

УДК 004.832.3

А.А. Брюховецкий, доц., канд. техн. наук

В.И. Шевченко, канд. техн. наук

Д.Ю. Воронин, канд. техн. наук

А.В. Тарасова

Севастопольский национальный технический университет

ул. Университетская 33, г. Севастополь, Россия, 299053

E-mail: kvf.sevntu@gmail.com

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ КРИТИЧЕСКОМ ИНФРАСТРУКТУРНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ¹

Предложена концептуальная модель для описания процесса поддержки принятия управленческих решений при критическом инфраструктурном взаимодействии в условиях неопределенности. Рассмотрены основные аспекты концепции, ориентированные на создание единой универсальной среды интегрированного управления информационными технологиями, распределенными приложениями, ресурсами и вычислительным оборудованием в рамках сетевых проектов. В качестве примера, иллюстрирующего элементы предлагаемой концепции рассмотрена модель управления процессами критического инфраструктурного взаимодействия в бизнес-критической системе.

Ключевые слова: критическое инфраструктурное взаимодействие, поддержка принятия решения, сетевой проект, бизнес-критическая система, система поддержки ИТ-сервисов, эффективное управление.

Среда обитания и жизнедеятельности современного социума во многом определяется взаимодействием энергетических, транспортных, производственных и экологических систем, которые являются критическими в том смысле, что незначительные сбои при их функционировании могут привести к авариям в большинстве случаев носящих характер катастроф [1]. При рассмотрении критических объектов учитывается не только масштаб эффекта нарушения их функциональности, но и такие факторы, как время восстановления, диссипативный эффект от взаимодействия одного критического объекта с другим, с точки зрения последствий, связанных с прекращением работы одного критического объекта и возникающих при этом последствий для взаимодействующих критических объектов. Поскольку рассматриваемые критические объекты или системы, как правило, включают многоуровневый распределенный комплекс взаимосвязанных обслуживающих структур, то для таких структур принято говорить о критическом инфраструктурном взаимодействии [2].

Результаты анализа фундаментальных исследований в данном направлении выявили имеющиеся ограничения классического подхода в задачах критического инфраструктурного взаимодействия на различных уровнях абстракции, как на инфраструктурном, так и на уровне конкретных сервисов. Следовательно, актуальной является задача разработки и развития методологии поддержки принятия управленческих решений при критическом инфраструктурном взаимодействии в условиях неопределенности.

Ограничения классического подхода в задачах инфраструктурного взаимодействия связаны со следующим:

- практически отсутствуют методики учета архитектурных особенностей анализируемой инфраструктуры, а также интервальных оценок доступности ресурсов и ресурсоемкости выполняемых задач;
- в недостаточной степени учитывается стохастический характер сценариев взаимодействия различных компонентов инфраструктуры;
- требуют дальнейшего развития технологии корректировки полученных решений в условиях изменения оперативной обстановки в системах реального времени;
- в недостаточной степени рассмотрены вопросы расширения полученных результатов для распределенных вычислительных систем и сред. В качестве практических приложений таких сред могут выступать бизнес-системы, системы транспортного обслуживания, GRID-системы.

В работе предлагается базовое описание методологии поддержки принятия управленческих решений при критическом инфраструктурном взаимодействии на уровне концептуальной модели. Предлагаемая методология основывается на подходе программно целевого планирования и управления изложенного в [3] и получившего дальнейшее развитие в работах [4, 5]. На рисунке 1 приведена инфологическая структура концепции поддержки принятия управленческих решений.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 14-41-01522).

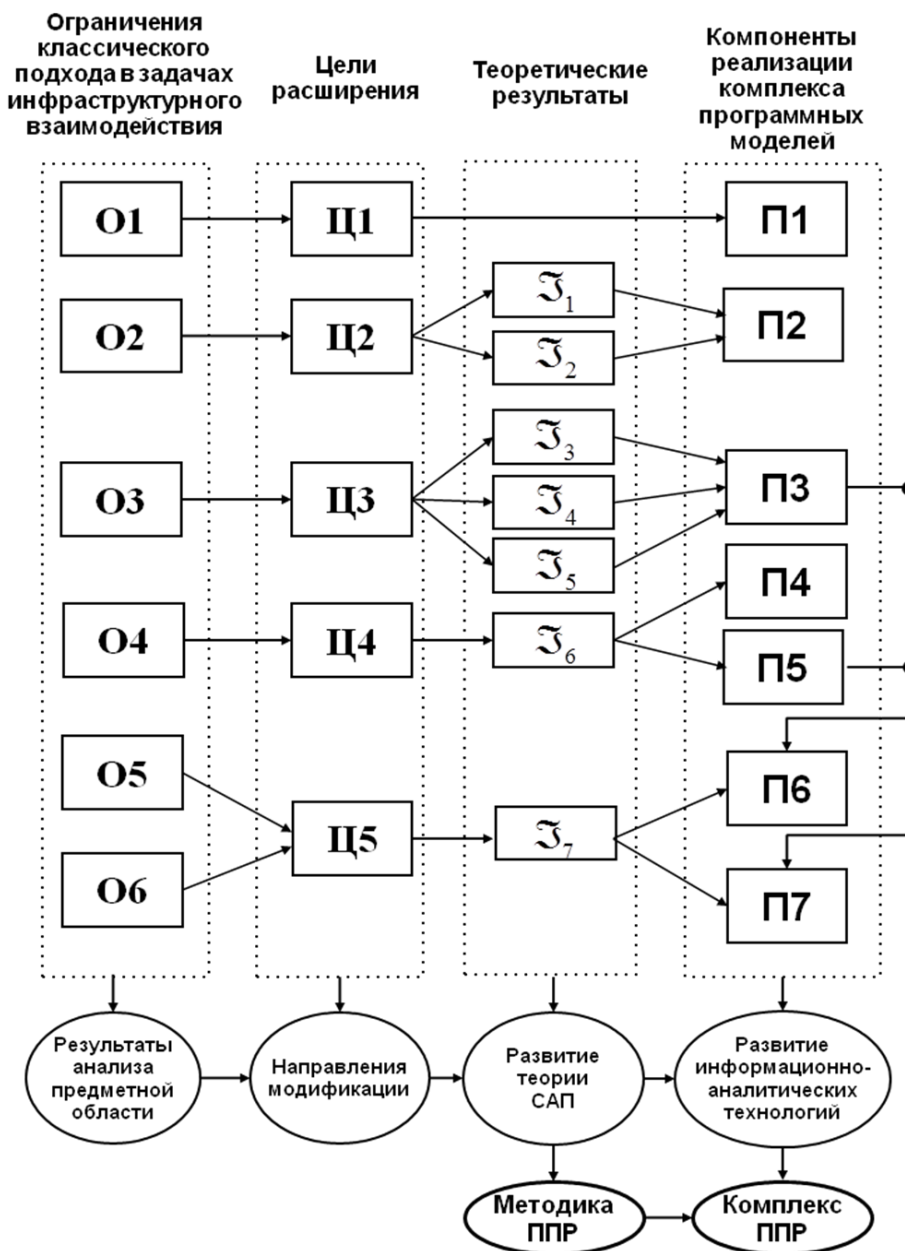


Рисунок 1 — Инфологическая структура концепции поддержки принятия управленческих решений

Стратегия поддержки принятия управленческих решений включает следующие этапы:

- 1) Анализ предметной области, в которой осуществляется инфраструктурное взаимодействие с учетом ограничений O1 – O6, осуществляется лицом, принимающим решения (ЛПР) – экспертом.
- 2) Выбор целей расширения текущих стратегий управления на основе априорной и апостериорной информации о состоянии управляемого объекта (Ц1 – Ц5).
- 3) В рамках развития теории сетевого анализа проектов (САП) на основе комплекса аналитических моделей $\mathfrak{Z}_1$ – $\mathfrak{Z}_7$ разработка методики поддержки управленческих решений.
- 4) Развитие технологий поддержки управленческих решений на основе программных моделей П1-П7.
- 5) Композиция разработанных методик и информационных технологий в единый программно-аппаратный комплекс поддержки принятия решений по управлению критическим инфраструктурным взаимодействием в условиях неопределенности.

Следует отметить, что в рамках данной стратегии под программной моделью (для П1 – П7) подразумевается не способ ее реализации – в виде программных кодов, а целевая ориентация модели на разработку фундаментальных методологических основ поддержки принятия управленческих решений

при гетерогенном стохастическом критическом инфраструктурном взаимодействии на основе интеллектуальных информационных технологий, используемых ЛПР в диалоговом режиме. В таблице 1 приведено расширенное описание идентификаторов в инфологической структуре предлагаемой концептуальной модели.

Таблица 1 – Описание идентификаторов концептуальной модели

ID	Описание идентификатора в инфологической структуре концептуальной модели
O1	Учет архитектурных особенностей анализируемой инфраструктуры, а также интервальных оценок доступности ресурсов и ресурсоемкостей выполняемых задач
O2	Стохастический характер сценариев взаимодействия различных компонентов инфраструктуры
O3	Технологии корректировки полученных решений в условиях изменения оперативной обстановки в системах реального времени, с учетом дефицита априорной информации о параметрах исследуемой критической инфраструктуры
O4	Методики обеспечения нейтрализации коллизионных ситуаций, возникающих при взаимодействии критических инфраструктур
O5	Спецификация управления для распределенных вычислительных систем и GRID-систем.
O6	Спецификация управления для транспортных и бизнес-критических систем
Ц1	Сокращение времени принятия управленческого решения
Ц2	Повышение эффективности диспетчерских решений на уровне оперативного управления
Ц3	Повышение эффективности управляющих решений по преодолению ресурсных коллизий в критических инфраструктурах
Ц4	Обеспечение гарантированного управления ресурсами критических инфраструктур в условиях неопределенности
Ц5	Уточнение Ц1 – Ц4 с учетом ориентации на предметную область: распределенные вычислительные системы, реализованные по технологии GRID, транспортные и бизнес-критические системы
$\mathfrak{Z}_1$	Оптимизационная $\mathfrak{Z}_1$ -модель прямого и обратного распределения однородных ресурсов
$\mathfrak{Z}_2$	Оптимизационная $\mathfrak{Z}_2$ -модель прямого и обратного распределения неоднородных ресурсов, с учетом возможностей использования наборов альтернативных компонент составного ресурса
$\mathfrak{Z}_3$	Оптимизационная $\mathfrak{Z}_3$ -модель прямого и обратного распределения ресурсов, ориентированная на детализацию рассмотрения задачи распределения ресурсов в терминах сетевого анализа проектов при учете случайных факторов общего вида
$\mathfrak{Z}_4$	Оптимизационная $\mathfrak{Z}_4$ -модель прямого и обратного распределения ресурсов, с учетом ограничений, связанных с функциональными особенностями работ
$\mathfrak{Z}_5$	Оптимизационная $\mathfrak{Z}_5$ -модель прямого и обратного распределения ресурсов с учетом непрерывности выполнения отдельных работ
$\mathfrak{Z}_6$	Оптимизационная $\mathfrak{Z}_6$ -модель прямого и обратного распределения ресурсов с учетом распределенного характера выполнения работ
$\mathfrak{Z}_7$	Оптимизационная $\mathfrak{Z}_7$ -модель прямого и обратного распределения ресурсов с учетом возможных коллизионных ситуаций при инфраструктурном взаимодействии
П1	Методика использования логико-предикатной сети при идентификации складывающейся информационной ситуации
П2	Программная модель многоверсионной имитации
П3	Программная модель инфраструктурного взаимодействия гетерогенных компонентов критической инфраструктуры в условиях неопределенности
П4	Программная модель квалиметрии критических событий
П5	Программная модель управления ресурсами в критических инфраструктурах на основе агентного подхода
П6	Дискретно-событийная модель распределенной вычислительной сети
П7	Библиотека имитационного моделирования процессов обработки информации в Grid-системах

Базовое описание программных моделей в терминах сетевого анализа проектов рассмотрим на примере программной $\mathfrak{Z}_1$ -модели. Имеется комплекс работ (КР), который считается выполненным в случае, когда выполнены все работы в него входящие. Для его формального описания используется граф, веса дуг которого описывают параметры соответствующих работ, а узлы поставлены в соответствие событиям, упорядоченным на временной оси и задающим, таким образом, отношения предшествования между работами в комплексе. Выполнение определенной работы в КР начинается строго после выделения ей ресурса в необходимом объеме и выполнения всех предшествующих работы. Длительность выполнения работы существенным образом зависит от объема ресурса, выделенного для ее выполнения. Соответствующие функциональные зависимости в общем случае для работ комплекса являются уникальными и подразумевают наличие ограничений, связанных с функциональными особенностями работ КР. Они выражаются в наличии минимально и максимально возможных объемов ресурса, выделяемого для каждой из этих работ. То есть, при нарушении данного ограничения работа будет выполняться либо бесконечно долго, либо дальнейшее приращение объемов выделяемого ей ресурса с точки зрения минимизации длительности ее выполнения будет индифферентно. Ресурс работе выделяется дискретно, в момент времени, соответствующий началу ее выполнения, а высвобождается в момент времени, соответствующий окончанию ее выполнения. То есть, прерывания при выполнении работ не предусмотрены.

Программная модель $\mathfrak{Z}_1$ может быть использована для организации прямого и обратного распределения ресурсов. Целевое назначение программной $\mathfrak{Z}_1$ -модели прямого распределения ресурсов: нахождение такого варианта принятия решений о распределении ресурса между работами, чтобы для фиксированного объема доступного ресурса длительность выполнения заданного комплекса работ была минимальной. Целевое назначение программной $\mathfrak{Z}_1$ -модели обратного распределения ресурсов: необходимо найти такой вариант принятия решений о распределении ресурса между работами КР, чтобы длительность выполнения заданного комплекса работ была меньше директивного срока окончания выполнения КР, а объем распределяемого ресурса минимален.

Информационное обеспечение программной $\mathfrak{Z}_1$ -модели. Под комплексом работ (КР) будем понимать гетерогенную структуру, содержащую элементы множества $\{Wrk_1, Wrk_2, \dots, Wrk_{|A|}\}$ и отношения предшествования между ними, где Wrk_i — i -ая работа КР. КР описывается при помощи графа $G = (V, A)$, где:

V — узлы графа G (поставлены в соответствие событиям, упорядоченным на временной оси и задающим отношения предшествования между работами КР);

A — дуги сетевого графа G (их веса описывают системные характеристики работ КР).

$\mathfrak{N} = |V|$ — число узлов графа G ;

$n_{ij} \in [n_{ij}^{\min}, n_{ij}^{\max}]$ — объем ресурса, выделяемый для выполнения $(i-j)$ -ой работы КР;

$n_{ij}^{\min}$ — минимально возможный объем ресурса, выделяемый на выполнение $(i-j)$ -ой работы КР (с точки зрения ее функциональных особенностей);

$n_{ij}^{\max}$ — максимально возможный объем ресурса, выделяемый на выполнение $(i-j)$ -ой работы КР (с точки зрения ее функциональных особенностей);

$N^{\min} = \{n_{ij}^{\min} : (i, j) \in A\}$ — множество минимально возможных объемов ресурса, выделяемых на выполнение работ КР (с точки зрения их функциональных особенностей);

$N^{\max} = \{n_{ij}^{\max} : (i, j) \in A\}$ — множество максимально возможных объемов ресурса, выделяемых на выполнение работ КР (с точки зрения их функциональных особенностей);

$t(n_{ij})$ — длительность выполнения (i,j) -работы при выделении ей ресурса в объеме n_{ij} (формально описывается длиной (i,j) -ой дуги графа G);

$f_{i,j}$ — функция, устанавливающая соответствие между n_{ij} и $t(n_{ij})$;

$f = \{f_{i,j} : (i, j) \in A\}$ — множество функций $f_{i,j}$;

s — идентификатор варианта принятия решений о распределении ресурса;

$n_{i,j}^s$ — объем ресурса, выделенный на протяжении временного интервала $[T_i^s, T_j^s]$ для выполнения (i,j) -работы при s -ом варианте принятия решений о распределении ресурса;

$vr_s \in VR_d$ — s -ый вариант принятия решений о распределении ресурса;

$$vr_s^\Delta = \{n_{i,j}^s : (i, j) \in A\}$$

VR_D — множество допустимых вариантов принятия решений о распределении ресурса;

$vr_{OPT} \in VR_D$ — оптимальный вариант принятия решений о распределении ресурса;

$l_{z,i}$ — путь из z -го узла графа G в i -й узел;

$$l_i^\Delta = l_{1,i} ; Li — множество всех путей l_i в графе G ;$$

$T^s(l_i)$ — длина пути l_i , соответствующая s -ому варианту принятия решений о распределении ресурса;

T_i^s — наиболее ранний возможный срок (НРВС) достижения i -го узла графа G при s -ом варианте принятия решений о распределении ресурса (i -й узел графа G считается достигнутым, если завершилось движение по самому длинному из путей Li):

$$T_i^s = \max\{T^s(l_i) : l_i \in Li\}$$

R — распределяемое количество ресурса между работами КР.

Уточнение программной $\mathfrak{Z}_1$ -модели в случае детерминированного прямого распределения ресурсов. Исходные данные: $G, N^{\min}, N^{\max}, f, R$; Результирующие данные:

$vr_{OPT} = \arg \min_{vr_s \in VR_D} T_{\text{я}}^s$, при выполнении ограничений:

1) $\forall vr_s \in VR_D, \forall u \in U_e, T_e^s \leq T_u^s$, где U_e — множество номеров узлов графа G , исходящие из которых дуги инцидентны e -му узлу;

2) $\forall vr_s \in VR_D, \forall ((i, j) \in A), R - n_{i,j}^s \geq \sum_{b=1}^{|W^{cov}|} w_b(s)$, где $w_b(s) \in W^{cov}(s)$;

$W^{cov}(s) = \{n_{e,u}^s : ((e, u) \in l_y), T_y^s \in [T_i^s, T_j^s]\}$, $W^{cov}(s)$ — множество объемов ресурса, выделенного при s -ом варианте принятия решений о распределении ресурса тем работам КР, которые выполняются параллельно с $(i-j)$ -ой работой КР.

Уточнение программной $\mathfrak{Z}_1$ -модели в случае детерминированного обратного распределения ресурсов. Исходные данные: $G, N^{\min}, N^{\max}, f, \tau$; Результирующие данные:

$vr_{OPT} = \arg \min_{vr_s \in VR_D} R^s$, при выполнении ограничений:

1) $\forall vr_s \in VR_D, T_{\text{я}}^s \leq \tau$, где τ — директивный срок окончания выполнения всех работ КР;

2) $\forall vr_s \in VR_D, \forall u \in U_e, T_e^s \leq T_u^s$, где U_e — множество номеров узлов графа G , исходящие из которых дуги инцидентны e -му узлу;

3) $\forall vr_s \in VR_D, \forall ((i, j) \in A), R^s \geq \sum_{b=1}^{|W^{cov}|} w_b(s) + n_{i,j}^s$, где $w_b \in W^{cov}(s)$;

$$W^{cov}(s) = \{n_{e,u}^s : ((e, u) \in l_y), T_y^s \in [T_i^s, T_j^s]\}, \text{ где}$$

$W^{cov}(s)$ — множество объемов ресурса, выделенного при s -ом варианте принятия решений о распределении ресурса тем работам КР, которые выполняются параллельно с $(i-j)$ -ой работой КР.

В рамках развития методологии поддержки принятия управленческих решений при критическом инфраструктурном взаимодействии предложена модель управления качеством ИТ-сервисов учитывающая архитектурные особенности бизнес-критической инфраструктуры [6]. Бизнес-системы относят к системам критического применения, поскольку сбои в их функционировании, хоть и не приводят к катастрофам глобального масштаба как в системах атомной энергетики и транспорта, но могут привести к значительным финансовым потерям. Эффективная работа бизнес-систем без поддержки специализированными подразделениями ИТ-сервиса на сегодняшний день затруднена, а во многих случаях, практически невозможна. Поддерживающие ИТ-сервисы должны соответствовать уровню гарантоспособности и учитывать степень критичности автоматизируемых бизнес-процессов. Анализ работы систем поддержки ИТ-сервисов позволяет отнести их к классу сложных организационно-технических систем критического применения. Возникает феномен вторичной критичности,

обусловленный критическим инфраструктурным взаимодействием: критичность может развиваться как в бизнес-системе, вследствие ее специфических особенностей функционирования и в то же время относительно независимо, но зачастую взаимообусловлено может развиваться в поддерживающих системах, что приводит в конечном итоге приводит к коллизионным ситуациям в бизнес-системе. Модель управления качеством ИТ-сервисов решений при критическом инфраструктурном взаимодействии в условиях неопределенности в рамках предложенной стратегии может быть описана кортежем идентификаторов $\langle O1, Ц4, \mathfrak{Z}_1, П2 \rangle$.

Структура модели управления (рисунок 2) включает следующие основные подсистемы: обработки данных (СОД), поддержки ИТ-сервисов (СПС) и подсистему поддержки принятия решений по управлению уровнем качества обработки данных и гарантированности ИТ-сервисов (СППР). Предполагается, что состояние бизнес-критической системы (БКС) в момент времени t_x зависит от u — используемой информационной технологий, применяемой при автоматизированной обработке бизнес-процесса (БП) и s — текущей структурной организации службы поддержки ИТ-сервисов. U — множество идентификаторов технологий $u \in U$, связанных с обработкой данных в БКС. S — множество идентификаторов вариантов организационных структур системы поддержки ИТ-сервисов $s \in S$.

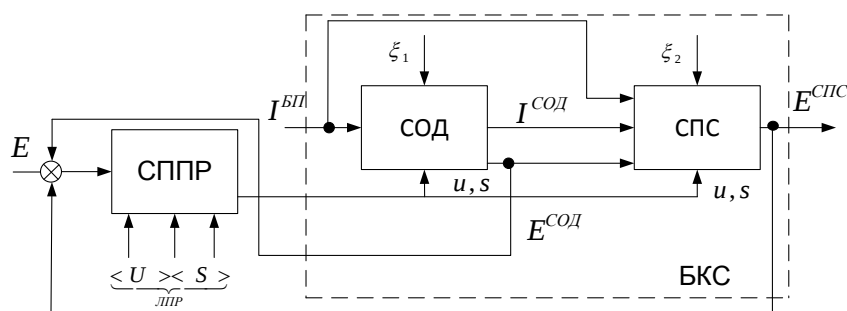


Рисунок 2 — Система поддержки гарантоспособных ИТ-сервисов в БКС

Состоянию БКС соответствует значение переменной $e \in E$, принадлежащей множеству возможных состояний, $E = U \times S$. Под воздействием управления реализуется та или иная фазовая траектория $F(u, s)$, что определяет эффективность управления БКС — Q . Численное значение оценочного критерия Q определяется текущим состоянием БКС, выбранными технологиями обработки БП в СОД и структурной организацией СПС:

$$Q = \Phi(u, s, F(u, s), t_x) \quad (1)$$

В момент времени t_x , $x \in [t_0, T]$ на вход СОД поступает информационный запрос на оказание ИТ-сервисов для БП — $I^БП$, на который система реагирует потоком результатов обработки БП — $I^СОД$. Система СОД подвержена влиянию внешних случайных возмущений ξ_1 , под воздействием которых изменяет свое состояние $E^СОД$. Данные о текущем состоянии $E^СОД$, результаты обработки БП — $I^СОД$ и информация об автоматизируемых БП — $I^БП$ поступают на вход СПС. Под воздействием входящих информационных потоков и внешних случайных возмущений ξ_2 СПС меняет свое состояние $E^СПС$. ЛПР на основе информационных технологий, реализованных в СППР, анализирует текущее состояние БКС и, в зависимости от используемых критериев качества ИТ-сервисов определяется совокупность управлений $\langle u, s \rangle$ которые обеспечивают требуемую эффективность управления (1).

Гарантоспособность управления предлагается оценивать совокупностью частных критериев:

$$k_i(u, s) = \begin{cases} 0, & \frac{l_i(u, s)}{k_i^{SLA}} \geq 1 \\ 1 - \frac{\Delta l_i}{l_i(u, s)}, & \frac{l_i(u, s)}{k_i^{SLA}} < 1 \end{cases}, \quad (2)$$

где $l_i(u, s)$ — текущее значение показателя k_i , $\Delta l_i = k_i^{SLA} - l_i(u, s)$, k_i^{SLA} — максимально допустимое, директивное установленное значение критерия гарантированности сервисов, при этом полагаем, что $\Delta l_i \geq 0, \forall u \in U, s \in S, i = 1, n$.

Примерами частных критериев оценки гарантированности уровня ИТ-сервисов могут быть: k_1 — определяется числом дефектов в работе программных приложений, обнаруженных по журналам регистрации; k_2 — определяется числом событий угрожающих информационной безопасности БКС; k_3 — определяется числом критических событий на одном программном приложении.

Для оценки текущего значения функционала Φ в каждой точке e определены две системных характеристики: K_{gr} — коэффициент гарантированности ИТ-сервиса, для БКС (3), получаемый на основе линейной свертки конечного множества частных показателей качества ИТ-сервисов (2); K_{cr} — коэффициент критичности для поддерживаемых БП (4).

$$K_{gr}(u, s) = \sum_{\substack{u \in U \\ s \in S}}^n \alpha_i k_i(u, s), \quad \alpha_i > 0, \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1 \quad (3)$$

$$K_{cr}(u, s) = \frac{T^{BP}(u, s)}{T^{SLA}}, \quad (4)$$

где T^{BP} — фактическое время ИТ-сервиса; T^{SLA} — директивное время, установленное в SLA для БП, предполагается что $T^{SLA} \geq T^{BP}$. Весовые коэффициенты α_i рассматриваются как показатели относительной значимости частных критериев k_i , определяются экспертным путем.

Введение фазового пространства оценочных функций (3), (4) позволяет перейти к постановке и решению комплекса оптимизационных задач, определяющих гарантоспособность ИТ-сервисов в БКС (1) на основе программной модели П2.

В качестве **перспектив дальнейших исследований** предлагается:

- 1) В рамках фундаментальных исследований в области теории стохастических сетевых проектов формализация комплекса сетевых моделей $\mathfrak{Z}_1 - \mathfrak{Z}_7$.
- 2) Разработка и апробация программных моделей П1 – П7.
- 3) На основе исследований, выполненных в п. 1) и 2) разработка программного стенда для анализа задач распределения ресурсов сетевых проектов.

Библиографический список использованной литературы

1. Харченко В.С. Безопасность критических инфраструктур: математические и инженерные методы анализа и обеспечения / Под ред. Харченко В.С., Министерство образования и науки Украины, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», 2011. — 641 с.
2. Скатков А.В. Информационные технологии для критических инфраструктур: моногр. / Под ред. А.В. Скаткова — Севастополь: СевНТУ, 2012. — 306 с.
3. Поспелов Г.С. Программно-целевое планирование и управление / Г.С. Поспелов, В.А. Ириков. — М. Сов. Радио, 1976. — 422 с.
4. Бушуев С.Д. Современные подходы к развитию методологий управления проектами / С.Д. Бушуев, Н.С. Бушуева // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб.наук.пр. — Луганськ: вид-во СНУ ім. В.Даля, 2005 - №1(13). - С. 5-19.
5. Бушуев С.Д. Развитие инструментов целедостижения в управлении проектами/С.Д. Бушуев, Н.С. Бушуева // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб.наук.пр. — Луганськ: вид-во СНУ ім. В.Даля, 2005 - №3(15). С. 5-13.
6. Шевченко В.И. Модель управления процессом поддержки гарантированного уровня ИТ-сервисов в бизнес-критических системах / А.В. Скатков, В.И. Шевченко // Вестник СевНТУ. Вып. 15: Оптимизация производственных процессов: Сб. научн. тр. , 2014. — С. 97-102

Брюховецький А.А., Шевченко В.І., Воронін Д.Ю., Тарасова А.В. Концептуальна модель підтримки прийняття управлінських рішень при критичному інфраструктурному взаємодії в умовах невизначеності

Запропоновано концептуальну модель для опису процесу підтримки прийняття управлінських рішень при критичному інфраструктурному взаємодії в умовах невизначеності. Розглянуті основні аспекти концепції, орієнтовані на створення єдиної універсальної середовища інтегрованого управління інформаційними технологіями, розподіленими додатками, ресурсами і обчислювальним обладнанням в рамках мережевих проектів.

Як приклад, що ілюструє елементи запропонованої концепції розглянута модель управління процесами критичного інфраструктурного взаємодії в бізнес-критичній системі.

Ключові слова: критичне інфраструктурне взаємодія, підтримка прийняття рішення, мережевий проект, бізнес-критична система, система підтримки ІТ-сервісів, ефективне управління.

Bryuhovetsky A.A., Shevchenko V.I., Voronin D.Y., Tarasova A.V. Conceptual model support management decisions at critical infrastructural cooperation under conditions of uncertainty

A conceptual model to describe the process of management decision support at the critical infrastructure cooperation in the face of uncertainty is considered. The main aspects of the concept, aimed at creating a single universal medium integrated information technology management, distributed applications, resources and computing equipment within the network projects.

The example illustrating conceptual model is given.

Key words: critical infrastructure cooperation, decision support, network design, business-critical system, the IT support services, effective management.

УДК 62-50

Т.А. Грушун, доц., канд. техн. наук

А.И. Грушун, доц., канд. техн. наук

Севастопольский национальный технический университет

ул. Университетская 33, г. Севастополь, Россия, 299053

E-mail: gai_gta@mail.ru

СТРУКТУРНО-ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕКОМПОЗИЦИЯ ГРАФОВЫХ МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Предложен метод структурно-топологической декомпозиции сложных систем управления, структура которых задана в виде графа, и основанный на использовании матрицы смежности вершин графа. Метод позволяет уменьшить временные затраты, трудоемкость процесса декомпозиции. Приведены результаты решения задачи.

Ключевые слова: сложная система управления, ориентированный граф, топологическая декомпозиция, сильные связи, матрица смежности вершин графа, матричный метод декомпозиции.

Введение. Математическая модель сложной системы управления (ССУ) включает формальное представление ее топологии и систему уравнений, описывающих физическую природу динамических процессов. Топологическая составляющая модели требует значительных затрат времени квалифицированных экспертов предметной области по графическому описанию элементов топологии ССУ и связей между ними. В случае систем большой размерности численное интегрирование дифференциальных уравнений неэффективно вследствие значительных временных затрат. Структурные преобразования многосвязных ССУ, опирающиеся на аппарат структурных схем, являются весьма трудоемким процессом. Они требуют применения многочисленных рутинных промежуточных процедур объединения звеньев и установления их передаточных функций [1]. Поэтому актуальным является проведение редукции системы за счет формальной декомпозиции системы, основанной на принципе сильных связей. Это позволяет сосредоточить внимание на анализе существенных связей в системе и выделить структурные конфигурации элементов, решающих общую задачу, выделить местные и общие контуры управления и контроля, более обозримые и лучше поддающиеся исследованию. Эту задачу системного анализа можно решить с помощью математического аппарата теории графов [2].

Постановка задачи. Для наглядного графического представления структуры ССУ применяют модели в виде графов, например, вершинных, в которых элементам системы ставят в соответствие вершины графа, а связям между элементами – ребра или дуги графа.

Требуется произвести декомпозицию графовой модели ССУ. Под декомпозицией понимают выделение из графа отдельных сильно связанных подсистем, каждая из которых привязывается к определенной вершине и определяется как такое множество вершин, для которых существуют пути из любой вершины подсистемы в любую другую вершину этой же подсистемы. Такая декомпозиция будет называться структурно-топологической.

Традиционный метод декомпозиции графа основан на его множественном представлении [2]. При этом формируются достижимые и контрдостижимые множества для вершин графа и в результате их пересечения для одноименных вершин выделяют искомые подсистемы с сильными связями. Для систем большой размерности эта процедура требует больших затрат времени.

Цель статьи. Разработать метод структурно-топологической декомпозиции графа, основанный на использовании матрицы смежности вершин графа. Этот метод в дальнейшем будет называться матричным методом декомпозиции. Предлагаемый метод позволяет уменьшить временные затраты, трудоемкость процесса декомпозиции, что особенно важно при исследовании многосвязных ССУ. Анализ известных работ показал, что таким образом данная задача не решалась.