

Gesundheit und Medizin

Gesundheitsversorgung verbessern, Heilungschancen erhöhen, Diagnosen unterstützen – das sind die Ziele, welche die Fraunhofer-Gesellschaft mit Ergebnissen in der Medizin-, Umwelt- und Ernährungsforschung erreichen will. Wir fokussieren uns besonders auf intelligente Tools zur Entscheidungsfindung in der Therapieplanung und zur Stärkung der Resilienz, wir unterstützen aber auch Behörden dabei Daten automatisiert einzuordnen, um Prozesse sowie Bewertungen schneller und besser zu generieren.

»Das wäre wirklich bahnbrechend«

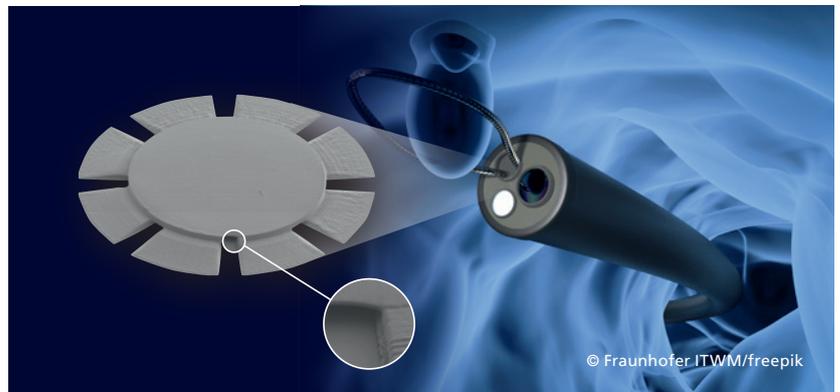
Ultraschall liefert Bilder mit Auflösungen bis in den Submillimeterbereich in Echtzeit – die Technologie gehört deswegen zu den weltweit am meisten genutzten diagnostischen Bildgebungsverfahren in der Medizin. An der Weiterentwicklung des Ultraschallverfahrens arbeitet ein Team der Abteilung »Materialcharakterisierung und -prüfung« im Projekt »FEMUT«.

Im Projekt »FEMUT« (Innovative frequenzkodierte Volumenbildgebung mittels 3D Laser-induziert gefertigter kapazitiver Ultraschallwandler) entwickelt das Team um Dr. Erik Waller eine neue Herstellungsmethode für Ultraschallsensoren mittels 3D-Druck. Der Vorteil: Das flexible Verfahren fertigt schnell und kostengünstig Ultraschallsensoren auf beliebigen Untergründen.

Ultraschall-Sensoren auf Glasfasern

»Die Vision ist es, Ultraschallsensoren auf Glasfaserendfacetten zu entwickeln, um sie in der Medizin als minimal invasive Endoskope zu nutzen. Steht die Technologie, lässt sich diese auch in andere Branchen übertragen, etwa für die zerstörungsfreie Prüfung von Materialien«, beschreibt Waller. Moderne Systeme arbeiten mit einer großen Zahl an regelmäßig angeordneten Ultraschallschwingern aus piezoelektrischen Keramikstäben. Piezoelektrische Materialien eignen sich für das Herstellen von Sensoren, da sie bei Druck, Scherspannung oder Biegung elektrische Ladungen erzeugen.

Die einzelnen Schwinger werden individuell angesteuert und sind grundlegend für die Bildgebung. Bislang besteht ein medizinischer Ultraschallsensor aus Hunderten von Elementen mit immer den gleichen Schwingungseigenschaften; die dazugehörige Elektronik hat ebenso viele Kanäle – dies macht die Systeme komplex und teuer. Der im Projekt FEMUT verfolgte Ansatz soll mit nur einem elektronischen Kanal auskommen: Ultraschallschwinger, die mit unterschiedlichen Frequenzen schwingen und



© Fraunhofer ITWM/freepik

Forschen für die Medizin: Wir entwickeln den Einsatz von Ultraschall in Endoskopen weiter.

die flexibel mittels 3D Laserdruck hergestellt werden können, machen es möglich. Dafür gilt es mithilfe neuer Algorithmen das entsprechende Schallfeld zu designen. Diese Aufgabe liegt beim Fraunhofer-Institut für biomedizinische Technik IBMT.

Fraunhofer ITWM fertigt Prototypen

Am Fraunhofer ITWM hingegen geht es um die Herstellung. »Wir sind sehr schnell in der Produktion von Prototypen, können innerhalb von Stunden die entworfenen Designs auf leitfähigen Substraten herstellen und optimieren«, sagt Waller. »Gelingt uns das, was wir uns im Projekt vorgenommen haben, wäre das wirklich bahnbrechend: Eine große Bandbreite an Anwendungen, die von haptischen Displays, über in-vivo Sensoren bis zu autonome Mikro-roboter reichen, rückt in greifbare Nähe.«

Kontakt

Dr. Erik Waller
Abteilung »Materialcharakterisierung
und -prüfung«
Telefon +49 631 31600-4900
erik.waller@itwm.fraunhofer.de



Neue Abteilung »Optimierung in den Life Sciences«

Der Bereich »Optimierung« hat seit 2022 eine neue Abteilung. Sie wird von Prof. Dr. Karl-Heinz Küfer, der ebenso Leiter des übergeordneten Bereiches ist, geführt. Dr. Alexander Scherrer ist stellvertretender Abteilungsleiter.

»Wir sind schon seit langer Zeit erfolgreich mit Projekten in der Medizin, im Gesundheitswesen, dem Pflege- und Sozialsektor sowie der Medizintechnik unterwegs – zum Beispiel optimieren wir sehr erfolgreich Therapiepläne«, berichtet Scherrer. »In den letzten Jahren sind neue Themenfelder hinzugekommen, die das Formieren einer eigenen Abteilung notwendig gemacht haben«. So unterstützt das Team mit Angewandter Mathematik beim Analysieren von Gesundheitsdaten und bringt dafür geeignete Methoden der Künstlichen Intelligenz an den Start.

Auch entstehen in der Abteilung Systeme zur Unterstützung von Entscheidungen für die komplexe Planung in Medizin und Pflege. Die Expertinnen und Experten helfen zudem Unternehmen aus der Medizintechnik bei virtuellen Designprozessen.

Auf Erfolg und Methoden aufbauen

Die »Optimierung in den Life Sciences« baut methodisch und personell auf einer jahrelang erarbeiteten Basis auf: »Wir haben immer wieder festgestellt, wie sehr unser Erfolg im Projekt von den Lösungsansätzen und Erfahrungen aus anderen Projekten profitiert. Deshalb haben wir unsere Aktivitäten und Praxiskennt-

nisse des Bereichs unter dem Dach 'Optimierung in den Life Sciences' zusammengefasst«, so Scherrer.

Das war besonders auch für die Außendarstellung wichtig, eine neue Abteilungswebsite mit zahlreichen Projektbeispielen holt die Kundinnen und Kunden branchenspezifisch ab. »So bieten wir unseren Kooperationspartnern ein breites Spektrum an Mathematik- und IT-Kompetenzen in Kombination mit langjähriger Branchenerfahrung und es entstehen für die Life Sciences individuelle, neue Lösungen.«

Wachstum der Branche erfordert eigene Abteilung

Im Bereich »Optimierung« grenzt sich das Team damit von Anwendungsfeldern wie der Verfahrenstechnik, der Produktion oder auch Logistik und Energie ab – zumindest in punkto Branchen, methodisch bleibt die Optimierung das Mittel zur Lösung komplexer Herausforderungen.

Mehr Resilienz mit Onlinetraining für die psychische Gesundheit

Wie breit gefächert die neue Abteilung aufgestellt ist, zeigt u.a. das Projekt APPWAG. Gerade

Kontakt

Prof. Dr. Karl-Heinz Küfer
Abteilungsleiter »Optimierung in den Life Sciences«
Telefon +49 631 31600-4491
karl-heinz.kuefer@itwm.fraunhofer.de



www.itwm.fraunhofer.de/life-sciences



© ITWM/freepik

Im Mittelpunkt des Projektes steht eine Online-Plattform, bei der sich die eigene Resilienz fördern und trainieren lässt.

in Zeiten von Krisen oder stressigen Lebensereignissen sind viele Menschen in ihrer psychischen Gesundheit besonders belastet. Dem entgegenzuwirken und die eigene Resilienz zu stärken, kann gezielt trainiert werden, zum Beispiel mit digitaler Unterstützung.

Der Titel des Projektes steht für »Ausbau von Resilienzförderungsprogrammen zu einer Plattform mit zielgruppenspezifischen Angeboten der Gesundheitsförderung« und bis Ende 2023 entwickelt das interdisziplinäre Team eine solche Online-Plattform. Die Expertise kommt nicht nur aus dem Fraunhofer ITWM, sondern auch aus dem Leibniz-Institut für Resilienzforschung in Mainz. Gemeinsam stellen sie das wissenschaftlich fundierte Trainingsprogramm bereit. Ein sicheres KI-Verfahren analysiert die Daten und ermittelt automatisch aus dem entwickelten Programm individuelle Trainingsinhalte und Informationen. Das Projekt verfolgt dabei einen Gamification-Ansatz:

die Anwendenden haben spielerisch die Möglichkeit zum eigenständigen Training im stressigen Alltag. Zudem dokumentiert die qualitätsgesicherte Plattform den Fortschritt der persönlichen Resilienz.

Psychoedukative Webplattform für alle

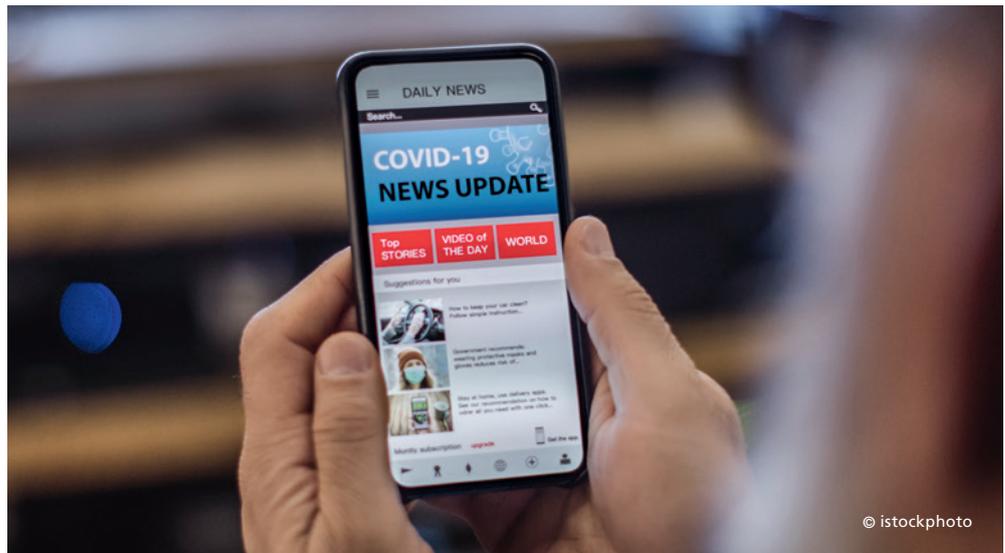
»Das Besondere: Die Onlineplattform steht anschließend allen kostenlos und frei zur Verfügung«, erklärt Scherrer begeistert. »Perspektivisch heißt das, Resilienzförderung für alle interessierten Einzelpersonen, aber auch Unternehmen, Kommunen und Verwaltung können das digitale Training bedarfsgerecht anbieten und für ihre Zwecke anpassen.« Das ist ganz im Sinne des Förderprogramms, denn APPWAG wird durch den Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) Rheinland-Pfalz finanziell unterstützt.

Kontakt

Dr. Alexander Scherrer
Stellv. Abteilungsleiter
»Optimierung in den Life Science«
Telefon +49 631 31600-4609
alexander.scherrer@itwm.fraunhofer.de



SEMSAI – Aus der Pandemie lernen



© istockphoto

Während der Pandemie haben sich viele Menschen täglich über Prognosen informiert und daraufhin ihr Verhalten im Alltag angepasst.

In den letzten Jahren trug die Mathematik unserer Abteilungen zum Bekämpfen der COVID-19-Pandemie bei – meist unterstützt die Forschenden mit Hilfe von Modellen, die mit einem Blick in die Vergangenheit Prognosen für die Zukunft stellten. Im vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekt SEMSAI steht ein ganzheitlicher Ansatz im Mittelpunkt, der im Falle einer weiteren Pandemie auf diesem Wissen aufbaut und zusätzlich weiche Faktoren berücksichtigt wie z. B. den psychologischen Effekt subjektiver Risikowahrnehmung.

Im Verlauf der Pandemie fielen politische Entscheidungen oft auf Basis von Simulationen. Die Prognosemodelle stützten sich auf vergangene Daten. Die Ergebnisse waren dabei öffentlich zugänglich und wurden vielfach medienwirksam diskutiert. »Schon eine öffentliche Beschäftigung mit den Vorhersagen, die teilweise wie Wettervorhersagen behandelt wurden, hat zu Verhaltensänderungen der Menschen geführt und so die Voraussetzung der Prognose untergraben. Die Modelle konnten also ohne das Einbeziehen von weichen Fakto-

ren der komplexen Realität nicht immer standhalten«, so Dr. Jan Mohring, Projektleiter am Fraunhofer ITWM. Ein Teufelskreis: Die vorhergesagten Infektionszahlen fielen in den mathematischen Simulationen oft zu hoch aus. Die Prognosen wurden so aber als ungenau wahrgenommen. »Das hat der Akzeptanz von Modellen und der Wissenschaft insgesamt geschadet und in der Folge auch dem Vertrauen in die Politik. Daraus wollen wir lernen und unsere Modelle u. a. um soziale und psychologische Rückkopplungen erweitern.«

Kontakt

Dr. Jan Mohring
Abteilung »Transportvorgänge«
Telefon +49 631 31600-4393
jan.mohring@itwm.fraunhofer.de



SEMSAI baut auf interdisziplinären Ansatz

Wie wappnen wir uns mit diesem Wissen für neue Pandemien? Antwort darauf gibt das Projekt SEMSAI. Die Abkürzung steht für »Self-Referential Multi-Scale Modelling and Simulation of Severe Infectious Diseases«. Die Koordination liegt beim Team um Prof. Dr. Ingo Timm vom Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz (DFKI) in Trier. Am Fraunhofer ITWM kommt die Expertise aus der Abteilung »Transportvorgänge« und dem Bereich »Optimierung«. Beide Arbeitsgruppen haben bei anderen Corona-Projekten mit dem DFKI-Team bereits erfolgreich zusammengearbeitet. Zudem ist die Katastrophenforschungsstelle (KFS) der Freien Universität Berlin mit an Bord und trägt mit ihren sozialwissenschaftlichen Kompetenzen bei.

Verschiedene Bausteine und Vorarbeiten des Konsortiums ebnen den interdisziplinären Ansatz: Die KFS führt Erhebungen durch, um die komplexen Zusammenhänge zu untersuchen – sie erfragen Faktoren wie Kommunikation, Risikowahrnehmung, Vertrauen und gesundheits-schützendes Verhalten. Diese Daten unterstützen das DFKI beim Erstellen eines Simulationsmodells auf Mikroebene – einer sogenannten »agentenbasierten Sozialsimulation«. Aber wie wirkt sich das individuelle Verhalten auf das große gesamte Infektionsgeschehen aus? Denn Menschen ändern ihr Verhalten im gesellschaftlichen Kontext angesichts einer Epidemie. Das Modell ist dadurch in der Lage, Prognosen bezüglich der Ausbreitung von Infektionen bei bestimmten Szenarien zu treffen. Der agentenbezogene Ansatz schaut sich das für einzelne Situation und kurze Zeiträume genauer an.

Wie nah kommen wir der Realität mit Simulationsmodellen?

Das ITWM-Team entwickelt darauf basierend ein Softwaretool, das die Auswirkungen von Maßnahmen differenziert vorhersagt und deren Wirksamkeit bewertet. Wie kann also der Einfluss einer Maßnahme bemessen werden, wenn sie von parallelen Maßnahmen überlagert wird? »Dazu integrieren wir die Erkenntnisse aus dem mikroskaligen, agentenbasierten DFKI-Modell in unser bereits bestehendes mathematisches Modell der Krankheitsausbreitung«, erklärt Mohring. Am Fraunhofer ITWM wurde in den letzten Jahren ein epidemiologisches, kohortenbasiertes Modell entworfen, das auf der Makroebene simuliert und vor allem an real erhobene Kennzahlen angepasst werden kann. Bei kohortenbasierten Ansätzen teilen die Forschenden die Bevölkerung in Gruppen ein, die z. B. ihren aktuellen Gesundheitszustand widerspiegeln. Solche Simulationen kamen bereits erfolgreich in der Politikberatung sowie bei internationalen Prognosevergleichen zum Einsatz. Als wesentliche Erweiterung werden den gesundheitlichen Zustandsgrößen nun auch psychologische hinzugefügt.

Am Ende gilt es, die verschiedenen Ebenen zusammenzuführen. Das klare Ziel: In Zukunft den Menschen, die die Entscheidungen treffen, eine fundierte wissenschaftliche Grundlage an die Hand zu geben, mit der sie besser einschätzen können, welche Auswirkungen ihre Maßnahmen in der Realität haben. SEMSAI soll auch einen Beitrag dazu leisten, das gesunkene Vertrauen in modellbasierte Prognosen wiederherzustellen. Das Projekt ist auf drei Jahre angelegt und wird bis 30.04.2025 vom BMBF gefördert.

Zukünftige Pandemie- modelle berücksichtigen psychologische Aspekte

Kontakt

Dr. Neele Leithäuser
Stellv. Abteilungsleiterin
»Optimierung – Operations Research«
Telefon +49 631 31600-4621
neele.leithaeuser@itwm.fraunhofer.de



Finanzmathematik und KI decken auf

Korruption und Abrechnungsbetrug im Gesundheitswesen verursachen jährlich Schäden von mehreren Milliarden Euro. Durch die Digitalisierung von Prozessen ergeben sich neue Möglichkeiten, Betrug systematisch zu entdecken – sei es in der Pflegebranche, in Krankenhäusern oder der öffentlichen Verwaltung. Große Fortschritte machen KI-Lösungen aus unserer Abteilung »Finanzmathematik«, sie unterstützen mit Künstlicher Intelligenz in mehreren Projekten bei den Ermittlungen. Die Arbeiten werden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

Gemeinsam mit der Generalstaatsanwaltschaft Dresden und dem Kommissariat für Wirtschaftskriminalität der Polizeidirektion Leipzig geht ein Team aus den Abteilungen »Bildverarbeitung« und »Finanzmathematik« im Projekt »Pflegeforensik« gegen Abrechnungsbetrug im Pflegedienst vor.

werten. Jeder Pflegedienst hat eigene Dokumente, sie sind unterschiedlich aufgebaut und liegen meist nur handschriftlich vor. Das Digitalisieren ist eine Herausforderung und das Finden von Auffälligkeiten bisher mühsame Fleißarbeit der Ermittler. Solche Auffälligkeiten in der Abrechnung sind zum Beispiel, dass Besuche bei Patient:innen oder Leistungen abgerechnet werden, die gar nicht stattgefunden haben.

»Unsere Ergebnisse zeigen gute Fortschritte auf dem Weg zu einer Software, die die Arbeit der Strafverfolgungsbehörden vereinfacht, aber auch von Versicherungen zur Prüfung der Abrechnungsunterlagen eingesetzt werden kann«

Kontakt

Dr. Elisabeth Leoff
Projektleiterin »Pflegeforensik«
Telefon +49 631 31600-4857
elisabeth.leoff@itwm.fraunhofer.de

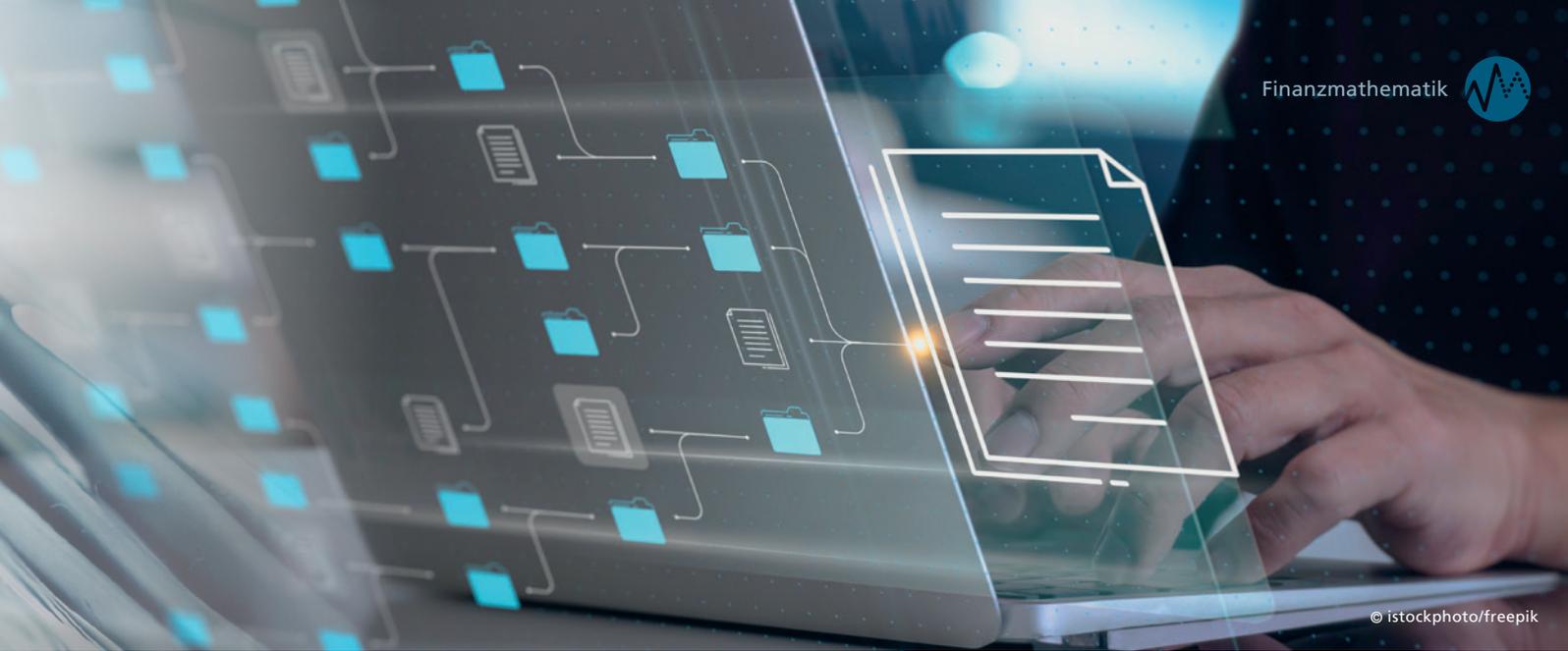


PflegeForensik-Demonstrator auf dem Prüfstand

Sie entwickeln seit 2021 eine KI-Software, die den Behörden den Ermittlungsalltag erleichtert – das heißt Algorithmen, die die Papierberge automatisch einlesen und intelligent aus-



www.itwm.fraunhofer.de/pflegeforensik



© istockphoto/freepik

berichtet Dr. Elisabeth Leoff, stellvertretende Abteilungsleiterin der »Finanzmathematik«. »Im Moment sind wir dabei unseren Demonstrator auf Echtdaten zu testen: Wie gut funktioniert das automatische Erkennen und Auswerten der Daten? Wie gut sind unsere Algorithmen bereits?« Im Frühjahr fand zur Vertiefung dessen ein Anwendungsworkshop statt. Das Projekt endete im Juni 2023. »Im Idealfall gibt es zukünftig weitere Forschung, mit der wir die Produktivsoftware realisieren«, so Leoff zuversichtlich.

Neuronale Netze finden kriminelle Netzwerke

Im Projekt »Kriminelle Netzwerke« – ebenfalls vom BMBF gefördert – entwickelt ein weiteres Team der Abteilung Künstliche Intelligenz für Ermittlungsbehörden und Krankenkassen. Dabei geht es darum, ganze betrügerische Netzwerke aufzudecken. Im Verdachtsfall werden Massendaten wie E-Mail- oder Telefonverkehr untersucht. Das macht die Ermittlungen ressourcenaufwändig und langsam.

Ein neuer KI-Ansatz sind sogenannte Graph Neural Networks (GNN). Sie kommen bereits bei Suchmaschinen und Social Media zum Einsatz, denn die Methode eignet sich besonders gut, um Zusammenhänge zu finden. Basis der GNN-Ansätze sind künstliche Neuronale Netze, die das menschliche Gehirn nachbilden. In einem GNN sammeln Knoten Informationen von ihren benachbarten Knoten, zum Beispiel die Häufigkeit von E-Mails zu einem bestimmten Schlagwort zwischen zwei Personen. Auf diese Weise lernt das GNN und weist die ermittelnden Personen auf auffällige Beziehungen hin.

Die Finanzmathematiker:innen kombinieren die GNN mit Methoden der Zeitreihenanalyse. Sie betrachten Veränderungen über die Zeit und erkennen z. B. Saisonalitäten, wie ein unerwarteter Anstieg an Mails zwischen zwei Personen. Das Team um Dr. Stefanie Grimm hat die Arbeiten kürzlich auf dem Symposium zur europäischen zivilen Sicherheitsforschung in Brüssel vorgestellt, auch dieses Projekt läuft seit 2021 und ist auf drei Jahre angelegt.

Kontakt

Dr. Stefanie Grimm
Forschungskordinatorin »Data Science«
Telefon +49 631 31600-4040
stefanie.grimm@itwm.fraunhofer.de



Solvenzkapitalberechnung mit KI: Weniger Daten, valide Prognosen

Mit der Bestimmung des Solvenzkapitals, also dem Kapital, das Versicherungen vorhalten müssen, um auch am Ende des Jahres zahlungsfähig zu sein, beschäftigt sich unsere Abteilung »Finanzmathematik« schon sehr lange. Um die sogenannte Solvenzquote errechnen zu können, setzen die Forschenden auch auf Künstliche Intelligenz. Wie sich die Forschung in diesem Bereich entwickelt hat, erläutert Prof. Dr. Ralf Korn; er hat die Abteilung »Finanzmathematik« über Jahre geleitet und bringt seine Expertise nun als Berater sowie Mitglied des Scientific Advisory Boards des Instituts ein.

»Es gibt nicht nur die Versicherung, es gibt auch die Welt!«

Wie kann Künstliche Intelligenz Versicherungen vor schwer kalkulierbaren Risiken schützen?

Einen Schutz gibt es natürlich nicht, aber unsere Methoden tragen dazu bei, bessere Entscheidungen zu treffen. Wir bieten Versicherungen ein Neuronales Netz, welches mit vorhandenen Daten und dem internen Modell des Unternehmens trainiert. Ziel ist eine Sensitivitätsanalyse des Solvenzkapitals in »Echtzeit«. In dieses interne Modell integrieren wir nun externe Daten.

Das müssen Sie uns erklären.

Wichtig bei der Solvenzkapitalberechnung: Es gibt nicht nur die Versicherung, es gibt auch die Welt! Und sie muss einfließen in die Sensitivitätsanalyse, in Form externer Szenarien. Wir integrieren Unsicherheiten in unsere Berechnungen, um weitergehen zu können in unseren Vorhersagen. Dafür müssen wir nicht den exakten Zustand von heute kennen, sondern können auch schauen, was passiert wäre, wenn wir vielleicht einen kleinen Fehler gemacht hätten.

Wir simulieren den Zustand der Welt an bestimmten Punkten und bewerten dann die Bestände der Versicherung an genau diesen Punkten. Und dadurch, dass dieses Bewerten sehr aufwändig ist und man ca. 10000 Zustände simulieren müsste, um über die Welt Bescheid zu wissen, hat man nicht nur ein Bewertungsproblem, sondern auch ein Zeitproblem: Eine Bewertung der Aktiva und Verpflichtungen der Versicherung in jeweils einem Zustand der Welt dauert etwa eine Minute.

Und hier kommt die Künstliche Intelligenz ins Spiel?

Ja, denn 10000 Zustände der Welt können wir quasi in Echtzeit simulieren, also die Entwicklung der Zinsen, der Sterblichkeit, der Aktienmärkte und so weiter. Was Zeit kostet, ist die Bewertung der Verpflichtungen und Anlagegüter der Versicherer intern. Deshalb verfolgen wir einen Ansatz, bei dem wir tatsächlich nur eine ganz grobe Bewertung machen, indem wir in jedem Zustand der Welt quasi nur ein einziges Mal würfeln. Das gleicht sich aus, weil alle diese 10000 Bewertungen zwar nur sehr grobe Approximationen sind, aber wenn



Prof. Dr. Ralf Korn hat unsere Abteilung »Finanzmathematik« aufgebaut und unterstützt das Fraunhofer ITWM weiterhin als Berater.

man eine Regressionsrechnung – also eine Ausgleichsrechnung – macht, erhält man ein erstaunlich gutes Ergebnis. Und das schon nach wenigen Stunden, weil wir parallel auf einem sehr großen Cluster rechnen.

Wie geht es weiter?

Aktuell erforschen wir, ob man wirklich alle 10 000 Bewertungen braucht für eine valide Prognose und haben einen Demonstrator erstellt, mit dem wir die Dinge bereits gut darstellen können. Glücklicherweise haben wir mit Mark-Oliver Wolf einen neuen Kollegen, der auf dem Gebiet »Bewertungsmodelle und -algorithmen für strukturierte Produkte und Derivate« forscht und dafür Machine-Learning-Methoden anwendet.

Gemeinsam mit dem Statistiker Gerhard Stahl (früherer Chief Risk Officer der HDI-Talanx) habe ich ein revolutionäres Modell entwickelt, mit dem man leider aus ITWM-Sicht nicht viel Geld verdienen kann, mit dem aber eventuell sehr viel Geld in Windparks oder andere nachhaltige Anlagen investiert werden kann, statt es einfach nur rumliegen zu lassen.

Wir nutzen ein reduziertes Modell für die Risikobewertung, in dem die Schwankungsbreite der Eigenmittel der Versicherung als Prognose-Grundlage dient. Dies ist eine bei Aktienportfolios etablierte Methode. Dabei betrachten wir die Entwicklung über 28 Quartale, haben also viel weniger Daten. Trotzdem ist die Prognose-Qualität sehr gut und versetzt Versicherungen in die Lage, mehr investieren zu können und trotzdem die Solvenzquote zu erfüllen.

Kontakt

Prof. Dr. Ralf Korn
Wissenschaftlicher Berater der
Abteilung »Finanzmathematik«
Telefon +49 631 31600-4658
ralf.korn@itwm.fraunhofer.de

