

А. В. Маслобоев, В. Н. Цыгичко

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ И КОНФИГУРИРОВАНИЕ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ РЕГИОНАЛЬНЫХ СИТУАЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ

A. V. Masloboev, V. N. Tsygichko

INFORMATION STRUCTURE ANALYSIS AND CONFIGURATION OF DECISION SUPPORT SYSTEM OF REGIONAL SITUATIONAL CENTERS

Аннотация. *Актуальность и цели.* Исследование направлено на разработку методов и средств повышения эффективности управленческой деятельности в региональных ситуационных центрах для обеспечения безопасности функционирования и развития социально-экономических систем. *Материалы и методы.* На основе совместного применения энтропийных моделей и качественных методов оценки эффективности программно-технических средств автоматизации управления предложен комплексный подход к выбору и оценке качества конфигурации систем поддержки принятия решений ситуационных центров региона. Применение подхода позволяет определить состав и структуру систем поддержки принятия решений ситуационных центров с точки зрения обеспечения полноты ситуационной осведомленности на всех уровнях управления и с учетом функциональных и нормативных требований к режимам ситуационного управления. *Результаты и выводы.* В ходе исследования проведен анализ информационной структуры управления безопасностью в ситуационных центрах. Построена и исследована структурная модель процесса принятия решений и рассмотрены реализующие ее процедуры. На основе этого предложены критерии оценки эффективности и постановка задачи выбора конфигурации систем информационной поддержки управления по этим критериям. Приложение разработок показано на примере ситуационного центра Мурманской области.

Ключевые слова: энтропийный подход, оценка эффективности, система поддержки принятия решений, модель, ситуационный центр, управление, региональная безопасность.

Abstract. *Background.* The research is aimed at methods and tools engineering for management activity efficiency enhancement of regional situational centers in the context of security support of socio-economic system functioning and development. *Materials and methods.* On the basis of joint use of entropy-based models and qualitative methods for efficiency assessment of management automation soft/hardware tools a comprehensive approach to configuration choice and quality estimation of decision support system of regional situational centers is proposed. Approach application allows determining composition and structure of decision support system of situational centers in respect to completeness support of situational awareness at the all management levels and subject to functional and legal requirements defined to situational control modes. Information structure analysis of security management in the situational centers is carried out. *Results and conclusions.* Structural model of decision-making process is designed and analyzed. Implementation of model phases is considered. On the basis of that efficiency estimation criterion and problem statement of configuration rational choice of the management information support system based on appropriate criterion are proposed. Results application is represented by the example of situational center of Murmansk region.

Keywords: entropy-based approach, efficiency estimation, decision support system, model, situational center, control, regional security.

Введение

На сегодняшний день одним из центральных элементов цифровой экономики и системы государственного управления становятся ситуационные центры (СЦ). Особенно остро потребности органов государственной власти в современных СЦ наблюдаются на региональном уровне для повышения эффективности управления устойчивым социально-экономическим развитием территорий и

для решения задач обеспечения региональной безопасности. В связи с этим в стране активно развивается система распределенных СЦ, а в регионах создаются новые СЦ различного уровня и назначения. При этом для широкого и эффективного использования СЦ в системе государственного управления необходимо решить комплекс научно-технических задач, связанных с информационно-аналитической поддержкой процессов выработки и реализации управленческих решений в СЦ. Решение этих задач на практике зачастую осложняется необходимостью системной интеграции СЦ с корпоративными и ведомственными информационными системами, а также растущими требованиями к средствам оперативной аналитической обработки больших объемов разноплановой информации о различных аспектах развития социально-экономических систем для целенаправленного управления ими. Поскольку эффективность управления определяется качеством процесса принятия управленческих решений, требуется создание и внедрение новых технологий и систем поддержки принятия решений (СППР) в работу СЦ, основанных на методах искусственного интеллекта, концепции Интернета вещей (IoT), принципах сетецентрического управления и «умных» киберфизических систем.

Структура и состав СППР во многом определяют эффективность работы любого СЦ на всех уровнях иерархии управления – оперативном, тактическом, стратегическом. Выбор и синтез конфигурации СППР СЦ, обеспечивающей требуемый с точки зрения временных и стоимостных затрат уровень эффективности управления, является важной задачей, которую необходимо решать как при создании новых СЦ, так и при совершенствовании существующих СЦ. Это, в свою очередь, предопределяет необходимость теоретического осмысления и развития подходов к оценке качества структурно-функционального состава СППР СЦ для целей повышения эффективности управленческой деятельности, а также минимизации стоимости и рисков последствий принимаемых решений. На решение этих задач направлено настоящее исследование. Так как принятие управленческих решений в СЦ практически всегда происходит в условиях неопределенности, СППР СЦ должна адаптироваться к динамически меняющейся внешней среде. Это позволяет рассматривать и исследовать конфигурирование СППР СЦ в классе систем с переменной структурой.

Основные понятия и определения

Под СЦ согласно статье [1] понимается совокупность программно-аппаратных средств, информационных ресурсов и сервисов, а также обслуживающего персонала, реализующих оперативный информационный мониторинг обстановки в регионе в режиме, максимально приближенном к режиму реального времени, ситуационный анализ, выбор и активацию алгоритмов ситуационного управления и обеспечивающих тем самым информационно-аналитическую поддержку принятия управленческих решений и стратегического планирования.

Общепринятого определения СППР на сегодняшний день пока не предложено. Это связано с тем, что структура и функции СППР существенно зависят от вида решаемых задач, категории пользователей и доступной информации для генерации и принятия решений. В общем случае [2] СППР определяется как класс автоматизированных информационных систем, предоставляющих субъектам управления различного уровня (лицам, принимающим решения) инструментальные средства интеграции и аналитической обработки информации и экспертных знаний, компьютерного моделирования и визуализации, обеспечивающих помощь в решении сложных многокритериальных слабоструктурированных задач в разных сферах деятельности, а также в поиске, выборе и принятии обоснованных управленческих решений в условиях неопределенности и неполноты информации о состоянии управляемых объектов и внешней среды.

Конфигурирование СППР – процесс формирования (адаптации) структуры и состава (конфигурации) модельного и программно-технического инструментария СППР, а также информационных ресурсов и средств автоматизированного выбора методов получения, обработки и анализа информации, адекватных решаемым задачам управления и принятия решений в условиях критических ситуаций различной природы и масштаба. То есть выбор и настройка функциональных блоков СППР и определение взаимосвязей между ними для достижения поставленных целей и для удовлетворения информационных потребностей лиц, принимающих решения, и нормативных требований в процессе управления.

Структурная модель процесса принятия решений в СППР СЦ

Принятие решений является одним из китов, на которых держится управление. Упрощенно, управление рассматривается как последовательность выработки, принятия и реализации решений.

От решения во многом зависит будущее объекта управления. Своевременные и «правильные» решения – залог безопасности и устойчивого развития социально-экономических систем, обеспечение чего в особенности важно для экономики и обороноспособности страны. Процесс принятия решений не является одномоментным актом, а представляет собой неразрывную цепь логических и интуитивных суждений и выводов, составляющих единую процедуру обоснования и выбора лучшей альтернативы.

Согласно работе [3], технология принятия решений включает три основных этапа: сбор информации, поиск и нахождение альтернатив, выбор лучшей альтернативы. На первом этапе с применением современных средств мониторинга собирается вся доступная на момент принятия решения информация о некоторой ситуации: фактические оперативные данные, статистическая и экспертная информация. Второй этап связан с определением того, что можно, а чего нельзя делать в имеющейся ситуации, т.е. с определением вариантов решений (альтернатив). Третий этап включает в себя сравнение альтернатив и выбор наилучшего варианта (или вариантов) решения. При использовании современных средств автоматизации управленческой деятельности технологию принятия решений целесообразно дополнить еще двумя этапами: этапом формализации задач и этапом визуализации подготовленных вариантов решения проблемы. Формализация подразумевает «перевод» сформулированной лицом, принимающим решение, задачи на язык, «понятный» компьютеру, представление ее в виде, допускающем только однозначную интерпретацию. Визуализация призвана обеспечить обратную процедуру – перевод спецификации решения, полученной на формальном компьютерном языке, в представление, понятное и легко интерпретируемое лицом, принимающим решение.

Управление развитием и безопасностью социально-экономических систем в системе распределенных СЦ представляет собой сложный многоэтапный процесс, по своей структуре многофункциональный и в общем случае включает в себя такие функции управления как целеполагание, стратегическое планирование, оперативное управление, а также функции мониторинга, учета, контроля исполнения и координации. На каждом этапе для реализации соответствующих функций управления требуются средства информационно-аналитической поддержки принятия решений, адекватные задачам управления социально-экономическими системами (рис. 1). Под информационной поддержкой, согласно работе [4], понимается механизм управления, при котором управляющее воздействие носит неформализованный характер, и субъекту управления предоставляется информация о ситуации, ориентируясь на которую, он получает возможность корректировать как свое поведение, так и объекта управления.



Рис. 1. Функциональная структура управления социально-экономическими системами в СЦ

Структурная модель процесса принятия решений в СЦ включает всю совокупность выполняемых функций управления, процедур получения и обработки информации о влиянии внешних и внутренних факторов на состояние управляемых объектов, связей между ними и внешней средой. Сквозной анализ информации в процессе управления обеспечивает оценку потенциальных рисков

реализации угроз различной природы и возможность формирования вариантов решений, направленных на минимизацию этих рисков.

Общая схема процесса принятия решений в СЦ схематично представлена на рис. 2. В работе [5] делается допущение, что такая обобщенная структура процесса принятия решений является универсальной для всех видов социально-экономических систем независимо от их уровня. Поэтому независимо от типа и режима функционирования СЦ технология принятия решений в нем практически идентична. На рис. 2 субъекты управления СЦ (эксперты, лица, принимающие решения, системные аналитики и т.д.) являются основными потребителями информации, которая собирается, генерируется и передается в процессе принятия решений в условиях критических ситуаций на объектах управления и на основе которой производится формирование множества обоснованных вариантов решений и выбор окончательного из них.

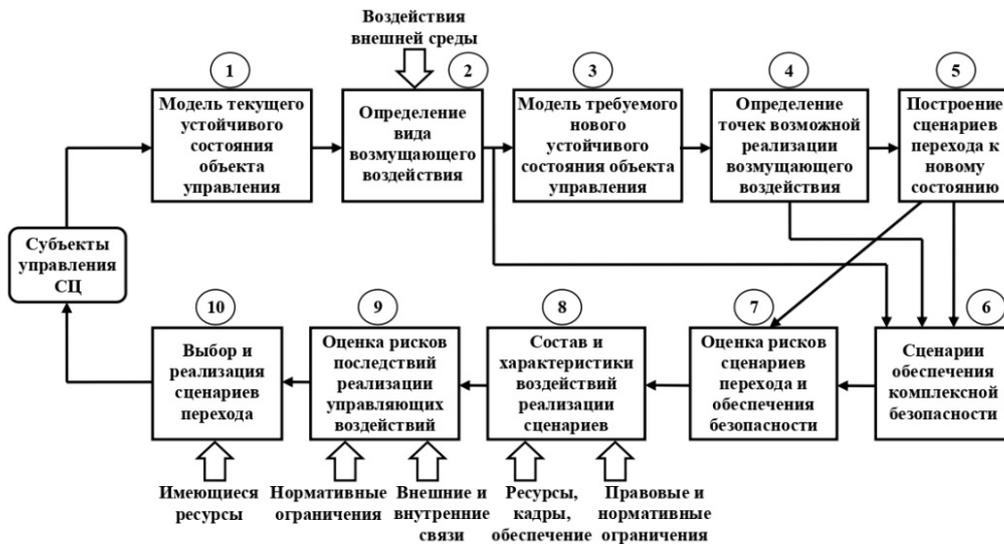


Рис. 2. Общая схема процесса принятия решений в СЦ

Эффективность принимаемых СЦ решений определяется полнотой и достоверностью, используемой в процессе ситуационного управления информацией, и своевременностью ее поступления. В реальных условиях получение информации такого качества зачастую либо существенно затруднено, либо требует больших временных и ресурсных затрат. Поэтому принятие решений в СЦ практически всегда происходит в условиях не полной ситуационной осведомленности, т.е. информации о состоянии объектов управления и внешней среды. Кроме того, преобладание качественных характеристик влияющих факторов (угроз), наряду с их количественными показателями, вероятностный характер угроз, временные ограничения на принятие решений, а также человеческий фактор во многом повышают субъективность принимаемых решений и в некоторых случаях выступают барьером на пути получения пусть и приближенных по отношению к действительности, но однозначных оценок этих решений.

Модель типового процесса принятия решений, предложенную в исследовании [5], можно расширить на область управления безопасностью социально-экономических систем посредством СЦ. Эта модель включает в себя следующий набор взаимосвязанных процедур:

1. Построение концептуальной модели текущего состояния управляемых объектов и формирование моделей организационных структур управления ими с учетом внутренних и внешних взаимосвязей и имеющейся информации о влиянии на них различных факторов.

2. Идентификация источников потенциальных угроз и опасностей для управляемых объектов, анализ и ранжирование возможных возмущающих воздействий на эти объекты и определение негативных факторов, порождающих критические ситуации, возникновение которых приводит к выходу управляемых объектов из области устойчивых состояний. При этом для критически важных объектов при принятии решений СЦ руководствуется общими моделями угроз и регламентирующими документами, нормативно утвержденными органами обеспечения безопасности, входящими в состав Совета безопасности Российской Федерации – МВД, ФСБ, МЧС, ФСТЭК, МИД, ФСО и др.

3. Формирование информационной модели нового требуемого состояния объектов управления и их внешнего окружения с учетом новых нормативных требований к объектам или всей системе управления в целом. Анализ моделей текущего и требуемого состояния позволяет определить точки и сценарии необходимых изменений в структуре управления.

4. Идентификация точек возможной реализации угроз (уязвимостей) в структуре управляемых объектов и анализ вероятных сценариев развития критических ситуаций, что определяет состав комплекса необходимых антикризисных мероприятий по повышению безопасности функционирования объектов управления, подконтрольных СЦ.

5. Синтез сценариев перехода управляемых объектов к новым требуемым состояниям безопасности с учетом имеющихся ресурсов, функциональных и нормативных ограничений.

6. Формирование множества ранжированных сценариев обеспечения комплексной безопасности управляемых объектов как единого целого при реализации угроз различной природы на основе оценки эффективности применяемых мер и средств защиты в условиях возникновения критических ситуаций случайного или предсказуемого характера.

7. Оценка системных рисков сформированного набора сценариев перехода объектов управления СЦ в новое состояние и обеспечение безопасности их функционирования.

8. Анализ применимости отобранного множества сценариев в заданных условиях и определение приемлемых вариантов состава и характеристик управляющих воздействий реализации этих сценариев на основе оценки необходимых для этого ресурсов и реальных возможностей управляемых объектов и системы управления СЦ в целом.

9. Оценка рисков последствий реализации выбранных вариантов управляющих воздействий с учетом внешних и внутренних связей управляемых объектов и системы СЦ.

10. Выбор и реализация субъектами управления СЦ сценария действий по обеспечению безопасности управляемых объектов, планирование проведения необходимых антикризисных мероприятий и контроль их исполнения.

Энтропийный подход к оценке качества информационной структуры СППР СЦ

Цифровизация государственного и регионального управления, связанная, главным образом, с внедрением средств интеллектуальной поддержки принятия решений в работу системы распределенных СЦ, является нетривиальной многоаспектной задачей, требующей научной проработки на всех уровнях информатизации управленческой деятельности. Для принятия обоснованного решения об использовании той или иной СППР в структуре СЦ корпоративного, муниципального, регионального или федерального уровня необходимо определить:

- состав и конфигурацию программно-технических средств СППР, соответствующих функциональным и нефункциональным требованиям рассматриваемого типа СЦ, а также информационным потребностям субъектов управления данного СЦ;
- возможные системные эффекты от применения СППР в составе СЦ и способ их количественного измерения;
- стоимость внедрения и последующей эксплуатации СППР СЦ, а также соответствие предполагаемых затрат ожидаемым эффектам.

Выбор конфигурации СППР, оценка ее эффективности и последующая интеграция в информационно-управляющую инфраструктуру СЦ – это сложный многоэтапный, зачастую итеративный процесс, особенно в динамических условиях изменения внешнего окружения СЦ, представляющий собой иерархию решений различной степени общности. Верхний уровень должен характеризоваться обобщенной оценкой целостного, системного эффекта внедрения СППР в СЦ. Нижестоящие решения используют частные целевые показатели эффективности внедрения программно-технических средств СППР. При этом критерии всех уровней должны быть согласованы.

В качестве интегрального показателя эффективности внедрения СППР в структуру СЦ предлагается использовать энтропийный подход к оценке качества решений [6]. Для реализации этого подхода необходимо:

- 1) провести специальные исследования системы управления СЦ;
- 2) упорядочить и классифицировать принимаемые решения по содержанию и количеству потребляемой информации;

3) установить объемы информационного обмена между звеньями системы управления СЦ в процессе выработки и реализации решений.

Информационные потребности СЦ и содержание его управленческой деятельности определяются информационной структурой решений, принимаемых в звеньях иерархии управления. Поэтому для выбора критериев оценки эффективности СППР СЦ требуется провести анализ информационной структуры решений, принимаемых в СЦ и составляющих в совокупности информационную инфраструктуру управления СЦ. Проведем такой анализ на некотором гипотетическом решении, содержащем все элементы классической системной процедуры принятия решения.

Для принятия решения необходима информация, содержащая следующие сведения: цели и задачи СЦ, критерии деятельности и границы управляемости объектов мониторинга, состояние объектов управления, механизмы функционирования, закономерности и тенденции развития этих объектов, возможные изменения условий деятельности СЦ с учетом прогноза динамики внешней среды СЦ, альтернативные стратегии деятельности СЦ, возможные альтернативы решения, последствия реализации альтернатив, механизмы выбора лучшей альтернативы.

Информация, необходимая для принятия решения в СЦ, характеризуется двумя взаимосвязанными показателями – количеством I , условно определяющим степень ситуационной осведомленности, и неопределенностью, выраженной через энтропию E . Каждая составляющая информационной структуры решения представляет собой набор количественных или качественных параметров.

Неопределенность информации выражается в том, что действительные (истинные) значения параметров неизвестны. Лицо, принимающее решение, может определить только интервалы I , содержащие возможные значения этих параметров. Для каждого решения объективно существует допустимая точность задания информации, т.е. минимальные интервалы b значений параметров, обеспечивающих необходимую подробность описания управляемого процесса.

Если информация о каком-либо параметре отсутствует, то интервал I будет содержать все возможные значения этого параметра, т.е. I будет совпадать с интервалом его определения $\text{sup } I = I$. В другом крайнем случае, если вся информация о том или ином параметре известна, то интервал его возможных значений I будет совпадать с допустимым интервалом точности $I = b$. При полной информации интервалы I и b превращаются в точку.

В реальной практике управления социально-экономическими системами посредством СЦ лицо, принимающее решение, всегда имеет хоть какую-либо информацию о возможных значениях интересующих его параметров, т.е. имеет место некоторая промежуточная ситуация, когда I находится в интервале $\text{sup } I > I > b$. Введение допустимого интервала точности b позволяет перевести континуальное множество числовых значений параметров управляемого процесса в ограниченное конечное множество. Это дает возможность использовать формулу К. Шеннона [7] для описания неопределенности решения.

Процедура принятия решения представляет собой итеративный процесс последовательного разрешения неопределенности информации, т.е. уменьшения интервалов I возможных значений параметров, составляющих исходную информацию.

Будем опираться на предложенные в ходе предыдущих исследований аксиомы [8]:

Аксиома 1. Каждому количеству информации о любом параметре, необходимом для принятия решения, может быть однозначно сопоставлен некоторый минимальный интервал I , содержащий истинное значение этого параметра.

Аксиома 2. Истинное значение любого параметра, необходимого для принятия решения, с равной вероятностью находится в любой точке интервала I .

Аксиома 3. Длина минимального интервала I истинного значения любого параметра, необходимого для принятия решения, есть невозрастающая функция количества информации о данном параметре.

Пусть на каждый момент процедуры принятия решения для всех параметров $j \in J$, составляющих информацию, определены допустимые интервалы точности задания численных значений $b \in B$ и интервалы возможных значений $l_j \in L$, где L – область возможных состояний объекта управления или область возможных решений. Разобьем интервалы возможных значений параметров l_j вектора L на участки длиной b_j . Каждый интервал содержит N_j участков l_j :

$$N_j = \frac{l_j}{b_j}. \quad (1)$$

Вероятность попадания численного значения j параметра в K_j участок интервала l_j обозначим P_{K_j} , где $K_j = 1 - N_j$. В силу независимости компонент вектора L полная энтропия неполноты информации согласно К. Шеннону определяется формулой

$$E_{pol} = - \sum_{j=1}^J \sum_{K_j=1}^{N_j} P_{K_j} \log P_{K_j}. \quad (2)$$

Назовем E_{pol} – полной энтропией решения. Величина полной энтропии решения E_{pol} определяется вектором допустимого интервала точности B и областью возможных состояний управляемого объекта L . Уменьшение B при $L = \text{const}$ увеличивает энтропию, и наоборот. В процессе принятия решений B обычно не меняется, а L уменьшается, что ведет к уменьшению энтропии. Величина P_{K_j} в выражении (2) – это вероятность того, что j -й параметр из информации, необходимой для принятия решения, примет значение из K_j участка интервала l_j .

В общем случае P_{K_j} имеет вероятностный смысл. Однако законы распределения истинных значений параметров управляемого процесса в выбранных интервалах L , как правило, неизвестны. В этих случаях обычно прибегают к экспертным оценкам, т.е. к субъективным вероятностям, выражающим степень предпочтения лицом, принимающим решение, одних значений параметров перед другими. Вместе с тем в большинстве случаев субъекты управления или эксперты не имеют оснований для предпочтения одних значений параметров другим. В этой ситуации вводится естественное допущение о том, что распределение истинных значений параметров подчиняется равномерному закону. Тогда вероятность P_{K_j} попадания истинного значения параметра j в K_j участок интервала l_j определится формулой

$$P_{K_j} = \frac{b_j}{l_j}, \quad (3)$$

и выражение, определяющее полную энтропию решения, примет вид

$$E_{pol} = - \sum_{j=1}^J \log \frac{1}{N_j}. \quad (4)$$

Предлагаемый подход к практической оценке неопределенности информации носит универсальный характер и может быть применен и к качественным показателям, не имеющим количественной меры. Например, если при конфигурировании СППР СЦ не может быть отдано предпочтение ни одной из выдвинутых альтернатив ее структуры и состава, то неопределенность выбора конфигурации может быть представлена выражением

$$E_{pol} = - \log \frac{1}{n}, \quad (5)$$

где n – число рассматриваемых альтернатив.

Информацию, необходимую для принятия решений в СЦ, можно условно разделить на три основные категории [8]:

1. Информация, заранее накопленная в системе управления СЦ и потенциально готовая к использованию в процессе принятия решений. Эта информация может содержать сведения обо всех составляющих информационной структуры решения. Неопределенность заранее накопленной информации характеризуется ее неполнотой, неполной достоверностью и неполным соответствием содержанию решения. Кроме того, информация может быть трудно доступной, и может отсутствовать резерв времени на ее полный сбор и обработку. Введем обозначение E_{zmi} – неопределенность заранее накопленной информации. Источниками E_{zmi} являются: плохая организация статистической и информационной службы СЦ, отсутствие или недостаток знаний о закономерностях и механизмах функционирования управляемых объектов и внешней среды, принципиальная невозможность надежной оценки тех или иных параметров управляемых объектов (например, человеческого фактора и т.п.), искажение информации субъектами управления СЦ, сферы интересов и ответственности

которых в общем случае не совпадают, прочие конфликтные ситуации и коллизии в системе управления СЦ. Разрешение E_{zni} связано с трудозатратами на поиск и обработку информации. Эффективным путем решения проблемы оперативного использования накопленных знаний является внедрение современных информационных технологий и средств моделирования в систему управления СЦ.

2. Информация, получаемая с помощью средств мониторинга или по другим каналам связи в режиме реального времени. Эта информация включает оперативную информацию, получаемую непосредственно в процессе принятия решения, и новую информацию, генерируемую путем аналитической переработки всей известной информации с использованием математических методов и моделей предметной области. В исключительных случаях, когда принимаемые в СЦ решения носят стратегический характер и определяют будущее состояние объектов управления, например, социально-экономических систем, могут проводиться специальные научные исследования, в том числе междисциплинарные, с привлечением экспертов и системных аналитиков. Информация этой категории содержит все объективные сведения о состоянии объекта управления, тенденциях его развития, будущих условиях функционирования, стратегии деятельности, возможных альтернативных решениях и критериях выбора лучшей альтернативы. Эта информация формирует область возможных значений параметров $L = \{l_j\}$. Введем обозначение E_r – неопределенность информации, разрешаемой логико-аналитическими методами. E_r существенно зависит от величины E_{zni} , содержащей знания о механизме и закономерностях функционирования объекта управления, а также от возможностей объективных методов разрешения неопределенности, связанной, например, с искажениями информации при принятии решений в конфликтной ситуации.

3. Информация, получаемая какими-либо объективными методами. На практике неопределенность этой информации разрешается волевым решением субъекта управления, который выбирает то или иное значение параметра из объективно определенного интервала L , руководствуясь своим опытом и интуицией. При принятии решения в конфликтной ситуации для разрешения неопределенности, связанной с возможными действиями противостоящей стороны, субъект управления вступает в рефлексивную игру и пытается реализовать рефлексивное управление противником [9]. Акт принятия решения всегда происходит в условиях неопределенности. Это объясняется, с одной стороны, принципиальной невозможностью полного познания любого явления или объекта, ограниченностью знаний о ситуации и познавательных возможностей субъекта управления, а с другой – ограничением времени, выделяемого на принятие решения. При принятии решения в конфликтной ситуации всегда существует неопределенность информации о состоянии противника и возможном характере его действий. Таким образом, при реализации процедуры принятия решения всегда остается неопределенность, разрешаемая путем субъективного выбора. Назовем эту неопределенность остаточной неопределенностью решения и обозначим как E_{ost} .

На основании изложенного полная энтропия решения E_{pol} определяется следующим образом:

$$E_{pol} = E_{zni} + E_r + E_{ost}. \quad (6)$$

Составляющие полной энтропии не являются независимыми, так как получение информации одной группы позволяет генерировать информацию других групп; например, знание о механизме функционирования объекта позволяет построить его модель, с помощью которой, в свою очередь, можно дополнить исходную информацию. Однако на каждый определенный момент процесса принятия решения объективно существуют неопределенности всех групп, что и отражено в выражении (6).

Важной характеристикой системы управления СЦ является начальная неопределенность решения E_0 или неопределенность на момент начала реализации процесса принятия решения. Начальное значение полной энтропии решения $E_{pol} = E_0$ на момент времени $t = 0$, где $t \in T = [0, T]$ – время, выделенное на принятие решения. Начальная неопределенность решения E_0 характеризует степень стабильности функционирования управляемых объектов, внутренние и внешние условия их деятельности и является одним из важных индикаторов, на который необходимо ориентироваться при организации управления социально-экономическими системами с помощью СЦ.

Исследование моделей показателей эффективности СППР СЦ

Рассмотрим зависимость неопределенности E_{pol} от трех главных факторов, определяющих качество решения – количества информации I , начальной неопределенности решения E_0 и времени

$t \in T = [0, T]$, отведенного на принятие решения. Процесс разрешения неопределенности можно условно разделить на два взаимосвязанных подпроцесса:

- 1) цепь логических операций обработки исходной информации, позволяющих сделать объективные выводы об интервале, содержащем истинные значения параметров, определяющих решение;
- 2) выбор значения этих параметров из объективно определенного интервала, осуществляемый волевым решением субъекта управления, основанным на его опыте и интуитивно-логическом понимании закономерностей и тенденций управляемого объекта или процесса.

Деление единого неразрывного процесса принятия решения на два подпроцесса предпринято для того, чтобы выделить в явном виде две его составляющие – объективную и субъективную, отношения между которыми составляют суть проблем, рассматриваемых в теории принятия решений [9, 10].

Основной закономерностью процесса разрешения неопределенности E_0 является зависимость величины интервалов, содержащих истинное значение параметров от величины объективной информации I об этих параметрах. Чем меньше информации, тем шире интервалы, т.е. область возможных значений параметров L , тем выше роль субъективных факторов в принятии решения, и наоборот. В случае же полного отсутствия объективной информации об управляемом процессе область возможных значений параметров L совпадает с областью их определения $\text{sup } L$. В общем виде зависимость степени разрешения неопределенности решения от количества объективной информации $E_{pol} = f(I)$ показана на рис. 2.

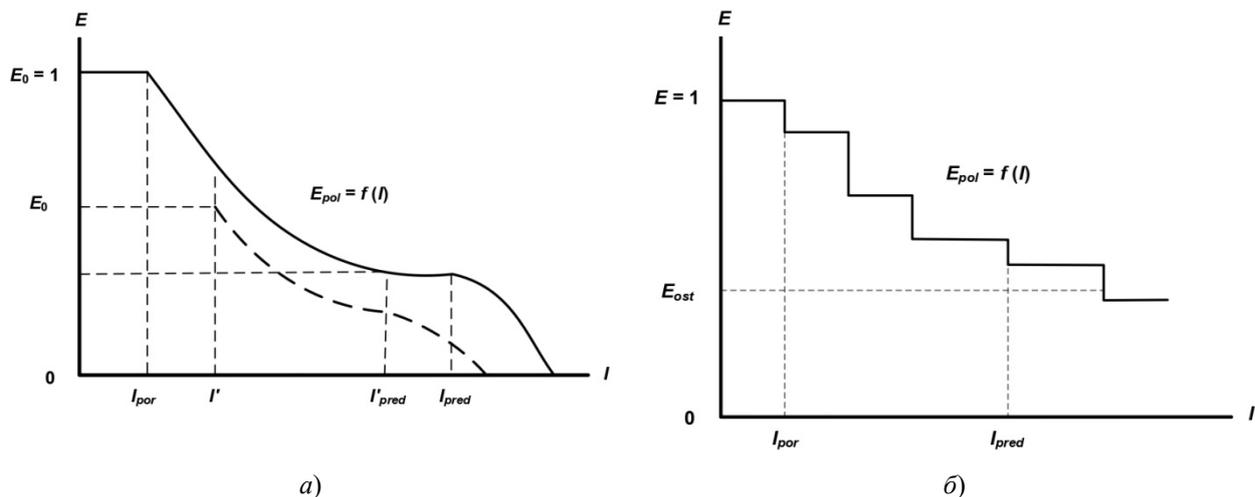


Рис. 2. Зависимость степени разрешения неопределенности решения от количества объективной информации: *а* – огибающая функция; *б* – ступенчатая функция

На рис. 2, *а* $I = 0$ соответствует полному отсутствию информации; I_{por} – это то минимальное (пороговое) количество исходной информации, ниже которого никаких суждений по поводу принимаемого решения сделать нельзя; I_{pred} – максимальное количество информации, которое может быть использовано при принятии решения, когда ее дальнейшее накопление не уменьшает область возможных значений параметров L ; I' – величина заранее накопленной информации. Каждому количеству заранее накопленной информации соответствует величина начальной неопределенности решения E_0 . Функция $E_{pol} = f(I)$ построена в предположении, что для всех значений E_0 сохраняются одни и те же условия принятия решения, время, выделенное на принятие решения, и метод обработки информации.

Зависимости, представленные на рис. 2, *а*, отражают общее свойство, заключающееся в том, что приращение количества информации оказывает наибольшее влияние на уменьшение неопределенности E_{pol} на первоначальном этапе ее накопления, а затем этот эффект уменьшается, а после достижения I_{pred} исчезает совсем. Экспоненциальный характер и асимптотичность функции $E_{pol} = f(I)$ должна учитываться при построении СППР СЦ и в процессе информационной поддержки ситуационного управления в СЦ.

Количество информации I_{pred} означает предел возможностей объективных методов разрешения неопределенности. Дальнейшее накопление информации не позволяет сузить за время T интервалы возможных значений параметров L .

Зависимость степени разрешения неопределенности субъективного выбора от количества информации подчиняется тем же закономерностям, которые свойственны первому подпроцессу принятия решений, что и отражено на рис. 2,а. Вид функции $E_{pol} = f(I)$ для одного и того же решения существенно зависит от величины начальной неопределенности E_0 , характеризующей уровень знаний экспертов и лиц, принимающих решения, в данной предметной области управления, а также глубину предварительной научной проработки решаемых проблем. Другими словами, конкретный вид функции $E_{pol} = f(I)$ зависит от начального тезауруса субъекта управления. Тезаурусом определяется, прежде всего, содержание требуемой информации для принятия решения. Чем шире тезаурус, тем меньше E_0 и тем меньше потребуются дополнительных уточняющих сведений о решаемой проблеме. При этом в процессе принятия решения тезаурус может изменяться под воздействием новой информации. Соответственно будут меняться и требования к исходной информации.

В случае отсутствия тезауруса ($E_0 = 1$), когда субъект управления не имеет никаких представлений о сущности и условиях деятельности управляемого объекта, все элементы информационной структуры формируются им в процессе принятия решения. Этот крайний случай скорее абстракция и характеризуется необходимостью сбора, обработки и анализа больших объемов требуемой информации для принятия решения за ограниченное время T . В реальной практике управления социально-экономическими системами различного масштаба начальная неопределенность решения всегда находится в интервале $E_{ost} < E_0 < 1$.

Кривые на рис. 2,а отражают общую закономерность, состоящую в том, что чем больше информации об объекте управления накоплено и обработано заранее, т.е. чем больше тезаурус, тем меньше информации требуется искать и обрабатывать непосредственно в процессе принятия решения и тем меньше конечная неопределенность решения, т.е. выше его качество. Необходимо отметить, что реальные зависимости $E_{pol} = f(I)$ являются ступенчатыми. На рис. 2,а представлена огибающая реальной функции. В действительности энтропия E_{pol} уменьшается дискретно (рис. 2,б).

Дискретное изменение энтропии объясняется тем, что смысл информации связан с ее количеством дискретно, физически может быть выражен только определенным количеством информации (квантом информации). Новое знание получается только путем переработки соответствующего количества информации. Для получения каждого кванта информации требуется определенное время, которое зависит, прежде всего, от метода сбора и способа обработки информации. От времени зависит величина конечной неопределенности решения E_{ost} .

Проведенный в предыдущем разделе анализ информационных аспектов принятия решений позволяет в качестве универсального критерия эффективности СППР СЦ принять остаточную энтропию решения E_{ost} . Этот показатель характеризует, с одной стороны, степень риска, которую берет на себя субъект управления, прекращая поиски строгого обоснования решения (путем уменьшения E_{ost}), а с другой – возможности применяемых методов выработки решений. Главным назначением введенной меры качества E_{ost} является сравнение методов и средств информационной поддержки принятия решений.

Наряду с абсолютным критерием E_{ost} удобно пользоваться относительной оценкой эффективности СППР СЦ:

$$R = 1 - \frac{E_{pol}}{E_0} < R_{max} = 1 - \frac{E_{ost}}{E_0}, \quad (7)$$

где R_{max} – предельно возможная эффективность СППР СЦ, когда вся объективная информация I_{pred} , необходимая для принятия решения, собрана и $E_{pol} = E_{ost}$. Величина R характеризует качество самой процедуры принятия решения, т.е. эффективность ее организации, применяемых методов и программно-технических средств в составе СЦ.

Практическое назначение критерия E_{ost} и его аналога R заключается в том, что с их помощью можно сравнивать и оценивать эффективность внедрения в практику принятия решений различных информационных технологий и средств моделирования составляющих структуру СППР СЦ.

Для каждого класса решений необходимо определить время T , отведенное на принятие решения в условиях критической ситуации, и зависимость E_{ost} и R от трудозатрат на сбор и обработку требуемой информации в заданном режиме функционирования СЦ (нормальный, предкризисный, чрезвычайный и т.д.). Зависимость эффективности СППР СЦ от трудозатрат Z представлена на рис. 3. Такой же вид имеет и зависимость $E_{ost} = f(Z)$. Эти зависимости отражают ресурсный аспект проблемы принятия решений.

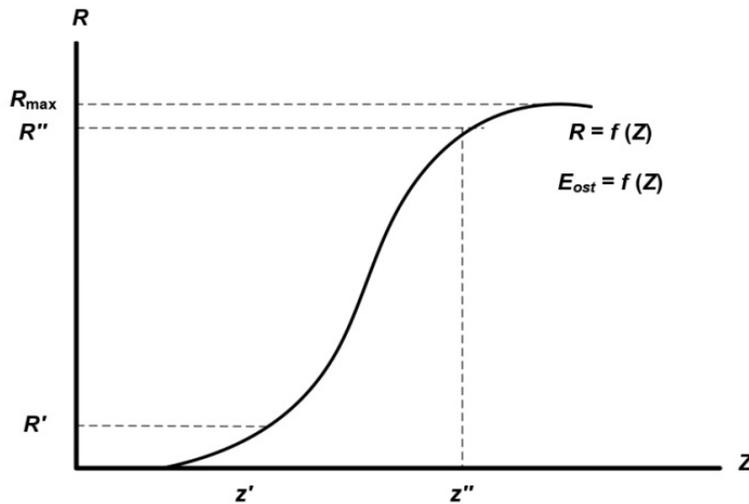


Рис. 3. Зависимость эффективности СППР СЦ от трудозатрат Z

Как видно из рис. 3, для каждого класса решений существует некоторый диапазон (z', z'') , определяемый количеством информации в диапазоне (I_{por}, I_{pred}) (рис. 2,а), в котором увеличение трудозатрат существенно сказывается на улучшении качества решения. Верхний предел этого диапазона z'' можно принять в качестве оценки «стоимости» подготовки информации для каждого рассматриваемого класса решений, поскольку за пределами z'' дальнейшие затраты малоэффективны. Следует отметить, что в существующих СЦ чрезвычайно сложно организовать работу большого коллектива специалистов по сбору и обработке информации в пределах ограниченного времени, выделенного на принятие решения. Современные исследования [4, 6] показывают, что качество принимаемых решений на региональном уровне управления, как правило, не превышает значений $R = 0,7-0,8$, тогда как $R_{max} > 0,85-0,9$.

Идея выбора подходящей конфигурации СППР СЦ основана на сопоставлении эффективности процедуры принятия решений без применения СППР в СЦ с эффективностью процедуры выработки и реализации решений, принимаемых уже с использованием СППР с различной конфигурацией средств информационной поддержки управления (моделей, методов и комплексов программ получения, обработки и анализа информации).

Пусть задано некоторое количество U возможных конфигураций средств информационной поддержки в СППР СЦ $v \in U$. Критерий эффективности конфигурации СППР с учетом предварительной подготовки информации будет иметь вид: $Q_v^E = \frac{E_{pol}^k v}{E_{pol}^k}$, а без учета предварительной подго-

товки информации, только для процесса принятия решения и фиксированного E_{pol} : $Q_v^R = \frac{R_v}{R}$. Критерии Q_v^E и Q_v^R показывают, во сколько раз увеличивается вероятность принятия лучшего решения при использовании СППР v -й конфигурации.

Для выбора подходящей конфигурации средств информационной поддержки, образующих СППР СЦ, по критерию «эффективность – стоимость», необходимо знать зависимость эффективности этих средств от затрат на их покупку, внедрение и эксплуатацию. Общий вид зависимости $Q = f(Z)$ представлен на рис. 4.

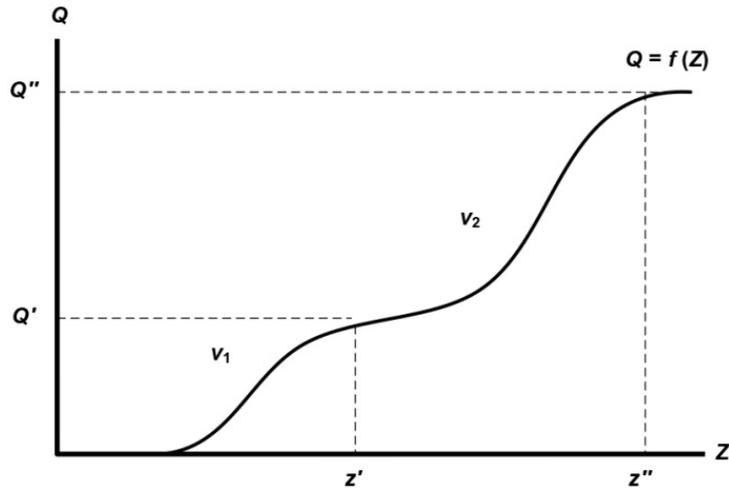


Рис. 4. Зависимость эффективности средств информационной поддержки СППР от затрат на их покупку, внедрение и эксплуатацию в составе СЦ

Характер зависимости $Q(z)$ говорит о том, что относительно недорогие конфигурации СППР, включающие стандартные базы данных и программно-технические средства, быстро исчерпывают свои возможности и затраты на их совершенствование после некоторого критического значения не эффективны. Переход к более сложным, интеллектуальным СППР, включающим базы знаний, информационно-аналитические системы, средства анализа больших данных, онтологические модели предметной области, а также новые системы связи и инфокоммуникационные технологии требуют значительных финансовых затрат, но и дают возможность существенно повысить качество принимаемых решений.

Критерий $Q = f(Z)$ позволяет количественно соизмерить затраты с ожидаемым эффектом повышения качества ситуационного управления в СЦ и на этой объективной основе выбирать наиболее подходящую конфигурацию СППР СЦ. Критерий эффективности СППР $Q = f(Z)$ исчисляется как гарантированная (предельная) оценка, т.е. принятие решений происходит в наихудших условиях. Это позволяет в максимальной степени освободиться от субъективных моментов в оценке качества структуры СППР СЦ.

Возможны и другие постановки задачи выбора подходящей конфигурации СППР СЦ. Так, в большинстве СЦ качество управления определяется оперативностью принятия решений, основным критерием является время T . При этом решение может быть принято только в том случае, когда собрана и обработана вся необходимая информация, т.е. достигнута определенная степень разрешения неопределенности E_{pol} . Использование СППР в СЦ призвано повысить скорость поиска, передачи и обработки информации и уменьшить время принятия решения по сравнению с ситуацией, когда СППР не применяется.

Если средства для создания СППР СЦ фиксированы, определена предельная стоимость СППР (Z_{pred}), то задача может быть сформулирована следующим образом: найти такую конфигурацию СППР СЦ v_{opt} , которая обеспечивает $\min T_{v_{opt}}$ при $E_{pol} < E'_{ost}$ и $Z < Z_{pred}$, где E'_{ost} – допустимая величина остаточной энтропии решения.

Если ограничений на стоимость СППР не накладывается, то определяется некоторое желательное минимальное время принятия решения T_{pred} . В этом случае конфигурация СППР СЦ выбирается по $\min Z$ при условиях $T < T_{pred}$ и $E_{pol} < E'_{ost}$.

Реализация предложенного энтропийного подхода связана с необходимостью исследования действующих СППР СЦ для построения рассмотренных выше зависимостей $E_{pol} = f(I)$, $E_{ost} = f(Z)$, $Q = f(Z)$ и создания нормативной базы для элементов, составляющих различные конфигурации СППР СЦ.

Предложенные формальные модели критериев эффективности СППР (остаточная энтропия, оперативность, стоимость внедрения) и их зависимости могут быть использованы для количествен-

ной оценки ситуационной осведомленности лиц, принимающих решения, в СППР СЦ. В общем случае ситуационная осведомленность определяется соотношением между мощностями множества входной информации (ресурсов) зоны ответственности субъекта управления СЦ, изменяющейся без его участия, множества выходной информации (ресурсов), подконтрольных этому управляющему субъекту, и их долей в общем количестве информации (ресурсов), существенных для функционирования объекта управления или всей социально-экономической системы в целом [11]. Эти соотношения позволяют объективно оценить важность решений данного субъекта управления и учитывать эту важность при поиске баланса интересов всех лиц, принимающих решения в СППР СЦ и влияющих на характеристики отдельного объекта управления или совокупности объектов (системы).

Пусть значения общей ситуационной осведомленности и каждой из ее составляющих характеризуются неотрицательным числом с максимальным значением 1. Тогда формальная модель степени ситуационной осведомленности субъекта управления СЦ имеет вид

$$I^{SA} = I^{ER} \times I^{SU} \times I^{FU},$$

$$I^{ER} = \frac{n}{n+m}, I^{SU} = \frac{2 - \delta a^{own} - \delta a^{in}}{2 - (\delta a^{own})^2 - (\delta a^{in})^2}, I^{FU} = 1 - e^{-\tilde{T}}, T = \frac{\alpha}{\Phi |\Lambda \Phi|},$$

где I^{ER} – степень восприятия окружающей среды, равная отношению количества контролируемых лицом, принимающим решение, ресурсов к общему количеству ресурсов, влияющих на его сферу ответственности; I^{SU} – степень понимания ситуации или процесс синтеза элементов I^{ER} (мера близости текущего состояния управляемых объектов к идеальному); I^{FU} – степень прогноза будущего состояния объектов управления, которая определяется скоростью изменения ситуации в сфере ответственности субъекта управления; n – количество входных ресурсов в области ответственности

лица, принимающего решения; m – количество вырабатываемых им ресурсов; $\delta a^{own} = \sqrt{\sum_{j=1}^n \delta a_j^2}$ – вектор невязок собственных критериев качества работы субъекта управления СЦ; $\delta a^{in} = \sqrt{\sum_{k=1}^m \delta a_k^2}$ – вектор невязок входных ресурсов субъекта управления СЦ; Φ – критерий качества работы субъекта управления СЦ; T – интервал достоверного прогноза; \tilde{T} – сглаженное значение T ; α – параметр, задающий временную динамику функционирования субъекта управления, т.е. изменение его области ответственности в процессе принятия решений, $\alpha > 0$.

Согласно работе [11], необходимо учитывать асимптотические свойства компонентов модели ситуационной осведомленности, а именно:

- для I^{SU} : при $\delta a^{own} \rightarrow 0$ и $\delta a^{in} \rightarrow 0$ $I^{SU} \rightarrow 1$; при $\delta a^{own} \gg 1$ $I^{SU} \rightarrow 0$; при $\delta a^{in} \gg 1$ $I^{SU} \rightarrow 0$;
 - для I^{FU} : при $\Phi \rightarrow 0$ и $\Lambda \Phi \rightarrow 0$ $I^{FU} \rightarrow 1$, $T \rightarrow \infty$; при $|\Lambda \Phi| \rightarrow \infty$ $I^{FU} \rightarrow 0$, $T \rightarrow 0$;
- при $\Phi \gg 1$ $I^{FU} \rightarrow 0$, $T \rightarrow 0$.

Совместно с приведенными выше критериями технико-экономического обоснования эффективности СППР СЦ могут применяться и другие виды оценок и их комбинации. Так, на практике часто оперируют следующими критериями оценки качества архитектурных (системотехнических) и технологических решений в области информационного обеспечения СППР СЦ: своевременность предоставления требуемой информации для принятия решений, полнота оперативного отражения в СППР СЦ объектов учета и контекста критической ситуации, а также актуальность обновляемой информации на всех этапах процесса принятия решений. Для расчета этих показателей используются математические модели типовых информационных процессов, предложенные в работе [12], и национальные стандарты оценки качества информационных технологий и программных систем ГОСТ Р ИСО 25010-2015 [13] и ГОСТ Р ИСО 25040-2014 [14].

Для определения экономической эффективности внедрения СППР в СЦ может найти применение метод сбалансированной системы показателей BSC (Balanced Score Card) [15], обеспечивающий возможность оценки удовлетворения информационных потребностей лиц, принимающих решения в СЦ, за счет программно-технических средств (функциональных сервисов) СППР с учетом целей субъектов управления СЦ и моделей их взаимодействия на основе экспертно-имитационного

моделирования. По сути метод BSC позволяет определить, насколько ИТ-проект по внедрению СППР в СЦ соответствует целям ситуационного управления по сравнению с существующей системой управления в СЦ, и подобрать наиболее подходящую конфигурацию СППР СЦ для синтеза эффективных организационных структур и сценариев управления безопасностью социально-экономических систем в критических ситуациях на базе СЦ.

Эмпирическая оценка эргономической эффективности (юзабилити) СППР СЦ может быть получена на основе применения количественного метода анализа пользовательского интерфейса GOMS (Model of Goals, Objects, Methods, and Selection rules) [16]. С помощью этого метода можно рассчитать и сравнить временные затраты пользователей СППР СЦ при подготовке и поиске требуемой аналитической информации в процессе принятия решений для различных конфигураций СППР СЦ, а также с применением средств автоматизации управленческой деятельности и без их использования.

Приложение разработок на примере СЦ Мурманской области

В Мурманской области, как и по всей стране, создаются СЦ, которые предназначены для поддержки оперативного принятия управленческих решений и мониторинга социально-экономической ситуации в регионе. Однако на текущий момент они находятся еще в стадии развития. Результаты предварительных исследований по состоянию на февраль 2020 г. показали, что проектирование и разработка СЦ Главы Мурманской области практически завершена. Общая готовность данного СЦ к эксплуатации составляет 75 %. Техническое задание и реализация проекта выполнены на 100 %.

С применением рассмотренных моделей и методов на основе экспертных оценок и доступной статистической и проектно-технической отчетности о состоянии готовности СЦ установлено, что с точки зрения удовлетворения информационных потребностей субъектов управления СЦ по ряду показателей (ситуационная осведомленность, достоверность данных и полнота, оперативность получения требуемой информации для принятия решений и т.д.) эффективность функционирования СЦ невысока. Это связано с тем, что на текущий момент уровень готовности программно-технических средств СЦ составляет 80 %, в том числе готовность программного комплекса – 20 %, готовность аппаратного комплекса – 60 %, и дополнительно требуется развертывание и настройка информационно-коммуникационной инфраструктуры СЦ для стыковки с другими СЦ региона и интеграции его в систему распределенных СЦ. При этом в структуре СЦ региона практически отсутствует СППР как таковая.

Наши исследования показали, что внедрение средств интеллектуальной поддержки управленческой деятельности в работу программно-аппаратного комплекса СЦ Мурманской области, включающих имитационные модели прогнозирования показателей безопасности социально-экономического развития региона, мультиагентные модели сетецентрического управления безопасностью, методы оценки и анализа рисков нарушения безопасности критических инфраструктур региона и модели координации децентрализованного принятия решений, позволит повысить эффективность использования СЦ для задач регионального управления на 20–30 % и снизить совокупные ресурсные затраты на 5–10 % по сравнению с современным состоянием дел в этой сфере.

Заключение

В ходе исследования получены следующие основные результаты:

1. Проведен анализ информационной структуры процесса принятия решений в СЦ региона, на основе которого определены базовые показатели качества функционирования СППР СЦ и исследованы зависимости между показателями эффективности. Это позволило оценить общие затраты на разработку и внедрение СППР в СЦ при различных вариантах конфигурации информационного и программно-технического обеспечения СЦ.

2. Исследована структурная модель процесса принятия решений в СЦ и реализующие ее процедуры, на основе чего предложена постановка общей задачи выбора конфигурации СППР СЦ по установленным критериям эффективности с учетом нормативных требований к режимам работы СЦ и составу используемых средств информационной поддержки.

3. Предложен комбинированный подход к оценке качества структуры и состава средств информационной поддержки управленческой деятельности в региональных СЦ, основанный на совместном использовании энтропийных моделей и качественных методов оценки эффективности СППР СЦ. Применение подхода позволяет определить наиболее подходящую конфигурацию про-

граммно-аппаратных средств СППР СЦ с точки зрения обеспечения ситуационной осведомленности и оперативности формирования аналитической информации для принятия обоснованных решений на всех уровнях иерархии управления.

Предложенный в работе модельный инструментарий нашел применение при решении задач оценки эффективности СППР СЦ Мурманской области. В результате апробации были сформированы рекомендации по оптимизации структуры и состава СППР данного СЦ с учетом функциональных задач и информационных потребностей субъектов управления СЦ.

Несмотря на то, что получаемые оценки эффективности СППР носят вероятностный характер, они могут использоваться для сравнительных целей разных системотехнических и технологических решений при создании новых и совершенствовании существующих СЦ. Модели гибко адаптируются для всех типов СППР СЦ и являются центральным элементом блока информационно-аналитической поддержки в многоуровневой системе управления региональной безопасностью, построенной на базе сети распределенных СЦ.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИИММ КНЦ РАН (НИР № 0226-2019-0035) и при частичной поддержке РФФИ (проект № 18-07-00167-а).

Библиографический список

1. Зацаринный, А. А. Системотехнические подходы к созданию системы поддержки принятия решений на основе ситуационного анализа / А. А. Зацаринный, А. П. Сучков // Информатика и ее применение. – 2016. – Т. 10, вып. 4. – С. 105–113.
2. Доррер, Г. А. Методы и системы принятия решений / Г. А. Доррер. – Красноярск : СФУ, 2016. – 209 с.
3. Simon, H. A. The new science of management decision / H. A. Simon. – Prentice-Hall, 1977. – 175 p.
4. Маслобоев, А. В. Информационное измерение региональной безопасности в Арктике / А. В. Маслобоев, В. А. Путилов. – Апатиты : КНЦ РАН, 2016. – 222 с.
5. Черешкин, Д. С. Модель процесса принятия решений в организационной системе / Д. С. Черешкин // Проблемы современной науки и образования. – 2017. – № 32 (114). – С. 16–24.
6. Цыгичко, В. Н. Безопасность критических инфраструктур / В. Н. Цыгичко, Д. С. Черешкин, Г. Л. Смолян. – Москва : УРСС, 2019. – 200 с.
7. Шеннон, К. Работы по теории информации и кибернетике / К. Шеннон. – Москва : Изд-во иностр. лит., 1963. – 830 с.
8. Цыгичко, В. Н. Руководителю о принятии решений / В. Н. Цыгичко ; предисл. В. А. Лефевра. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – Москва : Красанд, 2010. – 352 с.
9. Новиков, Д. А. Рефлексия и управление: математические модели / Д. А. Новиков, А. Г. Чхартишвили. – Москва : Физматлит, 2013. – 412 с.
10. Ларичев, О. И. Наука и искусство принятия решений / О. И. Ларичев. – Москва : Наука, 1979. – 200 с.
11. Кулик, Б. А. Количественная оценка ситуационной осведомленности в системе концептуального моделирования / Б. А. Кулик, А. Я. Фридман // Системный анализ в проектировании и управлении : тр. XXIII Междунар. науч. конф. – Санкт-Петербург : СПбПУ, 2019. – С. 449–460.
12. Безкоровайный, М. М. Инструментально-моделирующий комплекс для оценки качества функционирования информационных систем «КОК» Руководство системного аналитика / М. М. Безкоровайный, А. И. Костогрызлов, В. М. Львов. – Москва : СИНТЕГ, 2000. – 116 с.
13. ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010–2015. Информационные технологии. Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Модели качества систем и программных продуктов. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 49 с.
14. ГОСТ Р ИСО/МЭК 25040–2014. Информационные технологии. Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Процесс оценки. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 51 с.
15. Мамаева, Г. А. Методологические основы повышения и оценки экономической эффективности проектов информатизации / Г. А. Мамаева. – Санкт-Петербург : СПбГИЭУ, 2012. – 220 с.
16. Раскин, Д. Интерфейс: новые направления в проектировании компьютерных систем : пер. с англ. / Д. Раскин. – Санкт-Петербург : Символ-Плюс, 2007. – 272 с.

References

1. Zatsarinnyy A. A., Suchkov A. P. *Informatika i ee primenenie* [Computer science and its application]. 2016, vol. 10, iss. 4, pp. 105–113. [In Russian]
2. Dorrer G. A. *Metody i sistemy prinyatiya resheniy* [Decision-making methods and systems]. Krasnoyarsk: SFU, 2016, 209 p. [In Russian]

3. Simon H. A. *The new science of management decision*. Prentice-Hall, 1977, 175 p.
4. Masloboev A. V., Putilov V. A. *Informatsionnoe izmerenie regional'noy bezopasnosti v Arktike* [Information dimension of regional security in the Arctic]. Apatity: KNTs RAN, 2016, 222 p. [In Russian]
5. Chereshekin D. S. *Problemy sovremennoy nauki i obrazovaniya* [Problems of modern science and education]. 2017, no. 32 (114), pp. 16–24. [In Russian]
6. Tsygichko V. N., Chereshekin D. S., Smolyan G. L. *Bezopasnost' kriticheskikh infrastruktur* [Security of critical infrastructures]. Moscow: URSS, 2019, 200 p. [In Russian]
7. Shannon K. *Raboty po teorii informatsii i kibernetike* [Works on information theory and cybernetics]. Moscow: Izd-vo inostr. lit., 1963, 830 p. [In Russian]
8. Tsygichko V. N. *Rukovoditel'yu o prinyatii resheniy* [To the manager about decision making]. 3rd ed, rev. and suppl. Moscow: Krasand, 2010, 352 p. [In Russian]
9. Novikov D. A., Chkhartishvili A. G. *Refleksiya i upravlenie: matematicheskie modeli* [Reflection and control: mathematical models]. Moscow: Fizmatlit, 2013, 412 p. [In Russian]
10. Larichev O. I. *Nauka i iskusstvo prinyatiya resheniy* [The science and art of decision making]. Moscow: Nauka, 1979, 200 p. [In Russian]
11. Kulik B. A., Fridman A. Ya. *Sistemnyy analiz v proektirovaniy i upravlenii: tr. XXIII Mezhdunar. nauch. konf.* [System analysis in design and management: proceedings of the XXIII international scientific conf.]. Saint-Petersburg: SPbPU, 2019, pp. 449–460. [In Russian]
12. Bezkorovaynyu M. M., Kostogryzov A. I., L'vov V. M. *Instrumental'no-modeliruyushchiy kompleks dlya otsenki kachestva funkcionirovaniya informatsionnykh sistem «KOK» Rukovodstvo sistemnogo analitika* [Tool-modeling complex for evaluating the quality of functioning of information systems " KOK " system analyst's Guide]. Moscow: SINTEG, 2000, 116 p. [In Russian]
13. GOST R ISO/MEK 25010–2015. *Informatsionnye tekhnologii. Sistemnaya i programmnaya inzheneriya. Trebovaniya i otsenka kachestva sistem i programmnogo obespecheniya (SQuaRE). Modeli kachestva sistem i programmykh produktov* [GOST R ISO / IEC 25010-2015. Information technology. System and software engineering. Requirements and quality assessment of systems and software (SQuaRE). Quality models for systems and software products]. Moscow: Standartinform, 2015, 49 p. [In Russian]
14. GOST R ISO/MEK 25040–2014. *Informatsionnye tekhnologii. Sistemnaya i programmnaya inzheneriya. Trebovaniya i otsenka kachestva sistem i programmnogo obespecheniya (SQuaRE). Protsess otsenki* [GOST R ISO / IEC 25040-2014. Information technology. System and software engineering. Requirements and quality assessment of systems and software (SQuaRE). Evaluation process]. Moscow: Standartinform, 2014, 51 p. [In Russian]
15. Mamaeva G. A. *Metodologicheskie osnovy povysheniya i otsenki ekonomicheskoy effektivnosti proektov informatizatsii* [Methodological bases for improving and evaluating the economic efficiency of Informatization projects]. Saint-Petersburg: SPbGIEU, 2012, 220 p. [In Russian]
16. Raskin D. *Interfeys: novye napravleniya v proektirovaniy komp'yuternykh sistem: per. s angl.* [Interface: new directions in computer system design: translation from English]. Saint-Petersburg: Simvol-Plyus, 2007, 272 p. [In Russian]

Маслобоев Андрей Владимирович

доктор технических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник,
Институт информатики и математического
моделирования,
Кольский научный центр
Российской академии наук
(Россия, Мурманская обл.,
г. Апатиты, ул. Ферсмана, 14)
E-mail: masloboev@iimm.ru

Цыгичко Виталий Николаевич

доктор технических наук, профессор,
главный научный сотрудник,
Институт системного анализа,
Федеральный исследовательский центр
«Информатика и управление»
Российской академии наук
(Россия, г. Москва, пр. 60-летия Октября, 9)
E-mail: vtsygichko@inbox.ru

Masloboev Andrey Vladimirovich

doctor of technical sciences, associate professor,
leading research,
Institute for Informatics and Mathematical Modeling,
Kola Science Centre of the Russian Academy
of Sciences
(14 Fersmana street, Apatity,
Murmansk region, Russia)

Tsygichko Vitaliy Nikolaevich

doctor of technical sciences, professor,
chief researcher,
Institute for System Analysis,
Federal Research Center
«Computer Science and Control
of the Russian Academy of Sciences»
(9 60-letiya Oktyabrya avenue, Moscow, Russia)

Образец цитирования:

Маслобоев, А. В. Анализ информационной структуры и конфигурирование систем поддержки принятия решений региональных ситуационных центров / А. В. Маслобоев, В. Н. Цыгичко // Надежность и качество сложных систем. – 2020. – № 2 (30). – С. 68–84. – DOI 10.21685/2307-4205-2020-2-8.