

**Benyó Balázs – Benyó Zoltán –
Paláncz Béla – Szilágyi László – Ferenci Tamás**

Műszaki és biológiai rendszerek elmélete

A könyv interdiszciplináris jellegű, műszaki és biológiai rendszerek működésének modellezésére vonatkozó ismeretanyagokat tartalmaz. Egészségügyi (orvosbiológiai) mérnökhallgatók részére íródott, de hasznos ismereteket tartalmaz a téma iránt érdeklődő orvosok, biofizikusok, biokémikusok, élettanászok, bioinformatikusok számára is.

A könyv tartalmazza a kvantitatív modellalkotás legfontosabb módszereit valamint a modellekhez kötődő modern szabályozási módszereket. Foglalkozik a manapság egyre népszerűbb, a rendszerek leírására és elemzésére alkalmazható lágy számítási módszerekkel, külön fejezet szenteltünk a neurális hálózatoknak valamint fuzzy módszereknek. A könyvben helyet kapott a biológiai rendszerek elemzésére leggyakrabban alkalmazott statisztikai módszerek ismertetése is.

A könyv megírása során gondot fordítottunk arra, hogy a téma kifejtése mind a műszakiak, mind a nem műszakiak számára egyaránt érthető legyen, azonban a könyv feltételezi alapfokú matematikai, szabályozástechnikai, élettani ismeretek meglétét.

Kulcsszavak: modellalkotás, folyamatanalízis, kompartment modellezés, rendszerek stabilitás vizsgálata, számítógépes optimalizációs módszerek, neurális hálózatok, fuzzy rendszerek, biostatisztika, becslésemélet, hipotézisvizsgálat

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Semmelweis Egyetem



Typotex Kiadó

2014

COPYRIGHT: © 2014-2019, Dr. Benyó Balázs, Dr. Benyó Zoltán, Dr. Paláncz Béla, Dr. Szilágyi László, Ferenci Tamás, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Semmelweis Egyetem

Creative Commons NonCommercial-NoDerivs 3.0 (CC BY-NC-ND 3.0)

A szerző nevének feltüntetése mellett nem kereskedelmi céllal szabadon másolható, terjeszthető, megjelentethető és előadható, de nem módosítható.

Szakmai lektor: Dr. Tar József egyetemi tanár, az MTA doktora

ISBN 978 963 279 174 6

Készült a [Typotex Kiadó](#) gondozásában

Felelős vezető: Votisky Zsuzsa

Készült a TÁMOP-4.1.2/A/1-11/1-2011-0079 számú, „Konzorcium a biotechnológia és bioinformatika aktív tanulásaért” című projekt keretében.

Nemzeti Fejlesztési Ügynökség
www.ujszachenyiterv.gov.hu
06 40 638 638



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Tartalom

Előszó	6
1. Modellalkotás, folyamatanalízis, folyamatszintézis	7
1.1. Modellezés, modellalkotás	7
1.2. Modellalkotással kapcsolatos fontosabb kategóriák (törvény, struktúra, paraméter, állapotváltozó)	8
1.3. Tipikus vizsgálójelek és azok információtartalma	10
1.4. Konklúzió	18
2. Amplitúdó- és időléptékezés	19
2.1. Léptéktényezők szükségessége	19
2.2. Amplitúdóléptékezési eljárások	19
2.2.1. Normalizált változók módszere (Relatív egységekkel való számolás)	19
2.2.2. Dimenziós léptéktényezők.....	20
2.3. Időléptékezés.....	21
2.3.1. Bevezetés.....	21
2.3.2. Időléptékezés megvalósítása.....	22
2.4. A változók maximális értékeinek közelítő meghatározása.....	25
2.4.1. Másodrendű állandó együtthatójú differenciálegyenletek változóinak maximális értéke	25
2.4.2. Egyenlő együtthatók szabálya.....	26
2.5. Összefoglalás.....	31
3. Kompartment (rekesz) modellek és alkalmazástechnikájuk	33
3.1. Bevezetés	33
3.2. Definíciók, alapfogalmak.....	35
3.3. Alkalmazott jelölésrendszer.....	37
3.4. Kompartment (rekesz) modellek elmélete.....	38
3.4.1. Kompartment (rekesz) modellek leírása állandósult állapotban levő rendszerek esetén.....	38
3.4.2. Néhány gyakorlati eset vizsgálata.....	47
3.4.3. Tranziens állapotban lévő rendszerek.....	57
3.4.4. Nemlineáris rendszerek.....	60
4. Számítógépes szimuláció	62
4.1. Lánc rendszer modellje	62
4.2. Enterohepatikus keringés modellezése	66
4.3. Oldott állapotú anyagok tárolása polietilén konténerekben.....	68
4.4. A pajzsmirigy jódfelvételi folyamatának modellezése.....	70
4.5. Többszörös dózis (Atkins kísérlete)	72
5. Inverz feladat megoldása	74
5.1. Inverz feladat megoldásának grafikus módszerei	74
5.1.1. A módszerek pontossága.....	74
5.2. Számítógépes paramétermeghatározás.....	75
5.2.1. Clearance-vizsgálatok mérési adatainak számítógépes kiértékelése	75
5.2.2. ¹⁹⁸ Au kolloiddal végzett májáramlás vizsgálatok kiértékelése	76
5.3. Számítógépes eseményfelismerés élettani folyamatok vizsgálatára.....	78

6. Többparaméteres kapcsolt szabályozások.....	81
6.1. Problémafelvetés.....	81
6.2. Kereszthatások kimutatása	82
6.3. A keresztkapcsolatok kiküszöbölése	83
6.4. Többparaméteres kapcsolt szabályozások matematika leírása	84
6.5. Többparaméteres kapcsolt rendszerek stabilitásvizsgálata, kompenzálása	86
6.5.1. Stabilitásvizsgálat.....	86
7. Számítógépes optimalizálási módszerek	91
7.1. Bevezetés	91
7.2. Optimalizációs módszerek	93
7.2.1. Folytonos gradiens módszer	93
7.2.2. Diszkrét gradiens módszer	94
7.2.3. Relaxációs módszer	95
7.2.4. BFM (Brute Force Method)	95
7.3. Számítógépes optimalizációs módszerek gyakorlati alkalmazása	96
8. Mesterséges neurális hálózatok	98
8.1. Alapfogalmak	99
8.1.1. Fiziológiai alapok.....	99
8.1.2. Egy általános csomópont jelátvittele	100
8.1.3. A neurális hálózat felépítése.....	100
8.1.4. A neurális hálózat tanítása	101
8.1.5. A neurális hálózat szimulációja	102
8.2. Perceptron hálózat	103
8.2.1. A hálózat jellemzői és tulajdonságai	103
8.2.2. Lineáris szeparábilis	103
8.2.3. A hálózat tanítása	106
8.3. Backpropagáció hálózat	107
8.3.1. A hálózat jellemzői és tulajdonságai	107
8.3.2. A hálózat tanítása – delta szabály.....	110
8.3.3. A tanítás hatékonyságának növelése.....	112
8.4. A radiál bázis függvény (RBF-) hálózat	113
8.4.1. A hálózat jellemzői és tulajdonságai	113
8.4.2. A radiál bázis függvény mint univerzális approximátor.....	114
8.4.3. Függvényközelítés RBF-hálózattal	115
8.5. Hopfield hálózat.....	120
8.5.1. A hálózat jellemzői és tulajdonságai	120
8.5.2. A hálózat tanítása.....	121
8.5.3. Folytonos Hopfield hálózat	122
8.5.4. Alkalmazás mintafelismerésre	124
8.6. Nemfelügyelt tanítású hálózatok.....	125
8.6.1. A hálózat jellemzői és tulajdonságai	125
8.6.2. Versengő tanulás	125
8.6.3. Módosított versengő tanulás – Kohonen térkép	127
9. Fuzzy rendszerek.....	132
9.1. A fuzzy halmaz és a fuzzy logika	132
9.2. A fuzzy partíció	134

9.3. A fuzzy inferencia.....	136
9.4. A fuzzy szabályozó.....	141
10. Bevezetés a biostatistikába	142
10.1. A biostatistika fejlődése és jelentősége	142
10.2. A statisztika alapjai.....	144
10.2.1. Néhány demonstratív kérdés.....	144
10.2.2. A statisztika alapfogalmai és feladatai.....	144
10.2.3. Változók és mérési skálák.....	146
10.2.4. A biostatistika kapcsolódó tudományai és elhatárolása.....	148
10.2.5. A biostatistika számítástechnikai háttere.....	149
10.2.6. Futó példa	150
10.3. Deskriptív statisztika	151
10.3.1. A deskriptív statisztikáról általában.....	151
10.3.2. A deskriptív statisztika módszereinek csoportosításáról.....	153
10.3.3. Minőségi változó egyváltozós elemzése	155
10.3.4. Mennyiségi változó egyváltozós elemzése	157
10.3.5. Minőségi változók kétváltozós elemzése	165
10.3.6. Mennyiségi változók kétváltozós elemzése.....	169
10.3.7. További többváltozós elemzések.....	174
10.4. Induktív statisztika	174
10.4.1. A mintavételi helyzet és következményei	175
10.4.2. Becslésmélet	176
10.4.3. Hipotézisvizsgálat	181
Irodalomjegyzék.....	189