

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

VERBAND DER
ELEKTROTECHNIK
ELEKTRONIK
INFORMATIONSTECHNIK

Implementierung und Betrieb von
Big-Data-Anwendungen
in der produzierenden Industrie
Modellierungsverfahren

Implementation and operation of big data
applications in the manufacturing industry
Modelling procedures

VDI/VDE 3714

Blatt 5 / Part 5

Ausgabe deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	2	Preliminary note.....	2
Einleitung	2	Introduction.....	2
1 Anwendungsbereich	3	1 Scope	3
2 Normative Verweise	4	2 Normative references	4
3 Begriffe	5	3 Terms and definitions	5
4 Modellierung nach Modellkenntnis/Systemkenntnis	5	4 Modelling by model knowledge/system knowledge	5
4.1 Überblick	5	4.1 Overview	5
4.2 Whitebox-Modelle (wissensbasiert/ prozessorientiert).....	6	4.2 White box models (knowledge-based/ process-oriented).....	6
4.3 Blackbox-Modelle (datenorientiert).....	8	4.3 Black box models (data-oriented).....	8
4.4 Greybox-Modelle (Mischung Prozess- orientierung/Datenorientierung).....	10	4.4 Grey box models (mixture of process orientation/data orientation).....	10
4.5 Kombinationen.....	12	4.5 Combinations.....	12
4.6 Alternative Deutungsmöglichkeiten/ Begriffssemantiken	13	4.6 Alternative interpretations/concept semantics	13
5 Lineare und nicht lineare Modellierungsverfahren	13	5 Linear and non-linear modelling methods	13
6 Betrachtung von Zeit	14	6 Consideration of time	14
6.1 Stationäre Modelle	15	6.1 Stationary models	15
6.2 Instationäre/dynamische Modelle	15	6.2 Transient/dynamic models.....	15
6.3 Quasistationäre Modelle	16	6.3 Quasi-stationary models	16
6.4 Diskrete/kontinuierliche Modelle.....	19	6.5 Discrete/continuous models.....	19
Schrifttum	20	Bibliography	20

VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA)
Fachbereich Digitale Transformation

VDI-Handbuch Informationstechnik, Band 1: Angewandte Informationstechnik
VDI/VDE-Handbuch Automatisierungstechnik

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi.de/richtlinien), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren und in Bearbeitung befindlichen Blätter dieser Richtlinienreihe sowie gegebenenfalls zusätzliche Informationen sind im Internet abrufbar unter www.vdi.de/3714.

Einleitung

Der Fachausschuss „Big Data“ der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik hat sich mit der Erstellung dieser Richtlinie der Aufgabe angenommen, den ökonomischen und ökologischen Nutzen von Big Data aufzuzeigen, den Wissenstransfer über verschiedene Industrien und Branchen hinweg zu verbessern und die Implementierung und den Betrieb von Big-Data-Anwendungen in der produzierenden Industrie voranzutreiben und zu vereinheitlichen.

Diese Richtlinienreihe soll eine Orientierung über erforderliche Maßnahmen zur Big-Data-Analyse geben und aufzeigen, welche Methoden für eine zielführende Arbeit geeignet sind und welche Einschränkungen und Hindernisse bestehen. Praktikern und Praktikerinnen sollen Hinweise gegeben werden, welche Methoden und Betrachtungen für den Erfolg eines Big-Data-Projekts hinsichtlich des Einsatzes und des nachhaltigen Betriebs notwendig sind.

Die Richtlinienreihe VDI/VDE 3714 umfasst die Blätter:

Blatt 1 Durchführung von Big-Data-Projekten

Blatt 2 Datenqualität

Blatt 3 Datenbewirtschaftung

Blatt 4 Analyseverfahrensklassen

Blatt 5 Modellierungsverfahren

Blatt 6 Validierung von Modellen

Blatt 7 Online-Anwendung von datengetriebenen Modellen

Die Richtlinienreihe VDI/VDE 3714 ist im Fachausschuss 7.24 „Big Data“ des Fachbereich 7

Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions (www.vdi.de/richtlinien) specified in the VDI Notices.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

A catalogue of all available parts of this series of standards and those in preparation as well as further information, if applicable, can be accessed on the internet at www.vdi.de/3714.

Introduction

The “Big Data” Technical Committee of the VDI/VDE Society Measurement and Automatic Control has taken on the task of drawing up this standard to demonstrate the economic and ecological benefits of big data, to improve the transfer of knowledge across different industries and sectors, and to promote and standardize the implementation and operation of big data applications in the manufacturing industry.

This series of standards is intended to provide orientation on required measures for big data analysis and to show which methods are suitable for target-oriented work and which limitations and obstacles exist. Practitioners should be given advice on which methods and considerations are necessary for the success of a big data project regarding its use and sustainable operation.

The series of standards VDI/VDE 3714 comprises the parts:

Part 1 Implementation of Big Data projects

Part 2 Data quality

Part 3 Data management

Part 4 Analysis process classes

Part 5 Modelling procedures

Part 6 Validation of models

Part 7 Online application of data-driven models

The series of standards VDI/VDE 3714 is published in the Technical Committee 7.24 “Big Data” of the

„Digitale Transformation“ der VDI/VDE-Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) entstanden. Damit stellen die Produktion sowie die Mess- und Automatisierungstechnik die Schwerpunkte dar. In den Produktionsprozessen werden beispielsweise für Steuerungs- und Regelungsaufgaben oder für die Qualitätssicherung große Datenmengen erhoben, die mittels Datenanalyse für weitere Prozess- und Geschäftsverbesserungen genutzt werden können. Diese Richtlinienreihe gibt eine generelle Orientierung sowie Hinweise auf potenzielle Schwierigkeiten und Hürden bei der Durchführung von Big-Data-Anwendungen von der Entwicklung über die Inbetriebnahme bis zum nachhaltigen Betrieb.

Benachbart zu Big Data finden sich Themen wie das Internet der Dinge (IoT), die Vernetzung von Geräten (Smart Devices) oder die zunehmende „Rechnerallgegenwart“ (Ubiquitous Computing) sowie Begriffe, wie Business Intelligence, Data Analytics, Advanced Analytics, Data Mining, Smart Data und Data-Warehouse-Systeme, die generell die Nutzung von Daten adressieren.

Die Richtlinienreihe geht von einer generellen Verfügbarkeit aller benötigten Daten aus. Bezüglich der Datenmenge, ihrer Struktur und Integrität wird keine Annahme getroffen. Zur Diskussion und Charakterisierung der Daten helfen die sogenannten „fünf Vs“, die die einzelnen Dimensionen von Big Data bezeichnen. Die Daten werden charakterisiert durch Umfang (*Volume*), Unterschiedlichkeit (*Variety*) und ihre zeitliche Taktung (*Velocity*). Insbesondere bei industriellen Anwendungen sind die Qualität der Daten (*Validity*) und der unternehmerische Mehrwert (*Value*) relevant.

Auf weitere grundsätzliche technische Regeln sei hier hingewiesen, insbesondere im Umfeld von Industrie 4.0:

- VDI 2222 Blatt 1
- VDI 3517
- VDI/VDE 4000
- VDI 4010
- DIN EN ISO 9000
- DIN EN ISO 9001
- DIN EN ISO 9004
- ISO 13053

1 Anwendungsbereich

Mit dem Begriff „Big Data“ werden – obwohl er bereits seit einigen Jahren verwendet wird – unverändert sehr unterschiedliche Themen und Aspekte assoziiert und entsprechend in der gesellschaftlichen Diskussion differenziert diskutiert. Die immer weiter

Technical Division 7 “Digital Transformation” of the VDI/VDE Society Measurement and Automatic Control (GMA). Thus, production as well as measurement and automation technology represent the focal points. In production processes, for example, large amounts of data are collected for control and regulation tasks or for quality assurance, which can be used for further process and business improvements by means of data analysis. This series of standards provides a general orientation as well as indications of potential difficulties and hurdles in the implementation of big data applications, from development through commissioning to sustainable operation.

Adjacent to big data are topics such as the Internet of things (IoT), the networking of devices (smart devices), or the increasing “computer omnipresence” (ubiquitous computing), as well as terms such as business intelligence, data analytics, advanced analytics, data mining, smart data, and data warehouse systems that generally address the use of data.

The series of standards assumes a general availability of all required data. No assumption is made regarding the amount of data, its structure and integrity. For the discussion and characterization of data, the so-called “five Vs”, which denote the individual dimensions of big data, are helpful. The data is characterized by *volume*, *variety*, and *velocity*. The quality of the data (*validity*) and the added business value (*value*) are particularly relevant for industrial applications.

Further fundamental technical rules should be pointed out here, especially in the environment of Industry 4.0:

- VDI 2222 Part 1
- VDI 3517
- VDI/VDE 4000
- VDI 4010
- DIN EN ISO 9000
- DIN EN ISO 9001
- DIN EN ISO 9004
- ISO 13053

1 Scope

Although the term “big data” has been used for several years, it continues to be associated with very different topics and aspects and is accordingly discussed in a differentiated manner in the social debate. The ever-advancing digital communication,

voranschreitende digitale Kommunikation, der in der Umsetzung befindliche Breitbandausbau und die überall mögliche Verarbeitungsmöglichkeit von Daten beflügeln diese Diskussion sowohl in der Öffentlichkeit als auch in der Fachwelt. Die Themen reichen von Datenschutz über Datensicherheit bis hin zu generellen Strategien für die digitale Wertschöpfung bei kleinen und mittelständischen Unternehmen und auch bei Großunternehmen.

Im Kontext dieser Richtlinie geht es bei Big Data um Technologien zur Datenanalyse. Entsprechende Algorithmen und Werkzeuge können Erkenntnisse über betriebliche Abläufe liefern und zu deren Optimierung beitragen. Hierzu bedarf es der Umsetzung dieser Methoden und Werkzeuge zur Verarbeitung, Analyse und Interpretation von umfangreichen und komplexen Daten in Big-Data-Anwendungen.

Die Richtlinienreihe unterstützt Erstellende und Nutzende bei der Vorbereitung, Entwicklung, Inbetriebnahme dieser Anwendungen und ihrem nachhaltigen Einsatz. Letztendlich sollen diese Big-Data-Anwendungen verlässlichere Entscheidungsgrundlagen schaffen, um Produkte und Produktionsprozesse ökonomisch, ökologisch und technisch zu verbessern.

Die Richtlinienreihe soll dazu beitragen, die Vielfalt der in den letzten Jahren durch Forschungs-, Entwicklungs- und Praxisarbeiten entstandenen Erkenntnisse aufzubereiten, die Entwicklung und den Einsatz von Big-Data-Anwendungen in produzierenden Industrien sowie deren Nutzung im regulären Betrieb zu unterstützen.

Zur Zielgruppe gehören alle Stakeholder, von den Praktikern/Praktikerinnen bis zu den Entscheidern/Entscheiderinnen, von der Fertigungs- bis zur Prozessindustrie. Die Richtlinienreihe wendet sich dabei an Nutzenden und Erstellenden von Big-Data-Anwendungen in der produzierenden Industrie, unabhängig und übergreifend für alle Führungs- und Fachaufgaben.

Diese Richtlinie behandelt die verschiedenen Methoden der Modellbildung in Abhängigkeit von der Systemkenntnis, von linearen oder nicht linearen Zusammenhängen zwischen den einzelnen Signalen sowie vom Zeitverhalten des betrachteten Systems.

the broadband expansion that is currently being implemented, and the processing of data that is possible everywhere are fuelling this discussion both in the public and in the professional world. The topics range from data protection and data security to general strategies for digital value creation for small and medium-sized enterprises as well as for large companies.

In the context of this standard, big data is about data analysis technologies. Corresponding algorithms and tools can provide insights into operational processes and contribute to their optimization. This requires the implementation of these methods and tools for processing, analysing and interpreting extensive and complex data in big data applications.

The series of standards supports creators and users in the preparation, development, commissioning of these applications and their sustainable use. Ultimately, these big data applications should provide a more reliable basis for decision-making in order to improve products and production processes economically, ecologically, and technically.

The series of standards supports creators and users in the preparation, development, commissioning of these applications and their sustainable use. Ultimately, these big data applications should provide a more reliable basis for decision-making in order to improve products and production processes economically, ecologically, and technically.

The series of standards is intended to help process the variety of findings that have emerged in recent years through research, development and practical work, and to support the development and use of big data applications in manufacturing industries as well as their use in regular operations.

This standard deals with the different methods of model building depending on the system knowledge, linear or non-linear correlations between the individual signals, and the time behaviour of the system under consideration.