course_ids/handbook (online, yearly updated)
- Perez-Riverol Y, Gatto L, Wang R, Sachsenberg T, Uszkoreit J, Leprevost FdV, et al. (2016) Ten Simple Rules for Taking Advantage of Git and GitHub. PLoS Comput Biol 12(7): e1004947.
- Sandve GK, Nekrutenko A, Taylor J, Hovig E (2013) Ten Simple Rules for Reproducible Computational Research. PLoS Comput Biol 9(10): e1003285.
- Osborne JM, Bernabeu MO, Bruna M, Calderhead B, Cooper J, Dalchau N, et al. (2014) Ten Simple Rules for Effective Computational Research. PLoS Comput Biol 10(3): e1003506.
- Zook M, Barocas S, boyd d, Crawford K, Keller E, Gangadharan SP, et al. (2017) Ten simple rules for responsible big data research. PLoS Comput Biol 13(3): e1005399.
- Hart EM, Barmby P, LeBauer D, Michonneau F, Mount S, Mulrooney P, et al. (2016) Ten Simple Rules for Digital Data Storage. PLoS Comput Biol 12(10): e1005097.
- Rule A, Birmingham A, Zuniga C, Altintas I, Huang SC, et al. (2019) Ten simple rules for writing and sharing computational analyses in Jupyter Notebooks. PLOS Computational Biology 15(7): e1007007.
- Nüst D, Sochat V, Marwick B, Eglen SJ, Head T, et al. (2020) Ten simple rules for writing Dockerfiles for reproducible data science. PLOS Computational Biology 16(11): e1008316.
- Stoudt S, Jernite Y, Marshall B, Marwick B, Sharan M, et al. (2024) Ten simple rules for building and maintaining a responsible data science workflow. PLOS Computational Biology 20(7): e1012232.
- Murray Shanahan (2024) Talking about Large Language Models. Communications of the ACM 67(2): 68–79.
- Steyvers M, Tejeda H, Kumar A. et al. (2025) What large language models know and what people think they know. Nature Machine Intelligence 7: 221–231.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Spozna temeljne vidike podatkovnih ved.	**Understands** the key concepts of data management from heterogeneous sources (collection, cleaning, storage).
Razume ključne koncepte upravljanja s podatki iz različnih virov (zbiranje, čiščenje, shranjevanje).	
Uporabi ustrezna programska orodja za pridobivanje, obdelavo in pripravo podatkov, njihovo analizo in predstavitev rezultatov.	**Uses** appropriate software tools for data acquisition, processing and preparation, analysis and presentation of results.
Analizira podatke z uporabo statističnih metod in metod strojnega učenja ter prepozna vzorce in zakonitosti v podatkih.	**Analyzes** data using statistical and machine learning methods and identifies patterns and regularities in data.
Ovrednoti kakovost, zanesljivost in ustreznost podatkov in metod analize glede na zastavljen cilj analize.	**Evaluates** the quality, reliability and suitability of data and analysis methods according to the analysis goal.
Ustvari pregledne in razumljive predstavitve podatkov (vizualizacija, poročila, nadzordna plošča) za različne ciljne skupine.	**Creates** transparent and understandable data presentations (visualization, reports, dashboards) for different target groups.
Prepozna etične, varnostne in zasebnostne vidike pri delu s podatki (zasebonost posameznikov, pristranskost algoritmov in modelov, varno ravnanje s podatki).	**Recognizes** ethical, security and privacy aspects when working with data and models (individual privacy, bias of algorithms and models, secure data handling).
Kritično presodi primere sodobnih dobrih praks, predstavljene s strani gostujočih predavateljev iz podjetij in raziskovalnih ustanov.	**Critically** assesses examples of contemporary good practices, presented by guest lecturers from companies and research institutions.
Poveže teoretično znanje s praktičnimi izkušnjami učiteljev in potencialnih mentorjev iz različnih področij ter oblikuje lastno motivacijo za področje podatkovnih ved.	**Connects** theoretical knowledge with the practical experience of teachers and potential mentors from various fields and forms one's own motivation for the field of data science.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešno zaključenem predmetu naj bi bili študentje zmožni: • Upravljati s podatki. • Izbrati primerno vizualizacijo za podatke.	After successfully completing the course, students should be able to: • Manage data. • Choose the appropriate visualization.

• Uporabiti osnovna programska orodja, ki se uporabljajo v podatkovnih vedah. • Uporabiti osnovne modele strojnega učenja in statistike. • Etično in varno uporabiti orodja generativne umetne inteligence. • Uporabiti napredna orodja generativne umetne inteligence za pripravo in predprocesiranje podatkov, izvedbo analize, razlago rezultatov, generiranje poročil, pomoč pri programiranju. • Pripraviti zgledno poročilo. • Prepoznati potencialne težave pri varnosti, etiki in zasebnosti pri delu s podatki. • Izbrati ustrezno licenco za avtorska dela in programsko opremo. • Uporabiti dobre prakse podatkovnih ved.	• Use fundamental programming tools for data science. • Use fundamental models of machine learning and statistics. • Ethical and responsible use of generative AI tools. • Use advanced generative AI tools for data prepreprocessing, to perform analyses, interpret results, generate reports, and assist with programming. • Prepare an exemplary report. • Recognize potential security, privacy, and ethical issues when working with data. • Choose an appropriate license for works and software. • Apply good data science practices

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, domače naloge, diskusije.	Lectures, homework, discussions.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Sprotno delo (naloge na koncu poglavij v priročniku za predmet).	10,00 %	Continuing (problem questions at the end of each chapter of the course handbook).
Dve praktični preverjanji znanja v razredu z vso literaturo in dostopom do Interneta in generativnih orodij umetne inteligence. Ustni zagovor rezultatov praktičnega preverjanja.	30,00 %	Two hands-on in-class exams with access to all literature and access to the Internet and generative AI tools. Oral defence of the in-class exam.
Trije projekti s poročili (en voden, dva samostojno).	60,00 %	Three projects with reports (one guided, two individual).

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:

- DEMŠAR, Janez, CURK, Tomaž, ERJAVEC, Aleš, GORUP, Črtomir, HOČEVAR, Tomaž, MILUTINOVIĆ, Mitar, MOŽINA, Martin, POLAJNAR, Matija, TOPLAK, Marko, STARIČ, Anže, ŠTAJDOHAR, Miha, UMEK, Lan, ŽAGAR, Lan, ŽBONTAR, Jure, ŽITNIK, Marinka, ZUPAN, Blaž. Orange : data mining toolbox in Python. Journal of machine learning research. 2013, 14:2349-2353. [COBISS.SI-ID 10118740]
- PRETNAR ŽAGAR, Ajda, HOČEVAR, Tomaž, CURK, Tomaž. Open data and quantitative techniques for anthropology of road traffic. EPJ data science. 2023, 12(28):1-20. [COBISS.SI-ID 162222083]
- OMANOVIĆ, Amra, OBLAK, Polona, CURK, Tomaž. Matrix tri-factorization over the tropical semiring. *IEEE access*. 2023, 11:69022-69032. [COBISS.SI-ID 162079235]
- JAKOMIN, Martin, BOSNIĆ, Zoran, CURK, Tomaž. Simultaneous incremental matrix factorization for streaming recommender systems. *Expert systems with applications*. 2020, 160:1-10. [COBISS.SI-ID 23113219]
- GOMIŠČEK, Rok, CURK, Tomaž. Relation chaining in binary positive-only recommender systems. *Expert systems with applications*. 2020, 150:1-8. [COBISS.SI-ID 1538542531],
- KORELIČ, Martin, MACHIDON, Octavian-Mihai, PEJOVIĆ, Veljko. SELLMA: Semantic location through on-device LLMs and WiFi sensing. V: *EdgeSys '25: Proceedings of the 8th International Workshop on Edge Systems, Analytics and Networking*. New York: ACM. 2025, 7-12. [COBISS.SI-ID 232037379]
- FABJANČIČ, Matevž, MACHIDON, Octavian-Mihai, SHARIF, Hashim, ZHAO, Yifan, MISAILOVIĆ, Saša, PEJOVIĆ, Veljko. Mobiprox: supporting dynamic approximate computing on mobiles. *IEEE Internet of Things Journal*. 2024, 11(9):16873-16886. [COBISS.SI-ID 186557955]

- MACHIDON, Alina Luminita, KRAŠOVEC, Andraž, PEJOVIĆ, Veljko, MACHIDON, Octavian-Mihai. SqueezeSlimU-Net: an adaptive and efficient segmentation architecture for real-time UAV weed detection. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. 2025, 18:5749-5764. [COBISS.SI-ID 228027395]
- KEREC, Jaša, MACHIDON, Alina Luminita, MACHIDON, Octavian-Mihai. Deployment-aware NAS for lightweight UAV object detectors in precision agriculture crop monitoring. *AgriEngineering*. 2026, 8(2):43:1-23. [COBISS.SI-ID 273124611]

Celotna bibliografija je dostopna na SICRIS:
https://bib.cobiss.net/biblioweb/biblio/si/slv/cris/23399
https://bib.cobiss.net/biblioweb/biblio/si/slv/cris/54288

VELEPODATKI

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Velepodatki
Course title:	Big data
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Podatkovne vede (smer)		2. semester	izbirni
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)		2. semester	izbirni
Umetna inteligenca (Erasmus Mundus Joint Master in Artificial Intelligence (EMAI)), druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik	2. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0127836
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63560

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	izr. prof. dr. Matjaž Kukar
Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet /specialist elective course

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

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

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Uvod v velepodatke. Značilnosti velepodatkov,. Velepodatki in podatkovna znanost. Relacijske podatkovne baze in velepodatki. Porazdeljeni podatkovni sistemi. Hadoop ekosistem. **Upravljanje z velepodatki.** Podatkovni modeli za strukturirane in delno strukturirane podatke. Nerelacijski (NoSQL) podatkovni modeli. Podatkovni modeli in sistemi za upravljanje z velepodatki. **Obdelava velepodatkov.** Povpraševanje in pridobivanje podatkov. Paradigme za obdelavo velepodatkov. Procesni cevovodi in agregatorji.	**Introduction to big data.** Characteristics of big data. Big data and data science. Relational databases and big data. Distributed data systems. Hadoop ecosystem. **Big data management.** Structured and semi-structured data models. Non-relational (NoSQL) data models. Data models and database systems for big data. Domain-specific languages for big data. Monitoring big data systems. **Big data processing.** Querying and retrieval. Paradigms for computing with data. Processing pipelines and aggregators. Basic algorithmic building blocks and patterns. Hadoop. Spark.

Osnovni gradniki in vzorci pisanja algoritmov. Hadoop in Spark. **Analitika velepodatkov.** Orodja za podatkovno analitika. Osnovna statistika. Gručenje. Asociacije. Napovedno modeliranje. Knjižnica orodij za strojno učenje Spark MLib. **Velepodatki in analiza grafov.** NoSQL grafne baze za delo z velepodatki. Neo4j grafna baza. Povpraševanje po grafih z jezikom CYPHER. Osnovna analiza grafov z Neo4j in CYPHER. **Praktični vidiki analize velepodatkov.** Obdelava heterogenih podatkov. Obdelava podatkovnih tokov.	**Data analytics with big data.** Data analytics tools. Basic statistics. Clustering. Associations. Predictive modeling. Spark machine learning library MLib. **Big data and graph analytics.** NoSQL graph databases for big data. Neo4j graph database. Graph querying with CYPHER. Basic graph analytics with Neo4j and CYPHER. **Practical aspects of big data analytics.** Processing heterogeneous data. Processing data streams.

Temeljna literatura in viri/Readings:

- R. Buyya, R. N. Calheiros, A. V. Dastjerdi, Big Data: Principles and Paradigms. Morgan Kaufmann, 2016.
- O. Mendelevitch, C. Stella, D. Eadline. Practical Data Science with Hadoop and Spark: Designing and Building Effective Analytics at Scale (1st ed.). Addison-Wesley, 2016
- F. Kane. Hands-on data science and Python machine learning : perform data mining and machine learning efficiently using Python and Spark. Packt Publishing, 2017.

J. Baton, R. Van Bruggen. Learning Neo4j, 2nd edition, Packt Publishing, 2017.
Izbrani članki in spletni viri. / Selected papers and online resources.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Predmet študente seznani s koncepti in praktičnimi pristopi modernih orodij za porazdeljeno procesiranje velepodatkov. Študenti bodo tako teoretično kot praktično pripravljeni za samostojno uporabo orodij za delo z velepodatki.	The course aims at familiarizing the student with concepts and practices of modern distributed big data tools. The course prepares students for competent use of big data tools in theory and practice.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešno zaključenem predmetu naj bi bili študentje zmožni: • ugotoviti, ali dani problem sodi med velepodatke • formalizirati problem z uporabo primernega podatkovnega modela • izbrati primerna orodja za obravnavo danega problema • kritično oceniti zahtevane računske vire za trenutno in bodoče obremenitve • uporabljati orodja za strojno očinje na velepodatkih (npr. MLib) • implementirati lastne algoritme za strojno učenje	After successfully completing the course, students should be able to: • Determine whether the problem at hand is a big data problem. • Formalize the problem using a suitable data model. • Select appropriate big data tools and frameworks. • Critically assess required computing resources for current and future loads. • Use big data machine learning frameworks (MLib). • Implement custom learning algorithms.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, vaje, domače naloge, projekt, individualno delo.	Lectures, tutorials, homework, project, individual work.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Sprotno preverjanje (domače naloge, projekti)	50,00 %	Continuing (homework, projects)
Končno preverjanje (pisni izpit) Ocene: 5 (negativno), 6-10 (pozitivno) (v skladu s Statutom UL).	50,00 %	Final (written exam) Grading: 5 (fail), 6-10 (pass) (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:

Reference nosilca/Lecturer's references:

- GUNČAR, Gregor, KUKAR, Matjaž, NOTAR, Mateja, BRVAR, Miran, ČERNELČ, Peter, NOTAR, Manca, NOTAR, Marko. An application of machine learning to haematological diagnosis. Scientific reports, 2018, 8(1), 411.
- PETELIN, Boris, KONONENKO, Igor, MALAČIČ, Vlado, KUKAR, Matjaž. Dynamic fuzzy paths and cycles in multi-level directed graphs. Engineering applications of artificial intelligence, 2014, vol. 37, str. 194-206.
- PETELIN, Boris, KONONENKO, Igor, MALAČIČ, Vlado, KUKAR, Matjaž. Multi-level association rules and directed graphs for spatial data analysis. Expert systems with applications, 2013, vol. 40, issue 12, str. 4957-4970.
- KONONENKO, Igor, KUKAR, Matjaž. Machine learning and data mining: introduction to principles and algorithms. Chichester: Horwood Publishing, 2007.

VELIKI JEZIKOVNI MODELI IN OBDELAVA NARAVNEGA JEZIKA

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Veliki jezikovni modeli in obdelava naravnega jezika
Course title:	Large Language Models and Natural Language Processing
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)		2. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0644805
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63588

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	izr. prof. dr. Slavko Žitnik
Vrsta predmeta/Course type:	izbirni predmet/elective course

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

Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:	**Prerequisites:**
Posebni pogoji za vključitev v delo niso predpisani. Predmet je zasnovan kot uvodni, pri čemer je zaželjeno osnovno znanje programiranja v Pythonu. Priporočamo splošno informacijsko pismenost in zanimanje za delo z besedilnimi podatki ter osnovno poznavanje statistike. Po potrebi se v okviru vaj nudi krajši uvod za delo v okolju Jupyter / Google Colab.	There are no formal prerequisites. The course is designed as an introductory subject and basic programming skills in Python are recommended. General digital literacy, an interest in working with textual data, and basic statistical knowledge are recommended. Tutorials include a short hands-on introduction to the Jupyter / Google Colab notebooks when needed.

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
Predmet uvaja področje obdelave naravnega jezika (ONJ) in velikih jezikovnih modelov (VJM) za študente humanističnih, družboslovnih in interdisciplinarnih programov. Razlaga osnove tradicionalnih, statističnih in nevronskih pristopov ter jih utrdi s praktično rabo odprtokodnih sistemov, predvsem v okolju Python. Velik del predmeta se posveti delu z generativnimi VJM (npr. ChatGPT, Claude, odprti modeli kot LLaMA, Mistral, Gemma) in tehnikam oblikovanja ukaznih pozivov (prompt	The course introduces natural language processing (NLP) and large language models (LLMs) to students from humanities, social sciences, and interdisciplinary programmes. It explains the foundations of traditional, statistical and neural approaches and reinforces them through hands-on use of open-source systems, primarily in Python. A substantial part of the course is devoted to working with generative LLMs (e.g. ChatGPT, Claude, open models such as LLaMA, Mistral, Gemma) and to

engineering). Pri vajah študenti rešujejo realne probleme obdelave večjih količin besedil, vključno s slovenskimi viri. **Vsebine predavanj in vaj:** • *Uvod v obdelavo naravnega jezika in VJM:* kaj je naravni jezik z vidika računalništva, dvoumnost in jezikovna kompleksnost, kratka zgodovina ONJ, od tradicionalnih do nevronskih pristopov, kje srečamo VJM v vsakdanji rabi. • *Osnove dela z besedili:* priprava in čiščenje besedil, kodiranje znakov, optično prepoznavanje besedila (OCR) in transkripcija, jezikovna normalizacija, lematizacija in oblikoslovno označevanje, regularni izrazi, tokenizacija (vključno z modernimi pristopi – npr. BPE in WordPiece). • *Mere podobnosti in osnovne predstavitve besedil:* vreča besed (BoW), TF-IDF, kosinusna podobnost, n-grami, gručenje besedil, uvrščanje sentimenta z enostavnimi metodami. • *Jezikovni viri:* korpusi (Gigafida, ccGigafida, slWaC, KAS, Common Crawl, Wikipedia), označeni viri (SUK, korpusi za vrednotenje), repozitoriji (CLARIN.SI, Hugging Face) in Evropski jezikovni podatkovni prostor, licenčni in pravni vidiki, FAIR načela, etika zbiranja podatkov. • *Globoke nevronske mreže in vložitve besed:* intuitivna razlaga nevronskih mrež, kontekstualne in nekontekstualne vložitve (word2vec, fastText), večjezične vložitve, podobnost stavkov in dokumentov. • *Veliki jezikovni modeli:* arhitektura transformer (na intuitivni ravni), modeli kodirnik in/ali dekodirnik (BERT, GPT, T5), kako uči VJM-je, spodbujevano učenje s povratnim človeškim odzivom (RLHF), odprti in zaprti modeli, lokalna raba modelov (Ollama), strošek, hitrost in okoljski vidik uporaba VJM kot storitev. • *Oblikovanje ukaznih pozivov (prompt engineering):* osnove pisanja navodil, tehnike (*zero-shot, few-shot, chain-of-thought*), strukturirani izhodi (JSON), sistemski pozivi in vloge, pogoste napake in halucinacije, vzorci za praktične naloge (klasifikacija, povzemanje, ekstrakcija, prevajanje, urejanje besedil). • *S poizvedovanjem obogateno generiranje (RAG):* priprava dokumentov, vektorske baze (FAISS, Chroma), iskalniki in pridobivanje besedil, sestava ogrodja RAG nad lastnimi dokumenti. • *Semantične in leksikalne tehnologije:* WordNet in sloWNet, FrameNet, BabelNet, ontologije in grafi znanja (Wikidata), povezovanje entitet, terminološke zbirke; kako VJM dopolnjujemo s strukturiranim znanjem. • *Jezikoslovne naloge in večjezičnost:* prepoznavanje imenskih entitet, prevajanje, razdvoumljanje pomenov besed, analiza sentimenta, odkrivanje	prompt engineering techniques. During tutorials students solve realistic problems that involve processing large volumes of textual data, including resources in Slovene. **Topics of lectures and tutorials:** • *Introduction to NLP and LLMs:* what natural language is from a computer's perspective, ambiguity and linguistic complexity, a brief history of NLP, from traditional to neural approaches, where LLMs appear in everyday use. • *Foundations of working with text:* text preparation and cleaning, character encodings, optical character recognition (OCR) and transcription, language normalisation, lemmatisation and morphological tagging, regular expressions, tokenisation (including modern approaches – e.g., BPE and WordPiece). • *Similarity measures and basic text representations:* bag-of-words, TF-IDF, cosine similarity, n-grams, text clustering, simple sentiment classification. • *Language resources:* corpora (Gigafida, ccGigafida, slWaC, Common Crawl, Wikipedia), annotated resources (SUK, benchmarking corpora), repositories (CLARIN.SI, Hugging Face) and European Language Data Space, licensing and legal aspects, FAIR principles, ethics of data collection. • *Deep neural networks and word embeddings:* an intuitive explanation of neural networks, contextual and non-contextual embeddings (word2vec, fastText), multilingual embeddings, sentence and document similarity. • *Large language models:* the transformer architecture (at an intuitive level), encoder and/or decoder families (BERT, GPT, T5), how LLMs are trained, reinforcement learning from human feedback (RLHF), open vs. closed models, running models locally (Ollama), cost, speed and environmental aspects, LLMs as a service. • *Prompt engineering:* fundamentals of writing instructions, techniques (zero-shot, few-shot, chain-of-thought), structured outputs (JSON), system prompts and roles, common pitfalls and hallucinations, recipes for practical tasks (classification, summarisation, extraction, translation, text editing). • *Retrieval-augmented generation (RAG):* document preparation, vector databases (FAISS, Chroma), search engines and text retrieval, building a RAG over your own documents. • *Semantic and lexical technologies:* WordNet and sloWNet, FrameNet, BabelNet, ontologies and knowledge graphs (WikiData), Wikidata, entity linking, terminological resources; how to complement LLMs with structured knowledge. • *Linguistic tasks and multilinguality:* named entity recognition, translation, word sense disambiguation, sentiment analysis, coreference

koreferenčnosti; specifike slovenščine in drugih morfološko bogatih jezikov. • *Vrednotenje in zanesljivost VJM:* avtomatske metrike (BLEU, ROUGE, BERTScore), človeško vrednotenje, jezikovni model kot sodnik, ocenjevalne lestvice (SloBENCH), pristranskost, varnost in etični vidiki. • *Agentne tehnologije in orodja:* klici funkcij, integracija z zunanjimi viri, princip MCP, agenti za pomoč pri raziskovanju, pisanju in podatkovni analizi. • *Uporaba jezikovnih tehnologij v praksi:* študije primerov iz humanistike in družboslovja - prevodoslovja, jezikoslovnih raziskav, družboslovja, izobraževanja, knjižničarstva in zgodovine; načrtovanje lastnega mini-projekta. • *Multimodalni in govorni modeli (kratek pregled):* samodejna razpoznava govora (npr. Whisper), sinteza govora, modeli besedilo–slika, intuitivna predstavitev za naloge, kjer ne gre samo za besedilo. *Projektno delo:* študenti v majhnih skupinah ali individualno rešijo izbrani problem na večji količini besedilnih podatkov (npr. analiza arhivskega gradiva/knjig, gradnja klepetalnika nad korpusom, primerjalna analiza modelov, jezikovna obdelava družbenomedijskih virov).	resolution; specifics of Slovene and other morphologically rich languages. • *Evaluation and reliability of LLMs:* automatic metrics (BLEU, ROUGE, BERTScore), human evaluation, LLM-as-a-judge, evaluation frameworks (SloBENCH), bias, safety and ethical considerations. • *Agentic technologies and tools:* function calling, integration with external resources, the MCP paradigm, agents that assist with research, writing and data analysis. • *Language technologies in practice:* case studies from humanistics and social sciences - translation studies, linguistic research, social sciences, education, librarianship and history; designing the student's own mini-project. • *Multimodal and speech models (brief overview):* automatic speech recognition (e.g. Whisper), text-to-speech, text-to-image models, intuitive overview for tasks that go beyond text only. *Project work:* in small groups or individually, students tackle a chosen problem on a larger volume of textual data (e.g. analysis of archival material/books, building a chatbot over a corpus, comparative analysis of models, processing social-media language data).

Temeljna literatura in viri/Readings:

- Jurafsky, D., Martin, J. H. Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics and Speech Recognition. 3rd edition draft, 2026. (izbrana poglavja / selected chapters; prosto dostopno / openly available)
- Alammar, J., Grootendorst, M. Hands-On Large Language Models: Language Understanding and Generation. O'Reilly Media, 2024.
- Bird, S., Klein, E., Loper, E. Natural Language Processing with Python (NLTK Book). O'Reilly, dostopno na nltk.org. (izbrana poglavja kot uvod v praktično delo)
- Phoenix, J., Taylor, M. Prompt Engineering for Generative AI. O'Reilly Media, 2024.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilj predmeta je študentom, ki ne prihajajo iz računalniških programov, omogočiti razumevanje delovanja sodobnih jezikovnih tehnologij in jih usposobiti za samostojno reševanje praktičnih problemov obdelave besedil z velikimi jezikovnimi modeli. Poudarek je na konceptualnem razumevanju, kritičnem vrednotenju in odgovorni rabi. Študenti bodo razvili naslednje splošne in predmetnospecifične kompetence: • razumevanje osnovnih konceptov obdelave naravnega jezika in delovanja velikih jezikovnih modelov; • sposobnost izbire ustreznega pristopa, modela in jezikovnega vira za zastavljen problem; • kompetenca samostojnega in učinkovitega oblikovanja ukaznih pozivov, vključno z oblikovanjem strukturiranih izhodov; • sposobnost priprave, čiščenja in označevanja besedilnih podatkov;	The aim of the course is to enable students who do not come from computer-science programmes to understand how modern language technologies work, and to equip them to solve practical text-processing problems independently using large language models. The emphasis is on conceptual understanding, critical evaluation and responsible use. Students will develop the following general and subject-specific competences: • understanding the basic concepts of natural language processing and large language models; • the ability to choose an appropriate approach, model and language resource for a given problem; • the competence of independent and effective prompt engineering, including the design of structured outputs; • the ability to prepare, clean and annotate textual data;

• uporaba pristopa RAG za delo z lastnimi dokumentnimi zbirkami; • razumevanje pravnih, etičnih in družbenih vidikov rabe VJM (avtorske pravice, GDPR, pristranost, varnost, okoljski odtis); • sposobnost kritičnega vrednotenja izhodov VJM in prepoznavanja njihovih omejitev; • interdisciplinarno timsko delo in komunikacija rezultatov.	• applying retrieval-augmented generation to work with own document collections; • an understanding of the legal, ethical and social aspects of using LLMs (copyright, GDPR, bias, safety, environmental footprint); • the ability to critically evaluate LLM outputs and recognise their limitations; • interdisciplinary teamwork and of communicating results.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešno zaključenem predmetu bo študent zmožen: • z lastnimi besedami pojasniti, kako delujejo veliki jezikovni modeli, in razložiti razlike med tradicionalnimi, statističnimi ter nevronskimi pristopi; • izvesti tipičen postopek priprave besedilnih podatkov (od pridobitve in čiščenja do osnovne analize); • uporabiti prosto dostopne korpuse in jezikovne vire ter razumeti njihove licenčne in etične omejitve; • zasnovati in izvesti učinkovite ukaze z generativnim VJM za izbrano nalogo (klasifikacija, povzemanje, ekstrakcija, prevajanje, urejanje, ustvarjanje); • postaviti enostavno rešitev RAG nad lastno zbirko dokumentov; • uporabiti odprtokodne knjižnice (npr. spaCy, Stanza/Classla, Hugging Face Transformers) za pogoste jezikoslovne naloge; • kritično ovrednotiti izhode jezikovnega modela in izbrati primerno metriko za vrednotenje; • zaznati in razložiti tveganja pristranskosti, halucinacij in zlorab VJM v različnih domenah; • sodelovati v interdisciplinarni skupini in predstaviti rezultate projekta strokovni in širši javnosti.	On successful completion of the course, the student will be able to: • explain in their own words how large language models work and describe the differences between traditional, statistical and neural approaches; • carry out a typical text-data preparation pipeline (from acquisition and cleaning to basic analysis); • use openly available corpora and language resources and understand their licensing and ethical constraints; • design and conduct an effective interaction with a generative LLM for a chosen task (classification, summarisation, extraction, translation, editing, generation); • build a simple retrieval-augmented generation solution over their own document collection; • use open-source libraries (e.g. spaCy, Stanza/Classla, Hugging Face Transformers) for common linguistic tasks; • critically evaluate the outputs of a language model and choose an appropriate evaluation metric; • identify and articulate risks of bias, hallucination and misuse of LLMs in various domains; • collaborate in an interdisciplinary team and present results of a project to expert and wider audiences.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja s prikazi v živo (Jupyter / Google Colab), demonstracije orodij. Vodene laboratorijske vaje s postopnim uvajanjem v Python in odprtokodne knjižnice, razpravo o izbranih primerih in člankih, projektno delo v majhnih skupinah (3 študenti) z mentorsko podporo, javne predstavitve.	Lectures with live demonstrations (Jupyter / Google Colab), demonstrations of tools. Guided lab tutorials that gradually introduce Python and open-source libraries, discussions of selected use cases and papers, project work in small groups (3 students) with mentoring, public presentations of projects.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Sprotno preverjanje v okviru predavanj	10,00 %	Continuous assessment during lectures
Projektno delo z vmesnimi poročili in javno predstavitvijo končnega poročila	50,00 %	Project work with interim reports and public presentation of a final report
Končni pisni izpit (konceptualni del)	40,00 %	Final written exam (conceptual part)

Pri projektnem delu in končnem pisnem izpitu posebej mora študent doseči vsaj 50 % možnih točk.		The student must achieve at least 50 % of available points in each of the project work and final 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:

KNEZ, Timotej, ŠTRAVS, Miha, ŽITNIK, Slavko. **Semi-supervised relation extraction corpus construction and models creation for under-resourced languages : a use case for Slovene**. *Information*. Feb. 2025, vol. 16, iss. 2, [article no.] 143, str. 1-17, ilustr. ISSN 2078-2489. https://www.mdpi.com/2078-2489/16/2/143, Repozitorij Univerze v Ljubljani – RUL, DOI: 10.3390/info16020143.

KNEZ, Timotej, ŽITNIK, Slavko. **Multimodal learning for temporal relation extraction in clinical texts**. *JAMIA. Journal of the American Medical Informatics Association*. Jun. 2024, vol. 31, iss. 6, str. 1-8, ilustr. ISSN 1067-5027. https://academic.oup.com/jamia/article/31/6/1380/7635381, DOI: 10.1093/jamia/ocae059.

ŽITNIK, Slavko, SMITH, Glenn Gordon. **Automated analysis of postings in fourth grade online discussions to help teachers keep students on-track**. *Interactive learning environments*. 2024, vol. 32, no. 8, str. 4587-4612, ilustr. ISSN 1049-4820. https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10494820.2023.2204327, Repozitorij Univerze v Ljubljani – RUL, DOI: 10.1080/10494820.2023.2204327.

KLEMEN, Matej, ŽITNIK, Slavko. **Neural coreference resolution for Slovene language**. *Computer science and information systems*. [Print ed.]. 2022, vol. 19, iss. 2, str. 495-521, ilustr. ISSN 1820-0214. http://www.doiserbia.nb.rs/Article.aspx?ID=1820-02142100060K#.Ya2cu9DMJPY, DOI: 10.2298/CSIS201120060K.

ŽITNIK, Slavko, DRAGAR, Frenk. **SloBENCH evaluation framework**. [S. l.]: CLARIN.SI, 2021. CLARIN.SI data & tools. http://hdl.handle.net/11356/1469.

Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu:
https://bib.cobiss.net/bibliographies/si/webBiblio/bib201_20260426_191622_34156.html

VISOKO ZMOGLJIVO RAČUNANJE

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Visoko zmogljivo računanje
Course title:	High performance computing
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Podatkovne vede (smer)		2. semester	izbirni
Računalništvo in informatika, druga stopnja, magistrski	Računalništvo in informatika (smer)		2. semester	izbirni
Računalništvo in matematika, druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik, 2. letnik	1. semester, 2. semester	izbirni
Umetna inteligenca (Erasmus Mundus Joint Master in Artificial Intelligence (EMAI)), druga stopnja, magistrski	Ni členitve (študijski program)	1. letnik	2. semester	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0127827
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63543

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
45	10	20			105	6

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Uroš Lotrič

Vrsta predmeta/Course type:	strokovni izbirni predmet/specialist elective course

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

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

Vsebina:	Content (Syllabus outline):
Vzporedno in porazdeljeno računanje. Vzporedne arhitekture. Dostop do pomnilnika. Zrnjavost. Topologije. **Sodobne vzporedne arhitekture.** Večprocesorski sistemi. Večračunalniški sistemi. Grafične kartice. Koprocesorji. Vezja FGPA, heterogeni sistemi. **Vzporedni programski jeziki in okolja.** OpenMP. MPI. OpenCL. MapReduce. **Paralelni algoritmi.** Analiza in programiranje. Podatkovni in funkcijski paralelizem. Cevovod. Raztegljivost. Načini programiranja. Strategije.	**Parallel and distributed computing.** Quantifying parallelisation architectures. Memory access. Granularity. Topologies. **Modern parallel architectures.** Shared-memory systems. Distributed-memory systems. Graphics processing units. Modern coprocessors. FPGA circuits. Heterogeneous systems. **Parallel languages and programming environments.** OpenMP. MPI. OpenCL. MapReduce.

Analiza pohitritev. Implementacija tipičnih algoritmov. Izbira primerne arhitekture. **Zmogljivost paralelnih sistemov.** Uravnavanje obremenitve. Razporejanje opravil. Stroški komunikacije. Vpliv predpomnilnika. Prostorska in časovna lokalnost. Energijska učinkovitost. **Uporaba nacionalne infrastrukture za visokozmogljivo računanje.** **Izbrane napredne in aktualne teme s področja visokozmogljivega računanja.**	**Parallel algorithms.** Analysis and programming. Data and functional parallelism. Pipeline. Scalability. Programming strategies. Performance analyis. Implementation of standard scientific algorithms. Choosing the appropriate architecture. **Parallel performance.** Load balancing. Scheduling. Communication overhead. Cache effects. Spatial and temporal locality. Energy efficiency. **Using the national high performance computing infrastructure.** **Selected advanced and current topics in high performance computing.**

Temeljna literatura in viri/Readings:

- Introduction to High Performance Scientific Computing, by V. Eijkhout et al. (Creative Commons, 2015)
- P.S. Pacheco. An Introduction to Parallel Programming, 2nd Edition, Morgan Kaufman, 2011.
- M. J. Quinn. Parallel Programing in C with MPI and OpenMP. Mc Graw Hill, 2003.
- B.R. Gaster et. al. Heterogeneous computing with OpenCL. Morgan Kaufmann, 2013.
- G. Couloris et al. Distributed Systems: Concepts and Design. Pearson, 2012.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Pridobiti teoretično in praktično znanje s področij vzporednih in porazdeljenih sistemov, paralelnega programiranja in procesiranja, ki je potrebno za učinkovitejše izvjanje izbranega problema z uporabo moderne strojne opreme in ustreznih orodij. Zmožnost učinkovite paralelizacije problema s področja znanosti in tehnike, vključujoč analizo problema, izbiro primerne strojne opreme in pravega programskega pristopa. Pridobiti znanje za delo na nacionalni infrastrukturi za visokozmogljivo računanje.	To get the theoretical and practical knowledge from the areas of parallel and distributed systems, parallel programming and processing, needed to excel the computation of the problem at hand using modern computing platforms and tools. Parallelize problems from science and engineering by structuring the problem, choosing the appropriate hardware and programming concept to generate an effcient solution. Gain knowledge to work with national high performance infrastructure.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Po uspešno zaključenem predmetu naj bi bili študentje zmožni: • Zasnovati programe za moderne paralelne računalniške arhitekture. • Izbrati primerno strojno opremo za pohitritev izbranega algoritma. • Narediti preformančno analizo programske kode. • Identificirati dele programske kode, ki jih je smiselno pohitriti. • Uporabiti nacionalno infrastrukturo za visokozmogljivo računanje. • Povezati teorijo vzporednih in porazdeljenih sistemov s prakso.	After successfully completing the course, students should be able to: • Design programs for modern parallel architectures. • Choose the appropriate hardware to speed up a particular algorithm. • Perform performance analysis of computer code. • Identify parts of the code that can be sped up. • Use the national high performance computing architecture. • Connect the theory and practice of parallel and distributed systems.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, vaje, domače naloge, projekt.	Lectures, tutorials, homework, project.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project):

Sprotno preverjanje (domače naloge in projektno delo)	50,00 %	Continuing (homework, project work)
Končno preverjanje (ustni izpit)	50,00 %	Final (oral 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:

- SILVA, Catarina, LOTRIČ, Uroš, RIBEIRO, Bernardete, DOBNIKAR, Andrej. Distributed text classification with an ensemble kernel-based learning approach. IEEE trans. syst. man cybern., Part C Appl. rev., May 2010, vol. 40, 287-297
- LOTRIČ, Uroš, BULIĆ, Patricio. Applicability of approximate multipliers in hardware neural networks. Neurocomputing, 2012, vol. 96, 57-65
- CANKAR, Matija, ARTAČ, Matej, ŠTERK, Marjan, LOTRIČ, Uroš, SLIVNIK, Boštjan. Co-allocation with collective requests in grid systems. Journal for universal computer science, 2013, vol. 96, 282-300
- SLUGA, Davor, CURK, Tomaž, ZUPAN, Blaž, LOTRIČ, Uroš. Heterogeneous computing architecture for fast detection of SNP-SNP interactions. BMC bioinformatics, 2014, vol. 15, 1-16
- LOTRIČ, Uroš, BULIĆ, Patricio. Logarithmic arithmetic for low-power adaptive control systems. Circuits Systems and Signal Processing, 2017, vol. 36, 3564-3584

Celotna bibliografija: / Full bibliograpy:
http://sicris.izum.si/search/rsr.aspx?lang=slv&id=9241.

ZAZNAVANJE V KOGNITIVNIH SISTEMIH

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Zaznavanje v kognitivnih sistemih
Course title:	Perception in cognitive systems
Članica nosilka/UL Member:	UL FRI

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

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0075156
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	63513

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	Aleš Leonardis
Vrsta predmeta/Course type:	Strokovno izbirni predmet/specialist elective course

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

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

Vsebina:	Content (Syllabus outline):
Predavanja: - Računske teorije zaznavanja - Kognitivne arhitekture zaznavanja - Učenje, razpoznavanje, kategorizacija in abstrakcija vizualnih entitet - Aktivni vid - Računske teorije pozornostnih mehanizmov - Vizualni kontekst - Računske teorije zaznavanja prostora in prostorskih relacij **Vaje:** Študenti se na vajah spoznajo z dodatnimi vidiki računskih modelov zaznavanja in z njihovo praktično implementacijo v okviru razvoja senzorskih ali robotskih sistemov. Pod vodstvom mentorja razvijejo	**Lectures:** - Computational theories of perception - Cognitive architectures of perception - Learning, recognition, categorization and abstractions of visual entities - Active vision - Computational theories of attentional mechanisms - Visual context - Computational theories of spatial perception **Exercises:** Practical implementation of computational models related to perception and cognition. Under supervision, development of software and hardware solutions for object recognition and categorisation, robot localisation, and active vision.

programske in strojne rešitve s področja razpoznavanja in kategorizacije objektov, robotske lokalizacije in aktivnega vida.	

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. Object Categorization: Computer and Human Vision Perspectives, S. J. Dickinskon, A. Leonardis, B. Schiele, M. J. Tarr, (Eds.), Cambridge University Press, 2009, (ISBN-13: 9780521887380).
2. A. Pinz, Object Categorization, Foundations and Trends® in Computer Graphics and Vision, 1(4), pp. 255-353, 2006, (ISBN: 1-933019-13-1).
Dostopna tudi: http://www.emt.tugraz.at/system/files/CGV003-journal.pdf
3. S. Thrun, W. Burgard, D. Fox, Probabilistic Robotics: Intelligent Robotics and Autonomous Agents, (ISBN-10: 0262201623).

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilj predmeta je študente računalništva in informatike naučiti osnov zaznavanja v kognitivnih sistemih, kar vključuje nekatere izbrane teorije računskega zaznavanja, računalniško modeliranje zaznavnih procesov ter uporabo teh modelov pri izgradnji aktivnih kognitivnih robotskih sistemov.	The objective of the course is to teach the students basic competences in the area of artificial perception in cognitive systems, including selected computational theories of perception, computational models of perceptual processes, and application of these models for designing active cognitive robotic systems.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Študent naj bi po uspešno opravljenem predmetu: - Poznal in razumel računske modele zaznavanja ter njihove implementacije v umetnih kognitivnih sistemih. - Znal snovati praktične rešitve s področja umetnega zaznavanja v kognitivnih sistemih. • Znal snovati in implementirati praktične rešitve s področja umetnega zaznavanja v kognitivnih sistemih, npr. v avtonomnih robotih, nadzornih sistemih, inteligentnih okoljih ali mobilnem računalništvu. - Poznal širše raziskovalno področje umetnega in naravnega zaznavanja ter kognitivnih sistemov. - Bil sposoben samostojnega in multidisciplinarnega raziskovanja na osnovi strokovne literature in eksperimentalnega dela. Sposobnost programiranja senzorskih ali robotskih sistemov.	After successfully completing the course, the students will be able to: -understand computational models of perception and their implementation in artificial cognitive systems, - understand design principles for practical problems in the area of artificial perception in cognitive systems, - design and implement practical solutions in the area of machine perception in cognitive systems, e.g., in autonomous robots, control systems, intelligent environments or mobile computing, - understand wider research area of artificial and natural perception and cognitive systems, - perform research based on professional literature and experimental work and program sensorial and robot systems.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja s podporo avdio-vizualne opreme. Laboratorijske vaje v primerno opremljenem laboratorijskem prostoru. Delo posamezno in v skupinah. Praktično delo in vrednotenje produktov.	Lectures with slides. Exercises in appropriately equipped laboratories. Individual work and work in small groups.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):		Type (examination, oral, coursework, project):
Sprotno preverjanje (domače naloge, kolokviji in projektno delo)	50,00 %	Continuing (homework, midterm exams, project work)
Končno preverjanje (pisni in ustni izpit)	50,00 %	Final (written and oral exam)
Ocene: 6-10 pozitivno, 5 negativno (v skladu s Statutom UL).		Grading: 6-10 pass, 5 fail (according to the rules of University of Ljubljana).

Ocenjevalna lestvica:	**Grading system:**

Reference nosilca/Lecturer's references:

1. A. Leonardis, A. Gupta, and R. Bajcsy, »Segmentation of range images as the search for geometric parametric models«, *International Journal of Computer Vision*, **14**, pages 253-277, 1995.
2. A. Leonardis, A. Jaklic, and F. Solina, »Superquadrics for segmentation and modelling range data«, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, **19**, pages 1289-1295, 1997.
3. A. Leonardis and H. Bischof, »Robust recognition using eigenimages«, *Computer Vision and Image Understanding*, **78**, no. 1, pages 99-118, 2000.
4. M. Jogan, E. Žagar, A. Leonardis. »Karhunen-Loéve expansion of a set of rotated templates«. *IEEE trans. image process.*, July 2003, vol. 12, no. 7, str. 817-825.
5. S. Fidler, D. Skočaj, A. Leonardis. »Combining reconstructive and discriminative subspace methods for robust classification and regression by subsampling«. *IEEE trans. pattern anal. mach. intell.*. Mar. 2006, vol. 28, no. 3, str. 337-350.
Celotna bibliografija je dostopna na SICRISu: http://sicris.izum.si/search/rsr.aspx?lang=slv&id=5591.