

УДК 658.511.66

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗНАНИЙ В ЗАДАЧЕ ЭКСПЕРТНОГО МОНИТОРИНГА
В УСЛОВИЯХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЯ СУДОВ**

© 2009 Д.В. Касапенко

Федеральный научно-производственный центр ОАО “НПО “МАРС”, г. Ульяновск

Поступила в редакцию 18.06.2009

Представляется вопросно-ответный подход и комплекс средств моделирования знаний в системе экспертного мониторинга надводной обстановки судна. Для базы знаний, в основу которой положены международные нормативы действий по предупреждению столкновения судов, приводятся образцы прецедентов.

Ключевые слова: вопросно-ответный подход, моделирования знаний, экспертный мониторинг, надводная обстановка судна, предупреждение столкновения судов.

Исторически существует и постоянно проявляет себя в инцидентах комплекс проблем безопасности мореплавания, в состав которого входит проблема столкновения судов. Каждый год в мире сталкиваются около 1500 крупных судов и около 2% из них погибает. Столкновения судов составляют в среднем в 15-20 % от всех причин аварий, а технические убытки от столкновений составляют более 30 % от всех технических убытков, причиной которых являются аварии всех типов.

Для снижения рисков столкновений разработаны международные правила [1], обязательные для их исполнения судами различных типов и различной принадлежности. Такие правила ужесточаются национальными правилами предупреждения столкновений. Суда оснащаются мощными навигационными автоматизированными комплексами, использующими системы автоматической радиолокационной прокладки (САРП) с возможностью имитации маневрирования. Практически создана глобальная система управления движением судов (СУДС) и мониторинга в прибрежных морских районах, в составе которой используются спутниковые средства навигации и связи и автоматизированные информационные (идентификационные) системы (АИС) для автоматического сбора информации о судах.

И всё же, несмотря на постоянный прогресс в техническом обеспечении работ по предупреждению столкновений судов эта проблема сохраняется. Основной причиной такого положения дел является человеческий фактор (ошибки человека вызывают от 60 до 80 % аварийных слу-

чаев, в то время как конструктивные недостатки оборудования дают немногим более 10 %).

По этой причине техническая автоматизация в предупреждении столкновения судов дополняется обязательным освоением и закреплением нормативного опыта лицами, на которых возложена ответственность за предотвращение столкновений. Из-за того, что к нормативному опыту необходимо обращаться в реальных ситуациях возможного столкновения, в практику управления судами внедряют полезные средства моделирования и принятия решений, в том числе и экспертные системы мониторинга ближней надводной обстановки.

Ниже представлен вопросно-ответный подход к моделированию нормативных знаний, используемых в решении задачи экспертного мониторинга, позволяющий полезно объединить автоматизированный анализ обстановки с её автоматическим анализом интеллектуальными агентами, каждый из которых моделирует “поведение” определённого судна.

В основе вопросно-ответного подхода к решению задач лежит [3, 6] построение (в формах программирования) их концептуальных решений из концептуальных конструкторов типов “задача”, “вопрос” и “ответ” в инструментальной среде специализированного процессора WIQA (Working In Questions and Answers). Вопросно-ответная программа (QA-программа) любой задачи строится как её модель, в результате адаптации и наполнения содержанием типовой QA-модели, структура которой приведена на рис. 1.

Структура типовой QA-модели определена как система архитектурных видов, каждый из которых (если он материализован) оперативно открыт для интерактивного доступа в корпора-

*Касапенко Денис Викторович, заместитель начальника комплексного научно-исследовательского отделения №1.
E-mail: larinmars@rambler.ru.*

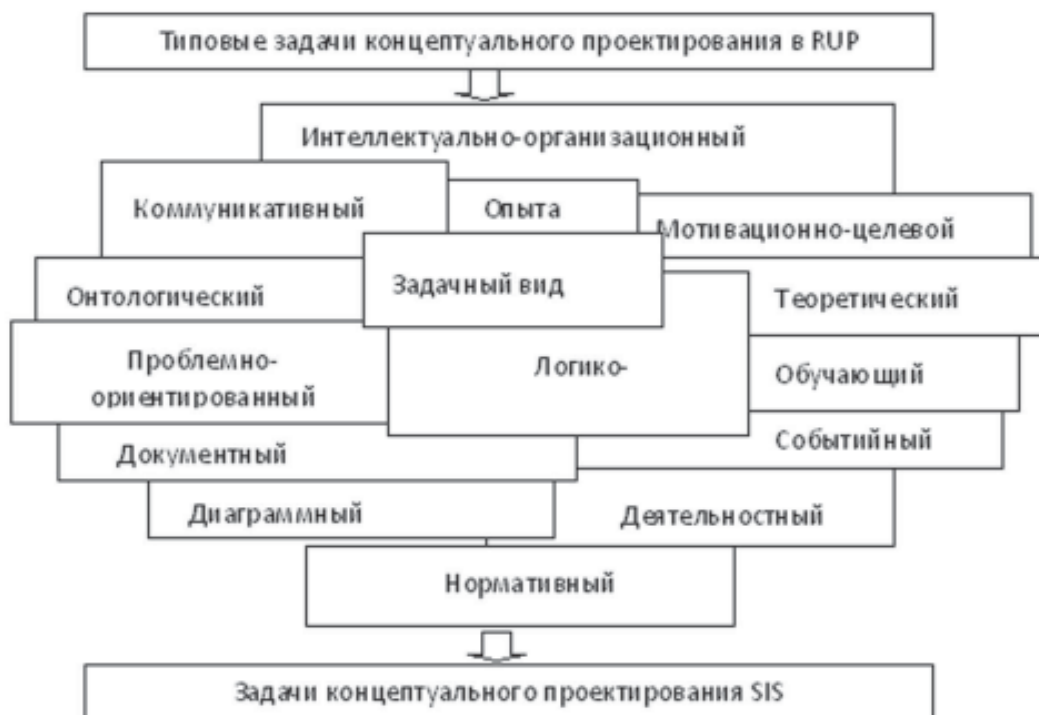


Рис. 1. Типовая вопросно-ответная модель задачи



Рис. 2. Система экспертного мониторинга

тивной сети. Система архитектурных видов определена так, чтобы её можно было настроить на построение концептуального решения любой задачи в инструментально-технологической среде Rational Unified [5].

Для экспертного мониторинга надводной обстановки необходимые QA-модели следует настраивать на процессы, которые осуществляются в среде, представленной на рис. 2.

В среде мониторинга регистрируется ближняя надводная обстановка (в радиусе 15 миль),

включающая навигационные характеристики всех судов в определённом темпе обсервации их движения. Регистрируемые состояния оцениваются на их отношения с нормативами Международных Правил Предупреждения Столкновения Судов (МППСС-72) [1] с учётом хорошей морской практики [4]. В оценивании участвуют вахта своего судна (автоматизированный режим) и агенты (автоматический режим), представляющие все суда, находящиеся в ближней надводной обстановке. Вахта, когда это не-



Рис. 3. Структура дерева задач экспертного мониторинга

обходимо, принимает решение с позиций интегрального оценивания.

Для материализации процесса экспертного мониторинга разработано приложение EmWIQA (Expert monitoring WIQA), в котором используется дерево задач (задачный вид), представленное на рис. 3.

В приложение EmWIQA (базовый язык C# под Microsoft.Net) встроены два режима – режим эксплуатации и тренажёрный режим, отличающиеся в основном только версией ввода оперативных данных. В режиме эксплуатации (реализованном частично) источником навигационных данных служит специализированное аппаратно-программное обеспечение судна, в то время как в тренажёрном режиме (реализованном в полном объёме) ближняя надводная обстановка и навигационное развитие событий имитируются программно. Взаимодействие с базой знаний (БЗ) в каждом из режимов осуществляется идентичным образом.

Основу базы знаний системы EmWIQA определяет продукционное содержание руковод-

ства МППСС-72. Такое содержание было извлечено и формализовано в соответствии со спецификациями вида с позиций «опыта», входящего в QA-модель задачи Z*. Средства этого вида позволяют создавать декларативные и процедурные прецеденты, каждый из которых в БЗ кодируется в версиях для автоматизированного и автоматического доступа и применения.

Каждый экземпляр декларативного прецедента включает его текстовое описание и вопросно-ответное представление такого текста (QA-модель прецедента), а также представление прецедента на языке логики предикатов первого порядка. Каждый экземпляр процедурного прецедента дополнительно включает псевдокод реакции (для автоматизированного доступа) и её исполняемый код (для автоматического доступа). Для представления ценности (значимости) прецедентов в средства вида с позиций «опыта» введён показатель, регистрирующий успешность применения прецедента.

В результате обработки руководства МППСС-72 из текстов его 37 правил и коммен-

тариев к правилам [1,2,4] извлечено около 150 продукционных правил, для каждого из которых сформирован определённый прецедент.

Для детализации и демонстрации вышесказанного (упрощая формальные описания прецедентов, но сохраняя их сущность), приведём ряд прецедентов базы знаний системы EmWIQA. В руководство МППСС-72 включено следующее правило:

Правило 14. Когда два судна с механическими двигателями (МД) сближаются на противоположных или почти противоположных курсах так, что возникает опасность столкновения, каждое из них должно изменить свой курс вправо, с тем чтобы каждое судно прошло у другого по левому борту.

С правилом 14 в системе EmWIQA связано следующее его предикатное описание:

$Has1(имя_судна1, МД) \& Has1(имя_судна2, МД) \& Has2(имя_судна1, место1) \& Has3(имя_судна2, место2) \& Has3(имя_судна1, курс1) \& Has2(имя_судна2, курс2) \& (курс1 - курс2 > 11, 5^\circ) \& (\phi(место1, место2) = Норматив1) \rightarrow \rightarrow Изменить_курс_вправо (Норматив2).$

В предикатном описании прецедента, соответствующего Правилу 14, как и в предикатных описаниях других прецедентов, используются версии типового предиката “Has - Имеет”, позволяющего логически приписать судну его навигационные характеристики так, чтобы их можно было использовать в выражениях для предикатов отношений типа “<”, “>” и “=”. Функция $j(место1, место2)$, определяющая расстояние между судами, является примером одного из таких выражений. В описание (как и в другие описания, если это необходимо) включаются элементы “хорошей морской практики”. В рассматриваемом случае – это “11,5°”, “Норматив1” и “Норматив2”.

Особое место в базе знаний занимает набор прецедентов, раскрывающих оценки и действия в условиях, регламентированных правилом 15 руководства МППСС-72, связанным с “Ситуацией пересечения курсов”:

Правило 15. Когда два судна с механическими двигателями идут пересекающимися курсами так, что возникает опасность столкновения, то судно, которое имеет другое на своей правой стороне, должно уступить дорогу другому судну и при этом оно должно, если позволяют обстоятельства, избегать пересечения курса другого судна у него по носу.

За обобщённостью формулировки этого правила скрывается совокупность определённых, но различных ситуаций “пересечения курсов кораблей с разным навигационным статусом в различных условиях надводной обстановки”. Для вы-

полнения этого правила приходится отслеживать предшествующие и текущее состояние надводной обстановки и прогнозировать её развитие до состояний, позволяющих выбрать подходящее маневрирование, снимающее опасность столкновений.

В набор прецедентов, учитывающих детали фактических ситуаций, например, входит следующий прецедент:

$Has1(имя_судна1, МД) \& Has1(имя_судна2, МД) \& Has2(имя_судна1, место1) \& Has2(имя_судна2, место2) \& Has3(имя_судна1, курс1) \& Has3(имя_судна2, курс2) \& Has4(имя_судна1, скорость1) \& Has4(имя_судна2, скорость2) \& (курс1 - курс2 > 11, 5^\circ) \& (CPA - D_{oc} - \Delta D_1 > 0) \& \rightarrow (уступить(имя_судна1, имя_судна2) \rightarrow Совершить_маневр M_i)$

в котором с учётом погрешности расчётов DD_1 кратчайшего расстояния сближения CPA, вычисляемого по функции $j2(место1, место2, скорость1, скорость2, курс1, курс2)$, проверяется «опасность цели» по отношению к нормативному опасному сближению D_{oc} и, при наличии такой опасности, открывается доступ (через предикат “Совершить маневр M_i ”) к альтернативному набору манёвров, определённому в других прецедентах. Представленный прецедент рассчитан на случай, когда первому судну по правилам следует уступить “дорогу” второму судну.

Большую группу правил МППСС-72 составляют нормативные действия, нацеленные на употребление огней и знаков (правила 20-31). В прецедентах этой группы устанавливается в каких условиях проявляются варианты, обусловленные навигационным статусом. Примером одного из таких прецедентов может быть следующее уточнение правила 23:

$Has1(имя_судна1, МД) \& \langle \text{Темно} \rangle \rightarrow \text{вперед}(\text{Огонь}_1) \& \& \text{сзади}(\text{Огонь}_2) \& \text{выше}(\text{Огонь}_2, \text{Огонь}_1).$

При формировании БЗ была использована унификация лексики, используемой в описании прецедентов с помощью средств логики предикатов. Для такой унификации использовались тексты МППСС-72 и тексты курса лекций по этому руководству [1]. С помощью утилиты, выделяющей лексемы, было извлечено их исходное множество, из которого на втором шаге были исключены все лексемы, значения которых не имеют прямого отношения к специфике содержания МППСС-72. Таких лексем оказалось около 600. После чего из результата второго шага были отобраны лексемы (225 единиц), выполняющие функции терминов. На отобранные термины в БЗ возложены функции нормативной лексики, в первую очередь той, которая используется в предикатных описаниях прецедентов.

Напомним, что предикатные описания в прецедентах дополнены их вопросно-ответными моделями, которые используются в автоматизи-

рованном режиме для доступа к прецедентам, и исполняемыми кодами, обеспечивающими автоматический доступ к прецедентам и их использование агентами.

Доступ к прецедентам базы знаний системы EmWIQA осуществляется как решение задач выбора $\{Z_i\}$, каждая из которых (задача Z_i или подчинённая ей задача Z_{ik}) порождается и включается в общее дерево задач ситуативно (рис. 4), если сложились условия, затребовавшие её решения.

Функции постановки задачи каждой типовой задачи выбора выполняет текстовое представление прецедента, соответствующего этой задаче. QA-модель прецедента используется как средство для классификационного расспроса вахтенного о ситуации выбора по её существенным признакам (“ключам” выбора). Работа с подчинёнными прецедентами (если они оказываются необходимыми в сложившейся ситуации) введена специально и проводится “снизу вверх”, что позволяет повысить адекватность решения общей задачи выбора за счёт учета контекстных отношений между прецедентами. Каждый из подчинённых прецедентов, подтвердивших потенциальную пригодность “порождает и передаёт” в процесс решения задачи выбора список “ключей” о контексте, подготовленный при создании прецедента.

Механизмы классификационного расспроса и использования “ключей” являются общими для автоматизированного и автоматического доступа к базе знаний, что позволяет вахтенному “понимать” решение задач выбора “агентами”. В классификационном расспросе и работе с ключами вахтенному доступны полезные средства визуализации комплекса EmWIQA.

Для снижения негативных проявлений чело-

веческого фактора в условиях потенциального столкновения судов лицам, ответственным за вахту, необходима оперативная экспертная поддержка в действиях, затрагивающих нормативы системы правил МППСС-72. Для осуществления экспертной поддержки полезны средства мониторинга, в основу которых положен вопросно-ответный подход, обеспечивающий использование единообразных механизмов в реализации и исполнении базовых функций экспертной системы.

Комплекс средств экспертного мониторинга EmWIQA разработан так, что с применением каждой базовой функции связывается исполнение QA-программы, соответствующей этой функции. Вопросно-ответное программирование применяется, в том числе, и для функций, обслуживающих создание базы знаний EmWIQA и доступ к её содержимому.

Вопросно-ответные формы взаимодействия со знаниями естественны для интеллекта, поскольку со-знание диалогично по своей природе. Именно по этой причине в коды прецедентов БЗ включены их QA-модели. В разработанной системе экспертного мониторинга QA-модели прецедентов включаются в общее дерево задач как модели задач выбора, после чего к ним применимы общие механизмы работ с задачами, используемые в системе EmWIQA, в том числе и средства QA-моделирования.

К числу основных положительных эффектов от включения QA-моделирования в процессы мониторинга относятся: возможность оперативной интеграции интеллектуальных ресурсов для реагирования в сложных ситуациях; специфический и полезный вид “помощи” в формах воп-

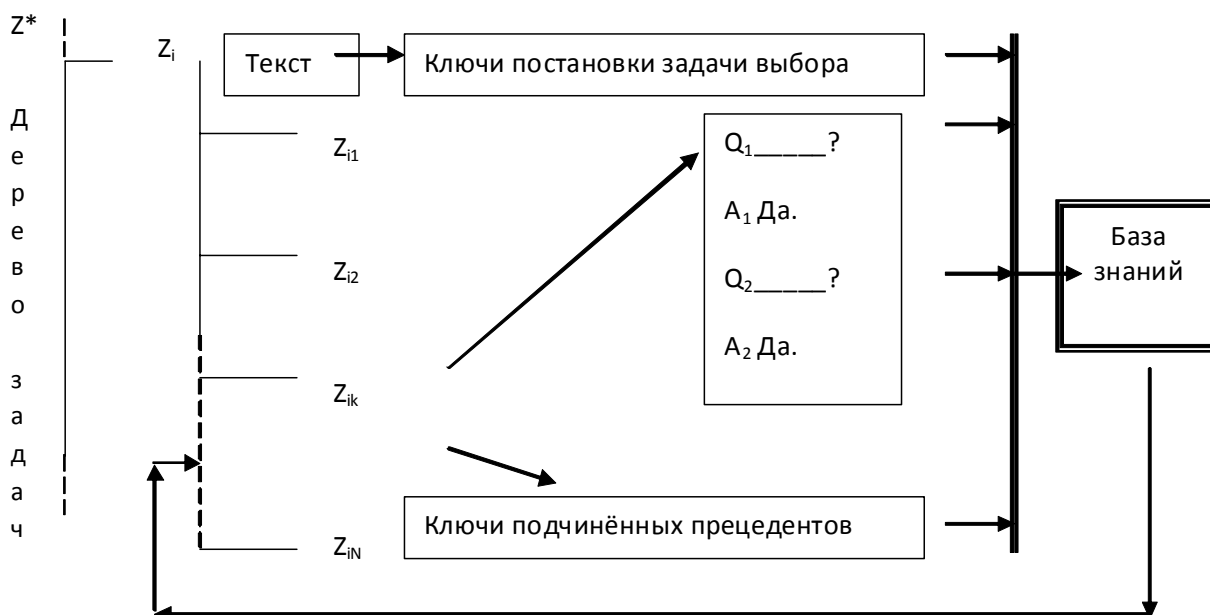


Рис. 4. Схема доступа к базе знаний

росно-ответного анализа, причём не только в запланированных ситуациях.

С использованием средств QA-программирования и QA-моделирования создана и включена в базу знаний система прецедентов, извлечённая из международных правил предупреждения столкновения судов МППСС-72. Система прецедентов открыта, что позволяет уточнять вложенные в неё продукции за счёт опыта “хорошей морской практики” и, тем самым, повышать их профессиональную ценность и адекватность типовым ситуациям в предметной области предупреждения столкновения судов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коккрофт А.Н., Ламеер Дж. Н.Ф. Руководство по правилам предупреждения столкновения. - Спб.: ООО МОРСАР, - 2005. - 302 с.
2. Письменный М.Н. Краткий курс лекций по изучению МППС/<http://pilotservice.narod.ru/masters.html>
3. Соснин П.И., Касапенко Д.В. Принятие решений в экспертных вопросно-ответных средах // Труды международной конференции “Интеллектуальные системы”, - М.: Физматлит, 2008. - С. 248-255.
4. Яскевич А.П., Зурабов Ю.Г. Комментарии к МППСС-72. - М.: Транспорт, - 1990. - 480 с.
5. Kroll P. and Kruchten Ph. The Rational Unified Process Made Easy: A Practitioners Guide to the RUP, Addison-Wesley, 2003.
6. Sosnin P. I. Question-Answer Models of Decision-Making Tasks in Automated Designing, // Proc. of the 22nd European Conference on Modelling and Simulation (ECMS'2008). 2008. pp. 173-180,

KNOWLEDGE MODELING IN EXPERT MONITORING TASK UNDER SHIP COLLISION PREVENTION CONDITIONS

© 2009 D.V. Kasapenko

Federal Research and Production Center JSC “NPO “MARS”, Ulyanovsk

This article addresses a question-answer access and complex of means of knowledge modeling in expert monitoring system of surrounding situation of the ship. The samples of precedent events are given for the knowledge base in which international operating normative tutorial for prevention of ship collision are taken as a basis.

Key words: question-answer access, knowledge modeling, expert monitoring system, surrounding situation of the ship, prevention of ship collision.