Tartalomjegyzék

Előszó **6**

I. Valószínűségelméleti és matematikai statisztikai alapok **8**

1. A szükséges valószínűségelméleti és matematikai statisztikai alapismeretek összefoglalása **8**

1.1. Alapfogalmak 8
1.2. A legfontosabb diszkrét eloszlások 14
1.3. A legfontosabb folytonos eloszlás: normális eloszlás 15
1.4. Eloszlások közelítése 19

2. A statisztikai következtetés **21**

2.1. A minta statisztikai jellemzői 21
2.1.1. A számtani középérték 22
2.1.2. A centrális határeloszlási tétel 23
2.1.3. A normális eloszlású minta szórásnégyzetének eloszlása: χ^2- (khi-négyzet-) eloszlás 24
2.1.4. *t*-eloszlás (Student-eloszlás) 27
2.1.5. *F*-eloszlás 29
2.2. Paraméterbecslés 30
2.2.1. A becslések tulajdonságai 31
2.2.2. Becslési módszerek 36
2.2.2.1 Legkisebb négyzetek módszere 36
2.2.2.2 Maximum-likelihood-(legnagyobb valószínűség) módszer 37
2.2.2.3 Momentumok módszere 39
2.2.3. A becslés kivitelezése 40
2.3. Hipotézisvizsgálat, statisztikai próbák 44
2.3.1. *z*-próba 44
2.3.2. Első- és másodfajú hiba 50
2.3.3. χ^2 -próba a variancia vizsgálatára 57
2.3.4. Két szórásnégyzet összehasonlítása (*F*-próba) 61
2.3.5. A *t*-próba 62
2.3.5.1 Egymintás *t*-próba 62
2.3.5.2 Kétmintás *t*-próba 66
2.3.5.3 Páros *t*-próba 68
2.3.6. Több szórásnégyzet összehasonlítása: a varianciák azonosságának (homogenitásának) vizsgálata 72
2.3.6.1 Bartlett-próba 72
2.3.6.2 Cochran-próba 72
2.3.6.3 Levene-próba 73
2.3.7. Próba és konfidencia-intervallum 74
2.3.8. Másodfajú hiba és szükséges mintaelemszám, a nem-centrális *t*-eloszlás 76
2.3.9. A két egyoldali *t*-próba (TOST) 80
2.4. Illeszkedésvizsgálat 86
2.4.1. Illeszkedésvizsgálat statisztikai próbával 86
2.4.2. Illeszkedésvizsgálat grafikus módszerrel 90

2.5. Statisztikai intervallumok 93
2.5.1. Konfidencia-intervallum 93
2.5.2. Jóslási intervallum 93
2.5.3. Tolerancia-intervallum 94
2.6. Kiugró értékek azonosítása 97

3. Több valószínűségi változó együttes eloszlása, korreláció 100
3.1. Többváltozós eloszlás sűrűségfüggvénye 100
3.2. Valószínűségi változók függetlensége 101
3.3. Korreláció 103

II. Lineáris regresszió 106

4. A regresszióanalízis alapjai; egyváltozós lineáris regresszió 106
4.1. A regresszióanalízis alapjai 106
4.2. Lineáris regresszió, ismétlés nélküli mérések, σ_y^2 konstans 108
4.2.1. Becslés a legkisebb négyzetek módszerével 108
4.2.2. Maximum-likelihood-becslés 109
4.2.3. A becslések tulajdonságai és alkalmasságuk vizsgálata 110
4.2.4. Konfidencia-sáv 115
4.2.5. Az egyenes paramétereinek együttes konfidencia-tartománya 120
4.2.6. Jóslási sáv 123
4.2.7. Kalibrációs egyenes: a regressziós egyenlet megoldása a független változóra 125
4.2.8. A mérések sorrendje 128
4.3. Lineáris regresszió ismételt mérések esetén, σ_y^2 konstans 129
4.3.1. A paraméterek becslése 130
4.3.2. A becsült paraméterek és a tapasztalati regressziós görbe konfidencia-tartománya 134
4.3.3. Jóslási sáv 135
4.3.4. Kalibrációs egyenes: a regressziós egyenlet megoldása a független változóra 135
4.4. Lineáris regresszió ismételt mérések esetén, ha σ_y^2 nem konstans 140
4.4.1. A paraméterek becslése 141
4.4.2. A becslések tulajdonságai 142
4.4.3. Jóslási sáv 149
4.4.4. Kalibrációs egyenes: a regressziós egyenlet megoldása a független változóra 150

5. Többváltozós lineáris regresszió 158
5.1. Ismétlés nélküli mérés, σ_y^2 konstans 158
5.2. Többváltozós lineáris regresszió ortogonális változók esetén 162
5.3. Többváltozós lineáris regresszió: ismételt mérések, σ_y^2 nem konstans 163
5.4. Az egyes változók szignifikanciájának vizsgálata 164
5.5. Regresszió polinomokkal 166
5.6. Regresszió más, a független változóban nemlineáris, de a paraméterekben lineáris függvényekkel 171

5.7. Regresszió a paraméterekben nemlineáris függvényekkel, ha a függvény transzformációval lineárissá alakítható 171

6. Regresszió, ha a független változó is valószínűségi változó 175
6.1. Egyváltozós lineáris függvény regressziója 175
6.2. Egyváltozós nemlineáris függvény regressziója 179
6.3. Regresszió az egyetlen függő változó transzformáltjára 180
6.4. Megjegyzés a számítások megszervezéséhez 181

7. A hibaterjedési törvény és alkalmazása 182
7.1. A hibaterjedési törvény 182
7.2. A hibaterjedési törvény alkalmazása: metrológiai elemzés 184

8. A regressziós problémák megoldásának előkészítése és a feltételezések utólagos ellenőrzése 194
8.1. A tapasztalati regressziós függvény típusának kiválasztása 194
8.2. A σ_y^2 becslésének lehetőségei 194
8.3. A regresszió feltételeinek ellenőrzése; a reziduumok vizsgálata 196

III. Varianciaanalízis (ANOVA) 202

9. Varianciaanalízis: egy faktor szerinti osztályozás 202
9.1. A modell 205
9.2. A modell paramétereinek becslése 207
9.3. Az eltérés-négyzetösszeg fölbontása 208
9.4. Hipotézisvizsgálat és ANOVA-tábla 210
9.5. Konfidencia-intervallum az egyes csoportok várható értékére 212
9.6. A varianciák azonosságának (homogenitásának) vizsgálata 213
9.7. A függő változó transzformációja 218
9.7.1. Box-Cox-transzformáció 218
9.7.2. Diszkrét függő változók transzformációja 224

10. Összehasonlítások egy faktor két vagy több szintjére (a digitális melléklet anyaga) 225

11. Mennyiségi faktorok kezelése (a digitális melléklet anyaga) 226

12. Két faktor szerinti keresztosztályozás 227
12.1. Modell és varianciaanalízis két faktor szerinti keresztosztályozásra 227
12.2. Nem kiegyensúlyozott tervek esete: a súlyozatlan átlagok módszere 235
12.3. Többszörös összehasonlítások (a digitális melléklet anyaga) 242
12.4. Mennyiségi faktor kezelése (a digitális melléklet anyaga) 242
12.5. Összehasonlítás kontroll-csoporttal (a digitális melléklet anyaga) 242

13. Varianciaanalízis véletlen faktor esetén 243
13.1. Egy véletlen faktor szerinti varianciaanalízis 244
13.2. A Satterthwaite-közelítés 250
13.3. Keresztosztályozás két véletlen faktor szerint 252
13.4. Keresztosztályozás egy rögzített és egy véletlen faktor szerint: véletlen blokk 255
13.5. Keresztosztályozás egy rögzített és két véletlen faktor szerint: latin négyzet 258

14. Hierarchikus osztályozás 261

15. Általános tervek és általános megfontolások (a digitális melléklet anyaga) .266

16. Kovarianciaanalízis (a digitális melléklet anyaga) 267

17. A regresszióanalízis és a varianciaanalízis kombinációja (a digitális melléklet anyaga).....268

18. A kísérleti tervek időbeli és térbeli struktúrája (a digitális melléklet anyaga) 269

IV. Faktoros kísérleti tervek.....270

19. Bevezetés a kísérlettervezésbe 270
19.1. A kísérlettervezés célja 270
19.2. Többfaktoros kísérletek 271
19.3. Mennyiségi és minőségi változók, mérési skálák a kísérlettervezés szempontjából 273
19.4. A függő változó megválasztása 274
19.5. Többszörös célfüggvény 274

20. Kétszintes kísérleti tervek 279
20.1. 2^p típusú teljes faktoros kísérleti tervek 279
20.2. Grafikus és robusztus eszközök a tervek kiértékelésére 295
20.2.1. Pareto-ábra 295
20.2.2. Gauss-háló 295
20.2.3. Lenth módszere 296
20.3. 2^{p-r} típusú részfaktortervek 303
20.4. A kétszintes tervekkel kimutatható hatások nagysága 310
20.5. A kísérletek menete 312
20.6. Critical mix 316
20.7. Centrumponti kísérlet minőségi faktorra 320
20.8. Split-plot tervek a faktoros kísérleteknél (a digitális melléklet anyaga) 321

21. A válaszfelület módszere 322
21.1. Box és Wilson módszere az optimum megközelítésére 322
21.2. Másodfokú kísérleti tervek 325
21.2.1. 3^p típusú tervek 325
21.2.2. Kompozíciós tervek 330
21.3. Az optimum megközelítése szimplex módszerrel 334
21.4. Elegy-tervek 339

22. A kísérlettervezés megvalósítása 345
22.1. A kísérletes problémamegoldás lépései 345
22.2. Megfontolások a kísérletek tervezéséhez és értékeléséhez 348

V. Minőségjavító kísérlettervezés.....355

23. Taguchi módszere a minőség kísérletes javítására.....355
23.1. A Taguchi-féle minőségfogalom és a négyzetes veszteségfüggvény.....357
23.2. A kétlépcsős optimalizálás.....361
23.2.1. A kétlépcsős optimalizálás elve.....361
23.2.2. A kétlépcsős optimalizálás gyakorlata 364
23.3. A minőségjavító kísérlettervezés célfüggvényei 365
23.3.1. Névleges a legjobb (Nominal the best) eset 365

23.3.2. Minél kisebb, annál jobb (Smaller the better) eset 366
23.3.3. Minél nagyobb, annál jobb (Larger the better) eset 366
23.3.4. A veszteségfüggvény alkalmazása diszkrét változókra 368
23.4. A fejlesztési-tervezési folyamat fázisai 371
23.5. Ortogonális kísérleti tervek a Taguchi-módszerben (a digitális melléklet anyaga) 372
23.6. Faktorok a minőségjavító kísérlettervezésnél (a digitális melléklet anyaga) 372
23.7. Ellenőrző kísérletek (a digitális melléklet anyaga) 372
23.8. Split-plot tervek a Taguchi-kísérleteknél (a digitális melléklet anyaga) 373

VI. Komplex alkalmazási példák (a digitális melléklet anyaga) 374

24. Gyógyszerkészítmények stabilitásvizsgálatának statisztikai értékelése (a digitális melléklet anyaga) 374

25. Az analitikai validálás statisztikai eszközei (a digitális melléklet anyaga) ... 375

26. Az ingadozás-források kvantitatív elemzése (a digitális melléklet anyaga) . 376

27. A kísérlettervezési eredmények további elemzése (a digitális melléklet anyaga) 376

28. A split-plot terv-variánsok további elemzése (a digitális melléklet anyaga) 376

Irodalomjegyzék 377

Függelék 382