

УДК 681.518

МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ МОНИТОРИНГА ОБСТАНОВКИ ПРИ СИТУАЦИОННОМ УПРАВЛЕНИИ КРИТИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

А.В. Алексеев

Институт автоматизации процессов борьбы за живучесть корабля, судна
Россия, 198262, Санкт-Петербург, Ленинский пр., 101
E-mail: iapbgks@bk.ru

Б.В. Соколов

Санкт-Петербургский институт информатизации и автоматизации РАН
Россия, 199178, Санкт-Петербург, В.О., 14-я линия, д. 39
E-mail: sokolov_boris@inbox.ru

М.Ю. Охтилев

Санкт-Петербургский институт информатизации и автоматизации РАН
Россия, 199178, Санкт-Петербург, В.О., 14-я линия, д. 39
E-mail: oxt@mail.ru

Ключевые слова: ситуационное управление, критические структуры, поддержка принятия решений, мониторинг обстановки, агрегирование показателей, алгоритм свертки.

Аннотация: В статье обоснованы научные и организационно-технические предложения по созданию соответствующих автоматизированных систем управления указанными структурами на основе разработанного полимодельного описания рассматриваемой предметной области, системного обоснования требований и путей их реализации применительно к корабельным системам управления. Данный подход позволяет эффективно реализовать возможности когнитивного проактивного мониторинга агрегированных показателей качества критических объектов и структур, соответствующей обстановки и дискреционных алгоритмов поддержки принятия управленческих решений.

1. Введение

Среди проблем развития риск-ориентированных технологий и систем автоматизации управления критическими объектами и структурами (КО, нарушение или прекращение функционирования которых может привести к потере управления на стратегическом уровне, разрушению инфраструктур, имеющих важное оборонное и экономическое значение на федеральном и региональном уровнях государственного управления, к необратимому негативному изменению социально-экономической обстановки в стране, или существенному ухудшению безопасности населения) особое место занимают технологии и системы информационно-аналитической и интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений (СППР, СИП) в составе автоматизированных информационно-управляющих систем в защищенном исполнении (АСЗИ) [1, 2].

Научно-методические и технологические аспекты формирования такой поддержки для повышения качества управления, принятия эффективных и оптимальных решений, прежде всего, в условиях обеспечения комплексной безопасности эксплуатации (КОБЭ), локализации аварийных ситуаций и аварий (ЛАС), борьбы за их живучесть (БЖ) являются востребованными. В этой связи заслуживает должного внимания разработанная и активно развивающаяся с 2014 г. технология систем информационно-аналитической и интеллектуальной поддержки принятия решений и управления (СПРУ) [2]. СПРУ позволяют в дополнение к сбору, распределению и обработке информации в уже существующих средствах и системах *на основе* системного группирования, агрегирования данных, их мониторинга и прогнозирования при минимально избыточном отображении ситуаций и обстановки в целом *обеспечить*: автоматизированную классификацию ситуаций по видеообразам с прогнозированием развития обстановки; минимизацию времени восприятия обстановки операторами; автоматический синтез проектов управленческих решений; информационно прозрачную поддержку принимаемых управленческих решений.

2. Модель мониторинга обстановки при ситуационном управлении критическими объектами

2.1. Система критериев оценки качества управления

В систематизированном виде типовые свойства и критерии оценки качества управления КО при использовании АСЗИ приведены на рис. 1.



Рис. 1. Система типовых свойств и критериев оценки качества управления в АСЗИ.

При этом под векторным критерием качества АСЗИ, предназначенных для обеспечения синтеза эффективных и оптимальных управленческих решений и контроля их реализации, понимается мера (комплекс взаимосвязанных свойств и характеристик), отражающая степень соответствия АСЗИ своему целевому предназначению. В этой связи становится особо актуальной задача комплексной адекватной оценки качества АСЗИ с целью создания возможностей *системного анализа* (исследования свойств и

характеристик АСЗИ, как сложного эргатического объекта) и *синтеза* перспективных вариантов построения, создания, освоения и эксплуатации АСЗИ, отвечающих качественно новым требованиям управления, обеспечения их конкурентной способности.

2.2. Модель скаляризации векторного критерия качества

Задача моделирования качества Q и эффективности АСЗИ $E = d \times Q$ (как степени (доли) d реализации проектного качества Q в реальных условиях использования и эксплуатации) является традиционной [1]. Однако, анализ практики развития современных АСЗИ показывает, что аппарат их комплексной оценки качества даже при проектировании, а, тем более, при эксплуатации производится крайне редко и, как правило, далеко не по системным (целостным) показателям, что отражает только отдельные свойства АСЗИ. Как следствие, это может приводить к ошибочным управленческим решениям, отсутствию конкурентных позиций в отрасли и на мировом рынке, неоправданным экономическим потерям, угроза потери военно-технического превосходства.

Отчасти это обусловлено возросшей сложностью создания математических моделей функционального анализа управленческих процессов, их разнородностью, многокритериальностью, проблемой получения адекватных исходных данных для числового моделирования. Более того, принципиальной невозможностью учета негативных субъективных свойств лиц, принимающих (ЛПР), обосновывающих (ЛОР) и исполняющих (ЛИР) решения в контуре управления АСЗИ. Особенно, при использовании аппарата теории вероятности, который даже по аксиоматике в этих условиях не применим.

Вместе с тем, указанные обстоятельства только обостряют необходимость поиска путей решения этой сложной научной проблемы, особо востребованных для обеспечения конкурентоспособности систем управления отечественной продукцией, услугами.

Одной из перспективных методологий анализа систем следует считать аппарат квалиметрического (измерения качества) анализа и оптимизации характеристик АСЗИ в силу его системной направленности, инвариантности к специфическим свойствам объектов анализа, что следует считать весьма важным преимуществом [1-3].

Более того, оценка, анализ, мониторинг и контроль системных показателей качества является необходимым и наиболее значимым в контуре обратной связи систем управления современных сложных эргатических систем (СЭС).

В этой связи задачу моделирования оценки и мониторинга обстановки при ситуационном управлении КО целесообразным решать с использованием полимодельной концепции обеспечения достоверности моделирования. В основу данного полимодельного описания положен разработанный ранее альтернативный динамический системный граф с перестраиваемой структурой [4]. Конкретное описание данного системного графа для конкретной предметной области осуществляется с использованием соответствующей системы логико-динамических моделей. С их использованием удалось провести многоаспектный анализ свойств и характеристик АСЗИ, снижая при этом погрешности оценивания как за счет увеличения числа используемых оценок (порядка в $1/\sqrt{M}$ раз, где M – число используемых моделей), так и за счет выявления в процессе интерпретации, верификации и определения валидности получаемых оценок методических погрешностей, учета этих обстоятельств при индексировании значимости моделей.

Задачу скаляризации векторного критерия качества АСЗИ и обоснования модели агрегирования решим, введя специальный оператор свертки (convolution) показателей качества типа $C_N^t(w_n, q_n)$, где q_n – частный показатель качества (ЧПК) с номером $n \in [1; N]$ при их общем количестве N , а w_n – индекс критериальной значимости n – го ЧПК, его вес (weight). При этом, индекс t оператора $C_N^t(w_n, q_n)$ означает *тип алгорит-*

ма свертки $t \in [1; T]$ при оценке отдельного p – того свойства (property) АСЗИ. В систематизированном виде типы операторов свертки, например, приведены в [2,3].

Тогда, применяя оператор свертки к ЧПК q_n и последовательно оценивая отдельные -ые свойства АСЗИ, характеризующие соответствующими групповыми показателями качества свойств АСЗИ (ГПК), запишем их в виде $Q_p = C_N^t(w_n, q_n)$ при $p \in [1; P]$ и общем числе свойств АСЗИ, равном P .

В свою очередь, применяя оператор свертки для всего множества $\{Q_p\}$ и конкретной модели агрегирования с номером $m = [1; M]$ переходим к оценке агрегированного модельного показателя качества (МПК) АСЗИ $Q_m = C_P^t(w_p, Q_p)$, т.е. МПК для конкретной модели свертки P групповых показателей качества.

Далее, применяя оператор свертки для всего множества $\{Q_m\}$ при $m = [1; M]$ переходим к оценке агрегированного показателя качества (АПК) АСЗИ в целом $Q = C_M^t(w_m, Q_m)$, реализуя тем самым полимодельную концепцию оценки качества АСЗИ и СЭС в общем случае на основе одновременного использования M моделей.

Тем самым, в обобщенном виде процедура агрегирования показателей качества СЭС может быть представлена после соответствующих преобразований в виде

$$(1) \quad Q = C_M^t \{w_m, C_P^t [w_p, C_N^t (w_n, q_n)]\}.$$

Алгоритм агрегирования (1) назовем *комплексным алгоритмом свертки показателей качества третьего порядка* по числу соответствующих вложений в записи (1).

2.3. Пример использования комплексного алгоритма свертки

Применительно к приведенной на рис. 1 системе типовых критериев оценки качества управления АСЗИ агрегированный показатель качества будет иметь вид

$$(2) \quad Q = C_4^\Gamma \{w_m, C_7^M [w_p, C_5^\Gamma (w_n, q_n)]\}.$$

Запись АПК (2) можно интерпретировать следующим образом: количественная оценка векторного критерия качества АСЗИ по АПК (2) представляет собой свертку показателей качества третьего порядка, включая:

$M = 4$ модельных показателей качества (МПК, например, для выбранных из множества моделей по методу АСОР [2,3] типов «Равнопрочная», «Системная», «Бюджетная», «Лощманская») по «Г» - алгоритму свертки гармонического типа ($t = 3$), преимуществом которого, как показано в [2], является минимальная методическая погрешность оценивания АПК;

$P = 7$ групповых показателей качества (ГПК), отражающих основные свойства АСЗИ (в составе – оперативность, достоверность, устойчивость, скрытность, непрерывность, ресурсоемкость, качество (профессиональность) операторов) по «М» - алгоритму свертки мультипликативного типа ($t = 2$), обеспечивающему гарантированную (минимальную) оценку качества;

$N = 5$ частных показателей качества (ЧПК), отражающих отдельные свойства АСЗИ для каждого из ГПК по «Г» - алгоритму свертки гармонического типа ($t = 3$).

2.4. Модель мониторинга обстановки при ситуационном управлении

Основными процедурами мониторинга обстановки при ситуационном управлении согласно предлагаемой модели и технологии её реализации предусмотрено:

Шаг 1. Ввод разнородных исходных данных с соответствующих датчиков контроля обстановки и по каналам ввода данных организационно-технического контроля с их шкалированием и нормированием по обобщенному алгоритму вида

$$(3) \quad q_i = \left\{ \frac{[q - q_{min}]^z \times [q_{max} - q]^{1-z}}{q_{max} - q_{min}} \right\} G,$$

где: q – (исходное) ненормированное -ое значение ЧПК (индекс у q опущен); q_{max}, q_{min} – соответственно максимальное и минимальное ненормированные значения ЧПК с индексом i из всего диапазона их значений $i \in [1; I]$; z – индекс знака влияния ЧПК на АПК, равный, например, для ЧПК типа «дальность обнаружения цели» $h = +1$ при АПК типа «эффективность станции обнаружения» и, наоборот, $h = -1$ – ЧПК типа «стоимость закупки станции обнаружения», увеличение которой уменьшает «эффективность (качество) станции обнаружения»; G – степень нелинейности влияния ЧПК на ГПК, определяемая конкретной ситуацией для Заказчика, статистикой и/или принятыми регламентами предприятий.

При использовании обобщенного алгоритма (3) обеспечивается инвариантность модели (1) к специфике объектов анализа за счет универсальности классификации показателей качества СЭС на группы ЧПК, ГПК, МПК, АПК, а также за счет использования обобщенного алгоритма шкалирования ЧПК вида (3).

Шаг 2. *Комплексная оценка ЧПК, ГПК, МПК и АПК* в соответствии с алгоритмами оценивания (3), (1) по специальным алгоритмам типа (2) и когнитивным формированием соответствующих баз данных и знаний (БДЗ).

Шаг 3. *Прогнозирование изменения данных и обстановки* в соответствии с БДЗ, например, по алгоритму адаптивного регрессионного анализа [2].

Шаг 4. *Минимально-избыточная визуализация данных мониторинга обстановки* с целью обеспечения информационно-комфортного ее восприятия ЛОР, ЛПР, ЛИР.

Шаг 5. *Автоматизированное формирование проектов управленческих решений* с использованием алгоритмов дискреционного типа на основе действующих ОРД в соответствии с полномочиями соответствующих операторов (ЛОР, ЛПР, ЛИР).

Шаг 6. *Когнитивный мониторинг исполнения ЛИР принятых ЛПР управленческих решений* по данным квитирования, визуального контроля данных мониторинга.

Шаг 7. *Когнитивный контроль качества управления* по данным визуального анализа обстановки с ситуационным принятием корректирующих решений.

3. Заключение

В докладе предложены оригинальная модель и алгоритм мониторинга обстановки при ситуационном управлении критическими объектами, базирующиеся на концепциях полимодельного описания конкретно рассматриваемой предметной области (ПрО) и проактивного (упреждающего) управления КО, входящими в ее состав. При этом оригинальность разработанного модельно-алгоритмического обеспечения состоит в его многофункциональности и унификации, позволяющих проводить на конструктивном уровне адаптацию к специфике целей, задач, технологий управления для конкретной ПрО. Исследования, выполненные по данной тематике, проводились при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ (№№17-08-00797, 17-06-00108, 17-01-00139, 17-20-01214, 18-07-01272, 18-08-01505, 19-08-00989), Госзадания Министерства образования и науки РФ №2.3135.2017/4.6, в рамках бюджетной темы №№0073–2019–0004,

Список литературы

1. Соколов Б.В., Алексеев А.В. Теория информации: эволюция взглядов и подходов, современные проблемы и возможные пути развития // Проблемы информатизации. 2001. Вып. 3. С. 26-29.
2. Алексеев А.В. Концептуальные аспекты управления развитием критических объектов морской техники и морской инфраструктуры // Морские интеллектуальные технологии. 2015. Т. 1, № 2 (28). С. 47-57.

3. Алексеев А.В., Петров А.А. Системный анализ применения и развития технологий автоматизации береговых центров экстренного реагирования // Региональная информатика и информационная безопасность. Сборник трудов. Выпуск 5 / СПб.: СПОИСУ, 2018. С. 432-436.
4. Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. М.: Наука, 2006. 410 с.