

# Информационно-аналитическая система для принятия решений на основе сети распределенных ситуационных центров

А.П. Афанасьев, Ю.М. Батурин, Е.Н. Еремченко, И.А. Кириллов, С.В. Клименко

**Аннотация.** Предложена концепция информационно-аналитической системы ИАС4i для принятия решений на основе сети распределенных ситуационных центров. В основу концепции положена интеграция методов и подходов ситуационной осведомленности, неогеографии, виртуального окружения (ВО), предсказательного моделирования, серьезных игр, грид, семантик веб, когнитивных технологий и хранилищ данных. ИАС4i имеет развитые возможности анализа динамики развития ситуации на основе геопространственной и семантической информации, поставляемой сетями сенсоров и вычисляемых карт рисков. Виртуальное окружение обеспечивает "погружение" аналитиков и лиц принимающих решения в анализируемую ситуацию с помощью интуитивного интерфейса для доступа к информации.

**Ключевые слова:** информационная инфраструктура, информационно-аналитические системы, поддержка принятия решений, ситуационная осведомленность, неогеография, виртуальное окружение, электронное правительство.

## 1. Назначение и основные задачи предлагаемой концепции

Цели и задачи Федеральной целевой программы "Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2010 года" [1] включают:

- совершенствование системы государственного управления и экстренного реагирования в чрезвычайных и кризисных ситуациях;
- создание типовых отраслевых и региональных центров управления в чрезвычайных и кризисных ситуациях;
- внедрение, развитие и совершенствование передовых информационных технологий для интегрированной государственной системы предупреждения, реагирования и ликвидации ЧС.

В предлагаемой концепции особое внимание уделено идее использования результатов фундаментальных исследований проблемы взаимодействия между человеком и машиной в процессе ориентации человека в сложной пространственно-временной обстановке, принятия решения и действия. Такая проблема исторически впервые была поставлена в авиации, а затем распространилась на наземный транспорт, управление воздушным движением, ядерную энергетику, медицину, исследования космоса и системы ситуационного анализа и поддержки принятия решения. Проблема получила название Situation(al) Awareness (буквально - ситуационная осведомленность). Другое название этой междисциплинарной проблемы - исследование человеческого фактора.

<sup>1</sup> Авторы благодарны Российскому Фонду Фундаментальных Исследований за поддержку исследований в рамках проектов РФФИ № 08-07-13557-офи\_ц и № 08-07-12021-офи.

Цель данной работы — предложить современную концепцию программно-технического комплекса (ПТК) и интегрированной интерактивной интеллектуальной информационно-аналитической системы (ИАС4i) электронного Правительства для использования в задачах поддержки принятия решений текущего мониторинга и в случаях чрезвычайных ситуаций (ЧС). В основу разработки положены методы и подходы ситуационной осведомленности, неогеографии, виртуального окружения (ВО), многомасштабного предсказательного моделирования, серьезных игр, грид, семантик веб, интеллектуальных информационных технологий и хранилищ данных. В качестве объекта в широком смысле рассматривается мегаполис, его территория и расположенные на ней здания, сооружения и все другое.

При подготовке концепции использовались результаты обсуждения современного состояния актуальных после 11 сентября 2001 г. проблем, касающихся снижения риска катастроф и комплексной безопасности городов и крупных объектов на Международной научной конференции - рабочей встрече экспертов России и НАТО "Стойкость городских сооружений к комбинированным опасным воздействиям: уроки 11 сентября и научные задачи на будущее" (16-18 июля 2007 г., Москва).

Опыт создания электронных городов (eCity) и правительств (eGovernment) показал, что основной проблемой остается нестыковка систем, используемых в различных департаментах для решения своих задач в рамках общего проекта. Особую тревогу вызывает нестыковка карт (даже электронных), используемых в различных ведомствах.

За последнее десятилетие масштаб, интенсивность и частота чрезвычайных ситуаций (ЧС) различной природы, как и их влияние на общество непрерывно возрастали. Террористическая атака на Центр Мировой Торговли в Нью-Йорке, цунами в юго-восточной Азии, зариновая атака в токийском метро, пожары в Средиземноморье - вот только наиболее известные в мире ЧС, которые заставили пересмотреть ряд существующих подходов к обеспечению комплексной безопасности и антитеррористической защищенности крупно-

масштабных объектов высокой ответственности: мегаполисов (в частности, столиц государств), промышленных агломератов (штат Калифорния в США), торговых (Гонконг в Китае) и логистических (Роттердам в Нидерландах) центров мирового уровня.

Для ограничения масштабов ЧС и смягчения их нежелательных последствий требуются не только огромные ресурсы, но и вовлечение большого числа специализированных систем (организаций) - сил МЧС, правопорядка, медицинской помощи, городских служб энерго- и водоснабжения и т.д. Каждая из этих систем (организаций) имеет свои задачи, ресурсы и зоны ответственности.

В случае любой крупной ЧС в городе встает задача эффективного управления большим количеством разнородных организаций и служб, т.е. задача обеспечения:

- 1) эффективного взаимодействия различных городских служб или сотрудничества городских и федеральных организаций;
- 2) своевременной, точной и адресной передачи информации о текущей ситуации;
- 3) рационального распределения ресурсов.

Поскольку основная ответственность за ущерб, нанесенный ЧС, как правило, лежит на исполнительной власти, существует потребность в такой системе управления ЧС, в которой, с одной стороны, на время кризиса/инцидента центр управления "системы систем", вовлеченных в реагирование на ЧС, находится под полным и всеохватывающим контролем исполнительной власти, а с другой стороны, эффективно используются ресурсы и возможности многочисленных специализированных систем (организаций).

Сегодня одним из наиболее перспективных средств решения указанных выше задач является создание интегрированных информационно-аналитических систем для ситуационных центров (СЦ), часто называемых ситуационно-кризисными центрами (СКЦ) - мы будем пользоваться обоими названиями и сокращениями.

Детальный анализ существующего в настоящее время состояния дел в данной быстро развивающейся научно-практической области показывает, что сейчас основное внимание уделяется созданию и развитию, в основном, мо-

нопрофильных (в большинстве случаев - ведомственных или корпоративных) СЦ [2]. Например, в настоящее время многие федеральные ведомства и городские службы г. Москвы имеют и эксплуатируют, прежде всего в собственных интересах, монопрофильные СЦ - например, СЦ Министерства природных ресурсов РФ, СКЦ Росатома, СЦ в ряде силовых министерств и др.

Наиболее важным результатом внедрения монопрофильных СЦ, как отмечается большинством владельцев СЦ, является улучшение качества принимаемых решений, относящихся к области компетенции СЦ, снижение сроков реагирования на выявленные опасности или угрозы.

Однако создание и использование монопрофильного (в том числе и многоуровневого, распределенного) СЦ принципиально не способно решить проблему комплексного, всеохватывающего и эффективного управления крупномасштабной ЧС в силу сложности и изменчивости как самих объектов защиты, так и их окружения в условиях ЧС. Решение указанной проблемы возможно только на пути интеграции разнородных, разномасштабных СЦ, принадлежащих к различным ведомствам и службам. Фактически речь идет о создании "системы систем", где каждый СЦ является "подсистемой" и взаимодействует с другими подсистемами по единым правилам.

Потребность в интеграции ресурсов, организаций и информации для эффективного управления ЧС обсуждается в профессиональном сообществе [3] уже не первый год. На государственном уровне актуальность такой работы зафиксирована в п.107 Стратегии о национальной безопасности РФ [4].

В предлагаемой концепции уделено внимание проблеме интеграции монодисциплинарных, распределенных СЦ в единую (электронно-интегрированную) систему ИАС4i ("систему систем") с точки зрения методологии такого объединения. Необходимо ответить на следующие вопросы - почему неизбежна, для чего необходима и на каких методологических принципах целесообразна интеграция различных монопрофильных СЦ (?).

В качестве научно-организационной платформы для интеграции контента (содержания) и

инструментов монопрофильных СЦ в действительно комплексную динамическую систему управления ЧС в работе предложены три методологических принципа. Предложенный подход применим к построению интегрированной системы управления ЧС любого уровня (страны, региона, мегаполиса, в частности, г. Москвы).

Здесь термин "организация" используется для сокращенного обозначения "системы систем", т.е. всего множества специализированных организаций, задействованных полностью или вовлеченных частично в управление ЧС (кризисом), таких как спасатели, силы правопорядка, медицинские подразделения и т.д.. Каждое подразделение, например, спасатели, может быть организацией самой по себе, но здесь именуется как подразделение в организации.

Термин "группа" используется для указания подгруппы внутри подразделения или междисциплинарной группы людей из различных подразделений.

### 1.1. Интеграция монопрофильных СЦ

Межведомственное (или межсистемное) взаимодействие все еще остается существенной организационной и технологической проблемой во всем мире. Масштаб и злободневность этой проблемы, как правило, высвечиваются наиболее ярко в ходе крупномасштабных ЧС.

Ответ на первый вопрос - почему неизбежна межведомственная интеграция, в частности, для решения задач эффективного управления ЧС - дают многочисленные примеры межведомственного "невзаимодействия". В качестве характерного примера приведем только один, но широко известный во всем мире.

Отсутствие прямого и надежного коммуникационного канала между нью-йоркскими полицейскими и пожарными на низовом уровне (а именно - между пилотами полицейских вертолетов и пожарными внутри здания) в ходе проведения спасательных работ 11 сентября 2001 г. в Нью-Йорке является одной из основных причин гибели пожарных при коллапсе здания [5].

Информация, распространявшаяся по каналу полицейской радиосвязи о возможности коллапса здания, была известна всем полицейским за 21 минуту до коллапса, однако передать ее пожарным и спасателям не удалось, поскольку

радиостанции департамента полиции и противопожарной безопасности работали в разных частотных диапазонах. В итоге - 121 пожарный были фактически отрезаны от критически важной информации и погибли. Все погибшие были экипированы личными радиостанциями, однако отсутствие межведомственного взаимодействия сделало бесполезным применение профессиональной радиосвязи.

Таким образом, неизбежность межведомственной интеграции обусловлена прямой опасностью монодисциплинарного подхода в случае крупномасштабных ЧС.

### **1.2. Операционное понимание ситуации - необходимое условие и основной управляющий параметр для принятия эффективных решений**

Монопрофильные СЦ вследствие своей специализации в принципе не способны обеспечить всестороннее, своевременное и достоверное информирование о развитии ситуации как внутри собственной организации, так и всем заинтересованным или задействованным в управлении ЧС сторонам. Все источники информации, инструменты ее обработки и механизмы передачи по иерархии ориентированы на поддержание основной функции монопрофильного СЦ (борьба с пожаром или медицинская помощь и т.д.). В силу указанного системного ограничения монопрофильный СЦ не может обеспечить достаточный (для эффективного управления ЧС) уровень совместно используемого операционного понимания ситуации. Здесь и далее термин "операционное понимание ситуации" (ОПС) используется как рабочий вариант русского перевода англоязычного термина Situational Awareness [6], включающего три сущностных компонента:

1) целостное восприятие разнородных элементов окружающей среды в едином пространственно-временном представлении,

2) осознание значения элементов и связей между ними,

3) проекция их состояний в ближайшее будущее; состояние "операционного понимания ситуации" отдельным человеком (например, пилотом военного истребителя) или организацией (например, командой спасателей) является

результатом процесса анализа и оценки ситуации. Отдельного человека или целую команду, принимающую решения, будем, по традиции, называть ЛПР (лицо, принимающее решение).

ОПС включает (Рис.1) осведомленность о том, что происходит вокруг ЛПР (уровень 1 - восприятие ситуации), осознание (уровень 2) того, как его собственные действия или действия других участников ситуации могут повлиять на выполнение его целей и задач как в данный момент, так и в ближайшем будущем, и готовность (уровень 3) на основе понимания ситуации к конкретным практическим действиям как самостоятельно, так и взаимодействуя с другими участниками ситуации. Присутствие термина "операционный" подчеркивает важность третьего смыслового компонента, а именно - целостного понимания ситуации, которое дает возможность целенаправленно и эффективно действовать. Отсутствие "операционного понимания ситуации" является одним из основных факторов в авариях, катастрофах, произошедших вследствие человеческой ошибки [7]. Таким образом, "операционное понимание ситуации" является жизненно важным элементом деятельности в тех случаях, где велика интенсивность информационного потока и плохое решение может привести к тяжелым последствиям (пилот самолета, солдат на поле боя, хирург при проведении сложной операции).

Вслед за М.Р. Эндсли и В.М. Джонсом [8] будем различать "операционное понимание ситуации группой" (Team Situational Awareness) и "совместно используемое операционное понимание ситуации" (Shared Situational Awareness). В вышеупомянутом примере трагедии в Центре Всемирной Торговли в Нью-Йорке "операционное понимание ситуации" группой полицейских ("коллапс неизбежен, нужно уводить людей из здания") не было своевременно трансформировано в "совместно используемое операционное понимание ситуации" организацией "полицейские - пожарные", работавшей на месте ЧС.

Отсутствие, неполнота или несвоевременность формирования "совместно используемого операционного понимания ситуации" всеми членами организации, осуществляющей управление ЧС, являются основной причиной, ведущей либо к принятию неверных решений, либо к нескоординированности, а иногда и контрпродуктивно-

сти совместных действий различных функциональных подразделений в условиях ЧС.

Анализ многочисленных техногенных аварий [9] (в атомной и химической промышленности), разнообразных инцидентов в авиации [10], неудач войсковых операций [11] показывает, что "операционное понимание ситуации" является фундаментом, критически важным необходимым условием для принятия правильного решения в условиях ЧС и, как следствие, для успешного выполнения задачи.

Таким образом, ответ на второй вопрос, обсуждаемый в данном разделе, - "для чего нужна интеграция монопрофильных СЦ?" - такой: для того, чтобы создать механизмы и условия своевременного формирования, беспрепятственного распространения и повторного использования "совместно используемого операционного понимания ситуации" для всех уровней и всех подразделений многопрофильной организации. В интегрированной системе управления ЧС совместно используемое ОПС является, с одной стороны, основным управляющим параметром, влияющим на эффективность принятия решений.

С другой стороны, может использоваться как базовый целевой показатель при создании "системы систем" и как критерий "зрелости" существующих систем управления ЧС с точки зрения эффективности взаимодействия различных подразделений (информационный обмен, сотрудничество в рамках полученного приказа, само-синхронизация действий).

### 1.3. Принципы интеграции

Теоретический анализ и практические примеры, приведенные выше, свидетельствуют о том, что дальнейшее развитие государственной системы управления ЧС невозможно без интеграции монопрофильных СЦ в единую систему.

Указанная крупномасштабная и сложная проблема имеет множество важных организационных, технологических и других аспектов. В данной работе мы остановимся на методологическом аспекте, т.е. определим, на каких основополагающих принципах возможно и целесообразно проводить интеграцию уже существующих СЦ. Описанные ниже подходы следует рассматривать как систему целей или ориентиров, достижение которых дает возмож-

ность системной интеграции монопрофильных СЦ практической реализации.

Сетевцентрированный подход. Описанные ниже в данном разделе принципы интеграции являются адаптацией доктрины "сетевцентрированной войны" [12] к проблеме интеграции монопрофильных СЦ в систему комплексного управления ЧС.

Принцип 1. Использование возможностей широкополосных сетей связи и коммуникаций, включая беспроводные, и поддерживающих их информационных технологий улучшает обмен информацией.

Принцип 2. Обмен несекретной информацией повышает качество информации (с точки зрения ее достоверности и точности) и объем "совместно используемой ситуационной информированности".

Принцип 3. Наличие своевременно сформированной "совместно используемой ситуационной информированности" делает возможным сотрудничество и самосинхронизацию различных подразделений, повышает устойчивость и скорость выполнения всего цикла управления ЧС, повышает эффективность организации в целом.

Создание интегрированной системы управления переводит гетерогенную в настоящее время совокупность монопрофильных СЦ в перспективе в класс грид-структур, что позволит усилить адаптационные возможности за счет рационального использования распределенных ресурсов. В условиях ЧС это полезно. Использование грид-технологий, в частности, позволит повысить потенциал устойчивости управления, что всегда актуально, поскольку сама интегрированная система может стать объектом разрушительных воздействий (природного, техногенного или террористического характера). Выход из строя отдельных ее элементов, а при массивном воздействии - целых фрагментов - компенсируется за счет разумной избыточности и дублирования функций. То и другое заранее отрабатывается в интегрированной системе по сценарной схеме, что весьма затруднительно реализовать в среде монопрофильных СЦ.

Обмен точной, своевременной и понимаемой единым образом информацией о ЧС является необходимым, но не достаточным услови-

ем эффективного управления возможными ЧС. В данной работе - в соответствии с выбранной темой в заголовке темой - мы не будем касаться вопросов о возможных организационных, архитектурных и технологических решениях, которые должны быть положены в основу интегрированной системы, и ограничимся только экспликацией базовых принципов, обеспечивающих беспрепятственный обмен информацией внутри организации как по вертикали, так и по горизонтали.

Для формирования "совместно используемого операционного понимания" в рамках всей организации (интегрированной системы) необходимо обеспечить взаимодействие заинтересованных сторон, как минимум, по трем каналам (уровням), соответствующим трем основным уровням "операционного понимания ситуации" в модели Эндсли (см. рисунок).

Многомасштабный подход. Для того, чтобы в интегрированной системе управления ЧС обеспечить взаимодействие различных подразделений на уровне 1 - "восприятие данных и элементов окружающей среды" - первичные измеряемые или вычисляемые данные должны быть представлены в виде, позволяющем собирать/хранить/повторно использовать пространственно-временные характеристики сцены инцидента, опасных процессов/событий, объекта защиты в многомасштабном виде.

Для локализации места происшествия (характерный размер - километр) должна существовать возможность указания (например, методами неогеографии [13], наиболее известные в Интернете примеры - геоинтерфейсы к сервисам Google Earth и Erdas Titan) географических координат для описания геометрических особенностей сцены (характерный размер - метр) - трехмерное описание зданий/строений (CAD системы), для описания механизма разрушения несущей конструкции при раскрытии трещины (характерный размер - миллиметр) - конечно-разностные или конечно-объемные системы моделирования прочности и разрушений.

Одним из наиболее перспективных практических приложений неогеографии является создание виртуальных городов - интерактивных трехмерных моделей реальных объектов, которые имеют большое значение для широкого



Модель операционного понимания ситуации по Эндсли

спектра задач, включая управление хозяйством, архитектурно-промышленный облик объекта и планирование застройки, видеонаблюдение и обеспечение ядерной и радиационной безопасности, организацию обучения отрядов оперативного реагирования и/или аварийно-спасательных формирований (ООР/АСФ), создание привлекательного имиджа объекта и пр. Значимой и приоритетной задачей является предотвращение и ликвидация последствий ЧС.

Модель-ориентированный подход. Для того, чтобы обеспечить взаимодействие различных подразделений на уровне 2 - "осознание значения и важности ситуации" - в интегрированной системе должны быть унифицированные средства количественного описания индикаторов (показателей) угроз/опасностей, которые позволяли бы их идентифицировать как на основе предыдущего знания (накопленного в базах знаний), так и с помощью эвристических методов и когнитивных технологий.

Индикаторы опасности могут быть получены как путем обработки измеряемой информации, предоставленной сенсорами, или вычисленными на основе моделей опасных явлений, имитирующих поведение реальных объектов (носителей опасности или объектов защиты) [14].

Риск-информированный подход. Риск-информированный подход (РИП) - подход, при котором решение принимается с использованием как детерминистских, так и вероятностных аспектов проблемы с целью сконцентрировать внимание заинтересованных сторон, принимающих участие в принятии решений, на процессах и условиях в зависимости от степени их влияния на величину риска.

Например, в атомной промышленности при решении проблем ядерной безопасности под

РИП понимается подход, который использует результаты Вероятностного Анализа Безопасности (ВАБ) [15] в сочетании с детерминистским анализом безопасности для того, чтобы сфокусировать внимание, в первую очередь, на тех особенностях конструкции станции, эксплуатационных проблемах, которые влияют на безопасность ядерной установки.

Значения оценок риска, полученные в ходе анализа рисков, служат дополнительными аргументами для принятия решений, используются для поиска "слабых" или уязвимых мест. Оценка рисков позволяет подготовить карту рисков и, на ее основе, составить ранжированный перечень мер, направленных на проблемы, имеющие наибольшее влияние на безопасность.

#### 1.4. Интеграция высокоуровневых ресурсов

Технологической базой рассмотренных задач интеграции является эффективный доступ к высокоуровневым ресурсам в распределенной вычислительной среде на основе грид-технологий, разрабатываемых, в частности, и в Центре грид-технологий и распределенных вычислений Института системного анализа РАН, Москва.

В рамках концепции метакомпьютинга впервые было предложено использовать географически распределенные суперкомпьютеры как единую вычислительную среду для решения сложных научных задач. Широкое распространение получили проекты добровольных вычислений, объединяющие ресурсы простаивающих компьютеров. В 2000-х годах начали формироваться глобальные грид-инфраструктуры, ориентированные на интеграцию высокопроизводительных вычислительных ресурсов для поддержки крупных проектов. Несмотря на внушительный объем вычислительных ресурсов, круг сегодняшних пользователей и приложений грид-систем относительно узок. Обусловлено это, главным образом, сложностью освоения и использования низкоуровневого программного обеспечения (ПО) грид, не позволяющего исследователю сконцентрироваться на решении стоящей перед ним задачи.

В настоящее время все большее распространение получает модель научной кооперации и разделения труда, основанная на совместной

работе территориально распределенных, часто - международных, коллективов исследователей. В подобных "распределенных" научных проектах остро стоит проблема совместного использования наработок сторон, вовлеченных в проект. Чаще всего речь идет о тех или иных вычислительных пакетах, приложениях и моделях, а также архивах и базах данных. Эта проблема может быть решена путем преобразования данных наработок в удаленно доступные проблемно-ориентированные сервисы. Другими ситуациями, в которых может возникнуть потребность в создании подобных сервисов, являются публикация и обмен результатами научных исследований, внедрение и коммерциализация полученных результатов и создание образовательных ресурсов. Фактически предлагаемый подход охватывает все этапы научных исследований.

Второе поколение грид-систем ориентировано на доступ к проблемно-ориентированным вычислительным сервисам, предлагая универсальную инфраструктуру для научной кооперации в рамках концепции e-Science. Данная инфраструктура базируется на сервис-ориентированном подходе: пользователи преобразуют свои приложения в удаленно доступные сервисы, которые могут быть обнаружены и использованы другими пользователями в своих приложениях для решения задач. Второе поколение грид обобщает идеи совместного использования вычислительных ресурсов, расширяя при этом возможности грид за пределы простого запуска заданий на кластере и ликвидируя разрыв между прикладными задачами и грид.

Разработка проблемно-ориентированных грид-сервисов затруднена сложностью освоения и использования существующего промежуточного ПО грид. Кроме того, вычисления в грид имеют свою специфику в сравнении с традиционными высокопроизводительными вычислениями. Таким образом, разработка подобных приложений сопряжена с рядом сложных технологических проблем, для решения которых исследователю нужно обладать соответствующей квалификацией или же привлекать сторонних специалистов. Это приводит к неконтролируемому росту времени разработки приложений и не позволяет исследователю со-

средоточиться на решаемой задаче. Разрабатываемый инструментарий нацелен на преодоление указанных проблем путем предоставления готовых типовых решений и высокоуровневых средств разработки, значительно упрощающих создание распределенных вычислительных приложений.

Инструментарий IARnet [16] реализует в обобщенном виде концепцию программируемого доступа к удаленным информационно-алгоритмическим ресурсам (ИАР), являющуюся прообразом предлагаемого подхода. IARnet содержит средства быстрого создания распределенных приложений, обеспечивающие поиск, удаленный доступ и координацию взаимодействия разнородных ИАР в глобальной сети. Иными словами, разработанный инструментарий позволяет упростить задачу организации удаленного доступа к различным видам ресурсов с последующим объединением данных ресурсов в рамках распределенных вычислительных приложений. Инструментарий реализует высокоуровневую модель программирования распределенных приложений, доступную широкому кругу прикладных программистов.

### 1.5. Предлагаемое решение по интеграции технологий

Разработанное решение представляет собой типовую ИАС4i, предназначенную для ситуационного анализа и поддержки принятия решений ЛПР, а также для предоставления населению информации о принимаемых решениях для обеспечения эффективной коммуникации между ЛПР, для планирования и мониторинга мероприятий, для социальных опросов и исследований и др. ИАС4i также может быть использована при решении задач обеспечения безопасной жизни в регионе, для предотвращения и ликвидации последствий ЧС.

Интеграция технологий ситуационного анализа и поддержки принятия решений имеет целью:

- совершенствование методов принятия комплексных управленческих и политических решений;
- облегчение доступа к большим объемам смежной информации;
- снижение временных затрат на принятие решений;

- улучшение способности исследования множественных альтернативных сценариев;
- вовлечение большего числа участников в процесс принятия решений.

Предложенная концепция базируется на классической схеме анализа ситуации и принятия решения - это процесс выбора альтернатив с целью достижения осознаваемого результата.

Для практической реализации предлагаемой концепции необходимо решить следующие задачи.

1) Исследовать существующие подходы к анализу и визуализации геопространственной информации, проанализировав их достоинства и недостатки, эффективность применения в СЦ, в задачах навигации аварийно-спасательных формирований (ООР/АСФ), в информационных системах для населения. На основе результатов анализа выработать оптимальные методы проектирования хранилищ данных для геопространственной и релевантной семантической информации, для построения систем обработки этой информации и извлечения из нее знаний (data mining), для решения широкого спектра управленческих и политических задач.

2) Разработать прототипы ПТК-ИАС4i, включающие основные инструменты: поддержку коллективного принятия решения - формальные методы (кооперативные игры, согласованные решения, голосование и коллективный выбор, генетический консилиум); ситуационное моделирование - процесс построения и анализа формализованных моделей реальных ситуаций, возникающих в технических, организационных, социально-экономических, научных и других сферах деятельности человека; ВО - технология человеко-машинного взаимодействия, обеспечивающая погружение в трёхмерную интерактивную среду рассматриваемой ситуации и предоставляющая естественный интуитивный интерфейс для взаимодействия с объектами в виртуальной среде.

3) Создать полнофункциональный ПТК-ИАС4i. Подготовить основное содержание распределенного хранилища данных ИАС4i: восстановить трехмерные модели реальных территорий, зданий и сооружений; накопить конкретные данные о прошедших ЧС; подготовить модели, сценарии и алгоритмы расчетов

динамики процессов чрезвычайных ситуаций, возникающих в технических, организационных, социально-экономических, научных и других сферах деятельности человека; подготовить инструменты идентификации проблемы и постановки целей; подготовить методики, алгоритмы и программы для проведения оценки, анализа вероятностей и рисков; разработать методы, алгоритмы и программы выбора оптимального решения; разработать методы определения критериев и индикаторов для мониторинга развития процессов, возникающих в технических, организационных, социально-экономических, научных и других сферах деятельности человека; разработать методы и средства окончательной оценки поведения ЛПР и граждан в ЧС.

ПТК-ИАС4i найдут применение в качестве основы для создания СЦ, в информационно-справочных системах для населения, в центрах управления ликвидацией последствий ЧС и мобильных системах навигации для ООР/АСФ, для решения задач, связанных с общественной безопасностью, безопасностью объектов, развитием инфраструктуры прилегающих территорий и населенных пунктов, планированием застройки, включая транспортные и распределительные сети и др. Система предназначена для обеспечения взаимодействия между ЛПР, предоставления гражданам информации о принимаемых решениях, а также для моделирования различных типов мероприятий и ситуаций (в том числе, ЧС) и определения уязвимых мест инфраструктуры. Особенностью предлагаемого решения является применение оригинального инструментария, позволяющего проводить быструю разработку виртуальных сцен для геопространственных комплексов.

Геопространственная информация по своей природе трехмерна, а значит, для ее эффективного представления необходимо использовать технологии виртуального окружения (ВО). Существующие на сегодняшний день решения в сфере ГИС имеют весьма ограниченные возможности анализа трехмерной информации и не используют стереоскопическое представление, которое имеет существенные преимущества при визуализации пространственных объектов и многомерных данных. Одной из основных проблем при работе с геопростран-

ственной информацией является потребность в геопространственном анализе - посреднике, который "переводит" запросы пользователей на язык ГИС. Интуитивный интерфейс, который предоставляют системы ВО, совместно с принципами негеографии позволит рядовым пользователям работать с ИАС4i.

Для решения поставленных задач предлагается использовать следующие подходы и методы.

1) В разрабатываемом решении использовать технологию виртуального повествования, созданную нами в рамках проекта "Разработка средств создания интерактивных виртуальных повествований для задач исследования космоса".

2) На стадии формирования сценариев использовать виртуальные многоролевые игры в качестве платформы для ситуационного моделирования. Решение основано на результатах исследования [17, 22] возможностей виртуальной Интернет-среды Second Life как универсальной платформы для моделирования сложных разнородных критических ситуаций с высоким риском. Серьезные ролевые игры позволяют "проигрывать" разнообразные варианты развития ситуаций и учитывать влияние различных факторов: человеческого, техногенного, природного и др.

3) Для проведения оценки, анализа вероятностей и рисков предлагается метод, широко применяющийся в атомной энергетике [15] и включающий следующие этапы:

- анализ исходных событий, на котором анализируются все возможные потенциально опасные источники, приводящие к авариям с различными последствиями;
- построение аварийных последовательностей (сценарий возможной аварии);
- определение конечных состояний и последствий для каждой аварийной последовательности;
- собственно количественная оценка вероятности и риска аварийных последовательностей.

Предлагаемый подход к выбору оптимального решения основан на идее применения генетических алгоритмов как интерфейса в человеко-машинной среде, т.е. замене автоматического вычисления функции отбора и автоматического выполнения скрещиваний и мутаций, применяющихся в генетических алгоритмах, на

реализацию этих действий человеком или коллективом людей, принимающих решения.

4) В качестве исходных геопространственных данных использовать космические снимки, которые дополняются данными, полученными посредством аэро- и наземной фотосъемки и лазерного сканирования, проектной документацией на строительство зданий и сооружений. Использование принципов неогеографии [23] и платформы Oracle Spatial позволит интегрировать разнородные данные и предоставит возможность постоянного расширения хранилища данных. С использованием технологии восстановления трехмерных сцен на основе множества изображений, полученных реальными оптическими системами, и проектной документации восстанавливаются 3D-модели ландшафта, зданий и сооружений, линий коммуникации, газопроводов и электроснабжения. Полученные снимки также используются для текстурирования объектов. Автоматизированные методы восстановления трехмерных объектов позволяют быстро воссоздавать модели целых кварталов, а в дальнейшем позволяет создавать подобные информационные системы для других городов в кратчайшие сроки.

Oracle Spatial - это компонент Oracle Database, который обеспечивает эффективную работу с географическими и пространственными данными. С применением технологии Oracle Spatial for Oracle Database 11g создается единая база данных для хранения и обработки геопространственной и семантической информации. Хранение геопространственной информации в естественном виде (то есть хранение геометрического объекта в виде объекта, а не набора данных) позволит реализовать развитые возможности анализа трехмерной информации. Oracle обеспечивает высокую масштабируемость системы и надежность работы, в том числе, благодаря грид-технологии.

5) Работа с геопространственными данными должна проводиться в рамках парадигмы неогеографии [23]. Термин неогеография подразумевает отказ от привычного представления геопространственной информации, используемого в ГИС, и замену его новыми принципами:

- использование географических, а не картографических, систем координат;

- применение растрового, а не векторного, представления географической информации в качестве основного;

- использование открытых гипертекстовых форматов представления геоданных.

6) Взаимодействие с системой поддержки принятия решений должно происходить на наиболее простом и естественном для человека уровне [18]. Именно такой способ предоставляет технология виртуального окружения (VO) [24], которая может применяться как средство визуализации на стадии инициации для предотвращения ЧС, а также после высвобождения факторов риска для эффективного реагирования.

7) Технологической базой интеграции информации в распределенных системах служит технология грид, которая обеспечивает эффективный доступ к высокоуровневым территориально распределенным ресурсам. Специально разработанный оригинальный инструментариум реализует в обобщенном виде концепцию программируемого доступа к удаленным информационно-алгоритмическим ресурсам, являющуюся прообразом предлагаемого подхода. Он содержит средства быстрого создания распределенных приложений, обеспечивающие поиск, удаленный доступ и координацию взаимодействия разнородных ресурсов в глобальной сети.

8) Эффективный поиск релевантной информации при оперативном ситуационном анализе обеспечивает подход на основе семантик веб-семантической паутины (англ. Semantic Web), целью которой является реализация возможности машинной обработки информации, доступной во Всемирной паутине. Основная идея подхода состоит в работе с метаданными, однозначно характеризующими свойства и содержание ресурсов Всемирной паутины, вместо используемого в настоящее время текстового анализа документов. В семантической паутине предполагается повсеместное использование, во-первых, унифицированных идентификаторов ресурсов (URI), а во-вторых - онтологий и языков описания метаданных. Для её внедрения предполагается создание сети документов, содержащих метаданные о ресурсах Всемирной паутины и существующей параллельно с ними. Тогда как сами ресурсы предназначены для восприятия человеком, метаданные использу-

ются машинами (поисковыми роботами и другими интеллектуальными агентами) для проведения однозначных логических заключений о свойствах этих ресурсов [19].

## Заключение

Для повышения эффективности информационной инфраструктуры электронного Правительства предлагается разработать и внедрить программно-технический комплекс (ПТК) и систему класса 4i - Интегрированная Интерактивная Интеллектуальная Информационно-аналитическая система (ИАС4i), в основу которой положена интеграция методов и подходов ситуационной осведомленности, неогеографии, ВО, многомасштабного предсказательного моделирования, серьезных игр, грид, семантической паутины, интеллектуальных информационных технологий и хранилищ данных.

Рассмотрена проблема интеграции монопрофильных распределенных СЦ федеральных ведомств и городских служб в интересах органов исполнительной власти РФ с целью создания эффективной системы комплексного управления гипотетической крупномасштабной ЧС.

На практических примерах показана особая роль "совместно используемого операционного понимания ситуации" для повышения эффективности комплексной системы безопасности и антитеррористической защищенности крупномасштабных систем высокой ответственности (мегаполисы, критически важные элементы государственной инфраструктуры, и т.д.).

На основе модели операционного понимания ситуации сформулирован ряд принципов, на основе которых возможно и целесообразно проводить интеграцию уже существующих информационных ресурсов различных ведомств и монопрофильных СЦ в интегрированную систему управления ЧС РФ.

Последовательное использование идей интеграции методов и подходов ситуационной осведомленности, неогеографии, ВО, многомасштабного предсказательного моделирования, серьезных игр, грид, семантической паутины, интеллектуальных информационных технологий и хранилищ данных позволяет перейти на качественно более высокий уровень ситуационного анализа и поддержки принятия решений

в СКЦ. Реализация пилотного проекта будет способствовать решению актуальных задач, связанных с совершенствованием методов принятия управленческих решений, облегчением доступа к большим объемам смежной информации, возможностью исследования множественных альтернативных сценариев, вовлечением большего числа участников в процесс принятия решений, обеспечением эффективной коммуникации между ситуационными кризисными центрами и аварийно-спасательными формированиями.

## Литература

1. Федеральная целевая программа "Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2010 года".
2. Материалы конференций "Ситуационные центры" с 2005 по 2009  
<http://www.sconf.ru/ru/content/category/8/23/51/>
3. Шойгу С.К. - интервью на международной выставке "Комплексная безопасность-2009" (ISSE-2009), [http://www.cnews.ru/reviews/free/gov2009/articles/sc\\_gos\\_upr.shtml](http://www.cnews.ru/reviews/free/gov2009/articles/sc_gos_upr.shtml)
4. О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года, Указ Президента РФ, 12 мая 2009, п.107
5. Dwyer, Kevin Flynn and Ford Fessenden, Why police made it out of the World Trade Center when firefighters didn't, The New York Times, Двайер Дж., Флинн К., Фессенден Ф., Почему полицейские покинули Центр Мировой Торговли, а пожарные нет // Нью Йорк Таймс, <http://www.scanboston.com/fdny911problems2.htm>, <http://www.nytimes.com/2002/07/07/nyregion/07EMER.html?pagewanted=all>
6. Endsley, M.R., Situation awareness in an advanced strategic mission (No. NOR DOC 89-32). Hawthorne, CA: Northrop Corporation, 1989
7. Endsley, M.R., Bolte, B., Jones, D.G., Designing for situation awareness: An approach to user-centered design. Taylor & Francis, London, 2003
8. Endsley, M. R., & Jones, W. M. (2001). A model of inter- and intrateam situation awareness: Implications for design, training and measurement. In M. McNeese, E. Salas & M. Endsley (Eds.), *New trends in cooperative activities: Understanding system dynamics in complex environments*. Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society
9. Flin, R. & O'Connor, P. (2001). Applying crew resource management in offshore oil platforms. In E. Salas, C.A. Bowers, & E. Edens (Eds.), *Improving teamwork in organization: Applications of resource management training* (pp.217-233). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
10. Nullmeyer, R.T., Stella, D., Montijo, G.A., & Harden, S.W. (2005). Human factors in Air Force flight mishaps:

- Implications for change. Proceedings of the 27th Annual Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference (paper no. 2260). Arlington, VA: National Training Systems Association
11. Gorman, J.C. Cooke, N.J., & Winner, J.L. (2006). Measuring team situation awareness in decentralized command and control environments. *Ergonomics*, 49 (12-13), pp.1312-1325
  12. Alberts, D.S., Hayes R.E., Planning complex endeavors, DoD Command and Control Research Program, Washington, DC
  13. 3-я Международная специализированная выставка "НЕОГЕОГРАФИЯ XXI - 2009" [http://rnd.cnews.ru/tech/reviews/index\\_science.shtml?2009/04/28/345702](http://rnd.cnews.ru/tech/reviews/index_science.shtml?2009/04/28/345702); Ерёмченко Е. Н. Неогеография: особенности и возможности. Материалы конференции "НЕОГЕОГРАФИЯ XXI-2009" IX Международного Форума "Высокие технологии XXI века", Москва, 22-25 апреля 2009 года, С.170.
  14. Trnka, J., Johansson, B. (2009). Collaborative command and control practice: Adaptation, self-regulation and supporting behavior. *Int. J. Information Systems for Crisis Response and Management*, 1(2), pp.47-67.
  15. Islamov R.T. et al. Probabilistic Safety Assessment and Quality Applications. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 2006
  16. Афанасьев А.П., Волошинов В.В., Гринберг Я.Р., Емельянов С.В., Кривцов В.Е., Сухорослов О.В. Реализация GRID-вычислений в среде IARnet. Информационные технологии и вычислительные системы: Ж. РАН под редакцией С.В. Емельянова - №2, 2005, С. 61-76
  17. Baturin Yu., Dzyabura E., Izhutov P., Klimenko S., Ksenofontov A., Purtov I., Senkin S., Verzun A. Situational analysis with analytical support in virtual environment for decision making process under high-risk and crisis conditions. Proceedings International Conference CW2008, Hangzhou, China, pp.837-842.
  18. Paul Rosen, Voicu Popescu, Christoph Hoffmann, Ayhan Irfanoglu, "A High-Quality High-Fidelity Visualization of the September 11 Attack on the World Trade Center," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 14, no. 4, pp. 937-947, July/August, 2008.
  19. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Семантическая\\_паутина](http://ru.wikipedia.org/wiki/Семантическая_паутина)
  20. Klimenko S.V., Baigozin D.A., Danilicheva P.P., Fomin S.A., Borisov T.N., Islamov R.T., Kirillov I.A., Lukashevich I.E., Baturin Yu.M., Romanov A.A., Tsyganov S.A. Using Virtual Environment Systems During The Emergency Prevention, Preparedness, Response and Recovery Phases//in the book NATO Science for Peace and Security Series - C: Environmental Security. Resilience of Cities to Terrorist and other Threats: Learning from 9/11 and further Research Issues. Ed. by Hans J. Pasman and Igor A. Kirillov. Springer Science + Business Media B.V. 2008, pp.475-490
  21. Батурич Ю.М., Гёбель М., Даниличева П.П., Клименко С.В., Леонов А.В., Никитин И.Н., Никитина Л.Д., Серебров А.А., Уразметов В.Ф., Щербинин Д.Ю., "Виртуальное повествование как инновационная образовательная технология" // В сб. Международной конференции VEonPC'2006 и Третьей научной конференции СИМ-2006 - изд. ИФТИ, Москва, 2006, ISBN 5-88835-018-4, С.1-21
  22. The Technology behind the Second Life Platform, Linden Lab Press Office, <http://lindenlab.com/press>.
  23. Andrew Turner, Introduction to Neogeography, O'Reilly Media, ISBN 10: 0-596-52995-3 // ISBN 13: 9780596529956, 2006
  24. Decision Theater: <http://www.decisiontheater.org/>.

**Афанасьев Александр Петрович.** Окончил Московский физико-технический институт в 1968 году. Доктор физико-математических наук, профессор. Автор более 116 научных работ, из них 5 монографий и 2 учебника. Область научных интересов: оптимизация сложных динамических систем, распределенные вычислительные алгоритмы и большие информационно-телекоммуникационные системы. Заведующий отделом в Институте системного анализа РАН. Эл.адрес: [ara@isa.ru](mailto:ara@isa.ru)

**Батурич Юрий Михайлович.** Окончил Московский физико-технический институт в 1973 году и факультет журналистики МГУ в 1981 году. Доктор юридических наук, профессор. Автор более 100 научных работ и 15 книг. Область научных интересов: космонавтика и информационные системы. Профессор МГУ и МФТИ. Эл.адрес: [yubat@mail.ru](mailto:yubat@mail.ru)

**Еремченко Евгений Николаевич.** Окончил Харьковский государственный университет в 1990 году. Автор более 25 научных работ. Область научных интересов: методы и технологии работы с географической информацией, космические системы научного и прикладного назначения. Руководитель группы "Неогеография" в Институте физико-технической информатики. Эл.адрес: [eugene.eremchenko@gmail.com](mailto:eugene.eremchenko@gmail.com)

**Кириллов Игорь Александрович.** Окончил Московский физико-технический институт в 1982 году и аспирантуру в 1985 году. Кандидат физико-математических наук. Автор более 60 научных работ и 2-х книг. Область научных интересов: многоуровневое предсказательное моделирование опасных процессов и явлений в условиях множественных угроз/опасностей. Доцент МФТИ. Эл.адрес: [Kirillov.Igor@gmail.com](mailto:Kirillov.Igor@gmail.com)

**Клименко Станислав Владимирович.** Окончил Московский физико-технический институт в 1966 году. Доктор физико-математических наук, профессор. Автор более 200 научных работ, включая 5 монографий и 2 учебника. Область научных интересов: системы визуализации и виртуального окружения, информационно-аналитические системы. Заведующий кафедрой в МФТИ. Эл.адрес: [Stanislav.Klimenko@gmail.com](mailto:Stanislav.Klimenko@gmail.com)