

Inhalt

Kapitel 1

Einführung.	1
<i>Ludwig Fahrmeir und Alfred Hamerle</i>	
1. Einführende Beispiele.	1
2. Grundlegende Begriffe der Meßtheorie	4
3. Überblick über multivariate statistische Verfahren	10

Kapitel 2

Mehrdimensionale Zufallsvariablen und Verteilungen	19
<i>Ludwig Fahrmeir und Alfred Hamerle</i>	
1. Verteilungsfunktionen und Dichten	19
1.1 Gemeinsame Verteilungsfunktionen und Dichten.	19
1.2 Randverteilungen und bedingte Verteilungen	21
2. Erwartungswerte und Kovarianzmatrizen.	22
3. Mehrdimensionale Normalverteilung, Multinomialverteilung und Grenzwertsätze	25
3.1 Mehrdimensionale Normalverteilung	25
3.2 Verteilungskonvergenz und Grenzwertsätze	29
3.3 Multinomialverteilung	33
4. Wishart- und verwandte Verteilungen	37
4.1 χ^2 -, F- und t-Verteilung.	37
4.2 Wishart-, A - und θ -Verteilung	38
5. Exponentialfamilien.	42
5.1 Definition und Beispiele	42
5.2 Einfache Exponentialfamilien	46

Kapitel 3

Grundlegende multivariate Schätz- und Testprobleme	49
<i>Ludwig Fahrmeir und Alfred Hamerle</i>	
1. Punktschätzung von Erwartungswerten und Kovarianzmatrizen	49
1.1 Ein-Stichprobenfall	49
1.2 Mehr-Stichprobenfall	52
2. Allgemeine Prinzipien der Parameterschätzung.	53
2.1 Likelihood-Funktion und Suffizienz.	54
2.2 Einige Eigenschaften von Punktschätzern.	57
2.3 Maximum-Likelihood-Schätzung	59
2.4 Einige Verfahren zur Minimierung einer Funktion.	64
3. Hypothesentests und Vertrauensbereiche für Erwartungswerte und Kovarianzmatrizen	70
3.1 Tests und Vertrauensbereiche für Erwartungswerte.	70
3.2 Tests für Kovarianzmatrizen	74
4. Testprinzipien	76
4.1 Der Likelihood-Quotienten-Test	76
4.2 Der Union-Intersection-Test und simultane Konfidenzintervalle	80

Kapitel 4

Regressionsanalyse	83
<i>Ludwig Fahrmeir, Heinz Kaufmann und Christian Kredler</i>	
1. Univariate lineare Regression	83
1.1 Modelle der linearen Regressionsanalyse	84
1.2 Schätzen im klassischen und allgemeinen linearen Modell.	86
1.3 Tests, Konfidenzbereiche und Modellüberprüfung	99
1.4 Variablenselektion.	108
1.5 Beispiele	118
2. Multivariate lineare Regression	130
2.1 Das Modell	131
2.2 Punktschätzung der Parameter.	132
2.3 Tests und Konfidenzintervalle	134
2.4 Beispiel.	140
2.5 Kanonische Korrelationsanalyse.	143
3. Nichtlineare Regression	145
3.1 Modellgleichung, Kleinst-Quadrat-Schätzung.	145
3.2 Die Gauß-Newton-Methode zur numerischen Bestimmung der KQ-Schätzer.	146
3.3 Asymptotische Eigenschaften der KQ-Schätzer.	147
3.4 Tests und Konfidenzbereiche.	149
3.5 Beispiel.	152

Kapitel 5

Varianz- und Kovarianzanalyse	155
<i>Ludwig Fahrmeir und Alfred Hamerle</i>	
1. Univariate Varianzanalyse mit festen Effekten	155
1.1 Einfaktorielle Versuchspläne	155
1.2 Zweifaktorielle Versuchspläne	168
1.3 Versuchspläne mit Meßwiederholungen	182
2. Kovarianzanalyse	183
2.1 Allgemeine zweistufige Vorgehensweise	185
2.2 Einfaktorieller Versuchsplan mit einer Kovariablen	186
3. Versuchspläne mit zufälligen Effekten	192
3.1 Einfaktorielle Versuchspläne mit zufälligen Effekten	193
3.2 Ein gemischter Versuchsplan mit einem festen und einem zufälligen Faktor	196
4. Multivariate Varianzanalyse mit festen Effekten	199
4.1 Einfaktorielle Versuchspläne	200
4.2 Zweifaktorielle Versuchspläne	206

Kapitel 6

Kategoriale Regression	211
<i>Alfred Hamerle, Peter Kemény und Gerhard Tutz</i>	
1. Das Modell der kategorialen Regression	212
1.1 Modelle mit einer binären (dichotomen) Zielvariablen.	212
1.2 Modelle mit mehrkategorialen Zielvariablen	221
1.3 Saturierte und unsaturierte Modelle	227
2. Schätzung der Modellparameter, Hypothesentests	228
2.1 Parameterschätzung und asymptotische Eigenschaften.	228

2.2	Anpassungstests für das Modell	230
2.3	Parametertests	232
3.	Zwei Anwendungsbeispiele	234
3.1	Informationsgewohnheiten von Frauen (Fortsetzung von Beispiel 1.1)	234
3.2	Ein Logit-Modell (Credit Scoring).	238
4.	Konditionale Modelle	244
5.	Modelle mit ordinalen Zielvariablen (geordnete Responsekategorien)	249
5.1	Die Scoring-Methode	249
5.2	Die Methode der kumulativen Logits	252

Kapitel 7

Verallgemeinerte lineare Modelle		257
<i>Ludwig Fahrmeir und Christian Kredler</i>		
1.	Verallgemeinerte lineare Modelle als umfassende Modellklasse	257
1.1	Die gemeinsame Struktur vieler statistischer Modelle	257
1.2	Definition verallgemeinerter linearer Modelle.	260
2.	Schätzen, Testen und Variablenselektion in univariaten verallgemeinerten linearen Modellen	267
2.1	Maximum-Likelihood-Schätzung	267
2.2	Der gewichtete KQ-Schätzer	278
2.3	Beispiel.	282
3.	Schätzen, Testen und Variablenselektion in multivariaten verallgemeinerten linearen Modellen	289
3.1	ML-Schätzung der Parameter	289
3.2	Signifikanztests und Variablenselektion	293
3.3	Beispiel.	295

Kapitel 8

Diskriminanzanalyse.		301
<i>Ludwig Fahrmeir, Walter Häußler und Gerhard Tutz</i>		
1.	Der allgemeine entscheidungstheoretische Ansatz	302
1.1	Problemstellung, Entscheidungsregeln und Fehler	302
1.2	Geschätzte Entscheidungsregeln und Fehlerraten	310
2.	Klassische Diskriminanzanalyse: Normalverteilte Merkmale und Fisher-Ansatz	316
2.1	Diskriminanzfunktionen bei bekannten Normalverteilungen in den Klassen.	317
2.2	Lineare Diskriminanzanalyse bei unbekanntem Parametern	320
2.3	Bewertung von Entscheidungsregeln und Variablenselektion	325
2.4	Beispiele	331
3.	Diskriminanzanalyse mit kategorialen Variablen	339
3.1	Das volle multinomiale Modell	340
3.2	Unabhängige binäre Variablen.	341
3.3	Parametrisierung in Modellfamilien	343
3.4	Dichteschätzer	349
3.5	Variablenselektion.	351
3.6	Beispiele	354
4.	Diskriminanzanalyse mit gemischten Variablen.	356
4.1	Das Lokalisationsmodell	356
4.2	Das logistische Modell	358
5.	Verteilungsfreie Verfahren	361
5.1	Dichteschätzung mit Potentialfunktionen	361

5.2	Nächste-Nachbarn-Zuordnungsregeln	363
5.3	Kleinstquadratapproximation von Bayes-Klassifikatoren durch verallgemeinerte lineare Diskriminanzfunktionen.	366
6.	Schlußbemerkung	370

Kapitel 9

Clusteranalyse	371
--------------------------	-----

Heinz Kaufmann und Heinz Pape

1.	Einleitung	371
2.	Ähnlichkeits- und Distanzmaße	374
2.1	Definition	374
2.2	Transformationen von Ähnlichkeiten in Distanzen und umgekehrt.	376
2.3	Spezielle Ähnlichkeits- und Distanzmaße	376
3.	Hierarchische Klassifikationsverfahren	387
3.1	Grundzüge und Anwendungsbeispiele.	387
3.2	Formale Beschreibung einer Hierarchie	391
3.3	Agglomerative Verfahren	391
3.4	Divisive Verfahren	402
4.	Optimale Partitionen	403
4.1	Problemstellung	403
4.2	Zur Auswahl des Gütekriteriums	404
4.3	Bestimmung lokal optimaler Partitionen	405
4.4	Bestimmung der Klassenanzahl	406
4.5	Gütekriterien bei quantitativen Merkmalen.	407
4.6	Gütekriterien bei Ähnlichkeits- und Distanzmaßen	418
5.	Mischverteilungsverfahren	420
5.1	Das Modell	421
5.2	Identifizierbarkeit	422
5.3	Maximum-Likelihood-Schätzung der Parameter	423
5.4	Andere Schätzverfahren	427
5.5	Normalverteilte Komponenten.	428
5.6	Binäre Variablen: Latent Class Analysis	440
5.7	Zur Bestimmung der Klassenzahl	442
5.8	Verwandte Modelle	444
6.	Stochastische Partitionsverfahren	445
6.1	Maximum-Likelihood-Ansatz	445
6.2	Normalverteilte Klassen	448
6.3	Bestimmung der Klassenanzahl	454
6.4	Ein modifizierter ML-Ansatz	456
6.5	Bayes-Ansätze.	464
6.6	Verwandte Modelle	465
7.	Verteilungsfreie Verfahren	466
7.1	Gradientenverfahren	466
7.2	Ein sequentielles „Quick and Dirty“-Verfahren	469
7.3	Das Verfahren von Wishart	470
8.	Einige abschließende Bemerkungen	471

Kapitel 10

Zusammenhangsanalysen in Mehrdimensionalen Kontingenztabellen – Das loglineare Modell.	473
---	-----

Alfred Hamerle und Gerhard Tutz

1.	Zweidimensionale Modelle	474
1.1	Formen der Datenerhebung	474

1.2	Das loglineare Modell	479
1.3	Analogie zur Varianzanalyse und Modellparameter	483
2.	Drei- und höherdimensionale Modelle	487
2.1	Zusammenhangsstrukturen in dreidimensionalen Modellen	487
2.2	Die Parameter des loglinearen Modells	498
2.3	Erhebungsschemata in dreidimensionalen Modellen	500
2.4	Vier- und höherdimensionale Tafeln	507
2.5	Die Grundstruktur aller Modelle – loglineare Modelle als Spezialfälle verallgemeinerter linearer Modelle	511
2.6	Aggregierbarkeit von Kontingenztafeln	514
3.	Parameterschätzung und Modellanpassung	516
3.1	Maximum-Likelihood-Schätzung	516
3.2	Anpassungs-Test	525
3.3	Konditionale Teststatistiken	529
3.4	Parametertests	531
4.	Modellwahl	532
4.1	Schrittweise Auswahl bei vorgegebener Modellhierarchie	534
4.2	Effektwahl nach Brown	536
4.3	Simultane Tests der Ordnung k	539
4.4	Modellspezifizierung über die standardisierten Parameter des saturierten Modells	541
4.5	Schrittweise Testprozeduren nach Goodman	543
4.6	Simultane Testprozeduren nach Aitkin	547
5.	Logit-Modelle	550
5.1	Loglineare Modelle und Logit-Modelle	550
5.2	Darstellung als Regressionsmodelle	552
5.3	Interpretation der Parameter und Analogie zur Varianzanalyse	553
5.4	Schätzung der Parameter	554
6.	Modelle für Kontingenztafeln mit geordneten Kategorien	555
6.1	Zwei- und höherdimensionale Kontingenztafeln mit geordneten Kategorien	555
6.2	Ein Logit-Modell mit einer geordneten unabhängigen Variablen	557
7.	Unvollständige Kontingenztafeln	560
7.1	Zweidimensionale unvollständige Kontingenztafeln	561
7.2	Drei- und höherdimensionale unvollständige Tafeln	564
8.	Spezielle quadratische zweidimensionale Kontingenztafeln: Symmetrie, Quasi-Symmetrie und marginale Homogenität	569
8.1	Symmetrie	569
8.2	Quasi-Symmetrie	572
8.3	Marginale Homogenität	573

Kapitel 11

Faktorenanalyse	575
<i>Friedemann Ost</i>	
1. Das faktorenanalytische Modell	577
1.1 Modell, Parameter und Schätzaufgabe	577
1.2 Eindeutigkeit der Parameter (Identifizierbarkeit)	580
2. ML-Faktorenanalyse	583
2.1 ML-Schätzung für L und V	583
2.2 Test des Modells, Bestimmung von k	587
2.3 Verteilung der ML-Schätzer, Vertrauensintervalle	589
2.4 Ergänzungen	591
2.5 Beispiel	593
3. Hauptkomponentenanalyse	595

3.1	Hauptachsentransformation	597
3.2	Hauptkomponentenmethode	601
3.3	Hauptfaktorenanalyse	605
3.4	Beispiel.	609
4.	Faktorentransformation und Interpretation	611
4.1	Faktorentransformation	612
4.2	Interpretation der rotierten Faktoren	616
4.3	Beispiele	617
5.	Schätzung der Faktorenwerte	622
5.1	ML-Prinzip und KQ-Methode (Bartlett 1937, 1938)	622
5.2	Regressionsmethode (Thomson 1951)	623
5.3	Berechnung der Faktorenwerte nach einer Hauptkomponentenanalyse	625
5.4	Beispiel.	626
6.	Überblick über weitere Verfahren	626
6.1	Rangreduktion und Zentroidmethode (Thurstone 1947)	626
6.2	Multiple Group-Methode	629
6.3	Minres-Verfahren	630
6.4	Image-Analyse	631
6.5	Kanonische Faktorenanalyse.	634
6.6	α -Faktorenanalyse	636
6.7	Maximum-Determinanten-Lösung.	638
6.8	Direkte Dreieckszerlegung im gestuften Faktorenmodell	638
6.9	Konfirmative Faktorenanalyse.	639
6.10	Strukturanalyse von Kovarianzmatrizen	639
7.	Latent Structure-Analyse.	641
7.1	Das allgemeine Modell	642
7.2	Latent Class-Analyse	647
7.3	Latent Profile-Analyse	649
7.4	Dichotome und ordinale Faktorenanalyse	652
7.5	Die normale Faktorenanalyse als Modell der Latent Structure-Analyse	659

Kapitel 12

Grundlagen der mehrdimensionalen Skalierung	653
---	-----

Alfred Hamerle und Heinz Pape

1.	Ziele und Konzeption mehrdimensionaler Skalierungsverfahren	663
2.	Meßtheoretische Aspekte der mehrdimensionalen Skalierung	665
3.	Methoden zur Erhebung von Ähnlichkeitsdaten	671
4.	Metrische MDS	673
4.1	Distanzmodell.	673
4.2	Raummodell.	674
5.	Nichtmetrische MDS	679
6.	Hinweise auf weitere MDS-Verfahren	687

Anhang A

Grundbegriffe der Matrix-Algebra	689
--	-----

Peter Kemény

A.1	Matrizen und Vektoren	689
A.2	Matrixverknüpfungen	693
A.3	Elementare Rechenregeln für Matrizen.	695
A.4	Determinanten	696
A.5	Matrixinversion	697
A.6	Partitionierte Matrizen	699

A.7 Lineare Abhängigkeit von Vektoren und Rang einer Matrix	702
A.8 Lineare Gleichungssysteme	706
A.9 Spur einer quadratischen Matrix	707
A.10 Eigenwerte und Eigenvektoren	708
A.11 Diagonalisierung symmetrischer Matrizen	709
A.12 Quadratische Formen und Hauptachsenrotation	710
A.13 Vektor- und Matrixdifferenziation (symbolische Differentiation)	713
A.14 Extrema ohne Nebenbedingungen	718
A.15 Extrema mit Nebenbedingungen	720

Anhang B

Tabellen.	725
-------------------	-----

Anhang C

Kredit-Scoring-Daten	751
Literatur	767
Einige wichtige Programmpakete	787
Register.	789