

# STROJNI VID

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Strojni vid
<b>Course title:</b>	MACHINE VISION
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FS

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni	Mehatronika (smer)	3. letnik	1. semester	obvezna

<b>Univerzitetna koda predmeta/University course code:</b>	0577649
<b>Koda učne enote na članici/UL Member course code:</b>	3076-V

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

<b>Nosilec predmeta/Lecturer:</b>	Drago Bračun
-----------------------------------	--------------

<b>Vrsta predmeta/Course type:</b>	Izbirni strokovni predmet /Elective specialised course
------------------------------------	--

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

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

Izpolnjevanje pogojev za vpis v Visokošolski strokovni študijski program I. stopnje Strojništvo -Projektno aplikativni program.	Meeting the enrollment conditions for the MECHANICAL ENGINEERING - Project Oriented Applied Programme.
---	--

## Vsebina:

<p>1. Predavanje: Uvod</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ uporaba slikovnih sistemov v avtomatizaciji in kontroli izdelkov</li> <li>□ primeri uporabe: kontrola dimenzij, površinskih napak, ugotavljanje lege in zasuka izdelkov, sledenje šiva, pobiranje izdelkov v razsutem stanju</li> <li>□ splošna zgradba slikovnih sistemov</li> </ul> <p>2. Preavanje: Osvetlitev in svetlobni efekti</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ svetlobni efekti (osvetlitev v osi, od zadaj, pod kotom, pravokotno) in njihova uporaba v praksi</li> <li>□ vpliv oblike in površinskih lastnosti merjenja</li> <li>□ izvedbe osvetljeval</li> </ul> <p>3. Predavanje: Kamere in zajem slike</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ pregled izvedb in osnovnih značilk kamer, povezovanje z računalniki</li> <li>□ krmiljenje kamer</li> <li>□ zajem slike, slikovni element,</li> <li>□ vzorčenje slike, nalaganje</li> </ul> <p>4. Predavanje: Objektiv</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ izvedbe objektivov</li> <li>□ osnovne značilke objektiv</li> <li>□ izračun in izbira objektiv (enačbe opt. preslikave za tanke leče, povečava)</li> <li>□ velikost merilnega območja</li> </ul> <p>5. Predavanje: Uvod v obdelavo slike</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ lastnosti in zapis slike v spominu računalnika</li> <li>□ pregled pristopov k obdelavi slike</li> <li>□ pregled knjižnic in visoko-nivojskih programskih paketov za obdelavo slike</li> </ul> <p>6. Predavanje: Točkovne operacije obdelave slike</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ povprečenje, razlika, množenje</li> <li>□ sprememba kontrasta</li> <li>□ sprememba barvnih formatov</li> <li>□ pragovi</li> <li>□ primeri uporabe (uporaba visoko-nivojskih programskih orodij za obdelavo</li> </ul>	<p><b>Content (Syllabus outline):</b></p> <p>1. Lecture: Introduction</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ application of imaging systems in automation and part inspection</li> <li>□ examples in dimension inspection, detection of surface defects, localization, seam tracking, bin picking</li> <li>□ general structure of imaging systems</li> </ul> <p>2. Lecture: Illumination and lighting effects</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ lighting effects (illumination in axis, from the back, at angle, perpendicular) and their application in practice</li> <li>□ influence of the object shape and surface condition</li> <li>□ lighting designs</li> </ul> <p>3. Lecture: Camera and image acquisition</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ review of camera features and performances,</li> <li>□ connecting to computers, camera control</li> <li>□ image acquisition, pixels,</li> <li>□ sampling, aliasing</li> </ul> <p>4. Lecture: Lenses</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ review of lens designs</li> <li>□ lens parameters</li> <li>□ calculation and selection of lenses (thin lens equation, magnification)</li> <li>□ measuring field size</li> </ul> <p>5. Lecture: Introduction in image processing</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ image properties and storage in computer memory</li> <li>□ image processing approaches</li> <li>□ libraries and high-level image processing software packages</li> </ul> <p>6. Lecture: Point operations in image processing</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ average, difference, multiplication</li> <li>□ contrast modification</li> <li>□ color format modification</li> <li>□ thresholding</li> </ul>
---	--

<p>slike)</p> <p>7. Predavanje: Prepoznavanje objektov</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ iskanje skupin povezanih slikovnih elementov (otokov)</li> <li>□ izračun geometrijskih značilnosti otokov (težišče, površina, očiščen krog, ...)</li> <li>□ določanje zasuka</li> <li>□ primeri uporabe</li> </ul> <p>8. Predavanje: Lokalne operacije obdelave slike</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ grafični prikaz izračuna konvolucije</li> <li>□ konvolucijska jedra za različne efekte</li> <li>□ uporaba pri filtriranju slik, prepoznavi robov, iskanju objektov na sliki</li> </ul> <p>9. Predavanje: Umeritev</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ model kamere, optične popačitve</li> <li>□ umeritvena telesa s kodiranimi vzorci</li> <li>□ uporaba standardnih programskih orodij za razpačitev slike in računanje koordinat v prostoru</li> </ul> <p>10. Predavanje: Integracija slikovnih sistemov – praktični vidiki</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ posebnosti gradnje kontrolnih priprav</li> <li>□ posebnosti integracije z industrijskim robotom</li> <li>□ obvladovanje svetlobnih motenj</li> <li>□ zaščita sistema pred okoljskimi vplivi</li> </ul> <p>11. Predavanje: Kontrola dimenzij izdelka</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ predstavitev primera iz prakse</li> <li>□ razvoj merilnih specifikacij</li> <li>□ izbira osvetlitve, kamere,</li> <li>□ izračun objektiva</li> <li>□ identifikacija osnovnih funkcij obdelave slike</li> </ul> <p>12. Predavanje: Primer zajema in obdelave slik (za primer kontrole dimenzij izdelkov; uporaba visoko-nivojskih programskih orodij)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ primer krmiljenja kamere in zajema slike</li> <li>□ primer obdelave slike pri kontroli dimenzij izdelka</li> <li>□ računanje izmerkov, kontrola skladnosti</li> </ul> <p>13. Predavanje: Analiza merilne negotovosti</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ primerjava meritev etalona z</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ case studies (using the high-level image processing software tools)</li> </ul> <p>7. Lecture: Object detection</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ blob search</li> <li>□ calculation of blob geometric features (center of gravity, area, edges)</li> <li>□ determining the rotation</li> <li>□ examples</li> </ul> <p>8. Lecture: Local operations</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ convolution (graphical explanation)</li> <li>□ convolution kernels and their effects</li> <li>□ application: filtering, edge detection, object recognition</li> </ul> <p>9. Lecture: Calibration</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ camera model, image distortion</li> <li>□ coded pattern calibration bodies</li> <li>□ image correction, calculation of 3D coordinates (use of high-level image processing software tools)</li> </ul> <p>10. Lecture: Integration of imaging systems – practical aspects</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ specifics in design of inspection devices</li> <li>□ integration with an industrial robot</li> <li>□ light interferences</li> <li>□ system protection from the environmental impacts</li> </ul> <p>11. Lecture: Inspection of dimensions</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ presentation of a case study</li> <li>□ development of measurement specifications</li> <li>□ selecting the lighting and camera,</li> <li>□ lens calculation</li> <li>□ identification of basic image processing functions</li> </ul> <p>12. Lecture: An example of image capture and processing (for the part dimension inspection case study; use of high-level software tools)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ camera control and image capture</li> <li>□ image processing and dimension inspection</li> <li>□ measurement, compliance test</li> </ul> <p>13. Lecture: Measuring uncertainty analysis</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ comparison of reference body measurement to reference measuring system</li> </ul>
--	---

<p>referenčnim merilnim sistemom</p> <p>□ merilna negotovost sistema</p> <p>14. Predavanje: Sistemi za sledenje</p> <p>□ izvedbe slikovnih sistemov za sledenje</p> <p>□ posebne zahteve za merjenje med obločnim in laserskim varjenjem ter strojno obdelavo</p> <p>□ oblikovanje povratne zanke za krmiljenje procesa</p> <p>15. Predavanje: Sodobni trendi v izvedbi slikovnih sistemov – prednosti uporabe v avtomatizaciji</p> <p>□ pametne kamere</p> <p>□ obdelava slike z namenskim procesorji (FPGA, grafične kartice ...)</p> <p>□ prihajajoči trendi v obdelavi slike</p>	<p>□ measuring system uncertainty</p> <p>14. Lecture: Tracking systems</p> <p>□ implementation of tracking systems</p> <p>□ specific requirements for seam tracking in arc and laser welding and machining</p> <p>□ feedback loop formation for process control</p> <p>15. Lecture: Modern trends in imaging systems - advantages of use in automation</p> <p>□ smart cameras</p> <p>□ image processing with dedicated processors (FPGAs, graphics cards)</p> <p>□ upcoming trends in image processing</p>
--	--

### Temeljna literatura in viri/Readings:

Robotics, Vision and Control, Peter Corke, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011

Machine vision handbook, Bruce G. Batchelo, Bruce G. Batchelo, Springer-Verlag London Ltd. 2012.

Optical Measurement Techniques, Innovations for Industry and the Life Sciences, Kai-Erik Peiponen, Springer Berlin Heidelberg 2009.

### Cilji in kompetence:

Cilji:

Spoznati uporabo strojnega vida v avtomatizaciji in kontroli izdelkov.

Spoznati načrtovanje sistemov strojnega vida.

Spoznati obdelavo slike z odprtokodno programsko opremo na osnovi OpenCV knjižnice.

Kompetence:

S2-PAP + P1-PAP: Sposobnost uporabe strojnega vida v praksi.

S13-PAP + P3 PAP: Sposobnost razvoja sistemov strojnega vida.

S12-PAP + P7-PAP: Sposobnost obdelave slike z odprtokodno programsko opremo.

### Objectives and competences:

Objectives:

1. Understand the use of machine vision in automation and product inspection.
2. To learn about the design of machine vision systems.
3. Understand image processing using OpenCV-based open source software.

Competencies:

1. S2-PAP + P1-PAP: Ability to use machine vision in practice.
2. S13-PAP + P3 PAP: Ability to develop machine vision systems.
3. S12-PAP + P7-PAP: Image processing using open source software.

### Predvideni študijski rezultati:

Znanja:

### Intended learning outcomes:

Knowledge:

<p>Z1: Predmet je namenjen spoznavanju strojnega vida, razvoju merilnih specifikacij, izvedbi in uporabi sistemov strojnega vida v industriji in mehatronskih sistemih. S pridobljenimi kompetencami bodo študenti sposobni uporabljati različne sisteme strojnega vida v praksi.</p> <p>Spretnosti:</p> <p>S1.1: Načrtovanje in uporaba strojnega vida v praksi.</p> <p>S1.2: Programiranje obdelave slike z odprtokodno programsko opremo.</p>	<p>Z1: The course is aimed at learning about the machine vision, development of measurement specifications, the design and use of machine vision systems in industry and mechatronic systems. With the acquired competences, students will be able to use different machine vision systems in practice.</p> <p>Skills:</p> <p>S1.1: Design and application of machine vision in practice.</p> <p>S1.2: Programming image processing with open source software.</p>
--	--

#### **Metode poučevanja in učenja:**

<p>P1 Avditorna predavanja z reševanjem izbranih - za področje značilnih - teoretičnih in praktično uporabnih primerov.</p> <p>P2 Obravnava snovi po urejeni in vnaprej razloženi sistematiki.</p> <p>P4 Laboratorijske vaje z namenski didaktičnimi pripomočki: merilnimi sistemi, kamerami, prenosnimi računalniki in odprtokodno programsko opremo.</p> <p>P8 Izdelava in predstavitev aplikativnih seminarskih nalog.</p>
---

#### **Learning and teaching methods:**

<p>P1 Classroom lectures by case study of selected theoretical and practical examples.</p> <p>P2 Structured and systematic lectures.</p> <p>P4 Laboratory work with dedicated teaching aids: measuring systems, cameras, laptops and open source software.</p> <p>P8 Design and presentation of applied seminar papers.</p>
---

#### **Načini ocenjevanja:**

#### **Delež/ Weight**

#### **Assessment:**

Teoretična snov (predavanja)	50,00 %	Theoretical matter (lectures)
Laboratorijsko delo na vajah (vključno s poročili)	25,00 %	Laboratory work in exercises (including reports)
Projektni seminar	25,00 %	Project seminar

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

Drago Bračun

**BRAČUN Drago**, SELAK Luka. Optical probing for CNC machining of large parts made from fiber-reinforced polymer composite materials. The international journal of advanced manufacturing technology, ISSN 0268-3768, 2019, vol. 100, iss. 5/8,

str. 1855-1865.

ŠKULJ Gašper, **BRAČUN Drago**. Research of a lensless artificial compound eye. Biomimetic and biohybrid systems: proceedings, ISSN 1611-3349, Lecture notes in artificial intelligence, Vol. 10384. Cham: Springer. 2017, str. [406]-417.

**BRAČUN Drago**, SLUGA Alojzij. Stereo vision based measuring system for online welding path inspection. Journal of materials processing technology, ISSN 0924-0136, 2015, vol. 223, str. 328-336.

BUDAK Igor, VUKELIĆ Djordje, **BRAČUN Drago**, HODOLIČ Janko, SOKOVIĆ Mirko. Pre-processing of point-data from contact and optical 3D digitization sensors. Sensors, ISSN 1424-8220, 2012, vol. 12, no. 1, str. 1100-1126.

AHČAN Uroš, **BRAČUN Drago**, ŽIVEC Katarina, PAVLIČ Rok, BUTALA Peter. The use of 3D laser imaging and a new breast replica cast as a method to optimize autologous breast reconstruction after mastectomy. The Breast, ISSN 0960-9776, apr. 2012, vol. 21, iss. 2, str. 183-189.