

| UČNI NAČRT PREDMETA / COURSE SYLLABUS (leto / year 2016/17)                  |                           |   |                              |                                    |                                      |             |
|--|---------------------------|---|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-------------|
| <b>Predmet:</b>  |                           | Izračunljivost in računska zahtevnost                                 |                              |                                    |                                      |             |
| <b>Course title:</b>   |                           | Computability and computational complexity                            |                              |                                    |                                      |             |
| <b>Študijski program in stopnja</b><br>Study programme and level             |                           | <b>Študijska smer</b><br>Study field                                  |                              | <b>Letnik</b><br>Academic year     | <b>Semester</b><br>Semester          |             |
| Interdisciplinarni magistrski študijski program Računalništvo in matematika  |                           | ni smeri  |                              | 1 ali 2                            | prvi                                 |             |
| Interdisciplinary Master's study programme Computer Science and Mathematics  |                           | none  |                              | 1 or 2                             | first                                |             |
| <b>Vrsta predmeta / Course type</b>  |                           |   |                              | izbirni / elective                 |                                      |             |
| <b>Univerzitetna koda predmeta / University course code:</b>                 |                           |   |                              | 63517                              |                                      |             |
| <b>Predavanja</b><br>Lectures  | <b>Seminar</b><br>Seminar | <b>Vaje</b><br>Tutorial   | <b>Klinične vaje</b><br>work | <b>Druge oblike študija</b>        | <b>Samost. delo</b><br>Individ. work | <b>ECTS</b> |
| 45   |                           | 30  |                              |                                    | 105                                  | 6           |
| <b>Nosilec predmeta / Lecturer:</b>  |                           | prof. dr. Borut Robič   |                              |                                    |                                      |             |
| <b>Jeziki / Languages:</b>   |                           | <b>Predavanja / Lectures:</b> slovenski / Slovene, angleški / English |                              |                                    |                                      |             |
|  |                           | <b>Vaje / Tutorial:</b> slovenski / Slovene, angleški / English       |                              |                                    |                                      |             |
| <b>Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:</b> |                           |   |                              | <b>Prerequisites:</b>              |                                      |             |
| Vpis v letnik študija.   |                           |   |                              | Enrolment in the programme.        |                                      |             |
| <b>Vsebina:</b>  |                           |   |                              | <b>Content (Syllabus outline):</b> |                                      |             |

Predavanja:

1. Uvod: Algoritem intuitivno.
2. Zgodovina: Kriza v matematiki 20. stoletja. Reševanje iz krize. Formalni sistemi. Hilbertov program. Godlova teorema.
3. Uvod v izračunljivost: Kaj je algoritem in računanje? Računski modeli. Church-Turingova teza. Turingov stroj in univerzalni stroj.
4. Neizračunljivost. Neizračunljivi problemi obstajajo. Relativna izračunljivost. Hieararhije. Primeri neizr. problemov in praktične posledice na raznih področjih računalništva.
5. Avtomati, gramatike, jeziki: Končni avtomat, regularna gramatika in jezik. Skladovni avtomat, kontekstno neodvisna gramatika in jezik. Linearno omejeni avtomat, kontekstno odvisna gramatika in jezik. Hierarhija Chomskega. Primeri in uporaba na raznih področjih računalništva.

Lectures:

1. Introduction: Intuitive notion of algorithm.
2. History: Crisis in 20th century math. Solving the crisis. Formal systems. Hilbert's program. Godel's theorems.
3. Introduction to computability: What is algorithm and computation? Models of comp. Church-Turing thesis. Turing machine and universal Turing machine.
4. Uncomputability. Uncomputable problems exist. Relative computability. Hierarchies. Examples of uncomputable problems and consequences in computer science.
5. Automata, grammars, languages: Finite automata, regular grammars and languages. Pushdown automata, context-free grammars and languages. Linear bounded automata, context-sensitive grammars and languages. Chomsky hierarchy. Examples and application.

|  |  |
|--|--|
| <p>6. Uvod v računsko zahtevnost:<br/>         Prostorska, časovna in druge zahtevnosti. Lahki in težki problemi v praksi. Razreda P, NP in drugi. NP-polnost in njeno dokazovanje. Primeri in uporaba na raznih področjih rač.</p> <p>7. Obvladovanje težkih problemov:<br/>         Verjetnostno, aproksimativno in paralelno računanje. Interaktivno dokazovanje. Primeri v praksi.</p> <p>8. Novejši pristopi: Kvantno računanje.<br/>         Vaje:<br/>         Namen vaj je dvojen:<br/>         1) Utrjevanje pri predavanjih obravnavane snovi s primeri in 2) kvalitativna in kvantitativna predstavitev pomembnih primerov uporabe, ki so za študente relevantni.<br/>         Pri vajah študenti s pomočjo učitelja rešujejo naloge, zato je udeležba pri vajah obvezna.<br/>         Domače naloge:<br/>         Namen domačih nalog je ponuditi študentom priložnost za samostojno reševanje</p> | <p>6. Introduction to computational complexity: Space, time, and other complexities. Easy and hard problems. Classes P, NP, and other complexity classes. NP-completeness and methods of proving it. Examples and applications.</p> <p>7. Coping with hard problems: Randomized, approximation, and parallel computing. Interactive proving. Examples and application.</p> <p>8. Recent approaches: Quantum computing.</p> |
|--|--|

zahtevnejših nalog s področja izračunljivost in računске zahtevnosti, ki poleg domiselnosti zahtevajo nekoliko temeljitejši teoretični premislek. Oboje presega možnosti pri vajah in navaja k samostojnemu delu.

**Temeljni literatura in viri / Readings:**

1. B. Robič: Izračunljivost in računska zahtevnost (v pripravi).
2. B. Robič: Aproksimacijski algoritmi, Založba FE in FRI, 2009.
3. M. Sipser: Introduction to the Theory of Computation, Course Technology, 2006.
4. J.E. Hopcroft, J.D. Ullman: Introduction to Automata Theory, Languages and Computation, Addison Wesley, 1979 in 2001.
5. E. Rich: Automata, Computability and Complexity: Theory and Applications, Prentice Hall, 2008.
6. S. Arora, B. Barak, Computational Complexity, A modern approach, Cambridge Univ. Press, 2009.

**Cilji in kompetence:**

Cilj predmeta je dvojen: 1) študenta opremiti s sodobnim znanjem s področja teoretičnega računalništva in 2) študenta usposobiti, da bo lahko to znanje uspešno uporabljal pri reševanju problemov v praksi.

**Objectives and competences:**

Major part of the course is devoted to computability and computational complexity theory emphasizing on application on various disciplines of computer science. In part the course covers the historical development of the field as well as its recent achievements, again focusing on practical problem solving.

**Predvideni študijski rezultati:**

**Intended learning outcomes:**

Znanje in razumevanje:

Sodobno razumevanja pojmov, kot so

algoritem, računanje, izračunljivost, računska zahtevnost in obvladljivost ter povezav med njimi. Sposobnost samostojnega analiziranja računske zahtevnosti problemov in možnosti za učinkovit izračun (kakovostnih) rešitev.

Uporaba:

Uporaba naučenih pojmov, principov in tehnik pri reševanju konkretnih računskih problemov v praksi.

Refleksija:

Razumevanje postopkov za analizo inherentne zahtevnosti računskih problemov in poznavanje strategij in metod za njihovo reševanje.

Prenosljive spretnosti - niso vezane le na en predmet:

Zmožnost analitičnega ocenjevanja zahtevnosti katerega koli problema in usposobljenost za pravilno izbiranje strategij in metod za njihovo učinkovito reševanje.

Knowledge and understanding:

Student will possess knowledge and skills in computability and computational complexity theory.

Application:

Computability and computational complexity theory is fundamental to efficient problem solving, algorithm design and analysis, and design of complex software.

Reflection:

Learning deep and intricate facts of the computability and computation complexity theory and their use in various disciplines in computer science.

Transferable skills:

We will treat the topics with as much of mathematical rigor as necessary for clear and succinct exposition. At the same time we will develop a birds-eye look at the theory by explaining the motivation and intuition behind the various notions and facts of this theory .

**Metode poučevanja in učenja:**

**Learning and teaching methods:**

|  |   |
|--|---|
| <p>Predavanja, vaje z ustnimi nastopi, seminarski način dela pri domačih nalogah. Poudarek je na sprotnem študiju, na skupinskem delu pri vajah in na samostojnem delu pri domačih nalogah oz. seminarjih.</p> | <p>Lectures and exercise groups, homework assignments.</p> <p>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.</p> |
|--|---|

Delež (v %) /

**Načini ocenjevanja:**

Weight (in %)

**Assessment:**

|   |            |  |
|---|------------|--|
| <p>Načini ocenjevanja:<br/>Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):<br/>Sprotno preverjanje (domače naloge, kolokviji in projektno delo)<br/>Končno preverjanje (pisni in ustni izpit)</p> | <p>50%</p> | <p>Type (examination, oral, coursework, project):<br/>Continuing (homework, midterm exams, project work)<br/>Final (written and oral exam)</p> |
|---|------------|--|

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

ROBIČ, Borut, KOROŠEC, Peter, ŠILC, Jurij. Ant colonies and the mesh-partitioning problem. V: OLARIU, Stephan (ur.), ZOMAYA, Albert Y. (ur.). Handbook of bioinspired algorithms and applications, (Chapman & Hall/CRC computer and information science series). Boca Raton, London, New York: Chapman & Hall/CRC, 2006, str. 285-303, ilustr. [COBISS.SI-ID 19403047]

UNGERER, Theo, ROBIČ, Borut, ŠILC, Jurij. A survey of processors with explicit multithreading. ACM computing surveys, ISSN 0360-0300. [Print ed.], 2003, vol. 35, str. 29-63. [COBISS.SI-ID 17347111]

ROBIČ, Borut, VILFAN, Boštjan. Improved schemes for mapping arbitrary algorithms onto processor meshes. Parallel Computing, ISSN 0167-8191. [Print ed.], 1996, vol. 22, str. 701-724. [COBISS.SI-ID 12195879]

ŠILC, Jurij, ROBIČ, Borut, UNGERER, Theo. Processor architecture : from dataflow to superscalar and beyond. Berlin [etc.]: Springer, 1999. XXII, 389 str., ilustr. ISBN 3-540-64798-8. [COBISS.SI-ID 14156327]

ČIBEJ, Uroš, SLIVNIK, Boštjan, ROBIČ, Borut. The complexity of static data replication in data grids.

Parallel Computing, ISSN 0167-8191. [Print ed.], 2005, vol. 31, no. 8/9, str. [900]-912, ilustr.  
[COBISS.SI-ID 4995412]