

МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗЛУЧАЮЩИХ ОБЪЕКТОВ И ИХ СОСТОЯНИЙ НА ОСНОВЕ ФОРМАЛЬНО-ЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Калюжный Н.М., Николаев И.М., Смилык В.И., Колесник В.И.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники,

г. Харьков, пр. Ленина, 14, т. (+38) 057-702-11-38, E-mail: monitoring@kture.kharkov.ua

A method is expounded of a priori description of radio electronic sources and objects on the basis of formal-logical approach. It is shown, that informative models of objects of supervision for the consulting model of recognition can be realized type of semantic pyramidal structure with the use of language of expert knowledge representation.

Введение. Одной из задач экспертной системы оценки радиоэлектронно-объектовой обстановки (ЭСО РЭОО) является распознавание объектов различного базирования по параметрам излучаемых сигналов [1]. В основу построения алгоритмов распознавания излучающих объектов и их состояний в ЭСО РЭОО положен информационный подход с реализацией формально-логических методов [2]. Априорные описания распознаваемых объектов и алгоритмы формирования решений на основе формально-логического вывода формируются экспертами на этапе проектирования данной системы и представляются в виде информационных моделей (ИМ) объектов наблюдения и методов их обработки. Эффективность распознавания объектов наблюдения в ЭСО РЭОО зависит от того, насколько качественно составлены ИМ источников и объектов, и насколько эффективны используемые методы их обработки. В связи с этим актуальной является задача обеспечения соответствия разработанных ИМ и используемых алгоритмов обработки реальным объектам наблюдения.

Целью данного доклада является изложение подходов к разработке ИМ объектов наблюдения на основе формально-логического подхода и алгоритмов прямого и обратного логического вывода при реализации процедур распознавания.

Основная часть. Априорные описания источников и объектов наблюдения в ЭСО РЭОО целесообразно представить в виде некоторого сценария их функционирования, содержащего совокупность априорных описаний отдельных состояний этих объектов, каждое из которых соответствует решению какой-либо одной задачи. При таком подходе получение некоторого вектора сигнально-траекторных признаков о наблюдаемом объекте позволяет на основе его последующей обработки определить состояние тип (класс) данного объекта, а также решаемую объектом в данный момент задачу. На основе изложенного подхода были разработаны и реализованы ИМ ряда объектов наблюдения различного базирования, а также алгоритмы прямого и обратного логического вывода при реализации процедур распознавания.

Каждая ИМ объекта наблюдения в ЭСО РЭОО в общем виде содержит: описание функционирования объекта распознавания (источника излучения); описание объекта в виде развернутой древовидной структуры; текстовое описание пирамидальной структуры ИМ в формате языка представления экспертных знаний; словарь понятий (описание каждого узла сети); словарь отношений (описание связей узлов); словарь предикатов (отношения в узле); экспертные оценки весов для признаков и состояний ситуационного уровня; априорный порог степени проявления ситуаций по набору характеристических признаков; результаты проверки на полноту и противоречивость; анализ статистики по использованию источника или объекта и характерным особенностям его функционирования в различных режимах.

Создание ИМ объектов наблюдения осуществляется с использованием алгоритмов получения, поиска, коррекции и совершенствования знаний экспертов, реализованных в системе с помощью программной среды, обеспечивающей работу с базами знаний и данных.

При помощи программной среды выполняется также процедура логического вывода о нахождении объекта наблюдения в определенном состоянии на основе анализа вектора информационных признаков.

Основными функциями программной среды ЭСО РЭОО являются:

- поиск объектов предметной области, удовлетворяющих заданным свойствам, выраженным определенными отношениями;
- создание и поддержка базы знаний;
- поддержка ориентации эксперта в предметной области, базе ресурсов и базе знаний, помощь в формировании запросов к базе знаний;
- отладка информационных моделей объектов наблюдения посредством автоматической проверки их на непротиворечивость и полноту;
- синтез (компиляция) ИМ в формате языка представления экспертных знаний;
- выполнение модификаций базы знаний.

В качестве примера практической реализации формально-логического подхода рассмотрим ИМ системы дальнего радиолокационного обнаружения и управления (ДРЛОУ) воздушного базирования, для создания которой были выбраны несколько основных состояний и априорно определены источники излучения, функционирующие в каждом из состояний данной системы [3]. Эталонные параметры источников излучения были внесены в базу данных в качестве информационных признаков, описывающих состояние объекта наблюдения в каждом из выбранных состояний.

Модель поведения системы ДРЛОУ была представлена в табличном виде, описывающим применение бортовых РЭС данной системы в различных режимах ее функционирования. Фрагмент структурно-логической схемы модели поведения системы ДРЛОУ в выбранных состояниях приведен в таблице 1 и на рис. 2, на котором система ДРЛОУ в выбранных состояниях, представлена в виде растущей пирамидальной сети. Таблица 1 содержит перечень типов бортовых РЭС и режимов их работы (излучения) объекта наблюдения в выбранных состояниях. Цифры в поле таблицы соответствуют номерам эталонных источников излучения в ресурсной базе данных.

Таблица 1. Состояния системы ДРЛОУ.

№ п/п	Наименования режимы работы РЭС самолета ДРЛОУ	Номера состояний самолета ДРЛОУ							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	РЭС 1, режим 1	37		37		37			
	РЭС 1, режим 2		39			39	39	39	
	РЭС 1, режим 3			45	45				
	РЭС 1, режим 4								47
2	РЭС 2	49	49	49	49			49	49
3	РЭС 3	33	33	33	33			33	33
4	РЭС 4	29	29	29	29	29	29		
5	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Для представления знаний при разработке ИМ объектов наблюдения использовался язык многосортного исчисления предикатов, относящий к языкам декларативного типа и обеспечивающий возможность выполнения выводов, преобразования к внутреннему и внешнему языкам, описания иерархической структуры ИМ, динамической обработки, контроля полноты и непротиворечивости ИМ [4].

Выбор языка многосортного исчисления предикатов обусловлен тем, что логика предикатов обеспечивает проектирование специального математического обеспечения как единого целого на основе теории динамической среды. Кроме того, в логике предикатов существуют три различные семантические стороны: семантика доказательств, модельная семантика и процедурная семантика. Синтаксис языка логики предикатов задаёт

определение термов и предикатов, а на их основе затем определяются логические формулы. Модельная семантика строится на базе непосредственного установления соответствия синтаксических понятий внутри языка с понятиями объективного мира: с объектами, с сущностями, с функциями и отношениями между объектами. В то же время язык предикатов является языком декларативного типа, для которого целиком определяется механизм логического вывода и заранее доказывается полнота и корректность эквивалентности модельной семантики и доказательной семантики представлений, выводимых с использованием соответствующего механизма вывода. Другим важным свойством логики предикатов является сходство с реляционной базой данных.

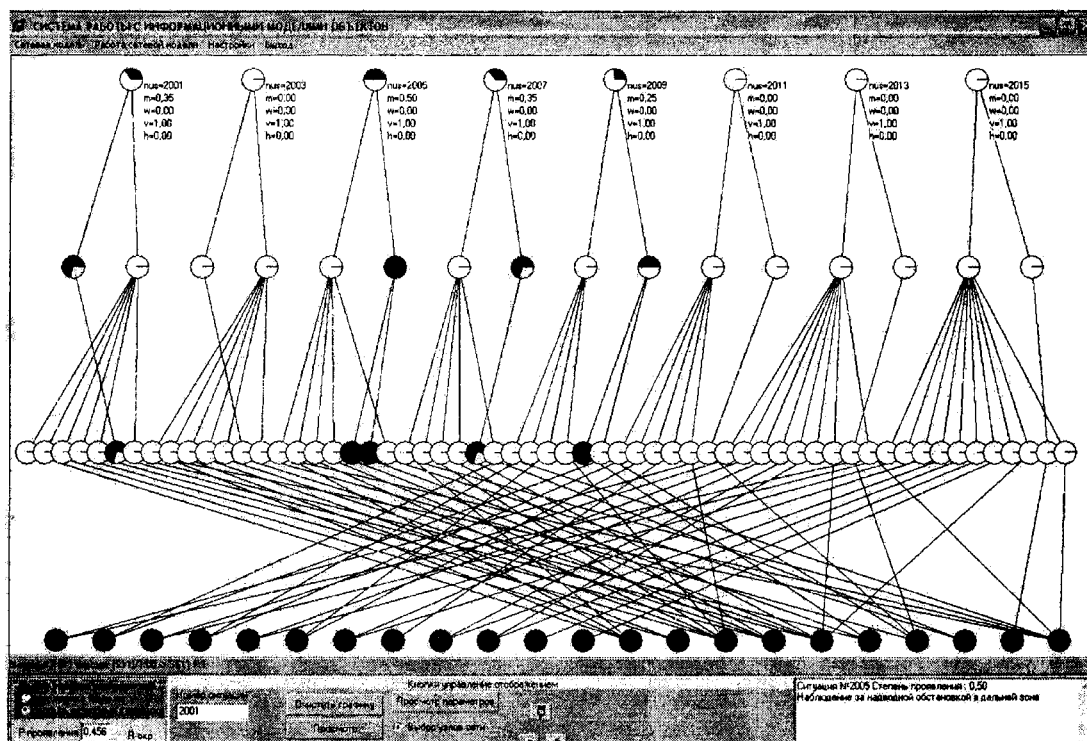


Рис.2. Структурно-логическая схема ИМ системы типа самолета ДРЛОУ

В-третьих, в логике предикатов принципиально отсутствуют ограничения на порядок записи, при этом модель задачи, представленная безотносительно к вычислительной среде, в достоверном виде описана внутри ЭВМ, а решение задачи получается итеративными операциями над этой моделью с использованием внешнего языка [5].

Используемый в ЭСО РЭОО язык представления знаний расширен модальными и модально-временными операторами, предназначенными для описания причинно-следственных и временных отношений между объектами иерархической проблемной области. Подобное описание является не только полной информационной моделью объекта излучения, графически представленной ребрами и вершинами, как структура всего объекта наблюдения, но и может быть задано для каждого структурного элемента, входящего в ее состав, каждый из которых связан с вершинами нижнего уровня структуры.

Для использования данного класса семантических сетей при распознавании излучающих объектов и их состояний в ЭСО РЭОО проведена разработка процедур и алгоритмов обратного и прямого логического вывода, реализованного в данных сетях. При этом использовались следующие исходные положения и процедура доказательства.

1. Предполагалось, что исходные данные представлены конечным множеством значений переменных, образующих многосортную предметную область, и отношениями, определенными на этом множестве. В связи с изменением во времени параметров ин-

формационной системы и характеристик среды отношения на множестве предметных переменных также изменяются.

2. Аксиоматическая модель и целевая установка после интерпретации модальных операторов преобразовывалась к виду предложений, являющихся исходными для процедуры доказательства. Целевая установка выступала в качестве теоремы, подлежащей доказательству.

3. Все множество предикатов разбивалось на подмножества: подмножество, включающее первичные предикаты; подмножество первичных предикатов, описывающее исходные условия функционирования систем; подмножество, содержащее предикаты, описывающие функциональные отношения; подмножество, включающее все предикаты, кроме первичных, описывающих исходные условия функционирования систем, и предикатов, описывающих функциональные отношения.

В рассматриваемой процедуре доказательства использовались правила вывода на основе метода резолюций. Понятие условно-истинностной формы, обусловленное динамичностью характеристик проблемной среды, является фундаментальным в описываемой процедуре доказательства и определяет систему правил установления выводимости формул, которые можно разбить на две группы: правила окончания вывода и правила разметки вершин дерева доказательства. При этом использовались следующие правила окончания вывода:

- истинность анализируемого литерала задана аксиоматически;
- литерал образован из первичного предиката, описывающего исходные условия функционирования системы управления;
- литерал является дополнением литерала, являющегося предком данного литерала;
- литерал образован предикатом, описывающим функциональное отношение;
- литерал уже встречался в качестве предка;
- нет предложений, которые можно использовать для продолжения вывода данного литерала.

В правилах разметки вершин для определения выводимости литерала каждой вершине дерева сопоставлялась одна из следующих меток: «выводима», «условно выводима», «допустима», «условно допустима», «недопустима», «логически не определена», «противоречива». Правила присвоения меток вершинам дерева разбивались на три группы: разметка листьев дерева, сопоставление меток конъюнкциям литералов и сопоставление меток вершинам на основе анализа меток вершин-преемников (дизъюнкции формул).

На содержательном уровне сущность задачи прямого вывода формулировалась таким образом. На основе текущих данных путем означивания первичных предикатов формируются факты, отражающие состояние проблемной среды. Необходимо оценить возможности ССДС в конкретных условиях.

Логической основой решения этого класса задач является процедура прямого вывода.

Схематически процесс вывода можно представить древовидным графом, получаемым в процессе реализации алгоритма обратного вывода, но в данном случае вывод осуществляется в направлении от фактов к цели. При этом под фактами понимаются результаты означивания первичных предикатов. Так же используется понятие условно-истинностной формы. Особенностью алгоритма прямого вывода является сочетание процедуры реализации собственно прямого вывода и процедуры обратного вывода. Правила разметки вершин дерева доказательства используются те же. Правила окончания вывода несколько изменяются. Также другими являются правила конструирования фрагментов дерева вывода, порождаемых в процессе прямого вывода.

Обе рассмотренные процедуры (прямого и обратного) вывода имеют единую логическую основу, представленную множеством правил присвоения меток вершинам дерева вывода. Они отличаются лишь стратегией вывода. Анализ организации процедуры

прямого вывода показывает, что этот процесс можно разбить на 2 этапа: формирование первой ветви дерева вывода и формирование полного дерева вывода.

Принципиальными особенностями построения модели предметной области в виде рассматриваемых сетей и их соответствия реальным объектам наблюдения являются:

- реализация алгоритма унификации признаков поля модели, что позволяет решить задачу поиска и исключения противоречивости данных во входных информационных потоках;

- многопараметрическое описание узлов сети для учета информации о надежности каналов поступления информации, уровня знаний экспертов при описании ситуаций, статистики проявления признаков;

- наличие предикатов второго порядка, что позволяет при формировании параметрического описания ситуации использовать различные нечеткие функции распределения, в том числе и в рамках описания одного узла сети;

- реализация обратного логического вывода при частичной реализации признаковой компоненты, что позволяет принять решение о наличии определенной (определенных) ситуации на объекте наблюдения в условиях неполноты входного информационного вектора;

- возможность реализации алгоритма прямого логического вывода, результаты которого позволяют осуществить поддержку принятия решений;

- использование единой семантической сети для решения задач распознавания ситуаций и прогнозирования их развития.

Выводы. Использование информационного подхода с реализацией формально-логических методов позволяет создавать ИМ объектов наблюдения для ЭСО РЭОО в виде развернутых древовидных структур, позволяющих использовать механизмы нечеткой логики для принятия решений с учетом большой размерности векторов распознаваемых параметров и наличия различных функций распределения для каждого из наблюдаемых и измеряемых параметров.

Разработанные алгоритмы прямого и обратного логического вывода позволяют разработать экспертную систему для распознавания источников и объектов. При этом система распознавания позволяет выдавать решения о принадлежности источников к определенному классу источников, о принадлежности источников к объектам наблюдения и о состояниях наблюдаемого объекта в масштабе времени, близком к реальному.

Литература:

1. Radoimonitoring and Radiolocation Division D_8000 Munchen 80, Muhldorfstrabe 15.

2. Хачатуров В.Р., Калюжный Н.М., Николаев И.М., Смилык В.И., Колесник В.И. Экспертная система распознавания источников радиоизлучений, объектов и их состояний. // Доклад на научно-практической конференции «Современные информационные и электронные технологии», г. Одесса, 22-26 мая 2006 г.

3. Климович Е., Никольский М. Развитие и применение самолетов дальнего радиолокационного обнаружения и управления. // Авиация и космонавтика, 2000, №2, с.18-31.

4. Рось А.А. Логическое программирование и его применение для синтеза программ. Новосибирск: ИМ АН СССР. – Вычислительные системы – 1987, - № 120, - с. 82-96.

5. Материалы конференции “Passive & LPI (Low Probability of Intercept) Radio Frequency Sensors”, Warsaw, Poland 23 - 25 April, 2001, [Http://www.rta.nato.int](http://www.rta.nato.int).