

Forschungsprojekt für den Forschungsmaster Data Science

Projekttitle: 1 Datengestützte Churn-Prävention und kundenindividuelle Vertrieboptimierung bei den Stadtwerken Bielefeld



Projektübersicht

Anzahl Studierende	1
Art	Projekt mit externen Partnern
Projektverantwortung	Prof. Dr.-Ing. Christian Schwede
Projektkontext	Das Projekt findet in enger Zusammenarbeit mit der Stadtwerke Bielefeld Gruppe statt. Es stehen Ansprechpartner:innen aus den Bereichen Geschäftsentwicklung, IT und Datenschutz zur Verfügung. Die Datenbasis umfasst Kundendaten mit Opt-Ins aus vier Unternehmen der Gruppe mit fünfstelliger Kundenzahl, die eine Auswertung erlauben. Arbeitsplätze und regelmäßige Präsenz in Bielefeld sind vorgesehen.

Abstrakt

Die Stadtwerke Bielefeld Gruppe sieht sich im Energiemarkt mit hoher Kundenabwanderung konfrontiert. Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines Data-Science-Modells zur Vorhersage von Wechselabsichten (Churn) und zur Ableitung kundenindividueller Vertriebsmaßnahmen. Die Studierenden analysieren vorhandene Daten, entwickeln ein prädiktives Modell und unterstützen die Integration in die Vertriebsprozesse zur nachhaltigen Kundenbindung.

Kurzbeschreibung

Die Energiewirtschaft befindet sich in einem tiefgreifenden Wandel: Nach der Liberalisierung der Märkte nehmen Kunden verstärkt das stetig wachsende Marktangebot wahr, in der Folge prägen zunehmender Wettbewerb und steigende Anforderungen an Nachhaltigkeit und Kundenorientierung die Branche. Die Stadtwerke Bielefeld Gruppe, bestehend aus den Bereichen Energie, Wärme, Wasser, Telekommunikation, Mobilität und Bäder, sieht sich insbesondere im Energiesektor mit einem intensiven Preiswettbewerb und einer wachsenden Kundenabwanderung (Churn) konfrontiert. Diese Abwanderung führt zu Umsatzverlusten und erschwert langfristige Planungen.

Das Projekt adressiert diese Herausforderung, indem es vorhandene Kundendaten aus vier Unternehmensbereichen nutzt, um datengetriebene Modelle zur Churn-Reduzierung zu entwickeln. Bei Bedarf können ebenfalls Daten von externen Dienstleistern bezogen werden, um deren Beitrag zu aussagekräftigeren Modellen zu prüfen. Ziel ist es, die Wechselmotive und -muster sowie die Charakteristika der Kündiger:innen besser zu verstehen und ein prädiktives Modell zu erstellen, das frühzeitig wechselgefährdete Kund:innen identifiziert. Darüber hinaus sollen zusammen mit dem Vertrieb kundenindividuelle Maßnahmen zur Kundenbindung und Vertrieboptimierung abgeleitet werden. Dabei können weitere praxisnahe Fragestellungen entstehen, die mithilfe des Datenmodells entscheidend unterstützt werden können.

Die Lösung bietet einen erheblichen Mehrwert für das Unternehmen und den Standort Bielefeld: Durch gezielte Präventionsmaßnahmen können Kundenabwanderungen reduziert, Umsätze stabilisiert und damit Investitionen in die Region durch ein kommunales Unternehmen langfristig weiter ermöglicht werden. Gleichzeitig ermöglicht das Projekt eine datenbasierte, personalisierte Kundenansprache, die Kundenzufriedenheit und -bindung nachhaltig verbessert. Damit leistet das Projekt einen zentralen Beitrag zur Digitalisierung und Zukunftsfähigkeit kommunaler Versorgungsunternehmen in einem dynamischen Marktumfeld.

Aufgabenstellung

- Überprüfung und Bewertung der vorhandenen Datenlage sowie Identifikation von Datenlücken
- Analyse und Charakterisierung von Churn-Kund:innen und Wechselstrukturen
- Entwicklung und Validierung eines prädiktiven Churn-Modells
- Ableitung und Test von Maßnahmen zur Churn-Reduzierung und kundenindividuellen Vertrieboptimierung
- Unterstützung bei der Integration des Modells in die operativen Systeme und Prozesse

Bezug zum Thema Data Science

Das Projekt behandelt zentrale Data-Science-Disziplinen:

- Datenexploration und -aufbereitung
- Feature Engineering
- Klassifikation und prädiktive Modellierung (z.B. Random Forest, XGBoost, Logistic Regression)
- Modellinterpretierbarkeit (Explainable AI)
- Integration von Modellen in operative Systeme (z.B. CRM)
- Evaluierung von Maßnahmen (A/B-Testing, Wirkungsanalyse)

Verfügbare Ressourcen

- Kundendaten (mit Opt-In) aus vier Unternehmen der Stadtwerke-Gruppe (5-stellige Anzahl)
- Ansprechpartner:innen aus Vertrieb, IT und Datenschutz

Projektplan

- Erstes Semester: Erstellung eines Forschungsexposés, Einarbeitung in die Datenlage und Bewertung dieser, Ableitung von Maßnahmen zur Optimierung der Datenqualität, Abstimmung mit den Fachbereichen, erste einfache statistische Analysen
- Zweites Semester: Literaturrecherche zu Churn-Prädiktion und kundenindividueller Vertriebssteuerung, Erstellung eines Überblickspapiers, Erstellung eines Proof of Concept
- Drittes Semester: Entwicklung und Validierung des Churn-Modells, erste quantitative Ergebnisse, Veröffentlichung eines Papers
- Viertes Semester: Masterarbeit inkl. abschließender Integration des Modells in die Prozesse und Abschlusskolloquium

Eignungskriterien

Zwingend:

- Bereitschaft zur Einarbeitung in die Prozesse des Unternehmens inkl. der Bewertung des Vorgehens bei der Auswertung zusammen mit dem Datenschutz

Optional:

- Erfahrung mit Data-Science-Projekten in Unternehmen
- Erfahrung im Umgang mit einem Business Warehouse wünschenswert (z.B. SAP BW)
- Erfahrung mit CRM-Systemen, idealerweise SAP C4C wünschenswert
- Kenntnisse in der Energiewirtschaft

Erwerbbare Kompetenzen

- Anwendung und Bewertung moderner Data-Science-Methoden in der Praxis
- Entwicklung und Operationalisierung prädiktiver Modelle
- Interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Fachexpert:innen
- Präsentation und Kommunikation von Analyseergebnissen
- Erfahrung im Umgang mit sensiblen Kundendaten und Datenschutz

Forschungsprojekt für den Forschungsmaster Data Science

Projekttitel: 2 Digitale Zwillinge lernen



Projektübersicht

Anzahl Studierende	1-3
Art	Projekt mit externen Partnern
Projektverantwortung	Prof. Dr.-Ing. Christian Schwede
Projektkontext	Projekt in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik (ISST) in Dortmund und im Kontext des Center for Applied Data Science (CfADS) sowie des Institute for Data Science Solutions (IDaS) ; Anstellung als Hiwi bei Fraunhofer ist möglich

Abstrakt

Ziel des Projektes ist es simulationsbasierte Digitale Zwillinge zur Planung und Steuerung von Produktions- und Logistikumgebungen aus IoT-Daten zu lernen. Hierbei wird auf dem vom der HSBI und dem Fraunhofer ISST erstellten Open-Source-Framework OFaCT aufgebaut und dieses erweitert. Die Daten stammen aus Kundenprojekten von Fraunhofer und der IoT-Factory des CfADS. Zum Einsatz kommen neben Process Mining Methoden auch generative Modelle wie Large Language Models (LLMs).

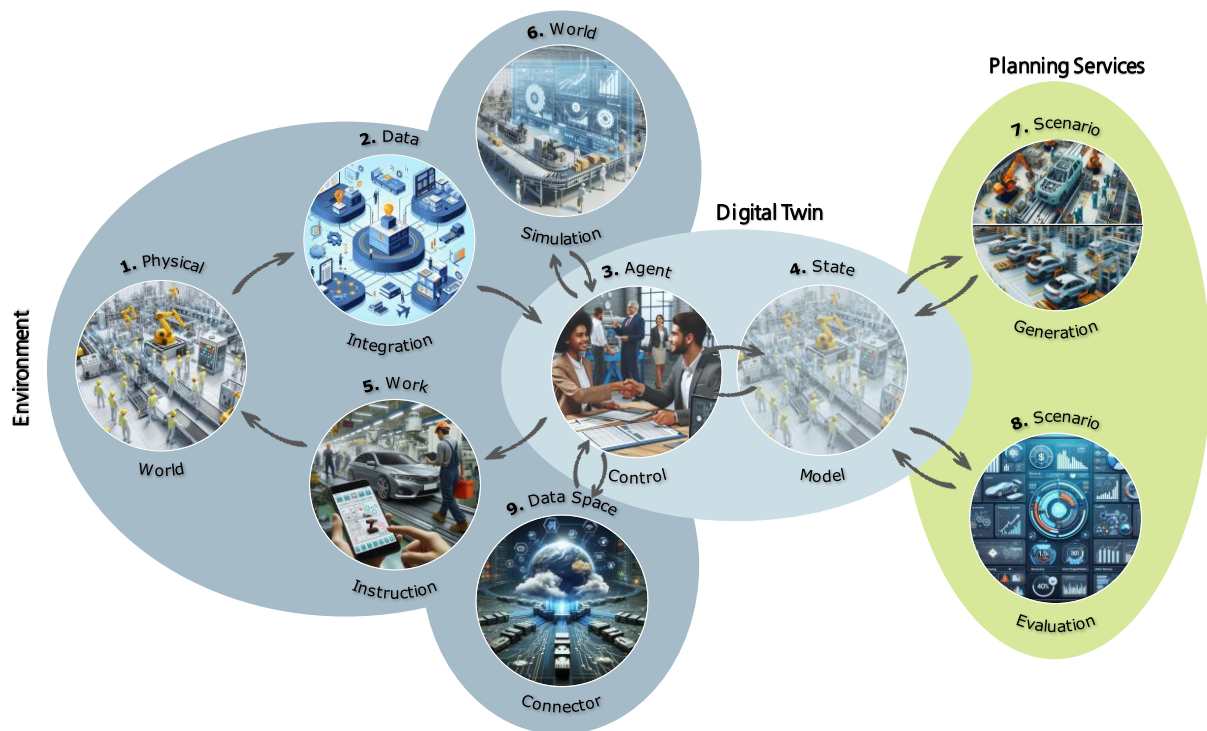
Kurzbeschreibung

Digitale Zwillinge sind der Schlüssel zur optimalen Gestaltung, Planung und Steuerung von Produktions- und Logistikumgebungen. Diese Softwareframeworks erlauben den Zugriff auf ein stets aktuelles digitales Abbild des Systems, ermöglichen die Optimierung und Simulation von Szenarien in dieser virtuellen Umgebung und vermitteln Änderungen mittels Arbeitsanweisungen direkt zurück an den Shop Floor. So können Entscheidungen in allen Lebensphasen des Systems evaluiert und optimiert werden, bevor sie getroffen werden. Sowohl langfristige Veränderungen am System, als auch Reaktionen auf kurzfristige Störungen können optimal umgesetzt werden. Das Potential für Unternehmen wird hierbei als sehr hoch eingeschätzt (prognostiziertes Marktvolumen von 10

Milliarden US \$ in 2028¹). Das Fraunhofer ISST und die HSBI haben das Open-Source-Framework OFact (Open Factory Twin) erstellt, dass es insbesondere kleinen und mittelständische Unternehmen erlaubt ihre Produktionssysteme zu digitalisieren.



OFact basiert auf einem standardisierten Zustandsmodell, mit dem beliebige diskrete Materialflusssysteme abgebildet werden können. Über das Datenintegrationsmodul können beliebige Datenschnittstellen angesprochen werden. Die Steuerung des Systems wird durch ein Multi-Agenten-System übernommen, so dass Steuerungsregeln hochflexible und getrennt von Zustandsmodell abgebildet und verändert werden können. Die Agenten übernehmen auch die Steuerung des Materialflusssystems mittels Arbeitsanweisungen.



¹ Bain & Company: Global Machinery & Equipment Report 2024

Als Umgebung kann das Framework auf eine simulierte Realität zurückgreifen, um z.B. Szenarien zu evaluieren. Planungsservices erlauben die Erstellung und Optimierung von Handlungsalternativen und ein Dashboard die Auswertung anhand von Standard-Kennzahlen.

Eine wichtige Hürde bei der Implementierung von Digitalen Zwillingen in kleinen und mittelständischen Unternehmen sind die Kosten, die durch das manuelle modellieren durch Experten entstehen. Diese Kosten fallen nicht nur bei der Erstellung, sondern auch bei der regelmäßigen Aktualisierung an. Das Ziel dieses Projektes ist es deshalb Digitalen Zwillinge aus Daten der Unternehmen zu lernen.

Aufgabenstellung

Der/die Studierende soll in dem Projekt Verfahren aus dem Bereich des Maschinellen Lernens nutzen, um Modelle von OFacT auf Basis von Daten von Produktionsumgebungen zu lernen. Die IoT-Daten oder auch Event-Logs vom Shop Floor der Unternehmen enthalten häufig schon viele der benötigten Informationen. Genutzt werden können Daten aus existierenden Industrieprojekten vom Fraunhofer ISST oder von der IoT-Factory am Campus Gütersloh. Neben Methoden des Process Mining, werden Regressions- und Klassifikationsverfahren z.B. auf Basis von tiefen Neuronalen Netzen eingesetzt. Zudem soll untersucht werden, in wie weit Teile der Modelle auch mit aktuellen Large Language Models (LLM) erstellt werden können. Hierzu kann es sinnvoll sein, Retrieval-Augmented Generation (RAG) zu nutzen um die LLM mit domainspezifischen Informationen zu versorgen.

Bezug zum Thema Data Science

Die verwendeten Methoden der Regression und Klassifikation, sowie LLM und RAG sind Bestandteil der Veranstaltung im Forschungsmaster und Kernbereiche der Data Science.

Verfügbare Ressourcen

- Daten werden über das Fraunhofer ISST und die IoT-Factory bereitgestellt
- Das Open-Source-Framework OFacT wird an der HSBI entwickelt und ist verfügbar
- Hardware für Machine Learning ist über das Data Science Lab, das CfADS, sowie dem KI-Rechencluster yourAI der HSBI verfügbar

Projektplan

Erstes Semester: Erstellung eines Forschungsexposés als Prüfungsleistung. Einarbeitung in die Aufgabenstellung und das Framework OFacT.

Zweites Semester: Literaturrecherche zur Generierung von Modellen mithilfe von Verfahren des maschinellen Lernens, insbesondere LLMs und RAG. Sichtung der Datensätze und Anwendung erster einfacher Verfahren des Process Mining und existierender Sprachmodelle. Erstellung eines Papers, das einen Überblick über das Forschungsgebiet gibt ist Prüfungsleistung.

Drittes Semester: Praktische Umsetzung der eigenen Lösung und Generierung eines OFacT-Modells für einen konkreten Anwendungsfall. Veröffentlichung eines Papers mit den ersten Ergebnissen ist Prüfungsleistung.

Viertes Semester: Masterarbeit und Kolloquium. Finale Evaluierung durch Vergleich verschiedener Verfahren.

Eignungskriterien

Zwingend:

- Programmierkenntnisse (vzw. Python)

Optional:

- Erfahrung mit Maschinellem Lernen
- Erfahrung mit LLMs

Erwerbbare Kompetenzen

- Entwicklung und Verwendung von Digitalen Zwillingen
- Generierung von Modellen mittels LLMs und RAG
- Publikation von wissenschaftlichen Veröffentlichungen auf internationalen Konferenzen
- Kompetenzen in der Arbeit im Team
- Open-Source Entwicklung

Forschungsprojekt für den Forschungsmaster Data Science

Projekttitel: 3 Intelligente Informationsextraktion für klinische Dokumente

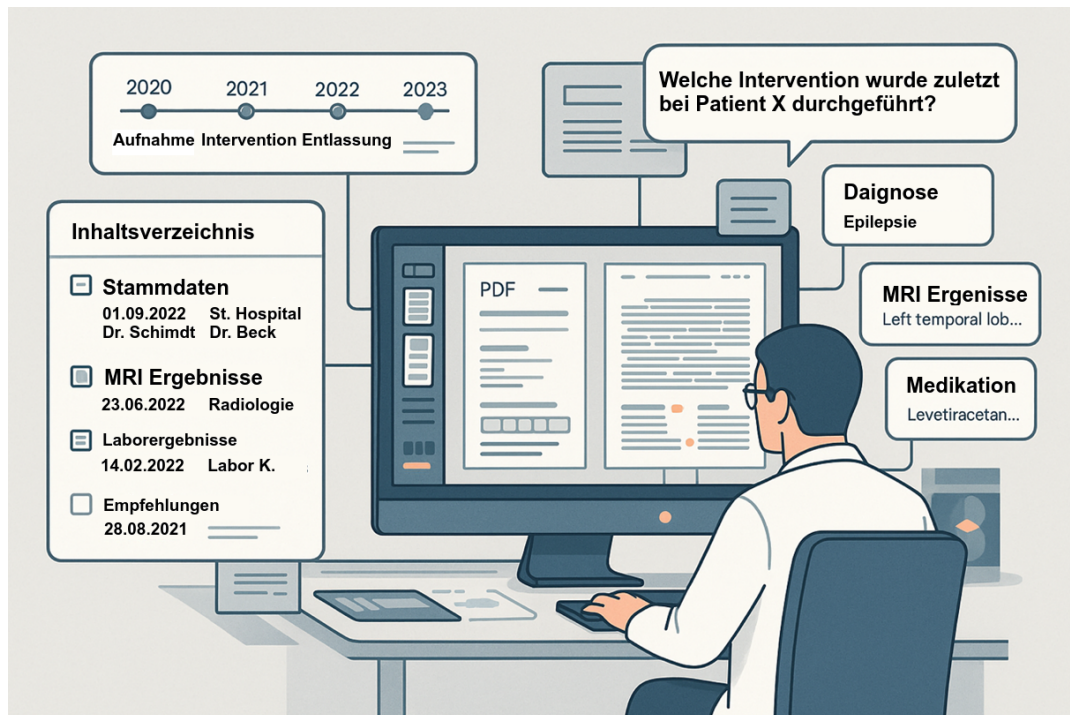


Figure 1 - Illustration eines intelligenten Systems, das medizinische PDF-Dokumente organisiert, visualisiert und eine natürliche Sprachabfrage durch Ärztinnen und Ärzte ermöglicht.

Project overview

Anzahl Studierende	1-2
Art	Projekt mit externem Partner
Projektverantwortung	Prof. Dr.-Ing. Wolfram Schenck, Dr. med. Thomas Cloppenburg (Krankenhaus Mara), Dr.-Ing. Marcos Baez, Dr. rer. Christoph Ostrau
Projektkontext	Für das Projekt ist eine enge Zusammenarbeit mit dem Krankenhaus Mara in Bielefeld erforderlich. Es besteht die Möglichkeit für Studierende am Krankenhaus angestellt zu werden.

Abstrakt

Ärztliches Personal ist mit langen, unstrukturierten PDF-Sammlungen zum medizinischen Verlauf einer Patient:in konfrontiert. Das Finden relevanter Informationen ist zeitaufwendig, fehleranfällig und wird durch schlechte Scanqualität oder fehlende Struktur erschwert. Document Intelligence und große Sprachmodelle ermöglichen die automatische Segmentierung, Metadatenextraktion und semantische Suche, um die Analyse klinischer Dokumente zu unterstützen. Aufgrund der Sensitivität der Daten muss eine angepasste Lösung lokal ausgeführt werden.

Kurzbeschreibung

Ärztliches Personal und das Case Management in den epileptologischen und prächirurgischen Stationen sind auf große, unstrukturierte PDF-Sammlungen angewiesen, um die medizinische Vorgeschichte eines Patienten einzusehen. Unsere Beobachtungen im Partnerkrankenhaus zeigen, dass diese Dokumente – Entlassbriefe, Überweisungen, MRT-Befunde, EEG-Ergebnisse, Laborberichte – häufig in einer einzigen, langen PDF-Datei ohne erkennbare Struktur zusammengefasst sind. Gleichzeitig fehlt eine passende Funktion zum Durchsuchen der Dokumente. Das Auffinden relevanter Informationen ist daher langsam, kognitiv belastend und fehleranfällig, insbesondere bei Duplikaten oder schwer lesbaren Scans. Dies führt dazu, dass Dokumente oft manuell sortiert oder ausgedruckt werden müssen, um die Inhalte besser erfassen zu können.

Erste Analysen zeigen Potenzial für ein System, das **Patientendokumente automatisch strukturiert**, analysiert und verschiedene Einstiegspunkte zur Exploration bereitstellt. Vor einer Aufnahme benötigen Ärztinnen und Ärzte beispielsweise einen schnellen Überblick: „*Wie ist die Vorgeschichte des Patienten? Welche Dokumente liegen vor, und welche Informationen fehlen?*“ Ein solches System sollte zudem die Möglichkeit bieten, die Dokumente semantisch zu durchsuchen oder Fragen in natürlicher Sprache zu stellen (siehe Abbildung 1).

Aufgrund der sensiblen Natur klinischer Daten muss die Verarbeitung vollständig **lokal** innerhalb der IT-Infrastruktur des Krankenhauses erfolgen. Dies erfordert den Einsatz von Open-Source- und On-Premise-Lösungen, die **speziell** an die klinischen Abläufe und technischen Anforderungen angepasst werden.

Aufgabenstellung

Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines Prototyps sowie einer lokalen KI-Pipeline zur Organisation, Analyse und Exploration deutscher Patientendokumente (gebündelte PDFs). Der Fokus liegt auf der Unterstützung der Informationssuche und -exploration, nicht auf der Erstellung strukturierter Zusammenfassungen. Das System soll eine intelligente „Karte“ der medizinischen Vorgeschichte einer Patientin oder eines Patienten bereitstellen. Die Lösung soll insbesondere:

- die gebündelte PDF in Einzeldokumente segmentieren und klassifizieren,
- den Dokumenttyp erkennen (z. B. Entlassbrief, MRT-Bericht, Laborergebnis, Überweisung),
- Metadaten wie Datum, Krankenhaus, Ort, Arztname und Abteilung extrahieren und normalisieren,
- eine chronologische Timeline mit relevanten Ereignissen und Aufnahmen konstruieren,
- ein interaktives, klickbares Inhaltsverzeichnis (ToC) erzeugen,
- eine semantische Suche und Question-Answering (RAG) über den gesamten Dokumentkorporus ermöglichen.

Bezug zum Thema Data Science

Das Projekt adressiert zentrale Aspekte der Data Science durch die Verarbeitung und Transformation unstrukturierter medizinischer PDFs. Es umfasst Datenvorverarbeitung, OCR und Dokumentsegmentierung, gefolgt von Fine-Tuning und Evaluation von Modellen zur Dokumentklassifikation und Metadatenextraktion. Abschließend entsteht ein Retrieval- und Explorationssystem (inklusive RAG), das mehrere KI-Komponenten zu einer kohärenten Pipeline integriert.

Verfügbare Ressourcen

- Anonymisierte Daten des Partnerkrankenhauses

- Zugriff auf den yourAI-Cluster für rechenintensive Vorgänge wie z.B. Feintuning
- Edge-KI-Geräte wie der Nvidia Jetson Orin Nx
- Kontakt zu klinischem Personal für Anforderungen, Bewertungen und Feedback

Projektplan

Erstes Semester – Problemverständnis: Literaturrecherche zu Document Intelligence, Clinical Text Mining und medizinischer Informationsextraktion. Analyse der Dokumentstrukturen im Krankenhaus, typischer Dokumenttypen und verfügbarer Metadaten zur Bewertung der Machbarkeit und zur Ableitung eines Annotationsschemas. Das Ergebnis fließt in das Forschungsexposé ein.

Zweites Semester – Datenfundament & Baselines: Entwicklung und Verfeinerung eines Annotationsschemas. Erstellung eines annotierten Datensatzes von Patientendokumenten. Parallel dazu Prototyping von Basismodellen für PDF-Vorverarbeitung, Segmentierung und Metadatenextraktion zur Machbarkeitsbewertung und Weiterentwicklung der Annotation. Definition von Evaluationsmetriken und Erstellung erster Benchmarks. Erstellung eines Review Papers, das den Stand der Forschung darstellt.

Drittes Semester – Systemaufbau: Fine-Tuning von Transformer-Modellen mit dem annotierten Krankenhausdatensatz. Integration der Module in eine Pipeline, die ein strukturiertes Inhaltsverzeichnis und eine chronologische Timeline generiert. Implementierung einer RAG-Komponente für natürlichsprachliche Anfragen. Dokumentation der Ergebnisse in einer wissenschaftlichen Publikation.

Viertes Semester – Evaluation: Evaluationsphase des Prototyps mit klinischem Personal in simulierten Browsing-Aufgaben zur Bewertung von Effizienz, Zugänglichkeit, Navigierbarkeit und Nutzerzufriedenheit. Verbesserung des Systems basierend auf Feedback und Fehleranalysen. Dokumentation der finalen Ergebnisse in der Masterarbeit und Präsentation im Kolloquium.

Eignungskriterien

Zwingend erforderlich: Programmiererfahrung (idealerweise in Python)

Erwerbbare Kompetenzen

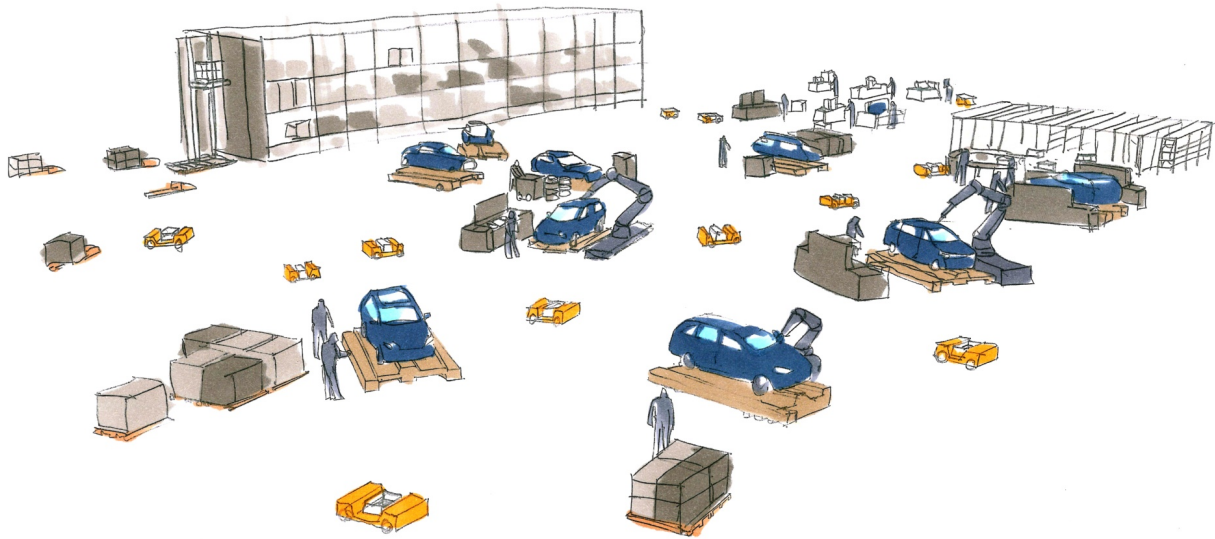
Der Student sammelt Erfahrungen im Einsatz der folgenden Technologien:

- **Document Intelligence:** PDF-Vorverarbeitung, OCR, layoutbasierte Textextraktion
- **NLP / LLMs:** Transformer-Modelle für Dokumentklassifikation, Metadatenextraktion sowie semantische Suche und RAG (lokale Modelle inkl. Fine-Tuning)
- **Backend-Entwicklung:** Python-basierte Pipelines (FastAPI, LangChain oder vergleichbare Frameworks) zur Integration mehrerer KI-Module
- **Evaluation & Benchmarking:** Entwicklung von Baselines, Metrikdesign und Leistungsvergleich über unterschiedliche Modelle hinweg
- **Integration:** Mock-APIs oder MCP-basierte Schnittstellen zur Simulation einer klinischen Systemintegration (z. B. iMedOne)
- **Annotation:** Nutzung von Label Studio zur Erstellung und Verfeinerung von Ground-Truth-Datensätzen

Darüber hinaus arbeiten die Studierenden in einem interdisziplinären Kontext und sammeln Erfahrungen in der Entwicklung von Werkzeugen für den medizinischen Bereich.

Forschungsprojektantrag für den Forschungsmaster Data Science

Projekttitel: 4 KI für die hochflexible variantenreiche Massenproduktion



Projektübersicht

Anzahl Studierende	1
Art (gefördertes Projekt, Projekt mit externen Partnern, Projekt, Studienprojekt)	Projekt mit externen Partnern
Projektverantwortung	Prof. Dr. Christian Schwede
Projektkontext	Projekt in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik (ISST) in Dortmund und im Kontext des Center for Applied Data Science (CfADS) sowie des Institute for Data Science Solutions (IDaS) ; Anstellung als Hiwi bei Fraunhofer ist möglich;

Abstrakt

Die stetige Individualisierung der Produkte stellt nicht nur die deutsche Automobilproduktion vor Herausforderungen, die ein vollständiges Umdenken in der Produktionsorganisation erzwingen. Weg von getakteten Fließfertigung hin zur dezentralen Matrixproduktionssystemen. Schwärme von autonomen Roboter koordinieren hier die Wertschöpfungsprozesse und passen sich flexible an die aktuelle Situation an. Während die Grundidee des Konzeptes klar umrissen ist, ergeben sich im Detail noch sehr viele offene Forschungsfragen, die insbesondere das Verhalten der einzelnen Roboter betrifft. Hier setzt das Projekt an und erforscht unterschiedliche Strategien der KI in einem virtuellen Testbed.

Kurzbeschreibung

In der sogenannten Matrixproduktion wird die Produktion dezentral von Software-Agenten in einem Multiagentsystem (MAS) koordiniert. Die Ressourcen-Agenten verhandeln hierbei bspw. mit dem Auftragsagenten über die Erbringung von Wertschöpfungsprozesse, die für die Realisierung des Auftrages nötig sind. Die Freiheit der Reihenfolge der Fertigungsschritte wird hierbei nur durch

technische Eigenschaften des Produktes beschränkt. Auf diese Weise kann sich das gesamte System flexibel an nichtgeplante Vorfälle, wie bspw. einen Lieferengpass oder einen Maschinenausfall anpassen. Während dem Konzept in der Automobilindustrie zuerst mit Ablehnung und Skepsis begegnet wurde, gibt es seit ein paar Jahren intensive Bestrebungen, eine Operationalisierung zu erforschen und voranzutreiben. Grundsätzlich sind zu einem effizienten Einsatz noch zahlreiche Fragen offen die es zu erforschen gilt.

In der Forschungsgruppe der HSBI wird seit einigen Jahren in Kooperation mit dem Fraunhofer ISST in Dortmund das Open-Source Digital Twin Framework OFaCT (Open Factory Twin) entwickelt, das es unter anderem erlaubt mit agentenbasierter Simulation die hochflexiblen Matrixproduktionen zu modellieren und verschiedene Strategien und Designvarianten dynamisch zu bewerten. Das Tool ist außerdem als Digitaler Zwilling einsetzbar und kann über Sensordatenströme direkt mit der Produktion verbunden und zur Steuerung der operativen Prozesse genutzt werden.

Aufgabenstellung

Der/ die Studierende hat die Möglichkeit an einem der folgenden Themen zu arbeiten, um die Möglichkeiten und Limitationen der Matrixproduktion zu erforschen und neue Lösungskonzepte auf der Realisierung zum Stand der Technik beizusteuern.

Agentensteuerung für die dezentrale Produktion

Eine der entschiedensten offenen Fragen ist die der optimalen Steuerung der Agenten. Insbesondere die Synchronisation der Materialflüsse mit dem Hauptprodukt ist eine entscheidende, um Wartezeiten zu verhindern und gleichzeitig die Flexibilität zu erhalten. Die Entwicklung und Implementierung effizienter Steuerungsstrategien für das MAS ist hier die Kernaufgabe, die unter anderem die Frage beinhalten ob und in wie weit in die Zukunft geplant und reserviert werden sollte. Methoden der Optimierung, Such und Planalgorithmen aus der KI oder Reinforcement Learning können hier eingesetzt werden.

Layoutdesign und -optimierung

Auch wenn der Begriff Matrixproduktion eine Gitternetzförmige Anordnung der Produktionsstationen andeutet, so ist die Frage nach der optimalen Anordnung der verschiedenen Elemente der Matrixproduktion (Stationen, Lagerorte für Teile, Ladestationen der Transportfahrzeuge, Parkplätze zur Zwischenpufferung von Karosse usw.) noch nicht final entschieden. Optimierungsalgorithmen, die in Kombination mit der Simulation als Evaluierungsmethode eingesetzt werden müssen hier entwickelt werden, um für ein konkretes Produktionssetup das optimale Layout zu bestimmen. Auf die Frage wie stark das optimale Layout vom konkreten Auftragsmix abhängt ist relevant und könnte die Notwendigkeit einer regelmäßigen Überplanung des Layouts implizieren.

Routing und Stauanalyse

Die Entstehung von Staus vor den Produktionsstationen oder auf den verschiedenen Wegen ist ein zentraler Aspekt der Effizienz des Gesamtsystems. Hierzu muss die Simulationsumgebung um ein Element der Routenplanung erweitert werden, das auch temporäre Routenkonflikte erkennt. KI-Suchalgorithmen aus dem Bereich der Wegfindung müssen implementiert und verschiedenen Strategien getestet werden. Schließlich müssen existierende Steuerungsstrategien und Layouts vor dem Hintergrund von Staus im System untersucht und bewertet werden.

Beschleunigung der Verhandlungen mittels Reinforcement Learning

Eine Schwachstelle von Multiagentensystemen ist das Kommunikationsaufkommen, dass durch die dezentralen Verhandlungen zwischen den Agenten entsteht. Hier gilt es Verhandlungsstrategien zu untersuchen, implementieren und zu vergleichen und insbesondere unnötige Kommunikation zu

vermeiden. Reinforcement Learning kann eingesetzt werden, um zu erkennen, wann Anfragen von Agenten nicht zielführend sind und so im Vorhinein vermieden werden können.

Agentenbasierte Wertschöpfungsnetzwerke

Die Einbindung der logistischen Prozesse aus dem Wertschöpfungsnetzwerk rund um die Produktion ist ein weiteres offenes Thema. Neben der Entwicklung geeigneter Ver- und Entsorgungsstrategien, die mit den Bedürfnissen der flexiblen Matrixproduktion übereinstimmen müssen soll die Visionäre Frage beantwortet werden, ob die dezentrale, autonome Wertschöpfung auch über die Fabrikgrenzen hinaus erweitert werden kann. Hierzu müssen die Agenten auf Basis von Geld als Zahlungsmittel Verträge mit Lieferanten und Dienstleistern verhandeln. Die entsprechenden Verhandlungsalgorithmen und Szenarien müssen umgesetzt und evaluiert werden.

Bezug zum Thema Data Science

Softwareagenten und Multiagentensysteme, Suchalgorithmen und Reinforcement Learning sind Kerngebiete der KI und werden in verschiedenen Veranstaltungen des Forschungsmasters thematisiert.

Verfügbare Ressourcen

- Das Framework OFacT wird von des HSBI und dem Fraunhofer ISST bereitgestellt
- Industrienähe Szenarien einer individuellen Fahrradproduktion existieren zur Validierung der Entwicklungen
- Szenarien von Industriekunden des ISST und der IoT-Factory in Gütersloh existieren ebenfalls zu Evaluierung einzelner Verfahren
- Hardware für das komplexere Maschine Learning ist über das Data Science Lab oder das CfADS der verfügbar

Projektplan

Erstes Semester: Formulierung des Forschungsexposees, Einarbeitung in die OFacT-Framework, Auswahl des Themas.

Zweites Semester: Modellierung eines ersten Szenarios, Recherche zu relevanten Arbeiten in Themenfeld und Erstellung eines Reports zu Stand der Technik.

Drittes Semester: Implementierung und Evaluierung erster Verfahren, Auswertung erster Ergebnisse auf Basis des Szenarios, Verfassen eines Papers für eine (inter-)nationale Fachkonferenz.

Viertes Semester: Entwicklung weiterer Verfahren und Optimierung des Gesamtansatzes, Auswertung der Güte und Evaluierung der Ergebnisse in der Masterarbeit

Eignungskriterien

Zwingend:

- Programmierkenntnisse (optimal in Python)

Optional:

- Erfahrung mit Agentensystemen
- Erfahrung mit Simulation und Optimierung
- Hintergrundwissen zu Produktionslogistik und Produktionssystemen
- Erfahrung mit der Implementierung von Reinforcement Learning / ML-Verfahren

Erwerbbare Kompetenzen

- Einsatz von Verfahren des Reinforcement Learnings
- Entwicklung und Bewertung von MAS
- Entwicklung von intelligenten Agenten
- Arbeiten mit Agentensimulationen
- Planung von Produktions- und Logistiksystemen insbesondere von
Matrixproduktionssystemen und Industrie 4.0

Forschungsprojekt für den Forschungsmaster Data Science

Projekttitel: 5 KI-Assistent für die Delegation medizinischer Aufgaben: Vom Arztdiktat zu intelligenten Systemaktionen



Projektübersicht

Anzahl Studierende	1-2
Art	Projekt mit externem Partner
Projektverantwortung	Prof. Dr.-Ing. Wolfram Schenck, Dr. med. Thomas Cloppenburg (Krankenhaus Mara), Dr.-Ing. Marcos Baez, Dr. rer. Christoph Ostrau
Projektkontext	Für das Projekt ist eine enge Zusammenarbeit mit dem Krankenhaus Mara in Bielefeld erforderlich. Es besteht die Möglichkeit für Studierende am Krankenhaus angestellt zu werden.

Abstrakt

In Krankenhäusern ist es weit verbreitet, dass Ärzte Aufgaben diktieren. Die Diktate werden manuell transkribiert und die Aufgaben, wie die Dateneingabe oder die Erstellung von Entlassbriefen, durchgeführt. Dieser manuelle Prozess ist fehleranfällig und zeitaufwändig. Fortschritte in der Spracherkennung und bei großen Sprachmodellen ermöglichen die Interpretation von Diktaten, um Aufgaben zu erkennen und Aktionen zu automatisieren. Angesichts der Sensibilität von Daten müssen solche speziell angepassten Systeme lokal betrieben werden.

Kurzbeschreibung

Auf Epilepsie- und präoperativen Stationen **delegieren Ärzte Transkriptions- und Dateneingabeaufgaben** häufig über Audiodiktate an Schreibkräfte. Diese hören sich die Aufzeichnungen an, interpretieren sie und reagieren manuell darauf, indem sie Daten in das Krankenhausinformationssystem (KIS) eingeben, Entlassbriefe formatieren oder Berichte erstellen. Ein Arzt könnte zum Beispiel ein 10-minütiges Aufnahme erstellen: *"Bitte erstellen Sie einen Entlassungsbrief für Patient X. Der Patient kam mit Symptomen wiederkehrender Anfälle an und hat gut auf die neue Medikation angesprochen..."*. Dieser Prozess ist zeitaufwändig, fehler- und fehlinterpretationsanfällig und erfordert eine manuelle Orchestrierung über mehrere medizinische Systeme hinweg. Ärzte berichten von häufigen Unterbrechungen und einer hohen kognitiven Belastung, während Schreibkräfte mit unklaren Aufzeichnungen und inkonsistenten Diktierstilen konfrontiert sind.

Die jüngsten Fortschritte beim **Sprachverständnis** von KI und bei **großen Sprachmodellen (LLMs)** ermöglichen einen **KI-Assistenten**, der ähnlich einer menschlichen Schreibkraft das Diktat analysiert, die Absicht versteht und entsprechende Aktionen ausführt.

So würde das System für das frühere Beispiel die Aufgabe als Anforderung zur **Dokumentenerstellung** erkennen, die relevanten Patienteninformationen extrahieren, eine **Zusammenfassung der beabsichtigten Aktionen** für die Genehmigung durch den Arzt vorbereiten und dann die entsprechenden Schritte durch eine MCP-basierte Orchestrierungsschicht (**Model Context Protocol**) automatisieren.

Aufgrund der **sensiblen** Natur von Krankenhausdaten muss die gesamte KI-Verarbeitung **lokal** innerhalb der Infrastruktur der Einrichtung erfolgen. Dies erfordert den Einsatz von Open-Source- und On-Premises-Lösungen, die sorgfältig auf den klinischen und technischen Kontext des Krankenhauses zugeschnitten sind.

Aufgabenstellung

Ziel dieses Projekts ist es, einen Prototypen für KI-Assistenten zu entwerfen, um den Dokumentationsaufwand zu reduzieren, die Konsistenz zu verbessern und die Interaktionen zwischen Krankenhausssystemen zu rationalisieren. Der Assistent sollte in der Lage sein,

- Die deutschen Audioaufnahmen von Ärzten zu analysieren.
- Die beabsichtigten Aufgaben zu identifizieren und strukturieren, wie z.B. die Eingabe von Daten in medizinische Informationssysteme oder die Erstellung medizinischer Dokumente
- Die Aktionen so transparent wie möglich anzuzeigen, da es um sensible medizinische Daten geht. Alle Aktionen müssen von Ärzten oder einer Schreibkraft bestätigt werden
- mittels MCP Systeminteraktionen (Mock- oder reale APIs) sicher und modular zu orchestrieren

Bezug zum Thema Data Science

Das Projekt deckt verschiedene Aspekte im Zusammenhang mit Data Science ab. Es beginnt mit der Datenvorverarbeitung und der Analyse und Extraktion von Informationen aus Audio- und schriftlichen Daten. Anschließend geht es um das Feintuning von Modellen für eine bestimmte Aufgabe und der Erstellung einer Pipeline, die verschiedene KI-Tools miteinander verbindet.

Verfügbare Ressourcen

- Anonymisierte Daten des Partnerkrankenhauses
- Zugriff auf den yourAI-Cluster für rechenintensive Vorgänge wie z.B. Feintuning
- Edge-KI-Geräte wie der Nvidia Jetson Orin Nx

- Kontakt zu Klinikern für Anforderungen, Bewertung und Feedback

Projektplan

Erstes Semester: Es wird eine Übersicht über die Literatur zur KI-gestützten klinischen Dokumentation und zur Analyse von anonymisierte Arztdiktaten erstellt, welche zum Forschungsexposé beiträgt.

Zweites Semester: Im zweiten Semester wird eine Literaturübersicht über KI-gestützte klinische Dokumentation erstellt. Erste Tests mit Spracherkennungssystemen (z. B. Whisper) für die Transkription und LLM- oder Natural Language Processing-Modelle für die Absichtserkennung und Aufgabenplanung werden durchgeführt.

Drittes Semester: Nun werden Foundation-Modelle auf die vorliegenden Aufgaben feinetuned. Im Anschluss werden die Modelle in eine erste Prototypanwendung integriert. Die Ergebnisse werden in einer wissenschaftlichen Arbeit zusammengefasst.

Viertes Semester: Der Prototyp wird mit (simulierten) Aufgaben im Krankenhauskontext evaluiert, um die Auswirkungen auf die relevanten Leistungsmetriken zu bewerten. Das System wird auf der Grundlage von Feedback verbessert und Ergebnisse werden in der Masterarbeit dokumentiert sowie im Kolloquium vorgestellt.

Eignungskriterien

Zwingend erforderlich: Programmiererfahrung (idealerweise in Python)

Optional: Erfahrung im Umgang mit MCP-Systemen

Erwerbbarer Kompetenzen

Der Student sammelt Erfahrungen im Einsatz der folgenden Technologien:

- Spracherkennung
- NLP / LLM, lokale Modelle mit Feintuning
- Backend: Python (FastAPI, LangChain)
- Integration: Mock-APIs, die bereitgestellte Gesundheitssysteme oder reale Systeme in der Testumgebung simulieren
- Label Tools: Label Studio

Darüber hinaus arbeiten die Studierenden in einem interdisziplinären Kontext und sammeln Erfahrungen in der Entwicklung von Werkzeugen für den medizinischen Bereich.

Forschungsprojekt für den Forschungsmaster Data Science

Projekttitle: 6 Maschinelle Intelligenz für die Erkennung von Anomalien, sowie die Prädiktion von Interaktionen, anhand von Bewegungsinformationen im Smart Home



Projektübersicht

Anzahl Studierende	1
Art	Projekt mit externen Partnern
Projektverantwortung	Prof. Dr.-Ing. Thorsten Jungeblut
Projektkontext	Projekt in Zusammenarbeit mit dem KogniHome - Technikunterstütztes Wohnen für Menschen e.V. in Bielefeld; Datensätze und Hardwareressourcen werden gestellt; Anstellung als wissenschaftliche Hilfskraft ist möglich; Über die Projektbearbeitung besteht die Möglichkeit der engen Zusammenarbeit mit Vereinsmitgliedern des KogniHome e.V., u.a. Bethel, Steinel, Hettich, HUM Systems, C&S GmbH uvm.

Abstrakt

Ziel des Projektes ist die Mitentwicklung eines Systems, das mittels KI-Verfahren das Nutzungsverhalten der Bewohner*innen eines Smart Homes erlernt, um anschließend, geeignete Handlungsempfehlungen bereitzustellen oder, bei der Erkennung von Anomalien, geeignete Maßnahmen einzuleiten. Wissenschaftliche Herausforderung des Projektes ist die Anwendung und Evaluation von maschinellen Lernverfahren zum Lernen von Interaktionsmustern basierend auf den gelieferten Daten der Minimalsensorik, sowie der Prädiktion zukünftiger Interaktion und der Anomalieerkennung.

Kurzbeschreibung

Die Digitalisierung dringt in immer weitere Lebensbereiche vor, und die damit verbundene Vernetzung von vielfältigen Komponenten des täglichen Umfelds führt zu einer Situation, in der ein stetig höherer

Anspruch an die alltägliche Technik gestellt wird. Die Systeme sollen smarter werden, automatisiert und eigenständig handeln. Im Idealfall antizipiert die Technik die Bedürfnisse des Menschen und eine Korrektur durch diesen ist nicht mehr nötig. Bedarfsgerechte Mensch-Technik-Interaktion erfordert die Anpassung des Intelligenten Technischen Systems (ITS) an den Nutzungskontext und nicht umgekehrt. Voraussetzung für eine intuitive Interaktion ist daher zuallererst die sichere Erkennung des Nutzungskontextes, d.h. wo befindet sich der Nutzer und welche Handlung führt er gerade durch. Das Wissen über regelmäßig auftretende Interaktionsmuster ermöglicht es dem ITS zukünftige Interaktionen vorherzusagen und Assistenzfunktionen prädiktiv zu steuern. Bildgebende Sensorik (z.B. Kameras, hochauflösende Time-Of-Flight-Sensoren) ermöglichen durch Personen-, Objekt-, Gesten- oder gar Gesichtserkennung eine leistungsfähige Erkennung des Handlungskontextes, bringen aber die Problematik der Erfassung personenbezogener Daten mit sich. Gerade im privaten häuslichen Umfeld, aber auch in Bürogebäuden oder der Produktion kann dies aus datenschutzrechtlichen Gründen unerwünscht sein.

Minimalsensorik, wie z.B. Bewegungs- oder Präsenzmelder erzeugen nicht unmittelbar personenbezogene Daten, sondern erfassen nur punktuelle Informationen über die Anwesenheit von Personen oder Objekten in einem räumlich eingeschränkten Bereich. Für eine umfassende Erfassung des Nutzungskontextes verspricht die Kombination einer Vielzahl von einfachen Sensoren eine ausreichende Erfassung des Nutzungskontextes bei gleichzeitiger Wahrung der Privatsphäre. Ist für eine Assistenzfunktion komplexere Sensorik notwendig (z.B. für eine Sprach- oder Gestenerkennung), dann braucht sie nur (und auch nur genau dann) aktiviert zu werden, wenn die Nutzung des Assistenzsystems zumindest absehbar ist. Die kontinuierliche Erfassung des Nutzungskontextes ermöglicht aber auch das Lernen von regelmäßigen Handlungsmustern. Aus diesen gelernten Handlungsmustern kann das ITS eine zukünftige zu erwartende Interaktion ableiten und Empfehlungen für die Aktivierung von Assistenzfunktionen geben bzw. diese vorbereiten (Prädiktive Steuerung). Darüber hinaus lassen sich aber auch Abweichungen vom potenziellen Regelzustand (Anomalien) erkennen und geeignet darauf reagieren.

Die Ableitung von Handlungsempfehlungen durch das ITS kann in einfachster Implementierung regelbasiert erfolgen (z.B. „Wenn der Bewegungsmelder im Flur aktiviert wird, dann soll das Licht angeschaltet werden“). In Systemen mit einer hohen Anzahl an Sensoren ist dieses aber sehr aufwendig, nicht flexibel anpassbar und schlecht auf wachsende Umgebungen skalierbar. Darüber hinaus liefern verschiedene Sensoren unterschiedlich abstrakte Informationen (z.B. lokale Bewegung (PIR, Ultraschall) oder Bewegung über mehrere Räume hinweg (HF/Mikrowellen), binär „an/aus“ oder Entfernungen) oder gar komplexere Informationen kamerabasierter Systeme (z.B. Anzahl erkannter Personen/Haustiere/Objekte (Staubsaugerroboter/Transportplattform)). Daher gilt es die unterschiedlichen Informationen zu abstrahieren, ggf. zu anonymisieren und in einem ganzheitlichen Ansatz zum Lernen des Nutzungskontextes, zum Abschätzen zukünftiger Interaktion und zum Erkennen von Anomalien zu nutzen. Wissenschaftliche Herausforderung des Projekts ist daher die Anwendung und Evaluation von maschinellen Lernverfahren zum Lernen von Interaktionsmustern basierend auf den gelieferten Daten der Minimalsensorik, sowie der Prädiktion zukünftiger Interaktion und der Anomalieerkennung.

Aufgabenstellung

Der/die Studierende soll in diesem Projekt ein ITS mitentwickeln, das mittels maschinellen Lernverfahren das Nutzungsverhalten der Bewohner*innen eines Smart Homes erlernt, um anschließend, anhand der Echtzeitdaten, geeignete Handlungsempfehlungen bereitzustellen oder, bei der Erkennung von Anomalien, geeignete Maßnahmen einzuleiten. Die Ausarbeitung des konkreten Anwendungsszenarios, zusammen mit dem Team des KogniHome e.V., ist Teil des Projekts.

Zur Veranschaulichung soll folgendes Szenario beschrieben werden: „Sabine (74) steht jeden Morgen zwischen 7 und 8 Uhr auf, geht auf die Toilette und macht sich danach einen Kaffee“. In diesem Handlungsablauf sind drei Aktivitäten zu erkennen: Aufstehen, auf Toilette gehen, Kaffee kochen. In jeder dieser Aktivitäten kann es jetzt zu Handlungsempfehlungen bzw. Anomalien kommen. Beispielsweise könnte das ITS den Gang zur Toilette durch geeignete Beleuchtung vorbereiten, oder bereits die Kaffeemaschine anschalten. Gleichzeitig überwacht das ITS die Aktivitäten und erkennt Abweichungen vom gewohnten Verhalten. Stürzt Sabine z.B. auf dem Weg zur Toilette und steht nicht wieder eigenständig auf, so soll das ITS dies erkennen und z.B. den Notruf oder die Pflegestelle verständigen.

Bezug zum Thema Data Science

Die Evaluation und Anwendung von KI-/ML-Verfahren zur Zustandsüberwachung und Prädiktion sind ein Kernthema der Data Science und werden beispielsweise in den Modulen „Data Mining & Machine Learning“ sowie „Künstliche Intelligenz“ behandelt. Die Aufnahme hochaufgelöster Messdaten (z.B. Verbrauchsdaten) von einer Vielzahl an Sensoren in komplexen Wohnumgebungen stellt hohe Anforderungen an Organisation und Verarbeitung der Daten. Dieses ist Kern des Moduls „Big Data Architekturen“.

Verfügbare Ressourcen

- Informationen, die zur Erstellung des Szenarios benötigt werden (Systembeschreibung, logistische Abläufe, relevante Kennzahlen) werden vom KogniHome e.V. bereitgestellt - Es besteht Zugriff auf die Forschungswohnung des KogniHome e.V.
- Über die Forschungswohnung des KogniHome e.V. stehen umfangreiche Testdatensätze zur Verfügung.
- Der Ansprechpartner im KogniHome e.V. wird über die Projektlaufzeit zur Verfügung stehen - Benötigte Materialien werden vom KogniHome e.V. bereitgestellt.
- Hardware für das komplexere Maschine Learning ist über das Data Science Lab, das CfADS, sowie dem KI-Rechencluster yourAI der HSBI verfügbar.

Projektplan

Erstes Semester: Erstellung eines Forschungsexposés als Prüfungsleistung. Einarbeitung in die Konzepte und Strukturen (IoT-Software, Smart Home Protokolle, Schnittstellen etc.) der Forschungswohnung des KogniHome e.V.

Zweites Semester: Erstellung des Systemkonzepts zur Anomalieerkennung zur prädiktiven Steuerung von Assistenzsystemen. Recherche zu relevanten Arbeiten im Themenfeld des Einsatzes von KI-Verfahren für das Lernen von Ereignissequenzen und für die Anomalieerkennung. Erstellung eines Papers, das einen Überblick über das jeweilige Forschungsgebiet gibt, als Prüfungsleistung.

Drittes Semester: Praktische Umsetzung verschiedenster maschinellen Lernverfahren im Bereich des unüberwachten und des (semi-)überwachten Lernens zur Optimierung einer automatisierten Interaktion von Mensch und Maschine, sowie deren Evaluation.

Viertes Semester: Masterarbeit und Kolloquium. Finale Evaluierung durch Vergleich der implementierten Strategien. Erstellung eines Papers mit ersten quantitativen Ergebnissen als Prüfungsleistung.

Eignungskriterien

Zwingend:

- Programmierkenntnisse (vzw. Python)
- Erfahrung mit dem Versions-Kontroll-System „git“ Optional:
- Erfahrung in der Elektronikentwicklung
- Erfahrung im Bereich Smart Home Technologien/IoT-Geräten
- Programmierung von Mikrocontrollern

Erwerbbare Kompetenzen

- Verfahren der künstlichen Intelligenz zur Problemlösung
- Sensornahe Informationsverarbeitung
- Prädiktive Assistenz und Anomalieerkennung (Übertragbarkeit auf industrielle Prozesse)
- Kompetenzen in der Arbeit im Team

Forschungsprojekt für den Forschungsmaster Data Science

Projekttitle: 7 Effiziente Ausführung eines Algorithmus zur Objekterkennung auf Edge-Geräten

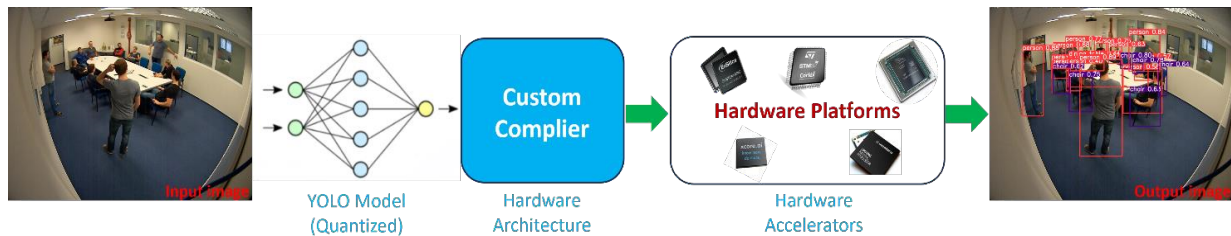


Bild 1: Effiziente Abbildung des YOLO-Vx-Modells auf Randgeräte

Projektübersichtss

Anzahl Studierende	1
Art	Projekt mit externen Partnern
Projektverantwortung	Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Jungeblut Dr.-Ing. Qazi Arbab Ahmed
Projektkontext	Transferprojekt CareTech OWL in Zusammenarbeit mit einem externen Partner, der Steinel GmbH , im Rahmen des Forschungsprojekts CareTech OWL. Eine parallele Beschäftigung als studentische Hilfskraft (WHK) ist möglich.

Abstrakt

Das Paradigma der künstlichen Intelligenz (KI) hat eine Handvoll traditioneller Computer-Vision-Techniken ersetzt, um die korrekte Ausgabe eines komplexen Systems unter engen Einschränkungen und unterschiedlichen Bedingungen intelligent vorherzusagen. Viele KI-Algorithmen benötigen jedoch aufgrund ihrer massiven Rechenanforderungen enorme Mengen an Hardwareressourcen. Die Hauptaufgabe dieses Projekts ist die Entwicklung eines Frameworks für die effiziente Implementierung von Objekterkennungsalgorithmen auf stark ressourcenbeschränkten Hardwarearchitekturen (LowEnd-FPGAs, eingebettete Mikrocontroller). Basierend auf dem Framework werden automatisierte Methoden zur Erkundung des Entwurfsraums geeigneter Kombinationen von Objekterkennungsalgorithmen und Hardware im Sinne eines HW/KI-Co-Designs untersucht. Insbesondere industrielle Anwendungen mit hohen Latenzanforderungen werden angesprochen, wie z. B. die Echtzeit-Anwesenheitserkennung von Menschen.

Kurzbeschreibung

Für die effiziente Ausführung von KI-Algorithmen haben Techniken wie Föderales Lernen (FL) und Cognitive Edge Computing (CEC) bereits die Last des Trainings und der Inferenz neuronaler Netze von der Cloud an den Ort der Datenentstehung verlagert. Die Partitionierung der Ausführung der

Anwendung hat einen erheblichen Einfluss auf die Performanz und Ressourceneffizienz des Gesamtsystems. So kann hier zwischen grundlegend unterschiedlichen Ansätzen der dezentralen Merkmalsextraktion möglichst nah am Sensor mit anschließender Fusion gegenüber der zentralen Verarbeitung in der Cloud unterschieden werden. Der erste Ansatz erfordert leistungsstarke EdgeHardware für die Vorverarbeitung und bietet potenziell Vorteile für hohe Echtzeitanforderungen. Der zweite Ansatz stellt höhere Anforderungen an die Kommunikationsinfrastruktur, ermöglicht aber möglicherweise die Ausführung komplexerer Netzwerke. Das Hauptziel dieses Projekts ist es daher, automatisierte Methoden zur Erforschung des Entwurfsraums geeigneter Kombinationen von KI-basierten Objekterkennungsmethoden und ressourcenbeschränkter Hardware im Hinblick auf HW/KICodesign zu erforschen.

Im Bereich der effizienten Ausführung von KI-Verfahren auf eingebetteten Systemen (Cognitive Edge Computing) wurden in der Vergangenheit große Fortschritte erzielt. Auf allen Ebenen der unterschiedlichen Verarbeitungskonzepte (Cloud, Fog, Edge, Very Edge) in der Produktionskette findet sich eine Vielzahl potenzieller Hardwarearchitekturen und KI-Beschleuniger, die sich in den verfügbaren Systemressourcen (z.B. Leistung oder Stromverbrauch) unterscheiden. Beispiele für relevante Hardwarearchitekturen sind eingebettete Mikrocontroller mit integrierter KIBeschleunigung, eingebettete GPUs/FPGAs, dedizierte KI-Hardwarebeschleuniger oder High-EndGPUs/FPGAs aus dem HPC-Bereich.

Wir betrachten die gesamte Verarbeitungskette, beginnend mit der sensornahen Vorverarbeitung (very edge), über die Verbindung der Sensorgruppen und ihrer Informationen in der Edge, über lokale dezentrale Cloud-Instanzen (Fog), bis hin zur zentralen Station aller relevanten Informationen (Cloud). Auf jeder Ebene der Verarbeitungskette existieren individuelle Ansätze, um die Ressourceneffizienz von KI-Methoden lokal zu optimieren, z. B. durch Reduzierung der numerischen Präzision (z. B. von 32 auf 16 oder 8 Bit), um eine effizientere Ausführung auf spezialisierter Hardware zu ermöglichen oder den lokalen Speicherplatz zu minimieren. Ziel dieses Projekts ist es, eine optimale Kombination von Hardware und Objekterkennungsalgorithmen (z.B. YOLO) im Rahmen einer ganzheitlichen Entwurfsraumexploration in der Nähe des Sensors zu ermitteln.

Aufgabenstellung

In diesem Projekt entwickeln die Studierenden ein Framework für die effiziente Ausführung von KI-basierten Objekterkennungsalgorithmen auf ressourcenbeschränkten Edge-Geräten. Um die nachhaltige Nutzung der entwickelten Methoden und Frameworks durch den Industriepartner zu unterstützen, sollen in diesem Projekt universell einsetzbare Modelle und automatisierte Entwurfswerkzeuge in Form eines Standard-Entwicklungsbaukastens zur Verfügung gestellt werden. Die erste große Herausforderung ist die Komprimierung des neuesten Algorithmus zur Erkennung von Objekten (z. B. YOLO), um die Modellgröße mit Hilfe von KI-Approximationstechniken mit akzeptabler Genauigkeit zu reduzieren. Die nächste Herausforderung besteht darin, ressourceneffiziente Techniken (Inferenz-Compiler) zu entwickeln, um das komprimierte Modell auf eine geeignete Hardwareplattform abzubilden, z. B. Low-End-FPGAs oder eingebettete (KI-) Mikrocontroller, unter Berücksichtigung der Ressourcennutzung in Bezug auf Fläche, Leistung/Energie und Latenz/Durchsatz, wie in Abbildung 1 dargestellt.

Bezug zum Thema Data Science

Die Bewertung und Anwendung von KI/ML-Methoden im Bereich "Machine Vision", z.B. der Einsatz von CNNs in der Objektklassifizierung, sind ein Kernthema der Data Science und werden beispielsweise in den Modulen "Data Mining & Machine Learning" und "Artificial Intelligence" behandelt. KI-gestützte

Bildverarbeitung stellt hohe Anforderungen an die Organisation und Verarbeitung von Daten auf allen Ebenen von IoT-Verarbeitungskonzepten (Edge/Fog/Cloud). Dies ist der Kern des Moduls "Big Data Architekturen". Die Betrachtung des gesamten Systemprozesses vom bildgebenden Sensor bis in die Cloud erfordert eine ganzheitliche Betrachtung des gesamten Data-Science-Prozesses, die im Modul "Data Science" behandelt wird.

Verfügbare Ressourcen

Sicherstellung der Verfügbarkeit von Daten, Rechenressourcen, Hardware, Anwendungsexperten

1. Die für die Erstellung des Szenarios erforderlichen Informationen (Systembeschreibung, Schnittstellen, Dokumentation, relevante Kennzahlen etc.) werden bereitgestellt
2. Steinel GmbH stellt umfangreiche Testdatensätze aus realen Produktionsumgebungen zur Verfügung
3. Der Ansprechpartner der Steinel GmbH steht Ihnen für die Dauer des Projekts zur Verfügung
4. Die für die Prototypenentwicklung benötigten Komponenten sowie weitere benötigte Materialien werden von der Steinel GmbH zur Verfügung gestellt
5. Hardware für das komplexere maschinelle Lernen steht über das Data Science Lab, das CfADS und den KI-Rechencluster yourAI an der Hochschule Bielefeld zur Verfügung

Projektplan

Erstes Semester: Erstellung eines Forschungsexposés als Prüfung. Vertrautheit mit dem Konzept KI-basierter Objekterkennungsalgorithmen, insbesondere YOLO, R-CNN, Bilderkennung, Approximationstechniken für neuronale Netze, Hardwareplattformen und Design-Flow-Tools.

Zweites Semester: Erstellung des Systemkonzepts zur Entwurfsraumexploration von kognitiven EdgeComputing-Architekturen. Recherche zu relevanten Arbeiten auf dem Gebiet der KI-basierten Objekterkennungsalgorithmen und der Modellkomprimierung im oben genannten Kontext. Erstellung einer Arbeit, die einen Überblick über das jeweilige Forschungsgebiet gibt, als Prüfungsleistung.

Drittes Semester: Entwicklung eines ersten Demonstrators und Proof-of-Concept zur Hardwarebeschleunigung für Human Presence Detector (HPD) mit z.B. YOLO-V7. Vergleich des entwickelten Frameworks mit einer klassischen Implementierung.

Viertes Semester: Masterarbeit und Kolloquium. Implementierung und Vergleich verschiedener Kombinationen von KI-basierten Objekterkennungsalgorithmen und Hardwarebeschleunigern. Systematische Bewertung und Untersuchung der Effizienz des entwickelten Rahmens. Abschließende Bewertung durch Vergleich der implementierten Strategien mit den modernsten Methoden. Erstellung einer Arbeit mit den ersten quantitativen Ergebnissen als Prüfung.

Eignungskriterien

Zwingend:

- Gute Kenntnisse in Python, Pytorch
- Gute Kenntnisse von C++

Optional:

- Erfahrung mit Hardware-Design-Flow-Tools
- Programmierung von Mikrocontrollern/FPGAs

- Grundkenntnisse in HDL (Verilog, VHDL)
- Erfahrung mit IoT-Geräten
- Erfahrung mit dem Versionskontrollsystem "git".

Erwerbbare Kompetenzen

- Ressourceneffiziente Informationsverarbeitung am Edge (eingebettete Mikrocontroller, FPGAs) im Einklang mit dem IoT-Verarbeitungskonzept
- Sensorbezogene Informationsverarbeitung
- AI/ML-basierte Objekterkennungsmethoden
- Nutzung von eingebetteter Hardware zur Beschleunigung von AI/ML-Prozessen

Forschungsprojekt für den Forschungsmaster Data Science

Projekttitel: 8 Hardware-KI-Codesign für die effiziente Ausführung neuronaler Netze

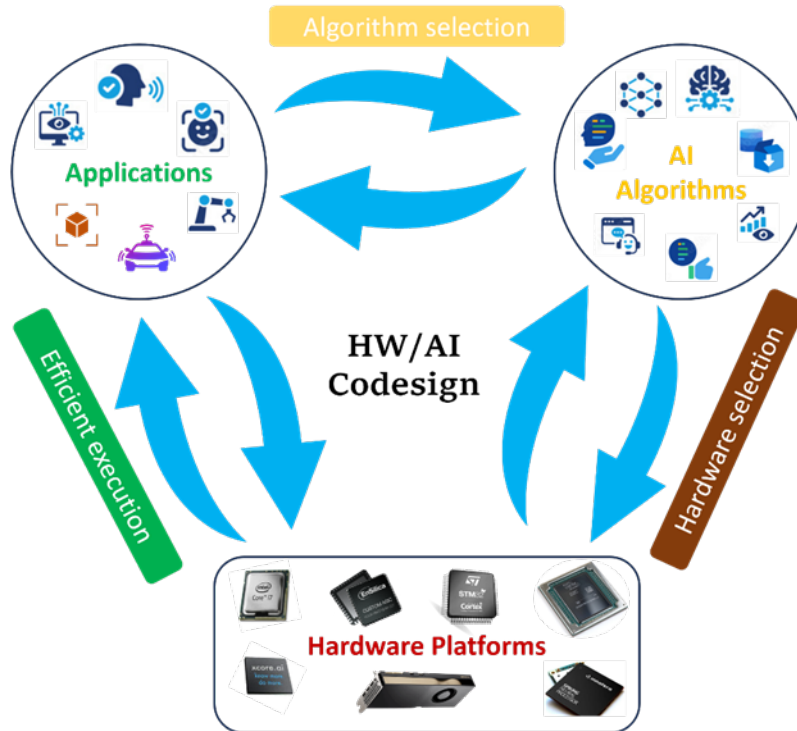


Bild 1: Design-Space-Exploration für Hardware-KI-Codesign

Projektübersicht

Anzahl Studierende	1
Art	Projekt mit externen Partnern
Projektverantwortung	Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Jungeblut, Dr.-Ing. Qazi Arbab Ahmed
Projektkontext	CareTech OWL Transferprojekt in Zusammenarbeit mit dem externen Partner, der Steinel GmbH , im Rahmen des Forschungsprojekts CareTech OWL. Eine parallele Beschäftigung als studentische Hilfskraft (WHK) ist möglich.

Abstrakt

Das Paradigma der künstlichen Intelligenz (KI) hat eine Handvoll traditioneller Computer-Vision-Techniken ersetzt, um die korrekte Ausgabe eines komplexen Systems unter engen Einschränkungen und unterschiedlichen Bedingungen intelligent vorherzusagen. Viele KI-Algorithmen benötigen jedoch aufgrund ihrer massiven Rechenanforderungen enorme Mengen an Hardwareressourcen. Ziel dieses Projekts ist die Entwicklung eines Frameworks für die effiziente Implementierung von KI- und ML-Algorithmen auf stark ressourcenbeschränkten

Hardwarearchitekturen. Basierend auf dem Framework werden automatisierte Methoden zur Exploration des Entwurfsraums geeigneter Kombinationen von KI-Algorithmen und Hardware im Sinne von HW/KI-Co-Design erforscht.

Insbesondere industrielle Anwendungen mit hohen Latenzanforderungen werden angesprochen. Dabei wird nicht nur die gesamte Kette als linearer Prozess vom Modelltraining bis zur Inferenz berücksichtigt, sondern auch der Einfluss der Wahl möglicher Hardwarekonfigurationen auf die ursprüngliche Modellentwicklung.

Kurzbeschreibung

Für die effiziente Ausführung von KI-Algorithmen haben Techniken wie Föderales Lernen (FL) und Cognitive Edge Computing (CEC) bereits die Last des Trainings und der Inferenz neuronaler Netze von der Cloud an den Rand der Datenenstehung verlagert. Die Partitionierung der Ausführung der Anwendung hat einen erheblichen Einfluss auf die Performance und Ressourceneffizienz des Gesamtsystems. So kann hier zwischen grundlegend unterschiedlichen Ansätzen der dezentralen Merkmalsextraktion möglichst nah am Sensor mit anschließender Fusion versus zentraler Verarbeitung in der Cloud unterschieden werden. Der erste Ansatz erfordert leistungsstarke EdgeHardware für die Vorverarbeitung und bietet potenziell Vorteile für hohe Echtzeitanforderungen. Der zweite Ansatz stellt höhere Anforderungen an die Kommunikationsinfrastruktur, ermöglicht aber möglicherweise die Ausführung komplexerer Netzwerke. Das Hauptziel dieses Projekts ist es daher, automatisierte Methoden zur Exploration des Entwurfsraums geeigneter Kombinationen von KI-Methoden und ressourcenbeschränkter Hardware im Sinne von HW/KI-Codesign zu erforschen.

Im Bereich der effizienten Ausführung von KI-Verfahren auf eingebetteten Systemen (Cognitive Edge Computing) wurden in der Vergangenheit große Fortschritte erzielt. Auf allen Ebenen der unterschiedlichen Verarbeitungskonzepte (Cloud, Fog, Edge, Very Edge) in der Produktionskette findet sich eine Vielzahl potenzieller Hardwarearchitekturen und KI-Beschleuniger, die sich in den verfügbaren Systemressourcen (z.B. Leistung oder Stromverbrauch) unterscheiden. Beispiele für relevante Hardwarearchitekturen sind eingebettete Mikrocontroller mit integrierter KI-Beschleunigung, eingebettete GPUs/FPGAs, dedizierte KI-Hardwarebeschleuniger oder High-EndGPUs/FPGAs aus dem HPC-Bereich.

Wir betrachten die gesamte Verarbeitungskette, beginnend mit der sensornahen Vorverarbeitung (very edge), über die Verbindung der Sensorgruppen und ihrer Informationen in der Edge, über lokale dezentrale Cloud-Instanzen (Fog), bis hin zur zentralen Station aller relevanten Informationen (Cloud). Auf jeder Ebene der Verarbeitungskette existieren individuelle Ansätze, um die Ressourceneffizienz von KI-Prozessen lokal zu optimieren, z. B. durch Reduzierung der numerischen Präzision (z. B. von 32 auf 16 oder 8 Bit), um eine effizientere Ausführung auf spezialisierter Hardware zu ermöglichen oder den lokalen Speicherplatz zu minimieren. Ziel ist es, eine optimale Kombination von Hard- und Software (d.h. KI-Algorithmus) im Rahmen einer ganzheitlichen Entwurfsraumexploration auf allen Verarbeitungsebenen zu ermitteln.

Aufgabenstellung

In diesem Projekt werden die Studierenden ein automatisiertes Toolkit für die Entwurfsraumexploration entwickeln, das den Benutzer beim HW/KI-Codesign unterstützen kann. Um den nachhaltigen Einsatz der entwickelten Methoden und Frameworks durch den Industriepartner zu unterstützen, sollen in diesem Projekt universell einsetzbare Modelle und automatisierte Entwurfswerkzeuge in Form eines Entwicklungsbaukastens zur Verfügung gestellt werden, der von den konkreten Anwendungsfällen abstrahiert und es ermöglicht, anhand eines zukünftigen Anwendungsszenarios Empfehlungen für eine optimale Kombination von KI-Methoden und geeigneter

(Edge-)Hardwarearchitektur zu erhalten. Ziel ist es, dem Anwender vorläufige Modelle und automatisierte Entwurfswerkzeuge zur Verfügung zu stellen, die Empfehlungen für eine Kombination aus KI-Methoden und geeigneter (Edge-) Hardwarearchitektur auf Basis eines gegebenen Anwendungsszenarios und Bewertungsmaßnahmen ermöglichen.

Bild 1 veranschaulicht das allgemeine Konzept der Exploration des Entwurfsraums für das HardwareAI-Codesign. Die erste Hauptherausforderung ist die Komprimierung/Optimierung des neuronalen Netzes, um die Größe zu reduzieren und dennoch eine akzeptable Genauigkeit zu erreichen, indem KI-Approximationstechniken verwendet werden. Die nächste Herausforderung besteht in der Entwicklung ressourceneffizienter Techniken zur Abbildung des komprimierten (KI-)Modells auf eine geeignete Hardwareplattform wie GPUs, CPUs, ASICs und FPGAs unter Berücksichtigung der Ressourcennutzung in Bezug auf Fläche, Leistung/Energie und Latenz/Durchsatz.

Bezug zum Thema Data Science

Die Evaluierung und Anwendung von KI/ML-Methoden im Bereich "Maschinelle Sehens", z.B. der Einsatz von CNNs in der Objektklassifikation, sind ein Kernthema der Data Science und werden z.B. in den Modulen "Data Mining & Machine Learning" und "Künstliche Intelligenz" behandelt. KI-gestützte Bildverarbeitung stellt hohe Anforderungen an die Organisation und Verarbeitung von Daten auf allen Ebenen von IoT-Verarbeitungskonzepten (Edge/Fog/Cloud). Dies ist der Kern des Moduls "Big Data Architekturen". Die Betrachtung des gesamten Systemprozesses vom bildgebenden Sensor bis zur Cloud erfordert eine ganzheitliche Betrachtung des gesamten Data Science Prozesses, die im Modul "Data Science" behandelt wird.

Verfügbare Ressourcen

Sicherstellung der Verfügbarkeit von Daten, Rechenressourcen, Hardware, Anwendungsexperten

- Sicherstellung der Verfügbarkeit von Daten, Rechenressourcen, Hardware, Anwendungsexperten
- Bereitstellung der für die Erstellung des Szenarios erforderlichen Informationen (Systembeschreibung, Schnittstellen, Dokumentation, relevante Kennzahlen etc.)
- Steinel GmbH stellt umfangreiche Testdatensätze aus realen Produktionsumgebungen zur Verfügung
- Der Ansprechpartner der Steinel GmbH steht während der gesamten Projektlaufzeit zur Verfügung
- Die Steinel GmbH stellt die für die Prototyp-Entwicklung benötigten Komponenten sowie weitere benötigte Materialien zur Verfügung
- Hardware für das komplexere maschinelle Lernen ist über das Data Science Lab, den CfADS und den KI-Computing-Cluster yourAI an der Hochschule Bielefeld verfügbar

Projektplan

Erstes Semester: Erstellung eines Forschungsexposés als Prüfungsleistung. Einarbeitung in das Konzept der KI-Algorithmen (CNN, DNN), insbesondere der Objekterkennung und Bilderkennung, der verwendeten Hardware-Plattformen und Design-Flow-Tools.

Zweites Semester: Erstellung des Systemkonzepts für die Design Space Exploration von Cognitive Edge Computing Architekturen. Recherche zu relevanten Arbeiten im Bereich der Nutzung von KI/ML-Methoden zur Datenverarbeitung und Modellkompression im oben genannten Kontext. Erstellung eines Papers, das einen Überblick über das jeweilige Forschungsgebiet gibt, als Prüfungsleistung.

Drittes Semester: Entwicklung eines ersten Demonstrators und Proof-of-Concept für die HardwareBeschleunigung einer relevanten Anwendung. Vergleich eines KI-Prozesses mit einer klassischen Implementierung.

Viertes Semester: Masterarbeit und Kolloquium. Implementierung und Vergleich verschiedener Kombinationen von KI/ML-Verfahren und Hardwarebeschleunigern. Systematische Evaluierung und Erforschung der Effizienz der Kombinationen. Vergleich verschiedener Verarbeitungskonzepte (Embedded AI, Edge, Cloud). Abschließende Bewertung durch Vergleich der implementierten Strategien. Erstellung eines Papers mit den ersten quantitativen Ergebnissen als Prüfung.

Eignungskriterien

Mandatory:

- Gute Kenntnisse in Python, Pytorch
- Gute Kenntnisse von C++ Optional:
- Erfahrung mit Hardware-Design-Flow-Tools
- Programmierung von Mikrocontrollern/FPGAs
- Grundkenntnisse in HDL (Verilog, VHDL)
- Erfahrung mit IoT-Geräten
- Erfahrung mit dem Versionskontrollsystem "git".

Erwerbbare Kompetenzen

- Ressourceneffiziente Informationsverarbeitung am Edge (eingebettete Mikrocontroller, FPGAs) im Einklang mit dem IoT-Verarbeitungskonzept
- Sensorbezogene Informationsverarbeitung
- AI/ML-Methoden
- Nutzung von eingebetteter Hardware zur Beschleunigung von AI/ML-Prozessen

Forschungsprojektantrag für den Forschungsmaster Data Science

Projekttitle: 9 Cognitive Edge Computing für KI-/ML-basierte Oberflächeninspektion

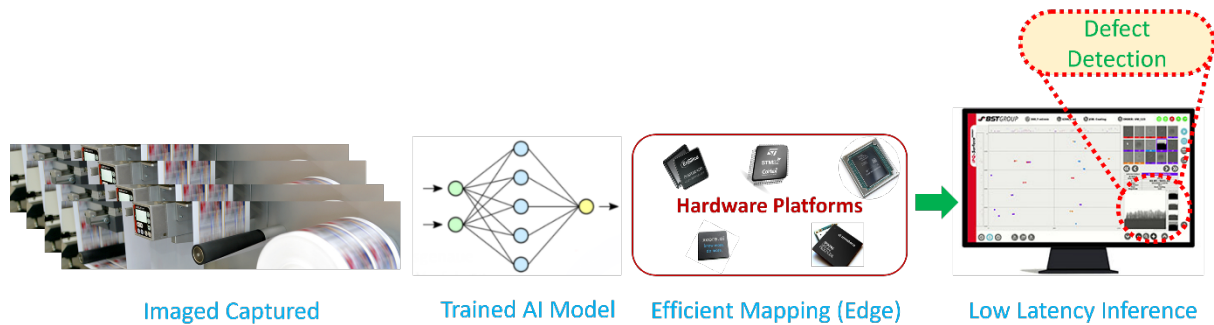


Bild 1: Effiziente Oberflächeninspektion mit AI on edge

Projektübersicht

Anzahl Studierende	1
Art	Projekt mit externem Partner
Projektverantwortung	Prof. Dr.-Ing. Thorsten Jungeblut Dr. Ing. Qazi Arbab Ahmed
Projektkontext	CareTech OWL Transferprojekt in Zusammenarbeit mit einem externen Partner, der BST Group , als Teil des CareTech OWL Forschungsprojekts. Das Partnerunternehmen BST Group stellt umfangreiche Testdatensätze sowie einen prototypischen Hardwareaufbau zur Verfügung. Eine parallele Beschäftigung als wissenschaftliche Hilfskraft (WHK) ist möglich. Die BST Group ist sehr an der Rekrutierung und langfristigen Beschäftigung von Nachwuchskräften interessiert.

Abstrakt

Das Paradigma der künstlichen Intelligenz (KI) hat eine Handvoll traditioneller Computer-Vision-Techniken ersetzt, um auf intelligente Weise die korrekte Ausgabe eines komplexen Systems unter engen Beschränkungen und wechselnden Bedingungen vorherzusagen. Ziel des Projektes ist die Entwurfsraumexploration von KI-/ML-Hardwarebeschleunigern in der Oberflächeninspektion. Im Zentrum steht nicht nur das Lernen der Modelle auf HPC-Systemen, sondern auch die effiziente Ausführung (Inferenz) auf eingebetteter Hardware. Ergebnis der Entwurfsraumexploration ist die Partitionierung der Anwendung, d.h. welche KI-Verfahren können auf dem Sensor ausgewertet werden, welche Verfahren können über Edge-Hardware (z.B. eingebettete GPU/FPGA) beschleunigt werden und welche erfordern leistungsfähige HPC-Hardware in der Cloud.

Kurzbeschreibung

Die Entwicklungen im Bereich der intelligenten technischen Systeme (ITS) führen derzeit zu einem Umbruch in der gesamten Wertschöpfungskette der industriellen Produktion. Die zunehmende Leistungsfähigkeit der Informationsverarbeitung bietet für das Anwendungsgebiet der industriellen Bildverarbeitung viele neue Möglichkeiten, an denen Mensch und Maschinen bisher an ihre Grenzen stoßen. Insbesondere die Nutzung Maschinelles Lernverfahren und Methoden der künstlichen Intelligenz versprechen bisher nicht gekannte Möglichkeiten beispielsweise in der Objektklassifikation oder der visuellen Qualitätskontrolle. Etwa seit dem Jahr 2010 werden mit Deep Neuronal Networks (DNN) bzw. Convolutional Neuronal Networks (CNN) bedeutende Fortschritte erzielt.

Die Leistungsfähigkeit etablierter KI-/ML-Verfahren basiert aber bisher meist auf der Nutzung leistungsfähiger dezentraler Rechenressourcen (High-Performance Computing) in der Cloud. Nicht nur für das Lernen der Modelle, sondern auch für deren Ausführung (Inferenz) ist der Anwender auf diese leistungsfähigen Ressourcen angewiesen. Die im Bereich in der industriellen Bildverarbeitung auftretenden Anforderungen weichen jedoch aufgrund hoher Ansprüche an niedrige Latenz, Echtzeitfähigkeit oder Datenlokalität von den durch große Anbieter von KI-Know-How adressierten Fragestellungen ab. Auch Fragestellungen wie Wartbarkeit, Zertifizierbarkeit oder Privacy erschweren die Nutzung populärer Modelle wie DNNs oder CNNs in der Cloud.

Aber auch im Bereich der effizienten Ausführung von KI-/ML-Verfahren auf eingebetteten Systemen (**Cognitive Edge Computing**) wurden in der Vergangenheit große Fortschritte gemacht. Auf allen Ebenen der unterschiedlichen Verarbeitungskonzepte in der vernetzten Produktion (Edge/Fog/CloudComputing) finden sich geeignete Hardwarebeschleuniger, die auf einen geeigneten Kompromiss zwischen den Systemressourcen wie benötigter Leistungsfähigkeit (z.B. Klassifikationsgenauigkeit), Leistungsaufnahme/Energiebedarf oder Datendurchsatz/Latenz abzielen. Beispiele für relevante Hardwarearchitekturen sind eingebettete Mikrocontroller, Embedded GPUs, eingebettete FPGAs oder dedizierte KI-Hardwarebeschleuniger.

Die BST Group entwickelt Systeme für die Oberflächeninspektion (z.B. für die Batteriezellproduktion), die unter anderem typische Fehler Fertigungsprozess (z. B. Beschichtungsaussetzer) verlässlich und umgehend erkennen können. Durch ihren modularen Aufbau können BST Systeme an unterschiedlichste Anwendungen perfekt angepasst werden. Bilderfassung und Fehlererkennung erfolgen in Echtzeit. Die Systeme sind anwendbar auf uniforme, texturierte sowie bedruckte Oberflächen. Die umgehende und automatische Erkennung und Anzeige auch kleinster Fehler und Abweichungen ermöglichen eine schnelle und sichere Anpassung des Prozesses zur Ausschussvermeidung. Das System besteht aus mehreren optischen Sensoren, deren Sensordaten geeignet fusioniert werden. Die Anwendung maschineller Lernverfahren verspricht hier eine höhere Leistungsfähigkeit in der Fehlererkennung und Optimierung des gesamten Prozesses. Mit Bahnlaufgeschwindigkeiten von mehreren hundert Metern pro Sekunde stellen sich allerdings sehr hohe Anforderungen an die Geschwindigkeit bzw. Latenz der eingesetzten KI-/ML-Verfahren. Bild 1 zeigt einen Überblick über die vorgeschlagene Methodik.

Aufgabenstellung

Ziel des Projektes ist die Entwurfsraumexploration von KI-/ML-Hardwarebeschleunigern für den Einsatz in der Oberflächeninspektion. Im Zentrum steht nicht nur das Lernen der Modelle auf HPCSystemen, sondern auch die effiziente Ausführung (Inferenz). Die Betrachtung der gesamten Systemarchitektur vom intelligenten Sensor über Edge-Gateways zur lokalen Datenvorverarbeitung bis hin zur Cloud-Infrastruktur stellt hohe Anforderungen an die Abbildung der KI-Verfahren auf die Hardware. Die Wahl der Zielarchitektur hat wiederum Einfluss auf die Wahl und das Training der Modelle. Hieraus ergibt sich ein iterativer Zyklus (Model-to-Inference-to-Model), der sowohl die

Auswahl geeigneter KI-Verfahren, als auch die Bestimmung der (Hyper-)Parameter des Modells beinhaltet. Diesen Ansatz einer ganzheitlichen Entwurfsraumexploration kann man auch in Anlehnung an den etablierten Begriff HW/SW-Co-Design als HW-/KI-Co-Design bezeichnen. Die Entwurfsraumexploration soll dabei unterschiedlichen Entwurfsziele, wie beispielsweise Klassifikationsgenauigkeit, Latenz oder Ressourcenbedarf der Hardware berücksichtigen. Ergebnis der Entwurfsraumexploration ist die Partitionierung der Anwendung, d.h. welche KI-Verfahren können direkt auf dem Sensor ausgewertet werden (z.B. durch Dimensionsreduktion oder Feature-Extraktion), welche Verfahren können über Edge-Hardware (beispielsweise eingebettete GPU/FPGA oder dedizierte TPU-Beschleuniger) beschleunigt werden und welche erfordern leistungsfähige HPC-Hardware in der Cloud.

Bezug zum Thema Data Science

Die Evaluation und Anwendung von KI-/ML-Verfahren im Bereich des „maschinellen Sehens“ z.B. den Einsatz von CNNs in der Objektklassifikation sind ein Kernthema der Data Science und werden beispielsweise in den Modulen „Data Mining & Machine Learning“ sowie „Künstliche Intelligenz“ behandelt. Die KI-gestützte Bildverarbeitung stellt hohe Anforderungen an Organisation und Verarbeitung der Daten auf allen Ebenen der IoT-Verarbeitungskonzepte (Edge/Fog/Cloud). Dieses ist Kern des Moduls „Big Data Architekturen“. Die Betrachtung des gesamten Systemprozesses vom bildgebenden Sensor bis zur Cloud erfordert eine ganzheitliche Betrachtung des vollständigen Data Science Prozesses, welches im Modul „Data Science“ behandelt wird.

Verfügbare Ressourcen

- Informationen, die zur Erstellung des Szenarios benötigt werden (Systembeschreibung, Schnittstellen, Dokumentationen, relevante Kennzahlen etc.) werden von der BST Group bereitgestellt
- Die BST Group stellt umfangreiche Testdatensätze aus realen Produktionsumgebungen zur Verfügung
- Der Ansprechpartner der BST Group wird über die Projektlaufzeit zur Verfügung stehen
- Die für den prototypischen Aufbau benötigten Komponenten sowie sonstiges benötigtes Material wird von der BST Group bereitgestellt
- Hardware für das komplexere Machine Learning ist über das Data Science, das CfADS sowie dem KI-Rechencluster yourAI der FH Bielefeld verfügbar

Projektplan

Erstes Semester: Erstellung eines Forschungsexposés als Prüfungsleistung. Einarbeitung in die das Konzept der Oberflächeninspektionssysteme von BST, die Schnittstellen der zur Verfügung gestellten intelligenten Sensoren.

Zweites Semester: Erstellung des Systemkonzepts zur Entwurfsraumexploration von Cognitive-Edge-Computing-Architekturen. Recherche zu relevanten Arbeiten im Themenfeld des Einsatzes von KI-/ML-Verfahren für die Sensordatenverarbeitung im o.g. Kontext. Erstellung eines Papers, das einen Überblick über das jeweilige Forschungsgebiet gibt, als Prüfungsleistung.

Drittes Semester: Entwicklung eines ersten Demonstrators und Proof-of-Concept zur Hardwarebeschleunigung einer Anwendung zur Oberflächeninspektion von BST. Vergleich eines KI-Verfahrens mit einer klassischen Realisierung.

Viertes Semester: Masterarbeit und Kolloquium. Implementierung und Vergleich unterschiedlicher Kombinationen aus KI-/ML-Verfahren und Hardwarebeschleunigern. Systematische Evaluation und

Exploration der Effizienz der Kombinationen. Vergleich verschiedener Verarbeitungskonzepte (Embedded AI, Edge, Cloud). Finale Evaluierung durch Vergleich der implementierten Strategien. Erstellung eines Papers mit ersten quantitativen Ergebnissen als Prüfungsleistung.

Eignungskriterien

Zwingend:

- Gute Erfahrung mit Python, Pytorch
- Gute Kenntnisse in C++

Optional:

- Erfahrung mit IoT-Geräten
- Grundkenntnisse in HDL (Verilog, VHDL)
- Erfahrung mit Hardware-Design-Flow-Tools
- Programmierung von Mikrocontrollern/FPGAs

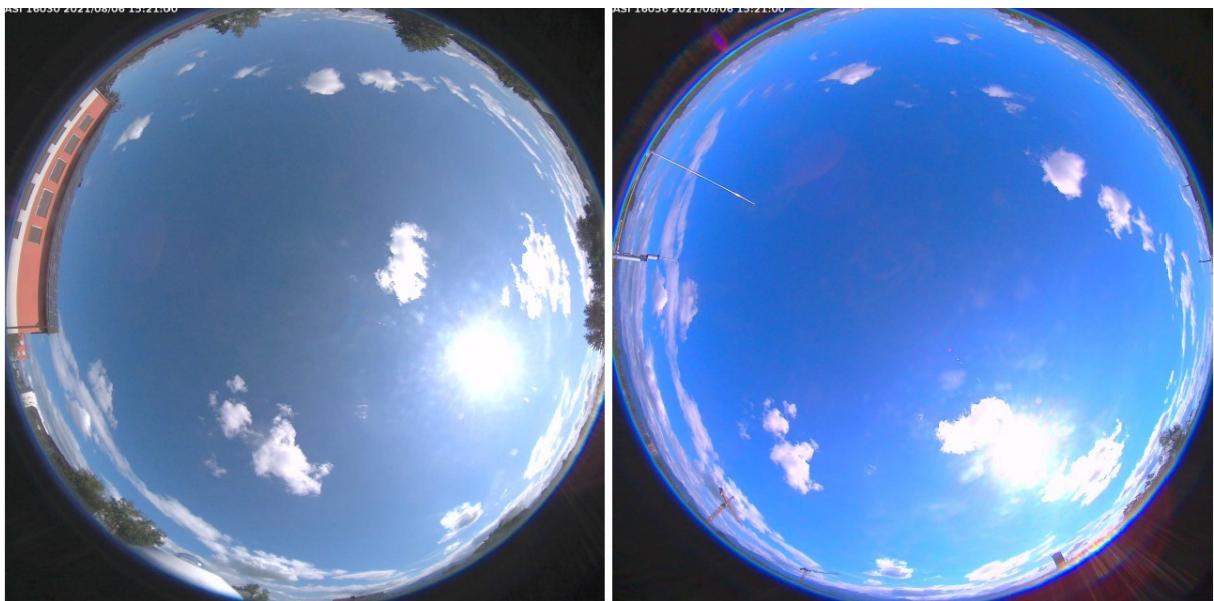
Erfahrung mit IoT-Geräten Erwerbbarer Kompetenzen

- Ressourceneffiziente Informationsverarbeitung auf den verschiedenen Ebenen (Edge, Fog, Cloud) im Sinne des IoT-Verarbeitungskonzepts
- Sensornahe Informationsverarbeitung
- KI-/ML-Verfahren
- Einsatz eingebetteter Hardware zur Beschleunigung von KI-/ML-Verfahren

Forschungsprojektantrag für den Forschungsmaster Data Science

Projektitel: 10 Helios 2 -Vorhersage der Sonneneinstrahlung aus Wolkenbildern zur verbesserten Integration von Solarenergie im Stromnetz

TeilprojektData-Mining für Wolkenerkennung – und Klassifikation für Energieertragsprognosen



Projektübersicht

Startsemester	WS 2025/26
Art	DBU - gefördertes Projekt Nachfolgeprojekt zu Helios mit externen Partnern (Laufzeit bis 12/28)
Projektverantwortung	Prof. Dr.-Ing. Grit Behrens
Projektkontext	Das Teilprojekt Data-Mining für Wolkenerkennung- und -klassifikation für Energieertragsprognosen ist im SolarComputingLab am Campus Minden angesiedelt und wird von Prof. Behrens geleitet. Das Team besteht weiterhin aus einem wissenschaftlichen Mitarbeiter beim Projektpartner im Labor für Solare Energiesysteme an der TH Rosenheim unter Leitung von Prof. Mike Zehner. Es ist eine Anstellung als WHK möglich (unter Vorbehalt der endgültigen Mittelfreigabe).

Abstrakt

In diesem Projekt werden All-Sky-Images unter Anwendung u.a. von Convolutional Neural Network und Deep-Learning Verfahren analysiert, um die solare Einstrahlung auf Photovoltaikfelder und die zu erwartenden Erträge prognostizieren zu können.

Kurzbeschreibung

Die Schwankungen und Überhöhungen der Solarstrahlung werden maßgeblich durch Wolkenzüge beeinflusst. Diese Volatilität hat einen erheblichen Einfluss auf die Leistung von Photovoltaik (PV)Anlagen. Um den Eintrag von PV-Anlagen ins Stromnetz möglichst präzise vorhersagen zu können, ist eine zeitlich und räumlich hochauflösende Vorhersage der Solarstrahlung erforderlich. Hierbei spielen All Sky Imager (ASI) eine wichtige Rolle. Dabei ist es insbesondere von Bedeutung, Wolkenformationen in ASI-Images mehrerer in großen PV-Feldern verteilter Kameras zu erkennen und verfolgen zu können, und sie nach verschiedenen Kriterien zu bewerten und zu klassifizieren.

Aufgabenstellung

Der Studierende soll in ASI-Images mit Deep-Learning Verfahren (u.a. CNN) Wolken segmentieren, verfolgen, unter Anwendung von Clustering-Verfahren (z.B. kmeans) klassifizieren und auf der Grundlage einer zeitlich und räumlich hochaufgelösten Vorhersage der solaren Einstrahlung und eines Digital Twin des PV-Feldes unter Anwendung von RNN (ggf. LSTM, BiLSTM) die Energieerträge für die nächsten 5-15 Minuten möglichst präzise prognostizieren.

Bezug zum Thema Data Science

Verfahren des Deep-Learning, des Clustering sowie der zeitreihenbasierten Prognose und Simulation mit Digital Twins sind Kernthemen der Data Science und werden in den Veranstaltungen des Forschungsmasters behandelt.

Verfügbare Ressourcen

Im Rosenheimer Technologiezentrum Energie und Gebäude sind zwei Wolkenkameras und meteorologische Sensoren installiert, die seit August 2021 Bilder und Daten aufzeichnen. Die verfügbare Datengrundlage wird dort auch weiterhin kontinuierlich alle 20 Sekunden mit parallel jeweils einem pro Bild pro Kamera erweitert. Weiterhin werden im Projektverlauf 2 Wolkenkameras der Firma WeMatics auf PV-Feldern der Stadtwerke Rosenheim installiert werden zu denen zusätzlich die Verbrauchsdaten und die Stromverkauserlöse zur Verfügung stehen werden.. Aus dem vorhergehenden Forschungsprojekt Helios 1 stehen Bilddaten aus 3 SkyCams, Wolkenprofile aus einem Lidar und Einstahlungsmesswerte vom Forschungsfeld der Firma meteocontrol aus 2 Jahren (2024/2026) bereit. Rechnerressourcen stehen im Solar Computing Lab in Form eines sehr gut ausgestatteten Machine Learning Servers zur Verfügung.

Projektplan

Erstes Semester: Sammeln aller Datenquellen aus Sensoren, verfügbaren API's (z.B. open meteo) und der ASI-Images. Konsolidierung des Datensatzes, Datenanalyse. Detektion von Wolken und Verfolgung von Wolkenobjekten in mehreren ASI-Kameras. Erstellung des Forschungsexposés. Optional Erstellung und Einreichung eines Papers für eine „Work-in progress abgabe“ auf einem nationalen Workshop (z.B. im AK de GI AI & Sustainability).

Zweites Semester: Optimierung der Erkennungsleistung zur Wolkendetektion. Erstellen von Prototypen für Wolkenklassen. Erstellen eines ersten gelabten Lerndatensatzes für Wolkentypen, erste Klassifikationsergebnisse. Erstellung und Einreichung eines Papers auf einer Nationalen Konferenz (z.B. Jährliches Photovoltaisches Symposium), das einen Überblick über das jeweilige Forschungsgebiet gibt ist Prüfungsleistung.

Drittes Semester: Konsolidierung des Datensatzes mit gemessenen Ertragsdaten und simulierten Ertragsdaten aus dem Digital Twin der PV-Anlage (Nutzen von Daten der Projektpartner. Erstellen von Prognose der Solaren Einstrahlung und von Prognosen der PV-Erträgen. Erstellen und Einreichen eines Papers mit Vortrag auf einer internationalen Konferenz (z.B. EUPVSEC oder ENVIROINFO).

Viertes Semester: Masterarbeit und Kolloquium mit an den im Verbundprojekt erreichten Forschungsstand Forschungsfragen.

Eignungskriterien

Zwingend: Programmierkenntnisse in Python, Erfahrung mit Maschinellem Lernen und Computer Vision

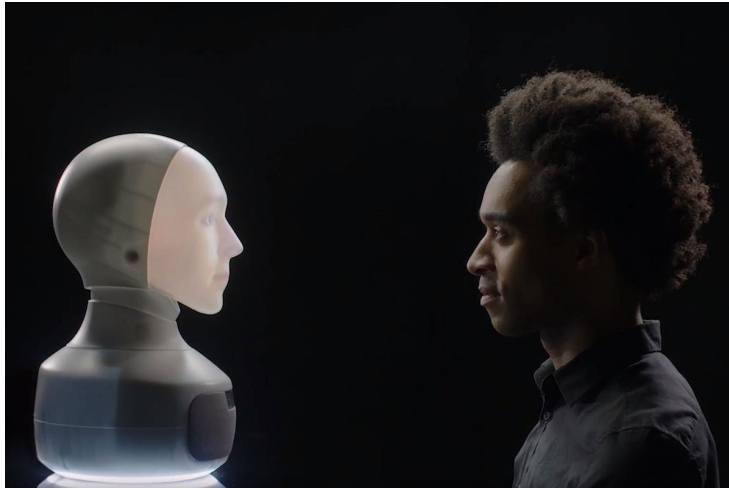
Optional: Kenntnisse in Photovoltaik und Energiemeteorologie.

Erwerbbare Kompetenzen

Einsatz von State-of the Art Technologien des maschinellen Lernens auf Bild- und Sensordaten (wie SkGPT) im technischen Anwendungsfeld. Spezialkenntnisse im Bereich der Energiemeteorologie, der Photovoltaik und des SolarComputing. Selbständiges wissenschaftliches Arbeiten im Verbundprojekt mit Firmen und Forschungslaboren.

Forschungsprojekt für den Forschungsmaster Data Science

Projekttitle: 11 Mensch-Roboter Interaktion: Design, Implementierung und Nutzung eines humanoiden Roboters als individuellen Gesprächspartner



Projektübersicht

Anzahl Studierende	1 bis 2
Art	Studienprojekt
Projektverantwortung	Prof. Dr. Thomas Süße und Dr. Maria Kobert
Projektkontext	Mögliche Anstellung als HiWi ist abhängig von vorhandenen finanziellen Ressourcen. Zusammenarbeit mit Unternehmen ebenfalls denkbar.

Abstrakt

Die Interaktion zwischen Menschen und sozialen humanoiden Robotern ist ein zentraler Bestandteil der Mensch-Maschine Interaktion der Zukunft. Soziale Roboter können mit uns Menschen so kommunizieren, wie wir es miteinander tun - indem sie sprechen, zuhören, Emotionen zeigen und Augenkontakt halten. Sie können zum Beispiel eingesetzt werden, um Kunden zu bedienen, Gesellschaft zu leisten, Mitarbeiter*innen zu schulen oder eine Sprache zu unterrichten. Ein Beispielsszenario mit dem am Campus vorhandene Roboter Furhat wird in diesem Video gezeigt:

<https://www.youtube.com/watch?v=3IEQDf9Cv4s>

Trotz der vielen Einsatzmöglichkeiten und der großen Nachfrage stellen sich bei der Entwicklung und dem Einsatz dieser vielversprechenden Technologien neue Herausforderungen bezüglich der Passung bzw. Kompatibilität zwischen Bedürfnissen und Anforderungen der Nutzenden und humanoiden Robotern dar. Eine Herausforderung liegt darin, die Roboter bezüglich Sprache, Mimik und Gestik so zu konfigurieren, dass Sie den individuellen Bedürfnissen der Nutzer gerecht werden. An diesem Punkt setzt das vorliegende Projekt an. Das übergeordnete Ziel ist es, den humanoiden Roboter Furhat, der dem Fachbereich Ingenieurwissenschaften und Mathematik am Campus Gütersloh bereits zur

Verfügung steht, so zu konfigurieren, dass er in zu definierenden praktischen Anwendungsszenarien angemessen mit Menschen interagieren kann. Hierzu soll Furhat zunächst in die Lage versetzt werden, in einem bestimmten praktischen Szenario mit Menschen kommunizieren und kollaborieren zu können. Das praktische Szenario wird gemeinsam mit den Projektbetreuenden und den Studierenden definiert. Zudem soll mit Hilfe des maschinellen Lernens erreicht werden, dass der Roboter aus den Interaktionen mit seinen menschlichen Gesprächspartnern lernt und sich an dessen Sprache, Mimik, Gestik, Vorlieben und Gesprächsinhalte erinnert. Furhat soll somit „seine Fähigkeiten ausbauen“ und als akzeptierter, angenehmer sowie hilfreicher Gesprächspartner von seinen menschlichen Gegenüber wahrgenommen werden. Begleitend zur technischen Weiterentwicklung von Furhat sollen die Interaktionen zwischen den menschlichen Probanden und Furhat auch aus der Perspektive des Menschen untersucht werden. Hierbei soll ein experimentelles Setting aufgebaut werden, das spezifische Varianten von Konfigurationen hinsichtlich des „Auftretens“ (insb. Mimik, Sprache, Optik) von Furhat und deren Wirkung auf den menschlichen Gegenüber untersucht.

Kurzbeschreibung

Gegenwärtig nimmt die Bedeutung der Interaktion zwischen Menschen und sozialen Robotern fortwährend zu. Der Einsatz von sozialen Robotern verbreitet sich immer mehr, im Gesundheitsbereich, im Bildungsbereich, in Hotellerie und Gastronomie, in Shopping Malls, in der Industrie und im Haushalt. Mögliche Einsatzfelder sind u.a. die Information sowie die Aktivierung von älteren Personen, der Support in pflegenahen Dienstleistungen, die Förderung von Kindern und Jugendlichen z.B. mit autistischen Krankheitsbildern, die Hausaufgabenbetreuung bzw. generell die Wissensvermittlung im Aus- und Weiterbildungsbereich oder der Empfang und die Begleitung von Besucherinnen und Besuchern in Firmen, Organisationen oder Einkaufszentren. Trotz der vielen Potenziale, die solche Roboter mit sich bringen, sind jedoch auch zahlreiche Herausforderungen mit deren Einsatz verbunden. Beispielsweise weisen erste Studien mit menschlichen Probanden eine geringe Akzeptanz der Roboter bei den Menschen auf. Um die Akzeptanz zu erhöhen, besteht eine zentrale Herausforderung darin, die Roboter bezüglich Sprache, Mimik, Gestik und Optik so zu konfigurieren, dass Sie den Bedürfnissen der Nutzer gerecht werden. Dies soll das übergreifende Ziel des vorliegenden Projektes sein. Hierzu soll ein lernender Algorithmus entwickelt werden, der Furhat in die Lage versetzt, sich an die Besonderheiten der menschlichen Gesprächspartner*innen zu erinnern und sich diesen anzupassen.

Die forschungsleitende Frage des Projektes ist: Wie kann Furhat Personen kennenlernen und sich an diese erinnern?

Zu diesem Zweck soll mit dem sozialen humanoiden Roboterkopf Furhat gearbeitet werden, der vom schwedischen Unternehmen Furhat Robotics entwickelt wurde und vertrieben wird. Der Furhat ist ein Roboterkopf ohne Gliedmaße mit einem auf die Innenseite projizierten Gesicht, bei dem die äußere Erscheinung wie die Hautfarbe, die Position der Augenbrauen und das Make-up angepasst werden kann. Der Furhat Roboter realisiert dadurch sanfte Gesichtszüge und kann sich durch natürliche Bewegungen wie Kopfschütteln und Kopfnicken direkt an einem Gespräch beteiligen. Mit einer modernen Spracherkennung, einem fortschrittlichen Konversationssystem sowie einer automatisierten Lippsynchronisation werden ausdrucksstarke Charaktere geschaffen.

Zunächst steht der Furhat den Studierenden als Rohversion zur Verfügung. Dieser soll in einem ersten Schritt anhand eines praktischen Szenarios (Use Case) konfiguriert und interaktionsfähig gemacht werden. Im zweiten Schritt sollen regelmäßige Interaktionen mit menschlichen Probanden durchgeführt werden, z.B. wöchentliche Treffen. Mit Hilfe des maschinellen Lernens soll Furhat im Zuge der gemeinsamen Treffen eine Gesprächshistorie aufbauen und sich so an vergangene Gespräche mit bestimmten Personen erinnern können. Hierzu soll ein lernender Algorithmus entwickelt werden, der es Furhat ermöglicht, sich an sein jeweiliges Gegenüber, dessen Sprache, Mimik, Gestik, Vorlieben und

Gesprächsinhalte zu erinnern und diese wieder abrufen zu können. Furhat soll demnach die Fähigkeit entwickeln, als "Gesprächspartner" für Menschen an Informationen und Ergebnisse vergangener Gespräche anzuknüpfen und diese weiterzuführen. Dies kann an einem praktischen Szenario (Use Case), bei dem eine gemeinsame Aufgabe zwischen Mensch und Furhat über mehrere Gesprächstermine hinweg gelöst werden soll, erfolgen. Begleitend dazu wird mit Hilfe von Interviews und Beobachtungen die Mensch-Roboter Interaktion aus menschlicher Perspektive untersucht.

Aufgabenstellung

1. Der als Rohversion bereitgestellte humanoide Roboterkopf Furhat wird anhand eines praktischen Szenarios (Use Case) konfiguriert und interaktionsfähig gemacht.
2. Ein lernender Algorithmus wird entwickelt, der es Furhat ermöglicht, im Zuge regelmäßig stattfindender Interaktionen mit bestimmten Personen im Zuge des unter 1. entwickelten Use Case sich an sein jeweiliges Gegenüber, dessen Sprache, Mimik, Gestik, Vorlieben und Gesprächsinhalte zu erinnern.
3. Mit Hilfe von Interviews und Beobachtungen zu den stattgefundenen Interaktionen wird die Mensch-Roboter Interaktion aus menschlicher Perspektive untersucht.

Bezug zum Thema Data Science

Es wird ein lernender Algorithmus entwickelt.

Verfügbare Ressourcen

Der Roboterkopf Furhat und die notwendige Software um den Roboter zu programmieren wird den Studierenden zur Verfügung gestellt.

Projektplan

Erstes Semester: Erstellung eines Forschungsexposés ist Prüfungsleistung.

Zweites Semester: Erstellung eines Papers, das einen Überblick über das jeweilige Forschungsgebiet gibt, ist Prüfungsleistung.

Drittes Semester: Erstellung eines Papers, mit ersten quantitativen Ergebnissen ist Prüfungsleistung.

Viertes Semester: Masterarbeit und Kolloquium

Eignungskriterien

Zwingend: Programmierkenntnisse, vorzugsweise in Python

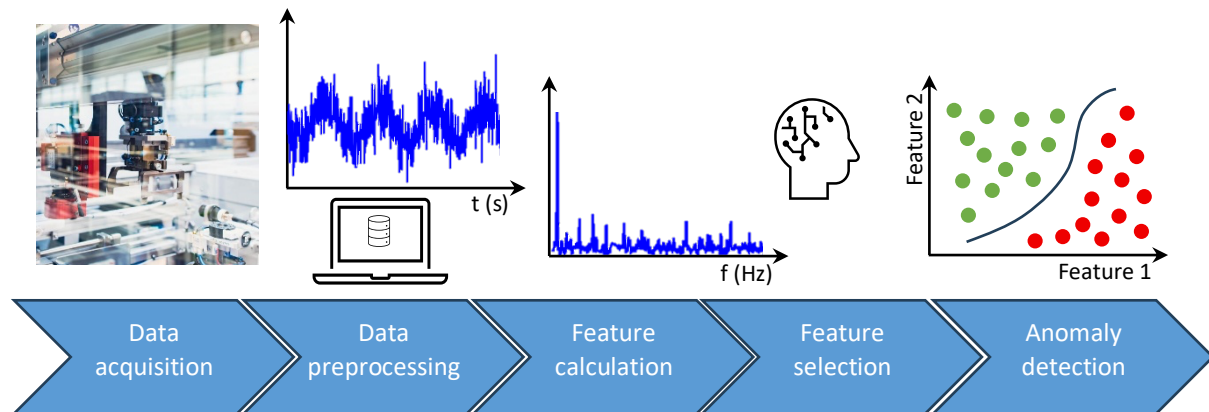
Optional: Kenntnisse im Durchführen von sozialwissenschaftlichen Studien (z.B. Durchführung von Interviews)

Erwerbbare Kompetenzen

- Erprobung eines humanoiden Roboters
- Verfahren der künstlichen Intelligenz zur Problemlösung
- Mensch-Roboter-Interaktion

Forschungsprojekt für den Forschungsmaster Data Science

Project title: 12 Systematisches Daten- und Feature-Engineering für die KI-basierte Zustandsüberwachung in der industriellen Automatisierung



Project overview

Number of Students	1
Project Type	Master student project
Project Owner	Dr.-Ing. Annika Junker Prof. Dr.-Ing Wolfram Schenck Dr.-Ing. Heiko Stichweh (Lenze)
Project Context	Project within the Center for Applied Data Science Gütersloh (CfADS) with the external partner Lenze in Groß Berkel

Abstract

This Master student project focuses on developing AI-driven methods for machine condition monitoring using data from frequency inverters, eliminating the need for additional sensors. Conducted in close collaboration with Lenze and embedded within the Center for Applied Data Science Gütersloh (CfADS), the project aims to develop innovative, physics-informed data processing and AI techniques for predictive maintenance.

Short description

The increasing digitalization in industrial environments and the rise of Industry 4.0 have created new opportunities for automated machine condition monitoring. Instead of adding costly sensors, modern drive systems already provide rich operational data. Lenze's advanced frequency inverters deliver high-quality signals that can be leveraged for sensorless monitoring, reducing hardware costs and simplifying integration. Combined with AI-based anomaly detection, this approach can significantly improve machine availability, reduce downtime, and optimize maintenance strategies. This research project aims to develop a physics-informed AI system for anomaly detection in storage and retrieval machines, using only inverter data. Key objectives include:

- Extracting time- and frequency-domain features with drivetrain knowledge.
- Preprocessing and segmenting data for comparable motion patterns.
- Building robust ML models for reliable anomaly detection.
- Development of robust machine learning models for reliable anomaly detection based on representative training datasets.

The expected outcome is a scalable solution for predictive maintenance in industrial automation.

Task definition

The objective of this research project is to design, implement, and critically evaluate a robust data and feature processing pipeline for AI-supported condition monitoring systems. The methods are designed to work with various machines and applications. The following work packages are planned:

Data Preprocessing and Feature Engineering: The student will systematically prepare operational data collected from frequency inverters, ensuring reliable performance across diverse operational motions, such as acceleration, constant speed, and deceleration. Preprocessing steps should guarantee that the resulting dataset allows for meaningful comparison and supports transfer to similar systems.

Feature Selection and Construction: Both data-driven features (e.g., statistical measures, time-series characteristics, and patterns learned directly from data) and physics-informed features (e.g., metrics derived from drivetrain models, domain knowledge, or physical laws) should be considered. Domain knowledge is to be explicitly integrated in the construction of physics-motivated features, leveraging expertise in drive technology and system dynamics.

Model Development and Robustness: Develop and train machine learning models for anomaly detection using the engineered feature sets. Robustness must be validated by applying the trained models to data from an additional, comparable machine. The student should ensure that both feature processing and model performance are transferable, not narrowly tailored to a single device or set of operating conditions. To avoid overfitting and improve model generalization, feature reduction techniques such as principal component analysis should be implemented, efficiently selecting the most relevant features for anomaly detection.

Comparative Analysis: The student will conduct a critical comparison between data-driven and physics-informed features, discussing their respective strengths and limitations. This includes:

- Assessing performance and robustness of models built on each approach
- Evaluating transferability to new machines or operational scenarios
- Considering factors such as interpretability, computational requirements, and resilience to changing system conditions

Documentation and Critical Reflection: The methodology, selection of algorithms, and all major decisions must be thoroughly documented. The student is expected to provide a reasoned discussion of the results, limitations, and practical implications, particularly with respect to the transferability and reliability of the developed system.

Reference to the topic of data science

This project addresses key aspects of data science, including data processing, particularly the preprocessing of raw data, and the targeted computation and selection of relevant features for subsequent AI-based condition monitoring. In addition, approaches from physics-informed machine learning will be explored, as the integration of physical domain knowledge into the machine learning pipeline represents an exciting and forward-looking research field.

Available Resources

- **Data access:** Availability of realistic operational data from modern frequency inverters across different machine types and applications. This data forms the basis for developing and training anomaly detection methods.

- **Expert support:** Guidance from specialists in automation and drive technology and data science available to advise on data interpretation, modeling, and implementation questions.

Project plan

First Semester:

- Conduct a literature review on condition monitoring and physics-informed machine learning.
- Familiarize with the operation of automation systems using frequency inverters.
- Perform data exploration and preprocessing for an exemplary system.
- Write a research exposé summarizing the findings.

Second Semester:

- Implement the calculation and selection of relevant features from both data-driven and physically motivated domains for the exemplary system of the first semester.
- Develop and evaluate a machine learning model to identify abnormal machine states.
- Write a paper of a literature review as the mandatory artefact.

Third Semester:

- Test the transferability of the developed model to at least two other systems: assess to what extent the model can be applied to comparable, yet previously unseen installations.
- Identify features critical for model quality reducing complexity and improving generalizability.
- Write a scientific paper with first results as a mandatory artifact.
- Define specific research questions to be addressed within the scope of the Master thesis.

Fourth Semester:

- Master thesis and colloquium.

Necessary Competencies

Mandatory:

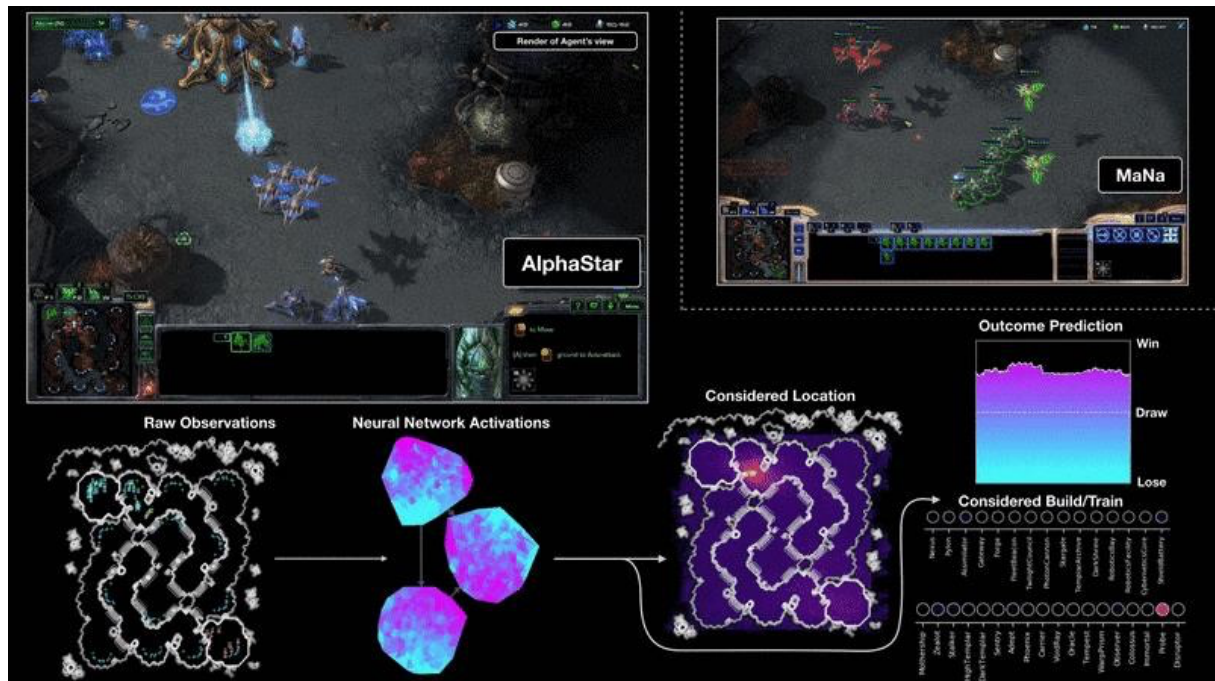
- Bachelor's degree in an engineering-related field.
- Interest in both data-driven and physically motivated modeling.
- Experience with the implementation of machine learning methods with Python.
- Strong passion for exploring complex technical challenges in depth.

Acquirable Competencies

- Application of machine learning methods to real industrially relevant problems.
- Application of physics-informed machine learning, which is a particularly exciting and forward-looking research field.

Forschungsprojekt für den Forschungsmaster Data Science

Projekttitel: 13 Erklärbarkeit des Langzeitverhaltens intelligenter Agenten



Project overview

Number of Students	1
Project Type	Study project
Project Owner	Prof. Dr.-Ing. Christian Schwede
Project Context	The project is a research project at the HSBI. The group currently consists of one doctoral student and two students from the research master.

Abstract

This project focuses on making artificial intelligence more explainable, especially when AI agents make sequences of decisions over time rather than just single predictions. While AI has achieved impressive performance in complex games like StarCraft II, Dota 2 and Go, making their long-term goals and strategies transparent at the same time remains challenging. Current explanation methods work well for individual decisions but struggle to explain long-term strategies and plans in these complex environments. This research aims to develop AI agents that can learn recognizable strategies from data and switch between them in understandable ways, making their long-term behavior more transparent and trustworthy for real-world applications.

Short description

Artificial intelligence agents using deep reinforcement learning have reached expert-level performance in complex games and tasks. However, as AI systems are deployed in high-stakes real-world applications like autonomous production systems, explainability and transparency become critical for

safety and business success. The challenge is that existing explanation methods focus on interpreting individual decisions rather than understanding the long-term strategies that agents follow over time.

This project addresses this gap by developing AI agents that learn and use distinct strategy "building blocks" instead of making isolated action choices. The core idea is that an AI should select an appropriate strategy based on the current situation, making its behavior more interpretable to humans. These strategies will be learned from historical data, which could come from either human experts or other AI agents.

The approach involves creating a structured representation of strategies using subgoals—intermediate objectives that agents pursue on their way to larger goals. By organizing these subgoals into a graph structure, the method aims to make the agent's plans more understandable. The project is divided into three main technical areas: first, identifying common strategies in existing data using clustering methods; second, teaching the AI to execute these strategies; and third, training the AI to choose the right strategy for each situation using hierarchical reinforcement learning.

A key innovation is balancing performance with explainability - ensuring that when the AI switches from one strategy to another, it does so in ways that humans can understand intuitively. This is particularly important because current AI agents may change their approach unpredictably, making it difficult to trust their decision-making in critical applications.

Task definition

Your task in this project will most likely revolve around the second area (learning strategies) as the other parts are currently covered by other group members. This area focuses on teaching AI agents to execute the strategies identified in the first step. This currently involves reinforcement learning methods that allow the AI to develop its own approach to achieving the subgoals associated with each strategy, so that it can still achieve high performance. An important consideration here is determining how much freedom the AI should have - should it follow strategies rigidly, or should it have flexibility to adapt them to new situations? And how can this be balanced automatically?

Some specific tasks include:

- Getting familiar with the existing goal-based reinforcement learning implementation
- Research, design and test mechanisms to balance agent performance with plan conformance (explainability)
- Support the integration of the second area with the other areas

Reference to the topic of data science

The project deals with central data science disciplines:

- Data exploration and preparation
- Feature engineering
- Reinforcement learning (e.g. double deep q networks)
- Model interpretability (Explainable AI)
- Evaluating measures (e.g. plan conformance and agent performance)

Available resources

- Online database of strategies as well as identified strategies described by subgoals from the first area
- Large amount of computing resources available in the universities own cluster

Project plan

First Semester: Preparation of a research exposé, familiarization with the existing implementation and methods, first well-defined task to improve agent performance or explainability

Second Semester: Short paper including a brief literature review on plan conformance in intelligent agents as well as first results from experiments on balancing and controlling explainability and performance

Third Semester: Further development and validation of the implemented mechanisms, more quantitative results to publish a paper (assisted by doctoral student)

Fourth Semester: Master's thesis including integration into the complete pipeline and final colloquium

Necessary competencies

Mandatory:

- Willingness to conform to the existing project's goals and direction.
- Good programming skills, preferably in python
- Some experience with and understanding of StarCraft 2 or similar games

Optional:

- Experience with data science projects
- Practical, goal-oriented mindset

Acquirable competencies

- Application and evaluation of modern data science methods in practice
- Development and improvement of intelligent agents for complex and adversarial environments
- Experience in working on existing projects
- Presentation and communication of analysis results
- Working scientifically