

# Folyamatidentifikáció és modellezés

<b>Kódja</b>	<b>MI-MSc-SP0-02</b>	(3+1K)
<b>Felelős</b>	Dr. Szecső Gusztáv, egyetemi docens	
<b>Felvehető</b>	2. félévben	
<b>ETF</b>	-	

## Leírása

Az identifikációs módszerek osztályozásának, vizsgáló jeleknek, a folyamat-identifikáció különböző eseteinek (lineáris rendszer mérhető ki- és bemeneti jelekkel, on-line identifikáció, többváltozós rendszerek identifikációja) matematikai tárgyalása. A folyamat-identifikáció felhasználási lehetőségeinek bemutatása: a dinamikus rendszerek viselkedésének jobb megismerése, az elméleti modellek felülvizsgálata. Paraméterbecslési módszerek: parametrikus modell-becslés (ARX-, AR- ARMAX- és Box-Jenkins- modellek), legkisebb-négyzetek módszere, korrelációanalízis és legkisebb-négyzetek módszere, rekurzív módszerek. A különböző becslési módszerek összehasonlítása, modell-validálás és az a-priori ismeretek figyelembevétele. Rendszermodellezés és szimuláció: definíciók, folytonos és diszkrét rendszerek, nemlineáris rendszerek analízise és modellezése. Számítógépes szimuláció: jelek digitális reprezentálása, állapotteres digitális szimulációs-technika, diszkrét rendszerek és az átviteli függvények digitális szimulációja, digitális szimulációs nyelvek. Jelmodellek. A lineáris regresszió alkalmazása az átviteli tényező meghatározására. A kvadrátikus alak bevezetése, összehasonlítása a lineáris regresszióval. Kvantitatív modellezés: a természettudományos törvények felhasználásának bemutatása. Alapvető kvantitatív modellek. Összetett mechanikai, hidraulikai, villamos, pneumatikus és hőtani rendszerek modelljei.

Néhány gyakorlati példa paraméterbecslésre (MATLAB támogatással) és rendszer-modellezésre (SIMULINK támogatással): villamos fűtésű kemence egyszerű lineáris modellje, gáznyomás-szabályozó nemlineáris modellje, nemlineáris modell dinamikus paramétereinek vizualizálása. Modellre épülő technológiai irányítás bemutatása földalatti gáztároló üzemeltetése kapcsán.

# Folyamatidentifikáció és modellezés

c. tárgy heti bontású tematikája

I. éves mérnökinformatikus szakos, Msc. hallgatók számára

Hét	Előadások tematikája
36.	Modellezés, mint a legkreatívabb emberi tevékenység. Jel- és rendszermodellek: <i>rendszer struktúra, rendszer paraméter, modellosztályok, matematikai modell.</i>
37.	Elosztott paraméterű, idővariáns, idő-invariáns és koncentrált paraméterű rendszerek. Nemlineáris és lineáris rendszerek. Jelek alapvető leírási módjai: időben folytonos, diszkrét, szinuszos, periodikus jelek.
38.	Időben diszkrét jelek leírása. Z-transzformáció és inverz Z-transzformáció: tételek, alkalmazások. Sztochasztikus jelek és folyamatok: várható érték, szórás és momentum. Sztochasztikus, diszkrét jelek.
39.	Ki- és bemenőjelek: a tag fogalma, lineáris, statikus tagok. A statikus átviteli tényező meghatározása. Elemekből felépített szervek és rendszerek: tömbvázlatok és jelfolyam-ábrák. A tagok (rendszerek) matematikai leírási módszerei. A modell legegyszerűbb megadása. Állapotter módszer, transzformációs módszerek, differenciál- és differenciaegyenletek.
40.	Állapotegyenlet létrehozása. A diszkrét folyamatmodellek meghatározási módjai. Gráfok - tömbvázlatok – egyszerűsítése.
41.	Kvantitatív modellezés. természettudományos alapfogalmak. Egyensúlyi egyenletek: az entalpia, a sűrűség egyensúly, az ideális gáztörvény. A berendezés specifikus (az ún. folyamat egyenletek). Az energia, a tömeg és a mechanikai energia megmaradásának törvénye. Newton tehetetlenségi törvénye, a dinamika alaptörvénye, a hatás – ellenhatás törvénye, az erőhatások függetlenségének elve vagy más néven a szuperpozíció elve, az impulzus (momentum) megmaradás törvénye.
42.	Kvantitatív modellek létrehozása: mennyiségi, sebesség, gerjesztő és fluxus jellemzői a különböző modellosztályoknak. Teljesítmény, energiatárolás, disszipáció. Állapotváltozók, állapotegyenletek.
43.	Alapvető rendszermodellek. A modellezés célja, eszközrendszere, szabadságfoka és pontossága. Modellezési lépések. A rendszervizsgálat. Az I. zárthelyi megoldása és értékelése.
44.	Villamos rendszerek modelljei: passzív és aktív PI és PD kompenzátor. Mechanikai rendszerek és modelljeik: tehetetlenségi nyomaték, Tömeg, csillapító és rúgó rendszer. Normál ingamodell. Az energetikai elvek alkalmazása: rúgó-tömeg rendszer, a leejtett tömeg, függőlegesen, felfelé hajított test, a matematikai inga energia viszonyai.
45.	Áramlástan modellek folyadékokra. Hidraulikus ellenállás: a Bernoulli és a Hagen-Poiseuille törvények. Szabad be- és kiömlésű gömbtartály modellje, tartálymodellek linearizálása. Modellek folyadékszállítási és tárolási rendszerekhez: csővezeték egy tartállyal.
46.	Tartály-park modellje. Hidraulikus és pneumatikus alapelemek modelljei. Hőtechnikai rendszerek modelljei: a hőáram útjában lévő fal modellje, hőáramlás modellezése, Egyszerű, gőzfűtésű tartálymodell. A paraméter identifikáció célja, feladatai, eszközrendszere és módszerei. Statikus jellemzők identifikációja.
47.	A II. zárthelyi megoldása és értékelése. A folyamatidentifikációs módszerek osztályozása. Paraméterbecslés és annak előkészítése – kísérlet és mérés. Vizsgálójelek és válasz-időfüggvények. Dinamikus rendszerek paramétereinek becslése: grafikus módszerek. A Prony-módszer.

48.	Parametrikus modell-becslés (ARX-, AR- ARMAX- és Box-Jenkins- modellek), legkisebb-négyzetek módszere, korrelációanalízis és legkisebb-négyzetek módszere, rekurzív módszerek. A különböző becslési módszerek összehasonlítása, modell-validálás és az a-priori ismeretek figyelembevétele.
49.	Nemlineáris rendszerek paramétereinek becslése optimalizálás segítségével: a keresés kezdőpontjának meghatározása az apriori ismeretek alapján. Modellezés és animáció. Gázátadó-állomás egyszerűsített modellje.
50.	Gáznyomás-szabályozó és gáztározó egyszerűsített modellje. Modell-alapú diagnosztika.

Hét	Gyakorlatok tematikája
36.	Jelmodellek: sztochasztikus jelek, determinisztikus jelek, folytonos jelek, diszkrét jelek. Rendszermodellek: sztochasztikus rendszerek, determinisztikus rendszerek, folytonos rendszerek, diszkrét rendszerek.
37.	Periodikus jelek: Fourier-sorok. Kváziperiodikus és tranziens jelek. A Laplace-transzformációval kapcsolatos összefüggések: tételek, alkalmazások.
38.	Színuszos jel modellezése Fourier sorral: a Matlab cftool.
39.	Rendszerleírási módszerek, gráfok - tömbvázlatok – egyszerűsítése: a gemex program.
40.	Rendszerleírás gráfokkal és tömbvázlatokkal: villamos passzív és aktív kapcsolások modelljei.
41.	A forgómozgás törvényei. Impulzusmomentum. Az általános mozgás törvényei. A rugalmas (elasztikus) deformáció törvényei. Transzport folyamatok törvényszerűségei. A közegáramlás törvényei. A hőtranszfer törvényei. A termodinamika törvényei. A villamosságtan törvényei.
42.	Tartály és lamináris szűkítés. I. Zárthelyi.
43.	A higanyos (folyadéktöltésű) hőmérő modellje. Ellenállás, kapacitás és induktivitás modellelem.
44.	Mozgó tömeg, csillapítással. Mechanikai rezgőrendszer modellje. Tömeg, rúgó, csillapítás – gerjesztéssel. Coriolis-érzékelő modellje.
45.	Tartály, áramlási ellenállással. Víz tározó modellje. Tartálymodell, beömlő oldali fojtással. Táplált tartály modellje két leeresztő-szeleppel. Két tartályból álló rendszer modellje.
46.	Napenergiával működő rendszer modellje. Villamos fűtésű kemence matematikai modellje. Termoelem és ellenállás-hőmérő modellje. II. zárthelyi.
47.	Aperiodikus és lengő, arányos, holtidő nélküli, n-tárolós rendszerek paramétereinek becslése a pronyf és a pronym eljárásokkal. Negyedrendű aperiodikus és hatodrendű lengő tag átviteli függvényeinek meghatározása: koznevf és a koznevm eljárások összehasonlítása.
48.	Legkisebb-négyzetek módszere, korrelációanalízis és legkisebb-négyzetek módszere végrehajtása glsm és coglsm eljárások segítségével: folytonos modell meghatározásának módszerei és az eredmények összehasonlítása. Holtidős, dinamikus rendszerek paramétereinek becslése.
49.	A modellezés alkalmazása: egy- és többváltozós szabályozási körök szimulációja SIMULINK rendszerrel. III. zárthelyi.
50.	A III. zárthelyi megoldása és értékelése. Nemlineáris rendszerek vizsgálata szimuláció segítségével. A modellbázisú hibadiagnosztika megvalósítása a Nonlinear Control Systems Toolbox segítségével. A Folyamatműszerezési Laboratórium identifikációs és modellezési erőforrásai: LabView, PXI-mérőrendszer, OPC-rendszerek, számítógép alapú, valós idejű modellezés.

### Ajánlott irodalom:

1. <http://doaielab.iit.uni-miskolc.hu>
2. Kheir, Naim A.: Systems Modeling and Computer Simulation. Marcel Dekker, Inc. 1996. ISBN 0-8247-9421-4.
3. Isermann Rolf: Identifikation dynamischer Systeme I., II. Springer-Verlag, 1988. ISBN 0-387-18694-8, 0-387-12635-X.
4. Isermann, Rolf: Prozeßidentifikation. Springer-Verlag, 1974. ISBN 0-387-06911-9.
5. Eykhoff, P.: System Identification. North-Holland, Amsterdam, 1974.
6. Ljung, L.: System Identification – Theory for the User. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J, 1987.
7. Söderström, T.; Stoica P.: System Identification, Prentice-Hall, International, London, 1989.
8. Modelling of Dynamic Systems TEMPUS S\_JEP 07759/94 – MODIFY, 1997. p. 483. (tankönyvként ajánlva!)

## Minta-zárthelyik

### 1. zárthelyi

Határozza meg az xxx.dat fájlban lévő mért adatok alapján a jelmodellt. Adja meg a jel pontos matematikai leírását és a modell pontosságát. Az apriori ismeretek a következők:  $T_s$  mintavételi idő értéke s, az alapharmonikus komponens körülbelüli frekvenciája Hz, az AD-konverter felbontása bit.

### 2. zárthelyi

Határozza meg az ábrán lévő tartály-csővezeték rendszer matematikai modelljét. Apriori ismeretek:  $A$  a tartály,  $A_1$  a leürítő csónk keresztmetszete  $m^2$ , a tárolt folyadék fizikai-kémiai tulajdonságai ( $\rho$  sűrűség  $\frac{kg}{m^3}$ , viszkozitás  $\mu Pa\cdot s$ ), a tartály magassága  $h_{max}$ . Határozza meg a tartály teljes ürítéséhez (megtöltéséhez) szükséges időt  $min$ .

### 3. zárthelyi

Határozza meg az xxx.dat fájlban lévő mért adatok alapján a dinamikus rendszermodellét. Apriori ismeretek:  $T_s$  mintavételi idő értéke s, az AD-konverter felbontása bit, konverziós ideje s, várható számláló rendűség  $m$ , várható nevező rendűség  $n$ , illetve jelleg (például kéttárolós-lengő tag). A mért fájl három vektort tartalmaz: idővektor, kimenőjel (válasz-időfüggvény), bemenőjel – tesztjel. Határozza meg az alábbiakat:

1. az impulzus-átviteli függvényt,
2. az átviteli függvényt,
3. az átviteli tényezőt,
4. a differencia-egyenletet,
5. a differenciál-egyenletet,
6. a modell jóságát (grafikusan és numerikusan).

## A tantárgy követelmény rendszere

Az ellenőrző írásbeli (3 db zárthelyi) egy gyakorlati kérdésből (példából) áll. A feladatra összesen 100 pontot lehet kapni. A pontok alapján az értékelés a következő:

0-40 pont	elégtelen
41-55 pont	elégséges
56-70 pont	közepes
71-85 pont	jó
86-100 pont	jeles.

Megjegyzés: a fenti ún. 100 pontos értékelési rendszer a tantárgyhoz kapcsolódó egyéb számonkérési szinteken is érvényes.

Az aláírás megszerzésének feltétele a szorgalmi időszakban három zárthelyi érdemjegyei átlaga elégséges vagy a félév során elért összes pontok száma minimum 123 legyen. Az aláírás (gyakorlati jegy) pótlása a Tanulmányi és Vizsgaszabályzat szerint történik.

A kollokviumokat az elővizsga szakaszban (általában a szorgalmi időszak utolsó hete), a rendes vizsgaidőszakban vagy dékáni engedéllyel, meghatározott időpontig, e terminusokon túl is lehetséges letenni. A vizsgaidőpontokról a <http://doaielab.iit.uni-miskolc.hu> portálról vagy a **NEPTUN rendszerben** szerezhetünk információt. Minden típusú vizsgára a Vizsgaszabályzatban meghatározott módon a **NEPTUN rendszerben kell jelentkezni**. Elővizsgának számít a szorgalmi időszakban megírt zárthelyik alapján megajánlott **és a hallgató által elfogadott érdemjegy**. A megajánlás algoritmus a következő:

$4 \leq \text{Elővizsga\_érdemjegy} = \text{round}(\text{Félévben\_írt\_zárthelyik\_átlaga} - 0,5)$ ,

ahol round a MATLAB vagy Scilab program megfelelő beépített függvénye. **A megajánlott elővizsga érdemjegy akkor válik érvényessé, ha a hallgató azt szóbeli nyilatkozattal elfogadja és az elővizsga időszakban azt indexébe beírja, miután a megfelelő elővizsga időpontra a NEPTUN-ban feljelentkezett.**

**A kollokvium egy részből áll: szóbeli.** A szóbelin egyetlen, számítógépes sorsolás alapján húzott tételt kell kidolgozni. Ha a tétel kihúzását követően a hallgató úgy ítéli meg, hogy azt elégséges szinten nem sajátította el, akkor új tételt nem húzhat. A tételek a <http://doaielab.iit.uni-miskolc.hu> portálon találhatóak meg. A vizsga végső eredménye a szóbeli alapján születik meg.