

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЙ СЛОЖНЫХ
ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ И ФОРМИРОВАНИЯ ВАРИАНТОВ
УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЯХ**

Б.В. Соколов¹, В.Я. Асанович²

¹ Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН, sokol@iias.spb.su

² Белорусский государственный экономический университет, asan41@gmail.com

Последние десятилетия характеризуются увеличением частоты как экономических, технологических и экологических катастроф. Этому способствуют различные факторы как природного, так и с антропогенного характера. Поэтому так важно исследование поведения сложных организационно-технических систем (СОТО) в различных ситуациях.

Анализ проблемы решения разработки системы показателей безопасности, рисков и эффективности функционирования СОТО в сложных условиях обстановки показал, что для этого требуется конкретизация предметной области и детализация целей, задач, состава и свойств этих объектов, а также среды их функционирования и другой информации, связанной с функционированием СОТО. С другой стороны такая конкретизация предметной области анализа приведет к тому, что полученные для нее решения будет трудно или невозможно применить для СОТО, имеющие другую конструкцию, назначение и условия функционирования.

Предлагаемый подход заключается в выявлении и анализе общих закономерностей ситуационного управления процессами функционирования СОТО в различных условиях и

использовании этих закономерностей для разработки универсальных методов формирования правил выявления потенциально возможных нештатных ситуаций и принятия решений в случае их возникновения [2].

Состояния СОТО, используемые в моделях его штатного управляемого поведения, определяются в процессе анализа значений параметров, характеризующих процессы его функционирования. Проблемы в решении задачи идентификации состояний обусловлены полисемией понятия «состояние» объекта и использованием эмпирических подходов в формировании его моделей и пространств состояний. В процессе формирования моделей управляемого поведения СОТО эти проблемы решаются с использованием соответствующих методических рекомендаций в ходе построения моделей. При этом для решения задачи идентификации состояний могут быть применены известные методы описания соответствий между множеством состояний и множеством значений параметров, а для описания правил идентификации состояний – методы представления таблиц и деревьев решений.

Под «ситуацией» в поведении объекта понимается упорядоченная пара — <ожидаемое состояние объекта; фактическое состояние объекта>. Если в заданный момент времени ожидаемое состояние соответствует фактическому состоянию объекта, то текущая ситуация считается штатной, в противном случае – нештатной. Использование этого правила позволяет выявить два вида проявления нештатных ситуаций (НС):

- объект в момент анализа ситуации остался в прежнем состоянии или перешёл в другое состояние, не соответствующее ожидаемому состоянию;
- объект перешёл в ожидаемое состояние за большее или меньшее время, чем это предусмотрено в модели для этого перехода.

Располагая моделью причинно-следственного поведения объекта в штатных условиях его эксплуатации, для каждого предусмотренного в ней перехода в пространстве состояний могут быть выявлены все потенциально возможные нештатные ситуации. Каждая из них имеет вполне определённое смысловое содержание, выраженное в терминах, используемых для описания модели поведения рассматриваемого объекта и его конструкции, а также возможность интерпретации в значениях параметров, характеризующих процессы его функционирования. Это позволяет определить потенциально возможные причины непредсказуемого отклонения состояния и значений параметров, характеризующих текущее поведение объекта и интерпретируемые как нештатная ситуация, непосредственно в его конструкции и/или по конструкторской документации. Знания, полученные в результате анализа этих причин, используются для выбора решений, которые следует выполнять в такой ситуации в процессе управления состояниями анализируемого объекта. Процесс такой параметрической и семантической детализации этих причин осуществляется до тех пор, пока каждой из них не будет взаимно однозначно сопоставлены конкретные действия, которые в этом случае надо будет выполнять по отношению к рассматриваемому объекту. При этом одновременно решается задача детализации самой этой ситуации за счёт использования дополнительных знаний об этом объекте и дополнительных параметров, характеризующих процессы его функционирования в таких ситуациях.

Классификация нештатных ситуаций. Нештатные ситуации разделяются на четыре класса сообразно с ожидаемым эффектом от реализации соответствующих им решений.

1) Компенсируемые НС. Для этих ситуаций существуют решения по управлению состояниями технического объекта. Их реализация предполагает использование возможностей оперативной компенсации возникших отклонений в поведении объекта на данном шаге выполнения программы управления без внесения в неё других изменений.

2) Корректируемые НС. Таким ситуациям соответствуют решения, реализация которых предполагает возможность выполнения объектом заданной цели управления (потребительской функции) путём разработки альтернативной программы. При этом в объекте и его модели должны быть предусмотрены либо альтернативные пути перехода в выбранное целевое состояние, либо наличие одноцелевых состояний, эквивалентных по отношению к способности объекта выполнять потребительскую функцию, соответствующую заданной цели его управления.

3) Некорректируемые НС. К ним относятся ситуации, для которых в используемой модели объекта отсутствует возможности выполнения заданной цели управления, но существуют варианты решений по сохранению его целостности или предотвращению возможных нежелательных последствий таких ситуаций для его окружения. Такие решения предполагают выполнение действий, направленных на отключение управляемого объекта от энергетических ресурсов, на перевод объекта в безопасное и/или ресурсосберегающее состояние, на уничтожение

(например, подрыв) объекта. Возникновение таких НС можно интерпретировать как факт несоответствия используемой модели управляемого поведения объекта, которое может быть обусловлено не учтёнными в ней произошедшими изменениями в его структуре и/или состояний среды его функционирования.

4) Аварийные НС. При возникновении таких ситуаций отсутствуют возможности каким-либо образом воздействовать на поведение управляемого объекта. Один из возможных вариантов сопоставляемого им решения заключается в задействовании всех имеющихся потенциалов в наблюдении и регистрации значений параметров, характеризующих происходящие в объекте материальные процессы с момента выявления такой ситуации. Это позволит получить максимально возможный объем информации о причинах возникновения такого вида НС и их последствиях.

Предложенный подход к решению рассматриваемой проблемы обеспечивает необходимые возможности для разработки общесистемных (универсальных) методов моделирования СОТО и построения систем мониторинга их состояний независимых от конструктивного разнообразия, целевого назначения и среды функционирования этих объектов. Специфика конкретных СОТО будет учитываться в процессе применения этих универсальных методов путём параметризации и семантической интерпретации состояний этих объектов и ситуаций процессов их функционирования.

Разработана концепция комплексного моделирования рисков при выработке управленческих решений в СОТО, основанная на использовании обобщенной структуре выбора решений. Это позволяет на этапах концептуального моделирования и объектно-ориентированной спецификации предметной области обоснованно определить состав и структуру создаваемой интегрированной системы поддержки принятия решений, используемой при оценивании и управлении качеством моделей и полимодельных комплексов, определять состав и структуру запросов к соответствующей базе знаний.

3. Для оценивания эффективности функционирования СОТО в сложных условиях обстановки был разработан перечень соответствующих показателей безопасности, рисков и качества применения указанных систем по назначению. К числу указанных показателей были, в первую очередь, отнесены:

- показатели эффективности применения СОТО, которые включают в себя показатели их целевых возможностей и показатели устойчивости функционирования;
- показатели технической эффективности, к которым, в первую очередь, можно отнести пропускную способность, показатели оперативности реализации технологии управления СОТО, эксплуатационные показатели (например, ремонтпригодность), эргономические и социально-психологические показатели;
- показатели экономической эффективности и ресурсосберегаемости (например, показатели полных затрат на модернизацию и функционирование СОТО, время полной окупаемости системы, показатели расхода (сбережения) ресурсов всех видов, полноты их использования на всех этапах ЖЦ СОТО);
- показатели, характеризующие эффективность адаптации и самоорганизации СОТО на этапе её модернизации и функционирования (показатели структурной и функциональной избыточности, показатели гибкости (адаптируемости) структур СОТО, показатели сложности указанных структур);
- показатели, характеризующие длительность реализационного периода СОТО (время проектирования модернизации СОТО) и периода полезной жизни до следующей модернизации (время эксплуатации);
- показатели эффективности управления функционированием и модернизации СОТО (в том числе показатели обоснованности принимаемых решений).

Кроме того, для учета факторов риска и безопасности применения СОТО была введена принципиально новая группа показателей, оценивающих уровень катастрофоустойчивости указанных объектов. При этом под катастрофоустойчивостью любого современного СОТО понимается его способность сохранять критически важные данные и продолжать выполнять свои функции после массового (возможно, целенаправленного) уничтожения ее компонентов в результате воздействий как природного характера, так и инспирированных человеком. Свойство катастрофоустойчивости у СОТО не возникает само по себе, а формируется на основе целенаправленной организационно-технической, модельно-алгоритмической, информационно-

правовой и другой деятельности людей, ориентированной на непрерывное поддержание доступности к данным и информации, а также на сохранение, реализацию и восстановление присущих (заложенных на этапе проектирования) СОТО целевых и информационно-технологических возможностей в условиях комплексного воздействия комбинированных возмущающих факторов. В указанную группу показателей катастрофоустойчивости были включены: показатели доступности СОТО (суммарное время простоев СОТО по любым причинам), показатели, оценивающие риски возникновения и развития аварий и катастроф, показатели, оценивающие последствия аварий и катастроф для конкретных бизнес-процессов (продолжительность, масштаб и объем ущерба), показатели, оценивающие общие затраты времени и полноту выполненных операций, связанных с восстановлением работоспособности СОТО, показатели, оценивающие капитальные и эксплуатационные затраты на обеспечение требуемого уровня катастрофоустойчивости, затраты других видов ресурсов, показатели, оценивающие, степень критичности операций, выполняемых в СОТО, значимость ресурсов и информации, используемой для обеспечения требуемого уровня катастрофоустойчивости.

Разработаны комбинированные методы решения задачи многокритериального оценивания функционирования СОТО в условиях существенной неопределенности.

Учет факторов неопределенности и неполноты информации в СОТО на основе вероятностного и статистического моделирования в ряде ситуаций может оказаться неадекватным решаемым задачам и привести к неверным результатам. Указанные ситуации на практике характеризуются:

- неполнотой или отсутствием знаний о поведении отдельных элементов и подсистем, а также взаимосвязей между ними;
- ограниченной возможностью экспериментального исследования функционирования СОТО, а также необоснованно высокой стоимостью экспериментов, не позволяющей получить достаточной статистической информации о различных характеристиках системы;
- изменением целей и способов функционирования СОТО, тактики их целевого применения, требующих учета факторов неопределенности и возможности реализации характеристик, входящих в СОТО средств;
- многоцелевым, многофункциональным характером задач управления и оценивания;
- качественными оценками функционирования СОТО, вызванных воздействием внешних и внутренних факторов;
- во многих случаях человек (эксперт, группа экспертов) представляет собой единственный источник сведений о разрабатываемых блоках, подсистемах СОТО и системы в целом.

При этом необходимо отметить, что указанные причины отражают объективную недостаточную информированность лица, принимающего решение (ЛПР), о возможных количественных значениях тех или иных факторов, а сам процесс управления СОТО базируется на некоторых субъективных суждениях ЛПР, отражающих его собственный опыт и интуицию как эксперта. Это означает, что основные особенности и соответствующие проблемы, связанные с решением задач многокритериального оценивания, имеют скорее концептуальный, а не вычислительный характер. Для корректного решения указанной проблемы необходимо получение дополнительной информации от ЛПР, на основе которой формируется соответствующее результирующее отношение предпочтения (правило согласования). Построение результирующего отношения предпочтения осуществляется на основе анализа характеристик решаемой задачи оценивания и системы предпочтений ЛПР. Проблема приведения оценок функционирования СОТО по различным критериям к сопоставимому виду решается либо путем нормализации критериев, либо путем использования специальных шкал или балльных шкал.

При разработке комбинированных методов решения задач многокритериального оценивания функционирования СОТО в условиях существенной неопределенности было предложено использовать ранее введенное авторами проекта обобщенное описание моделей управления структурной динамикой СОТО, базирующее на структурно-математическом подходе, предложенным группой французских математиков Н. Бурбаки. Данное описание позволяет с единых позиций подойти к анализу и выбору путей решения основных классов задач мониторинга и управления структурной динамикой (УСД) СОТО. При этом обобщенная модель УСД СОТО представляет собой себя структуру выбора с многими отношениями предпочтения на расчлененном (либо нерасчлененном) множестве альтернатив в условиях неопределенности, вызванной многокритериальным характером решаемых задач и/или воздействием на СОТО внешней (внутренней среды).

Список использованных источников:

1. Соловьева, И.В. Постановка задачи коррекции планов работы корпоративной информационной системы с использованием метода позиционной оптимизации / И.В. Соловьева [и др.] // Приборостроение, 2010. – Т. 53. – № 11. – С. 67-73
2. Kirillov, N.P. The functional state of a controlled complex object behavior – defining the concept / N.P. Kirillov, V.J. Asanovich // Proc. First Russia and Pacific Conf. on Computer Technology and Applications. Russia, Vladivostok, 6 – 8 Sep., 2010.