

Живучесть, надежность, безопасность

УДК 656.6:004

Д. А. Скороходов, д-р техн. наук

Институт проблем транспорта имени Н. С. Соломенко
Российской академии наук

ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ ОБ ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

В статье показано, что борьба с авариями на транспортном средстве связана с необходимостью использования и обработки большого объема информации вследствие широкой масштабности процессов и наличия разнородных внешних факторов, с разнообразием одновременно протекающих взаимосвязанных явлений. Все это свидетельствует о необходимости разработки методов системного анализа знаний о предметной области «транспортное средство» и синтеза моделей знаний об элементах транспортного средства с точки зрения борьбы с авариями. Одновременно с выделением понятийного аппарата, определяющего борьбу за живучесть, свойства и отношения объектов, разработаны соответствующие методы и средства формирования связей между явлениями и процессами борьбы с авариями транспортного средства, методы перевода понятий, отношений и свойств объектов транспортного средства в логически непротиворечивую систему (язык описания моделей знаний и системы логического вывода). Основным требованием к языку описания является имитация универсальных процедур, с помощью которых можно было бы порождать процедуры, направленные на решение задач в конкретных ситуациях.

авария; алгоритм; данные; информация; комплекс; класс; компромисс; процесс; процедура; транспортное средство

Введение

Борьба с авариями на транспортном средстве свидетельствует о необходимости разработки методов системного анализа знаний о предметной области «транспортное средство» (ТС) и синтеза моделей знаний об элементах ТС, которые до настоящего времени не нашли отражения в научной литературе [1–5]. Согласно [6–10] это:

1. Разработка метода разумного сжатия информации о комплексах, системах, отдельных механизмах и устройствах элементов ТС, необходимой и достаточной для получения обобщенных и конкретных характеристик объ-

ектов, позволяющей встраивать ее в модель предметной области (проблема размерности предметной области ТС).

2. Исследование структуры, внешних и внутренних связей комплексов, систем и отдельных устройств, их функциональных возможностей в условиях протекания нелинейных процессов, характеризующих борьбу с авариями на транспортных средствах (проблема перебора при поиске вариантов решений).

3. Определение операторов отображения внешних по отношению к транспортной системе средств и отдельных устройств как факторов, влияющих на их внутренние свойства и отношения (проблема размытости границ).

Методологическими основаниями решения вышеуказанных задач должны являться рассмотрение элементов транспортного средства как целостной системы и использование принципов многосторонности описания объектов, единства формализованного и неформализованного подходов к их анализу.

Реализация указанного методологического подхода, как показано в [6], требует:

- расширения класса моделей по сравнению с теми, которые применялись до этого для описания борьбы с авариями на транспортных средствах;
- отхода от практики обязательного преобразования понятий в количественную форму в ходе построения моделей;
- перехода к формализованному представлению понятий в виде структур, включающих качественные и количественные значения свойств и отношений объектов ТС, что позволит учитывать ситуативность за счет введения в эти структуры дополнительных факторов и условий их применимости.

1 Особенности моделей борьбы с авариями

Понятия могут представляться в виде алгоритмов (процедур) и рассматриваться как процессы достижения соответствующего состояния управляемого объекта. Особенностью моделей, построенных по такому принципу, является возможность учета разноплановых понятий предметной области ТС, связанных с разными уровнями описания предметной области, рассматриваемой в статике, и разнонаправленностью процессов при описании динамики предметной области. Это дает возможность моделировать явления и процессы, связанные с проблемами различия требуемых и наличных ресурсов, что является принципиальной особенностью борьбы с авариями на транспортных средствах.

Разработка моделей позволяет использовать их в автоматизированных системах управления моделями знаний о предметной области ТС, особенностью которых является:

- явное отображение отношений между объектами предметной области;

– возможность описания внутренней структуры понятий предметной области ТС и внутренней интерпретации информации, хранимой в памяти системы и вновь поступающей в нее;

– рекурсивность вложений одних информационных образов объектов ТС в другие, что обеспечивает возможность подстановки конкретных фактов в заранее заготовленные места;

– возможность хранения в системе сведений не только о единичных фактах, но и об общей структуре фактов и моделируемой предметной области.

В такой сложной высокопрофессиональной сфере деятельности, как управление системой борьбы с авариями на транспортных средствах, ни цели, ни структура деятельности, ни критерии эффективности деятельности не изобретаются заново каждым поколением персонала. Здесь существует определенная преемственность, опыт отображается в различной документации и руководствах. Структура деятельности в этом случае имеет репродуктивный характер, т. е. обязательно использование уже освоенных видов действий и операций. Поэтому построение моделей знаний о предметной области ТС не требует разработки нового понятийного аппарата помимо того, который используется в настоящее время в области конструирования элементов ТС, обеспечения их живучести, а также при аварийных повреждениях элементов ТС.

Центральными задачами построения моделей знаний являются выделение свойств и отношений объектов ТС, создание определенного понятийного аппарата, раскрывающего вопросы обеспечения живучести элементов транспортного средства за счет архитектурно-конструктивных решений, организационно-технических мероприятий, организации планирования действий персонала и руководства им в процессе борьбы с авариями, а затем представление выделенных понятий, свойств и отношений в виде единой взаимосвязанной формальной системы с помощью соответствующего языка.

2 Понятийный аппарат системы борьбы с авариями на транспортном средстве

Язык описания моделей знаний и системы логического вывода должен имитировать универсальные процедуры, с помощью которых можно было бы порождать процедуры, направленные на решение задач в конкретных ситуациях. К числу таких процедур можно отнести декомпозицию сложных задач на подзадачи; выделение в моделях предметной области ТС необходимых объектов и установление связи между ними; построение возможных путей решения задач и исключение неперспективных ветвей поиска решений.

Учитывая изложенное выше, модели объектов ТС могут быть представлены в следующем виде:

$$O = \langle J, C, R \rangle,$$

где J – множество имен объектов транспортного средства; C – множество имен свойств объектов транспортного средства; R – множество имен отношений, заданных на $J \times C$.

Существуют два способа задания отношений: путем перечисления элементов, находящихся в указанном отношении (экстенциональное задание отношений); без определения множества элементов, на котором они выполняются, в предположении, что известна некоторая операция, позволяющая для предъявленной последовательности элементов определить, выполняется ли рассматриваемое отношение (интенциональное задание отношений). Для описания объектов ТС целесообразно использовать задание отношений, которое выражает свойства элементов без привязки к конкретному множеству. Данное задание отношений дает возможность построить универсальное множество отношений для предметной области ТС. Используя множества имен объектов транспортного средства, имен свойств объектов ТС и имен отношений, знания о каждом объекте ТС можно представить в виде конъюнкции элементов [7]:

$$RT_i (X_j X_q \dots X_n) \cup RR_i (X_p):$$

$$RT_1 (X_j X_q \dots X_n) RT_2 (X_p X_t \dots X_k) \dots RT_n (X_c X_b \dots X_s)$$

$$RR_1 (X_t) RR_2 (X_k) \dots RR_l (X_l)$$

Элементы множества X образуются из базовых слов и словосочетаний, являющихся понятиями предметной области ТС, конкретными именами механизмов, агрегатов, помещений, систем, комплексов, элементов ТС и его архитектурно-конструктивных элементов, а элементы множеств RT и RR выбираются из списка парадигматических и синтагматических отношений. Вышеприведенное выражение построено с учетом того, что его структура должна как можно точнее отражать структуру информации об объектах предметной области ТС, которую можно передать с помощью сообщений об объектах транспортного средства и отношениях между ними. Элемент $RT_1 (X_j X_q \dots X_n)$ отображает имя конкретного объекта ТС и представляет собой план выражения данного объекта. Элементы $RT_i (X_p X_t \dots X_k)$ и $RR_i (X_i)$ отображают постоянные и переменные свойства конкретного объекта, отношения его с другими объектами транспортного средства, расположение объектов в ТС

и представляют план содержания данного объекта (передают семантическую информацию об объекте ТС).

Данное выражение представляет собой семантический код. Буква X или наборы X являются семантическими множителями. RT-символы указывают на наличие определенного парадигматического или синтагматического отношения между семантическим множителем первой RT (X)-пары, идентифицирующей имя объекта транспортного средства, и соответствующим семантическим множителем. Пары RR_i (X) указывают на наличие определенной количественной меры свойства у семантического множителя первой RT (X)-пары, а конкретные цифры после них указывают количественную величину этого свойства. X, наборы X и конкретные цифры, стоящие после RT_i- и RR_i-символов, заключаются в скобки. Важной особенностью семантического кода является его близость к уровню естественного языка. Он в определенном смысле представляет собой аналог предложения в естественном языке. В семантическом коде отсутствуют указания, как должны быть использованы объекты ТС при решении той или иной задачи. Это дает возможность рассматривать его с различных точек зрения и уровней абстракции, в зависимости от целей и решаемой задачи. Данное качество семантического кода обеспечивает гибкость и экономичность представления знаний об объектах элементов ТС. Представление знаний об объектах элементов ТС в вышеуказанном виде обеспечивает модификацию информационной модели его элементов путем добавления или устранения утверждений.

Совокупность выражений вышеуказанного вида, описывающая объекты ТС, является аналитической формой задания семантической сети на множестве объектов ТС. Вершины сети есть объекты ТС, имеющие конкретные имена, имена свойств объектов ТС, заданные скалярными значениями типа символьной строки (X или набор Y), а также количественные значения свойств объектов ТС, заданные числами. Дуги – отношения между объектами ТС и виды их свойств, заданные именами отношений и квантификаторами (RT и RR).

3 Язык представления знаний

Представление объектов ТС в виде семантической сети открывает возможность выделения области его объектов, представляющих интерес с точки зрения решаемой задачи, организации направленного поиска альтернатив решения задач, автоматического конструирования пространства поиска, что резко снижает (в ряде случаев полностью исключает) число переборов в процессе решения задач. Данную совокупность назовем языком представления знаний об объектах ТС.

Язык представления знаний обладает парадигматической, синтагматической и лексической полнотой. С его помощью можно выразить произволь-

ные постоянные (имманентные) отношения между объектами ТС парадигматическими отношениями, а произвольные переменные отношения между объектами и их свойствами – синтагматическими отношениями. Словарь слов и словосочетаний может быть всегда расширен путем включения в него требуемого понятия, поэтому язык дает возможность достаточно полно описывать объекты ТС.

Модель знаний программного обеспечения системы борьбы с авариями на транспортных средствах содержит большое количество фактов. Для компактного представления знаний об объектах ТС может быть использовано представление его объектов в виде некоторой классификационной схемы, в которой объекты группируются в классы (классификационные таксоны) с помощью определенным образом выбранной классификации. Особенностью классификационной схемы ТС является то, что не все классы дихотомические. Между классами существуют отношения включения $T_i \subset T_j$ и отношения пересечения $T_k \cap T_r$, а таксонометрическая структура элементов ТС является иерархической. Любой объект ТС состоит из конечного множества элементов и характеризуется определенными свойствами, следовательно, его можно определить как множество, элементы которого удовлетворяют некоторому правилу P . В общем случае класс объектов может определяться несколькими правилами P .

Правила могут быть представлены в виде

$$P = (a, X_1, X_2, \dots, X_n).$$

Принадлежность объекта элементов ТС к определенному классу может быть выражена через отношение RT_j – «быть элементом класса». Введение в приведенное на с. 10 выражение данного отношения дает возможность рассматривать элемент семантического кода $RT_j(X_i)$, где RT_j – отношение «быть элементом класса», как правило, вида $P = (a, X_i)$. Тогда совокупность объектов ТС, имеющих компоненту $RT_j(X_i)$ при конкретном X , можно рассматривать как класс T_i . Иначе говоря, понятие класса семантически сопоставляется с понятием свойства. Введение таксономической структуры элементов ТС дает возможность для каждого класса объектов сформулировать правила, определяющие, как и в каких видах процессов объекты каждого класса могут быть использованы. Если каждый элемент $RT_q(X_s)$ и $RR_i(N_i)$, отображающий свойства объектов ТС в приведенном на с. 10 выражении, интерпретировать как определенную часть объекта, тогда совокупность элементов $RT_q(X_s)$ и $RR_j(N_i)$ каждого объекта транспортного средства можно рассматривать как их внутреннюю структуру. Отсюда возникает другой аспект классификации – мерономия. В этом случае любой элемент $RT(X)$ и $RR(N)$, кроме содержащих отношения «иметь имя» и «быть элементом класса», есть мерон, а структура элементов $RT(X)$ и $RR(N)$ образует архетип объекта ТС, который отображает

внутреннюю структуру объекта ТС с точки зрения задач борьбы с авариями на транспортном средстве. Введение мерономии позволяет оценивать сходство объектов ТС через архетипы, а также сходство объектов через мероны и их различные комбинации. Последнее дает возможность рассматривать объекты ТС с разных точек зрения и расширять классификацию объектов ТС в пределах каждого класса классификационной схемы, строить временные классы объектов, необходимые в процессе решения задач борьбы с авариями на транспортном средстве [8–10].

Заключение

Выше было рассмотрено, как можно компактно представить знания о ТС на уровне, где структурными единицами являются отдельные объекты ТС. Для успешного поиска фактов в предметной области ТС необходимо организовать структурные единицы, отображающие отдельные объекты ТС, в более крупные. Это дает возможность представить предметные области ТС в виде определенных пространств. Установление отношений не только между объектами ТС, входящими в определенное пространство, но и между пространствами предметной области ТС, обеспечивает возможность формирования пространства поиска различных уровней и конфигурации в процессе решения задач борьбы с авариями на транспортном средстве. С учетом изложенного выше семантический код выражения на с. 10 необходимо дополнить составляющими, которые отображают знания о таксономической структуре объектов ТС и структуризации предметной области ТС в виде взаимосвязанных пространств.

Таким образом, отображение объектов транспортного средства в виде семантического кода выражения на с. 10 дает возможность использовать для оценки объектов транспортного средства при решении задач борьбы с авариями на транспортном средстве все методы измерений: ранжирование, парное сравнение, последовательное сравнение, непосредственные оценки. Это, в свою очередь, позволяет имитировать процедуры универсального характера, с помощью которых можно создавать конкретные процедуры решения задач.

Из рассмотренного выше следует, что каждый объект ТС имеет множество свойств и отношений, характеризующих его качественную и количественную стороны в мире объектов (расположение на ТС, внутреннее строение, резервирование или замещение других объектов и т. п.). Все свойства и отношения объектов ТС делятся на два класса: определяющие его структуру (Sc) и определяющие его функциональное состояние (Sф). При таком подходе состояния каждого объекта можно представить двумя типами состояний – структурными и функциональными. Множество их образует пространство состояний объекта. Меры борьбы с авариями на транспортном средстве при-

меняются по факту выхода из строя его объектов, нарушения связей между ними, изменения внешних и внутренних условий их функционирования. Они приводят к тому, что некоторые из состояний объектов получают ограничения или становятся недопустимыми. Поэтому каждое из множеств S_c и S_f делится на подмножества допустимых и недопустимых состояний. Текущие состояния S_c и S_f в зависимости от ситуации могут относиться к области допустимых или недопустимых состояний.

Представленный общий подход к формализованному описанию знаний предметной области ТС не может быть использован без существенной переработки, связанной с конкретизацией описания объектов ТС, пригодного для обработки подсистемами борьбы с авариями. Указанное описание, полнота и подробность которого может быть определена только конкретными задачами борьбы с авариями на транспортном средстве, может быть окончательно сформировано только на стадии рабочего проектирования системы. То же можно сказать об алгоритмах функционирования системы борьбы с авариями на транспортном средстве. В связи с этим были уточнены основные подходы к разработке моделей знаний о предметной области. Полученные модели, описания, процедуры и алгоритмы необходимо рассматривать как общие рекомендации или руководящие указания при разработке конкретной системы борьбы с авариями на транспортном средстве.

Библиографический список

1. Park Dong-Ki. Development of damage control training scenarios of naval ships based on simplified vulnerability analysis results / Dong-Ki Park, Yun-Ho Shin, Jung-Hoon Chung, Eui S. Jung // *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*. – 2016. – Vol. 8. – Issue 4. – Pp. 386–397.
2. Shin Seung-Chun. Development of data analysis tool for combat system integration / Seung-Chun Shin, Jong-Gye Shin, Dae-Kyun Oh // *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*. – 2013. – Vol. 5. – Issue 1. – Pp. 147–160.
3. Liu Sheng. Ship information system: overview and research trends / Sheng Liu, Bowen Xing, Bing Li, Mingming Gu // *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*. – 2014. – Vol. 6. – Issue 3. – Pp. 670–684.
4. Choi Jin. Damage scenarios and an onboard support system for damaged ships / Jin Choi, Dongkon Lee, Hee Jin Kang, Soo-Young Kim, Sung-Chul Shin // *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*. – 2014. – Vol. 6. – Issue 2. – Pp. 236–244.
5. Rigterink Douglas. The use of network theory to model disparate ship design information / Douglas Rigterink, Rebecca Piks, David J. Singer // *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*. – 2014. – Vol. 6. – Issue 2. – Pp. 484–495.

6. Скороходов Д. А. Архитектура интегрированных систем управления кораблём : учеб. пособие / Д. А. Скороходов. – СПб. : Изд-во СПбГЭТУ (ЛЭТИ), 2010. – 88 с.
7. Верхованцев А. А. Система поддержки принятия решения при борьбе с судовыми авариями. Труды Российского НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова / А. А. Верхованцев, Д. А. Скороходов, Г. Н. Сус, Н. П. Ушакова // Морской вестник. – 2007. – № 3 (4), спецвыпуск. – С. 128–131.
8. Борисова Л. Ф. Анализ проблем информационного обеспечения морских транспортных процессов / Л. Ф. Борисова, А. С. Поляков, Д. А. Скороходов // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. – 2012. – № 3. – С. 19–26.
9. Скороходов Д. А. Принципы построения системы информационной поддержки для принятия решений в аварийных ситуациях / Д. А. Скороходов, А. Л. Стариченков // Морские интеллектуальные технологии. – 2009. – № 1 (3). – С. 48–56.
10. Верхованцев А. А. Модель переключения технических средств при повседневной и аварийной эксплуатации судна / А. А. Верхованцев, Д. А. Скороходов // Морские интеллектуальные технологии. – 2010. – № 3–1. – С. 88–91.

Dmitriy A. Skorokhodov

The Institute of transport problems named after N. S. Solomenko
of the Russian Academy of Sciences

Information representation of knowledge about objects of the vehicle

The article shows that the struggle with the accidents of the vehicle associated with the need to use and process large amounts of information. This is because it is characterized by an extremely wide scope of processes and the presence of diverse external factors. Large variety of simultaneously proceeding interrelated phenomena put forward the need to address issues related to the development of methods for system analysis knowledge about the subject «vehicle» and the synthesis of models of knowledge about the elements CU, in terms of damage control. Simultaneously with the release of the conceptual apparatus that defines the struggle for survival, properties, and object relationships, developed appropriate methods and tools for inference of relationships between phenomena and processes of combat vehicle accidents, sequestration of the concepts, relations and properties of objects the vehicle to a logically inconsistent system (a language for describing models of knowledge and systems of inference). The main requirement is that the

language is the possibility of simulating universal procedures by which it would be possible to generate treatments aimed at solving problems in specific situations.

accident; algorithm; data; information; complex; class; compromise; process; procedure; vehicle

References

1. Park Dong-Ki, Shin Yun-Ho, Chung Jung-Hoon, Jung Eui S. (2016). Development of damage control training scenarios of naval ships based on simplified vulnerability analysis results. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, vol. 8, issue 4. – Pp. 386–397.
2. Shin Seung-Chun, Shin Jong-Gye, Oh Dae-Kyun (2013). Development of data analysis tool for combat system integration. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, vol. 5, issue 1. – Pp. 147–160.
3. Liu Sheng, Xing Bowen, Li Bing, Gu Mingming (2014). Ship information system: overview and research trends. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, vol. 6, issue 3. – Pp. 670–684.
4. Choi Jin, Lee Dongkon, Kang Hee Jin, Kim Soo-Young, Shin Sung-Chul (2014). Damage scenarios and an onboard support system for damaged ships. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, vol. 6, issue 2. – Pp. 236–244.
5. Rigterink Douglas, Piks Rebecca, Singer David J. (2014). The use of network theory to model disparate ship design information. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, vol. 6, issue 2. – Pp. 484–495.
6. Skorokhodov D.A. (2010). A textbook «Architecture of integrated systems of control of the ship» [Uchebnoe posobie Arhitektura integrirovannyh sistem upravleniya korablyom]. Publishing house «LETI», St. Petersburg. – 88 p.
7. Verholantsev A.A., Skorokhodov D.A., Sus G.N., Ushakova N.P. (2007). Support system of decision-making when dealing with marine accidents [Sistema podderzhki prinyatiya resheniya pri bor'be s sudovymi avariymi], *Sea Bulletin*, special issue 3 (4), Unity of science and practice. The works of Russian NTO shipbuilders them. Acad. N. Krylov. – Pp. 128–131.
8. Borisova L.F., Polyakov A.S., Skorokhodov D.A. (2012). Analysis of the problems of information support of Maritime transport processes [Analiz problem informacionnogo obespecheniya morskikh transportnyh processov]. *Vestnik of Saint Petersburg University of state fire service of EMERCOM of Russia [Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta GPS MCHS Rossii]*, issue 3. – Pp. 19–26.
9. Skorokhodov D.A., Starichenkov A. L. (2009). Principles of construction of information support system for decision-making in emergency situations [Principy postroeniya sistemy informacionnoj podderzhki dlya prinyatiya reshenij v avariynih situacijah]. *Marine intellectual technologies [Morskie intellektual'nye tekhnologii]*, issue 1 (3). – Pp. 48–56.

10. Verholantsev A. A., Skorokhodov D. A. (2010). The shift pattern technical facilities for daily and emergency operation of the vessel [Model' pereklyucheniya tekhnicheskikh sredstv pri povsednevnoj i avarijnoj ehkspluatacii sudna]. Marine intellectual technologies [Morskie intellektual'nye tekhnologii], issue 3–1. – Pp. 88–91.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии В. И. Шамановым
Поступила в редакцию 18.06.2017, принята к публикации 08.09.2017*

СКОРОХОДОВ Дмитрий Алексеевич – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института проблем транспорта им. Н. С. Соломенко Российской академии наук.
e-mail: skorohodda@mail.ru

© Скороходов Д. А., 2018