



(10) **DE 10 2015 224 368 A1** 2017.06.08

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 224 368.0**
(22) Anmeldetag: **04.12.2015**
(43) Offenlegungstag: **08.06.2017**

(51) Int Cl.: **G06N 7/00 (2006.01)**
G06F 17/10 (2006.01)

(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Koehler, Jan Mathias, 70199 Stuttgart, DE;
Krstanovic, Sascha, 68159 Mannheim, DE

(56) Ermittelte Stand der Technik:

Andridge, Rebecca R.; Little, Roderick J. A.: A Review of Hot Deck Imputation for Survey Non-response. In: International Statistical Review, 78, 2010, 1, S. 40-64. - ISSN 1751-5823. https://www.researchgate.net/publication/51481302_A_Review_of_Hot_Deck_Imputation_for_Survey_Non-response [abgerufen am 17.12.2015]

Chen, C. [u.a.]: Detecting Errors and Imputing Missing Data for Single-Loop Surveillance Systems. In: Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1855, 2003, S. 160-167. - ISSN 0361-1981. http://connected-corridors.berkeley.edu/sites/default/files/detecting_errors_and_imputing_missing_data_for_single-loop_surveillance_systems.pdf [abgerufen am 17.12.2015]

Fernandez-Moctezuma, R. J. [u.a.]: Toward Improved and Transparent Imputation Techniques for Online Traffic Data Streams and Archiving Applications. In: Transportation Research Board 88th Annual Meeting, 2009, S. 1-13. [http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=](http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.215.5446&rep=rep1&type=pdf)

10.1.1.215.5446&rep=rep1&type=pdf [abgerufen am 17.12.2015]

Imputation. In: Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. Bearbeitungsstand: 16.08.2015. URL: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Imputation_%28Statistik%29&oldid=145082112 [abgerufen am 17.12.2015]

Imputation. In: Wikipedia, the free encyclopedia. Bearbeitungsstand: 31.10.2015. URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Imputation_%28statistics%29&oldid=688348627 [abgerufen am 17.12.2015]

Nelwamondo, F. V.; Marwala, T.: Key Issues on Computational Intelligence Techniques for Missing Data Imputation-A Review. In: Proceedings of the 12th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics: WMSCI 2008, 2008, S. 1-6. <http://www.iiis.org/cds2008/cd2008sci/SCI2008/PapersPdf/S573HQ.pdf> [abgerufen am 17.12.2015]

Oren, Anava; Elad, Hazan; Assaf Zeevi: Online Time Series Prediction with Missing Data. In: Proceedings of the 32nd International Conference on Machine Learning (ICML), 37, 06.-11.07.2015, S. 1-9. <http://jmlr.org/proceedings/papers/v37/anava15.pdf> [abgerufen am 17.12.2015]

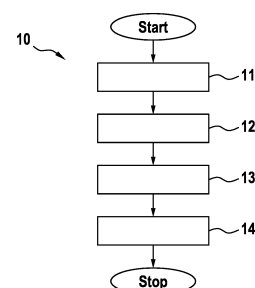
Regressionsanalyse. In: Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. Bearbeitungsstand: 13.11.2015. URL: <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Regressionsanalyse&oldid=148014824> [abgerufen am 17.12.2015]

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Auswerten einer Zeitreihe**

(57) Zusammenfassung: Verfahren (10) zum Auswerten einer Zeitreihe, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:
– fehlende Datenpunkte in der Zeitreihe werden identifiziert (11),
– die Zeitreihe wird durch eine Imputation der fehlenden Datenpunkte vervollständigt (12) und
– die vervollständigte Zeitreihe wird algorithmisch verarbeitet (13).



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Auswerten einer Zeitreihe insbesondere durch das Steuergerät eines Heizbrenners. Die vorliegende Erfindung betrifft darüber hinaus eine entsprechende Vorrichtung, ein entsprechendes Computerprogramm sowie ein entsprechendes Speichermedium.

Stand der Technik

[0002] In der Heizungstechnik wird jedwede technische Vorrichtung zur Wärmeerzeugung durch Verbrennung geeigneter Brennstoffe gemeinhin als Feuerung bezeichnet. Als Wärmequelle und somit zentrale Anlagenkomponente einer gattungsmäßigen Heizungsanlage bedarf die Feuerung mittels eines sogenannten Brenners ihrerseits einer umfangreichen Mess- und Steuerungstechnik.

[0003] DE 10 2012 201471 A1 offenbart exemplarisch ein Verfahren zum Kalibrieren eines Abgassensors zur Erfassung mindestens eines Anteils eines Gases in einem Messgasraum, insbesondere in einer Heizungsanlage. Der Abgassensor umfasst mindestens ein Sensorelement. Das Sensorelement ist eingerichtet, um mindestens ein Messsignal entsprechend des erfassten Anteils des Gases in dem Messgasraum bereitzustellen. Das Verfahren umfasst mindestens einen Kalibrationsschritt. Der Kalibrationsschritt ist während eines Betriebs des Abgassensors durchführbar.

Offenbarung der Erfindung

[0004] Die Erfindung stellt ein Verfahren zum Auswerten einer Zeitreihe, eine entsprechende Vorrichtung, ein entsprechendes Computerprogramm sowie ein entsprechendes Speichermedium gemäß den unabhängigen Ansprüchen bereit.

[0005] Ein Vorzug dieser Lösung liegt in ihrer besonderen Eignung zur Steuerung und Überwachung unterschiedlichster Heizbrenner. Dem vorgeschlagenen Ansatz liegt dabei die Erkenntnis zugrunde, dass derartige Brenner typischerweise mit einem Steuergerät ausgestattet sind, welches Systeminformationen – z. B. Gerätedaten, Sollwertvorgaben oder Betriebsbedingungen und äußere Rahmenbedingungen wie Außen- und Raumtemperatur – erfasst und über einen systeminternen Kommunikationskanal, meist in Gestalt eines Feldbusses, kommuniziert.

[0006] Die von den Feldgeräten, insbesondere Sensoren, gelieferten Zeitreihen können hierbei wahlweise mit einer speziellen Schnittstelle ausgelesen und an eine externe Einheit verschickt oder auf dem Steuergerät selbst (on-board) verarbeitet und unmittelbar zur Analyse oder Diagnose des Heizungssys-

tems verwendet werden. Zur Verarbeitung der Daten kommen im letzteren Fall lediglich Algorithmen in Betracht, welche auf dem Steuergerät – in der Regel ein eingebettetes System auf Mikrocontrollerbasis – software- oder hardwaremäßig implementiert sind.

[0007] Einige dieser Algorithmen können keine unvollständigen Zeitreihen, also zeitabhängige Folgen mit fehlenden Datenpunkten (missing data) handhaben. Fehlende Werte können entstehen durch physikalische Messstörungen oder durch Störungen in der Übertragung vom Sensor zum Steuergerät. Ein ähnliches Problem stellen fehlerhafte Werte dar, d. h. Werte, welche nach Anwendung von software- oder hardwaremäßig implementierten Regeln als unplausibel verworfen werden.

[0008] Eine Ausführungsform der Erfindung fußt daher auf dem Grundgedanken, dass fehlende oder fehlerhafte Werte noch im Steuergerät durch plausible Werte ersetzt werden. Einschlägige Verfahren werden auf dem Gebiet der mathematischen Statistik unter dem Sammelbegriff der „Imputation“ zusammengefasst.

[0009] Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im unabhängigen Anspruch angegebenen Grundgedankens möglich. So kann vorgesehen sein, dass die Imputation nach dem aus der Bioinformatik bekannten ARLSImpute-Algorithmus erfolgt, der sich durch eine besonders akkurate Schätzfunktion auszeichnet.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0010] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt:

[0011] Fig. 1 das Flussdiagramm eines Verfahrens gemäß einer ersten Ausführungsform.

[0012] Fig. 2 schematisch einen Ölbrenner gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung.

Ausführungsformen der Erfindung

[0013] Fig. 1 illustriert anhand eines vereinfachten Programmablaufplanes die grundlegenden Verfahrensschritte einer bevorzugten Ausgestaltung. Das diskutierte Verfahren (10) wird in diesem Anwendungsfall zum Steuern und Überwachen einer heizungstechnischen Feuerung eingesetzt. Als Eingabe dienen entsprechend die mittels unterschiedlichster Sensoren ermittelten Zeitreihen, also Folgen von Datenpunkten, die einer Analyse oder Diagnose des Heizungssystems zugrunde gelegt werden könnten. Die Datenpunkte werden von den einzelnen Mess-

fühlern in regelmäßigen Zeitabständen oder ereignisabhängig an das Steuergerät geliefert.

[0014] Fehlende und unplausible Datenpunkte in der Zeitreihe werden zunächst mit geeigneten Mitteln identifiziert (Schritt **11**). Sodann kann die Zeitreihe im Wege einer statistischen Imputation vervollständigt (Schritt **12**) und durch eine Substitution der unplausiblen Datenpunkte bereinigt werden. Hierzu bietet sich eine Reihe von Optionen an, welche entweder nur Informationen der betrachteten Zeitreihe berücksichtigen (Methoden für univariate Zeitreihen) oder Informationen und Zusammenhänge aus mehreren Zeitreihen (Methoden für multivariate Zeitreihen) berücksichtigen. So kann etwa jeder fehlende Datenpunkt durch einen bestimmten Schätzwert ersetzt werden. Bei diesem als singuläre Imputation bekannten Konzept kommt insbesondere ein sogenanntes Hot-Deck-Verfahren in Betracht, demgemäß als Schätzwert eine beobachtete Ausprägung desselben Merkmals herangezogen wird. Als besonders unkomplizierte Methode erweist sich hierunter vor allem ein simples Übertragen der vorangehenden Beobachtung (last observation carried forward, LOCF) auf das fehlende Folgeglied.

[0015] Zu denken ist ferner an die Imputation durch einen autoregressiven gleitenden Mittelwert (autoregressive moving average, ARMA). Beruhen die Datenpunkte auf nicht stationären Signalen, so empfiehlt sich hier ein integratives Modell, wie es dem Fachmann unter dem Akronym „ARIMA“ vertraut ist. Vorteile bietet insbesondere die Nutzung des sogenannten ARLSImpute-Algorithmus gemäß M. K. Choong, M. Charbit, H. Yan, „Autoregressive model based missing value estimation for DNA microarray time series data,“ IEEE Trans. on Information Technology in Biomedicine, vol.13, no. 1, pp. 131–137, 2009. Zur statistischen Analyse und Klassifikation der Zeitreihen kommen schließlich auch verschiedenste Zustandsraum-Modelle (space state models) in Betracht, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

[0016] Die in Schritt **12** vervollständigte Zeitreihe wird nunmehr algorithmisch verarbeitet (Schritt **13**), um sie für eine Zustandsanalyse oder Systemdiagnose heranzuziehen. Diese wiederum kann angezeigt (Schritt **14**) oder an ein externes Gerät übertragen werden.

[0017] Dieses Verfahren (**10**) kann beispielsweise in Software oder Hardware oder in einer Mischform aus Software und Hardware beispielsweise in einem Steuergerät des Brenners (**20**) der Heizungsanlage implementiert sein, wie die schematische Darstellung der **Fig. 2** 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

- DE 102012201471 A1 [0003]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- M. K. Choong, M. Charbit, H. Yan, "Autoregressive model based missing value estimation for DNA microarray time series data," IEEE Trans. on Information Technology in Biomedicine, vol.13, no. 1, pp. 131–137, 2009 [0015]

Patentansprüche

1. Verfahren (**10**) zum Auswerten einer Zeitreihe, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:
– fehlende Datenpunkte in der Zeitreihe werden identifiziert (**11**),
– die Zeitreihe wird durch eine Imputation der fehlenden Datenpunkte vervollständigt (**12**) und
– die vervollständigte Zeitreihe wird algorithmisch verarbeitet (**13**).

2. Verfahren (**10**) nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch folgendes Merkmal:
– die Zeitreihe wird vor dem Identifizieren (**11**) von einem Sensor empfangen.

3. Verfahren (**10**) nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch folgendes Merkmal:
– das Empfangen erfolgt mittels eines Bussystems.

4. Verfahren (**10**) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:
– vor dem Verarbeiten (**13**) werden unplausible Datenpunkte in der Zeitreihe identifiziert und
– die Zeitreihe wird durch eine Substitution der unplausiblen Datenpunkte bereinigt.

5. Verfahren (**10**) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch mindestens eines der folgenden Merkmale:
– das Verarbeiten (**13**) umfasst eine Zustandsanalyse anhand der Datenpunkte oder
– das Verarbeiten (**13**) umfasst eine Systemdiagnose anhand der Datenpunkte.

6. Verfahren (**10**) nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch mindestens eines der folgenden Merkmale:
– die Zustandsanalyse oder Systemdiagnose wird angezeigt (**14**) oder
– die Zustandsanalyse oder Systemdiagnose wird an ein Gerät oder einen Dienstleister übertragen.

7. Verfahren (**10**) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, gekennzeichnet durch mindestens eines der folgenden Merkmale:
– die Imputation erfolgt singular gemäß einer Hot-Deck-Technik, insbesondere einem Übertragen der vorangehenden Datenpunkte,
– die Imputation erfolgt durch einen autoregressiven, vorzugsweise integrierten gleitenden Mittelwert der Datenpunkte,
– die Imputation erfolgt nach einem ARLSImpute-Algorithmus oder
– die Imputation erfolgt anhand eines Zustandsraum-Modells.

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

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

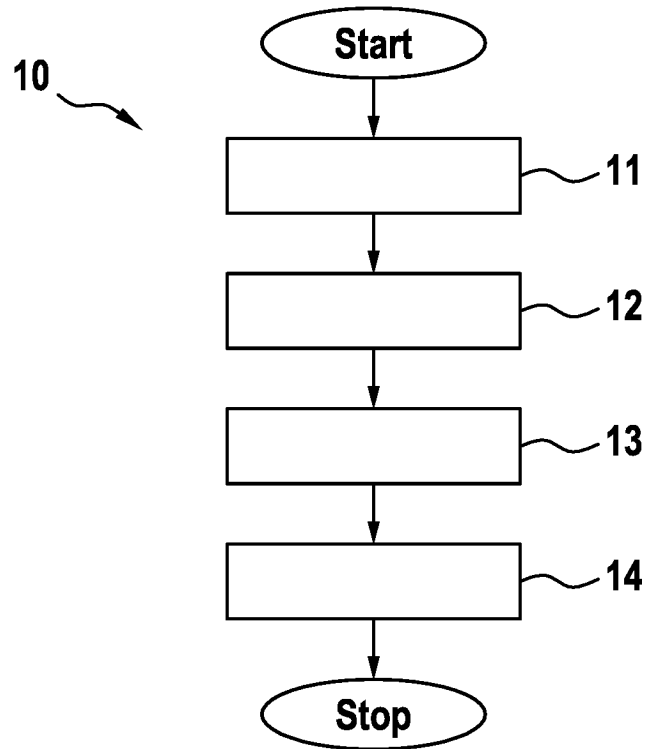


Fig. 2

