

Berichte aus der Medizinischen Informatik und Bioinformatik

David Sommer

**Analyse des Mikroschlafs mit Methoden
der Computergestützten Intelligenz**

Shaker Verlag
Aachen 2009

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Zugl.: Ilmenau, Techn. Univ., Diss., 2009

Copyright Shaker Verlag 2009

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-8175-5

ISSN 1432-4385

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Kurzfassung

Die überwiegende Zahl der Verkehrsunfälle ist durch Humanfaktoren bedingt. Hierbei sind extreme Hypovigilanz, plötzliche Aufmerksamkeitsverluste und Mikroschlafepisodes (MSE) besonders gefährlich. Zu ihrer Vermeidung nehmen unter den technischen Gegenmaßnahmen vor allem die automatische Erkennung und die Prognose solcher Spontanzustände eine zentrale Stellung ein. Auf dem Markt aktuell vorliegende Geräte basieren überwiegend auf der kontaktlosen Messung von okulomotorischen Variablen, insbesondere Lidschlagvariablen. Zur Validierung dieser Geräte wird eine Labor-Referenzmethode benötigt. Ziel dieser Arbeit ist deren Entwicklung, Optimierung und Validierung.

Die Auswertung der wissenschaftlichen Literatur der letzten Jahrzehnte zeigt, dass die Themenstellung komplex ist und dass eine umfassende Theorie zu den psychophysiologischen Bedingungen und zu den Abläufen noch im Entstehen ist. Es wird begründet, warum sich elektrophysiologische Signale, wie das Elektroenzephalogramm (EEG) und das Elektrookulogramm (EOG), als aussichtsreiche Zugänge für die Detektion von MSE erweisen.

Die Befundung, das heißt die Begutachtung des Probandenverhaltens, insbesondere vor und während Mikroschlafereignissen, wird in dieser Arbeit durch visuelle Beobachtungen von mehreren Experten ausgeführt. Dabei gehören Video-Nahaufnahmen des Auges und Videoaufnahmen der Fahrtszene zu den wichtigsten Informationsquellen. Es wurden nur evidente Ereignisse und evidente Gegenbeispiele befundet; Episoden mit unsicherer Befundung wurden verworfen.

Die Extraktion von Merkmalen aus EEG und EOG wurde im Wesentlichen durch Methoden zur Schätzung der spektralen Leistungsdichten und einer kürzlich eingeführten Methode im Zustandsraum, der Delay-Vektor-Varianz, realisiert. Erstere Methodik nimmt an, dass die Signale linear sind, während letztere auch nichtlineare Signalanteile und Stochastizität parametrisiert. Es wird gezeigt, dass für die Minimierung der empirischen Klassifikationsfehler die zeitliche Region der Signalanalyse exakt zu optimieren ist und neben der Fusion vieler Merkmale aus allen Signalen auch eine Reduktion korrelierender Merkmale auszuführen ist.

Für die automatische Klassifikation wurden sowohl einfache, lokale und einfache, globale Methoden als auch lernfähige Methoden verwendet, die mit und ohne Regularisierung der Diskriminanzfunktion arbeiten. Zudem wurden Klassifikatoren mit automatisch adaptierender Metrik eingesetzt, die sich zur Wissensextraktion eignen. Stark gewichtete Merkmale besitzen hohe Relevanz, denn sie dominieren die Distanzberechnungen. Am erfolgreichsten erwies sich in der vorliegenden Anwendungsdomäne die Support-Vektor-Maschine (SVM), deren Hyperparameter für verschiedene Kernfunktionen empirisch optimiert werden mussten. Für eine Probandengruppe ($N=22$) konnten mittlere Testfehler von 9,8 % erreicht werden.

Die nahezu verzerrungsfreie Leave-One-Out-Validierung konnte effizient für die rechenaufwendige SVM verwendet werden. Hold-Out-Strategien wurden auch auf Datensätze kompletter Versuchsnächte und einzelner Probanden angewendet. Mit ersterer wurde die zeitliche Stabilität und mit letzterer die Personenunabhängigkeit validiert. Es zeigte sich, dass sich die klassenbedingten Verteilungsdichten inter-individuell stark unterscheiden.

Für einzelne Probanden wurde an evidenten Datenbeispielen eine SVM adaptiert und optimiert und anschließend an fortlaufenden Datensegmenten abgerufen. Diese fortlaufende Klassifikation konnte positiv validiert und damit die Hypothese bestätigt werden, dass eine Sensorapplikation basierend auf elektrophysiologischen Signalen möglich ist. Die Ergebnisse wurden mit denen einer anderen Forschungsgruppe verglichen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die vorgeschlagene Lösung das Potential für einen Labor-Referenzstandard besitzt, um einerseits MSE sicher erkennen und andererseits extreme Hypovigilanz objektiv einschätzen zu können.
