



Очередное заседание семинара
«Проблемы искусственного интеллекта»,
проводимого Российской ассоциацией искусственного интеллекта (РАИИ)

состоится 20 марта 2019 г. (среда)
в ФИЦ ИУ РАН

Конференц-зал, 1-й этаж

Начало в **18.30**.

Адрес: Москва, проспект 60-летия Октября, 9

Доклад:

**«От интеллектуальных измерений к синтезу
интеллектуальных систем. Регуляризирующий
байесовский подход»**

Докладчик:

Прокопчина Светлана Васильевна

Финансовый университет при Правительстве РФ

Оргкомитет семинара:

д.т.н., проф. Еремеев А.П. (НИУ "МЭИ");
д.т.н., проф. Кузнецов О.П. (ИПУ РАН);
д.ф.-м.н., проф. Осипов Г.С. (ФИЦ ИУ РАН);
д.т.н., проф. Финн В.К. (ФИЦ ИУ РАН).

Проезд:

ст.м. "Ленинский проспект" или "Академическая" ([схема проезда](#))

Контакты:

Ученый секретарь семинара – Карпов Валерий Эдуардович
e-mail: karпов_ve@mail.ru

Информацию о семинаре можно также получить на [сайте РАИИ http://www.raai.org](http://www.raai.org)

Прокопчина С.В.

От интеллектуальных измерений к синтезу интеллектуальных систем. Регуляризирующий байесовский подход.

Д.т.н., проф.,

Финансовый университет при Правительстве РФ

Доклад посвящен методологии, информационным технологиям и прикладным системам, построенным на регуляризирующем байесовском подходе (РБП), обеспечивающем интеллектуальную обработку информации в условиях значительной неопределенности.

Байесовские интеллектуальные технологии на основе РБП включают технологии интеллектуальных измерений, мягкого нормирования и аудита, мягкого управления сложными системами, активно взаимодействующими с внешней средой.

В докладе рассматриваются технологические платформы и готовые решения для байесовских интеллектуальных измерений (БИИ) и других новых видов измерений, приводится классификация видов измерений, даются примеры и рекомендации их применения. Также рассматриваются вопросы синтеза технологий интеллектуализации контроля и управления сложными системами в условиях неопределенности, их синтеза в рамках поставленных требований и саморазвития в ходе эксплуатации.

Развитие общей теории измерений стимулировало работы по расширению метрологических требований и номенклатуры показателей качества обработки данных, а также появление новых видов измерений, метрологической аттестации и контроля, в частности, метрологии алгоритмов, моделей, объектов и условий измерений.

Как правило, на практике современные измерительные задачи сопровождаются сложными условиями проведения экспериментов, связанных с наличием значительной априорной неопределенности о свойствах объектов и влияющих факторах среды их функционирования, взаимосвязях между ними, неточностью и неполнотой экспериментальной информации, недоступностью для непосредственных наблюдений многих свойств объектов или влияющих факторов, что выделяет познавательную функцию методологии их решения как основополагающую. Поэтому постановка указанных задач как измерительных обуславливает усиление роли познавательной функции измерений и выдвигает требование получения результатов их решений в форме знаний (аналитических выражений для моделей, а также выводов и решений) на основании учета всего объема априорной и поступающей в процессе измерительного эксперимента информации, в том числе и нечисловой. Таким образом, процесс осмысливания полученных результатов измерений в виде чисел, а также аналитические выводы и принятие решений включаются в контур измерительных процессов. Однако, ***это допустимо только при наличии метрологического сопровождения на всех этапах получения решений. Только при этом условии процессы обработки информации могут быть отнесены к измерительным.***

Определим такой тип измерительных задач как ***тип сложных измерительных задач***, понимая под этим сложные объекты измерений, представляющих собой системы взаимосвязанных свойств, активно взаимодействующих с окружающей внешней средой, сложные многоэтапные и аналитические измерительные процессы, сложные условия измерений при информационной неопределенности и нестабильности как самих объектов, так и их окружения.

Выполнение этого требования способствовало привлечению аппарата теорий искусственного интеллекта, оптимальных решений, информатики к созданию новых информационно-измерительных технологий для обработки разнородных потоков экспериментальных данных средствами измерительной техники.

Одним из главных моментов построения измерительных технологий является определение типа информационной ситуации, в которой производятся измерения. Существуют три типа информационных ситуаций измерений. Это ситуации с полностью

определенной информацией и условиями измерений (тип I); ситуации с неполностью определенной информацией и стабильными условиями измерений (тип II), но эту и ситуации со значительной неопределенностью и частичную неопределенность можно снять в итерационном режиме, адаптируя модель объекта измерений согласно поступающей информации (тип II) и ситуации со значительной неопределенностью, нестабильностью условий измерений, активным влиянием внешней среды (тип III).

Идентифицируя эту специфику методов, появились, кроме существующих прямых измерений, которые реализуются в первой информационной ситуации, понятия:

- комплексные измерения, основанные на расширенных понятиях измерений и тезаурусах, реализуемых в виде структур моделетек; (ситуация (тип II));
- статистические измерения [основанные на вероятностно-теоретическом подходе; ситуация (тип II)];
- динамические адаптивные измерения, подчеркивающие временные характеристики свойств объектов измерения; ситуация (тип II);
- адаптивные измерения с коррекцией результата в процессе измерений по заданному алгоритму; ситуация (тип II);
- интервальные измерения ситуации (тип II) и (тип III);
- процессорные измерения, выделяющие класс средств ИТ, необходимых для их реализации; ситуация (тип II);
- алгоритмические измерения определяющие связь с вычислительными аспектами решения измерительных задач; ситуация (тип II).
- измерения, отражающие их прикладную направленность (промышленные измерения, биоизмерения, радиоизмерения, астрофизические, аэроаналитические, социальные измерения, экономические измерения и др.) ситуации (тип II) и в интеллектуальных измерениях ситуации (тип III).

В дальнейшем работах автора данной статьи были предложены концепции, разработаны теоретические основы, принципы и информационные технологии и средства следующих видов измерений, которые реализуются в ситуациях (тип III):

- байесовские интеллектуальные измерения на основе регуляризирующего байесовского подхода; Этот вид измерений подробно рассматривается в докладе с методологической и практической сторон. Приводятся основные аналитические зависимости для алгоритмов БИИ;
- нечеткие измерения в виде совокупности альтернативных решений с различной степенью их достоверности;
- мягкие измерения с гибкой логикой вывода измерительных решений;
- когнитивные измерения с включением субъекта-измерителя в измерительную технологию;
- полисистемные измерения с объектом измерения в виде совокупности сложных автономных систем, активно взаимодействующих между собой и внешней для этой совокупности средой;
- энтропийные измерения, в которых объектом измерения является получаемое количество информации;
- ретроспективные измерения на базе РБП и технологий БИИ;
- перспективные измерения на основе байесовских интеллектуальных технологий.

В работах автора по байесовским статистическим измерениям и байесовской математической статистике разработаны теоретические основы, методология, информационные технологии и решены прикладные задачи измерения числовых характеристик случайных величин и процессов, корреляционных измерений, измерений критериев проверки гипотез, измерений рисков и потенциалов, функциональных измерений законов распределения, измерений трендов, регрессионных измерений, энтропийных измерений в условиях неопределенности.

Для обработки архивных данных и измерения событий прошлого времени разработаны

методологические основы ретроспективных измерений на базе РБП. Ретроспективные измерения позволяют определить оценки свойств объекта в прошлые моменты времени или восстановить их динамическую модель при наличии текущей и архивной информации любого типа об объекте и внешних влияющих факторах.

Очевидно, что вышеперечисленные виды измерений различаются по объектам, способам и прикладным измерительным задачам. Систематизация и классификация этих видов измерений будет способствовать повышению эффективности использования возможностей всего круга видов измерений.

В качестве признаков классификации приняты следующие:

1. По способу использования знаний в измерительном процессе:
 - классические измерения, основанные на текущих экспериментальных числовых данных;
 - интеллектуальные измерения, использующие различные типы знаний наряду с поступающей измерительной информацией в измерительном процессе.
2. По способу вывода измерительного решения :
 - вероятностный подход (статистические измерения, байесовские интеллектуальные измерения);
 - с гибкой логикой вывода (мягкие измерения)
3. По способу организации измерительного процесса:
 - без включения субъекта-измерителя в измерительный процесс;
 - с включением субъекта-измерителя в контур измерительного процесса (когнитивные измерения);
4. По возможности реализации алгоритмической обработки:
 - без возможности реализации алгоритмической обработки (прямые измерения);
 - с наличием возможности реализации алгоритмической обработки (косвенные измерения, алгоритмические измерения).
5. По сложности объекта измерения:
 - простое свойство;
 - сложная система (системные измерения, совокупные, совместные измерения);
 - совокупность систем (полисистемные измерения).
6. По сложности условий измерения:
 - стабильные условия измерения;
 - условия нестабильности (динамические измерения);
 - условия неопределенности и нестабильности (ретроспективные , перспективные интеллектуальные измерения).
7. По типу прикладной измерительной задачи

Процессы оценки состояния и управления техногенными системами, например, производственными системами, топливно-энергетическими комплексами, транспортными системами являются типичными примерами контроля и управления сложными распределенными объектами с меняющимися во времени и в пространстве свойствами. При активном взаимодействии таких объектов с окружающей средой в условиях значительной нестабильности и неопределенности информации, ситуаций, меняющихся ограничений (например, нормативно-методической или правовой, баз), критериев и требований возникает задача реконфигурации моделей, структуры и функций систем мониторинга, аудирования, управления объектами в режиме функционирования самих объектов. При эксплуатации указанных информационных систем это обеспечивает постоянное поддержание адекватности используемых в них моделей объектам с целью обеспечения эффективности получаемых решений. Например, для управления в условиях нестабильности и неопределенности внешней экономической среды по неполной и неточной информации, собираемой системой мониторинга, необходимо достаточно точно

оценить техническое состояние объекта, финансовую и стратегическую устойчивость, энергетическую безопасность производства и его влияние на окружающую среду, производственные ресурсы, кадровую, финансовую и рыночную ситуации и другие компоненты деятельности предприятия и окружающей среды. Очевидно, что для выработки эффективной стратегии управления таким объектом необходимо иметь в составе системных средств средства для реконфигурации модели объекта с достаточной степенью достоверности в темпе поступления новой информации об объекте и среде. Решение таких задач требует соответствующих методологий и средств их решения, ориентированных на условиях неопределенности и нестабильности.

Одним из таких подходов является байесовский регуляризирующий подход (РБП), который имеет широкий спектр примеров его применения в подобных задачах [1-10].

Учитывая вышеперечисленные требования и ориентируясь на свойства интеграции, метрологичности и саморазвития методологической основы регуляризирующего байесовского подхода (РБП) и информационных технологий на его основе (байесовских интеллектуальных технологий ~ БИТ) представляется целесообразным использовать их для создания развивающихся систем мониторинга, аудита и управления сложными производственными системами.

Очевидно, все эти задачи могут быть разделены на три основные группы:

- оценивание свойств и характеристик объекта, экосистемы и ее компонент, а также моделирование их эволюции, восстановление ретроспективы развития и прогнозирование состояний и ситуаций;
- контроль (аудирование) и нормирование состояния техногенного объекта экосистем или их характеристик; к этому этапу относятся все задачи различных аудитов (качества продукции и производства, экологичности производств, персонала, энергетических показателей и др.);
- генерация оптимальных управленческих решений и управляющих рекомендаций.

Примером реализации на практике РБП и БИТ к управлению предприятиями является измерительно-аналитический программный комплекс АПК «Бизнес-навигатор», предназначенный для управления бизнес-процессами предприятий и их деятельностью в целом в условиях нестабильности и неопределенности производственных и внешних процессов и ситуаций. В состав АПК «Навигатор Директора» входят подсистемы на основе ИРМ для бюджетирования, управления производством, генерации оптимальных бизнес-решений, стратегического планирования и управления проектами, госконтрактами на основе международных стандартов серии ISO, а также российских аналогов (ИРМ – «анализ баланса», ИРМ - «исполнение контрактов», ИРМ - «формирование цен», ИРМ - энергетик, ИРМ – кадры, ИРМ – библиотека, ИРМ – экология).

АПК «Бизнес-навигатор» обеспечивает эффективный производственный, инвестиционный, финансовый, энергетический, экологический менеджмент, руководство персоналом, управление рисками и потенциалами бизнеса, формирование цены на продукцию гражданского и оборонного назначения при обосновании, размещении и исполнении государственных оборонных заказов.

Базовой платформой АПК «Бизнес-навигатор» является лицензированный ПК «Инфоаналитик», обеспечивающий решение задач в условиях значительной неопределенности и нестабильности бизнес-процессов.

ПК «Инфоаналитик» интегрирован с рядом прикладных подсистем, (подсистемы конвертирования, вычисления функций, геоинформационные системы, базы прикладных знаний) представляющих собой интеллектуальные рабочие места (ИРМ) для специалистов различных направлений производственной деятельности.

Создание информационно-аналитической системы для устойчивого управления предприятием в условиях нестабильности и неопределенности, а также управление качеством производимых товаров и услуг на основе международных стандартов в виде

сети интеллектуальных рабочих мест (ИРМ) специалистов на платформе байесовских интеллектуальных технологий/