 TECHNOLOGY RESOURCE TRANSFER & CONSULTING TROUT GmbH	Projekt:	VITA ^B			1/7	
	Projekt-Nr:	0068	Dok-Nr:	0068_000005	Ver.:	09

Erfassung und Klassifizierung von vitalen und kognitiven Parametern des Menschen unter Anwendung maschinellen Lernens

General Information

Project indication	Vita ^B
Owner	TROUT GmbH, Parkstraße 28, 34119 Kassel
Web	http://www.trout-gmbh.de
Kontakt	Dr. Andreas Völkel, a.voelkel@trout-gmbh.de
V-Model-XT-Version	1.3


Abstrakt

Die Erfassung und Klassifizierung von vitalen und kognitiven Parametern des Menschen ist in vielen Bereichen wirkungsvoll sowie sinnvoll nutzbar und eröffnet neue Möglichkeiten, z.B. in der Medizintechnik, Automotive/Automatisierung, Luft- und Raumfahrt, Fitness/Wellness und Sicherheit.



Der Artikel beschreibt die Durchführung eines F&E-Projektes, das zu Beginn Anforderungen aus dem Bereich Automotive abbildet, jedoch im Projektverlauf auch zusätzliche Anforderungen für einen breitbandigen Einsatz berücksichtigt.

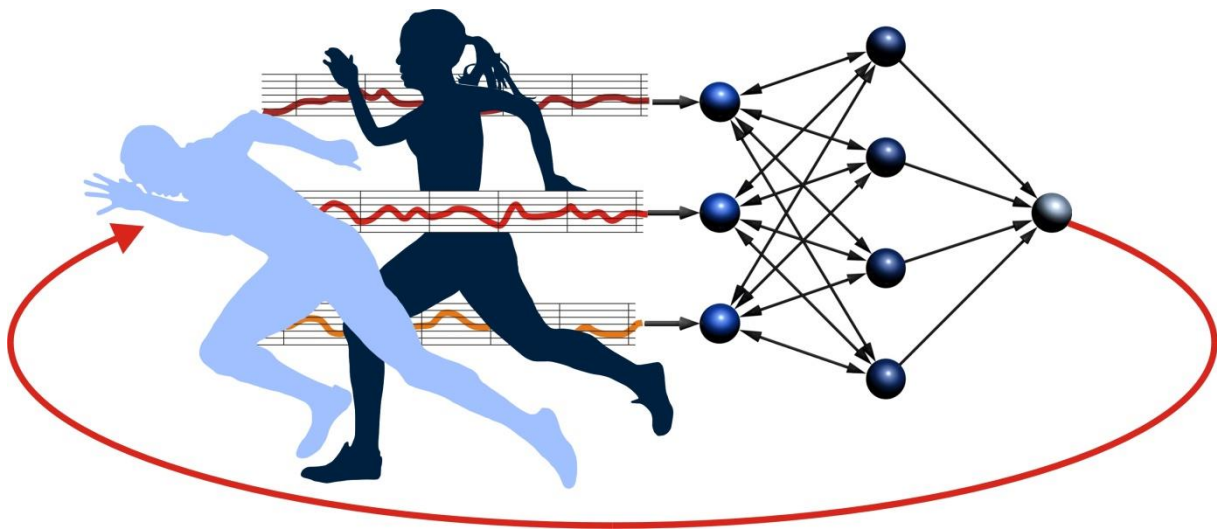
Im Zuge des technischen Fortschritts werden immer mehr manuelle Tätigkeiten durch automatisierte Assistenz- bzw. Führungssysteme unterstützt oder ersetzt. Zukünftig werden Erkennungssysteme ein wichtiger Bestandteil von automatisierten Systemen sein, die eine Zustandsklassifizierung des Menschen notwendig erscheinen lassen. Dementsprechend entwickelt die TROUT GmbH in verschiedenen Projekten Systeme, die die automatische Erkennung des Nutzerzustands zum Ziel haben.

 TECHNOLOGY RESOURCE TRANSFER & CONSULTING TROUT GmbH	Projekt:	VITA ^B			2/7	
	Projekt-Nr.:	0068	Dok-Nr.:	0068_000005	Ver.:	09

Hintergrund

Im Rahmen von Entwicklungen im Automotive und medizin-technischen Bereich hat die TROUT GmbH umfangreiche Kompetenzen auf dem Gebiet der komplexen Datenverarbeitung erworben, speziell für die Anwendung für Verfahren des maschinellen Lernens bzw. der Künstlicher Intelligenz (KI). So wurden für die Verarbeitung von Messdaten für die nicht-invasive Blutzuckerbestimmung beim Menschen, Künstliche Neuronale Netze (KNN) angewendet. Das Verfahren für die medizin-technische Anwendung ist in [1] ausführlich beschrieben, weshalb auf eine weitere Beschreibung an dieser Stelle verzichtet wird. Neben den Künstlichen Neuronalen Netzen beschäftigt sich die TROUT GmbH in einem neuen Projekt mit den Convolutional Neural Networks, die eine Weiterentwicklung der KNN sind.


In einem Projekt im Bereich Automotive wurden ebenfalls Werkzeuge der KI für die Verarbeitung im Zuge einer umfangreichen Untersuchung zur Nutzerzustandserkennung erfassten Daten verwendet.



Anforderungen und Ziele

Um Anforderungen aus dem Bereich Automotive zu entsprechen, wurde ein F&E-Projekt zur Bewertung vitaler und kognitiver Parameter des Menschen gestartet:

- Der Informationsgehalt vorliegender vitaler Daten des Menschen sind einer Auswertung bzgl. deren Nutzbarkeit anhand einer Auswerte- und Entscheidungsmatrix zu bewerten.
- Die relevanten vitalen und daraus abgeleitete kognitiven Parameter sind in den vorgegebenen Dimensionen zu klassifizieren.
- Eine Richtigkeit der Vorhersage von mehr als 80% anhand von Probandenwertungen ist zu erreichen.
- Die zu entwickelnden Verfahren des maschinellen Lernens haben mit hoher Treffsicherheit und innerhalb kürzester Zeit die maximal relevanten Parameter zu erkennen und diese für den Klassifizierungs-Algorithmus zu verarbeiten.
- Das System hat aus einer Gruppe von Personen anhand der klassifizierten vitalen und kognitiven Parameter die bewertete Person mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erkennen.
- Eine Online-Lernfähigkeit (Closed Loop) der Verfahren zum maschinellen Lernen ist zu integrieren.

	Projekt:	VITA ^B			3/7	
	Projekt-Nr:	0068	Dok-Nr:	0068_000005	Ver.:	09

- Ziel ist die Entwicklung eines funktionaler Prototyps mit verteilter HW- und SW-Umgebung.
- Alle Ergebnisse sind über Testreihen mit Probanden zu evaluieren.

Ein weiteres Ziel des F&E-Projektes war der Aufbau eines Fahrerzustandsmanagements mittels Klassifikation des emotionalen und mentalen Zustands sowie bedarfsgerechter und zielgerichteter Beeinflussung für einen optimalen Zustand.

Die für die Datenverarbeitung entwickelte Künstliche Intelligenz nutzt u.a. das mathematische Verfahren der Random Forrests¹. Die Verarbeitung ist so aufgebaut, dass innerhalb einer vorgegebenen Zeitspanne die relevanten Parameter bestimmt und verarbeitet werden können. Mittels maschinell lernenden Algorithmen werden in den erhobenen physiologischen Daten und den Bilddaten relevante Muster erkannt. Aus diesen Mustern wird der Fahrerzustand in den Dimensionen Kognitive Belastung², Arousal³, Valenz⁴ und Vigilanz⁵ mehrstufig klassifiziert.

Zur Unterstützung der Entwicklung eines mehrstufigen Algorithmus wurde eine Analyse-Applikation entwickelt, die Daten visualisiert sowie augenscheinliche Auffälligkeiten auffindet und bewertet. Gleichfalls erfolgt die Normierung und Glättung der Daten über verschiedene Filter und Auswertefunktionen für eine Plausibilitätskontrolle. Mit fachlicher und wissenschaftlicher Unterstützung aus der Medizin, insbesondere über ein Herz- und Kreislaufzentrum, wurden in der Folge die grundlegenden Annahmen verifiziert und weitere Optimierungen vorgenommen. Eine weitere Filterung der Daten mit dem höchsten Informationsgehalt in den Dimensionen Kognitive Belastung, Arousal, Valenz und Vigilanz über KI Werkzeuge für eine mehrstufige Klassifizierung ergab die gewünschten und hochqualitativen Ergebnisse, die einer Evaluierung unterzogen wurden.

VitaB

Die im Rahmen der bisher durchgeführten F&E-Projekte gewonnene Kompetenz für den Bereich der Nutzerzustandserkennung (Vital und Kognitiv) und die mögliche Entwicklung von Produkten zur Medizintechnik, Automotive/Automatisierung, Luft- und Raumfahrt, Fitness/Wellness und Sicherheit hat zu dem F&E-Projekt VitaB geführt. VitaB wird in einer F&E-Kooperation mit der Universität Kassel, einem Sensor-Entwickler und Praxispartnern aus der Industrie durchgeführt. Ziel der Entwicklung ist ein querschnittlich einsetzbares und parametergesteuertes System für die Bewertung vitaler und kognitiver Parameter des Menschen. Im Rahmen des Projektes sollen dabei nicht nur neue Verfahren für die Erkennung und Klassifizierung von kognitiven Nutzerzuständen unter


¹Random Forrest ist ein Verfahren für die Klassifikation und Regression von Daten. Anstelle kompletter Datensätze werden lediglich Lernstichproben genutzt. An jedem Knoten erfolgt nur eine zufällige Auswahl von Einflussvariablen.[2]

²Mental oder Cognitive Workload. Dieser Begriff beschreibt nach [3] die Gesamtheit aller erfassbaren Einflüsse, die von außen auf den Menschen zukommen und psychisch auf ihn einwirken. Psychische Belastungen wirken ausgehend von einer Situation auf den Menschen und beanspruchen seine Ressourcen. Der Begriff der Belastung beschreibt demnach eine Eigenschaft von Situationen und nicht von Personen[4] bzw. den Intensitätsaspekt der menschlichen Informationsverarbeitung, anhängig von der Komplexität der Aufgabe und den individuellen Leistungsvoraussetzungen.

³Arousal: Allgemeiner Grad der Aktivierung des zentralen Nervensystems beim Menschen, auch Aufmerksamkeitsvermögen [5] bzw. allg. Zustand diffuser kortikaler Anregung, der auf sensorische Stimulation folgt.[6]

⁴Valenz: In diesem Zusammenhang die Wertigkeit die dazu führt, dass der Mensch das Verhalten verändert

⁵Die Vigilanz, auch Vigilität oder Wachheit bezeichnet Zustände andauernder Aufmerksamkeit bei eintöniger Reizfrequenz (z. B. versierter Autofahrer auf Autobahn) [7], auch Stresslevel.

	Projekt: VITA ^B		4/7	
	Projekt-Nr.: 0068	Dok-Nr.: 0068_000005	Ver.:	09

Verwendung von Vitalparametern erforscht und entwickelt werden, sondern auch ein funktionaler Prototyp entstehen, der den formulierten Anforderungen entspricht.

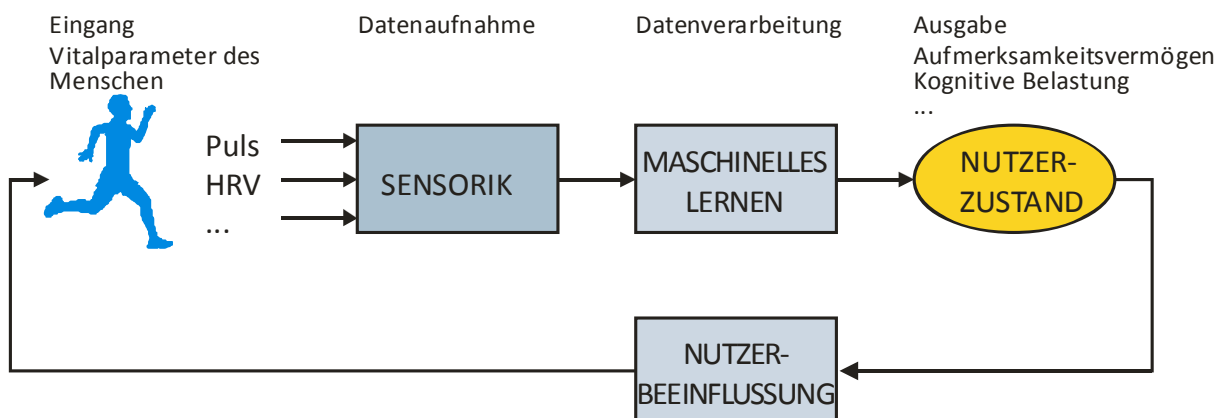
Basierend auf dem „funktionalen Prototypen“ wären Produkte bzw. Derivate des Projektes etablierbar. In diesem Kontext sind die Bereiche Automotive, Luft- und Raumfahrt (z.B. „intelligente“ Piloten- und/oder Passagiersitze, gleiches für Tower-Personal), Medizin und Wellness/Fitness sowie Sicherheit (Personen- und/oder Zustandserkennung) als weitere Anwendungsfelder möglich.⁶

Sensor-Entwicklung


Wichtig für das Gesamtsystem ist eine systemtechnische Bewertung aller Komponenten, insbesondere auch der Sensorik. Im Rahmen einer intensiven Bewertung wurde die Zusammenarbeit mit einem Unternehmen im Bereich der Sensorentwicklung für eine berührungslose Sensorik vereinbart. Entscheidend war, dass verwertbare und evaluierte Ergebnisse vorhanden sind, dass das Produkt technologisch als führend eingestuft werden kann und eine hohe Qualität besitzt, dass nutzbare Schnittstellen zu den derzeitigen Entwicklungen bestehen und dass eine mögliche FDA-Zulassung unterstützt wird.

Technologische Beschreibung

Im Ergebnis soll aus dem F&E-Projekt ein „funktionaler Prototyp“ in Form eines selbstlernenden Demonstrators zur Erkennung des vitalen und kognitiven Nutzerzustands hervorgehen, der parametergesteuert an weitere Anforderungen und Bereiche anpassbar sein soll. Der Demonstrator soll auf einer verteilten IT-Umgebung, sowie auf einer adaptierten Embedded-Umgebung lauffähig und einfach an unterschiedliche Anforderungen, Sensoriken und Schnittstellen anpassbar sein. Die adaptierte Embedded-Umgebung soll sich durch eine geringere Stromaufnahme und niedrigere Hardwarekosten auszeichnen und anwendbaren Normen und Standards (Elektromagnetische Verträglichkeit, SW- und HW-Entwicklung, Safety & Security) entsprechen. Weiterhin ist eine Realtime-Lernfähigkeit des Systems zu entwickeln und zu implementieren. Die Abbildung zeigt die Struktur des geplanten Systems.



⁶ Siehe auch Anwendung.

 TECHNOLOGY RESOURCE TRANSFER & CONSULTING TROUT GmbH	Projekt:	VITA ^B			5/7	
	Projekt-Nr:	0068	Dok-Nr:	0068_000005	Ver.:	09

Über eine „Closed Loop“ Funktion soll der Nutzerzustand laufend überprüft und ggf. über nachgeschaltete, adaptive Systeme positiv beeinflusst werden. Abhängig von der jeweiligen Einschätzung kann ein adaptives System unterschiedlich reagieren, um den Nutzer dabei zu unterstützen, wieder einen der Situation angemessenen Zustand zu erreichen. Ein mögliches Anwendungsbeispiel ist die Anpassung der Innenraumklimatisierung eines Fahrzeugs entsprechend dem erkannten Fahrerzustand.

Über die Erfassung der genannten Eingangsgrößen und mittels des maschinellen Lernens soll der vitale und kognitive Zustand eines Nutzers abgeleitet werden. Die Evaluierung erfolgt mittels verschiedener Modelle, z.B. auch über Probanden. Über eine „Closed Loop“ Funktion wird der Nutzerzustand laufend überprüft und kann ggf. über nachgeschaltete, adaptive Systeme, positiv beeinflusst werden. Die Erforschung und Umsetzung der nötigen Funktionalitäten, sowie die Erprobung der Verfahren in einem möglichst realitätsnahen Aufbau als auch die Weiterentwicklung der Kompetenzen im beschriebenen Bereich der Nutzerzustandserkennung stehen dabei im Vordergrund.


Wissenschaftlicher Erkenntnisgewinn

Aus wissenschaftlicher Sicht beinhaltet das Projekt mehrere relevante Fragestellungen, die sich signifikant vom bestehenden Stand der Technik und den Arbeiten anderer Forschungsakteure abgrenzen. Dies umfasst beispielsweise die Fragestellungen zur Bewertung des aktuellen kognitiven Personenzustandes auf Basis in der Umgebung integrierter Sensorik, Nutzeridentifikation auf Basis solcher kognitiven Zustandsinformationen, die Individualisierung von zugehörigen Klassifikatoren sowie die Selbstbewertung des Systems.

Folglich ist die Entwicklung von Techniken zur Personenidentifikation als Basis für vielfältige Anwendungen im Komfortbereich oder auch in sicherheitskritischen Anwendungen (z.B. Individualisierung von Komfortfunktionen wie Klimaanlage, Radio, Empfehlungssysteme) durch Untersuchung relevanter Vorverarbeitungsalgorithmen und Merkmalsextraktionsverfahren bzw. Parametrisierung von Klassifikatoren zu bewerten. Weiterhin sind Untersuchungen von Möglichkeiten zur Individualisierung der Klassifikationstechniken nötig, beispielsweise durch Adaption der Techniken (z.B. inkrementelles Training der Klassifikatoren) zur Laufzeit, bis hin zum Einsatz von aktiven Lernverfahren, bei denen Menschen Feedback zu ihrem Zustand geben.

Für die Fahrerzustandsklassifikation werden die Techniken zur Signalvorverarbeitung, zur automatischen Merkmalsselektion, zur Klassifikation auf Basis maschineller Lernverfahren (unter Berücksichtigung von Ensembletechniken) und Überprüfung der Techniken mit Beispieldaten unter Verwendung statistischer Testmethoden weiter optimiert. Konzeptionierung und Umsetzung der Verfahren erfolgen in modularer Form, so dass eine dynamische Anpassung an die jeweilige Zielhardware erfolgen kann.

Selbstbewertung bedeutet in diesem Zusammenhang, dass das System so ausgelegt wird, dass es autonom entscheiden kann, wie sicher es sich mit der aktuellen Klassifikation ist. Dieses dient der Quantifizierung der Unsicherheit und erlaubt in einer konkreten Anwendung eine diversifiziertere Steuerung der entsprechenden Maßnahmen, die mit einer Klassifikation verbunden sind.

 TECHNOLOGY RESOURCE TRANSFER & CONSULTING TROUT GmbH	Projekt:	VITA ^B			6/7	
	Projekt-Nr:	0068	Dok-Nr:	0068_000005	Ver.:	09

Grundsätzlich stellt bereits die Neuartigkeit des vorgeschlagenen Ansatzes ein Alleinstellungsmerkmal im Vergleich zu anderen Verfahren zur Nutzerzustandsmodellierung dar.

Status des Projektes

Auf Grundlage des evaluierten Basis-Systems mit Nachweis der Erfüllung aller Anforderungen wurde insbesondere der Kontakt zu Sensor-Entwicklern gesucht, um eine berührungslose Sensorik hoher Genauigkeit einzusetzen, die den Anforderungen an das Gesamtsystem entspricht. Ein entsprechendes Patent wurde angemeldet.

Das System wurde insoweit weiterentwickelt, dass die verteilte HW- und SW-Umgebung, die für die Entwicklung eines funktionalen Prototypen und damit gegebener schneller Reaktion auf notwendige HW- und SW-Änderungen sowie Nutzung von Standards, auf eine Embedded-Umgebung portierbar ist. Gleichfalls wird berücksichtigt, dass in weiteren Versionen eine Datenhaltung in der Cloud (Rohdatenübertragung per NFC, Bluetooth, Internet) sowie die dortige Auswertung mit Rücksendung und/oder Weiterverarbeitung der Ergebnisse, möglich sind.

Im April 2017 wurde das genannte F&E-Projekt VITA-B (gefördert über Loewe) mit der Universität Kassel gestartet, um das entwickelte System „breitbandig“ für Anwendungen in der Medizintechnik, Fitness und Wellness, Automotive, Luft- und Raumfahrt sowie Sicherheit zu nutzen.

Anwendung

Das Projekt ist bewusst darauf ausgelegt, dass sich aus dem Ergebnis mehrere Produkte generieren lassen. Anwendungsbereiche für das Basissystem der Nutzerzustandserkennung ist Automotive, Luft- und Raumfahrt, der Fitness-/Wellnessbereich (Wearables) und die Medizintechnik (Digital Health).


- Automotive: Intelligente Sitze, Anpassung der Komponenten im Auto, Unterstützung des „autonomen Fahrens“, Erhöhung der Sicherheit, automatische Hilfe.
- Medizintechnik: Digital Health (Vitalparameter), „Intelligente“ Betten und Behandlungsstühle, Einbindung in medizinische Netzwerke.
- Luft- und Raumfahrt: Intelligente Pilotensitze, Passagiersitze.
- Sicherheit: Erkennung des vitalen und/oder kognitiven Zustandes von Personen.

TROUT GmbH

Die TROUT GmbH ist ein F&E-Unternehmen mit Schwerpunkten in der Medizintechnik, der Luft- und Raumfahrt sowie Automation/Automotive. Das Geschäftsmodell basiert auf der Übernahme von Leistungen in anspruchsvollen technisch-/wissenschaftlichen Projekten für die Systementwicklung, zugehöriger Komponenten und Managementleistungen, als auch auf der Entwicklung eigener Produkte, überwiegend im Rahmen von F&E-Kooperationen. Eines dieser Produkte ist VitaB, ein berührungsloses System zur Bewertung vitaler und kognitiver Parameter des Menschen.

Referenzen

- [1] H. Fischer, Mit KI nichtinvasiv Blutzucker bestimmen: Neuronale Netze statt Nadel und Spritze. Medizin + Elektronik, 11.04.2017, <http://www.medizin-und-elektronik.de/medizin-40-iot/artikel/140674/?cid=NL>.

 TECHNOLOGY RESOURCE TRANSFER & CONSULTING TROUT GmbH	Projekt:	VITA ^B			7/7	
	Projekt-Nr:	0068	Dok-Nr:	0068_000005	Ver.:	09

- [2] Y.L. Pavlov: Random Forests. VSP, Utrecht, Boston, Köln, Tokyo. ISBN 90-6764-314-9, 2000. Auszug:
<https://books.google.de/books?id=07gpKU3npYUC&printsec=frontcover&dq=Random+Forest&hl=de&sa=X&ved=0ahUKEwjX7L72qMzVAhXEtRQKHSeYBokQ6AEIKTAA#v=onepage&q=Random%20Forest&f=false>
- [3] DIN EN ISO 10075-1:2015-12, Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung - Teil 1: Allgemeine Konzepte und Begriff. DIN EN ISO 10075-1, Beuth Verlag, Berlin.
- [4] Wikipedia: Physische Belastung. [https://de.wikipedia.org/wiki/Belastung_\(Psychologie\)#cite_note-2](https://de.wikipedia.org/wiki/Belastung_(Psychologie)#cite_note-2).
- [5] Wikipedia: Arousal. <https://de.wikipedia.org/wiki/Arousal>
- [6] Moruzzi, G. & Magoun, H. W. (1949). Brain stem reticular formation and activation of the EEG. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1 (4), 455–473.
- [7] Wikipedia: Vigilanz. <https://de.wikipedia.org/wiki/Vigilanz>.