

Основы построения и структура интеллектуальных измерительных средств

Д. А. Королева

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Финуниверситет), Financial University
korol@yandex.ru

Аннотация. Интеллектуальные системы являются высшей ступенью развития технических (кибернетических) систем, создаваемых человеком, наделяя их фрагментами человеческого разума при принятии решений, планировании стратегий управления, приобретения новых функций путем обучения и при выполнении других «интеллектуальных» действий во всех тех случаях, когда обстановка не допускает или не оправдывает присутствия человека-оператора.

Ключевые слова: измерительные средства; построение поддержки, анализ; моделирование; связи; измерения

Интеллектуальные системы являются высшей ступенью развития технических (кибернетических) систем, создаваемых человеком, наделяя их фрагментами человеческого разума при принятии решений, планировании стратегий управления, приобретения новых функций путем обучения и при выполнении других «интеллектуальных» действий во всех тех случаях, когда обстановка не допускает или не оправдывает присутствия человека-оператора. Они опираются на теорию систем, которая включает многие разделы, в том числе: теория идентификации; теория адаптации, оптимизации; теория самонастройки; теория самоорганизующего управления (СОУ); системотехника; и многие другие. Для описания интеллектуальных СИ наиболее подходящими является теория СОУ, входящая в системотехнику. Если система проявляет интеллектуальные способности такие, как принятие решений в сложных условиях и т.д., то ее называют системой с элементами искусственного интеллекта. При функционировании любой сложности системы (технической, экономической, экологической, медицинской, транспортной, организационной) информация о состоянии является основой для управления. Поэтому качество этой информации определяет качество функционирования системы. Быстродействие системы сбора и обработки информации определяет степень управляемости системы. Количество информации в единицу времени определяет степень управляемости системы. Количество информации в единицу времени определяет богатство (уверенность) знаний о системе. Всю эту информацию поставляет системе в неотразимом ритме, количестве и формате информационно-измерительная подсистема (ИИП). Поэтому задачи, стоящие перед системой зависят в большей степени от ИИП.

I. СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Интеллектуальный анализ измерительной информации используется для выявления скрытых закономерностей или зависимостей между переменными, характеризующими результаты измерений каких-либо процессов в технических или естественных системах, в том числе, когда измерения представлены большими массивами данных. Системы интеллектуального анализа позволяют определить состояние анализируемого технического объекта, сделать заключение о качестве его функционирования, дать рекомендации по поиску и устранению неисправностей его технических подсистем или определить состояние анализируемой естественной системы. Системы интеллектуального анализа и обработки измерительной информации применяются для определения состояний и анализа функционирования ракетно-космических и авиационных комплексов, сложных технических систем, в том числе автоматизированных систем управления технологическими процессами, а также для мониторинга окружающей среды, оценки сейсмичности и т.п.

Решаемые задачи

1. Очистка измерений от шума: оценка достоверности результатов измерений состояний технических и естественных систем со сложной динамикой, автоматический поиск и отбраковка недостоверных измерений (рис. 1); очистка сигналов с неизвестным законом изменения от шума, статистические параметры которого меняются неизвестным образом; выявление скрытых компонент в составном сигнале (рис. 2).

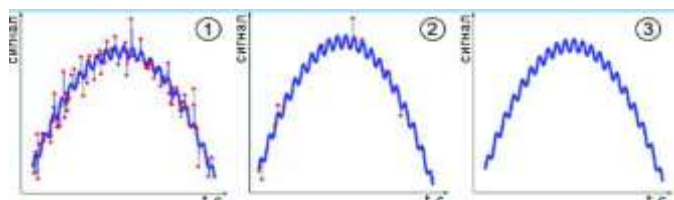


Рис. 1. Автоматическая отбраковка недостоверных данных (итерации)

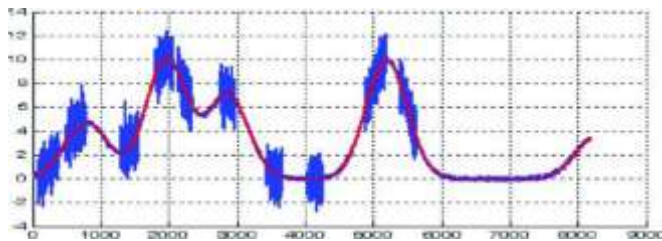


Рис. 2. Очистка сигнала от нестационарного шума (синий-исходный сигнал, красный-очищенный)

2. Оценка состояния контролируемого объекта по результатам анализа измерительной информации в режиме реального времени и по завершению измерений: построение информационной модели контролируемого объекта и оценка соответствия его измеренного состояния данным информационной модели анализа контролируемого объекта на соответствия заданным режимам функционирования

3. Анализ аномальных ситуаций и его использование в прогнозировании аномальных ситуаций, возникающих в процессе функционирования контролируемого объекта: выявление момента и локализация места возникновения аномальной ситуации, определение причин возникновения аномальных ситуаций, формирование сценариев развития предсказанных аномальных ситуаций и определение возможных вариантов их предупреждения

4. Прогнозирование поведения контролируемого объекта: определение возможной эволюции состояния объекта на основе его информационной модели, определение необходимости внепланового технического обслуживания объекта на основе анализа его текущего состояния.

5. Автоматизация процесса обработки данных и повышение достоверности получаемых результатов анализа измерительной информации.

Система интеллектуального анализа и обработки измерительной информации состоит из ядра системы и подсистемы обработки данных.

1. Подсистема делит обработку данных на два этапа: этап предварительной обработки данных использует вейвлет-технологии, позволяющие очищать сигнал с неизвестной динамикой изменения на фоне шума с неизвестными и меняющимися статистическими параметрами, выявлять скрытые компоненты в исходном составном сигнале, проводить спектральный анализ случайных процессов с высокой точностью. Этап системного анализа использует для анализа данных методы сегментации, кластерного анализа, классификации, поиска ассоциативных зависимостей, секвенциального анализа и методы распознавания образов.

2. Ядро системы реализует организационный уровень функционирования системы в целом. В ее основу положена онтологическая модель, описывающая исследуемые технические объекты и природные явления, и набор процедур анализа и обработки данных,

взаимодействие между которыми осуществляется через механизм бизнес правил.

II. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОТРАБОТКИ АВИАЦИОННЫХ И АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

На сегодняшний день можно отметить следующие требования со стороны экспериментальной отработки современных авиационных и аэрокосмических технологий к интеллектуальным измерительным приборам для анализа информации: стоимость объектов отработки аэрокосмических технологий, как правило, очень высокая и постоянно увеличивается (современный ЖРД стоит более 10 млн. долларов); в области измерений – повышение требований к точности измерений и привязки их ко времени, увеличению объема измерительных данных, увеличению их номенклатуры и частоты опроса датчиков; в области вычислений – моделирование измерительных сложных сигналов и средств измерений, прогнозирование результатов испытаний в темпе эксперимента, отображение данных пользователю в удобном виде; в области управления – повышение требований к точности выдачи управляющих воздействий как по величине, так и по времени, увеличение числа контуров управления (многоточечное управление).

Современные тенденции развития аппаратно-программного обеспечения ИВК: развитие датчиков: появление датчиков с цифровыми выходами, новые коммуникационные технологии организации связи между датчиками и измерительными системами, снижение стоимости датчиков и повышение их технических (в том числе – точностных) характеристик; в области измерительных систем – появление новых аналого-цифровых микросхем большой степени интеграции (одна микросхема – система сбора данных от нескольких датчиков), применение последовательных каналов связи; в области вычислительных систем – широкое применение распределенной обработки с использованием сигнальных процессоров, нейропроцессоров с оптоэлектронной обработкой, пакеты программ SCADA InTouch и др., Matlab, LabView и др. ОС WINDOWS в области управляющих систем – применение ОС жесткого РВ, обеспечивающих время реакции системы на события менее единиц микросекунд, многозадачный режим, обеспечивающий параллельное регулирование по многим контурам, применение методов нечеткой логики для управления; в области коммуникаций между системами – широкое использование шин field-bus (profibus, can-bus и др.), модемной связи, радиоканалов и т.п.

К измерительно-вычислительным и управляющим устройствам интеллектуальных автоматизированных систем измерения, контроля и управления АСКИиУ, применяемым в процессе стендовых испытаний и инженерных экспериментов с элементами и узлами ЛА, предъявляются высокие требования. Необходимость обеспечения заданных высоких метрологических характеристик каждого отдельного измерения при условии, что на объект испытаний, как правило, установлено большое количество первичных преобразователей, как по номенклатуре, так и по их числу.

Измеряемые величины изменяются в весьма широких пределах. Автоматизированные системы испытаний являются эргатическими системами (человечно-машинными), «встроенными» в соответствующие научно-исследовательские, проектные, опытно-конструкторские или производственные работы. Новое поколение интеллектуальных автоматизированных систем контроля измерения, и управления, должны отвечать следующим требованиям: АСКИиУ должна обладать иерархической структурой и состоять из взаимозависимых подсистем, которые, в свою очередь, также могут быть разбиты на подсистемы и т.д., вплоть до самого низкого уровня; АСКИиУ должны состоять из сравнительно немногих типов подсистем, которые организуются в единую систему; функционирующая АСКИиУ должна являться результатом развития (эволюции) более простой работающей системы. Анализ этих требований и условий их применения позволили сформулировать принципы, на которых должны строиться интеллектуальные автоматизированные системы контроля, измерения и управления нового поколения. Выделим основные уровни иерархии типовых задач технологических процессов: измерений; обработки результатов измерений; регистрации и отображения; контроля и диагностики; управления технологическим объектом; измерений (первый уровень иерархии задач)

Задача измерения – это нахождение физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. Задачи измерения можно условно разбить на следующие классы: задачи абсолютного измерения, основанные на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и/или использовании значений физических постоянных; задачи динамических измерений, связанные с измерениями мгновенных значений физической величины и ее изменения во времени; задачи косвенных измерений, связанные с измерениями, при которых искомое значение физической величины находят на основе известной зависимости между этой величиной и величинами, определяемыми посредством прямых измерений; задачи относительных измерений, связанные с измерением отношения физической величины к одноименной величине, принятой за исходную, или к относительному изменению физической величины; задачи прямых измерений, связанные с измерениями, при которых искомые значения находятся непосредственно из опытных данных;

Результатом решения задачи измерений является получение замера, т.е. численного значения физической величины в заданном месте, от одного датчика и известном времени с признаком достоверности.

III. ВИРТУАЛЬНЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ПРИБОРЫ ДЛЯ СБОРА АНАЛИЗА В ПРОЕКТАХ

Возможности беспроводных технологий весьма привлекательны для операторов морских месторождений, ищущих пути снижения эксплуатационных расходов и капиталовложений. Меньший вес, меньшее занимаемое пространство, высокая степень безопасности и надежности беспроводных решений изменяют лицо отрасли.

В последние несколько лет беспроводные инструменты для контроля преимущественно используются в удаленных, труднодоступных местах на морских платформах, где ввиду высокой стоимости строительства проводные устройства нерентабельны. Традиционные кабельные подключения, признает Д.Ньюман, по-прежнему будут использоваться в пограничных областях, а также в системах обеспечения безопасности. При этом существующие предприятия существенно выигрывают от применения беспроводных технологий, а новые объекты сразу строятся с расчетом на беспроводные соединения. Предприятия, на которых используются беспроводные технологии, значительно экономят на расходах и становятся «интеллектуальнее»: благодаря упрощению инженерно-технического обеспечения и строительства, гибким параметрам запуска, более быстрому развертыванию и выполнению проектов, а также изменению потребностей в автоматизации. Тем не менее, клиентам требуется подтверждение того, что управление с помощью беспроводных технологий возможно и жизнеспособно. На сегодняшний день существует множество объектов, где применяется решения Smart Wireless. Обновление данных в них происходит раз в секунду, поддерживаются функции управления идентификаторами процессов (PID), автономные модули питания, а также подключения по протоколу IEC 62591 (WirelessHART®). Усовершенствования Emerson Smart Wireless доступны также в цифровой системе автоматизации DeltaV™ серии S. Полное резервирование защищает беспроводную сеть от выходов из строя отдельных узлов, обеспечивая переключение на резервные мощности в случае отказа основных. Как следствие – возможность передачи данных в практически любой ситуации. Среди прочих усовершенствований – резервирование беспроводных вводов/выводов, источников питания и каналов связи, а также каналов Smart Wireless Remote Link. Каналы Remote Link позволяют легко и быстро связать удаленную беспроводную сеть с системой DeltaV.

В течение многих лет аналоговые измерительные приборы 4-20 мА были стандартом для отрасли. В середине 1990-х гг. начался постепенный переход к цифровым решениям, в результате чего была разработана интерфейсная шина FOUNDATION™. В настоящее время она широко используется в нефтегазовой отрасли, особенно в сфере систем управления. Первые беспроводные сети имели серьезное ограничение: устройства должны были находиться в зоне «прямой видимости» друг друга, что было особенно неудобно на морских платформах. Сегодня в решении Smart Wireless, предлагаемом Emerson, используется технология создания самоорганизующихся беспроводных сетевых систем, которая позволяет преодолеть это препятствие. Самоорганизующиеся беспроводные сети осуществляют непрерывный мониторинг передачи данных с разнообразных измерительных приборов, отслеживающих параметры давления, температуры, расхода и вибрации. Сеть автоматически находит оптимальный маршрут передачи данных. Если соединение временно заблокировано, то сигнал перенаправляется на смежные беспроводные устройства, и канал связи остается в

рабочем состоянии. Технология беспроводных систем лежит в основе международного стандарта IEC 62591 (WirelessHART). Этот стандарт дает возможность быстро и легко воспользоваться преимуществами беспроводной технологии, одновременно обеспечивая совместимость с существующими устройствами, инструментами и системами. При использовании этой технологии получается, что с добавлением новых устройств сеть становится все более устойчивой, поскольку растет количество потенциальных маршрутов передачи данных для каждого устройства. Это очень важное преимущество в ситуации, когда измерительные приборы работают с постоянно изменяющимися средами: включающимися и выключающимися насосами, электродвигателями, вентиляторами, сварочными аппаратами, возводимыми и демонтируемыми строительными лесами, и огромным количеством других объектов, состояние которых постоянно меняется. Способность сети автоматически перенаправлять потоки данных обеспечивает надежность передачи информации на уровне выше 99% – вне зависимости от рабочей среды и сферы применения.

Как показала проверка различных комбинаций проводного интерфейса HART, интерфейсной шины и беспроводных устройств, и их расходов на монтаж, с экономической точки зрения беспроводные решения более эффективны по сравнению с другими средствами передачи данных. На подвергнутой изучению платформе приблизительно 17% сигналов были переданы с помощью беспроводных устройств. В этом случае установка беспроводных решений наряду с другими технологиями в рамках системы управления технологическим процессом позволяет сэкономить до 7% расходов (то есть, в абсолютных цифрах – более 1 миллиона долларов США). Дополнительную экономию приносит устранение 800 проводных точек. Это выражается в уменьшении веса (на 35 тонн) и пространства (на 4556 квадратных футов), которое занимают кабели, кабельные лотки, распределительные коробки и шкафы. Решение Smart Wireless можно адаптировать для любых нужд – от небольшой удаленной сети до полноценного комплекса, охватывающего целое предприятие. Emerson предоставляет удаленные устройства, измеряющие давление, расход, уровень, температуру, вибрацию и положение запорной арматуры. В сетях предприятий решение Smart Wireless обеспечивает высокую пропускную способность, гибкость и возможности расширения, необходимые для коммерческого использования. В упомянутых решениях используются открытые стандарты, например, 802.11 (Wi-Fi). Сети предприятий в основном используются в следующих сферах: 1) транспортная сеть передачи данных с удаленных устройств; 2) обеспечение условий работы для сотрудников, постоянно передвигающихся по территории предприятия 3) передача видеoinформации; 4) обеспечение безопасности и наблюдение за оборудованием.

Транспортная сеть передачи данных с удаленных устройств – это наиболее распространенный вариант применения беспроводных сетей. Если некоторое количество удаленных беспроводных устройств расположены в отдаленной части предприятия, а стойки распределенной системы управления поблизости нет, то

создается специальный канал связи, по которому информация передается в РСУ. Три остальных варианта применения оказывают влияние на безопасность работы и на условия труда персонала. Еще одним аргументом в пользу применения беспроводных сетей является повышение продуктивности труда. По-настоящему все преимущества осознаешь тогда, когда видишь, что технические специалисты могут получить доступ к консоли в диспетчерской, инструментам управления оборудованием или процедурам поиска и устранения неисправностей откуда угодно.

Системы видеонаблюдения широко применяются в качестве компонента систем обеспечения безопасности. Традиционные проводные системы слишком дороги. Кроме того, их развертывание занимает длительное время. С помощью беспроводных сетей можно обеспечить гибкое получение видеоданных в диспетчерской и офисных зданиях, что невозможно при использовании проводных решений. «Для видеоданных найдется множество вариантов применения на морских платформах, – продолжает Д.Ньюман. – Некоторые операторы испытывают проблемы с коррозией в резервуарах плавучих систем добычи, хранения и отгрузки нефти. Когда встал вопрос, как можно отследить этот процесс, ответ был очевиден: беспроводные видеокамеры. Кроме того, возможность организации видеоконференций с участием специалистов, находящихся на платформе, снизила риски, связанные с выездами на объект».

Обеспечение безопасности и наблюдение за оборудованием позволяет улучшить безопасность персонала и самого предприятия, а также оптимизировать использование важного оборудования в сложных условиях. Составление сложных планов и дорогостоящие выезды на объекты более не нужны при построении удаленных сетей. Передача данных остается возможной до тех пор, пока устройство или шлюз остается в пределах диапазона действия, по крайней мере, еще одного беспроводного устройства.

Научный руководитель статьи от Финансового университета при Правительстве РФ доц. каф. «Системный анализ в экономике» Звягин Л.С.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Бешелев С.Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С. Д. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Статистика, 1980. 264 с.
- [2] Рувенный И.Я. Клиентоориентированный подход к развитию организации // Альманах современной науки и образования: рецензируемый научный журнал. Тамбов: Грамота, 2015. № 6 (96). С. 132–135.
- [3] Недосекин А.О. Применение теории нечетких множеств к задачам управления финансами [Электронный ресурс] / А.О. Недосекин // Аудит и финансовый анализ. 2000. № 2. – Режим доступа : <http://www.cfin.ru/press/afa/2000-2/08.shtml>
- [4] Zvyagin L.S. Iterative and non-iterative methods of monte carlo as actual computing methods bayesian analysis// В сборнике: Proceedings of 2017 20th IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2017 20. 2017. С. 18-21.
- [5] Zvyagin L.S. Process of information processing when realizing the concept of 'soft' measurements// В сборнике: Proceedings of 2017 20th IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2017 20. 2017. С. 70-73.