

УДК 004.942

Д.Ю. Воронин, канд. техн. наук

И.А. Скатков, доц., канд. техн. наук

М.С. Кобылянская

Севастопольский национальный технический университет

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

E-mail: dima@voronins.com

МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ И ИНФРАСТРУКТУРАХ⁶

Рассмотрена актуальная проблема управления качеством сервис – ориентированных систем. В работе предложены модели распределения ресурсов, ориентированные на поддержку принятия решений по аудиту ИТ-сервисов и оценки потребности критических сервис-ориентированных систем в ИТ-ресурсах. Разработанное инструментальное средство позволяет в реальном масштабе времени обеспечивать требуемый уровень качества информационного обслуживания ИТ – процессов.

Ключевые слова: распределение ресурсов, ИТ-сервисы, ИТ-процессы, ИТ-ресурсы, аудит, дефицит априорной информации, поддержка принятия решений, оценка критических событий, критические инфраструктуры.

Функционирование энергетических, транспортных, производственных и экологических систем является критическим в том смысле, что незначительные сбои при их взаимодействии могут привести к авариям в большинстве случаев носящих характер катастроф. Процессы принятия управленческих решений при критическом инфраструктурном взаимодействии сопряжены с необходимостью в режиме реального времени обеспечивать сбалансированное распределение доступных ресурсов в интересах различных систем, имеющих противоречивые целевые функции.

Особую сложность при управлении современными инфраструктурами человеческой деятельности (атомными станциями, системами противоракетной обороны, мощными распределенными энергетическими и аэрокосмическими системами) формирует их неотъемлемое свойство – критичность, то есть способность при возникновении незначительных сбоев переходить в поглощающее состояние, сопровождающиеся авариями в большинстве случаев носящих характер катастроф. Дополнительную сложность при принятии решений в данной предметной области формируют как директивные требования к оперативному управлению, так и существенный дефицит априорной информации о взаимосвязи характеристик огромного числа используемых компонентов: подсистем, встраиваемых модулей, как автоматических, так и автоматизированных – основанных на процессах поддержки принятия решений посредством диалоговых взаимодействий с ЛПР. Кроме того, потребность в вычислительных ресурсах нестационарна и зависит от складывающейся информационной ситуации. Таким образом, задача обеспечения эффективного управления ресурсами при критическом инфраструктурном взаимодействии в условиях неопределенности актуальна, в частности, при обеспечении показателей качества функционирования сервис-ориентированных систем при реинжиниринге ИТ-сервисов г. Севастополя.

В рамках гранта РФФИ №14-41-01522 было предложено формальное описание распределенной критической инфраструктуры (РКИ) в качестве динамической системы (рисунок 1), которое можно принять как базовую модель распределения ресурсов в сервис-ориентированных инфраструктурах. Рассматриваемая динамическая система функционирует на основе управлений $u_i \in U$, компенсирующих возмущающее воздействие и обеспечивающих требуемую фазовую траекторию Ξ , связанную с пребыванием РКИ в работоспособных состояниях S : $S_1(t)$, $S_2(t+1)$, ..., $S_n(t+n)$, при безусловном выполнении целевого ограничения $P_{\Pi}(t) \equiv 0$, $\forall i = \{1, 2, \dots, |\bar{S}|\}$, где $P_{\Pi}(t)$ – вероятность перехода из состояния S_i в S_{Π} ; $S_i \in S$, $S \cap S_{\Pi} = \emptyset$; S_{Π} – поглощающее состояние РКИ. Множество параметров TrD описывает директивные требования, базовым из них является определенный регламентом срок $t_{ДИР}$, до которого следует выработать u_i . Нарушение директивных требований может привести к переходу РКИ в поглощающее состояние, сопровождающееся человеческими жертвами, техногенными катастрофами и существенным материальным ущербом.

Целью функционирования информационно-управляющей системы (ИУС) является синтез управлений u_i . Необходимо отметить, что для выработки u_i необходимо обработать множество всех информационно-вычислительных работ (ИВР) в директивный срок. Каждая из этих работ имеет сложную структуру, которую в общем случае можно задать графом $G_b(t)$, множество дуг которого $\Gamma_b(t) = \bigcup_a g_{b,a}(t)$, где $g_{b,a}(t)$ – дуга

⁶ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 14-47-01047).

графа $G_b(t)$, соответствующая а-ому заданию b-ой работы $IVR(t)$. Таким образом, элементы множества $IVR(t)$ отображаются в элементы множества $G(t) = \bigcup_b G_b(t)$. Подробнее структурно-иерархические уровни ИВР изображены на рисунке 2.

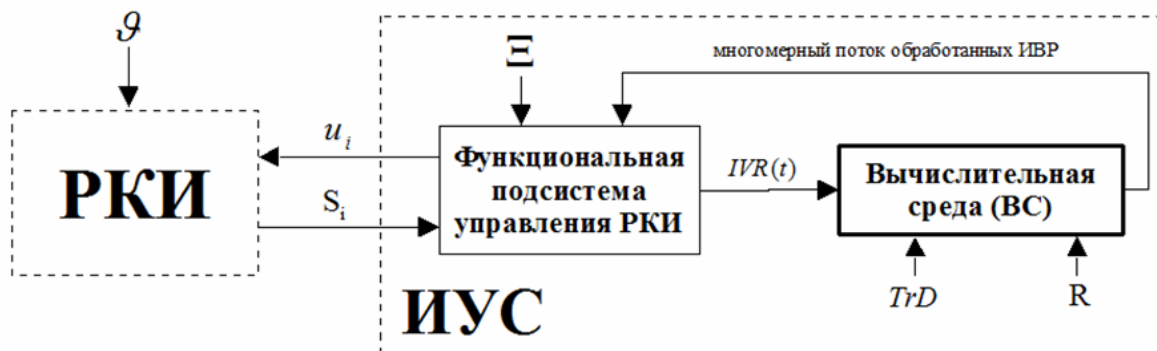


Рисунок 1 — Инфологическая структура концепции поддержки принятия управленческих решений

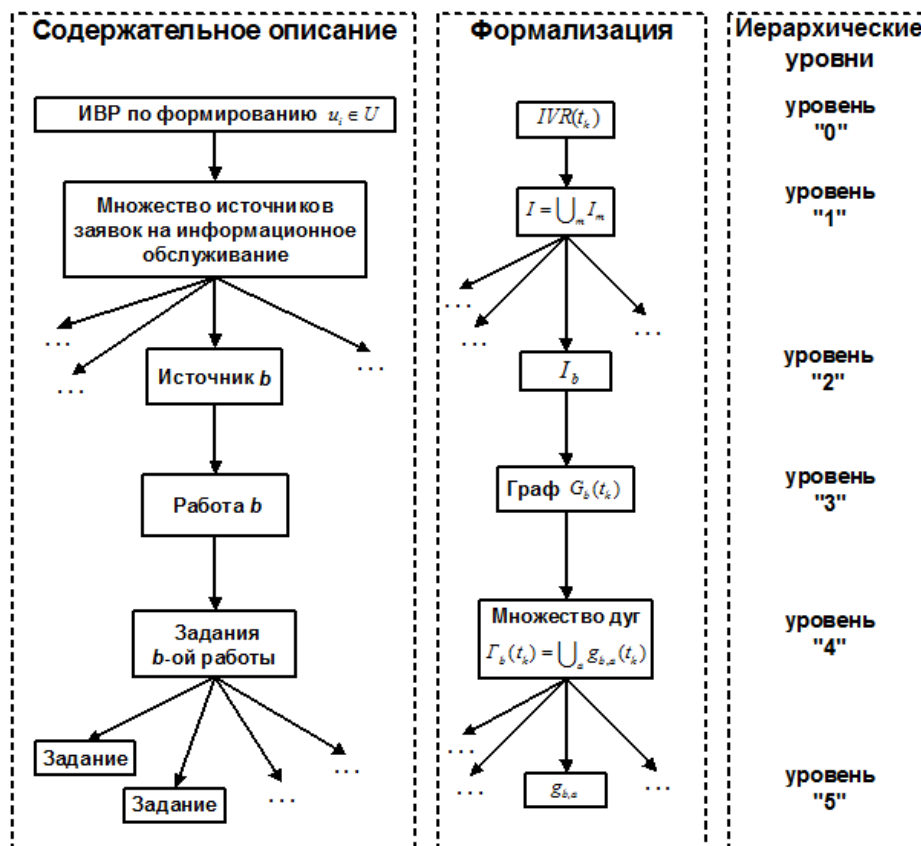


Рисунок 2 — Структурно-иерархические уровни ИВР.

Причем, $G(t_k) = \bigcup_b G_b(t_k)$ — множество графов всех незавершенных ИВР; где $G_b(t_k)$ — граф b-ой ИВР; $\Gamma_b(t_k) = \bigcup_a g_{b,a}(t_k)$ — множество дуг b-ой ИВР (задания); $g_{b,a}(t_k)$ — дуга, соответствующая а-ому заданию b-ой ИВР. Для обеспечения терминальной готовности РКИ (свойство ИУС до срока $t_{дир}$ выработать u_i) следует в моменты $T_{pp} = \bigcup_i t_i$, $t_i \in [0; T]$ эффективно перераспределять ресурсы ИУС, то есть $t_{\phi}^k(s) = t_k + \max_{j \in J} (ov_j(s, t_k))$, где $t_{\phi}^k(s)$ — момент окончания выполнения множества работ по формированию u_i при s-ом варианте распределения ресурсов, установленном в момент времени $t_k \in T_{pp}$; $ov(s, t_k)$ — вектор остаточных длительностей выполнения работ по формированию u_i при выборе s-ого варианта распределения ресурсов в момент t_k ; $J = \{1, 2, \dots, |IVR|\}$. Ограничения на максимальный объем вычислительных ресурсов, доступных в

моменти T_{pp} , задаються матрицею R . Її столбцы соответствуют типам ресурсов, а строки – ресурсным ограничениям для $\forall t_i \in T_{pp}$.

Формально задачу управления вычислительными ресурсами распределенных критических инфраструктур можно сформулировать следующим образом. Пусть дан критериальный функционал $K(t_k, m(t_k), X_z^{K,U}, q_k) \rightarrow \text{extr}_{q_k \in VR(t_k)}$. Необходимо для всех $t_k \in [0; T_{pp}]$ найти такие $q_k \in VR(t_k)$, которые обеспечивают экстремум K при выполнении динамически изменяющихся ресурсных ограничений $\forall z: 1, 2, \dots, N: \left(\sum_K \sum_U X_z^{K,U}(t_k) \leq r_{k,z} \right)$, условий корректности $\bar{G}(t_k) \in G_0$, $D(t_k) \in D_0$ и $q_k = q_k(t_k, \bar{G}(t_k), D(t_k), R, m(t_k))$, где t_k – k -ый момент времени принятия решений о распределении ресурсов; $q_k \in VR(t_k)$ – q_k -ый вариант распределения ресурсов; $VR(t_k)$ – множество допустимых вариантов распределения ресурсов; $t_{\phi}^k(q_k)$ – моменты окончания выполнения IVR , оцениваемые в k -ый момент времени при q_k -ом варианте распределения ресурсов; $\bar{G}(t_k)$ – граф незавершенных работ в интервале $[t_k; t_{\text{ПОГ}}]$; $D(t_k)$ – граф структуры вычислительной среды, доступной в t_k ; $m(t_k)$ – используемая модель терминального распределения вычислительных ресурсов.

В соответствии с тем, что задача терминального распределения ресурсов является NP-сложной задачей нелинейного программирования, то для ее аналитического точного решения разработаны методы, основанные на переборе вариантов. Следовательно, область применения аналитических моделей – регулярные структуры графов информационно-вычислительных работ и вычислительные среды относительно малой размерности.

Принимая во внимание все вышесказанное, вопрос об алгоритмической разрешимости задачи терминального распределения ресурсов становится актуальным. Попытки решения этой задачи ведут к разработке специализированных информационных технологий [1, 2], которые способны парировать дефицит априорной информации на основе адаптивного подхода к поиску функциональных моделей диспетчеризации при асимптотической минимизации многоверсионной оценки потерь и кластеризации факторного пространства информационных ситуаций в реальном масштабе времени. Для интеграции предлагаемых информационных технологий была построена информационно-логическая модель поиска эффективных решений по терминальному распределению ресурсов, которая основана на основной триаде системного подхода: цель, функции, структура. Соответственно цель определяется совокупностью целевых назначений, каждой подфункции соответствует информационная технология, и в результате мы получаем структурную единицу. Появляется возможность организовать поисковую процедуру $vr(t_k) = \Psi \{ AMTP \vee \Omega \{ Z \}, t_k \in T_{pp} \}$, $Z = (\bar{G}(t_k), D(t_k), R, i, P_0 \{ c, InfS(t_k), \chi \}, \zeta)$, где Ψ – оператор выбора ЛПР варианта терминального распределения вычислительных ресурсов ИУС; Ω – оператор формирования эффективных вариантов распределения ресурсов, полученных на основе функциональной модели, выбранной адаптивно из РР-комплекса; i – индекс выбранной функциональной модели по терминальному распределению вычислительных ресурсов; P_0 – оператор формирования вектора начального предпочтения; КР-комплекс – многоверсионный блок модулей принятия компромиссных решений между точностью и реактивностью при коррекции вектора начальных предпочтений; c – индекс, соответствующий версии модуля, выбранного ЛПР из КР-комплекса; $InfS(t_k)$ – результат идентификации, который задает класс информационной ситуации, складывающейся в момент времени t_k ; χ, ζ – управляющие параметры адаптивного выбора.

Целевым назначением реализованного программно-диалогового комплекса поддержки принятия решений (ПДК ППР) является обеспечение высокой терминальной готовности РКИ при принятии диспетчерских решений в реальном масштабе времени. Структура обеспечивает поддержку следующих базовых функций: сбор и обработка априорной информации о структуре графов и элементах матрицы R ; идентификация информационной ситуации при использовании модели IS ; адаптивный выбор модели из РР-комплекса; коррекция вектора начальных предпочтений на основе многоверсионного КР-комплекса; интерфейс взаимодействия с ЛПР для реализации типовых сценариев с целью получения подмножества эффективных решений.

В ПДК ППР предусмотрено несколько сценариев взаимодействия, которые выбираются в соответствии с решаемыми функциональными задачами. Кроме того, предусмотрена возможность адаптировать процесс поддержки принятия решений с учетом уровня квалификации ЛПР. Первоначально предусмотрен режим обучения (с последующим тестированием) в результате которого ЛПР получает необходимые навыки работы, повышая свой квалификационный уровень.

Заключение. Предложена информационно-логическая модель поиска эффективных решений по распределению вычислительных ресурсов в сервис-ориентированных системах, которая основана на динамических графовых структурах, процедурах идентификации информационных ситуаций, версионно-

модельной избыточности, а также адаптивном выборе функциональных моделей, что в совокупности, в интерактивном режиме обеспечивает высокую готовность сервис-ориентированных систем.

Планируется использовать полученные результаты при формировании методологии анализа, моделирования и поддержки принятия решений по управлению процессами обеспечения требуемого уровня показателей качества сервисов, информационной безопасности при заданном уровне информационно-вычислительных ресурсов. Реализованный ПДК ППР будет интегрирован в систему поддержки принятия решения по реинжинирингу ИТ-подразделений сервис-ориентированных систем.

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. Воронин Д.Ю., Скатков А.В., Харченко В.С. Технологии Web, Grid, Cloud для гарантоспособных ИТ-инфраструктур / Технологии Web, Grid, Cloud для гарантоспособных ИТ-инфраструктур: Монография / Под ред. В.С. Харченко, А.В. Горбенко. — Харьков: Изд-во ХАИ, 2013. — 868 с.: табл. 119, ил. 323, библиограф. 321 назв. ISBN 978 — 966 — 662 — 307 — 5.
3. Скатков А.В. Информационные технологии для критических инфраструктур: моногр. / Под ред. А.В. Скаткова — Севастополь: СевНТУ, 2012. — 306 с.
4. Скатков А.В. Обеспечение гарантоспособности распределенной вычислительной системы на основе моделей диспетчеризации / А.В. Скатков, Д.Ю. Воронин // Радиоэлектронные и компьютерные системы. — 2009. — №5 (39). — С. 31 — 38.
5. Воронин Д.Ю. Оперативная диспетчеризация в распределенных вычислительных системах на основе нейросетевых моделей / Д.Ю. Воронин // Радиоэлектронные и компьютерные системы. — 2010. — №6 (47). — С. 73 — 77.
6. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 / Ю.Г. Карпов. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 400 с.

Voronin D.Y., Skatkov I.A., Kobylanskaya M.S. Resource allocation models in service-oriented systems and infrastructures

The actual problem of quality management in service-oriented systems is considered. In this paper resource allocation models are proposed. They are focused on the support of decision-making concerning the audit of IT-services and the evaluation of IT-resource amount needed for critical service-oriented systems. The developed real-time tool allows to provide the required level of informational QoS for IT-processes.

Key words: resource allocation, IT-services, IT-processes, audit, lack of a priori information, decision support, evaluation of critical events, critical infrastructure.

УДК 681.5

Е.А. Байздренко

А.Е. Безуглая, доц., канд. техн. наук

Е.А. Шушляпин, профессор, д-р. техн. наук

Севастопольский национальный технический университет

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

E-mail: baizdrenko@gmail.com

ПОСТРОЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ РЕЛЕЙНЫХ УПРАВЛЕНИЙ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ФУРЬЕ-АППРОКСИМАЦИИ ПЕРЕХОДНЫХ ФУНКЦИЙ

Работа посвящена задаче определения моментов переключения ограниченных релейных управлений для нелинейных систем, обеспечивающих достижение состояний системы, близких к состояниям, получаемым под воздействием ограниченных в тех же пределах управлений произвольной формы.

Ключевые слова: релейное управление, эквивалентное управление, замена управления

Введение. Актуальность задачи построения релейных управлений для линейных и нелинейных систем объясняется большей простотой физической реализации таких управлений, по сравнению с управлениями произвольной формы. При этом наиболее широко используемые методы расчета управляющих воздействий дают управления, которые имеют непрерывный или смешанный вид.

Таким образом, возникает задача преобразования ограниченного управляющего сигнала произвольной формы (далее будем называть его эталонным сигналом или управлением) в релейный