

Johannes Stallkamp: Framework zur Entwicklung, Bewertung und Analyse von Computer-Vision-Anwendungen im Kontext umfelderfassender Fahrerassistenzsysteme

1 Kurzfassung der Dissertation

Im Straßenverkehr wird ein Großteil der Unfälle durch Wahrnehmungsfehler verursacht. Insbesondere in komplexen Verkehrssituationen ist die Menge der zu verarbeitenden Informationen sehr groß und erfordert ein hohes Maß an Aufmerksamkeit vom Fahrer. Fahrerassistenzsysteme sollen helfen, kritische Situationen und Unfälle zu vermeiden, indem sie den Fahrer rechtzeitig warnen oder direkt in die Fahrzeugführung eingreifen. Komfortfunktionen tragen zusätzlich zur Entlastung des Fahrers bei.

Um die Verkehrssituation bewerten und kritische Situationen antizipieren zu können, ist die Wahrnehmung des Fahrzeugumfelds notwendig. Dazu stehen im Fahrzeug zahlreiche unterschiedliche Sensoren zur Verfügung. Da viele Elemente des Straßenverkehrs auf die menschliche visuelle Wahrnehmung ausgelegt sind, kommen Kameras und *Computer Vision*-Verfahren eine besondere Bedeutung zu. Im Gegensatz zum Menschen stellt die Wahrnehmung der natürlichen Umwelt für technische Systeme jedoch eine große Herausforderung dar.

Fehler haben ein hohes Gefährdungspotenzial und können schlimmstenfalls Menschenleben fordern. Daraus resultiert ein vielschichtiger Entwicklungs- und Bewertungsprozess für neue Systeme. Sowohl die Entwicklung derartiger Systeme als auch ihre Überprüfung zur Gewährleistung ihrer Zuverlässigkeit erfordern hohen Aufwand. Die Beteiligung zahlreicher Personen erhöht die Komplexität zusätzlich.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde das Softwaresystem *Advanced Development & Analysis Framework (ADAF)* entwickelt und in Kooperation mit der NISYS GmbH realisiert. Es ermöglicht die effiziente Entwicklung und Bewertung von sensordatenverarbeitenden Algorithmen, insbesondere Fahrerassistenzsystemen. Die modulbasierte Architektur des Frameworks bildet die Grundlage zur parallelen Erfassung, Aufzeichnung und Wiedergabe der Daten mehrerer – auch unterschiedlicher – Sensoren, ihrer Verarbeitung, Visualisierung und Annotation sowie der Bewertung der Verarbeitungsergebnisse. Ein automatisierter Verarbeitungsprozess ermöglicht die detaillierte Bewertung von Algorithmen auch auf umfangreichen Testdatenbeständen. Die hierzu erforderlichen Referenzdaten können über Annotationsmodule effizient erzeugt werden. Zentrales Merkmal von ADAF ist die Nachvollziehbarkeit und Reproduzierbarkeit der Verarbeitung und Bewertung. Dadurch ermöglicht ADAF im Fehlerfall eine detaillierte Analyse der Ursachen. Dies wird unterstützt durch zahlreiche Visualisierungsfunktionen zur Darstellung von Sensordaten und (Zwischen-)Ergebnissen.

Durch Bereitstellung einer umfangreichen Programmierschnittstelle ist das System explizit auf Erweiterung durch neue Funktionalität ausgelegt. Durch die Wiederverwendbarkeit von erstellten Modulen erzeugt ADAF projekt- und aufgabenübergreifende Synergieeffekte.

Die Leistungsfähigkeit und Flexibilität des Frameworks kann anhand mehrerer konkreter Projekte der NISYS GmbH und ihrer Kunden demonstriert werden. Es wird gezeigt, wie ADAF den unterschiedlichen Frage- und Problemstellungen gerecht wird. Die Gesamtbetrachtung der Projekte verdeutlicht, wie die Wiederverwendbarkeit vorhandener Module die Durchführung neuer Projekte vereinfacht und beschleunigt.

Schließlich wird der *German Traffic Sign Recognition Benchmark (GTSRB)* vorgestellt, ein umfangreicher Datensatz zur Bewertung von Verfahren zur Verkehrszeichenerkennung. Er diene als Grundlage für einen vielbeachteten gleichnamigen Wettbewerb zum Vergleich von Klassifikationsverfahren. Neben technischen Aufgabenstellungen der Erhebung und Verarbeitung der Daten, die durch Verwendung von ADAF effizient gelöst werden konnten, stehen im Rahmen der vorliegenden Arbeit vor allem Fragen des Benchmarkdesigns im Vordergrund.

2 Übersicht der wissenschaftlichen Veröffentlichungen und Konferenzteilnahmen

a) Begutachtete Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Fachzeitschriften

- [1] H. K. Ekenel, J. Stallkamp und R. Stiefelhagen. „A Video-based Door Monitoring System using Local Appearance-based Face Models“. In: *Computer Vision and Image Understanding* 114.5 (2010), S. 596–608.
- [2] J. Stallkamp, M. Schlipsing, J. Salmen und C. Igel. „Man vs. Computer: Benchmarking Machine Learning Algorithms for Traffic Sign Recognition“. In: *Neural Networks* 32 (2012), S. 323–332.

b) Begutachtete Konferenzbeiträge

- [1] H. K. Ekenel, J. Stallkamp, H. Gao, M. Fischer und R. Stiefelhagen. „Face Recognition for Smart Interactions“. In: *Multimedia and Expo, 2007 IEEE International Conference on*. 2007, S. 1007–1010.
- [2] J. Stallkamp, H. K. Ekenel, H. Erdoğ̃an, R. Stiefelhagen und A. Erçil. „Video-based Driver Identification using Local Appearance Face Recognition“. In: *Biennial on DSP for In-Vehicle and Mobile Systems*. 2007.
- [3] J. Stallkamp, H. K. Ekenel und R. Stiefelhagen. „Video-based Face Recognition on Real-world Data“. In: *Computer Vision, 2007. ICCV 2007. IEEE 11th International Conference on*. 2007, S. 1–8.
- [4] J. Stallkamp, M. Schlipsing, J. Salmen und C. Igel. „The German Traffic Sign Recognition Benchmark: A Multi-Class Classification Competition“. In: *Neural Networks (IJCNN), The 2011 International Joint Conference on*. Juli 2011, S. 1453–1460.
- [5] S. Houben, J. Stallkamp, J. Salmen, M. Schlipsing und C. Igel. „Detection of Traffic Signs in Real-World Images: The German Traffic Sign Detection Benchmark“. In: *Neural Networks (IJCNN), The 2013 International Joint Conference on*. 2013, S. 1–8.
- [6] M. Michael, J. Salmen, J. Stallkamp und M. Schlipsing. „Real-time Stereo Vision: Optimizing Semi-Global Matching“. In: *Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2013 IEEE*. 2013, S. 1197–1202.

c) Sonstige Veröffentlichungen

- [1] J. Stallkamp, M. Schlipsing, J. Salmen und C. Igel. „Introduction to the Special Issue on Machine Learning for Traffic Sign Recognition“. In: *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on* 13.4 (2012), S. 1481–1483.

d) Liste der Tagungs- und Konferenzteilnahmen

- *IEEE Intelligent Vehicles Symposium, 2007*
- *Biennial Workshop on DSP for Mobile and Vehicular Systems, 2007*
- *IEEE Conference on Computer Vision, 2007*
- *IEEE International Joint Conference on Neural Networks, 2011*