

УДК 004.8
JEL: D8

DOI 10.33278/SAE-2020.book1.448-451

INTELLIGENT MONITORING AS A UNITY OF THE MEASUREMENT, ESTIMATION, REASONING AND COMPUTING PROCESSES

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ КАК ЕДИНСТВО ПРОЦЕССОВ ИЗМЕРЕНИЙ, ОЦЕНИВАНИЯ, РАССУЖДЕНИЙ И ВЫЧИСЛЕНИЙ

Maria N. Koroleva¹

ORCID 0000-0002-4925-3952

Мария Николаевна Королева¹

Anastasia P. Efremova²

ORCID 0000-0002-2091-2571

Анастасия Петровна Ефремова²

Yury I. Korolev³

ORCID 0000-0001-9730-7874

Юрий Ильич Королев³

¹ **Bauman Moscow State Technical University**

¹ МГТУ им. Н. Э. Баумана

² **NIAS JSC**

² АО «НИИАС»

³ **Accenture LLC**

³ ООО «Аксенчер»

**The research was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research
(Project No. 20-07-00506)**

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований
(Проект № 20-07-00506)

Keywords: intelligent systems, intelligent monitoring, measurements, knowledge-based systems

Ключевые слова: системы интеллектуальные, интеллектуальный мониторинг, измерения, системы, основанные на знаниях

The paper proposes an extended concept of cognitive measurements for developing intelligent monitoring systems in the framework of Ambient Intelligence based on intelligent environments. The concept of intelligent monitoring is presented as a unity of the measurement, value, reasoning and computing processes.

Предложена расширенная концепция когнитивных измерений для интеллектуальных систем мониторинга сложных технических объектов, строящихся на основе интеллектуальных сред. Представлена концепция интеллектуального мониторинга как единства процессов измерений, оценивания, рассуждений и вычислений.

1. Intelligent monitoring systems and Ambient Intelligence Transport and its infrastructure is an important component of any national economy. The development of modern high-speed railway transport in Russia imposes new requirements

1. Интеллектуальные системы мониторинга и интеллектуальные среды. Транспорт и транспортная инфраструктура является важной составляющей любой национальной экономики. Развитие в России современного высо-

on the organization of monitoring the state of the railway infrastructure, in particular such strategic objects as artificial structures – bridges, tunnels, crossings, etc.

At the same time, the problem of monitoring is complex and includes the following tasks: analysis of the course of processes in the observed objects; diagnostics of their current conditions; forecasting further development; management of the state of the railway infrastructure facility.

Various dimensions are central here. Thus, for bridges, these are measurements of meteorological indicators (first of all, the direction and speed of the wind), determination of the deflection of bridge spans, measurement of deviations of bridge structural elements from the vertical axis under the action of passing trains and wind loads, assessment of vibrations of bridge structures under load, etc.

To effectively solve the sequence of monitoring tasks, it is required to create advanced intelligent systems built into the real physical and technical monitoring environment and having a common architecture of a cognitive-regulatory meta-agent with a distributed subsystem for perceiving the parameters of an infrastructure object, implemented using a sensor network. Such intelligent systems based on integrated third-generation knowledge acquisition tools are called Ambient Intelligence Systems [1, 2]. The intellectual environment can be thought of as a cognitive-regulatory meta-agent [3].

Here, an artificial meta-agent is understood as a meta-level software agent that organizes the processes of distributed perception of the parameters of the external physical and technical environment, ensures the integration of incoming information and develops decisions about the methods and means of influencing this environment. The system core of the intellectual environment is expressed in the form: a distributed system for perceiving the parameters of the physical and technical environment + an intelligent system + a distributed system of influencing the physical and technical environment. An important place is occupied by information coming from sensors, its analysis and interpretation for the identification of knowledge. Those. a full-fledged process of intelligent monitoring in the form of a unity of processes: measurement – evaluation – reasoning – calculations. The unity of these processes is one of

коскоростного железнодорожного транспорта предъявляет новые требования к организации мониторинга состояния железнодорожной инфраструктуры, в особенности таких ее стратегических объектов, как искусственные сооружения – мосты, тоннели, переезды и т.п.

При этом проблема мониторинга является комплексной и включает в себя следующие задачи: анализ протекания процессов в наблюдаемых объектах; диагностика их текущих состояний; прогнозирование дальнейшего развития; управление состоянием объекта железнодорожной инфраструктуры.

Здесь центральное место занимают различные измерения; так, для мостов это измерения метеорологических показателей (в первую очередь, направление и скорость ветра), определение прогиба пролетных строений моста, измерение отклонений элементов конструкций моста от вертикальной оси под действием проходящих составов и ветровых нагрузок, оценка колебаний конструкций моста под нагрузкой и пр. Для эффективного решения последовательности задач мониторинга требуется создание передовых интеллектуальных систем, встроенных в реальную физико-техническую среду мониторинга и имеющих общую архитектуру когнитивно-регулятивного мета-агента с распределенной подсистемой восприятия параметров объекта инфраструктуры, реализуемой с помощью сенсорной сети. Такие интеллектуальные системы, опирающиеся на интегрированные средства приобретения знаний третьего поколения, называются интеллектуальными средами (Ambient Intelligence Systems) [1, 2]. Интеллектуальную среду можно представить как когнитивно-регулятивного мета-агента [3].

Здесь под искусственным мета-агентом понимается программный агент метауровня, организующий процессы распределенного восприятия параметров внешней физико-технической среды, обеспечивающий интеграцию поступающей информации и вырабатывающий решения о способах и средствах воздействия на эту среду. Системное ядро интеллектуальной среды выражается в виде: распределенная система восприятия параметров физико-технической среды + интеллектуальная система + распределенная система воздействия на физико-техническую среду. Важное место занимает информация, поступающая от датчиков, ее анализ и интерпрета-

the systemic principles on which the concept of cognitive measurements is based.

2. Cognitive measurements and their systemic system principles

The term “cognitive measurement” was proposed in 2010 by S.V. Prokopchina [4] as a kind of intelligent measurements, where metrologically certified knowledge was acquired by using Bayesian technologies.

In this paper the concept of cognitive measurement means the construction and use of cognitive sensors as special devices for hierarchical granulation of measurement data. It is based on the following principles:

- 1) the principle of openness of measurement as a cognitive process;
- 2) the principle of the uniformity of measurements, assessments and reasoning;
- 3) the principle of synthesizing truth theories while interpreting measurement results;
- 4) the principle of granulation of measurement information.

Openness of measurements means their dependence on selected goals, measurement environment, measurement instruments, and finally, their inclusion more general processes, such as monitoring or decision making.

So, in the bridge monitoring system, based on measuring a number of parameters of the environment and the bridge itself, diagnostics of its current state, forecasting the future state, and making control decisions are carried out. The task is not so much to accurately measure the parameter itself as to jointly evaluate the results obtained and issue a conclusion about the facility as a whole or about the limitations in its operation. The principle of the unity of measurements and evaluations, evaluations and reasoning is closely related to the principle of openness of measurements as a cognitive process.

For example, let two parameters be measured – the wind speed with an anemometer and the deformation of the bridge structure with a tensometer.

The result of the interpretation of the obtained numerical values can be interpreted as fuzzy linguistic estimates “The wind speed is quite strong” and “The amount of deformation of the bridge is

ция для выявлений знаний. Т.е. полноценный процесс интеллектуального мониторинга в виде единства процессов: измерение – оценивание – рассуждения – вычисления. Единство данных процессов является одним из системных принципов, на которые опирается концепция когнитивных измерений.

2. Системные принципы когнитивных измерений. Термин «когнитивные измерения» был предложен С.В. Прокопчиной в статье [4], где речь шла об измерениях, в результате которых с помощью байесовских интеллектуальных технологий извлекаются и используются метрологически аттестованные знания. Мы предлагаем расширение – под когнитивным измерением следует понимать, в том числе, организацию измерения как автоматизированного познавательного процесса, направленного на обеспечение компьютерного понимания и прагматической интерпретации результатов измерений. Данная концепция предполагает построение когнитивных информационно-измерительных устройств, обеспечивающих грануляцию измерительной информации, и опирается на следующие системные принципы: 1) принцип открытости измерения как познавательного процесса; 2) принцип единства измерений, оценок и рассуждений; 3) принцип синтеза теорий истины при интерпретации результатов измерения; 4) принцип грануляции измерительной информации.

Открытость измерений означает их зависимость от целей, среды измерения, инструментария измерений, наконец, включенность в более общие процессы. Так, в системе мониторинга моста на базе измерения ряда параметров среды и самого моста осуществляется диагностика его текущего состояния, прогнозирование будущего состояния, принятие управляющих решений. Задача состоит не столько в точном измерении параметра самого по себе, сколько в совместной оценке полученных результатов и выдаче заключения об объекте в целом или об ограничениях в его эксплуатации. С принципом открытости измерений как когнитивного процесса тесно связан принцип единства измерений и оценок, оценок и рассуждений. Пусть измеряются два параметра – скорость ветра анемометром и величина деформация конструкции моста тензометром. Результатом интерпретации полученных числовых значений являются нечеткие лингвистические

close to the maximum permissible”.

Then it is possible to construct a fuzzy production rule such as “IF the wind speed is quite strong AND the deformation value of the bridge is close to the maximum permissible, THEN impose restrictions of 3500T on the mass of trains moving on the bridge”.

In accordance with the principle of the unity of measurements, assessments and reasoning, measurement is understood as a cognitive process associated with the formation of a granular structure of information in the form of a two-level hierarchy [5]: at the lower level, using a set of sensors, ordinary measurements are carried out, their indications provide fine-grained information. At the upper level, the results obtained are displayed on a pragmatic scale of aggregated assessments – axiological or deontic – expressing coarse-grained, nonnumerical information (the obtained values of the measured parameter are “normal”, “almost normal”, “not normal”, “far from the norm” and so on), for example, the measured value of the wind speed is “almost normal”).

The analysis of the relationship between the result of measurement (as a process of knowledge formation) and understanding is based on two concepts of truth: (1) Tarski’s correspondence theory of truth; (2) Peirce’s pragmatic theory of truth.

оценки «Скорость ветра – довольно сильная» и «Величина деформации – близкая к предельно допустимой». Тогда можно построить нечеткое продукционное правило типа «ЕСЛИ скорость ветра – довольно сильная И величина деформации моста – близкая к предельно допустимой, ТО ввести ограничения на массу движущихся по мосту поездов в 3500 т». В соответствии с принципом единства измерений, оценок и рассуждений, измерение понимается как когнитивный процесс, связанный с построением гранулярной структуры информации в виде двухуровневой иерархии [5]: 1) на нижнем уровне с помощью набора датчиков проводятся обычные измерения, результаты которых обеспечивают мелкозернистую информацию, 2) на верхнем уровне полученные результаты отображаются на прагматическую шкалу укрупненных оценок – аксиологических или деонтических – выражающих крупнозернистую информацию (полученные значения измеряемого параметра находятся «в норме», «почти в норме», «не в норме», и т.п., например, измеренное значение скорости ветра – «почти в норме»). Анализ связи между результатом измерения (как процессом формирования знаний) и пониманием строим на основе двух концепций истины: теория соответствия Тарского и прагматическая теория истины Пирса.

References / Библиография

1. Aarts E., Harwig R., Schuurmans M. Ambient Intelligence / The Invisible Future: The Seamless Integration of Technology into Everyday Life / Ed. by P.J.Denning. New York: McGraw-Hill Companies, 2001.
2. Handbook of Ambient Intelligence and Smart Environments / Ed. by H. Nakashima, H. Adhajan, J.C. Augusto. New York: Springer Verlag, 2010.
3. Tarassov V.B. From Hybrid Systems to Ambient Intelligence / Proceedings of the 1st International Symposium on Hybrid and Synergistic Intelligent Systems: Theory and Practice. 2012. Part 1. P. 42-54 (in Russian).
4. Prokopchina S.V. Cognitive Measurements on the Basis of Bayesian Intelligent Technologies / Proceedings of the XIIIth International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM’2010). 2010. P. 28-34 (in Russian).
5. Svyatkina M.N., Tarassov V.B. Logical-Algebraic Methods of Constructing Cognitive Sensors. Open Semantic Technologies for Intelligent Systems. 2016: 331-348 (in Russian).
1. Аартс Э., Харвиг Р., Шуурманс М. Окружающий Интеллект // Невидимое будущее: бесшовная интеграция технологий в повседневную жизнь / под ред. П. Дж. Деннинга. Нью-Йорк: McGraw-Hill Companies, 2001.
2. Справочник по окружающему интеллекту и интеллектуальным средам / под ред. Х. Накасимы, Х. Агаджана, Дж. Нью-Йорк: Springer Verlag, 2010.
3. Тарасов В.Б. От гибридных систем к интеллектуальным средам // Гибридные и синергетические интеллектуальные системы: теория и практика. Материалы 1-го международного симпозиума. Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2012. Часть 1. С. 42-54.
4. Прокопчина С.В. Когнитивные измерения на основе байесовских интеллектуальных технологий // Сборник докладов XIII-й международной конференции по мягким вычислениям и измерениям. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010. С. 28-34.
5. Святкина М.Н., Тарасов В.Б. Логико-алгебраические методы построения когнитивных сенсоров // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем. Минск: изд-во БГУИР, 2016. С. 331-348.