

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges

Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales

Veröffentlichungsdatum

16. Mai 2013 (16.05.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2013/068070 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/004291
- (22) Internationales Anmeldedatum:
13. Oktober 2012 (13.10.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2011 117 974.0
8. November 2011 (08.11.2011) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; 70442 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder; und
- (71) Anmelder (nur für US): **TORIKKA, Tabio** [DE/DE]; Odenwaldstr. 26, 63743 Aschaffenburg (DE).

BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

- (74) Anwalt: **THÜRER, Andreas**; c/o Bosch Rexroth AG, Zum Eisengießer 1, 97816 Lohr am Main (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,

(54) Title: METHOD FOR MONITORING A STATE OF A MACHINE, AND MONITORING SYSTEM

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR ÜBERWACHUNG EINES ZUSTANDS EINER MASCHINE UND ÜBERWACHUNGSSYSTEM

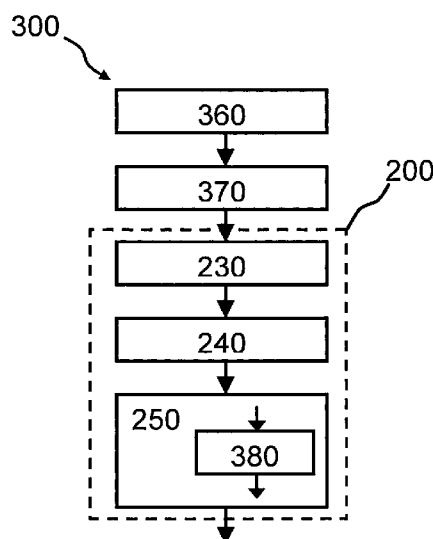


FIG 3

(57) Abstract: The present invention relates to a method (200, 300) for monitoring a state of a machine. The method (200; 300) comprises reading in (230) at least one feature of the machine, standardizing (240) the at least one feature using an average value and a range parameter which are associated with the at least one feature in order to generate at least one standardized feature, and determining (250) the state of the machine using the at least one standardized feature.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren (200, 300) zur Überwachung eines Zustands einer Maschine. Das Verfahren (200; 300) umfasst ein Einlesen (230) zumindest eines Merkmals der Maschine, ein Normieren (240) des zumindest einen Merkmals unter Verwendung eines Mittelwertes und eines Bereichsparameters, die dem zumindest einen Merkmal zugeordnet sind, um zumindest ein normiertes Merkmal zu erzeugen, und ein Bestimmen (250) des Zustandes der Maschine unter Verwendung der zumindest einen normierten Merkmals.

WO 2013/068070 A2

5

Verfahren zur Überwachung eines Zustands einer Maschine und Überwachungssystem

10 Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Überwachung eines Zustands einer Maschine, auf ein Überwachungssystem für einen Zustand einer Maschine und auf ein Maschinensystem.

15

In Maschinen-Zustandsüberwachungssystemen werden physikalische Daten einer Maschine mittels Sensoren aufgenommen. Aus diesen Daten werden Merkmale extrahiert, welche dann klassifiziert werden. Für die Klassifikation ist es notwendig, die Merkmale vorher auf einen definierten Wertebereich zu normieren.

20

Die Offenbarung EP 2169497A1 zeigt eine Maschinenzustandsüberwachung, die Vibrationssignale normiert.

25

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein verbessertes Verfahren zur Überwachung eines Zustand einer Maschine, ein verbessertes Überwachungssystem für einen Zustand einer Maschine und ein verbessertes Maschinensystem.

30

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren, ein Überwachungssystem und ein Maschinensystem gemäß den Hauptansprüchen gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Eine Maschinenzustandsüberwachung basiert auf einer Erfassung eines Maschinenzustands einer zu überwachenden Maschine durch Messung und Analyse aussagefähiger physikalischer Größen der Maschine. Zur Analyse kann eine Klassifikation erfasster

Merkmale der Maschine durchgeführt werden. Um bei der Klassifikation verschiedene Merkmale gleich zu bewerten und/oder zu gewichten, können die Merkmalswerte der Merkmale als normierte Merkmalswerte an eine Funktion zur Klassifikation übergeben werden. Dazu ist es nicht erforderlich, entweder vorab einen kompletten Datensatz zu erfassen und später eine Auswertung durchzuführen oder aber feste, maschinenspezifische Parameter zu definieren. Stattdessen wird durch Bereitstellen eines Mittelwertes und eines Bereichsparameters, auch als Range-Parameter bezeichnet, eine flexible und online anwendbare Lösung für die Normierung eines Merkmals einer Maschine in einem Überwachungssystem für einen Zustand der Maschine ermöglicht. Der Mittelwert und der Bereichsparameter können über einen Trainingsdatensatz bestimmt werden. Über die so gefundenen Werte sind dann auch ein Maximalwert und ein Minimalwert für das Merkmal definiert. Mit einem oder mehreren auf diese Weise normierten Merkmalen der Maschine lässt sich über eine Klassifikation der Merkmale online, also während des Betriebs der Maschine, eine Aussage über den Zustand der Maschine treffen.

Für eine entsprechende Maschinenzustandsüberwachung, auch als ein Condition Monitoring von Maschinen bzw. Maschinenbauteilen bezeichnet, können die auftretenden Messwerte normiert werden. Dabei wird dafür gesorgt, dass die normierten Werte innerhalb eines vorgegebenen Wertebereichs liegen. Das Verfahren kann nach der Merkmalsextraktion in einem Mustererkennungsprozess eingesetzt werden, um den Zustand einer Maschine oder einer Maschinenkomponente zu ermitteln. Das Verfahren eignet sich jedoch für Daten aus beliebigen Quellen.

Vorteilhafterweise kann die Normierung unabhängig von der Applikation durchgeführt werden. Die Grenzwertdefinition kann über einen einzigen Parameter, den Bereichsparameter, erfolgen. Durch die Wahl einer entsprechenden Funktion zur nichtlinearen Normierung treten auch keine Werte außerhalb des definierten, normierten Bereiches auf. So ist es nicht erforderlich, dass jedes Mal wenn ein neuer Messpunkt außerhalb der durchgeführten Normierung erfasst wird, die Normierung und das Training des Klassifikators erneut durchgeführt werden. Es kann auf feste, applikationsabhängige Grenzwerte verzichtet werden, die für jedes Messsignal manuell definiert werden müssten.

Ein Verfahren zur Überwachung eines Zustands einer Maschine umfasst die folgenden Schritte:

Einlesen zumindest eines Merkmals der Maschine;

5 Normieren des zumindest einen Merkmals unter Verwendung eines Mittelwertes und eines Bereichsparameters, die dem zumindest einen Merkmal zugeordnet sind, um zumindest ein normiertes Merkmal zu erzeugen; und

Bestimmen des Zustandes der Maschine unter Verwendung des zumindest einen normierten Merkmals.

10

Unter einer Normierung oder normieren kann die Umrechnung von Werten in einem Datensatz auf einen vorher festgelegten Bereich verstanden werden. Mittels dieser Umrechnung lassen sich Werte auf einer gemeinsamen Größenordnung vergleichen, auch wenn vor der Normierung die Werte in unterschiedlichen Größenordnungen erfasst wurden, beziehungsweise vorliegen. Werte für die Bestimmung des Zustandes einer Maschine sollen auf einen definierten Wertebereich normiert werden, sodass alle Merkmale gleichwertig bewertet werden. Eine Normierung kann teilweise auch als Normalisierung bezeichnet werden.

15

20 Unter einer Maschine kann ein Gerät oder eine Komponente verstanden werden, mit durch ein Antriebssystem bewegten Teilen. Unter einer Maschine kann hier sowohl eine Komponente, wie ein Lager, eine Pumpe, ein Förderband oder auch eine komplexe Anlage verstanden werden, wobei eine Anlage aus verschiedenen Komponenten zusammengesetzt ist. Das Zustandsüberwachungssystem kann an einer Industrieanlage, die z. B. hydraulisch angetrieben wird, verwendet werden. Solch eine Industrieanlage kann aus einer zentralen Druckölversorgung bestehen, welche Öl für diverse Antriebe, z.B. Zylinder- oder Motorantriebe zur Verfügung stellt. Die zentrale Druckölversorgung kann aus einem Tank und Pumpen bestehen, die mit Elektromaschinen angetrieben werden und Öl für die Verbraucher, Zylinder und Motoren fördern. Zusätzlich können zur Anlage noch Filter und Kühler und separate Filter- und Kühler-Kreisläufe gehören. Es können Messdaten von Sensoren sowohl an den Komponenten als auch im Öl aufgenommen werden. Aus den Messdaten kann das zumindest eine Merkmal, im Allgemeinen eine Mehrzahl von Merkmalen, bestimmt werden.

25

30

Die Zustandsüberwachung verfolgt das Ziel die Maschinensicherheit und Maschineneffizienz zu verbessern, und basiert auf einer regelmäßigen oder permanenten Erfassung des Maschinenzustandes durch Messung und Analyse aussagefähiger physikalischer Größen wie Schwingungen, Temperaturen oder Lage. Unter einem Überwachungssystem oder

5 Maschinenzustandsüberwachungssystem kann ein System oder eine Vorrichtung zur Zustandsüberwachung verstanden werden. Unter einem Maschinenzustand oder Zustand der Maschine kann eine Aussage zu einzelnen Komponenten oder zur gesamten Maschine verstanden werden wie „gut“, „Lagerschaden“, „Zylinderschaden“ oder vergleichbare Informationen. Einzelne Informationen oder physikalische Größen können als

10 Maschinenmerkmal oder Anlagenmerkmal, hier allgemein Merkmal oder zu klassifizierendes Merkmal bezeichnet werden.

Die für eine sinnvolle Klassifikation erforderliche Normierung von Merkmalen kann einfach online durchgeführt werden. Durch den Mittelwert und den Bereichsparameter lassen sich

15 die Merkmale nämlich einfach normieren.

Vorteilhafterweise kann im Schritt des Bestimmens der Zustand der Maschine unter Verwendung eines eine Mehrzahl normierter Merkmale umfassenden Merkmalvektors bestimmt werden. Somit kann der Zustand unter Verwendung der Mehrzahl normierter

20 Merkmale bestimmt werden. Dazu können im Schritt des Einlesens eine Mehrzahl von Merkmalen eingelesen werden und im Schritt des Normierens kann jedes der Mehrzahl von Merkmalen unter Verwendung eines dem jeweiligen Merkmal zugeordneten Mittelwert und eines dem jeweiligen Merkmal zugeordneten Bereichsparameter normiert werden. Somit

25 Klassifikation zur Bestimmung des Zustands der Maschine erfolgt in der Regel mit mehr als einem Merkmal, d. h. mit einem Merkmalsvektor. Bei der Klassifikation kann die jeweilige Klasse somit nicht durch einen, sondern durch mehrere Merkmale, die beispielsweise in dem Merkmalsvektor zusammengefasst sein können, bestimmt werden.

30 Das Verfahren kann einen Schritt des Zurverfügungstellens eines Trainingsdatensatzes des zumindest einen Merkmals und einen Schritt des Ermittlens des Mittelwertes und des Bereichsparameters unter Verwendung des Trainingsdatensatzes aufweisen. Durch den Bereichsparameter können eine minimale und eine maximale Grenze definiert sein. Ein Trainingsdatensatz kann maschinen- oder applikationsspezifisch von dem

Zustandsüberwachungssystem erfasst werden. Ein Trainingsdatensatz kann auch auf einem Datenträger gespeichert sein. In dem Trainingsdatensatz kann ein Datensatz an Werten des zu Merkmals enthalten sein. Aus dem Trainingsdatensatz können der Mittelwert sowie der kleinste, minimale Wert als auch der größte, maximale Wert bestimmt werden. Ein

5 Trainingsdatensatz kann somit ein Datensatz zur Einstellung der Parameter des Klassifikators sein, beziehungsweise ein Datensatz zur Berechnung der Parameter für die Normierung. Diese Parametereinstellung wird auch Lernphase genannt. Aus dem Trainingsdatensatz und den daraus bestimmten Werten kann auch der Bereichsparameter bestimmt werden. Wird eine Mehrzahl von Merkmalen verwendet, so können im Schritt des
10 Zurverfügungstellens eine Mehrzahl von Trainingsdatensätzen zur Verfügung gestellt werden, also ein Trainingsdatensatz für jedes der Mehrzahl von Merkmalen. Der Bereichsparameter kann beispielsweise durch nachfolgend angegebene Formeln vollständig beschrieben werden. Dabei kann ein Mittelwert eingesetzt werden. Mittelwert kann dabei stellvertretend für unterschiedliche Mittelwerte, z. B. arithmetischer oder quadratischer
15 Mittelwert stehen.

Das zumindest eine normierte Merkmal kann mittels eines minimalen Merkmals und eines maximalen Merkmals des Merkmals berechnet werden. Dabei kann das minimale Merkmal als die Division aus Mittelwert als Dividend und Bereichsparameter als Divisor gebildet
20 werden. Der maximale Wert kann als die Multiplikation aus Mittelwert als Multiplikator und Bereichsparameter als Multiplikand gebildet werden.

In einem Ausführungsbeispiel kann das zumindest eine normierte Merkmal bestimmt werden durch den mit einem Faktor belegten, beispielsweise den um Eins verringerten und zuvor
25 verdoppelten, Wert des Quotienten aus einem Dividenden, der aus der Differenz aus Merkmalswert des Merkmals als Minuend und der Division des Mittelwertes durch den Bereichsparameter als Subtrahend gebildet wird, und einem Divisor, der aus der Subtraktion von der Multiplikation aus Mittelwert und Bereichsparameter als Minuend und der Division des Mittelwertes durch den Bereichsparameter als Subtrahend gebildet wird.

30 Vorteilhafterweise ermöglicht das Verfahren die Analyse der Daten aus einer großen Anzahl an Maschinen mit einer minimalen manuellen applikationsspezifischen Anpassung, beispielsweise eines Parameters oder eines Merkmals pro Applikation.

Ferner kann das zumindest eine normierte Merkmal mittels einer nichtlinearen Normierung, insbesondere auf einer Sigmoid-Funktion basierenden Normierung, bestimmt werden.

Anstelle einer linearen Normierung kann eine nichtlineare Normierung durchgeführt werden.

- 5 Durch die geschickte Wahl einer entsprechenden nichtlinearen Normierungsfunktion kann sichergestellt werden, dass keine Werte außerhalb der definierten Grenzwerte im normierten Merkmalsbereich entstehen. Es kann eine Sigmoid-Funktion für die nichtlineare Normierung verwendet werden. Unter einer Sigmoid-Funktion kann eine beschränkte und differenzierbare reelle Funktion mit einer durchweg positiven oder durchweg negativen
10 ersten Ableitung und genau einem Wendepunkt verstanden werden.

Ferner kann der Schritt des Normierens während und/oder parallel zur Erfassung und/oder Einlesens des Merkmals ausgeführt werden. Dies ist besonders vorteilhaft, da somit eine online Überwachung des Zustandes der Maschine erfolgen kann.

15

Ferner kann das erfindungsgemäße Verfahren einen Schritt des Aufnehmens von Daten von mindestens einem in und/oder an der Maschine verbauten Sensor, einen Schritt des Extrahierens einer Mehrzahl von Merkmalen aus den Daten, einen Schritt des Bestimmens des die Mehrzahl normierter Merkmale umfassenden Merkmalvektors, und einen Schritt des
20 Klassifizierens des Merkmalvektors im Schritt des Bestimmens aufweisen. Mit diesen zusätzlichen Schritten kann das Verfahren direkt zur Mustererkennung und Klassifikation des Maschinenzustandes eingesetzt werden.

Ein Überwachungssystem für den Zustand der Maschine weist folgende Merkmale auf:

- 25 eine Einrichtung zum Einlesen zumindest eines Merkmals der Maschine;

eine Einrichtung zum Normieren des zumindest einen Merkmals unter Verwendung eines Mittelwertes und eines Bereichsparameters, die dem zumindest einen Merkmal zugeordnet sind, um zumindest ein normiertes Merkmal zu erzeugen; und

30

eine Einrichtung zum Bestimmen des Zustandes der Maschine unter Verwendung des zumindest einen normierten Merkmals oder unter Verwendung eines einer Mehrzahl normierter Merkmale umfassenden Merkmalsvektors.

Unter einem Überwachungssystem kann vorliegend ein elektrisches Gerät verstanden werden, das Sensorsignale verarbeitet und in Abhängigkeit davon Steuer- und/oder Datensignale ausgibt. Das Überwachungssystem kann eine Schnittstelle aufweisen, die hard- und/oder softwaremäßig ausgebildet sein kann. Bei einer hardwaremäßigen

5 Ausbildung können die Schnittstellen beispielsweise Teil eines sogenannten System-ASICs sein, der verschiedenste Funktionen des Überwachungssystems beinhaltet. Es ist jedoch auch möglich, dass die Schnittstellen eigene, integrierte Schaltkreise sind oder zumindest teilweise aus diskreten Bauelementen bestehen. Bei einer softwaremäßigen Ausbildung können die Schnittstellen Softwaremodule sein, die beispielsweise auf einem Mikrocontroller
10 neben anderen Softwaremodulen vorhanden sind.

Auch durch diese Ausführungsvariante der Erfindung in Form eines Überwachungssystems kann die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe schnell und effizient gelöst werden.

15 Das Überwachungssystem kann im Zusammenhang mit einem Maschinensystem eingesetzt werden. Das Maschinensystem weist eine Maschine und ein Überwachungssystem zur Überwachung eines Zustands der Maschine auf. Dazu kann das Überwachungssystem auf eine geeignete Weise mit der Maschine gekoppelt sein. Der von dem Überwachungssystem bestimmte Zustand der Maschine kann zur Steuerung der Maschine oder zur Überwachung
20 einer Funktion der Maschine genutzt werden.

Von Vorteil ist auch ein Computerprogrammprodukt mit Programmcode, der auf einem maschinenlesbaren Träger wie einem Halbleiterspeicher, einem Festplattenspeicher oder einem optischen Speicher gespeichert sein kann und zur Durchführung des Verfahrens nach
25 einer der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen verwendet wird, wenn das Programm auf einem Computer oder einer Vorrichtung ausgeführt wird.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der beigefügten Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

30

Fig. 1 ein Maschinensystem gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 2 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens eines Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens eines Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung als Verfahren;

5 Fig. 4 ein Ablaufdiagramm eines prinzipiellen Ablaufs einer Mustererkennung;

Fig. 5 eine Tabelle mit Beispieldaten für einen Trainingsdatensatz und nach dem Training erfassten Daten mit deren normierten Daten;

10 Fig. 6 eine logistische Funktion zur erfindungsgemäßen Normierung; und

Fig. 7 eine grafische Darstellung eines Vergleichs einiger Sigmoid-Funktionen.

15 Gleiche oder ähnliche Elemente können in den nachfolgenden Figuren durch gleiche oder ähnliche Bezugszeichen versehen sein. Ferner enthalten die Figuren der Zeichnungen, deren Beschreibung sowie die Ansprüche zahlreiche Merkmale in Kombination. Einem Fachmann ist dabei klar, dass diese Merkmale auch einzeln betrachtet werden oder sie zu weiteren, hier nicht explizit beschriebenen Kombinationen zusammengefasst werden können.

20

Fig. 1 zeigt ein Maschinensystem 100 mit einer Maschine 110 und einem Überwachungssystem 120 für einen Zustand der Maschine 110 gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

25 Das Überwachungssystem 120 ist ausgebildet, um von der Maschine 110 zumindest ein Merkmal oder Daten, aus denen zumindest ein Merkmal der Maschine 110 bestimmt werden kann, zu empfangen. Empfängt das Überwachungssystem 120 entsprechende Daten, so ist das Überwachungssystem 120 ausgebildet, um aus den Daten das zumindest eine Merkmal zu bestimmen. Das Überwachungssystem 120 ist ausgebildet, um basierend auf dem
30 zumindest einen Merkmal eine Zustandsbestimmung der Maschine 110 durchzuführen. Zur Durchführung der Zustandsbestimmung ist das Überwachungssystem 120 ausgebildet, um das zumindest eine Merkmal zu normieren und zu klassifizieren. Das Überwachungssystem 120 ist ausgebildet, um ein Ergebnis der Zustandsbestimmung auszugeben.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel basiert das Überwachungssystem 120 auf einer regelmäßigen oder permanenten Erfassung des Maschinenzustandes durch Messung und Analyse physikalischer Größen an der Maschine 110. Aus den durch die Messung und Analyse gewonnenen Daten werden Merkmale der Maschine 110 extrahiert und klassifiziert.

- 5 Durch die Klassifikation im Überwachungssystem 120 kann eine Aussage über den Maschinenzustand getroffen werden. Die Klassifikation erfolgt dabei in der Regel mit mehr als einem Merkmal.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel handelt es sich bei der Maschine 110 um eine Industriemaschine mit hydraulischen Komponenten. Allerdings kann der erfindungsgemäße Ansatz auch in völlig anderen Bereichen, wie z. B. in der Medizintechnik eingesetzt werden. Der einzige Unterschied ist, dass andere Messdaten aufgenommen werden, der Analyseprozess ändert sich nicht.

- 10 Fig. 2 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens 200 zur Normierung eines Merkmals einer Maschine in einem Überwachungssystem für einen Zustand der Maschine, um gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung den Zustand der Maschine zu überwachen. Das Verfahren 200 kann beispielsweise in einem in Fig. 1 gezeigten Überwachungssystem 120 einer Maschine 110 eingesetzt werden. Das erfindungsgemäße Verfahren stellt eine
- 20 applikationsunabhängige Normierungsmethode für Merkmale in einem entsprechenden Zustandsüberwachungssystem 120, oder Condition Monitoring System, bereit.

- Das Verfahren 200 weist einen Schritt 230 des Einlesens auf. In dem Schritt 230 wird ein Merkmal der Maschine eingelesen. Der Schritt 230 wird gefolgt von einem Schritt 240 des Normierens. In dem Schritt 240 wird das Merkmal unter Verwendung eines Mittelwertes und eines Bereichsparameters normiert, um ein normiertes Merkmal zu erzeugen. In einem Schritt 250 des Bestimmens wird der Zustand der Maschine unter Verwendung des normierten Merkmals bestimmt. Die Schritte 230, 240 können jeweils für mehrere Merkmale ausgeführt werden oder es können den Schritten 230, 240 entsprechende weitere Schritte
- 30 für weitere Merkmale durchgeführt werden, so das im Schritt 250 der Zustand der Maschine unter Verwendung mehrerer normierter Merkmale bestimmt werden kann. Entsprechendes gilt für die zuvor oder nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiele.

Gemäß einer Ausführungsform weist das Verfahren 200 einen Schritt 253 des Zurverfügungstellens eines Trainingsdatensatzes auf. In dem Schritt 253 wird ein Trainingsdatensatz ausgegeben. Der Schritt 253 wird gefolgt von einem Schritt 256 des Ermitteln. In dem Schritt 256 des Ermitteln wird unter Verwendung des

- 5 Trainingsdatensatzes ein Mittelwert $\bar{X}$ und einen Bereichsparameter R ermittelt. Im Schritt 256 wird unter Verwendung des Mittelwertes $\bar{X}$ und des Bereichsparameters R eine minimale Grenze $\bar{X}/R$, oder minimales Merkmal, und eine maximale Grenze $\bar{X} \cdot R$, oder maximales Merkmal ermittelt. In dem Schritt 256 wird der Mittelwert $\bar{X}$, der Bereichsparameter R, das minimale Merkmal $\bar{X}/R$ und das maximale Merkmal $\bar{X} \cdot R$
- 10 ausgegeben. Gemäß einem Ausführungsbeispiel werden im Schritt 256 nur der Bereichsparameter R und der Mittelwert $\bar{X}$ bestimmt. In diesem wird im Schritt 240 unter Verwendung des Mittelwertes $\bar{X}$ und des Bereichsparameters R das minimale Merkmal $\bar{X}/R$ und das maximale Merkmal $\bar{X} \cdot R$ ermittelt.
- 15 Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann der Trainingsdatensatz im Schritt 230 zur Verwendung im Schritt 253 zur Verfügung gestellt werden.

Das Bestimmen des Bereichsparameters R und des Mittelwertes $\bar{X}$ kann wie dargestellt im Überwachungssystem 120 erfolgen. In einem in Fig. 2 nicht dargestellten

- 20 Ausführungsbeispiel können der Bereichsparameter R und der Mittelwert $\bar{X}$ auch extern vom Überwachungssystem 120 bestimmt und dem Überwachungssystem 120 zur Verfügung gestellt werden. Der Mittelwert kann über den Trainingsdatensatz gebildet werden.

In einem Ausführungsbeispiel wird im Schritt 240 des Normierens das Merkmal linear normiert. Die Normierung erfolgt in der Regel unter Verwendung eines minimalen Wertes und eines maximalen Wertes des das Merkmal repräsentierenden Datensatzes. Um die Normierung relativ zum Mittelwert durchzuführen, kann in einem Ausführungsbeispiel ein absolutes minimales Merkmal, d. h. der kleinste Wert des das Merkmal repräsentierenden

- 25 Datensatzes durch das berechnete minimale Merkmal $\bar{X}/R$ ersetzt werden. Nach dem gleichen Schema wird das maximale Merkmal auf $\bar{X} \cdot R$ gesetzt.
- 30

In einem Ausführungsbeispiel wird im Schritt 240 des Normierens das Merkmal nichtlinear normiert. Die Normierung erfolgt in diesem Ausführungsbeispiel mithilfe einer Sigmoid-Funktion.

5

Fig. 3 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens 300 zur Normierung eines Merkmals einer Maschine in einem Überwachungssystem für einen Zustand der Maschine gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung in Form einer Mustererkennung. Das Verfahren 300 umfasst neben den anhand von Fig. 2 beschriebenen Schritten des

10 Verfahrens 200 weitere Schritte 360, 370, 380.

Im Schritt 360 der Datenaufnahme werden Daten von einer Maschine empfangen. Im folgenden Schritt 370 der Merkmalsextraktion werden die im Schritt 360 der Datenaufnahme empfangenen Daten eingelesen und aus den Daten wird ein Merkmal extrahiert. Im Schritt

15 Schritt 370 der Merkmalsextraktion wird weiterhin das extrahierte Merkmal ausgegeben. Dem Schritt 370 der Merkmalsextraktion folgen die Schritte 230, 240, 250 des bereits anhand von Fig. 2 beschriebenen Verfahrens 200 zur Normierung eines Merkmals einer Maschine. Im Schritt 230 des Einlesens wird das Merkmal der Maschine eingelesen. Der Schritt 230 des Einlesens wird gefolgt von dem Schritt 240 des Normierens. Im Schritt 240 des Normierens

20 wird das Merkmal unter Verwendung eines Mittelwertes und eines Bereichsparameters normiert. Im Schritt 240 des Normierens wird weiterhin das normierte Merkmal ausgegeben. Der Schritt 240 des Normierens wird gefolgt von dem Schritt 250 des Bestimmens. Im Schritt 250 des Bestimmens wird der Zustand der Maschine unter Verwendung des normierten Merkmals bestimmt. Im Schritt 250 des Bestimmens wird ferner eine Information über den

25 bestimmten Zustand der Maschine, beispielsweise in Form eines elektrischen Signals oder in Form eines Datensatzes, ausgegeben.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel umfasst der Schritt 250 des Bestimmens einen Schritt 380 des Klassifizierens. Im Schritt 380 des Klassifizierens wird eine Information über den

30 Zustand der Maschine empfangen und klassifiziert.

Fig. 4 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens, insbesondere eines prinzipiellen Ablaufs, einer Mustererkennung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Das in Fig. 4 dargestellte Verfahren kann beispielsweise in einem in Fig. 1 dargestellten

Zustandsüberwachungssystem 120 den Zustand der Maschine 110 überwachen und als Ergebnis eine Klassifikation ausgeben.

Das Verfahren weist einen Schritt 410 der Datenaufnahme auf. In dem Schritt 410 werden
5 physikalische Daten einer Maschine aufgenommen, wie Spannung U, Stromstärke I, Temperatur T, Druck p, bzw. darüber darstellbare Daten wie Frequenz, Beschleunigung, bzw. Vibration, etc. Im Schritt 410 werden die aufgenommenen Daten ausgegeben. Der Schritt 410 der Datenaufnahme wird gefolgt von einem Schritt 420 der Merkmalsextraktion. Im Schritt 420 werden die Daten aus Schritt 410 empfangen. Im Schritt 420 wird aus den
10 eingelesenen Daten mindestens ein Merkmal extrahiert. Im Schritt 420 wird das extrahierte Merkmal ausgegeben. Der Schritt 420 wird gefolgt von einem Schritt 430 der Merkmalsreduktion. Im Schritt 430 wird der aus dem Schritt 420 resultierende Merkmalsvektor eingelesen. Im Schritt 430 werden aus dem Merkmalsvektor für eine Klassifikation wesentliche, zu klassifizierende Merkmale ausgewählt und somit ein
15 reduzierter Merkmalsvektor erzeugt. In einem Ausführungsbeispiel wird im Schritt 430 der Merkmalsreduktion eine Varianzanalyse, Hauptkomponentenanalyse, Unabhängigkeitsanalyse und/oder eine Diskriminanzanalyse durchgeführt. Im Schritt 430 wird der reduzierte Merkmalsvektor ausgegeben. Der Schritt 430 wird gefolgt von einer Abfrage 440. In der Abfrage 440 wird während der Ausführung des Verfahrens geprüft, ob
20 bereits ein Schritt 450 des Lernens durchgeführt wurde. In der Abfrage 440 wird in Abhängigkeit des Abfrageergebnisses eine Auswahl eines Schritts durchgeführt, der als Nächstes durchgeführt wird.

Aufgrund der Abfrage 440 wird bei einem negativen Abfrageergebnis, d. h., es wurde noch
25 kein Schritt 450 des Lernens durchgeführt, die Arbeitsphase 460 verlassen und für den Schritt 450 des Lernens in die Lernphase 470 gewechselt. Im Schritt 450 des Lernens werden die notwendigen Informationen für eine Klassifikation gelernt d. h. die Parameter des Klassifikators werden mittels einem Lernalgorithmus und anhand vom Trainingsdatensatz an die jeweilige Applikation angepasst. Die Lernphase wird beim Erreichen einer vorgegebenen
30 Klassifikationsgenauigkeit oder überschreiten einer vorgegebenen Zeit oder Anzahl an Iterationen des Lernalgorithmus beendet. Im Schritt 450 des Lernens werden die Informationen für die Klassifikation ausgegeben. Der Schritt 450 des Lernens wird gefolgt von einem Schritt 480 der Klassifikation.

Aufgrund der Abfrage 440 wird bei einem positiven Abfrageergebnis, d. h., es wurde bereits ein Schritt 450 des Lernens durchgeführt, in der Arbeitsphase verweilt und es wird der Schritt 480 der Klassifikation als nächster Schritt bestimmt. Im Schritt 480 der Klassifikation wird der reduzierte Merkmalsvektor empfangen. Im Schritt 480 der Klassifikation wird unter

- 5 Verwendung des reduzierten Merkmalsvektors und unter Verwendung der Information für die Klassifikation eine Klasse und/oder ein Zustand ausgegeben, d. h., der reduzierte Merkmalsvektor wird einer Klasse zugewiesen.

- 10 Als Klasse oder Zustand kann in einem Ausführungsbeispiel „Gut“, „Lagerschaden“ oder „Zylinderschaden“ ausgegeben werden. Das in Fig. 2 gezeigte Verfahren 200 kann in einem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel nach dem Schritt 420 der Merkmalsextraktion und vor dem Schritt 480 der Klassifikation eingefügt werden.

- 15 Fig. 5 zeigt eine Tabelle mit Beispieldaten für einen Trainingsdatensatz und nach dem Training erfassten Daten mit deren normierten Daten. In einer ersten Spalte 510 sind die Rohdaten dargestellt. In einer zweiten Spalte 520 sind die auf Maximum und Minimum überprüften Daten dargestellt. In einer dritten Spalte 530 sind die auf einen Wertebereich [-1 ... 1] normierten Werte dargestellt. Die ersten zehn Zeilen 540 der Tabelle repräsentieren Trainingsdaten für einen Klassifikator, z. B. „Support Vector Machine“.

- 20 Gemäß diesem Ausführungsbeispiel werden Daten für die Klassifikation auf einen definierten Wertebereich normiert werden, sodass alle Merkmale vom Klassifikator gleich bewertet werden. Der Wertebereich liegt typisch bei 0 bis 1 oder bei -1 bis 1.

- 25 In den folgenden Formeln haben die verwendeten Formelzeichen folgende Bedeutung:

X = Merkmal, zu klassifizierendes Merkmal

X_N = normiertes Merkmal

$X_{\min}$ = minimaler Wert des Merkmals im kompletten Trainingsdatensatz

- 30 $X_{\max}$ = maximaler Wert des Merkmals im kompletten Trainingsdatensatz

$\overline{X}$ = Mittelwert des Merkmals über den Trainingsdatensatz

R = Bereichsparameter, oder Range-Parameter

Die Formel für die Normierung eines Datensatzes auf den Wertebereich [-1 ... 1] lautet:

$$X_N = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \cdot 2 - 1$$

Um eine Normierung relativ zu Mittelwert durchzuführen, wird $X_{\min}$ durch $\bar{X}/R$ und

5 $X_{\max}$ durch $\bar{X} \cdot R$ ersetzt:

$$X_N = \frac{X - \frac{\bar{X}}{R}}{\bar{X} \cdot R - \frac{\bar{X}}{R}} \cdot 2 - 1$$

Werte die kleiner als $\bar{X}/R$ sind werden auf $\bar{X}/R$ gesetzt. Werte, die größer als $\bar{X} \cdot R$ sind,

10 werden auf $\bar{X} \cdot R$ gesetzt.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermittelt aus den Rohdaten 510 der Trainingsdaten 540 einen Mittelwert $\bar{X} = 3,5714$.

15 Der Wert in der Tabelle ist der arithmetische Mittelwert, aber es können auch andere Mittelwerte verwendet werden. Insbesondere ist der quadratische Mittelwert (RMS = Root Mean Square) wichtig, da er bei Signalen eingesetzt werden kann, bei denen positive und negative Werte auftreten können. Zum Beispiel bei Schwingungssignalen werden Schwingungen um die Nulllage +/- x g gemessen.

20

Gemäß einem Ausführungsbeispiel wird für jedes Merkmal der Mittelwert über den Trainingsdatensatz berechnet. Der Mittelwert dient als Referenzpunkt für die Normierung. Die minimale und maximale Grenze der Normierung wird durch den Bereichsparameter und den Mittelwert bestimmt. Zum Beispiel wird beim Bereichsparameter gleich „zwei“ die obere Grenze, oder Maximum, auf das Doppelte und die untere Grenze oder Minimum, auf die Hälfte des Mittelwertes gesetzt.

25

In dem in Fig. 5 dargestellten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel ergibt sich bei einem Bereichsparameter $R = 2$ für $\bar{X} \cdot R = 7,1429$ als Maximum und $\bar{X}/R = 1,7857$ als Minimum.

Im Folgenden werden die Rohdaten auf Überschreitung des Minimums und des Maximums überprüft und entsprechende Werte korrigiert. Der Wert 1 in den Rohdaten 510 wird auf das berechnete Minimum von 1,7857 gesetzt. Die auf Maximum und Minimum überprüften Daten sind in der zweiten Spalte 520 dargestellt. Auf die Daten in der Spalte 520 wird im folgenden Schritt eine Normierung nach der Formel

$$X_N = \frac{X - \frac{\bar{X}}{R}}{\bar{X} \cdot R - \frac{\bar{X}}{R}} \cdot 2 - 1$$

durchgeführt und die Ergebnisse der Normierung auf einen Wertebereich von $[-1 \dots 1]$ in der Dritten Spalte 530 dargestellt. Mit dem, in der als Trainingsphase oder Lernphase bezeichneten, aus dem Trainingsdatensatz erzeugten Mittelwert $\bar{X} = 3,5714$ und Bereichsparameter $R = 2$ kann nun die Normierung online erfolgen, wie im Bereich für nach dem Training (Lernen) erfassten Daten 550 in der Tabelle in Fig. 5 dargestellt. Die normierten Daten haben immer den gleichen Wertebereich $[-1 \dots 1]$, eine Wiederholung der Normierung und Training ist nicht notwendig.

Die Rohdaten 510 im Bereich der im laufenden Betrieb erfassten Daten 550 werden auf Minima und Maxima überprüft und Werte, die die zuvor berechneten Minima, bzw. Maxima überschreiten, werden auf die entsprechenden Werte gesetzt und in der zweiten Spalte 520 dargestellt. Die auf diese Weise bearbeiteten Rohdaten werden normiert und in der dritten Spalte dargestellt.

Fig. 6 zeigt eine logistische Funktion 610 zur Normierung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. In einem kartesischen Koordinatensystem ist auf der Abszisse t und auf der Ordinate die Funktion $\text{sig}(t)$ dargestellt. Eine logistische Funktion 610 stellt eine besondere Sigmoid-Funktion dar. Eine Sigmoidfunktion, auch bezeichnet als Schwanenhalsfunktion oder S-Funktion, ist eine mathematische Funktion mit einem S-förmigen Graphen. Oft wird der Begriff Sigmoidfunktion auf den Spezialfall der logistischen

Funktion $\text{sig}(t)$ bezogen, welche im Wesentlichen eine skalierte und verschobene Tangens-hyperbolicus-Funktion mit entsprechenden Symmetrien ist und durch die Gleichung

$$\text{sig}(t) = \frac{1}{1 + e^{-t}} = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \tanh \frac{t}{2} \right)$$

5

beschrieben wird. Dabei ist e die Euler'sche Zahl.

Anstelle einer linearen Normierung kann eine nichtlineare Normierung durchgeführt werden. Somit entstehen keine Werte größer als $\overline{X} \times R$ oder kleiner als $\overline{X} \div R$.

10

Mit einer nichtlinearen Normierung entstehen keine Werte außerhalb des Bereiches

$$\left[\overline{X} / R \dots \overline{X} \cdot R \right]$$

Fig. 7 zeigt einen Vergleich einiger Sigmoid-Funktionen. In einem kartesischen

15

Koordinatensystem ist auf der Abszisse x und auf der Ordinate die Funktion $f(x)$ dargestellt.

Die Fig. 7 zeigt sechs verschiedene Sigmoid-Funktionen. Allen Sigmoid-Funktionen ist gemeinsam, dass Sie beschränkte und differenzierbare reelle Funktionen mit einer durchweg positiven oder durchweg negativen ersten Ableitung und genau einem Wendepunkt sind.

Außer der logistischen Funktion, siehe Fig. 6, enthält die Menge der Sigmoidfunktionen unter anderem den Arkustangens, den Tangens Hyperbolicus sowie einfache algebraische

20

Funktionen. Fig. 7 zeigt die mit dem Bezugszeichen 710 bezeichnete Funktion $\frac{x}{1 + |x|}$, die mit

dem Bezugszeichen 720 bezeichnete Funktion $\frac{\pi}{2} \arctan\left(\frac{\pi}{2} x\right)$, die mit dem Bezugszeichen

730 bezeichnete Funktion $\frac{x}{\sqrt{1+x}}$, die mit dem Bezugszeichen 740 bezeichnete Funktion

$\frac{\pi}{2} \text{gd}\left(\frac{\pi}{2} x\right)$, die mit dem Bezugszeichen 750 bezeichnete Funktion $\tanh(x)$ und die mit dem

25

Bezugszeichen 760 bezeichnete Funktion $\text{erf}\left(\frac{\sqrt{\pi}}{2} x\right)$.

Die gezeigten Ausführungsbeispiele sind nur beispielhaft gewählt und können miteinander kombiniert werden.

Bezugszeichenliste

	100	Maschinensystem
	110	Maschine
5	120	Überwachungssystem
	200	Verfahren zur Normierung eines Merkmals einer Maschine (110) in einem Überwachungssystem (120) für einen Zustand der Maschine
	230	Schritt des Einlesens
	240	Schritt des Normierens
10	250	Schritt des Bestimmens
	253	Schritt des Ermittels
	256	Schritt des Zurverfügungstellens eines Trainingsdatensatzes
	300	Verfahren zur Normierung eines Merkmals einer Maschine (110) in einem Überwachungssystem (120) für einen Zustand der Maschine
15	360	Schritt der Aufnahme von Daten
	370	Schritt der Extraktion
	380	Schritt der Klassifikation
	410	Datenaufnahme
	420	Merkmalsextraktion
20	430	Merkmalsreduktion
	440	Lernen durchgeführt?
	450	Arbeitsphase
	460	Lernphase
	470	Lernen
25	480	Klassifikation
	510	Rohdaten
	520	Überprüfe auf Maximum und Minimum
	530	Normierte Daten [-1 ... 1]
	540	Trainingsdaten
30	550	Nach dem Training (Lernen) erfasste Daten
	610	logistische Funktion: $\text{sig}(t) = \frac{1}{1 + e^{-t}} = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \tanh \frac{t}{2} \right)$

$$710 \quad \frac{x}{1+|x|}$$

$$720 \quad \frac{\pi}{2} \arctan\left(\frac{\pi}{2} x\right)$$

$$730 \quad \frac{x}{\sqrt{1+x}}$$

$$740 \quad \frac{\pi}{2} \operatorname{gd}\left(\frac{\pi}{2} x\right)$$

$$5 \quad 750 \quad \tanh(x)$$

$$760 \quad \operatorname{erf}\left(\frac{\sqrt{\pi}}{2} x\right)$$

Patentansprüche

1. Verfahren (200, 300) zur Überwachung eines Zustands einer Maschine, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:
- 5 Einlesen (230) zumindest eines Merkmals der Maschine;
- Normieren (240) des zumindest einen Merkmals unter Verwendung eines Mittelwertes und eines Bereichsparameters, die dem zumindest einen Merkmal
- 10 zugeordnet sind, um zumindest ein normiertes Merkmal zu erzeugen; und
- Bestimmen (250) des Zustandes der Maschine unter Verwendung des zumindest einen normierten Merkmals.
- 15 2. Verfahren (200; 300) gemäß Anspruch 1, bei dem im Schritt des Bestimmens der Zustand der Maschine unter Verwendung eines eine Mehrzahl normierter Merkmale umfassenden Merkmalvektors bestimmt wird.
3. Verfahren (200; 300) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, mit einem Schritt
- 20 des Zurverfügungstellens (253) eines Trainingsdatensatzes des zumindest einen Merkmals, und mit einem Schritt des Ermitteln (256) des Mittelwertes und des Bereichsparameters unter Verwendung des Trainingsdatensatzes, wobei durch den Bereichsparameter eine minimale und eine maximale Grenze definiert sind.
- 25 4. Verfahren (200; 300) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das zumindest eine normierte Merkmal mittels eines minimalen Merkmals und eines maximalen Merkmals des Merkmals berechnet wird, wobei das minimale Merkmal als die Division aus Mittelwert als Dividend und Bereichsparameter als Divisor, und der
- 30 maximale Wert als die Multiplikation aus Mittelwert als Multiplikator und Bereichsparameter als Multiplikand gebildet werden.
5. Verfahren (200; 300) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das zumindest eine normierte Merkmal der mit einem Faktor belegte Wert des Quotienten aus einem Dividenten, der aus der Differenz aus Merkmalswert des Merkmals als

Minuend und der Division des Mittelwertes durch den Bereichsparameter als Subtrahend gebildet wird, und einem Divisor, der durch die Subtraktion von der Multiplikation aus Mittelwert und Bereichsparameter als Minuend und der Division des Mittelwertes durch den Bereichsparameter als Subtrahend, gebildet wird.

5

6. Verfahren (200; 300) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem das zumindest eine normierte Merkmal mittels einer nichtlinearen Normierung, insbesondere auf einer Sigmoid-Funktion basierenden Normierung, bestimmt wird.

- 10 7. Verfahren (200; 300) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der Schritt des Normierens (240) während und/oder parallel zur Erfassung und/oder Einlesens (230) des Merkmals ausgeführt wird.

- 15 8. Verfahren (200; 300) gemäß Anspruch 2, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

Aufnehmen (360) von Daten von mindestens einem in und/oder an der Maschine verbauten Sensor;

- 20 Extrahieren (370) einer Mehrzahl von Merkmalen aus den Daten;

Bestimmen des die Mehrzahl normierter Merkmale umfassenden Merkmalvektors; und

- 25 Klassifizieren (380) des Merkmalsvektors im Schritt des Bestimmens (250), um den Zustand der Maschine zu bestimmen.

9. Überwachungssystem (120) für den Zustand der Maschine (110), wobei das Überwachungssystem die folgenden Merkmale aufweist:

30

eine Einrichtung zum Einlesen zumindest eines Merkmals der Maschine;

eine Einrichtung zum Normieren des zumindest einen Merkmals unter Verwendung eines Mittelwertes und eines Bereichsparameters, die dem zumindest einen Merkmal

zugeordnet sind, um zumindest ein normiertes Merkmal zu erzeugen; und

eine Einrichtung zum Bestimmen des Zustandes der Maschine unter Verwendung
des zumindest einen normierten Merkmals oder unter Verwendung eines eines eine
5 Mehrzahl normierter Merkmale umfassenden Merkmalsvektors.

10. Maschinensystem (100) mit einer Maschine (110) und einem Überwachungssystem
(120) gemäß Anspruch 9.

10 11. Computerprogramm mit Programmcode zur Durchführung des Verfahrens gemäß
einem der Ansprüche 1 bis 9, wenn das Computerprogramm auf einem
Überwachungssystem, einem Steuergerät oder einer Datenverarbeitungsanlage
ausgeführt wird.

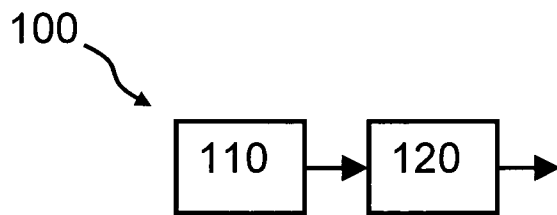


FIG 1

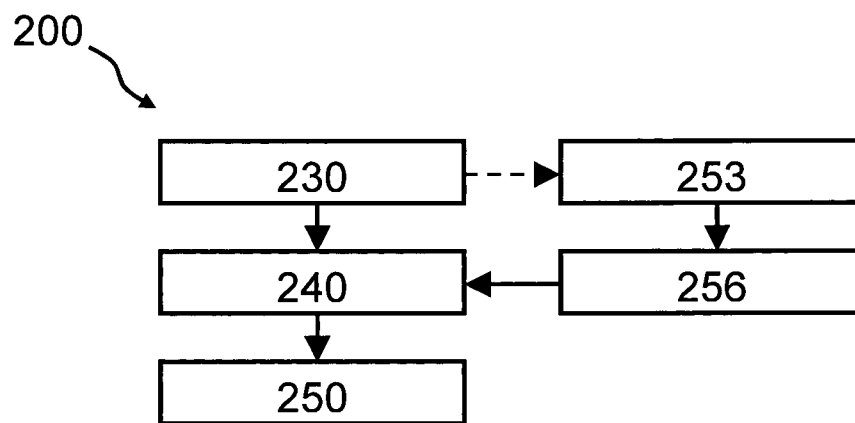


FIG 2

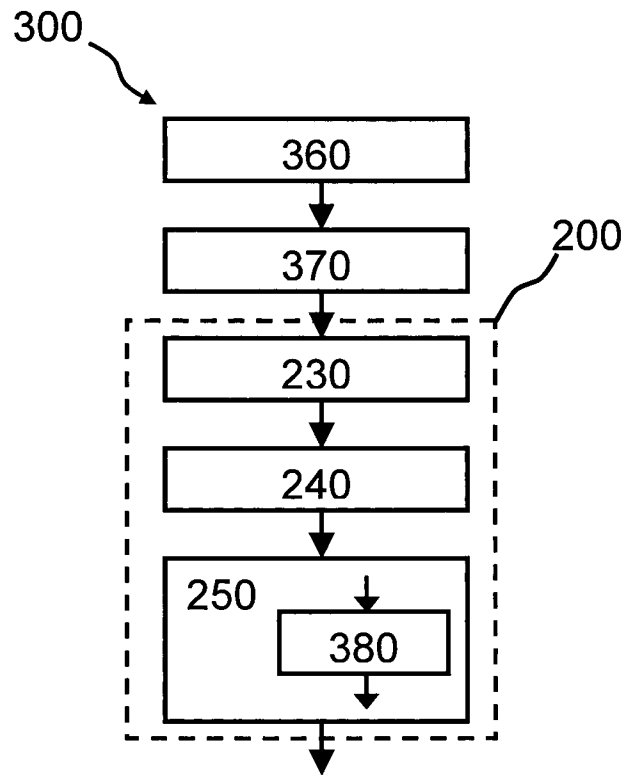


FIG 3

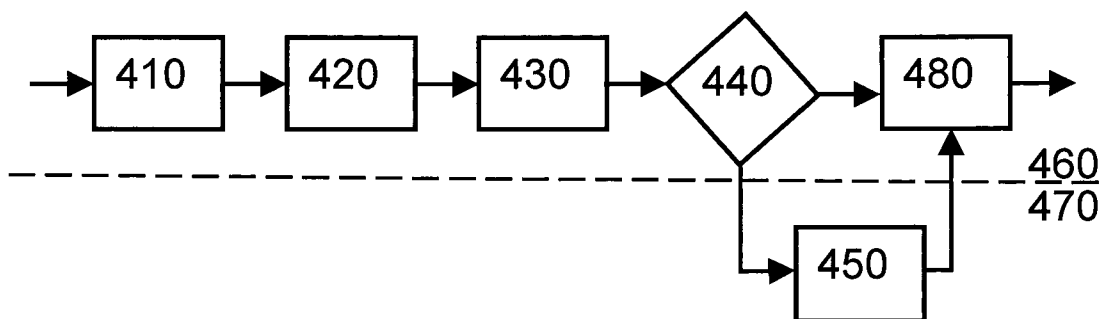


FIG 4

510	520	530	540
4	4	-0,173	
3	3	-0,547	
2	2	-0,920	
3	3	-0,547	
4	4	-0,173	
1	1,786	-1	
6	6	0,573	
5	5	0,2	
3	3	-0,547	
7	7	0,947	
2	2	-0,920	
3	3	-0,547	
1	1,786	-1	
7	7	0,947	550
5	5	0,2	
8	7,143	1	
1	1,786	-1	
3	3	-0,547	
2	2	-0,92	
1	1,786	-1	
4	4	-0,173	

FIG 5

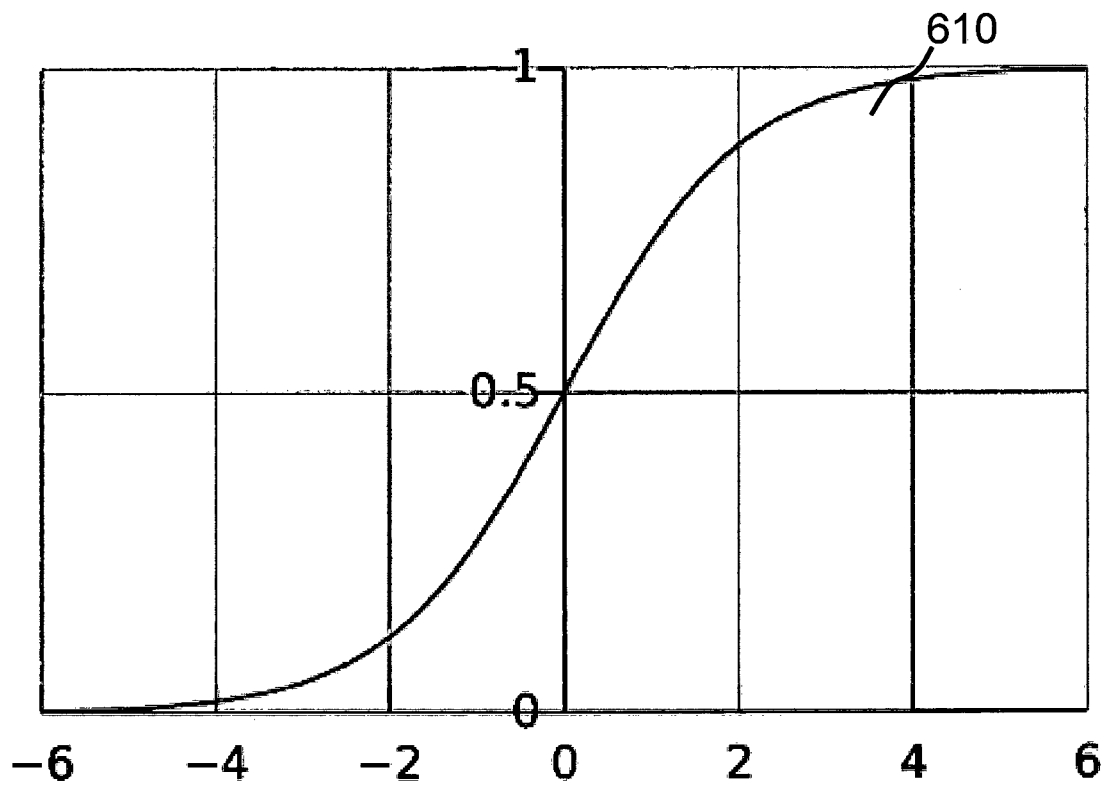


FIG 6

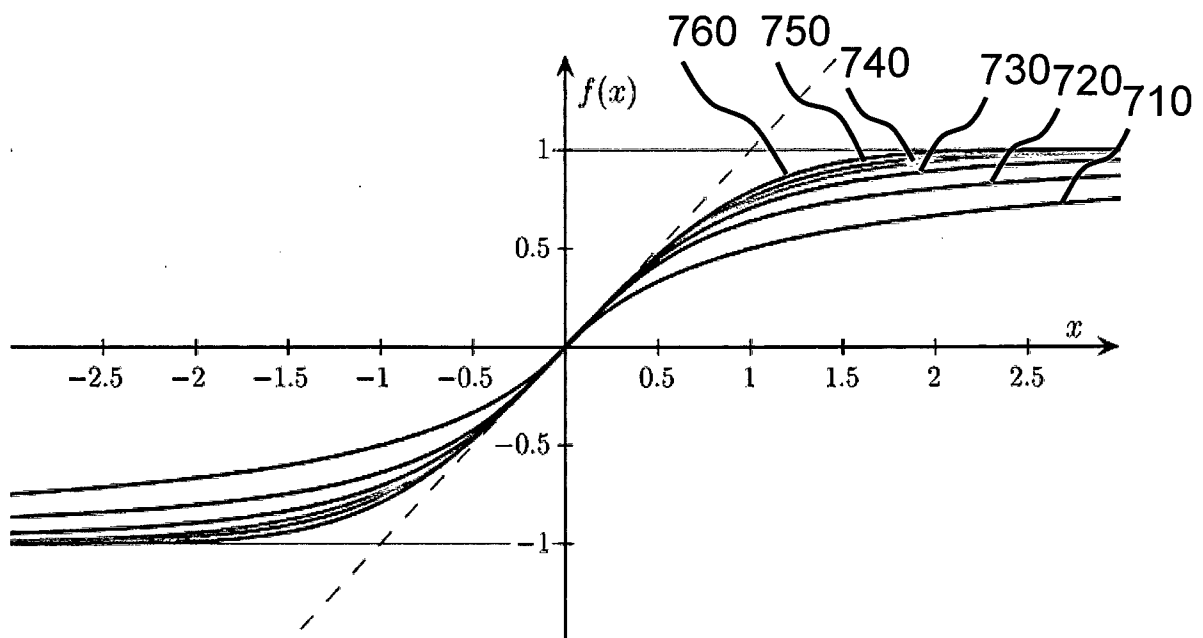


FIG 7