

Inhalt

Vorwort	5
1 Einführung in das automatisierte Fahren und die Fahrzeugsicherheit	9
1.1 Automatisiertes Fahren	9
1.2 Integrale Fahrzeugsicherheit und Unfallstatistiken	14
1.3 Schlüssel zur Wertschöpfung: Elektronikkomponenten und Signalverarbeitung	21
1.4 Übungen und Lösungen zu Kapitel 1	24
2 Grundlagen der Signalverarbeitung	26
2.1 Lineare Algebra	27
2.1.1 Definitionen und Notation	27
2.1.2 Einige Rechenregeln der linearen Algebra	31
2.1.3 Ableiten nach Vektoren und Matrizen	33
2.1.4 Eigenwert- und Singulärwertzerlegung; Normen von Matrizen	35
2.2 Optimierung mittels Lagrange-Multiplikatoren	39
2.2.1 Optimierungsaufgaben mit Gleichungsnebenbedingungen	39
2.2.2 Optimierungsaufgaben mit Ungleichungsnebenbedingungen	41
2.3 Wahrscheinlichkeitstheorie	43
2.3.1 Wahrscheinlichkeitsräume und Zufallsvariablen	43
2.3.2 Bedingte Wahrscheinlichkeit und Satz von Bayes	47
2.3.3 Begriffe aus der Informationstheorie	48
2.3.4 Gaußsche Zufallsvariable	49
2.3.5 Transformation von Zufallsvariablen	51
2.3.6 Zufallsprozesse	53
2.4 Lineare Systeme	57
2.4.1 Zeitkontinuierliche lineare Systeme	57
2.4.2 Zeitdiskrete lineare Systeme	58
2.4.3 Diskretisierung	58
2.5 Filterung von Signalen im Frequenzbereich	68
2.5.1 Darstellung von LZI-Systemen im Frequenzbereich	68

2.5.2 Tiefpass-, Bandpass- und Hochpassfilterung	70
2.5.3 Tiefpassfilterung von Crash-Beschleunigungssignalen.....	72
2.6 Übungen und Lösungen zu Kapitel 2	74

3 Fahrzeugmodelle und Trajektorien 97

3.1 Kollisionsmodelle für die passive Fahrzeugsicherheit.....	97
3.1.1 Masse-Feder-Dämpfer-Modelle.....	99
3.1.2 Mehrkörpersimulation und Finite-Elemente-Berechnung.....	107
3.2 Fahrdynamikmodelle für autonomes Fahren und die aktive Fahrzeugsicherheit	108
3.2.1 Relativbewegung	108
3.2.2 Bewegungsmodelle für Verkehrsteilnehmer	119
3.2.3 Wichtige Kräfte für die Fahrzeugbewegung	128
3.2.4 Einspurmodelle und Lenkverhalten	141
3.2.5 Nichtlineares Zweispurmodell	164
3.3 Trajektorienplanung und Trajektorienfolgeregler	169
3.4 Übungen und Lösungen zu Kapitel 3	180

4 Statistische Filterung 206

4.1 Optimale statistische Filter	206
4.2 Kalman-Filter	212
4.2.1 Herleitung des Kalman-Filters	213
4.2.2 Tracking mittels Kalman-Filter	224
4.2.3 Extended Kalman-Filter	233
4.3 Sensordatenfusion	234
4.4 Übungen und Lösungen zu Kapitel 4	240

5 Maschinelles Lernen 252

5.1 Einführung in das maschinelle Lernen	252
5.1.1 Klassifikation und Regression	253
5.1.2 Fluch der hohen Dimensionen	256
5.1.3 Normierung der Merkmalsvektoren	257
5.1.4 Parametrische und parameterfreie Methoden	257
5.1.5 Optimale Klassifikation und Regression	258
5.1.6 Maximum-Likelihood und Maximum-a-posteriori-Parameterschätzung	260
5.1.7 Lineare Regression und Klassifikation	262
5.1.8 Klassifikation mittels softmax-Funktion	271
5.1.9 Kernel-WDF-Schätzer, k -NN-Klassifikation und Kernel-Regression	273
5.1.10 Generalisierung und Bias-Variance-Zerlegung	278
5.1.11 Modellauswahl und Bewertung von maschinellen Lernalgorithmen.....	283

5.1.12	Stochastisches Gradientenabstiegsverfahren	289
5.1.13	Übersicht zur Vorgehensweise beim Supervised Learning	292
5.2	Künstliche neuronale Netze und Deep Learning	293
5.2.1	Deep Multilayer Perceptrons	295
5.2.2	Automatische Differentiation im Rückwärtsmodus (Backpropagation) .	299
5.2.3	Radial Basis Function Neural Networks	303
5.2.4	Deep Convolutional Neural Networks.....	305
5.3	Support Vector Machines.....	317
5.3.1	Support Vector Machines für Klassifikation und Kernel-Trick	317
5.3.2	Support Vector Machines für Regression	323
5.4	Entscheidungs- und Regressionsbäume	327
5.4.1	Entscheidungsbäume	327
5.4.2	Regressionsbäume	331
5.5	Random Forest.....	333
5.5.1	Out-Of-Bag Error	337
5.5.2	Merkmalsselektion mittels Random Forest	337
5.5.3	Proximity	339
5.6	Unsupervised Learning.....	342
5.6.1	Clusteranalyse	342
5.6.2	Random Forest für Unsupervised Learning	354
5.6.3	Autoencoder	356
5.6.4	Variational Autoencoder und Generative Adversarial Networks.....	363
5.7	Anwendungen für das sichere automatisierte Fahren.....	370
5.7.1	Kritikalitätsschätzung im Straßenverkehr	374
5.7.2	Prädiktion der Crashschwere	378
5.7.3	Trajektorienplanung zur Kollisionsvermeidung	380
5.7.4	Auslösung von Rückhaltesystemen	382
5.7.5	Clusterung von Verkehrsszenarien	385
5.7.6	Generierung von Szenarien mittels Variational Autoencodern.....	386
5.7.7	Stillstandserkennung	389
5.8	Übungen und Lösungen zu Kapitel 5	389
Notation		424
Literatur		432
Index		440