



(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2019 208 945.3

(51) Int Cl.: **G06N 3/08 (2006.01)**

(22) Anmeldetag: 19.06.2019

(43) Offenlegungstag: 24.12.2020

(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

Groh, Konrad, 70192 Stuttgart, DE

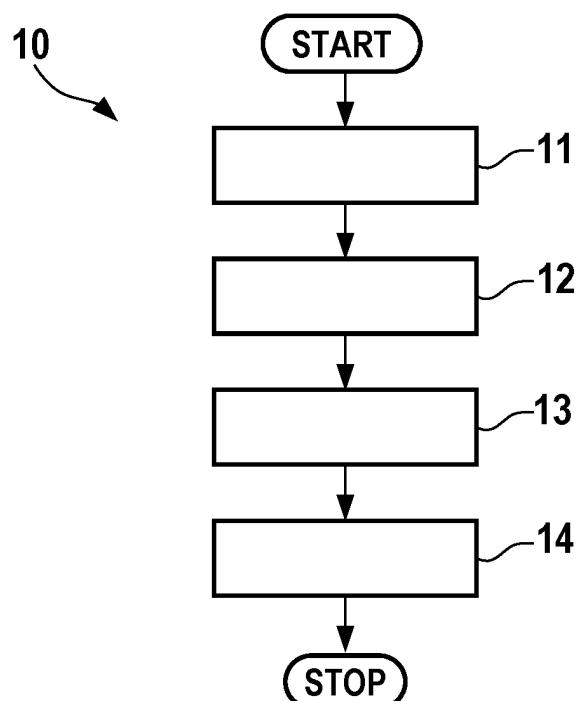
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Vergleichen eines ersten Datenpunktes mit einem zweiten Datenpunkt**

(57) Zusammenfassung: Verfahren (10) zum Vergleichen eines ersten Datenpunktes (x) mit einem zweiten Datenpunkt (y),

gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- ein künstliches neuronales Netz (31) wird mit einem die Datenpunkte (x, y) umfassenden Datensatz trainiert (11) und
- der erste Datenpunkt (x) wird durch das Netz (31) zu einem ersten Ausgabevektor (X) verarbeitet (12),
- der zweite Datenpunkt (y) wird durch das Netz (31) zu einem zweiten Ausgabevektor (Y) verarbeitet (13) und
- unter einer vorgegebenen Metrik (40) auf einem die Ausgabevektoren (X, Y) umfassenden Vektorraum wird ein Abstandsmaß zwischen den Ausgabevektoren (X, Y) bestimmt (14).



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Vergleichen von Datenpunkten. Die vorliegende Erfindung betrifft darüber hinaus eine entsprechende Vorrichtung, ein entsprechendes Computerprogramm sowie ein entsprechendes Speichermedium.

Stand der Technik

[0002] Während der Ausdruck „Datensatz“ in der Informatik regelmäßig eine eindimensionale, strukturierte Folge von Attributen eines Elements einer übergeordneten Menge - z. B. eine Karteikarte in einer Kartei, eine bestimmte Bestellung in einer Bestell-Datenbank oder eine Zeile einer Adressliste - bezeichnet, wird er nachfolgend gemäß dem fachsprachlichen Gebrauch in der Statistik als Bezeichnung für die Gesamtheit von Daten in einem bestimmten Zusammenhang, also gleichbedeutend mit „Datenbestand“, verwendet. Gemäß diesem Sprachgebrauch umfasst ein Datensatz einzelne Datenpunkte, die jeweils etwa ein gesamtes Bild oder Buch repräsentieren können.

[0003] Bekannte Verfahren zum Vergleich von Datenpunkten aus unstrukturierten Daten wie die der mathematischen Statistik entliehene mittlere quadratische Abweichung - auch als mittlerer quadratischer Fehler (MQF; mean squared error, MSE) bekannt - haben wenig Übereinstimmung mit menschlicher visueller Wahrnehmung bewiesen. Zur Messung der Ähnlichkeit zwischen zwei Bildern wird nach dem Stand der Technik daher zumeist die - mitunter mehrskalig angewandte - strukturelle Ähnlichkeit (structural similarity, SSIM), die davon abgeleitete Pseudometrik der strukturellen Unähnlichkeit (structural dissimilarity, DSSIM) oder die um Kontrastwahrnehmungs- und Maskierungskriterien erweiterte Metrik PSNR-HVS-M genutzt.

[0004] EP1889754B1 offenbart ein Verfahren zur Ansteuerung von Personenschutzmitteln mit folgenden Verfahrensschritten: Bildung eines Merkmalsvektors aus einem Verlauf eines von einem ersten Signal einer Unfallsensorik abgeleiteten zweiten Signals, Klassifizierung des mindestens einen Merkmalsvektors in Abhängigkeit von einem ersten Vergleich des mindestens einen Merkmalsvektors mit wenigstens einem ersten Codebuch mittels eines Ähnlichkeitsmaßes und Ansteuerung der Personenschutzmittel in Abhängigkeit von der Klassifizierung, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine Codebuch wenigstens zwei Codevektoren aufweist, wobei jedem Codevektor eine jeweilige Klasse zugeordnet ist, dass der mindestens eine Merkmalsvektor mit den wenigstens zwei Codevektoren derart verglichen wird, dass als das Ähnlichkeitsmaß ein Abstandsmaß zwischen dem Merkmalsvektor und

den wenigstens zwei Codevektoren verwendet wird, wobei die Klassifizierung in Abhängigkeit von dem Codevektor erfolgt, der den geringsten Abstand zum mindestens einen Merkmalsvektor aufweist, wobei die wenigstens zwei Codevektoren durch eine Methode der Vektorquantisierung erstellt werden. Als Abstandsmaß wird hier insbesondere der euklidische Abstand vorgeschlagen.

Offenbarung der Erfindung

[0005] Die Erfindung stellt ein Verfahren zum Vergleichen von Datenpunkten, eine entsprechende Vorrichtung, ein entsprechendes Computerprogramm sowie ein entsprechendes maschinenlesbares Speichermedium gemäß den unabhängigen Ansprüchen bereit.

[0006] Der vorgeschlagene Ansatz fußt auf der Erkenntnis, dass ein Hauptproblem des MSE und ähnlicher Metriken darin besteht, dass sie in erster Linie für Daten geeignet sind, welche als Elemente eines Vektorraums aufgefasst werden können. So kann ein natürliches Bild zwar als Element eines Vektorraums aufgefasst werden, indem jeder Pixelwert einer Koordinate entspricht, aber der wahrnehmbare Raum der natürlichen Bilder entspricht keineswegs diesem Vektorraum.

[0007] Ein Vorzug dieser Lösung liegt in der Schaffung einer Pseudometrik auf einer Menge von Daten, die mathematisch nicht notwendigerweise einen Vektorraum aufspannt.

[0008] Durch die in den unabhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im unabhängigen Anspruch angegebenen Grundgedankens möglich. So kann vorgesehen sein, dass die verglichenen Datenpunkte jeweils Bilder oder Bücher repräsentieren. Die konstruierte Pseudometrik kann auf diese Weise etwa angewandt werden, um für ein Bild oder Buch ähnliche Bilder bzw. Bücher aus einem Datensatz zu erzeugen oder zu entscheiden, ob ein Bild ähnlich zu dem Datensatz ist oder nicht. Damit könnten feindliche Angriffe erkannt werden.

Figurenliste

[0009] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 das Flussdiagramm eines Verfahrens gemäß einer ersten Ausführungsform.

Fig. 2 einen Cluster-Algorithmus.

Fig. 3 den schematischen Aufbau eines zur Klassifikation genutzten neuronalen Netzes.

Fig. 4 die Bestimmung einer Pseudometrik durch ein trainiertes Netz gemäß **Fig. 3**.

Fig. 5 schematisch ein Steuergerät gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung.

Ausführungsformen der Erfindung

[0010] Grundlegende Aspekte der vorgeschlagenen Lösung umfassen ein neuronales Netz N der Tiefe k , einen Datensatz X beispielsweise von Bildern, einen iterativen Cluster-Algorithmus für Daten ohne vorgegebene Klassenzuordnung (label) bzw. einen Lernalgorithmus für Daten mit Label sowie eine Funktion, die für zwei Eingangsdatenpunkte x und y die Ausgabevektoren X bzw. Y des so trainierten Netzes speichert. Wie **Fig. 1** illustriert, werden nach dem Trainieren von N (Prozess **11**) die zu vergleichenden Datenpunkte durch das Netz verarbeitet (Prozesse **12, 13**) und schließlich unter dem MSE oder einer anderweitigen Metrik auf einem X und Y umfassenden Vektorraum ein Abstandsmaß zwischen diesen Vektoren bestimmt (Prozess **14**) und als Pseudometrik ausgegeben.

[0011] Im ersten Schritt des Clusteralgorithmus wird demnach das neuronale Netz auf dem Datensatz trainiert. Falls bereits eine Klassifikation der Datenpunkte vorliegt, kann hierzu ein herkömmliches überwachtes Lernverfahren (supervised learning) angewandt werden. Andernfalls kommt das in **Fig. 2** dargestellte iterative Verfahren (**20**) zum Einsatz, welches ausgehend von einer zufälligen Zuordnung der Daten die Label schrittweise immer weiter verbessert.

[0012] Das Verfahren (**20**) umfasst mehrere Durchläufe (runs). Jeder Durchlauf umfasst folgende Schritte:

1. Das Netz wird für eine Anzahl von Schritten auf die aktuellen Label der Daten trainiert. Hierbei erweist sich insbesondere eine l_2 -Regularisierung als vorteilhaft.
2. Für jeden Datenpunkt x wird der Wert der Ausgabeschicht oder -lage (layer) k als Vektor z gespeichert.
3. Alle Ausgaben Z der Schicht k werden einer herkömmlichen Ballungsanalyse (clustering) unterzogen.
4. Die resultierenden Cluster (siehe **Fig. 3**) werden als neue Label genutzt.
5. Die Schrittweite für das nächste Training wird angepasst.

[0013] Die Bestimmung der Metrik durch ein solchermaßen trainiertes Netz (**31**) kann hernach gemäß **Fig. 4** erfolgen.

[0014] Dieses Verfahren (**10**) kann beispielsweise in Software oder Hardware oder in einer Mischform aus Software und Hardware beispielsweise in einem Steuergerät (**50**) implementiert sein, wie die schematische Darstellung der **Fig. 5** verdeutlicht.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 1889754 B1 [0004]

Patentansprüche

1. Verfahren (10) zum Vergleichen eines ersten Datenpunktes (x) mit einem zweiten Datenpunkt (y), **gekennzeichnet durch** folgende Merkmale:
 - ein künstliches neuronales Netz (31) wird mit einem die Datenpunkte (x, y) umfassenden Datensatz trainiert (11) und
 - der erste Datenpunkt (x) wird durch das Netz (31) zu einem ersten Ausgabevektor (X) verarbeitet (12),
 - der zweite Datenpunkt (y) wird durch das Netz (31) zu einem zweiten Ausgabevektor (Y) verarbeitet (13) und
 - unter einer vorgegebenen Metrik (40) auf einem die Ausgabevektoren (X, Y) umfassenden Vektorraum wird ein Abstandsmaß zwischen den Ausgabevektoren (X, Y) bestimmt (14).

2. Verfahren (10) nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** folgendes Merkmal:
 - die Metrik beruht auf einer mittleren quadratischen Abweichung des ersten Ausgabevektors (X) vom zweiten Ausgabevektor (Y).

3. Verfahren (10) nach Anspruch 1 oder 2, **gekennzeichnet durch** eines der folgenden Merkmale:
 - die Datenpunkte (x, y) repräsentieren jeweils ein Bild (30) oder
 - die Datenpunkte (x, y) repräsentieren jeweils einen Text.

4. Verfahren (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **gekennzeichnet durch** folgende Merkmale:
 - die Datenpunkte (x, y) sind vorgegebenen Klassen (33) zugeordnet und
 - das Netz (31) wird darauf trainiert (11), weitere Datenpunkte den Klassen (33) zuzuordnen.

5. Verfahren (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **gekennzeichnet durch** folgende Merkmale:
 - das Trainieren (11) geht von einer zufälligen Zuordnung der Datenpunkte (x,y) zu mehreren Klassen (33) aus und
 - beim Trainieren (11) wird die Zuordnung in mehreren Durchläufen verfeinert.

6. Verfahren (10) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Durchläufe jeweils Folgendes umfassen:
 - das Netz (31) wird in mehreren Schritten auf die gegenwärtige Zuordnung trainiert,
 - die Ausgabevektoren (X, Y) des Netzes (31) für jeden Datenpunkt (x, y) werden gespeichert und
 - die Zuordnung wird anhand einer Ballungsanalyse der Ausgabevektoren (X, Y) ersetzt.

7. Verfahren (10) nach Anspruch 6,

gekennzeichnet durch mindestens eines der folgenden Merkmale:

- in jedem Durchlauf werden Gewichtsfunktionen des Netzes (31) l_2 -regularisiert oder
 - in jedem Durchlauf werden die Schritte des folgenden Durchlaufes angepasst.

8. Computerprogramm, welches eingerichtet ist, das Verfahren (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 auszuführen.

9. Maschinenlesbares Speichermedium, auf dem das Computerprogramm nach Anspruch 8 gespeichert ist.

10. Vorrichtung (50), die eingerichtet ist, das Verfahren (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 auszuführen.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

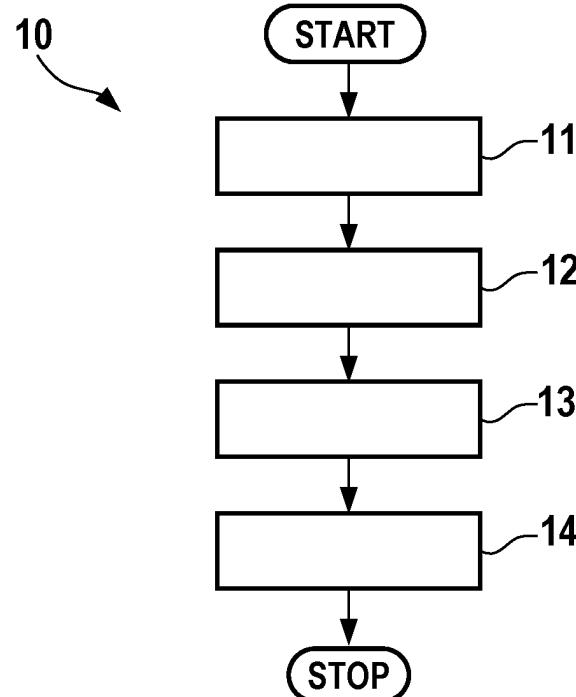


Fig. 1

20

Input: Number of Classes, Dataset X, Neural net, layer-k
 Output: Labels Y

01. generate random labels for each gata point x of X
02. **for** run **in** runs:
03. **for** step **in** steps
04. train the neutral network on data (x_k, y_k) with regularization
05. **for** x **in** X
06. Compute vector z by storing output of layer-k in Matrix Z
07. cluster Matrix Z
08. assign new labels y_k according to clustering of Z
09. adapt steps [runs]

Fig. 2

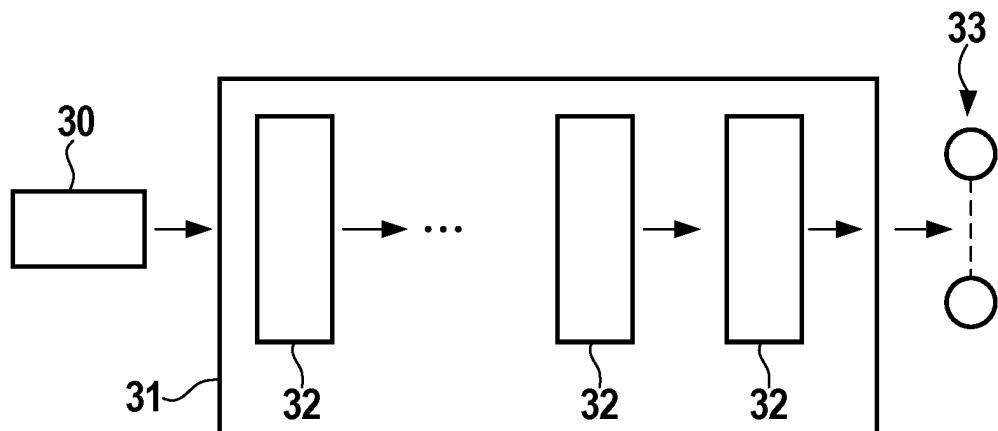


Fig. 3

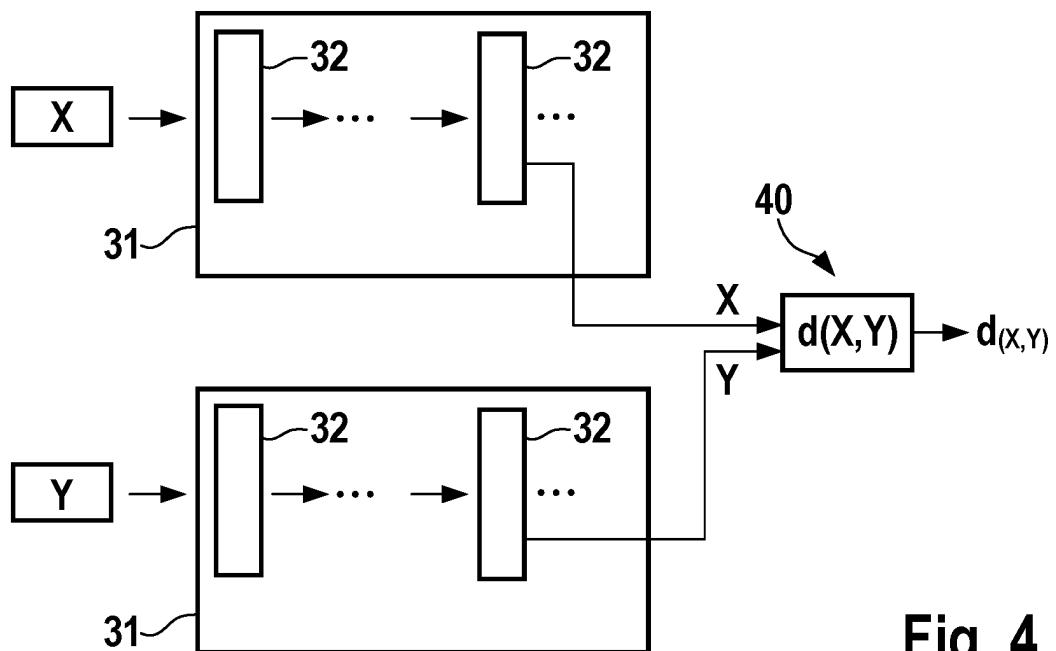


Fig. 4

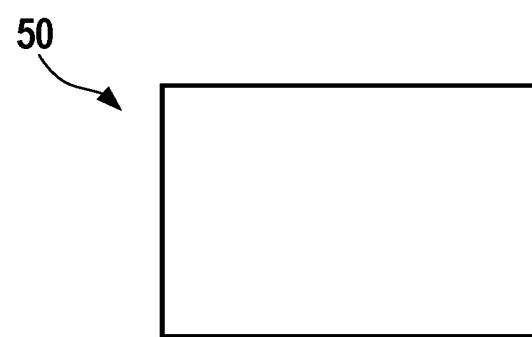


Fig. 5