

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |            |                                     |                   |                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------|-------------------|----------------|
| Óbudai Egyetem                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |            | Alkalmazott Matematika Intézet      |                   |                |
| Neumann János Informatikai Kar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |            |                                     |                   |                |
| Tantárgy neve és kódja: Rendszer- és irányításelmélet (NIXRIIMMEE) Kreditérték: 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |                                     |                   |                |
| Alklamazott Matematika MSc szak                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |            | Esti tagozat 2022/23 tanév I. félév |                   |                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |            |                                     |                   |                |
| Tantárgy oktató(i): Dr. Tar József egyetemi tanár                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |                                     |                   |                |
| Előtanulmányi feltételek:<br>(kóddal)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |            | Differenciálegyenletek (NMXDE1MMEE) |                   |                |
| Heti óraszámok:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Előadás: 1 | Tantermi gyak.: 0                   | Laborgyakorlat: 1 | Konzultáció: 0 |
| Számonkérés módja:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Vizsga     |                                     |                   |                |
| A tananyag                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |            |                                     |                   |                |
| Oktatási cél: A rendszerelméleti és klasszikus irányításelméleti alapok megszerzése után a Hallgatók megismertetése a modern szabályozáselmélet különböző módszereivel.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |            |                                     |                   |                |
| Tematika: Model Predictive Controller (MPC): optimalizálás kényszerek mellett, Lagrange szorzók, redukált gradiens, társfeladat, nemlineáris programozás. Hátráló horizontú szabályozás. Szimulációs szoftverek, a MATLAB könnyen és jogtisztán elérhető alternatívái: Julia Version 1.0.3 (2018-12-18). LTI rendszerek általános leírása: stabilitás, megfigyelhetőség, szabályozhatóság. A póluselrendezés módszere. Állapotbecslés Luenberger megfigyelővel. MPC LTI modellekre és kvadratikus költségfüggvényekre: az LQR szabályozó. LTI rendszerek tárgyalása frekvenciaképben: a disztribúcióelmélet alapjai, a gyorsan fogyó alapfüggvények használata modellezésre, Laplace transzformáltjuk viselkedése. SVD, $H_\infty$ norma, robusztus tervezés, minimax elv. Nemlineáris robusztus szabályozó: VS/SM. Adaptív szabályozók: a “kappa” függvényosztály, Lyapunov stabilitás, egyenletes stabilitás és aszimptotikus stabilitás definíciója, Lyapunov függvény, kvadratikus Lyapunov függvény, Adaptív Inverz Dinamika Robotszabályozó. |            |                                     |                   |                |

| Féléves ütemezés:             |                                                                                                                                          |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Oktatási hét<br>(konzultáció) | Témakör                                                                                                                                  |
| 1.                            | A modell alapú szabályozások általános elmélete: az optimális szabályozók keretrendszerébe illesztett Model Predictive Controller (MPC). |

|                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.                                                                                          | Optimalizálás kényszerek mellett: Lagrange szorzók, redukált gradiens, társfeladat ("auxiliary function"), Nemlineáris Programozás.                                                                                                                                                                                            |
| 3.                                                                                          | Hátráló horizontú szabályozás (Receding Horizon Control -- RHC): célfüggvény típusok és kvalitatív jellemzőik.                                                                                                                                                                                                                 |
| 4.                                                                                          | Szimulációs kérdések: a MATLAB jogtisztá praktikus és hatékony alternatívái: MS EXCEL - SOLVER - VBA kombináció, Julia.                                                                                                                                                                                                        |
| 5                                                                                           | RHC alkalmazási példa Solver és Julia alapon.                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 6.                                                                                          | A lineáris, időinvariáns (LTI) modellek speciális osztálya: kanonikus formájú mozgásegyenlet, az általános megoldás szerkezete, hasonlósági transzformációk, általánosított sajátvektorok, Jordan láncok, Jordan féle kanonikus alak, nilpotens mátrixok, Cayley-Hamilton tétel, stabilitás, irányíthatóság, megfigyelhetőség. |
| 7.                                                                                          | A póluselrendezés módszere.                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 8.                                                                                          | Állapotbecslés, Luenberger szűrő.                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 9.                                                                                          | MPC LTI modellek és kvadratikus költségfüggvények speciális esetében: az LQR szabályozó, Riccati egyenletek.                                                                                                                                                                                                                   |
| 10.                                                                                         | LTI rendszerek tárgyalása a frekvenciaképben: a Laplace transzformált és az átviteli függvény. A disztibúcióelmélet alapjai: a gyorsan fogyó alapfüggvények használata szabályozási feladatok modellezésére, Laplace transzformáltjaik viselkedése.                                                                            |
| 11.                                                                                         | Mátrixok szinguláris érték felbontása: a legnagyobb szinguláris érték mint norma. LTI rendszerek külső zavarokkal szemben robusztus szabályozásának tervezési elvei frekvenciaképben: a $H_\infty$ norma, és a "minimax" elv alkalmazása a tervezésben.                                                                        |
| 12.                                                                                         | Nemlineáris rendszerek külső zavarokkal és modellhibákkal szemben robusztus VS/SM szabályozása.                                                                                                                                                                                                                                |
| 13.                                                                                         | Adaptív szabályozók.                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 14.                                                                                         | Konzultáció a vizsga előtt.                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Félévközi követelmények</b>                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Évközi jegy / aláírás megszerzésének feltételei (pl.: 2 zh megírása, házi dolgozat leadása) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Zárthelyi dolgozatok</b>                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Oktatási hét<br>(konzultáció)                                                               | Témakör                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Nem releváns ebben a témakörben. |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Nem releváns ebben a témakörben. |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Nem releváns ebben a témakörben. |
| <b>A félévzáró érdemjegy (é) kialakításának módszere</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                  |
| Az évközi jegy / aláírás kialakításának módja: féléves feladat beadása valamilyen szabályozási módszer bemutatásával valamilyen szabályozott rendszeren szimulációval.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                  |
| <b>Pótlás módja</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                  |
| Az évközi jegy / aláírás pótlásának módja. (pl.: az utolsó gyakorlaton egy ZH pótolható): Aláíráspótló vizsga.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                  |
| <b>Vizsga módja</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                  |
| Szóbeli vizsga, klasszikus kollokvium.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                  |
| <b>Vizsgajegy kialakítása</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                  |
| A kollokvium közös értékelése a Hallgatóval. (Primitív pontozás ezen a területen értelmetlen.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                  |
| <b>Irodalom</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                  |
| Kötelező:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                  |
| ---                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                  |
| Ajánlott:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                  |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lantos Béla: Irányítási rendszerek elmélete és tervezése II., Akadémiai Kiadó, 2003</li> <li>2. Bokor József, Gáspár Péter: Irányítástechnika járműdinamikai alkalmazásokkal, Typotex Kiadó, 2008</li> <li>2. Kemin Zhou, John C. Doyle, Keith Glover: Robust and Optimal Control, Pearson; 1 edition, 1995.</li> <li>3. J. K. Tar, L. Náday, I. J. Rudas: System and Control Theory with Especial Emphasis on Nonlinear Systems, TYPOTEX, Budapest, 2012, ISBN 978-963-279-676-5</li> </ol> |                                  |
| Egyéb segédletek:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                  |
| A Moodle rendszerre feltöltött PDF formátumú jegyzet anyagok és mintaprogramok.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                  |