

УДК 004.622

Измерения в задаче мониторинга объектов железнодорожной инфраструктуры: методы интеллектуализации

*Ким А.Н., студент
кафедра «Компьютерные системы автоматизации производства»,
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Тарасов В.Б., к.т.н., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
gss@bmstu.ru*

Введение

Целью данной работы является описание задачи мониторинга объектов железнодорожной отрасли, анализ проблем неопределенности в измерении параметров подобных объектов, построение онтологии измерений и рассмотрение на ее основе новых концепций и технологий измерений.

1. Задачи мониторинга объектов железнодорожной отрасли

Железнодорожный комплекс имеет особое стратегическое значение для России. Он является связующим звеном единой экономической системы, обеспечивает стабильную деятельность промышленных предприятий, своевременный подвоз жизненно важных грузов в самые отдаленные уголки страны, а также является самым доступным транспортом для миллионов граждан.

На сегодняшний день на сети железных дорог эксплуатируется около 83000 искусственных сооружений, значительное количество которых прослужило более 100 лет [1]. Искусственные сооружения предназначены для пересечения железной дорогой водных преград, других железных дорог и автомагистралей, глубоких ущелий, горных хребтов, застроенных городских территорий, а также для обеспечения безопасного перехода людей через пути и устойчивости земляного полотна в сложных условиях.

Однако, общее состояние объектов железнодорожной инфраструктуры (к которым относятся железнодорожные мосты, туннели и оползневые косогоры) не всегда удовлетворяет нормам безопасности. Эксплуатируется большое количество сооружений, исчерпавших свой нормативный ресурс. Для обеспечения гарантированного уровня

безопасности и управления рисками возникновения негативных природно-техногенных ситуаций следует сфокусировать внимание на создании систем мониторинга природно-технических объектов.

Основные задачи мониторинга приведены в виде функциональной диаграммы на рис. 1. Остановимся подробнее на современных видах, методах и технологиях измерений параметров процессов на объектах железнодорожной инфраструктуры.

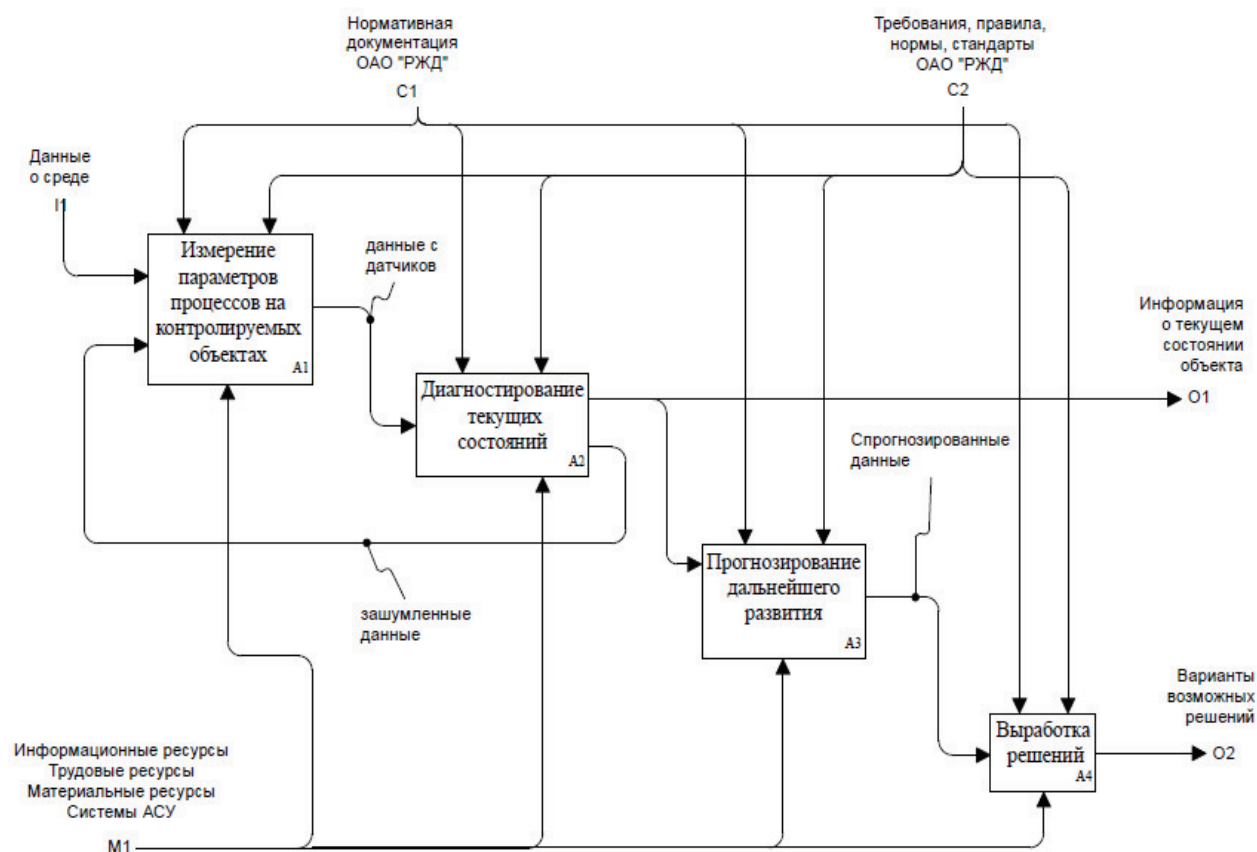


Рис. 1. Задачи мониторинга природно-технических объектов железнодорожной отрасли

2. Измеряемые свойства и новые концепции измерений

В последние годы появились и активно развиваются новые концепции измерений: автономные, интеллектуальные, мягкие, когнитивные измерения [2,3]. Эти концепции связаны с появлением значительного числа новых измерительных задач, которые характеризуются высокой степенью сложности и неопределенности всех компонентов измерительного процесса: неполнотой и неточностью экспериментальной информации об объекте и условиях измерения, сложностью и динамичностью структур объектов измерения, повышенными требованиями к скорости и эффективности измерений. Согласно стандартам ISO, любое измерение имеет два компонента: измеренное значение и его погрешность. В частности, мягкие измерения на основе байесовского подхода

используют вероятностные модели, байесовский критерий решения и нечеткие переменные, а когнитивные измерения предполагают извлечение и использование метрологических знаний [3]. В настоящей работе развивается методика интеллектуальных измерений в русле единства измерений и прагматических оценок. В ее основе лежит двухуровневая архитектура измерений, где на первом уровне представлен набор датчиков для проведения количественных измерений, а на втором уровне осуществляется отображение результатов этих измерений в прагматическую шкалу лингвистических значений типа «норма», «предотказ», «частичный отказ», «полный отказ» и пр.

Предварительно рассмотрим типы измеряемых свойств и построим онтологию измерений в виде когнитивной карты (см. рис. 2). В целом, все измеряемые свойства можно условно разделить на 4 класса [4].

1. Качественное свойство описывается множеством его проявлений, не обладающих количественным признаком, т.е. два любых элемента могут находиться в логическом соотношении эквивалентности или отличия.
2. Количественное свойство, в отличие от качественного свойства, описывается именно множеством его количественных проявлений.
3. Пространственно-временные свойства выделяются в отдельный класс из-за особого, фундаментального характера пространства и времени.
4. Комбинированные свойства – это качества или признаки, описываемые совокупностями различных свойств.

Для анализа состояния объектов железнодорожной инфраструктуры требуется не только измерение количественных свойств (величин), но и их оперативная автоматизированная интерпретация. Рассмотрим вариант его осуществления в рамках технологии сенсорных сетей.

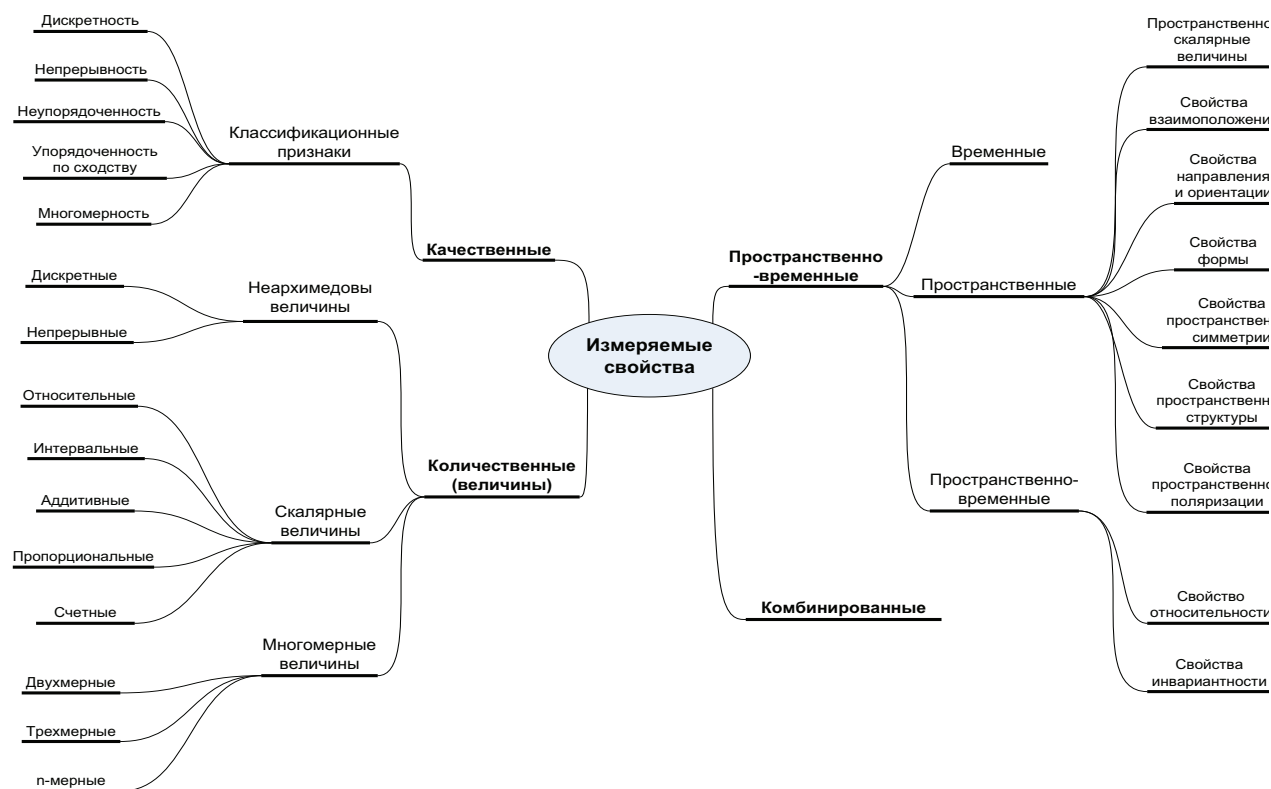


Рис. 2. Онтология измеряемых свойств

3. Сенсорные сети

Сенсорная сеть – это распределённая, самоорганизующаяся сеть множества датчиков – сенсоров – и исполнительных устройств, объединённых между собой посредством радиоканала (беспроводная) или с помощью проводов (кабельная) [5].

Датчик, сенсор (от англ. sensor) - термин систем управления, первичный преобразователь, элемент измерительного, сигнального, регулирующего или управляющего устройства системы, преобразующий контролируемую величину в удобный для использования сигнал. В некоторой литературе встречается определение датчика, или сенсора, как преобразователя сигналов различной энергетической природы в электрические. Конечно, энергетическая характеристика первичного сигнала может достаточно универсально описать свойства среды, но иногда эту энергетику весьма сложно проявить в практической реализации сенсорного устройства [6].

Характерной особенностью сенсорных сетей является то, что в сети сенсоры могут подстраховывать друг друга, работоспособные узлы могут взять на себя задачи с узлов, на которых произошел сбой. Очевидно, что распределенная вычислительная структура сети более устойчива по отношению к сбоям, чем отдельно взятые устройства. Кроме

того, возможности одного изолированного устройства надежно предоставлять точную информацию о своем окружении сильно ограничены, так как внешняя среда не очень хорошо определена и, как правило, неоднородна, то есть требует измерения разнообразных свойств и величин различной природы.

Рассматривая основные особенности беспроводных сенсорных сетей мониторинга, очевидно, что наиболее важными задачами в организации их работы являются обеспечение питания и оптимизация энергозатрат. Беспроводные узлы могут питаться лишь от автономных источников энергии, запасы которых часто ограничены емкостью питающих батарей. Для увеличения срока автономной работы устройств необходимо использовать источники альтернативной энергии: солнечные модули, преобразователи механической энергии, пьезоэлектрические, емкостные, индуктивные генераторы и т.д. [7]

Обе концепции, беспроводная и кабельная, используют одинаковые типы датчиков для наблюдения за параметрами объектов мониторинга. Для искусственного сооружения мост, к примеру, достаточно использование 3-4 типов датчиков в одном узле сенсорной сети: тензометрический датчик для измерения различных деформаций конструкции, магнитные датчики для определения характеристик магнитного поля, анемометры для определения скорости воздушных потоков.

В следующем разделе подробно рассмотрено одно из наиболее важных измерительных устройств для определения состояния мостов – анемометр.

4. Анемометр

Анемометр (от греч. *anemos* – ветер и *metreo* – измерение) – измерительный прибор, предназначенный для определения скорости ветра, а также для измерения скорости направленных воздушных и газовых потоков.

Этот прибор состоит из двух основных блоков - набора лопастей, расположенных на его верхушке, и соединенного с ними измерительного механизма.

Анемометр, как измерительный прибор, состоит из трех основных частей:

- приемное устройство (чувствительный элемент анемометра, первичный преобразователь анемометра);
- вторичный преобразователь (механический, пневматический или электронный блок анемометра);
- отсчетное устройство (указатель стрелки, шкала, индикатор, дисплей анемометра).

Конструкция датчика скорости ветра чашечного анемометра, который включает в себя три полых алюминиевых полушария, а также эволюция чашечного анемометра приведены на рисунках 3 и 4.

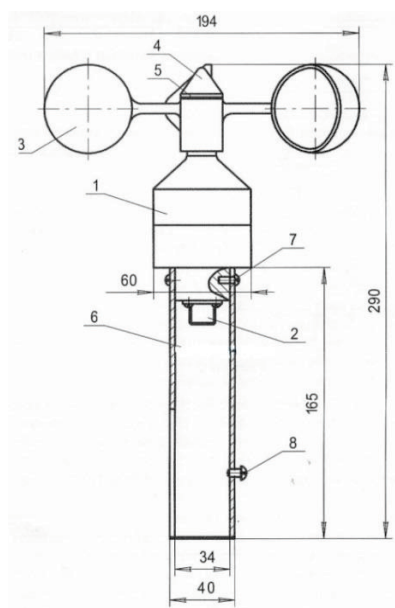


Рис. 3. Датчик скорости ветра: 1 – преобразователь; 2 – разъем; 3 – крыльчатка; 4 – гайка-колпачок; 5 – уплотнительная шайба; 6 – труба; 7 – винт крепления; 8 – стопорный винт

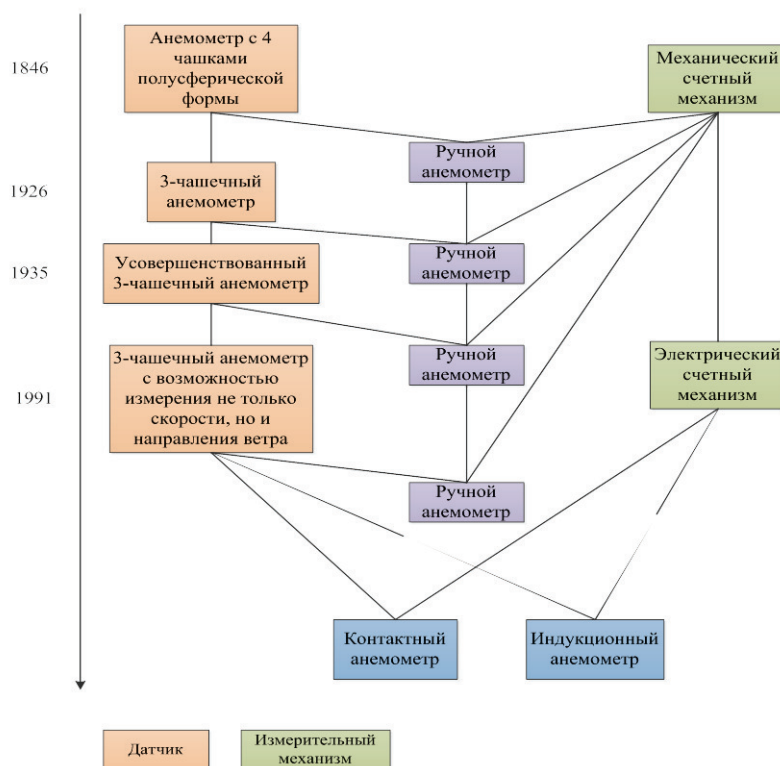


Рис. 4. Эволюция чашечных анемометров

При выборе анемометра необходимо учитывать множество факторов, таких как диапазон измерений анемометра, погрешность измерения скорости воздушного потока, диапазон рабочих температур, степень защиты анемометра от воздействия агрессивных факторов окружающей среды, уровень взрывозащиты, влагозащищенность и водонепроницаемость анемометра, габаритные размеры, как самого прибора, так и чувствительного элемента анемометра и т.д.

Сложность проектирования различных датчиков обусловлена множеством параметров, которые датчик должен измерить. В случае с тем же анемометром, кроме определения скорости воздуха иногда требуется измерить температуру окружающей среды, направление воздушного потока, относительную и абсолютную влажность, освещенность, содержание вредных примесей и некоторые другие параметры. Другой усложняющий фактор – множество типов выходных сигналов сенсоров. Кроме того, на железной дороге существует необходимость первичного анализа данных, а именно, оценка измеренных значений и в некоторых случаях, выбор управляющих решений.

В связи с этим, в различных отраслях промышленности, на производстве и на транспорте требуется переход от классических датчиков к интеллектуальным.

5. Интеллектуальный датчик

Интеллектуальность сенсора, в первую очередь, определяется тем, что к сенсору добавляется аналоговая интерфейсная схема, аналого-цифровой преобразователь и интерфейс шины, т.е. содержательно весь интеллект сенсора заключается в том, что свойства среды представляются в цифровом виде. В этом вопросе требуется стандартизация и, как следствие, повышение интеллектуального потенциала сенсора.

Развитие автономных сенсоров связано с их интеграцией в распределенные системы с интеллектуальными сигнальными процессорами и интеллектуальным регулированием исполнительных механизмов при минимальном потреблении энергии. Дальнейшая интеллектуализация датчиков связана с возможностью слияния и первичного анализа данных, а также их интерпретации в русле естественной прагматики (показания датчика в норме, не в норме, в пограничной области). Иллюстрация этой идеи приведена на рисунке 5.

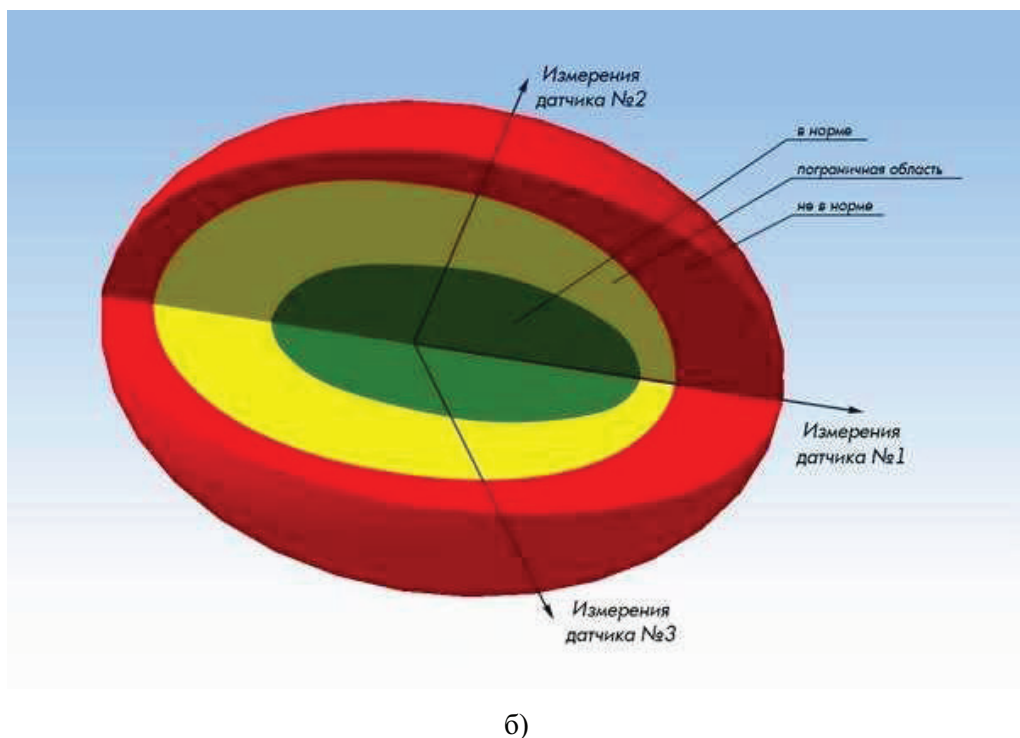


Рис. 5. Идея светофора: а) для одного датчика; б) для трех различных датчиков

Заключение

Резюмируя вышеизложенное, можно сделать вывод о насущной необходимости перехода от классических к интеллектуальным измерениям (включающим не только получение и первичный анализ данных, но и их интерпретацию в русле естественной прагматики) в задачах мониторинга объектов железнодорожной инфраструктуры.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 11-07-13165-офи-м-2011-РЖД.

Список литературы

1. Программа «Модернизация транспортной системы России (2002-2010 годы)». В ред. постановлений Правительства РФ от 31 мая 2006 года № 338, от 9 июля 2007 года №

437, от 10 апреля 2008 года № 258, от 17 марта 2009 года № 236, от 29 октября 2009 года №864 и от 21 декабря 2009 года №1035.

2. Аверкин А.Н., Прокопчина С.В. Мягкие вычисления и измерения // Интеллектуальные системы (МГУ). – 1997. –Т.2, вып.1-4. – С.93-114.
3. Прокопчина С.В. Когнитивные измерения на основе байесовских интеллектуальных технологий// Сборник докладов XIII-й международной конференции по мягким вычислениям и измерениям (SCM' 2010, Санкт-Петербург, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 23-25 июня 2010 г.). – СПб: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010. – С.28-34.
4. Дойников А.С. Классификация измеряемых свойств// Сборник докладов V-й международной конференции по мягким вычислениям и измерениям (SCM' 2002, Санкт-Петербург, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 25-27 июня 2002 г.). – СПб: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2002. – С.46-49.
5. Мейджер Дж.К.М.. Интеллектуальные сенсорные системы. – М.: Изд-во Техносфера, 2012 – 464 с.
6. Weber V. Smart Sensor Networks - Technologies and Applications for Green Growth //OECD.ORG: The Organization for Economic Co-operation and Development.2009.URL. <http://www.oecd.org/internet/ieconomy/44379113.pdf> (дата обращения: 01.03.2013).