

19



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Économie

11

N° de publication :

LU103146

12

BREVET D'INVENTION

B1

21

N° de dépôt: LU103146

51

Int. Cl.:

G06Q 30/0202, G06N 3/006, G06N 3/098

22

Date de dépôt: 09/06/2023

30

Priorité:

72

Inventeur(s):

PETTER Patrick – Deutschland

43

Date de mise à disposition du public: 09/12/2024

74

Mandataire(s):

THYSSENKRUPP INTELLECTUAL PROPERTY GMBH –
45143 Essen (Deutschland)

47

Date de délivrance: 09/12/2024

73

Titulaire(s):

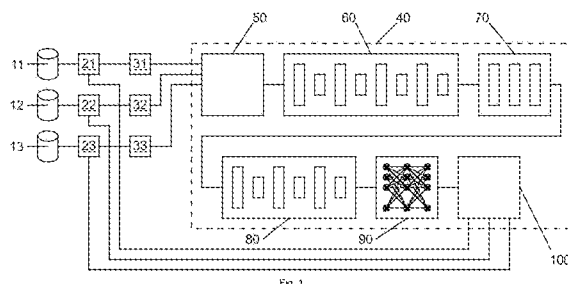
THYSSENKRUPP MATERIALS DATAFLOWWORKS GMBH
– 45143 Essen (Deutschland), THYSSENKRUPP AG –
45143 Essen (Deutschland)

54

Nachfrageprognose mittels maschinellem Lernen in einem lokalen Global-Modell .

57

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erstellung einer Nachfrageprognose und damit zur Optimierung der Produktionsplanung und Vorratshaltung von Waren sowie der dazu gehörenden Logistik.



Nachfrageprognose mittels maschinellem Lernen in einem lokalen Global-Modell

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erstellung einer Nachfrageprognose und damit zur Optimierung der Produktionsplanung und Vorratshaltung von Waren sowie der dazu
5 gehörenden Logistik.

Durch eine möglichst genaue Nachfrageprognose ist es möglich Überproduktion und Unterproduktion zu vermeiden, die Lagerbestände zu minimieren und dennoch kürzeste Lieferzeiten zu ermöglichen. Denn je präziser die zukünftige Nachfrage vorhergesagt
10 werden kann, um so besser kann insbesondere die Herstellung und Lagerhaltung an den zukünftigen Bedarf angepasst werden, sodass auf der einen Seite die zukünftige Nachfrage bedient werden kann, auf der anderen Seite Überproduktion und hohe Lagerhaltung vermieden werden.

Die zukünftige Nachfrage vorzusagen ist jedoch schwierig, da diese von sehr vielen Faktoren abhängt und auch kaum vorhersehbare Ereignisse Einfluss nehmen können. Daher geht der Trend dazu, die zukünftige Nachfrage eben nicht nur aus den eigenen Umsätzen der entsprechenden Produkte zu extrapolieren.

In den letzten Jahren wird zunehmend auf maschinelles Lernen für die Nachfrageprognose gesetzt. Hierbei werden insbesondere Lernmodelle XGBoost (Gradient-Boosting-Algorithmus), Random Forrest (Verwendung von Entscheidungsbäumen) und LightGBM (Gradient-Boosting-Algorithmus, Gradient-Based One-Side Sampling) verwendet. Mit Hilfe solcher Modelle ist es einfacher, schwer
20 erkennbare Muster zu ermitteln und dadurch die Nachfrageprognose zu erhöhen.

Eine große Herausforderung ist jedoch, die relevanten Daten in ausreichendem Umfang und Qualität zur Verfügung zu stellen. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die historischen Umsatzdaten entlang der Prozesskette verwenden zu können. Gerade für den
30 Handelsbereich ist es somit vorteilhaft sowohl Daten seitens der Hersteller (Zulieferer) und der Kunden zu haben und zu verwenden. Aus verschiedenen Gründen, welche auch im Wettbewerbsrecht und Kartellrecht liegen, ist es natürlich nicht einfach möglich, diese Daten einfach zu sammeln und zusammen zu tragen, um dann mit maschinellem Lernen

ein entsprechendes System zu trainieren. Als weiteres Problem tritt auf, dass die Produkte entlang der Prozesskette verändert werden und daher eine direkte Zuordnung oft schwer fällt. Beispielsweise wird im Stahlwerk ein Stahl-Coil hergestellt. Dieses dann in einem Zwischenschritt, beispielsweise bei einem Großhändler zerteilt, von einem Zulieferer dann in ein Halbzeug umgewandelt und dann von einem Hersteller beispielsweise in ein Fahrzeug eingebaut und dann als Fahrzeug an den Endkunden verkauft. Es besteht somit grob gesagt die Aufgabe, die Stahlherstellung mit der zukünftigen Nachfrage nach Fahrzeugen bestimmter Typen zu korrelieren und damit eine zuverlässige Nachfrageprognose entlang der Wertschöpfungskette zu ermöglichen.

Somit hat am oben genannten Beispiel der Benzinpreis an der Tankstelle einen Einfluss auf den Absatz von Fahrzeugen und somit auch auf die Nachfrage an Stahl, wobei die konkreten Zusammenhänge nur extrem schwierig erkennbar sind und oftmals auch auf sehr verschiedenen Zeitskalen feststellbar sind. Während der Benzinpreis innerhalb eines Tages bereits (teilweise großen) Schwankungen unterliegt, ist beispielsweise die Nachfrage nach Fahrzeugen aufgrund von Investitionshöhe und Lieferzeit auf einer deutlich größeren Zeitskala. Um solche Zusammenhänge zu erkennen, werden beispielsweise die oben genannten Verfahren des maschinellen Lernens eingesetzt, wobei dieses jedoch aufgrund der nur begrenzten Daten eben nicht über die Wertschöpfungskette, sondern zumeist nur unternehmensintern und mit öffentlich verfügbaren Daten erfolgen kann.

Um aber nun die Nachfrageprognose zu verbessern, muss ein Verfahren gefunden werden, welches in für alle Beteiligten und den Gesetzgeber in zulässiger und vertrauensvoller Weise erlaubt, Daten entlang einer Prozesskette unternehmensübergreifend zu nutzen, um ein Modell zur Nachfrageprognose zu trainieren und somit eine für alle Beteiligten verbesserte Planungsgrundlage zur Verfügung zu stellen. Einer der Ansätze hierfür ist beispielsweise das föderale Lernen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein System bereitzustellen, welches mit Daten aus unterschiedlichen Unternehmen trainiert werden kann, wobei die Datensicherheit und Datenhoheit gewahrt bleibt.

Gelöst wird diese Aufgabe durch Verfahren mit den in Anspruch 1 angegebenen Merkmalen. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen, der nachfolgenden Beschreibung sowie der Zeichnung.

- 5 Das erfindungsgemäße Verfahren dient zur Erzeugung eines Systems zur Nachfrageprognose. Genauer gesagt geht es um eine Nachfrageprognose entlang einer Prozesskette und damit firmenübergreifend. Durch die Nachfrageprognose soll die Verfügbarkeit von Rohstoffen und/oder Halbzeugen entlang einer Prozesskette sicher gestellt werden und gleichzeitig damit sowohl Überproduktion, unnötige Lagerhaltung
10 aber eben auch Lieferengpässe vermeiden werden. Das System wird durch einen ersten föderalen Lernschritt und einen zweiten zentralen Lernschritt trainiert. Der zweite Schritt wird auf einem zentralen EDV-System durchgeführt. Der erste Schritt wird auf wenigstens einem ersten EDV-System und einem zweiten EDV-System durchgeführt. Bevorzugt können dieses auch deutlich mehr erste EDV-Systeme sein. Bevorzugt ist in jeder
15 teilnehmenden Firma ein erstes EDV-System angeordnet, also insbesondere Zulieferer und Kunden. Durch diesen Aufbau ist es möglich, dass Daten einer Firma nur auf dem EDV-System der Firma verbleiben und somit die Sicherheit der Daten gewährleistet ist. Neben den Firmeninteressen im Rahmen von Betriebsgeheimnissen führt dieses auch dazu, dass durch den nachfolgenden Datenaustausch eben keine
20 wettbewerbsrechtlichen oder kartellrechtlichen Verstöße entstehen. Es werden erste historische Daten und zweite historische Daten bereitgestellt. Gibt es mehr Teilnehmer, so wird vorzugsweise für jede teilnehmende Firma für das jeweilige EDV-System ein Satz historischer Daten bereitgestellt. Die ersten historischen Daten werden ausschließlich dem ersten EDV-System zur Verfügung gestellt und werden ausschließlich auf dem
25 ersten EDV-System verarbeitet. Die zweiten historischen Daten werden ausschließlich dem zweiten EDV-System zur Verfügung gestellt und werden ausschließlich auf dem zweiten EDV-System verarbeitet. Dieses gilt analog auf für weitere historische Daten und weitere EDV-Systeme. Somit verbeiben die historischen Daten immer und ausschließlich in der Hoheit der bereitstellenden Firma. Das erste EDV-System trainiert mit den ersten
30 Daten ein erstes Vorhersagemodell und das zweite EDV-System trainiert mit den ersten Daten ein erstes Vorhersagemodell. Das erste Vorhersagemodell weist erste Vorhersageparameter und eine erste Vorhersagegenauigkeit auf. Das zweite Vorhersagemodell weist zweite Vorhersageparameter und eine zweite

Vorhersagegenauigkeit auf. Analog gilt dies auch wieder für weitere Vorhersagemodelle auf weiteren EDV-Systemen. Das erste EDV-System überträgt die ersten Vorhersageparameter und die erste Vorhersagegenauigkeit als verschlüsselte Gradienten an das zentrale EDV-System. Ebenso überträgt das zweite EDV-System die
5 zweiten Vorhersageparameter und die zweite Vorhersagegenauigkeit als verschlüsselte Gradienten an das zentrale EDV-System. Auch dieses würde für weitere EDV-Systeme analog gelten. Das zentrale EDV-System weist einen Schwarm-Intelligenz-Layer auf. Die verschlüsselten Gradienten werden an den Schwarm-Intelligenz-Layer übergeben. Dieser Schwarm-Intelligenz-Layer dient dazu, eine Überanpassung zu verringern, die
10 Genauigkeit zu erhöhen und die Komplexität zu reduzieren. Des Weiteren wird die Handhabbarkeit für hochdimensionale Daten verbessert. Die Ergebnisse des Schwarm-Intelligenz-Layers werden an ein erstes faltendes neuronales Netzwerk (Convolutional Neural Network, CNN) übergeben. Die Ausgabedaten des ersten faltenden neuronalen Netzwerks werden an ein zentrales langes Kurzzeitgedächtnis (Long short-term memory, LSTM) übergeben und die Ausgabedaten des zentralen langen Kurzzeitgedächtnisses an
15 ein zweites faltendes neuronales Netzwerk (Convolutional Neural Network, CNN) übergeben werden.

Das föderale Lernen verteilt sich somit auf lokale EDV-Systeme, welche zum Beispiel bei
20 Kunden und Zulieferern sind. Diese können somit ihre eigenen Daten ohne Probleme in das jeweils eigene EDV-System einspielen. Kein Dritter erhält hierdurch Zugang zu den Originaldaten, so dass Betriebsgeheimnisse gewahrt bleiben. Da diese Daten nicht weitergegeben werden, kommt es auch nicht zu einer faktischen Marktabsprache. Nur die durch diese vom mithistorischen Daten trainierten EDV-Systemen erzeugten Daten
25 werden, zusätzlich verschlüsselt, an das zentrale EDV-System übertragen.

Das zentrale EDV-System weist wenigstens vier Hauptebenen auf. Als erstes kommt der Schwarm-Intelligenz-Layer, anschließend ein erstes faltendes neuronales Netzwerk (CNN), dann ein langes Kurzzeitgedächtnis (LSTM) und dann ein zweites faltendes
30 neuronales Netzwerk (CNN). Diese Kombination hat sich als besonders vorteilhaft erwiesen. Durch den Schwarm-Intelligenz-Layer werden die relevantesten Features identifiziert und die Dimensionalität der Eingabe reduziert und so die Verarbeitung beschleunigt. Das erste CNN eignet sich, um wichtige Muster in Zeitreihendaten zu

erkennen, insbesondere nicht-lineare Beziehungen und komplexe Wechselwirkungen zu erkennen. Das LSTM erkennt dann besonders langfristige Abhängigkeiten und hat sich als besonders geeignet für nicht-lineare Wechselwirkungen, wie zum Beispiel den Einfluss von Werbeaktionen, die Konkurrenzsituation oder saisonale Schwankungen herausgestellt. Zusätzlich eignet sich das LSTM zur Merkmalsextraktion. Das abschließende zweite CNN verbessert die Erkennung räumlicher Muster sowie die Skalierbarkeit.

Das zentrale EDV-System kann in einer Ausbildung mit dem ersten EDV-System zusammenfallen. Alle anderen EDV-Systeme, einschließlich des zweiten EDV-Systems bleiben aber auch in dieser Ausbildung klar vom zentralen EDV-System getrennt.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung verschlüsselt das erste EDV-System die Gradienten der ersten Vorhersageparameter und der ersten Vorhersagegenauigkeit mittels dem Paillier Algorithmus und überträgt die so verschlüsselten Gradienten an das zentrale EDV-System. Ebenso verschlüsselt das zweite EDV-System die Gradienten der zweiten Vorhersageparameter und der zweiten Vorhersagegenauigkeit mittels dem Paillier Algorithmus und überträgt die so verschlüsselten Gradienten an das zentrale EDV-System. Der Paillier Algorithmus hat eine Besonderheit: Er ermöglicht die Verknüpfung, beispielsweise Addition, verschlüsselter Daten im verschlüsselten Zustand. Damit können diese Informationen von allen Teilnehmern zunächst in verschlüsselter Form akkumuliert werden und erst dann entschlüsselt werden, was wiederum einen Rückschluss auf die Ursprungsdaten unmöglich macht.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung verwendet der Schwarm-Intelligenz-Layer eine Merkmalsauswahl auf Basis Metaheuristik. Besonders bevorzugt wird als Metaheuristik ein Schleimpilz-Algorithmus verwendet. Der Schleimpilz-Algorithmus eignet sich besonders, um aus den übertragenen und zusammengeführten Gradienten den Suchraum zu erkunden. Hierbei kann es sich um den klassischen Schleimpilz-Algorithmus oder bevorzugt um einen verbesserten Schleimpilz-Algorithmus handeln.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird der Schleimpilz-Algorithmus für ein K-Nearest Neighbours (KNN)-Regressor verwendet.

- In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist das erste faltende neuronale Netzwerk ein vierschichtiges faltendes neuronales Netzwerk. Die Verwendung gerade eines vierschichtiges faltendes neuronales Netzwerks hat sich gerade für die
- 5 Nachfrageprognose als besonders geeignet herausgestellt. Durch die Kombination von vier Faltungsschichten und vier Poolingschichten werden zum einen die Fähigkeit zur Erkennung komplexer Muster optimiert und andererseits über die Poolingschichten die Dimensionalität der Merkmalskarten reduziert, was eine Überanpassung verringert.
- 10 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung erhält das erste faltende neuronale Netzwerk weitere Eingabedaten. Die weiteren Eingabedaten sind ausgewählt aus der Gruppe umfassend Wetterdaten, Wirtschaftsindikatoren, Produktcharakteristika, Marketinginformationen, demografische Daten.
- 15 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung werden die Ausgabedaten des ersten faltenden neuronalen Netzwerks vor der Übergabe in ein 1D-Array abgeflacht. Bevorzugt erfolgt diese Abflachung nach jeder Pooling-Schicht des faltenden neuronalen Netzwerks. Dieses verringert das Risiko der Überanpassung.
- 20 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist das zentrale lange Kurzzeitgedächtnis drei Schichten auf. Durch die Verwendung von drei Schichten anstelle der üblichen nur einen Schicht führt dazu, dass komplexere und langfristige Zusammenhänge besser erkannt werden. Des Weiteren ermöglicht es eine breitere Anwendung auch für verschiedene Produkte mit unterschiedlichen Abhängigkeiten. Des
- 25 Weiteren hilft dieses auch bei (zeitlich) unvollständigen Datensätzen.
- In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist das zweite faltende neuronale Netzwerk ein dreischichtiges faltendes neuronales Netzwerk ist. Das zweite faltende neuronale Netzwerk kann nun besonders gut räumliche Muster erkennen, was wiederum
- 30 die durch das zentrale lange Kurzzeitgedächtnis erkannten zeitlichen Muster besonders effektiv ergänzt.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung werden die Ausgabedaten des zweiten faltenden neuronalen Netzwerks an ein mehrschichtiges Perzeptron übergeben. Das mehrschichtige Perzeptron ist insbesondere für Regressionsaufgaben geeignet und daher gerade für die Nachfrageprognose geeignet. Somit können hier besonders gut aus den zuvor erkannten Zusammenhängen dann eine Vorhersage entwickelt werden. Gleichzeitig werden Rückkopplungsschleifen durch die Architektur vermieden. Bevorzugt ist das mehrschichtige Perzeptron ein vollkommen verbundenes mehrschichtige Perzeptron.

- 5 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung werden die Ausgabedaten des zweiten faltenden neuronalen Netzwerks mit Hilfe einer Flatten-Schicht in ein eindimensionales Feld geglättet.

- 15 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist der Optimierungsalgorithmus eine adaptive Moment-Schätzung und eignet sich zur iterativen Aktualisierung. Weiter kann so die Lernraten jedes Gewichtsparameters angepasst werden, weshalb so schneller eine Konvergenz erreicht wird.

- 20 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung werden die Ergebnisse des zentralen EDV-Systems an das erste EDV-System und/oder das zweite EDV-System übertragen. Somit können die dezentralen einzelnen Modelle an die Erkenntnisse aus dem Gesamtsystem angepasst werden, was wiederum jedem Teilnehmer.

- 25 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung werden die Ergebnisse des zentralen EDV-Systems vor der Übertragung mittels dem Paillier Algorithmus verschlüsselt. Hierdurch wird die Sicherheit auch bei der Rückübertragung gewährleistet und zusätzlich kann auch hier eine Einbindung in das dezentrale System in verschlüsselter Form erfolgen, sodass neben der Datensicherheit vor allem auch gewährleistet wird, dass dezentral keine Rückschlüsse auf das zentrale System oder gar die Daten der weiteren
30 Beteiligten gezogen werden können.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist das erste Vorhersagemodell des ersten EDV-System ein erstes lokales langes Kurzzeitgedächtnis auf. Das erste lokale

lange Kurzzeitgedächtnis ist aus zwei Schichten aufgebaut. Das erste lokale lange Kurzzeitgedächtnis wird zur Erzeugung synthetischer Daten verwendet. Das erste Vorhersagemodell erzeugt erste synthetische Daten. Die ersten synthetischen Daten werden an das zentrale EDV-System übergeben. Analog sind auch die weiteren dezentralen Systeme aufgebaut. Das zweite Vorhersagemodell des zweiten EDV-System weist ein zweites lokales langes Kurzzeitgedächtnis auf. Das zweite lokale lange Kurzzeitgedächtnis ist aus zwei Schichten aufgebaut. Das zweite lokale lange Kurzzeitgedächtnis wird zur Erzeugung synthetischer Daten verwendet. Das zweite Vorhersagemodell erzeugt zweite synthetische Daten. Die zweiten synthetischen Daten werden an das zentrale EDV-System übergeben. Die Verwendung synthetischer Daten kann gerade für das Training genutzt werden, um zwar die eigentliche Information, die nicht unmittelbar erkennbaren Zusammenhänge der verschiedenen Größen zu übertragen, ohne jedoch die eigentlichen Daten, welche wettbewerbsrechtlich oder kartellrechtlich problematisch sein können, zu transferieren.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird für die synthetischen Daten ein Ourlier-Filter, ein Similarity-Filter oder ein Overfitting Preventing verwendet.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird als verzerrte Gradientenkompressionsmethode Top-k-Sparsification oder signSGD verwendet.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird als föderaler Lernansatz ein Federated Learning Open Framework verwendet.

Nachfolgend ist das erfindungsgemäße Verfahren anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Fig. 1 Schematische Architektur

In Fig. 1 ist das erfindungsgemäße Verfahren beispielhaft schematisch dargestellt. Zur Vereinfachung werden nur drei Parteien dargestellt, beispielsweise ein Hersteller, ein Händler und ein Abnehmer. Der Hersteller hat erste Daten 11, der Händler hat zweite Daten 12 und der Abnehmer dritte Daten 13. Ein direkter Austausch dieser Daten 11, 12,

13 ist nicht möglich, da so Betriebsgeheimnisse verraten werden würden und auch aus kartellrechtlichen Gründen wäre dieses nicht zulässig. Die Daten 11, 21, 31 verbleiben somit ausschließlich bei der jeweiligen Partei und werden nie an das zentrale EDV-System 40 übergeben. Daher werden die ersten Daten 11 an das erste EDV-System 21, die zweiten Daten 12 an das zweite EDV-System 22 und die dritten Daten 13 an das dritte EDV-System 23 übergeben. Das erste EDV-System 21 enthält ein erstes Vorhersagemodell, welches bevorzugt ein zweischichtiges langes Kurzzeitgedächtnis aufweist. Mit dem ersten Vorhersagemodell werden erste synthetische Daten erzeugt, die dann mit der ersten Pallier Verschlüsselung 31 verschlüsselt an das zentrale EDV-System 40 übergeben werden. Das zweite EDV-System 22 enthält ein zweites Vorhersagemodell, welches bevorzugt ein zweischichtiges langes Kurzzeitgedächtnis aufweist. Mit dem zweiten Vorhersagemodell werden zweite synthetische Daten erzeugt, die dann mit der zweiten Pallier Verschlüsselung 32 verschlüsselt an das zentrale EDV-System 40 übergeben werden. Das dritte EDV-System 23 enthält ein drittes Vorhersagemodell, welches bevorzugt ein zweischichtiges langes Kurzzeitgedächtnis aufweist. Mit dem dritten Vorhersagemodell werden dritte synthetische Daten erzeugt, die dann mit der dritten Pallier Verschlüsselung 33 verschlüsselt an das zentrale EDV-System 40 übergeben werden.

Im zentralen EDV-System 40 können die synthetischen Daten, welche von dem ersten EDV-System 21, dem zweiten EDV-System 22 und dem dritten EDV-System 23 übertragen werden, beispielsweise noch im verschlüsselten Zustand zusammengefügt werden, sodass nach der Entschlüsselung eine nachträgliche Zuordnung zu den teilnehmenden Parteien nicht mehr möglich ist.

Im zentralen EDV-System 40 werden die Daten als erstes dem Schwarm-Intelligenz-Layer 50 zugeführt, welcher bevorzugt als Schleimpilz-Algorithmus ausgeführt ist. Hierdurch ist es besonders gut möglich, den Parameterraum zu erkunden und somit einen besonders effizienten Einstieg in die Verarbeitung zu haben.

Nach dem Schwarm-Intelligenz-Layer 50 kommt ein vierlagiges erstes faltendes neuronales Netzwerk 60. Bevorzugt erhält das erste faltende neuronale Netzwerk 60 zusätzliche Informationen, wie zum Beispiel kategorische Informationen (um

beispielsweise ein Halbzeug mit einem Produkt zu verbinden), demografische Merkmale oder Marketingaktionen. Durch das erste faltende neuronale Netzwerk 60 mit den vier Pooling-Schichten ist eine Erkennung komplexer Wechselwirkungen und eine zwischenzeitige Reduktion der Dimensionalität möglich, sodass auch komplexe Zusammenhänge effizient erkannt werden.

An das erste faltende neuronale Netzwerk 60 schließt sich ein dreilagiges zentrales langes Kurzzeitgedächtnis 70 an. Das zentrale lange Kurzzeitgedächtnis 70 eignet sich beispielsweise besonders für die Erkennung auch von Langzeitzusammenhängen.

An das zentrale lange Kurzzeitgedächtnis 70 schließt sich dann ein dreilagiges zweites faltendes neuronales Netzwerk 80 an. Hiermit sind weiter gut räumliche Muster erkennbar.

An das zweite faltende neuronale Netzwerk 80 schließt sich ein dreischichtiges Perzeptron 90 an, welches die eigentliche Prognose 100 bereitstellt. Die aus der Prognose 100 gewonnenen Erkenntnisse können zur Verbesserung des ersten Vorhersagemodells des ersten EDV-Systems 21, des zweiten Vorhersagemodells des zweiten EDV-Systems 22 und des dritten Vorhersagemodells des dritten EDV-Systems 23 bevorzugt verschlüsselt mittels Pallier Verschlüsselung zurückgegeben werden und so die lokalen Modelle optimieren. Somit ist ein föderales Lernen in einfacher und sicherer Weise möglich.

Bezugszeichen

11 erste Daten

12 zweite Daten

13 dritte Daten

21 erstes EDV-System

22 zweites EDV-System

23 drittes EDV-System

31 erste Pallier Verschlüsselung

32 zweite Pallier Verschlüsselung

33 dritte Pallier Verschlüsselung

40 zentrales EDV-System

- 50 Schwarm-Intelligenz-Layer
- 60 erstes faltendes neuronales Netzwerk
- 70 zentrale lange Kurzzeitgedächtnis
- 80 zweites faltendes neuronales Netzwerk
- 5 90 mehrschichtiges Perzeptron
- 100 Prognose

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung eines Systems zur Nachfrageprognose, wobei das System durch einen ersten föderalen Lernschritt und einen zweiten zentralen Lernschritt trainiert wird, wobei der zweite Schritt auf einem zentralen EDV-System (40) durchgeführt wird, wobei der erste Schritt auf wenigstens einem ersten EDV-System (21) und einem zweiten EDV-System (22) durchgeführt wird, wobei erste historische Daten (11) und zweite historische Daten (12) bereit gestellt werden, wobei die ersten historischen Daten (11) ausschließlich dem ersten EDV-System (21) zur Verfügung gestellt werden und ausschließlich auf dem ersten EDV-System (21) verarbeitet werden, wobei die zweiten historischen Daten (12) ausschließlich dem zweiten EDV-System (22) zur Verfügung gestellt werden und ausschließlich auf dem zweiten EDV-System (22) verarbeitet werden, wobei das erste EDV-System (21) mit den ersten Daten (11) ein erstes Vorhersagemodell trainiert, wobei das zweite EDV-System (22) mit den ersten Daten (11) ein erstes Vorhersagemodell trainiert, wobei das erste Vorhersagemodell erste Vorhersageparameter und eine erste Vorhersagegenauigkeit aufweist, wobei das zweite Vorhersagemodell zweite Vorhersageparameter und eine zweite Vorhersagegenauigkeit aufweist, wobei das erste EDV-System (21) die ersten Vorhersageparameter und die erste Vorhersagegenauigkeit als verschlüsselte Gradienten an das zentrale EDV-System (40) überträgt, wobei das zweite EDV-System (22) die zweiten Vorhersageparameter und die zweite Vorhersagegenauigkeit als verschlüsselte Gradienten an das zentrale EDV-System (40) überträgt, wobei das zentrale EDV-System (40) einen Schwarm-Intelligenz-Layer (50) aufweist, wobei die verschlüsselten Gradienten an den Schwarm-Intelligenz-Layer (50) übergeben werden, wobei die Ergebnisse des Schwarm-Intelligenz-Layers (50) an ein erstes faltendes neuronales Netzwerk (60) übergeben werden, wobei die Ausgabedaten des ersten faltenden neuronalen Netzwerks (60) an ein zentrales langes Kurzzeitgedächtnis (70) übergeben werden, wobei die Ausgabedaten des zentralen langen Kurzzeitgedächtnisses (70) an ein zweites faltendes neuronales Netzwerk (80) übergeben werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste EDV-System (21) die Gradienten der ersten Vorhersageparameter und der ersten Vorhersagegenauigkeit mittels dem Paillier Algorithmus verschlüsselt und die so verschlüsselten Gradienten an das zentrale EDV-System (40) überträgt, wobei
5 das zweite EDV-System (22) die Gradienten der zweiten Vorhersageparameter und der zweiten Vorhersagegenauigkeit mittels dem Paillier Algorithmus verschlüsselt und die so verschlüsselten Gradienten an das zentrale EDV-System (40) überträgt.
- 10 3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schwarm-Intelligenz-Layer (50) eine Merkmalsauswahl auf Basis Metaheuristik verwendet.
- 15 4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Metaheuristik ein Schleimpilz-Algorithmus verwendet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schleimpilz-Algorithmus für ein K-Nearest Neighbours (KNN)-Regressor verwendet wird.
- 20 6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste faltende neuronale Netzwerk (60) ein vierschichtiges faltendes neuronales Netzwerk ist.
- 25 7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste faltende neuronale Netzwerk (60) weitere Eingabedaten erhält, wobei die weiteren Eingabedaten ausgewählt sind aus der Gruppe umfassend Wetterdaten, Wirtschaftsindikatoren, Produktcharakteristika, Marketinginformationen, demografische Daten.
- 30 8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausgabedaten des ersten faltenden neuronalen Netzwerks (60) vor der Übergabe in ein 1D-Array abgeflacht werden.
- 35 9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zentrale lange Kurzzeitgedächtnis (70) drei Schichten aufweist.

10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite faltende neuronale Netzwerk (80) ein dreischichtiges faltendes neuronales Netzwerk ist.
- 5 11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausgabedaten des zweiten faltenden neuronalen Netzwerks (80) an ein mehrschichtiges Perzeptron (90) übergeben werden.
- 10 12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mehrschichtige Perzeptron (90) ein vollkommen verbundenes mehrschichtige Perzeptron (90) ist.
- 15 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausgabedaten des zweiten faltenden neuronalen Netzwerks (80) mit Hilfe einer Flatten-Schicht in ein eindimensionales Feld geglättet werden.
- 20 14. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Optimierungsalgorithmus eine adaptive Moment-Schätzung ist.
15. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ergebnisse des zentralen EDV-Systems (40) an das erste EDV-System (21) und/oder das zweite EDV-System (22) übertragen werden.
- 25 16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ergebnisse des zentralen EDV-Systems (40) vor der Übertragung mittels dem Paillier Algorithmus verschlüsselt werden.
- 30 17. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Vorhersagemodell des ersten EDV-System (21) ein erstes lokales langes Kurzzeitgedächtnis aufweist, wobei das erste lokale lange Kurzzeitgedächtnis aus zwei Schichten aufgebaut ist, wobei das erste lokale lange Kurzzeitgedächtnis zur Erzeugung synthetischer Daten verwendet wird, wobei das erste Vorhersagemodell erste synthetische Daten erzeugt, wobei die ersten synthetischen Daten an das zentrale EDV-System (40) übergeben werden, wobei
- 35

das zweite Vorhersagemodell des zweiten EDV-System (22) ein zweites lokales langes Kurzzeitgedächtnis aufweist, wobei das zweite lokale lange Kurzzeitgedächtnis aus zwei Schichten aufgebaut ist, wobei das zweite lokale lange Kurzzeitgedächtnis zur Erzeugung synthetischer Daten verwendet wird, wobei das zweite Vorhersagemodell zweite synthetische Daten erzeugt, wobei die zweiten synthetischen Daten an das zentrale EDV-System (40) übergeben werden.

18. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die synthetischen Daten ein Ourlier-Filter, ein Similarity-Filter oder ein Overfitting Preventing verwendet wird.

19. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als verzerrte Gradientenkompressionsmethode Top-k-Sparsification oder signSGD verwendet wird.

20. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als föderaler Lernansatz ein Federated Learning Open Framework verwendet wird.

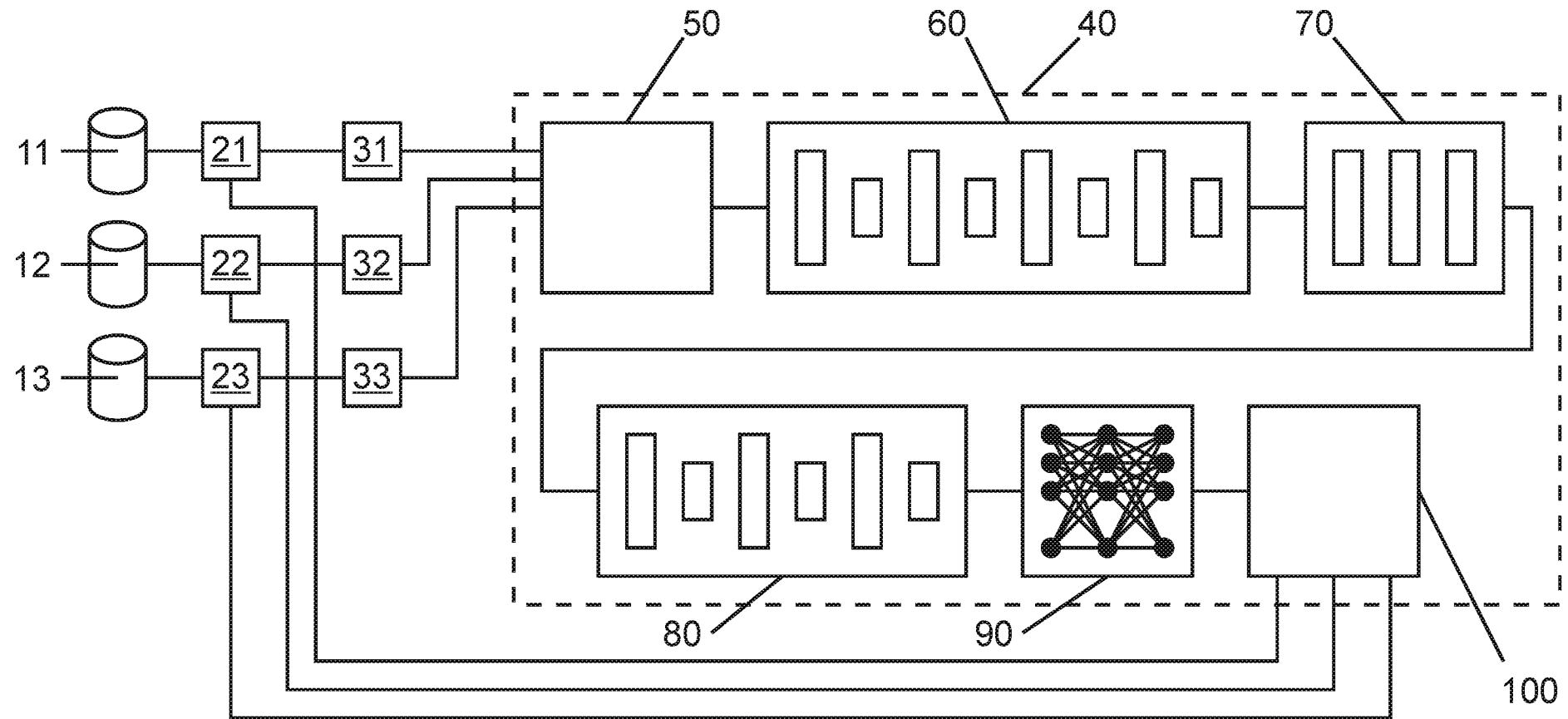


Fig. 1