

4. Можяев А.С., Громов В.Н. Теоретические основы общего логико-вероятностного метода автоматизированного моделирования систем. // ВИТУ. - СПб., - 145 с.

С.М. Ковалев, А.И. Долгий

ГИБРИДНЫЕ МОДЕЛИ АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ОТ ГЕОРАДАРОВ В СЛАБО ФОРМАЛИЗОВАННЫХ ЗАДАЧАХ ДИАГНОСТИКИ ПОЧВЕННЫХ ПОКРОВОВ

Геофизические методы неразрушающего контроля являются основным инструментом решения многих задач, связанных с экологическим и техническим мониторингом почвенных покровов. В их основе лежат математические модели анализа и обработки информации, содержащейся в отраженных электромагнитных сигналах (ОЭС), излучаемых георадарами в исследуемые среды. Однако, на пути использования математических методов обработки такого рода информации возникает ряд проблем, связанных с наличием множества "не-факторов", как в описании самих объектов исследования, так и в описании моделей принятия решений.

С математической точки зрения ОЭС относится к классу так называемых слабо формализованных временных процессов (СВП), который получен в результате достаточно сложного взаимодействия во времени ряда внутренне скрытых случайных или нечетких подпроцессов, связанных с отражением электромагнитных излучений от объектов зондирования. Задачу анализа ОЭС в наиболее общем виде можно сформулировать как задачу идентификации классов объектов зондирования и определения их параметров на основе выявления в СВП внутренне скрытых подпроцессов, внешним проявлением которых является объективный отраженный сигнал. Или более точно – в определении для ОЭС такого множества физически измеряемых параметров $\bar{\mathfrak{Z}}$ (вейвлет-параметры, ЛПК-параметры и др.), опираясь на которые можно было бы, во-первых, надежно идентифицировать классы зондируемых объектов $\bar{\mathfrak{R}}$ (аномальных явлений и процессов) и, во-вторых, для выявленных моделей скрытых подпроцессов надежно идентифицировать вторичные параметры $\bar{\mu}$ (диэлектрическая проницаемость, коэфф. отражения и др.) с целью определения первичных параметров зондируемых объектов \bar{X} (размеры, расстояние до поверхности и др.). Возникающие здесь проблемы связаны с тем, что однозначного отображения множества первичных параметров ОЭС в множество вторичных параметров $\bar{\mathfrak{Z}}$, равно как и однозначного отображения множества параметров $\bar{\mathfrak{Z}}$ в множество идентифицируемых классов $\bar{\mathfrak{R}}$ не существует.

Многочисленные исследования в области моделирования слабо формализованных объектов и процессов показали, что данная проблема не решается традиционными аналитическими методами. Недостаточная эффективность аналитических моделей и схем принятия решений отчасти объясняется известным принципом несовместимости, согласно которому сложность исследуемого объекта или процесса и точность, с которой его можно проанализировать традиционными методами, находятся в состоянии взаимного противоречия.

С другой стороны, появление мощных компьютеров и нейро-компьютерных систем с принципиально новыми возможностями позволяют вовлекать в теорию и практику решения слабо формализованных задач, в том числе и задач, связанных с анализом слабо формализованных ОЭС, новых информационных технологий, основанных на методах искусственного интеллекта. В рамках поставленной выше задачи наиболее перспективным представляется использование гибридных интеллектуальных моделей (ГИМ), основанных на интеграции формализованных процедур обработки данных и неформализованных методов, опирающихся на модели знаний.

Основной метод исследования СВП на основе ГИМ сводится к анализу накопленной статистики о моделируемом процессе с использованием инструментария нейронных сетей, являющихся идеальными аппроксиматорами многомерных данных для извлечения первичных параметров СВП, логико-алгебраических методов, являющихся эффективным формальным аппаратом интеллектуального анализа данных с целью извлечения скрытых в них закономерностей, нечетко-логических методов, являющихся эффективным инструментом моделирования когнитивных способностей эксперта по визуальному анализу информации с целью идентификации нечетких объектов, и аналитических методов для уточнения конкретных значений параметров идентифицируемых объектов.

Центральным вопросом при разработке прикладных ГИМ является вопрос о выборе "оберточной" модели – каркаса, обеспечивающего гибкое взаимодействие в процессе анализа СВП различных форм знаний. В качестве возможного варианта такого каркаса рассмотрим иерархическую двух-уровневую модель, основанную на продукционной базе знаний во взаимодействии с процедурами вывода, обеспечивающими основной механизм принятия решений.

Нижний уровень ГИМ предназначен для скрытого детектирования закономерностей в исходном ОЭС и реализован на основе нейро-сетевых, нейро-нечетких и аналитических моделей первичной обработки данных. При этом стандартные нейро-сети являются основным инструментом первичного анализа данных, трудно поддающихся формализованному описанию, а нейро-нечеткие сети обеспечивают возможность эффективной интеграции априорных знаний экспертов в процесс первичной обработки информации. Аналитические модели, основанные на методах цифровой фильтрации, реализуют интегральные преобразования СВП или его отдельных фрагментов в наборы вторичных признаков.

Верхний уровень ГИМ предназначен для решения задач идентификации классов зондируемых объектов и выявления их параметров. Он реализован на основе нечетко-логических моделей правдоподобных рассуждений во взаимодействии с точными вычислительными методами. Конструктивным представлением нечетко-логических моделей в базе знаний ГИМ является семейство продукционных нечетких правил вывода, имитирующих процессы идентификации классов зондируемых объектов. Особенностью верхнего уровня ГИМ является то, что традиционные вычислительные модели, также реализованы на основе продукционных правил, куда они входят в качестве предусловий. Это обеспечивает возможность результативного взаимодействия процессов идентификации нечетких объектов с вычислительными процедурами определения их параметров.

В качестве простого примера рассмотрим эскиз (неформализованную) ГИМ, основанной на методах вейвлет-анализа и нечетко-логической модели.

Вейвлет-анализ представляет собой эффективный инструмент решений многих практических задач, связанных с анализом СВП, однако в каждом конкретном приложении возникает проблема выбора параметров масштаба, сдвига, базисных функций, коэффициентов, подлежащих уменьшению с целью формирования "очищенной" от шумов модели и коэффициентов, подлежащих увеличению с целью получения "контрастной" модели. При этом сами понятия "малые" или "большие" значения коэффициентов, параметров масштабов и сдвига не являются четкими с точки зрения приложения. Поэтому применение нечетко-логических методов в сочетании с конкретными схемами вейвлет-анализа является достаточно естественным.

На основании простого диалога с экспертом осуществляется начальный выбор нечетких базисов для всех параметров вейвлет модели. Следует заметить, что простой диалог с пользователем, направленный на формирование набора возможных начальных параметров модели окупается сторицей из-за небольшого числа всех возможных сценариев. Затем формируются система нечетких правил "Если ПРЕДУСЛОВИЕ, то ЗАКЛЮЧЕНИЕ", условиями которых являются качественные оценки характера моделируемого СВП, а заключениями – нечеткие оценки параметров вейвлет модели, либо нечеткие описания классов в пространстве первичных параметров ОЭС. Далее методами нечеткой логики осуществляется вывод, результатом которого являются нечеткие подмножества параметров \tilde{S} . Найденные нечеткие подмножества параметров подставляются в модели вейвлет анализа, в результате применения которых формируются многопараметрические нечеткие семейства решений \tilde{R} и $\tilde{\mu}$, из которых в последующем методом дефаззификации выбираются оптимальные (наиболее вероятные) $r \in \tilde{R}$ и $\mu \in \tilde{\mu}$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Круглов В.В., Борисов В.В.* Искусственные нейронные сети.
2. *Помозов В.В., Семейкин Н.П.* Георадар как универсальный поисковый прибор.

А.Р. Гайдук, С.В. Василенко

АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ НЕЛИНЕЙНАЯ МОДЕЛЬ ЭНЕРГОБЛОКА

Энергетика обладает рядом специфических особенностей, которые отличают ее от других отраслей производства. Процессы производства, передачи, распределения и потребления электрической и тепловой энергии протекают одновременно и являются непрерывными. Практическое совпадение времени производства и потребления энергии обуславливает органическую зависимость между режимами работы предприятий, производящих электроэнергию, и промышленных предприятий, транспорта, сельского хозяйства, потребляющих электроэнергию. В этих условиях требуется особенно четкая организация процесса производства электроэнергии, обеспечивающая достижение наилучших результатов работы отдельных энергосистем и их объединений в целом.