
Trefferichere Analysen, Diagnosen und Prognosen

Herbert Ruefer

Treftsichere Analysen, Diagnosen und Prognosen

Leben ohne Statistik nach Genichi Taguchi

Herbert Ruefer
Nationaluniversität San Marcos
Burghausen
Deutschland

ISBN 978-3-662-56652-7 ISBN 978-3-662-56653-4 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-56653-4>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2018

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

*In Erinnerung
an
Dr. Genichi Taguchi*



Vorwort

Neue Verfahren im Umgang mit multiparametrischen Daten werden nur dann akzeptiert, wenn sie relativ leicht erlernbar sind und praxistaugliche Ergebnisse liefern. Beide Bedingungen werden mit der Methode, die nach Dr. Genichi Taguchi benannt ist (Kurzform: TM), erfüllt. Der Anwender benötigt weder ein Mathematikstudium noch Fachexperten, um selbst erzeugte Daten sinnvoll zu interpretieren und zu verwerten.

Aus einer mathematisch statistischen Perspektive entstand in zahlreichen publizierten Werken meist eine enge Verflechtung der Taguchi Methode und der Statistik. Da der Gedankengang von Taguchi unter anderem jedoch gerade darin besteht, auch bei drastischer Aufwandsreduktion, d. h. einer geringen Datenmenge, immer noch zuverlässige Ergebnisinterpretationen zu ermöglichen, ist eine Abhandlung als Unterkapitel der Statistik nicht gerechtfertigt. Hieraus entstand die Motivation, einen Zugang dieser Betrachtungsweise nach Taguchi als Alternative zum traditionellen Standpunkt der Statistik aufzuzeigen. Aus Gründen mathematisch/physikalischer Konsistenz wurden einige Vereinfachungen eingeführt, die allein in der Verantwortung des Autors liegen. Dadurch soll das Verständnis erleichtert und der Weg für Anwendungen und vollständige Interpretierbarkeit auch für Nutzer ohne Vorkenntnisse geebnet werden.

Die tragenden Säulen der nach Genichi Taguchi benannten Methodik beziehen sich auf die Erstellung von *Analysen, Diagnosen und Prognosen* aus multiparametrischen Daten.

Entsprechend gliedert sich der Aufbau des Buches in 3 Teile. Zur leichteren Lesbarkeit werden einige mathematische Ableitungen, die für die Anwendung der Methode unerheblich sind, in Anhang A ausgegliedert. Entsprechendes gilt für Ergänzungen, die einen Gedankengang vertiefen, jedoch nicht Teil der Methodik sind (Kap. Nr. – Zahl*). Tabellen werden in einem eigenen Anhang B zusammengefasst.

Referenzen werden kapitelweise angeführt, soweit sie für das Verständnis bestimmter Aspekte nützlich erscheinen, vorausgesetzt, sie liegen zumindest als Abstract englischsprachig vor (Kap. Nr. – Zahl). Ergänzende Literaturangaben stehen mit dem Index am Buchende zur Verfügung. Die schrittweise Entwicklung der Methodik ist in japanischen Zeitschriften zu finden. In fast ausnahmslos allen Heften der aufgeführten Jahrgänge ist der Leitartikel von Genichi Taguchi verfasst, verständlicherweise in japanischer Sprache. Wenn verfügbar, wird die englische Übersetzung zitiert.

Soweit möglich, werden Sachverhalte anhand einfacher Beispiele oder mit geometrischen Skizzen statt mathematischer Beweise erläutert und, wenn angebracht, mit leicht durchschaubaren Übungsaufgaben ergänzt. Aufgrund der historischen Entwicklung erhalten die experimentellen Ansätze mehr Gewicht, wobei heutzutage Simulationsrechnungen zunehmend in den Vordergrund treten. Für den ersten Teil der *Analysen variabler Größen* werden keine besonderen Hilfsmittel – abgesehen vom Taschenrechner – benötigt. Für den folgenden zweiten Teil *Diagnosen und Mustererkennung* ist ein PC von Vorteil, wobei die Software Excel (oder ähnliches) völlig ausreicht, um Aufgaben nachzuvollziehen bzw. eigene Fallstudien zu bearbeiten. Gleiches gilt für [Teil III Prognosen](#), wobei in [Teil I](#) und [Teil II](#) die mathematischen Voraussetzungen zu dessen Verständnis entwickelt werden.

Hervorzuheben ist die außerordentliche Unterstützung, die der Autor bei allen Fachdiskussionen in Genichi Taguchi selbst fand. Auch wenn nicht gleich alles leicht verständlich war, so standen Yun Wu, Shin Taguchi und Alan Wu hilfreich zur Seite. Weitere entscheidende Impulse, für die der Autor sehr dankbar ist, gingen aus von James Kowalick, Teruo Mori, Shoichi Teshima und Hideaki Kurosawa, der geduldig japanische Texte mitinterpretierte. Besonderer Dank gebührt Regine Baumgärtel als kritische und konstruktive Lektorin des gesamten Manuskriptes. Für wertvolle Anregungen, Diskussionen und auch Entgegenkommen ist Michael Kottusch vom Springer-Verlag ebenfalls herzlich zu danken.

Burghausen
Januar 2018

Herbert Ruefer

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Geschichtliches	1
1.2	Einleitung	3
Teil I Analysen variabler Größen		
2	Systembeschreibung	7
2.1	Konzept und Nützlichkeit des Signal-Rausch-Verhältnisses	8
2.2	Statische Systeme	15
2.3	Dynamische Systeme	19
2.4	Relative Signalwerte	23
2.5	Orthogonale Arrays und ihr Bauplan	28
2.6	Arten Orthogonaler Arrays	32
2.7	Modifikation Orthogonaler Arrays	34
2.8	Auswertung Orthogonaler Arrays	37
2.9	Prozentuale Wirkungsbeiträge	43
2.10	Gültigkeitsbereich einer Modellvorhersage	45
2.11	Nichtlineare Übertragungskennlinien variabler Größen	46
2.12	Wechselwirkungen mit Störgrößen	49
2.13	Neutralisationen von Störgrößen	50
3	Input – Output Relationen	57
3.1	Klassifizierungen von Systemen	58
3.2	Systeme mit kontinuierlichen Daten	58
3.3	Systeme mit kontinuierlichem Dateneingang und binärem Datenausgang	59
3.4	Systeme mit binärem Dateneingang und kontinuierlichem Datenausgang	61
3.5	Systeme mit binären Daten	61
3.6	Numerische Beispiele für Systeme mit binären Daten	68
3.6.1	Vergleich zweier Sortiermaschinen	68

3.6.2	Magnetscheider	72
3.6.3	Satellitenempfänger	75
3.7	Funktionsbereich mit zwei Signal-Rausch Kennzahlen	77
3.8	Ideale Funktion	81
	Literatur	84
4	Chemische Reaktionen und Spezialexysteme	85
4.1	Makroskopische Beschreibungen	86
4.2	Signal-Rausch Kennzahlen in der Reaktionskinetik	88
4.2.1	Irreversible chemische Reaktion 1. Ordnung	89
4.2.2	Irreversible chemische Reaktion 2. Ordnung	92
4.2.3	Reversible chemische Reaktion 1. Ordnung	93
4.2.4	Chemische Parallelreaktion 1. Ordnung	94
4.2.5	Chemische Konsekutivreaktion 1. Ordnung	96
4.2.6	Chemische Doppelkonsekutivreaktion 1. Ordnung	98
4.3	Optimierungsansätze bei zeitabhängigen Systemen	100
4.4	Kontinuierliche Prozesse	102
4.5	Signal-Rausch Kennzahlen im komplexen Zahlenbereich	105
4.6	Systeme mit mehr als einem Signalfaktor	109
	Literatur	117
5	Nichtlineare Systeme und Toleranzen	119
5.1	Standardisierte Signal-Rausch Kennzahl und Terme höherer Ordnung	120
5.2	Analysen eines nichtlinearen Systems	131
5.3	Unvollständige Daten – Sequentielle Iteration	135
5.4	Verlustfunktion	139
5.5	Toleranzen in statischen Systemen	141
5.6	Toleranzen in dynamischen Systemen	152
5.7	Toleranzen in nichtlinearen Systemen	153
5.8	Toleranzen bei gekoppelten Parametern	154
5.9	Sicherheitsfaktor	156
	Literatur	159
6	Spezielle Anwendungen	161
6.1	Identifizierung defekter Komponenten	162
6.2	Mischungen/Lösungen aus mehreren Komponenten	164
6.3	Testung von Hard- und Software	166
6.4	Umgang mit qualitativen Merkmalen	169
6.5	Quantitative Modellierung	172
6.6	Mess- und Zeitreihen	179
6.6.1	Materialtestung	179
6.6.2	Bewertung einer medikativen Therapie	181
	Literatur	184

Teil II Mustererkennung und Diagnosen

7	Umgang mit korrelierten Daten	187
7.1	Korrelierte variable Größen	188
7.2	Der Mahalanobis Algorithmus	191
7.3	Charakterisierungen der Individuen einer klinischen Fallstudie	195
7.4	Wirkungsbeiträge der Variablen	195
7.5	Parameter Screening mit statischen Signal-Rausch Kennzahlen	204
7.6	Parameterscreening mit dynamischen Signal-Rausch Kennzahlen	213
7.7	Ursachenanalysen	218
7.8	Richtungserkennung	223
	Literatur	228
8	Alternative Rechenwege	229
8.1	Orthogonalisierungsverfahren nach Gram – Schmidt	229
8.2	Parameter Screening mit Orthogonalem Array	232
8.3	Parameter Screening ohne Orthogonales Array	236
8.4	Ursachenanalysen mit orthogonalisierten Variablen	240
8.5	Verfahren mit der adjunkten Korrelationsmatrix	242
8.6	Mahalanobis Distanzen mit der Adjunkten	243
8.7	Klinische Fallstudie betrachtet mit adjunkter Korrelationsmatrix	246
8.8	Parameterscreening und Ursachenanalyse	246
9	Methodische Erweiterungen	251
9.1	Anpassungen des Schwellwertes	252
9.2	Berücksichtigung von Störquellen	253
9.3	Multiple Mahalanobis Distanzen	253
9.4	Klinische Fallstudie mit multipler quadrierter Mahalanobis Distanz	256
9.5	Bewertungen von Therapien	260
9.6	Unterscheidbarkeit von Mustern ohne Einheitsgruppe	263
9.7	Gültigkeitsbereich der Verfahren und die Renormierung	270
9.8	Umgang mit kategorischen Daten	271
10	Anwendungsbereiche	273
10.1	Strukturierte Vorgehensweise	274
10.2	Mustererkennung	275
10.3	Alarmsystem	277
10.4	Fahrassistenten	279
10.5	Überwachung von Patienten	280
10.6	Original und Fälschung	281
10.7	Vorschlag für Forschungsprojekt im Bereich Biologie	282
10.8	Vorschlag für Forschungsprojekt im Bereich Geophysik	282
10.9	Vorschlag für Forschungsprojekt im Bereich Astronomie	283
	Literatur	284

Teil III Prognosen

11 Methodische Ansätze	287
11.1 Fragestellungen im Rückblick	288
11.2 Prognoseverfahren mit linearem Ansatz	297
11.3 Wahl eines Nullpunktes	308
11.4 Größe der Referenzgruppe	312
11.5 Datentransformation	315
11.6 Prognoseverfahren mit quadriertem Mahalanobis Abstand	323
11.7 Größe der Referenzgruppe	330
11.8 Verfahren mit Orthogonalisierung nach Gram-Schmidt	332
11.9 Verfahren mit adjunkter Korrelationsmatrix	332
11.10 Kombinierte Verfahren	333
11.11 Merkmale ohne Streuung	343
Literatur	344
12 Erweiterte Anwendungen	345
12.1 Parameter Screening	346
12.2 Screening mit linearem Verfahren	346
12.3 Screening mit quadratischem Verfahren	353
12.4 Screening mit quadratischem Verfahren ohne Korrelationsmatrix	356
12.5 Verfahrensauswahl	367
12.6 Prognoseverfahren ohne numerische Kenngrößen	370
12.7 Verfahren mit einfacher Variablenreduktion	370
12.8 Verfahren mit multipler Variablenreduktion	374
12.9 Vorhersage und Modellierung	380
12.10 Eigenschaften der Prognoseverfahren	383
Literatur	384
Epilog	385
Anhang A: Weiterführende Notizen und mathematische Ableitungen	387
Anhang B: Orthogonale Arrays – Wechselwirkungstabellen – Partiiell	
Orthogonale Arrays – Modifizierte Orthogonale Arrays	427
Ergänzende Literatur	491
Stichwortverzeichnis	495