

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ В КРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЯХ

Н. П. Кириллов, Б. В. Соколов

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН

СПИИРАН, 14-я линия ВО, д. 39, Санкт-Петербург, 199178

<kirill@spiiaras.nw.ru>

УДК 517.11

Кириллов Н. П., Соколов Б. В. Проблемы управления сложными организационно-техническими системами в кризисных ситуациях // Труды СПИИРАН. Вып. 6. — СПб.: Наука, 2008.

Аннотация. Сформулированы актуальные проблемы и основные задачи управления сложными организационно-техническими системами в кризисных ситуациях. Обосновывается необходимость разработки нового научного направления — теории управления сложными организационно-техническими системами в кризисных ситуациях и формирования методологии проектирования ситуационных центров XXI века. — Библ. 4 назв.

UDC 517.11

Kirillov N. P., Sokolov B. V. The problems of technical-organizational complex systems management in crisis situations // SPIIRAS Proceedings. Issue 6. — SPb.: Nauka, 2008.

Abstract. The topical problems and the key tasks of technical-organizational complex systems management in crisis situations are formulated. The theory of technical-organizational complex systems management in crisis situations and the methodology of XXI century situational centers development are substantiated. — Bibl. 4 items.

1. Введение

Одной из характерных особенностей развития современной цивилизации является стремительно растущая сложность взаимосвязей, взаимозависимости и взаимодействия различных сфер жизни и деятельности человека. Наиболее остро эти аспекты проявляются при возникновении различных масштабных аварий, катастроф и других чрезвычайных ситуаций, которые без оперативного принятия специальных мер могут привести к большим человеческим жертвам, материальным потерям и ряду многих других негативных факторов.

В современных условиях принято выделять три группы событий, несущих в себе потенциальную угрозу интересам национальной безопасности в связи с возможным нарушением устойчивости управления народно-хозяйственным комплексом и связанными с этим материальными и людскими потерями различного масштаба. Это:

1) природные катаклизмы: землетрясения, наводнения, ливни и снежные заносы, ураганы, засухи, лесные и степные пожары, лавины и оползни, аномальные сезонные колебания температуры воздуха;

2) техногенные катастрофы: аварии и пожары на магистральных нефте- и газопроводах и хранилищах; повреждения линий электропередач; выбросы вредных веществ в окружающую среду; обрушение жилых, производственных и общественных зданий; выход из строя систем связи и электронных средств коммуникаций; аварии и пожары на предприятиях промышленности и энергетики, аварии на транспортных магистралях и в аэропортах, других объектах инфраструктуры;

3) социально-экономические и военно-политические кризисы: эпидемии и пандемии; сокращение импортных поставок сырья, электроэнергии и энергоносителей; межнациональные и межконфессиональные конфликты; террористические акты и угрозы их совершения; крупномасштабные забастовки; инфильтрация враждебных элементов с целью дестабилизации внутренней обстановки; массовое недовольство населения и уличные беспорядки; военно-политическая напряженность на государственных границах; захват заложников; активизация организованной преступности, алкоголизма и наркомании; волнения и беспорядки в исправительных учреждениях; угрозы продовольственной безопасности; экономические санкции со стороны других государств; бойкот национального экспорта; массовая нелегальная миграция и трафик наркотиков.

Отдельные события из перечисленных групп могут быть причиной возникновения целого комплекса других лавинообразно развивающихся негативных событий, что в случае непринятия оперативных мер по стабилизации первичной чрезвычайной ситуации может привести к неконтролируемому разрастанию её масштабов и негативных последствий и создавать реальные угрозы национальной безопасности [1].

Данные мировой статистики свидетельствуют о возрастании общего количества всех видов кризисов и катастроф на Земле. На примере наиболее разрушительных природных катастроф за последние 30 лет динамика выглядит следующим образом. Если за десятилетие с 1972 по 1982 год произошло 600 природных катастроф, то за период 1982–1992 гг. их уже было 2000, а в 1992–2002 гг. — свыше 6000. Общее число погибших за это время людей в природных катастрофах на земле превысило четыре миллиона человек, а общее число пострадавших людей — свыше четырех миллиардов. Самостоятельную группу представляют относительно медленно развивающиеся неблагоприятные процессы на Земле, связанные с глобальными изменениями климата, истощением природных ресурсов, ростом народонаселения беднейших стран планеты и необходимостью в связи с этим выработки адекватных мер по адаптации общества к новым условиям своего существования.

В условиях существования реальных угроз интересам национальной безопасности решающее значение приобретают научные исследования и разработки в области создания новых и совершенствования существующих информационных технологий и систем оперативного формирования, принятия и реализации решений по управлению всеми видами ресурсов, находящихся в распоряжении органов государственной власти и управления.

2. Анализ современных проблем в создании ситуационных центров

Для нейтрализации угроз и минимизации потерь, вызываемых чрезвычайными ситуациями, органы государственной власти и уполномоченные ими структуры должны быть готовы решать по крайней мере пять основных групп взаимосвязанных задач, а именно:

1) выявлять потенциальные угрозы возможных чрезвычайных ситуаций вследствие социально-экономических кризисов, природных и техногенных катастроф, разрабатывать типовые варианты решений по их предотвращению, локализации и стабилизации;

2) вносить предложения и проекты решений, направленные на повышение устойчивости объектов инфраструктуры народно-хозяйственного комплекса к

действию дестабилизирующих и разрушительных факторов возможных чрезвычайных ситуаций;

3) выявлять тенденции возникновения и осуществлять раннее обнаружение потенциальных угроз, с последующей оценкой и прогнозированием возможностей возникновения чрезвычайных ситуаций;

4) оперативно формировать и давать обоснованные решения по управлению всеми видами ресурсов с целью минимизации негативных последствий разрушительных и дестабилизирующих факторов в условиях возникшей чрезвычайной ситуации;

5) оценивать негативные последствия чрезвычайной ситуации и разрабатывать проекты решений, направленные на их ликвидацию с минимальными затратами.

Актуальность рассматриваемых проблем обусловила развитие работ по созданию ситуационных центров (СЦ) поддержки принятия решений. Создание ситуационных центров стало сегодня одной из важнейших задач повышения эффективности управленческой деятельности. В настоящее время в мире насчитывается несколько сотен СЦ и количество их продолжает увеличиваться. Необходимость широкого применения СЦ в сложных организационно-технических системах (СОТС) диктуют следующие факторы:

- усложнение и расширение круга задач управления, решаемых руководителями высшего звена в политической, военной, финансово-экономической, социальной, экологической и других областях;

- повышение требований к оперативности и качеству принятия и реализации управленческих решений;

- высокая мера ответственности за принятое решение;

- потребность в долгосрочном и краткосрочном прогнозировании развития ситуации на всех направлениях деятельности руководства в различных условиях функционирования (наработка и проверка планов на типовые критические ситуации);

- возрастание требований к координации взаимодействия с внешними отечественными и зарубежными организациями и ведомствами;

- получение дополнительных преимуществ партнерами и конкурентами при широком комплексном использовании информационных, телекоммуникационных и аналитических возможностей современных аппаратно-программных вычислительных комплексов и телекоммуникационных средств;

- потребность в комплексном и оперативном применении высокоэффективных методов принятия решений («мозговые атаки», деловые игры, методы типа сценариев, экспертные оценки, методы анализа иерархий, методы типа «дерево целей», морфологические методы), которые являются весьма ресурсоемкими по затратам (время, специалисты, объемы и скорости информационных потоков, финансовые средства);

- увеличение объемов и разнообразия способов представления информации;

- наличие распределенных источников разнородной (иногда противоречивой) информации с различной степенью достоверности, с различными системами управления данными и организации доступа к ним;

- наличие проблем с поиском и извлечением данных;

- наличие проблемы использования данных из устаревших систем хранения;

- потребность комплексирования информации (агрегирования данных) для оценки и прогнозирования ситуации;
- отсутствие у лиц принимающих решения необходимого ресурса времени для глубокого анализа многофакторной ситуации и выработки обоснованных решений;
- потребность в эффективном реагировании на быстрые изменения ситуации, особенно в кризисных случаях;
- возрастание цены принятия ошибочных управленческих решений;
- потребность оценки рисков (политических, экономических, экологических и т.п.) и угроз достижения поставленных целей, возникающих при различных вариантах развития ситуации или процесса с учетом возможных конфликтов;
- потребность принятия оптимальных и обоснованных решений в сложных условиях.

Ситуационный центр — это самая современная форма реализации систем поддержки принятия решений, основанная на технологиях моделирования и анализа ситуаций в предельно концентрированном (визуальном) представлении информации и обеспечивающая интегральное управление организацией, отраслью, регионом, страной на самом верхнем уровне. СЦ представляет собой информационно-аналитическую систему, позволяющую оценить реальное состояние объекта управления, уловить развитие внутренних и внешних тенденций, рассмотреть возможные последствия действий. В литературе встречаются различные названия ситуационных центров: центры стратегического управления, ситуационные комнаты, центры сбора, обработки и отображения информации и другие.

По своим функциональным возможностям СЦ можно разделить на четыре основных класса:

- системы мониторинга состояния предметной области (СМС);
- системы ситуационного отображения информации (ССОИ);
- системы динамического моделирования ситуаций (СДМС);
- аналитические и прогностические ситуационные системы (АПСС).

В настоящее время в большинстве существующих СЦ системы мониторинга состояний и ситуационного отображения информации являются системообразующими компонентами, в то время как функции СДМС и АПСС из-за их слабой теоретической и методологической обеспеченности выполняются непосредственно персоналом центров и лицами, принимающими решения и, следовательно, эффективность их реализации существенно зависит от множества субъективных факторов.

Необходимо отметить, что на сегодняшний день отсутствует единая научно обоснованная методология комплексного решения задач динамического моделирования и анализа ситуаций и создания СЦ в целом. В результате каждый действующий сегодня СЦ – продукт уникальный, с самого начала своего создания ориентированный на специфику только своей предметной сферы и использование оригинальных концептуальных подходов. В связи с этим возникают естественные проблемы с тиражированием полученных решений в каждом конкретном СЦ на другие предметные области и объединением различных СЦ в единую систему анализа ситуаций и принятия решений на более высоком в соответствующей иерархии уровне управления. В масштабе страны, региона или отрасли такой «индивидуальный» и нескоординированный подход к созданию ситуационных центров приводит к неоправданно высоким и недостаточно эффективным затратам интеллектуальных, временных и материальных ресурсов

и в целом существенно замедляет процесс удовлетворения растущих потребностей в создании СЦ для управления сложными организационно-техническими системами в кризисных и чрезвычайных ситуациях.

Предварительный анализ проблем и задач, которые необходимо решать в чрезвычайных ситуациях в различных предметных областях при существующих теоретических методах и подходах их решения показывает, что в рамках существующих теорий и методологий управления сложными системами эти вопросы, как отдельный предмет исследований с позиций единой общесистемной точки зрения практически не рассматриваются. При этом покрываемая их предметная область имеет целый ряд существенных особенностей, кардинально отличающих её от предмета исследования существующих теорий управления сложными системами. Среди них можно указать, в частности, следующие особенности:

- чрезвычайные и катастрофические ситуации, как правило, трудно предсказуемы и возникают внезапно (временная неопределенность в обеспечении готовности к управлению);

- масштабы связанных с ними негативных последствий также трудно предсказуемы; они могут быстро увеличиваться со временем и иметь различные отдаленные негативные последствия для разнородных, в том числе и территориально распределенных объектов (неопределенность границ и содержания предметной области);

- информация о таких ситуациях, как правило, имеет противоречивый и плохо предсказуемый по своему составу и объему характер и поступает в систему управления с различными временными задержками (неопределенность в идентификации текущих состояний и ситуаций);

- принятие решений в таких ситуациях осуществляется в условиях жесткого лимита времени, рисков и различных ограничений в возможностях выбора и реализации управляющих воздействий и т.п.

Учет этих и целого ряда других специфических особенностей процессов управления сложными системами в чрезвычайных и катастрофических ситуациях требует разработки принципиально новых, специальных принципов и методов мониторинга, анализа и прогнозирования ситуаций, разработки вариантов управляющих решений, процедур их выбора и реализации.

Так, например, анализ показывает, что принципы и методы традиционных диагностических систем концептуально построены так, что они лишь констатируют отказы, неисправности, дефекты и ориентированы на диагностику штатного режима. При этом не учитывается ряд важнейших свойств динамики функционирования сложных объектов в условиях нештатных и критических ситуаций. В частности, не учитываются: специфика их вероятностных свойств, возможность внезапного появления динамического хаоса в виде неупорядоченных процессов в детерминированных системах, «тонкая» структура динамики механизмов нагружения, старения и разрушения материалов и конструкций, а также ряд других практически важных свойств динамики нештатных и критических ситуаций [2].

В настоящее время в подавляющем большинстве случаев мониторинг состояний процессов функционирования СОТС автоматизирован лишь частично. Как правило, в современных системах мониторинга состояний операторам представляется смысловая информация только о состояниях *отдельных элементов СОТС, а не объекта контроля в целом. Интегральную оценку* состояния СОТС в таких системах выполняют соответствующие операторы (дис-

петчеры) и лица, принимающие решения. Для этого им требуется знать и уметь оперативно анализировать многочисленные *контекстные условия* процессов динамического взаимодействия элементов и подсистем СОТС.

Отличительной чертой рассматриваемых объектов, систем и комплексов является также и то, что при создании они прежде всего должны быть ориентированы на функционирование не только в нормальных, но и в критических (кризисных) условиях и потому должны быть наделены свойством *живучести*.

Применительно к процессам мониторинга и прогнозирования состояния СОТС реализация указанного свойства живучести предполагает оперативное формирование таких процедур сбора, обработки и анализа измерительной информации и соответствующей вычислительной среды, при которых обнаружение, локализация аварийных, нештатных и кризисных ситуаций, возникающих в тех или иных элементах (подсистемах) СОТС будет происходить значительно раньше, чем станут проявляться возможные последствия указанных неисправностей.

Дополнительные особенности процессы мониторинга состояний СОТС приобретают в тех условиях, когда из-за дефицита ресурсов (вызванного различными причинами субъективного и объективного характера) уже становится *невозможным поддерживать требуемый уровень жизнедеятельности и работоспособности* СОТС. В рассматриваемых ситуациях мониторинг объектов и систем должен сопровождаться целенаправленными процедурами реконфигурации структур (в общем случае, управления структурами) как самих СОТС, так и систем управления ими для обеспечения максимально допустимого уровня их работоспособности и безопасности.

Таким образом, основные проблемы алгоритмизации процессов мониторинга состояний СОТС сегодня заключаются:

- во-первых, в сложности *выявления, формализации и наглядного представления* правил динамического взаимодействия элементов и подсистем СОТС;

- во-вторых, в отсутствии научно обоснованных методов, алгоритмов и методик решения проблем оперативного оценивания, анализа состояния СОТС в сложных условиях обстановки.

Такие методы, алгоритмы и методики должны содержать как можно более детальное и понятное различным специалистам описание правил решения проблем мониторинга состояний СОТС *с общесистемной точки зрения*, т.е. справедливых для объектов широкого класса, а также содержать условия применения и специализации этих правил в зависимости от особенностей каждой конкретной СОТС.

Остаются также открытыми множество концептуальных проблем, связанных с управлением структурной динамикой сложных систем при их различных деградациях, оценки и прогнозирования рисков возникновения нештатных и критических ситуаций, а также рисков выбора и реализации соответствующих управленческих решений и т.п. [3, 4].

Решение задач управления рисками в свою очередь предполагает решение таких задач, как:

- идентификация рисков в выбранных направлениях деятельности и/или на выбранных территориях, группировка рисков и ранжирование по результатам комплексного анализа, прогнозирования и моделирования различных вариантов развития кризисных ситуаций;

- формирование перечня мероприятий по снижению рисков; формирование планов действий по ликвидации последствий возникновения негативных событий.

Практика показывает, что выбор рассматриваемых показателей и критериев эффективности и безопасности (рисков) является процессом, во многом имеющим субъективный, творческий характер, требующий в каждом отдельном случае индивидуального подхода и неформальных эвристических методов, т.е. методов, в основе которых лежат интуиция, опыт, аналогии, здравый смысл. При этом существенной особенностью процессов оценивания и выбора эффективных и безопасных вариантов проектирования и применения СОТС является то, что данные процессы реализуются в условиях существенной неопределённости, связанной с воздействием внутренних и внешних возмущающих факторов. С формальной точки зрения задачи прогнозирования и оценивания показателей эффективности и безопасности функционирования СОТС относятся к классу *задач обоснования решений в условиях многокритериальности и неопределённости*.

3. Необходимость разработки теории управления сложными организационно-техническими системами в кризисных ситуациях

Потребности общества в решении перечисленных выше проблем чрезвычайно велики, так как от этого сегодня во многом зависит способность в предотвращении и локализации различных критических ситуаций, а следовательно, и его благополучие. Общесистемный анализ существующих подходов к решению этих и других задач, составляющих рассматриваемую проблему, показывает, что в настоящее время уже сформировались необходимые условия для разработки нового междисциплинарного научного направления — теории управления сложными организационно-техническими системами в кризисных ситуациях, предметом исследований которой являются объекты и процессы, характеризующиеся перечисленными выше особенностями.

Любое новое научное направление характеризуется потребностью общества в разрешении каких-то новых для него проблем или обеспечении качественного скачка в обеспечении его потребностей. При этом актуализируются принципиально новые цели и задачи, достижение и решение которых невозможно без разработки новых теоретических подходов и методов, основанных на совершенствовании существующего научного базиса под соответствующим углом зрения.

В этом смысле теорию управления сложными организационно-техническими системами в кризисных ситуациях можно с полным основанием отнести к новому научному направлению. В частности, до сих пор процессы управления СОТС в кризисных ситуациях в научном мире не рассматривались как самостоятельный объект исследования. Не рассматривались также возможности разработки единой методологии решения перечисленных выше проблем. Кроме того, отсутствуют единые концептуальные подходы к их формализации и решению составляющих их задач, отсутствуют общие базовые понятия и терминология, характеризующие эту предметную область, отсутствует систематизация принципов и методов решения этих задач и т.п.

Теория управления сложными организационно-техническими системами в кризисных ситуациях должна носить прикладной характер, т.е. быть направленной

ной на разработку новых информационных технологий совершенствования и создания ситуационных центров с принципиально новыми качественными характеристиками.

Разработка такой теории позволит создать единую методологию построения систем управления СОТС в кризисных и чрезвычайных ситуациях и на основе этой методологии — перейти к разработке соответствующих информационных технологий и инженерных методик создания интеллектуальных ситуационных центров XXI века.

Возможность создания такой теории и методологии обусловлена общностью проблем, задач, различных критериев, признаков, параметров и других особенностей, характеризующих процессы и цели управления СОТС в кризисных и чрезвычайных ситуациях при рассмотрении их на некотором общесистемном уровне, на котором еще не проявляются узко специфические особенности конкретных предметных областей. Последовательная детализация таких особенностей позволит в рамках единой методологии сформировать методики решения указанных выше задач применительно к группам соответствующих им предметных областей.

Такой концептуальный подход к созданию СЦ позволит осуществлять естественную координацию и системную совместимость соответствующих работ на основе потребностей и возможностей экономии ресурсов за счет использования готовых методик и информационных технологий, а не путем жесткого административного управления этими процессами с присущими ему недостатками.

Следует специально отметить, что чрезвычайные и катастрофические события могут не ограничиваться рамками одного какого-то региона или даже страны, как это получилось в Чернобыльской АЭС. Это обстоятельство обуславливает объективную необходимость в поддержании постоянной готовности системы международной координации совместных действий в предотвращении и локализации развития последствий таких ситуаций.

Для принятия решений в любой предметной области необходимо располагать информацией, характеризующей её текущие состояния. Эту функцию в СЦ выполняют СМС и ССОИ. При этом техническая база таких систем в своем развитии существенно опережает возможности их программной составляющей, что замедляет их совершенствование в целом.

Это обстоятельство и все возрастающие требования, предъявляемые к этим системам, обуславливают необходимость постоянного совершенствования соответствующих методов и информационных технологий, а именно — методов и технологий мониторинга информационного пространства, оценки и анализа отклонений от целевого состояния с точки зрения опасностей и угроз, оценки рисков и методов семантической агрегации и визуального представления информации о текущих ситуациях.

4. Заключение

Предварительный анализ показывает, что решение проблем управления сложными организационно-техническими системами в условиях возникновения и развития штатных ситуаций и аварий различной природы возможно только на основе интеграции современных информационных технологий и их дальнейшей интеллектуализации. Такими перспективными технологиями в настоящее время являются: технология совмещенного проектирования (concurrent

engineering, hardware and software co-design), технология удовлетворения ограничений (constraint satisfaction), технологии системного моделирования и интеллектуального управления, технология создания объектно-ориентированных и интеллектуальных баз данных, технология интеллектуальных геоинформационных систем, технология проектирования и применения многоагентных и гибридных систем.

Весьма перспективной также является новая технология системного моделирования сложных объектов, позволяющая на конструктивном уровне проводить их полимодельное описание и исследование, как с использованием традиционных математических моделей, так и моделей, базирующихся на «мягких вычислениях» (soft computing) [4]. Данная технология может быть использована, в частности, при разработке методологических основ решения проблем конфигурирования (структурно-функционального синтеза) интеллектуальных технологий и перспективных автоматизированных систем мониторинга и прогнозирования уровней безопасности (рисков) функционирования СОТС в условиях возникновения и развития нештатных ситуаций и аварий различной природы, а также при обосновании облика их программного, модельно-алгоритмического и информационного обеспечения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты №07-07-00169, №08-08-00346) и программы фундаментальных научных исследований ОНТИТ РАН (проект №2.5).

Литература

1. Юсулов Р. М. Наука и национальная безопасность. СПб.: Наука, 2006. 290 с.
2. Панкратова Н. Д., Курилин Б. И. Концептуальные основы системного анализа рисков в динамике управления безопасностью сложных систем // Проблемы управления и информатики. 2000. № 6. С. 120–132.
3. Юсулов Р. М., Соколов Б. В. Комплексное моделирование рисков при выработке управленческих решений в сложных организационно-технических системах // Проблемы управления и информатики. 2006. № 1. С. 1–22.
4. Охтилев М. Ю., Соколов Б. В., Юсулов Р. М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. М.: Наука, 2006. 410 с.