

## **Tárgyleírás**

**Szak megnevezése: Autonómrendszer-informatikus MSc**

**Oktatás nyelve: angol**

**Tárgy neve: Geometry of Computer Vision/A számítógépes látás geometriája**

**Tárgyfelelős neve: Csikós Balázs**

**Tárgyfelelős tudományos fokozata: DSc**

**Tárgyfelelős MAB szerinti akkreditációs státusza: AT**

**Az oktatás célja:**

### **tudás:**

A kurzus a 3D Computer Vision L+Pr (IPM-18AUTCVEG) tárgyra építve elmélyíti és kibővíti a hallgató elméleti és gyakorlati ismereteit a számítógépes látás és robotika határterületein, elsősorban a témakör geometriai módszereire helyezve a hangsúlyt. A megszerzett tudás az ipar számos területén használható, ahol a térbeli objektumok pontos elhelyezkedését, illetve alakját kell meghatározni kameraképek és különféle szenzorok adatainak számítógépes feldolgozásával, például robotikai rendszerek fejlesztésében, vagy 3D rekonstrukciós feladatokban.

### **képesség:**

A kurzus fejleszti az alábbi képességeket:

- matematikai-geometriai gondolkodás, absztrakt térszemléletet, geometriai módszerek koordináta-geometriai és szoftveres implementációja;
- a többkamerás rendszerek működésének megértése, a képfeldolgozási algoritmusok alkalmazása, RANSAC és más robusztus eljárások megvalósítása;
- robotok térbeli tájékozódásának és mozgásának tervezése.

Ezek a képességek különösen értékesek a robotika, autonóm járművek, kiterjesztett valóság (AR), számítógépes látás és egyéb hasonló területeken dolgozó szakemberek számára.

### **attitűd:**

- Vállalja és hitelesen képviseli informatikai szakterülete szakmai alapelveit.
- Nyitott a képesítésével, szakterületével kapcsolatos szakmai, technológiai fejlődés és innováció megismerésére és befogadására.
- Reflektív módon tekint saját szakmai kompetenciáira és tevékenységére.
- Törekszik a folyamatos szakmai képzésre és általános önképzésre.
- Elfogadja az informatikai szakma munka- és szervezeti kultúra szabályait, etikai elveit.

### **autonómia, felelősség:**

- Felelősséget vállal szakmai tevékenységéért.
- Törekszik a hatékony és minőségi munkavégzésre.
- Felelősséggel vállalja részfeladatok megoldását komplex szoftverfejlesztési feladatok megoldásában.

## **Az oktatás tartalma:**

- Descartes-féle koordináta-rendszerek. Áttérés két Descartes-féle koordináta-rendszer között. Ortogonális mátrixok, és egybevágósági transzformációk. Térbeli forgatások analitikus megadása: Euler-szögek, Tait--Bryan-szögek, Cayley-transzformáció, kvaterniók, Euler--Rodrigues-formula. Robottagokhoz rendelt koordináta-rendszerek Denavit--Hartenberg-konvencióval.
- Perspektív vetítések -- a „camera obscura”. A projektív tér bevezetése. A perspektív vetítés kiterjesztése végtelen távoli pontokra.
- Homogén koordináta-rendszerek.
- Metrikus adatok (távolság, szög) meghatározása egy perspektív képből. Kettősviszony. Kettősviszony kifejezése távolságokkal, szögekkel, homogén koordinátákkal.
- Projektív transzformációk, azok analitikus megadása, a projektív geometria alaptétele.
- Standard perspektív kamerák. Belső és külső paraméterek, kamera kalibrálás. Nem perspektív kamerák: halszemoptikás kamerák, katadioptrikus kamerák, szférikus kamera. Egységesített képalkotás (unified imaging).
- Epipoláris geometria. Az esszenciális mátrix. A fundamentális mátrix. A 8-pontos algoritmus és a normalizált 8-pontos algoritmus. A RANSAC algoritmus. Kameraképek „kiegyenesítése”.
- Háromkamerás geometria. A trifokális tenzor. Pont- és egyenestranszfer (a harmadik kép szerkesztése két képből). A kamerák közti fundamentális mátrixok. A trifokális tenzor kiszámolása.
- Képszegmentálási algoritmusok. Küszöböléses tartományokra bontás. Hisztogram. Összefüggő komponensek keresése. Objektum irányának meghatározása (súlypont, momentumok). Élkeresési algoritmusok.
- Robotok vizuális kíségetése (visual servoing). Pozíció alapú kíségetés, kép alapú kíségetés.

## **A számonkérés és értékelés rendszere:**

A hallgatók a kurzust kombinált vizsgával teljesíthetik, A végső jegy megszerzéséhez félévközi feladatokat (gyakorlati értékelés) és egy záróvizsgát (elméleti és gyakorlati értékelés) kell teljesíteniük.

**Irodalom: [csak magyar nyelvű képzés tárgya esetén töltendő]**

---

## **Az oktatás célja angolul / Aim of the subject:**

### **Knowledge**

The course builds on the 3D Computer Vision L+Pr (IPM-18AUTCVEG) course and deepens and broadens the student's theoretical and practical knowledge in the interface between computer vision and robotics, with a focus on the geometric methods of the subject. The knowledge gained can be used in many areas of industry where the exact position and shape of spatial objects need to be determined by computer processing of camera images and various sensor data, for example in the development of robotic systems or in 3D reconstruction tasks.

### **Abilities:**

The course develops the following skills:

- mathematical-geometric thinking, abstract spatial reasoning, coordinate-geometric and software implementation of geometric methods;
- understanding of the operation of multi-camera systems, application of image processing algorithms, implementation of RANSAC and other robust techniques;
- spatial positioning and motion planning of robots.

These skills are particularly valuable for professionals working in robotics, autonomous vehicles, augmented reality (AR), computer vision and other related fields.

**Attitude:**

- Commitment and authentic representation of the professional principles of the IT profession.
- Open to learn about and embrace professional and technological developments and innovations in his/her field of competence and specialization.
- Reflective about his/her own professional competences and activities.
- Pursues continuing professional development and general self-learning.
- Accepts the rules of work and organizational culture and ethical principles of the IT profession.

**Autonomy, responsibility:**

- Takes responsibility for his/her professional activities.
- Strives to work efficiently and with quality.
- Assumes responsibility for sub-tasks in complex software development tasks.

**Az oktatás tartalma angolul / Major topics:**

- Cartesian coordinate systems. Orthogonal matrices and isometric transformations. Analytical descriptions of spatial rotations: Euler angles, Tait--Bryan angles, Cayley transform, quaternions, Euler--Rodrigues formula. Denavit--Hartenberg convention to assign coordinate systems to robot links.
- Perspective projections -- the „camera obscura”. Introduction of projective space. Extension of perspective projection to points at infinity.
- Homogeneous coordinate systems.
- Determination of metric data (distance, angle) from a perspective image. Cross-ratio. Expressing cross-ratio in terms of distances, angles, homogeneous coordinates.
- Projective transformations, their analytical representation, the fundamental theorem of projective geometry.
- Standard perspective cameras. Internal and external parameters, camera calibration. Non-perspective cameras: fisheye cameras, catadioptric cameras, spherical cameras. Unified imaging.
- Epipolar geometry. The essential matrix. The fundamental matrix. The 8-point algorithm and the normalized 8-point algorithm. The RANSAC algorithm. Rectification of camera images.
- Three-view geometry. The trifocal tensor. Point and line transfer (editing the third image from two images). Fundamental matrices between cameras. Calculating the trifocal tensor.
- Image segmentation algorithms. Thresholding domain decomposition. Histogram. Finding connected components. Determining object orientation (centroid, moments). Edge detection algorithms.
- Visual servoing of robots. Position based servoing, image based servoing.

**A számonkérés és értékelés rendszere angolul / Requirements and evaluation:**

Students can complete the course by combined examination, To get the final grade, they complete mid-term assignments (practical assessment) and a final exam (theoretical and practical assessment).

**Irodalom / Literature:** [csak angol nyelvű képzés tárgya esetén töltendő / in case the language of the subject is ONLY English]

[1] R. Hartley, A. Zisserman: Multiple view geometry. Cambridge University Press (2003)

[2] L. G. Shapiro, G. Stockman: Computer vision. Pearson (2001)

[3] P. Corke: Robotics, Vision and Control. Springer (2011)