

УДК 658.5.011.56:359

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛОГИКО-ЛИНГВИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ КОРАБЛЕЙ ФЛОТА

М.И. Елецкий, А.А. Захарьев, С.Н. Сипягин (Санкт-Петербург)

Эффективное управление технической готовностью (ТГ) кораблей флота требует постоянного мониторинга различных систем и оборудования, своевременного обнаружения и предотвращения неисправностей, а также оперативного устранения возникших проблем [1].

Мониторинг – важный элемент управленческой деятельности, который позволяет контролировать процессы и результаты выполнения задач [2]. Мониторинг помогает выявлять проблемы и риски, своевременно реагировать на изменения внешней среды, корректировать стратегию и тактику деятельности. В результате эффективного мониторинга операторы органов военного управления (ОВУ) флота могут принимать обоснованные решения и достигать поставленных задач.

Вопросы совершенствования автоматизации управления силами флота, в частности мониторинга технической готовности (МТГ) кораблей, находятся в центре внимания руководства Военно-Морского Флота (ВМФ). Данный факт подтверждается актуальными задачами ОВУ и основными приоритетами научно-технического и информационного обеспечения автоматизированной системы управления (АСУ) ВМФ [3].

Недостаточная автоматизация процесса мониторинга может привести к задержкам в обслуживании кораблей, увеличению расходов на ремонт и техническое обслуживание. В то же время, использование современных информационных технологий (ИТ) в области автоматизации МТГ кораблей позволяет улучшить оперативность принятия решений, снизить риск возникновения критических (аварийных) ситуаций.

Таким образом, для повышения эффективности МТГ кораблей необходимо разработать компоненты ИТ, позволяющие комплексно автоматизировать процессы сбора, обработки, анализа и визуализации данных о состоянии кораблей флота как сложных информационных объектов. Для формализации таких объектов использован подход логико-лингвистического моделирования.

Анализ существующей информационной технологии автоматизации мониторинга технической готовности кораблей флота

Одним из основных источников МТГ являются донесения от кораблей. Постоянный МТГ кораблей преследует решение целого ряда взаимосвязанных задач (этапов семантической обработки информации) [4]:

- проверка целостности и актуальности информации по ТГ кораблей;
- контроль соблюдения установленных нормативных требований к параметрам ТГ кораблей;
- определение состава мероприятий по приведению параметров ТГ кораблей к нормативному значению.

Анализ существующей ИТ показал, что выделенные этапы обработки информации по ТГ кораблей являются весьма трудоемкими и занимают достаточную часть рабочего времени операторов, а их качественное выполнение требует сохранения и анализа больших массивов информации.

Реализованная в настоящее время в АСУ информационная технология МТГ кораблей представлена фрагментарно и не системно. В ней преобладают в основном методы синтаксической обработки информации, связанные с формами отображения информации, а не с ее семантикой. Сравнительный анализ открытых источников по данной тематике [5-8] позволил сделать вывод о том, что вопросы комплексной автоматизации МТГ кораблей в основном рассматриваются только с точки зрения автоматизации процессов учета и отображения информации. В то же время, содержательной семантической обработки информации значительного внимания не уделяется. Метод логико-лингвистического моделирования к данной предметной области не применялся, что не позволяло формализовать качественные требования руководящих документов по ТГ кораблей.

Причиной такого положения является недостаточное использование новых методов обработки информации, обеспечивающих комплексное решение задач и выполнения последовательных и взаимосвязанных технологических процедур, связанных с достаточно объемной семантической обработкой информации. Потребность в этом вызвана противоречием между необходимостью принятия решений в возможно более короткие сроки и увеличением сложности, объема и динамичности информационных потоков, требующих большого времени на их обработку.

Исходя из результатов анализа предметной области, становится понятной актуальность задачи разработки компонентов ИТ, обеспечивающих комплексную автоматизацию единой технологической цепочки семантической обработки информации по ТГ кораблей. Выполнение задачи предусматривает, прежде всего, разработку формальной математической модели, адекватно и полно отображающей компоненты ИТ, семантические и прагматические свойства объектов мониторинга. В свою очередь, объекты мониторинга характеризуются следующими основными свойствами:

1) связи между отдельными параметрами ТГ кораблей, а также между параметрами и сведениями о нормативах, обобщенных и статистических показателях выражаются не количественно, а задаются с помощью лингвистических и теоретико-множественных отношений;

2) все сведения по ТГ кораблей могут быть сообщены в виде некоторой совокупности фраз на естественном языке;

3) сведения о методах обработки информации могут быть сообщены в виде некоторой совокупности правил, описанных посредством фраз на естественном языке;

4) количество параметров ТГ кораблей и их возможных значений велико. В то же время, число условий активизации правил обработки информации и количество самих правил невелико и конечно;

5) невелико и конечно количество результатов обработки информации;

6) большинство правил обработки информации носит ситуационный характер, т.е. условия их активизации определяются текущим состоянием объектов анализа (текущими значениями параметров ТГ).

Для формализации подобных объектов используется метод ЛЛМ, который активно применяется в теории и практике системного анализа и способен качественно описывать и изучать процессы, системы и явления.

Состав и характеристика логико-лингвистической модели

Любая логико-лингвистическая модель (ЛЛМ) характеризуется использованием логических средств обработки информации для анализа данных, представленных в лингвистическом виде. Такая модель при ее реализации позволяет формализовать содержательные (семантические и прагматические) знания об объектах управления и связанных с ними методах обработки информации [9].

Главным достоинством ЛЛМ при формализации процессов МТГ кораблей следует признать большие возможности используемых языковых средств формализации реальных ситуаций по сравнению с традиционными математическими языками, так, в частности:

- с помощью специальных формализмов в электронном виде представляются как декларативные, так и процедурные знания (знания о методах обработки информации); решение задач с помощью средств автоматизации протекает более эффективно;
- понятийный характер используемой информации;
- обеспечивается доступ операторов ОВУ к средствам автоматизации в диалоговом режиме за счет образования интеллектуального интерфейса, при этом взаимодействие происходит на профессиональном языке пользователя;
- адаптация и гибкость по отношению к задачам мониторинга.

Семантический подход, принятый при использовании ЛЛМ, действует на основе логики, понятной человеку. Операторы ОВУ легко смогут понять – на основе каких логических правил принято то или иное решение, например, о соответствии (не соответствии) корабля тем или иным требованиям.

Опираясь на определение ЛЛМ [10], в целом математическую постановку задачи разработки компонентов ИТ автоматизации МТГ кораблей можно свести к разработке формальной модели M следующего вида:

$$M = \langle T, I, P \rangle,$$

где T – система понятий и терминов, используемых при конструировании правил и информационном моделировании предметной области;

I – информационная модель, фиксирующая закономерности и семантические связи объектов, понятий и терминов;

P – система правил-продукций обработки информации, непосредственно реализующая необходимые компоненты ИТ автоматизации МТГ кораблей.

Ниже представлено краткое описание элементов формальной модели M .

Система понятий и терминов или лексики логико-лингвистической модели

Первая и важнейшая проблема построения ЛЛМ заключается в разработке множества базовых понятий или лексики ЛЛМ, позволяющей создать информационную модель и модель знаний (в виде совокупности правил обработки информации) с необходимой для практики детализацией и допускающей общение с пользователем путем однозначного понимания всех используемых лексических единиц.

Система понятий и терминов или лексики ЛЛМ описывает состав и свойства понятий и терминов предметной области. Лексика ЛЛМ является базисом для информационной модели и системы правил обработки информации.

Существует ряд требований, которым должна удовлетворять лексика ЛЛМ:

- 1) лексика должна являться версией естественного языка, но версией формализованной, исключающей многозначность и избыточность;
- 2) используемые лексические единицы должны отображать свойства и правила анализа исследуемых объектов;
- 3) структурно разрабатываемая лексика должна допускать пополнение, модификацию и корректировку первоначально используемых (базовых) лексических единиц в процессе создания и эксплуатации ЛЛМ.

С учетом вышеизложенного, формально разработка множества понятий и терминов ЛЛМ процесса МТГ кораблей, удовлетворяющей сформулированным требованиям, сводится к разработке терминологических графов, вершинами которых являются значения выбранных признаков классификации, а ребрами, отношения типа «И».

Построение терминологических графов подразумевает:

– выделение классификационных групп и признаков для однородных объектов, понятий и терминов;

– выявление транзитивных зависимостей (подчиненности и вложенности) внутри классификационных групп объектов, понятий и терминов.

Целесообразно на этапе выявления множества объектов, понятий и терминов выявить семантические взаимосвязи между ними. Под семантической связью будем понимать отношения совместимости (несовместимости), объективно существующие (возникающие) между значениями (подмножествами значений) как однородных, так и разнородных объектов, понятий и терминов предметной области.

Графическое представление семантических взаимосвязей между объектами, понятиями и терминами предметной области процесса мониторинга удобно производить в виде семантического графа, в котором узлы соответствуют отдельным сущностям (объектам, понятиям и терминам предметной области), а дуги соответствуют семантическим связям совместимости между сущностями.

Исходной информацией для выявления состава системы понятий и терминов является содержание входных и выходных потоков данных. В свою очередь система понятий и терминов является основой для разработки информационной модели процесса МТГ кораблей.

Информационная модель процесса мониторинга технической готовности кораблей

Информационная модель процесса МТГ кораблей – это формализованная по определенным правилам совокупность всех сведений о составе, структуре и взаимосвязях всех ее элементов. Информационная модель может быть представлена в виде выражения $I = \langle K, T, P, N, O \rangle$, где

К – классификаторы (словари) – систематизированный перечень наименований объектов мониторинга, каждому из которых в соответствие дан уникальный код;

Т – параметры состояния ТГ кораблей (числовые, лингвистические, понятийные и др.);

Р – формальные данные из планов технического обеспечения кораблей согласно установленным формам;

Н – нормативно-справочная информация (формализованные требования из руководящих документов к параметрам ТГ и др.);

О – обобщенные показатели ТГ кораблей.

Такая модель должна отображать исходное представление об объектах и результатах обработки информации.

Информационное моделирование процесса МТГ кораблей при дальнейшей практической реализации проводилось авторами посредством использования CASE средства ERwin. Это программное средство в настоящее время широко используется для разработки моделей типа «сущность-связь» [11].

Достоинством ERwin является то, что построив один раз полноценную модель базы данных (БД), можно легко ее развивать, модифицировать и переносить с одного сервера БД на другой.

Информационная модель I в каждый момент времени принимает вполне определенный вид, обусловленный:

1) действующими (принятыми в настоящий момент) множествами значений (наименований) объектов, понятий и терминов предметной области – $S1(t)$, т.е. $K = > S1(t)$;

2) текущими значениями параметров ТГ кораблей – $S2(t)$, т.е. $T = > S2(t)$;

3) формальными данными из текущих и годовых планов – $S3(t)$, т.е. $P = > S3(t)$;

- 4) нормативно-справочной информацией – $S_4(t)$, т.е. $N = \Rightarrow S_4(t)$;
 5) рассчитанными текущими значениями обобщенных показателей ТГ– $S_5(t)$, т.е. $O = \Rightarrow S_5(t)$.

Будем называть такую конкретизированную модель в целом текущей ситуацией на объекте мониторинга – $\{S_i(t)\}$ (i – есть отличный номер ситуации, связанной с конкретным кораблем).

Правила обработки информации по технической готовности кораблей флота

Каждой ситуации $\{S_i(t)\}$ может быть предписано одно или несколько правил обработки информации. В самом общем виде система таких правил может быть задана системой продукций вида:

$$\{P(k)\}: \{S_i(t) = \Rightarrow Q_j; F\},$$

где $P(k)$ – имя продукции, с помощью которой данная продукция выделяется из всего множества продукций. В качестве имени может выступать некоторая лексема, отражающая суть данной продукции или порядковый номер продукции в их множестве;

$S_i(t)$ – текущая ситуация на объекте мониторинга в момент времени t ;

Q_j – конкретное правило обработки информации, которое должно быть активизировано при возникновении ситуации $S_i(t)$;

F – элемент, который описывает постусловия продукции. Они актуализируются только в том случае, если действие, специализированное в продукции, реализовалось.

Постусловия продукции описывают действия и процедуры (продукции), которые необходимо выполнить после реализации Q_j .

Непосредственно активизируемые в правилах действия по обработке информации – $\{Q_j\}$ представляются посредством элементарных арифметических, логических и теоретико-множественных выражений над отдельными элементами информационно-модели I .

Система правил ЛЛМ процесса МТГ кораблей P , исходя из ранее выделенного состава этапов обработки информации, должна включать правила трех видов:

$$P = \langle P_1, P_2, P_3 \rangle,$$

где P_1 – правила проверки целостности и актуальности информации по ТГ кораблей: $P_1: \{S_{1i}(t) = \Rightarrow Q_{1j}\}$;

P_2 – правила контроля выполнения нормативных требований к параметрам ТГ кораблей, обеспечивающие формализацию (учет) нормативных требований, интерпретацию текущего состояния: $P_2: \{S_{2i}(t) = \Rightarrow Q_{2j}\}$;

P_3 – правила формирования обобщенных показателей ТГ кораблей: $P_3: \{(S_{3i}(t) = \Rightarrow Q_{3j})\}$.

При этом действия по обработке информации – $\{Q_j\}$, специфицированные в правилах P , должны обеспечивать формирование $\{S_i(t)\}$.

Такой метод, основанный на введении понятий ситуации, классификации ситуации и их преобразовании называется методом ситуационного управления [12]. Формализация правил в виде системы продукций обладает рядом свойств, делающих их весьма удобным средством описания методов обработки информации и их программной реализации.

В целом состав и структуру ЛЛМ процесса МТГ кораблей можно представить в следующем графическом виде (рисунок 1).

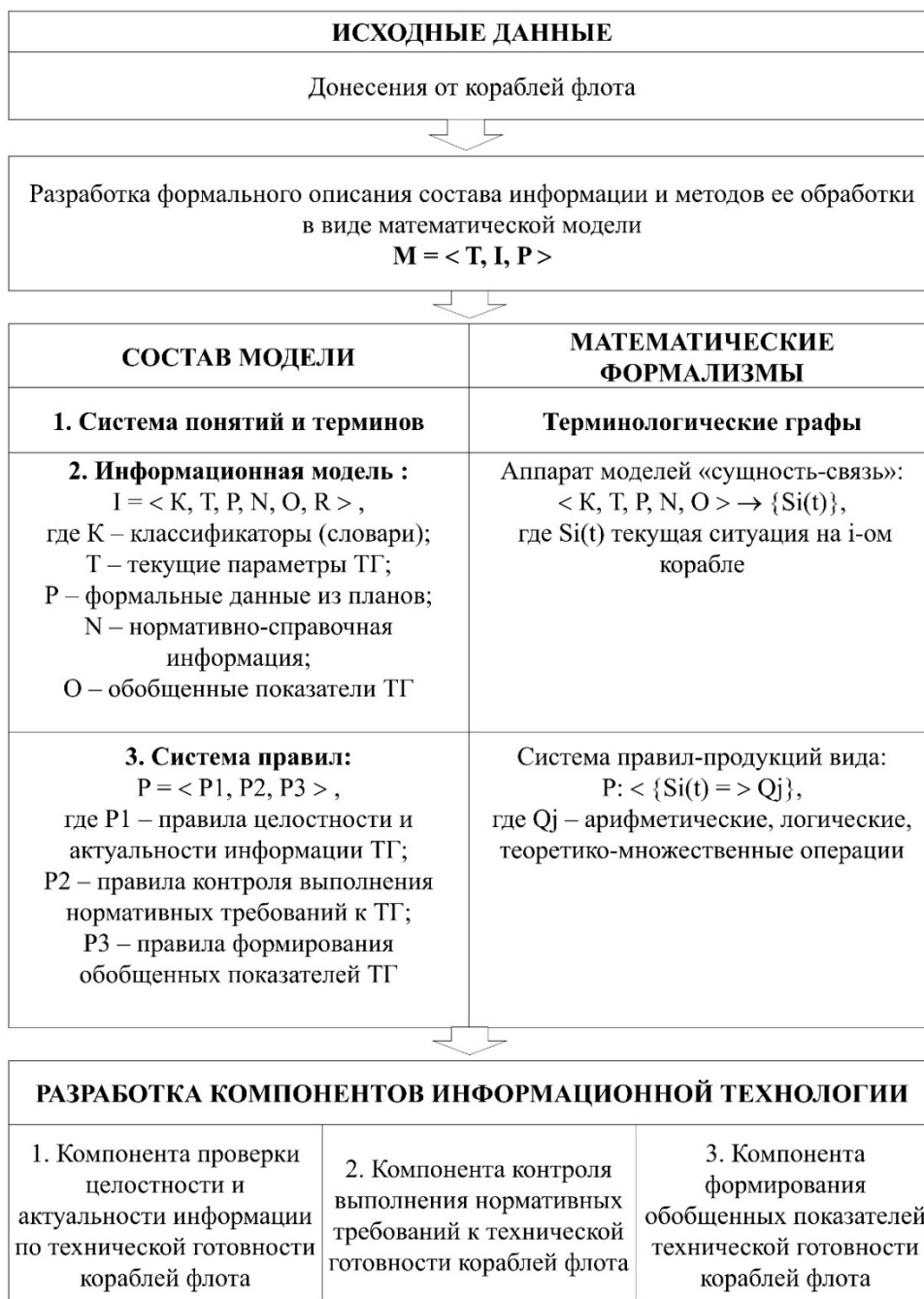


Рис. 1 – Состав и структура ЛЛМ процесса МТГ кораблей

Формирование правил в виде продукций является наиболее популярным средством представления знаний в информационных системах [13]. Продукционная модель, с одной стороны, близка к логической, фреймовой, сетевой моделям, что позволяет организовать на них эффективные процедуры вывода, а с другой стороны, позволяет лучше организовать и структурировать знания, делая их более доступными и понятными для пользователей. Кроме того, такая модель может использоваться не только для обработки информации в определенной предметной области, но и для многих других целей.

Формализация правил в виде системы продукций обладает рядом свойств, делающих их весьма удобным средством по следующим причинам:

1) система продукции легко модифицируется посредством изъятия, добавления или корректуры отдельных продукции. Это свойство делает систему продукции гибкой и легко адаптируемой к любым изменениям предметной области и потребностям операторов ОБУ;

2) система продукции легко отображается в любую конструируемую программную систему.

Важно отметить, что эффективность таких продукции зависит от умения правильно структурировать информацию.

В настоящее время компоненты ИТ комплексной автоматизации МТГ кораблей предложены для внедрения в существующие (эксплуатируемые) АСУ технического обеспечения ВМФ и программно-аппаратный комплекс контроля технической готовности кораблей и судов ВМФ. Предполагается их поэтапная реализация в рамках выполнения работ по расширению функциональных возможностей и улучшению качественных характеристик программного обеспечения данных изделий.

Заключение

В целом предложенный в статье формальный аппарат ЛЛМ процесса МТГ кораблей при своей практической реализации в АСУ дает оператору весьма простой, удобный, легко сопровождаемый и унифицированный инструмент непосредственной реализации следующих задач:

- проверки целостности и актуальности информации по ТГ кораблей;
- контроля выполнения нормативных требований к параметрам ТГ кораблей;
- формирования обобщенных показателей ТГ кораблей;
- формализации качественных требований руководящих документов по нормативам к ТГ кораблей;
- формализации, хранения и последующей обработки результатов МТГ кораблей.

Использование ЛЛМ для реализации компонентов ИТ автоматизации МТГ кораблей позволит обеспечить на качественно новом уровне информационную поддержку деятельности операторов ОБУ в части управления и поддержания ТГ сил флота и ВМФ в целом на заданном уровне.

Кроме того, предложенный авторами подход имеет достаточно четко обрисованные перспективы для практической реализации в АСУ.

Литература

1. **Мухитов Э.И., Бабошин В.А., Колесников А.В., Кузнецов А.В.** Автоматизация управления техническим обеспечением флота на основе использования трансдисциплинарной интеграции в логических информационно-интеллектуальных системах поддержки принятия решений // Автоматизация процессов управления. 2023. № 1 (71). С. 4-14.
2. **Цельковских А.А., Мосентз Т.А., Дубовский В.А.** Концептуальная модель подсистемы мониторинга технического состояния в структуре управления полным жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники // Вооружение и экономика. 2019. № 2 (48). С. 36-42.
3. **Елецкий М.И., Зальмарсон А.Ф.** Проблемные вопросы автоматизации технического обеспечения Военно-Морского Флота и возможные пути их решения // Актуальные проблемы строительства и развития АСУ МТО ВС РФ: сб. науч. статей по материалам научно-практической конференции. 2021. С. 142-146.
4. **Елецкий М.И., Зальмарсон А.Ф.** Решение задач мониторинга технической

- готовности кораблей Военно-Морского Флота с использованием современных компьютерных технологий // Проблемы технического обеспечения войск в современных условиях: сб. трудов по материалам научно-практической конференции. 2022. С. 294-299.
5. **Смольников А.В., Сус Г.Н., Ушакова Н.П.** Когнитивные технологии системы поддержки принятия решений и управления борьбой за живучесть корабля, судна // Системы управления и обработки информации: научн.-техн. сб. / АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб, 2019. Вып. 3 (46), с. 18-27.
 6. **Алексеев А.В., Куприянов Д.О.** Автоматизированная система оценки готовности корабля к выходу в море в составе тактической группы // Материалы XVI Межвузовской научно-практической конференции «Актуальные проблемы профессиональной подготовки командиров кораблей и специалистов ВМФ. Применение сил и средств ВМФ в Арктике», СПб.: ВУНЦ ВМФ «ВМА», 2022, с. 13-21.
 7. **Алексеев А.В.** Модель инвариантной оценки качества и эффективности объектов морской техники / Морские интеллектуальные технологии / Marine intellectual technologies, № 2 том 2, 2020, с. 53-60.
 8. **Хруцкий О.В.** Техническая диагностика: учебник. Издание 2-е, исправленное и дополненное – СПбГМТУ, 2018. – 262 с.
 9. **Тарасов В.Б.** Проблема понимания: настоящее и будущее искусственного интеллекта. Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем. Материалы V-й Международной научно-технической конференции (OSTIS2015, Минск, БГУИР): Изд-во БГУИР, 2015. С. 25-42.
 10. **Новосельцев В.И.** Логико-лингвистические модели в военных системных исследованиях / Н.Г. Бублик, В.К. Евстигнеев, Е.К. Суворов, Б.В. Тарасов / – М.: Воениздат, 1988. – 232 с.
 11. **Калянов Г.Н.** CASE. Структурный системный анализ: средства и методы. – М.: Лори, 1996.
 12. **Поспелов Д.А.** Ситуационное управление: Теория и практика. – М.: Наука, 1986. – 288 с.
 13. **Галкин Д.В., Коляндра П.А., Степанов А.В.** Состояние и перспективы использования искусственного интеллекта в военном деле // Военная мысль: военно-теоретический журнал. 2021. № 1. С. 113-124.