

Inhaltsverzeichnis

Teil I Einleitung

1	Einführendes Beispiel	3
1.1	Motivation	3
1.2	Zustandsraummodellierung	6
1.3	Rauschen	11
1.4	Kalman-Filter Gleichungen	13
	Literatur.	19

Teil II Grundlagen

2	Zustandsraumbeschreibung	23
2.1	Beschreibung dynamischer Systeme	24
2.2	Allg. Darstellung von Differenzialgleichungen	27
2.3	Systemeigenschaften	28
2.4	Lösung der Zustandsgleichung	34
2.5	Beschreibung zeitdiskreter Systeme	35
	Literatur.	42
3	Wahrscheinlichkeitstheorie	43
3.1	Definitionen und Begriffe	43
3.2	Dichtefunktion	47
3.3	Momente und zentrale Momente	54
	Literatur.	61
4	Signaltheorie	63
4.1	Stochastischer Prozess	63
4.2	Autokorrelation und Kreuzkorrelation	65
4.3	Spezielle Stochastische Prozesse	69
	Literatur.	71

Teil III Kalman-Filter

5	Klassisches Kalman-Filter	75
5.1	Struktur Kalman-Filter	75
5.2	Herleitung Kalman-Filter-Gleichungen	77
5.3	Alternative Berechnung der Kalman-Verstärkung	80
	Literatur.	82
6	Adaptiver Kalman-Filter (ROSE-Filter)	83
6.1	Grundprinzip	83
6.2	Adaptive Bestimmung des Messrauschens	85
6.3	Adaptive Bestimmung des Systemrauschens	86
6.4	Algorithmus	86
	Literatur.	87
7	Nichtlineare Kalman-Filter	89
7.1	Verallgemeinerte zeitdiskrete Systembeschreibung	89
7.2	Extended Kalman-Filter (EKF)	90
8	Systemrauschen	95
8.1	Ausgangspunkt	95
8.2	Direkte Diskretisierung	96
8.3	Partielles konstantes Rauschen	97
8.4	Diskretisiertes zeitkontinuierliches Modell	97
9	Gütemasse	101
9.1	Mittlerer quadratischer Fehler	101
9.2	Normalisiertes Schätzfehlerquadrat	102

Teil IV Anwendungsbeispiele

10	Prinzipielles Vorgehen	107
10.1	Zeitkontinuierliche Systembeschreibung	107
10.2	Zeitdiskrete Systembeschreibung	108
10.3	Beobachtbarkeit	109
10.4	Bestimmung des System- und Messrauschens	109
10.5	Gütemaße	110
	Literatur.	111
11	Beispiel: Bias-Schätzung	113
11.1	Filterentwurf	113
11.2	Kalman-Filter	118
11.3	Übergang in IIR-Filter 1. Ordnung	122
11.4	ROSE-Filter	123
	Literatur.	127

12 Beispiel: Kinematische Modelle.	129
12.1 Modellierung	129
12.2 Kinematisches Modell 2. Ordnung	131
12.3 Modell 3. Ordnung	137
12.4 Modell höherer Ordnung	143
Literatur.	143
13 Beispiel: Messrauschen mit Offset	145
13.1 Problematik	145
13.2 Filterentwurf	147
13.3 Implementierung und Ergebnisse.	150
14 Beispiel: Alternatives Bewegungsmodell der Mondfähre	155
14.1 Filterentwurf	155
14.2 Implementierung und Ergebnisse.	159
15 Beispiel: Kovarianzmatrix Messrauschen	163
15.1 Filterentwurf	163
15.2 Implementierung und Ergebnisse.	167
16 Beispiel: Umfeldsensor mit ROSE-Filter	171
16.1 Umfeldsensor	171
16.2 Implementierung und Ergebnisse.	178
Literatur.	182
17 Beispiel: Fahrstreifenerkennung	183
17.1 Problembeschreibung.	184
17.2 Filterentwurf	188
17.3 Implementierung und Ergebnisse.	192
18 Beispiel: Gleichstrommotor	195
18.1 Filterentwurf	195
18.2 Implementierung und Ergebnisse.	200
19 Beispiel: Positions- und Geschwindigkeitsschätzung mit EKF-Filter	205
19.1 Positionssensor.	205
19.2 Filterentwurf	206
19.3 Implementierung und Ergebnisse.	215
Literatur.	219
Vektor- und Matrizenrechnung	221
Sammlung wichtiger verwendeter Formeln	227

Lösung Matrix-Exponentialgleichungen – Einführendes Beispiel	229
Herleitung Kalman-Verstärkung für kinematisches Modell 2. Ordnung	231
Literatur.	235
Stichwortverzeichnis.	237