

SZABÁLYOZÁSELMÉLET

Doktori szigorlati tematika

Villamosmérnöki és informatikai tudományok

Készítette: Dr. Tuschák Róbert egyetemi tanár
Dr. Lantos Béla egyetemi tanár

Bevezető ismeretek: Folytonosidejű és diszkrétidejű dinamikus rendszerek leírása. Minőségi jellemzők. Stabilitás kritériumok. Egyváltozós (SISO) mintavételes szabályozások tervezése: fázistöbbletre tervezés bilineáris transzformációval, véges beállási idejű (dead beat) szabályozás, Smith prediktor, kétszabadságfokú szabályozó tervezése referenciamodell alapján, k-lépéssel előretartó prediktor, általánosított prediktív irányítás. Ackermann képlet, állapotviisszacsatolás és állapotmegfigyelő tervezése.

Többváltozós (MIMO) szabályozások tervezése állapotterben: Irányíthatóság, elérhetőség, megfigyelhetőség és rekonstruálhatóság, Kalman-felbontás, kanonikus alakok. Folytonos- és diszkrétidejű rendszerek algebrai hasonlósága. Pólusáthelyezés állapotviisszacsatolással. Minimálisrendű állapotmegfigyelő. Az alapjel figyelembe vétele, integráló szabályozás, terhelésbecslés. Szétszétválasztás stabilitásgaranciával.

Nemlineáris, optimális és robusztus irányítási rendszerek: Stabilitás (Ljapunov, aszimptotikus, globális). Ljapunov direkt módszere. LaSalle-tétel. Lineáris rendszer stabilitása, Ljapunov egyenlet. Csúszó szabályozás (sliding control), az oszcillációk elkerülése kapcsolási sáv alkalmazásával. Numerikus optimalizálási módszerek végesdimenziós vektorterekben: gradiens, konjugált gradiens, Newton és kvázi Newton módszerek. A statikus és dinamikus optimum analitikus feltételei. Kuhn-Tucker tétel, Lagrange multiplikátor szabály. Lokális infimum elv, Pontrjagin-féle maximum elv, dinamikus programozás. Nemszkálárértékű optimalizálási problémák. A diszkrétidejű Kalman-szűrés mint optimum feladat mátrix kritérium esetén. Optimális irányítás kvadratikusan kritérium szerint, Riccati-egyenlet. LQ probléma és Kalman-szűrés hasonlósága. MIMO általánosított prediktív irányítás állapotterben stabilitás garanciával. Irányítás H_∞ terekben: modellillesztési, követési és robusztus stabilizálási feladat, Youla-paraméterezés, Nehari probléma. A robusztus irányítások és a lineáris mátrixegyenlőtlenségek (LMI) kapcsolata.

Rendszeridentifikáció: Sztochasztikus folyamatok osztályozása (MA, AR, ARMA, Markov). Sztochasztikus állapotegyenlet, innovációs folyamat, spektrális faktorizáció. Lineáris paraméterbecslés felejtéssel. Batch és rekurzív algoritmusok. A domináns paraméterek meghatározása szinguláris érték felbontással (SVD). Nemlineáris paraméterbecslés. Tipikus rendszer- és zajmodellek. LS, IV (segédváltozós) módszeren és numerikus optimalizáláson alapuló identifikációs módszerek.

Sztochasztikus és adaptív irányítások: Optimális jóslás, a hiba varianciájának számítása. Minimális varianciájú szabályozás. LQG szabályozás, nemirányítható és nemstabil módok kezelése, alapjel figyelembe vétele. Bemenet-kimenet (BIBO) stabilitás. Passzív rendszer, passzivitási tétel. Pozitív valós átviteli függvény, Kalman-Yakubovich lemma. Kapcsolat pozitív valós és passzív rendszerek között. Adaptív erősítés szabályozás, MIT szabály, kis erősítés tétel. Modellreferenciás és önhangoló SISO adaptív irányítások. MIMO rendszer implicit adaptív irányítása. Robot önhangoló adaptív irányítása, irányítási és adaptációs törvény.

Nemlineáris rendszerek irányítása differenciálgeometriai módszerekkel: Differenciál-geometriai alapok, Lie deriváltak, részsokaság, érintő tér, disztribúció. Teljesen integrálható és involutív disztribúció, Frobenius-tétel. Lokális elérhetőség és megfigyelhetőség. Nemlineáris MIMO rendszer linearizálása visszacsatolással, Brunovsky-féle kanonikus alak, bemenet/állapot stabilizálás. Relatív fokszám vektor, bemenet/kimenet linearizálás és stabilizálás. Differenciálisan lapos (differentially flat) nemlineáris rendszerek irányítása.

Neuro-fuzzy és soft computing módszerek az irányítástechnikában: Lineáris rendszerek modellezése időképletetésekkkel és visszacsatolatlan neurális hálózattal. Neurális hálózatok hangolása, BP (hibavisszaterjesztés). Rendszermodellezés fuzzy rendszerekkel: fuzzy halmazok, és halmazműveletek, fuzzy logika, relációk, következtetési algoritmusok, defuzzifikációs módszerek. TSK és Sugeno típusú fuzzy rendszerek. Fuzzy logikai szabályozók (FLC) felépítése, fuzzy PD és PI jellegű szabályozók. Irányítástechnikai optimum feladatok megoldása genetikus algoritmusokkal (GA). Genotípus és fenotípus alak, egyszerű és multipopulációs genetikus algoritmusok felépítése (SGA, MPGA). Fitness függvények, szelekciós algoritmusok, bináris és real genetikus operátorok, visszahelyettesítési stratégiák. Fuzzy tudásbázis automatikus generálása klaszterezéssel, struktúra becslés, rendszerinicializálás, paraméter optimalizálás. Adaptív hálózatok, ANFIS, Sugeno rendszerek hibrid hangolása. Az 1. és 2. típusú indirekt fuzzy adaptív irányítások, a névleges és a felügyelő irányítás alakja, adaptív hangolási szabály, stabilitás garancia és stabilitás esély.

Irodalom:

- Aström, K. J.-Wittenmark, B.: Computer controlled systems.
(Prentice Hall, 1997)
- Antsaklis, P. J.-Michel, A. N.: Linear systems.
(McGraw-Hill, 1998)
- Ljung, L.: System identification.
(Prentice Hall, 1987)
- Slotine, J. J. E.-Li, W.: Applied nonlinear control.
(Prentice Hall, 1991)
- Aström, K. J.-Wittenmark, B.: Adaptive control.
(Addison-Wesley, 1989)
- Maciejowski, J. M.: Multivariable feedback design.
(Addison-Wesley, 1993)
- Zhou, K.-Doyle, J. C.-Glover, K.: Robust and optimal control.
(Prentice Hall, 1996)
- Isidori, A.: Nonlinear control systems.
(Springer, 1996)
- Camacho, E. F.-Bordons, C.: Model predictive control.
(Springer, 2000)
- Lantos, B.: Robotok irányítása.
(Akadémiai Kiadó, 1997)
- Wang, L. X.: Adaptive fuzzy systems and control.
(Prentice Hall, 1994)
- Jang, J. S. R.-Sun, C. T.-Mizutani, E.: Neuro-fuzzy and soft computing.
(Prentice Hall, 1997)