

Inhaltsverzeichnis

Vorwort *XI*

1	Grundbegriffe der mathematischen Statistik	1
1.1	Grundgesamtheit und Stichprobe	2
1.1.1	Konkrete Stichproben und Grundgesamtheiten	2
1.1.2	Stichprobenverfahren	4
1.2	Mathematische Modelle für Grundgesamtheit und Stichprobe	7
1.3	Suffizienz und Vollständigkeit	9
1.4	Der Informationsbegriff in der Statistik	20
1.5	Statistische Entscheidungstheorie	27
1.6	Übungsaufgaben	31
	Literatur	36
2	Punktschätzung	39
2.1	Optimale erwartungstreue Schätzfunktionen	41
2.2	Varianzinvariante Schätzung	52
2.3	Methoden zur Konstruktion und Verbesserung von Schätzfunktionen	56
2.3.1	Maximum-Likelihood-Methode	56
2.3.2	Methode der kleinsten Quadrate	60
2.3.3	Minimum- χ^2 -Methode	61
2.3.4	Momentenmethode	62
2.3.5	Jackknife-Schätzungen	63
2.3.6	Auf Ordnungsmaßzahlen basierende Schätzfunktionen	64
2.4	Eigenschaften von Schätzfunktionen	68
2.4.1	Kleine Stichproben	69
2.4.2	Asymptotische Eigenschaften	71
2.5	Übungsaufgaben	75
	Literatur	78
3	Statistische Tests und Konfidenzschätzungen	81
3.1	Grundbegriffe der Testtheorie	81
3.2	Das Neyman-Pearson-Lemma	89

- 3.3 Tests für zusammengesetzte Alternativhypothesen und einparametrische Verteilungsfamilien 98
 - 3.3.1 Verteilungen mit monotonem Likelihood-Quotienten und gleichmäßig beste Tests für einseitige Hypothesen 98
 - 3.3.2 GBU-Tests für zweiseitige Alternativhypothesen 106
 - 3.4 Tests für mehrparametrische Verteilungsfamilien 112
 - 3.4.1 Allgemeine Theorie 113
 - 3.4.2 Das Zweistichprobenproblem – Eigenschaften verschiedener Tests und Robustheit 125
 - 3.4.3 Tabellenanhang 134
 - 3.5 Konfidenzschätzungen 135
 - 3.5.1 Einseitige Konfidenzintervalle in einparametrischen Verteilungsfamilien 136
 - 3.5.2 Zweiseitige Konfidenzintervalle in einparametrischen und Konfidenzintervalle in mehrparametrischen Verteilungsfamilien 139
 - 3.5.3 Tabellenanhang 142
 - 3.6 Sequentielle Tests 143
 - 3.6.1 Einführung 143
 - 3.6.2 Walds sequentieller Likelihood-Quotienten-Test für einparametrische Exponentialfamilien 145
 - 3.6.3 Test über Mittelwerte für unbekannte Varianzen 149
 - 3.6.4 Approximative Tests für das Zweistichprobenproblem 155
 - 3.6.5 Sequentielle Dreieckstests 156
 - 3.6.6 Ein sequentieller Dreieckstest für den Korrelationskoeffizienten 158
 - 3.7 Bemerkungen zur Interpretation 166
 - 3.8 Übungsaufgaben 167
 - Literatur 172

- 4 Lineare Modelle – Allgemeine Theorie 175**
 - 4.1 Lineare Modelle mit festen Effekten 175
 - 4.1.1 Methode der kleinsten Quadrate 176
 - 4.1.2 Maximum-Likelihood-Methode 180
 - 4.1.3 Hypothesentests 181
 - 4.1.4 Konstruktion von Konfidenzbereichen 186
 - 4.1.5 Spezielle lineare Modelle 187
 - 4.1.6 Die verallgemeinerte Methode der kleinsten Quadrate (VMKQ) 193
 - 4.2 Lineare Modelle mit zufälligen Effekten – gemischte Modelle 194
 - 4.2.1 Beste lineare erwartungstreue Vorhersage (BLEV) 195
 - 4.2.2 Varianzkomponentenschätzung 197
 - 4.3 Übungsaufgaben 198
 - Literatur 198

- 5 Varianzanalyse – Modelle mit festen Effekten (Modell I der Varianzanalyse) 201**
 - 5.1 Einführung 201

- 5.2 Varianzanalyse in einfaktoriellen Versuchen (einfache Varianzanalyse) 209
 - 5.2.1 Das Modell und Auswertungsverfahren 209
 - 5.2.2 Planung des Versuchsumfanges 222
- 5.3 Klassifikation nach zwei Faktoren (zweifache Varianzanalyse) 225
 - 5.3.1 Kreuzklassifikation ($A \times B$) 227
 - 5.3.2 Hierarchische Klassifikation ($A > B$) 253
- 5.4 Dreifache Klassifikation 264
 - 5.4.1 Vollständige Kreuzklassifikation ($A \times B \times C$) 265
 - 5.4.2 Hierarchische Klassifikation ($C < B < A$) 272
 - 5.4.3 Gemischte Klassifikation 274
- 5.5 Übungsaufgaben 283
 - Literatur 284

- 6 Varianzanalyse – Schätzung von Varianzkomponenten (Modell II der Varianzanalyse) 285**
 - 6.1 Einführung – lineare Modelle mit zufälligen Effekten 285
 - 6.2 Einfache Klassifikation 289
 - 6.2.1 Schätzung der Varianzkomponenten 292
 - 6.2.2 Tests von Hypothesen und Konfidenzintervalle 300
 - 6.2.3 Varianzen und Eigenschaften der Schätzverfahrens für die Varianzkomponenten 302
 - 6.3 Schätzfunktionen für Varianzkomponenten und ihre Spezialfälle der zweifachen und dreifachen Klassifikation 306
 - 6.3.1 Allgemeine Beschreibung für den Fall gleicher und ungleicher Klassenbesetzung 307
 - 6.3.2 Zweifache Kreuzklassifikation 311
 - 6.3.3 Zweifache hierarchische Klassifikation 316
 - 6.3.4 Dreifache Kreuzklassifikation mit gleicher Klassenbesetzung 319
 - 6.3.5 Dreifache hierarchische Klassifikation 325
 - 6.3.6 Dreifache gemischte Klassifikation 328
 - 6.4 Versuchsplanung 329
 - 6.5 Übungsaufgaben 331
 - Literatur 332

- 7 Varianzanalyse – Modelle mit endlichen Stufengesamtheiten und gemischte Modelle 335**
 - 7.1 Einführung – Modelle mit endlichen Stufengesamtheiten 335
 - 7.2 Regeln zur Ableitung von SQ , FG , DQ und $E(DQ)$ im balancierten Fall für beliebige Klassifikationen und Modelle 338
 - 7.3 Varianzkomponentenschätzung in gemischten Modellen 343
 - 7.3.1 Ein Beispiel für den balancierten Fall 344
 - 7.3.2 Der unbalancierte Fall 346
 - 7.4 Varianzkomponentenschätzung in speziellen gemischten Modellen 348

- 7.4.1 Zweifache Kreuzklassifikation 348
- 7.4.2 Zweifache hierarchische Klassifikation $B < A$ 348
- 7.4.3 Dreifache Kreuzklassifikation 352
- 7.4.4 Dreifache hierarchische Klassifikation 355
- 7.4.5 Dreifache gemischte Klassifikation 358
- 7.5 Tests für feste Effekte und Varianzkomponenten 362
- 7.6 Übungsaufgaben 366
 - Literatur 366

- 8 Regressionsanalyse – Lineare Modelle mit nicht zufälligen Regressoren und zufälligen Regressoren 367**
 - 8.1 Einführung 367
 - 8.2 Parameterschätzung 370
 - 8.2.1 Methode der kleinsten Quadrate 370
 - 8.2.2 Optimale Versuchsplanung 383
 - 8.3 Hypothesenprüfung 386
 - 8.4 Konfidenzbereiche 395
 - 8.5 Modelle mit zufälligen Regressoren 398
 - 8.5.1 Auswertung 398
 - 8.5.2 Versuchsplanung 404
 - 8.6 Gemischte Modelle 405
 - 8.7 Abschließende Bemerkungen zu den Modellen der Regressionsanalyse 406
 - 8.8 Übungsaufgaben 408
 - Literatur 409

- 9 Regressionsanalyse – Eigentlich nichtlineares Modell I 411**
 - 9.1 Bestimmung der Schätzwerte nach der Methode der kleinsten Quadrate 414
 - 9.1.1 Gauß-Newton-Verfahren 415
 - 9.1.2 Innere Regression 419
 - 9.1.3 Bestimmung von Anfangswerten für Iterationsverfahren 421
 - 9.2 Geometrische Betrachtungen 422
 - 9.2.1 Lösungsfläche und Tangentenebene 422
 - 9.2.2 Nichtlinearitätsmaße 428
 - 9.3 Asymptotische Eigenschaften und die Verzerrung der MKQ-Schätzung 432
 - 9.4 Konfidenzschätzungen und Tests 436
 - 9.4.1 Einführung 437
 - 9.4.2 Auf der asymptotischen Kovarianzmatrix basierende Tests und Konfidenzschätzungen 440
 - 9.4.3 Simulationsexperimente zur Überprüfung der Tests und Konfidenzschätzungen 441
 - 9.5 Optimale Versuchsplanung 443
 - 9.6 Spezielle Regressionsfunktionen 448

- 9.6.1 Exponentielle Regression 448
- 9.6.2 Die Bertalanffy-Funktion 456
- 9.6.3 Die logistische (dreiparametrische Tangens-hyperbolicus-)Funktion 458
- 9.6.4 Die Gompertz-Funktion 463
- 9.6.5 Die vierparametrische Tangens-hyperbolicus-Funktion 464
- 9.6.6 Die vierparametrische Arcustangens-Funktion 467
- 9.6.7 Die Richards-Funktion 469
- 9.6.8 Fragen der Modellwahl 469
- 9.7 Übungsaufgaben 471
- Literatur 472

- 10 Kovarianzanalyse 475**
- 10.1 Einführung 475
- 10.2 Allgemeines Modell I–I der Kovarianzanalyse 476
- 10.3 Spezielle Modelle der Kovarianzanalyse für die einfache Klassifikation 483
- 10.3.1 Eine Kovariable mit konstantem γ 485
- 10.3.2 Eine Kovariable mit von den Stufen des Klassifikationsfaktors abhängigen Regressionskoeffizienten γ_i 487
- 10.4 Übungsaufgaben 488
- Literatur 488

- 11 Statistische Mehrentscheidungsprobleme 489**
- 11.1 Auswahlverfahren 490
- 11.1.1 Grundbegriffe 490
- 11.1.2 Indifferenzbereichsformulierung für Erwartungswerte 493
- 11.1.3 Auswahl einer Untermenge, die die beste Grundgesamtheit mit vorgegebener Wahrscheinlichkeit enthält 505
- 11.2 Multiple Vergleichsprozeduren 511
- 11.2.1 Konfidenzbereiche für alle Kontraste – die Scheffé-Methode 515
- 11.2.2 Konfidenzintervalle für bestimmte Kontraste – die Methode von Dunn 518
- 11.2.3 Konfidenzbereiche für alle Kontraste für $n_i = n$ – die Tukey-Methode 520
- 11.2.4 Konfidenzintervalle für alle Kontraste – verallgemeinerte Tukey-Methode 523
- 11.2.5 Konfidenzintervalle für die Mittelwertdifferenzen zu einem Standard – die Dunnett-Methode 525
- 11.2.6 Multiple Vergleichsprozeduren und Konfidenzbereiche 527
- 11.2.7 Vergleich multipler Vergleichsprozeduren 530
- 11.3 Veranschaulichung der Methoden an einem Zahlenbeispiel 531
- 11.4 Übungsaufgaben 536
- Literatur 537

12	Versuchsanlagen	<i>539</i>
12.1	Einführung	<i>540</i>
12.2	Blockanlagen	<i>543</i>
12.2.1	Vollständig balancierte unvollständige Blockanlagen	<i>547</i>
12.2.2	Methoden zur Konstruktion von BUB	<i>554</i>
12.2.3	Teilweise balancierte unvollständige Blockanlagen	<i>568</i>
12.3	Zeilen-Spalten-Anlagen	<i>573</i>
12.4	Programme zur Konstruktion von Versuchsanlagen	<i>577</i>
12.5	Übungsaufgaben	<i>577</i>
	Literatur	<i>578</i>
13	Lösungen und Lösungsansätze zu den Übungsaufgaben	<i>581</i>
	Anhang A Symbolik	<i>607</i>
	Anhang B Abkürzungen	<i>611</i>
	Anhang C Wahrscheinlichkeits- bzw. Dichtefunktionen von Verteilungen	<i>613</i>
	Anhang D Tabellen	<i>615</i>
	Sachverzeichnis	<i>623</i>