

УДК 004.45:004.94

Д.Ю. Воронин, ст. преподаватель, канд. техн. наук,**А.В. Скатков, профессор, д-р техн. наук***Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская 33, СевНТУ, Севастополь, Украина, 99053**E-mail: dima@voronins.com***АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУР ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ ПРИ МОНИТОРИНГЕ КРИТИЧЕСКИХ ИТ-ИНФРАСТРУКТУР**

Предложены информационные технологии, ориентированные на поддержку принятия решений по терминальному распределению вычислительных ресурсов при мониторинге критических ИТ-инфраструктур. Квалиметрия моделей автоматизации мониторинга технического мега-состояния критических ИТ-инфраструктур проводилась на основе понятия терминальная готовность. Разработанный программно-диалоговый комплекс позволяет в реальном масштабе времени обеспечить высокую терминальную готовность при мониторинге критических ИТ-инфраструктур.

Ключевые слова: критическая инфраструктура, терминальное распределение вычислительных ресурсов, мониторинг.

Среда обитания и жизнедеятельности современного социума содержит в себе в качестве необходимых элементов инфраструктуры транспортные, аэрокосмические и энергетические системы (в том числе АЭС). Эти объекты являются критическими, то есть незначительные сбои при их функционировании могут привести к авариям в большинстве случаев носящих характер катастроф. Процессы принятия решений в критических инфраструктурах сопряжены с необходимостью обработки больших объемов информации в режиме реального времени при использовании распределенных критических ИТ-инфраструктур (ИТ-КИ). Таким образом, от качества функционирования ИТ-КИ во многом зависит гарантоспособность критической инфраструктуры в целом. В силу ее распределенности информационная ситуация весьма нестационарна и требует постоянного мониторинга для применения превентивных мер по обеспечению гарантоспособности объектов критического применения. Таким образом, задача терминального распределения вычислительных ресурсов при мониторинге критических ИТ-инфраструктур на основе информационных технологий актуальна.

Целью статьи является повышение эффективности распределения вычислительных ресурсов при мониторинге критических ИТ-инфраструктур.

Формализация проблемы организации мониторинга распределенной критической ИТ-инфраструктуры. Формально ИТ-КИ можно описать в качестве динамической системы (рисунок 1), функционирующей на основе управлений

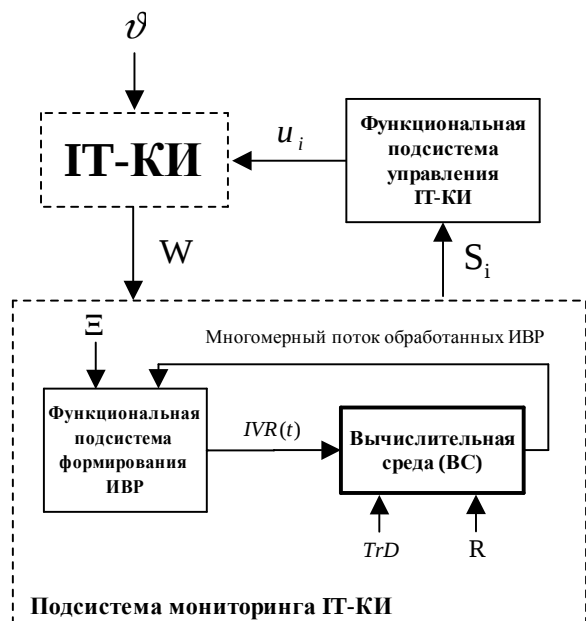
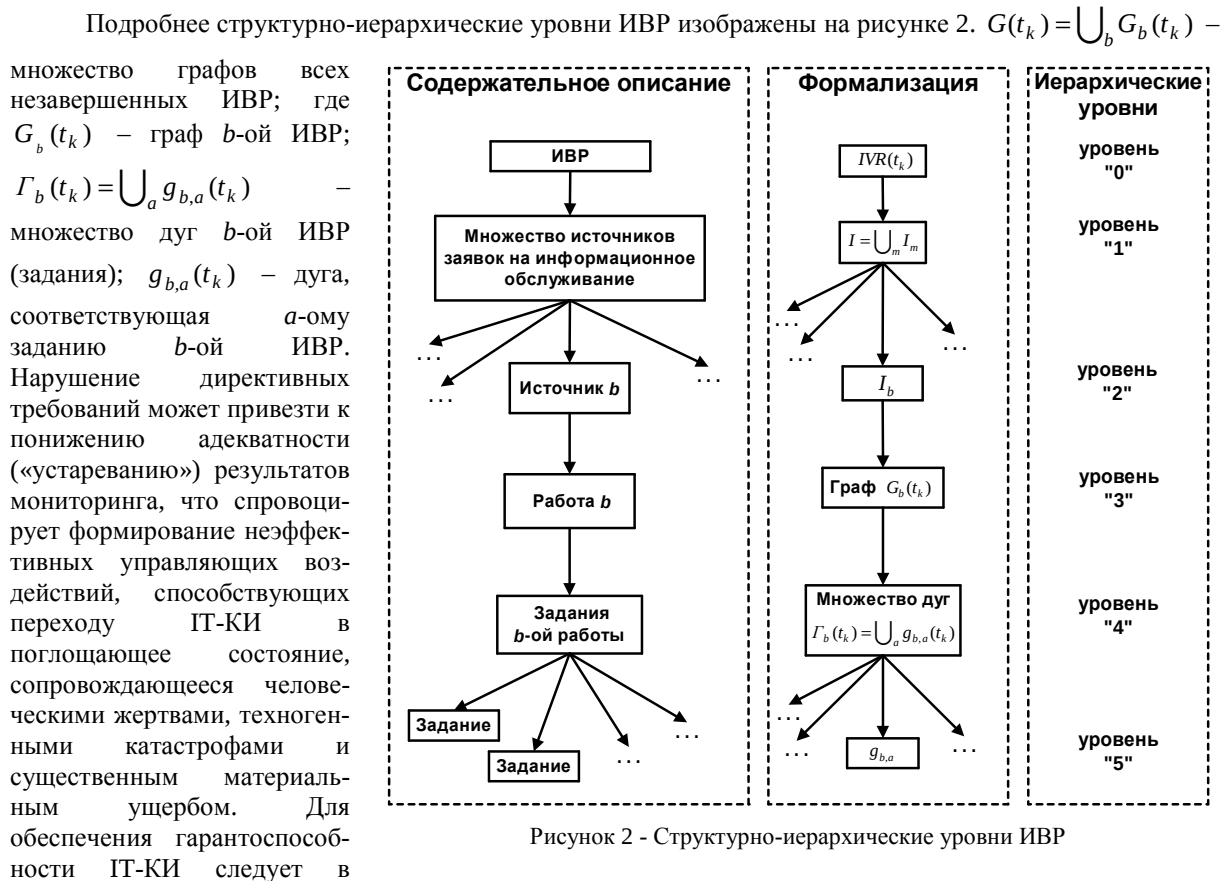


Рисунок 1 - Функционально-структурная схема информационного взаимодействия ИТ-КИ с подсистемами мониторинга и управления

у_i ∈ U, компенсирующих возмущающее воздействие ϑ и обеспечивающих требуемую фазовую траекторию Ξ , связанную с пребыванием ИТ-КИ в работоспособных состояниях S: S₁(t), S₂(t+1), ..., S_n(t+n), при безусловном выполнении целевого ограничения $P_{\Pi}(t) \equiv 0, \forall i = \{1, 2, \dots, |S|\}$, где P_Π(t) – вероятность перехода из состояния S_i в S_Π; S_i ∈ S, S ∩ S_Π = ∅; S_Π – поглощающее состояние ИТ-КИ. Формирование управлений u_i ∈ U происходит, в том числе, в соответствии с текущим состоянием ИТ-КИ, определенным подсистемой мониторинга на основании выполнения множества информационно-вычислительных работ по обработке кортежа отслеживаемых параметров W.

Множество параметров TrD описывает директивные требования к подсистеме мониторинга ИТ-КИ, базовым из них является определенный регламентом срок t_{дир}, до которого следует обработать множество всех

ИВР. 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 графа $G_b(t)$, соответствующая а-тому заданию b-ой работы ИВР(t). Таким образом, элементы множества ИВР(t) отображаются в элементы множества $G(t) = \bigcup_b G_b(t)$.



моменты $T_{pp} = \bigcup_i t_i$, $t_i \in [0; T]$ эффективно перераспределять вычислительных ресурсы, 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 ИВР при s-ом

варианте распределения ресурсов, установленном в момент времени $t_k \in T_{pp}$; $ov(s, t_k)$ – вектор остаточных длительностей выполнения ИВР при выборе s-ого варианта распределения ресурсов в момент

t_k ; $J = \{1, 2, \dots, |\overline{IVR}|\}$. Ограничения на максимальный объем вычислительных ресурсов, доступных в

моменты T_{pp} , задаются матрицей R. Ее столбцы соответствуют типам ресурсов, а строки – ресурсным ограничениям для $\forall t_i \in T_{pp}$. Формально задачу управления вычислительными ресурсами при мониторинге

критических ИТ-инфраструктур можно сформулировать следующим образом. Пусть дан критериальный функционал $K(t_k, m(t_k), X_z^{K,U}, q_k) \rightarrow \text{extr}$. 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 ИВР, оцениваемые в k-ый

момент времени при q_k -ом варианте распределения ресурсов; $\bar{G}(t_k)$ – граф незавершенных работ в

інтервалі $[t_k; t_{\text{ПОГ}}]$; $D(t_k)$ – граф структури вычислительной среды, доступной в t_k ; $m(t_k)$ – используемая модель терминального распределения вычислительных ресурсов.

Квалиметрия моделей автоматизации мониторинга технического мега-состояния критических ИТ-инфраструктур. Таким образом, к ресурсному обеспечению ИТ-инфраструктур предъявляются повышенные требования, что обусловлено особыми функциональными свойствами ИТ-КИ: управление обеспечивает траекторию в работоспособных состояниях, наличие поглощающего состояния, критичность, режим реального времени, нестационарность, недостаток априорной информации. Возникает конфликт между дефицитом вычислительных ресурсов и весьма сжатыми директивными сроками выполнения заданного множества информационно-вычислительных работ.

В [1] проведен аналитический обзор современных достижений в области квалиметрии моделей мониторинга. Актуальной остается проблема оценки качества моделей автоматизации мониторинга технического мега-состояния критических ИТ-инфраструктур. Предлагается ее решить на основе понятия терминальная готовность. В теории массового обслуживания при построении моделей технических систем широко используется понятие – коэффициент готовности, т.е. готовность системы принять заявку на обслуживание. Но для рассматриваемой проблемы важно не только начать выполнение информационно-вычислительной работы, но и окончить ее выполнение в установленный директивный срок, т.е., под терминальной готовностью понимают свойство модели автоматизации мониторинга технического мега-состояния критических ИТ-инфраструктур, заключающее в обработке всех ИВР в установленный регламентом срок.

Диаграмма динамики ИТ-КИ и временная эпюра такта управления показаны на рисунке 3. Здесь t_n – возникновение запроса на выполнение ИВР; t_p – начало выполнения ИВР; $t_\phi(I)$ – окончание выполнения всех ИВР при доминирующем варианте распределения вычислительных ресурсов ИТ-КИ; $t_\phi(II)$ – окончание выполнения ИВР при допустимом варианте распределения ресурсов; $t_{\text{ДИР}}$ – директивное время окончания выполнения всех ИВР; $t_\phi(III)$ – окончание выполнения ИВР при нарушении директивного срока; $t_{\text{ПОГ}}$ – момент времени, после которого $P_{i\Pi}(t_k) \neq 0$; $\Delta t_\phi(I)$ – резерв времени, характеризующий терминальную готовность при доминирующем варианте распределения ресурсов; $\Delta t_\phi(II)$ – резерв времени, характеризующий терминальную готовность при допустимом варианте распределения ресурсов; $\Delta t_{\text{ДИР}}$ – резерв времени для обеспечения терминальной готовности; $\Delta t_\phi(III)$ – дополнительный резерв времени для предотвращения $P_{i\Pi}(t_k) \neq 0$; $\Delta t_{\text{ПОГ}}$ – резерв времени для обеспечения критической готовности.

Очевидно, что квалиметрия моделей автоматизации мониторинга технического мега-состояния критических ИТ-инфраструктур требует дополнения качественного понятия терминальная готовность количественными оценками. Для этой цели введены коэффициенты терминальной и критической готовности, которые соответствуют потенциальной способности окончить выполнение множества всех информационно-вычислительных работ в директивный срок. Эти коэффициенты ($K_{\text{ТГ}}$ и $K_{\text{КГ}}$) могут быть использованы для оценки различных вариантов распределения вычислительных ресурсов с точки зрения обеспечения терминальной готовности модели автоматизации мониторинга ИТ-КИ. Область изменения $K_{\text{ТГ}}$ и $K_{\text{КГ}}$ – от нуля до единицы, для наилучшего случая – единица. Если

$$\left[(t_{\text{ДИР}} - t_\phi^k(s)) = \max_{h \in \text{VR}(t_k)} (t_{\text{ДИР}} - t_\phi^k(h)) \right], \quad \text{то полагаем, что} \quad K_{\text{ТГ}}(t_\phi^k(s)) = 1, \quad \text{иначе}$$

$$K_{\text{ТГ}}(t_\phi^k(s)) = \frac{t_{\text{ДИР}} - t_\phi^k(s)}{\max_{h \in \text{VR}(t_k)} (t_{\text{ДИР}} - t_\phi^k(h))}, \quad \text{где } \text{VR}(t_k) - \text{множество допустимых вариантов распределения}$$

$$\text{ресурсов в момент времени } t_k \in T_{pp}. \quad \text{Аналогично, если} \quad \left[(t_{\text{ПОГ}} - t_\phi^k(s)) = \max_{h \in \text{VR}(t_k)} (t_{\text{ПОГ}} - t_\phi^k(h)) \right], \quad \text{то}$$

$$K_{\text{КГ}}(t_\phi^k(s)) = 1, \quad \text{иначе} \quad K_{\text{КГ}}(t_\phi^k(s)) = \frac{t_{\text{ПОГ}} - t_\phi^k(s)}{\max_{h \in \text{VR}(t_k)} (t_{\text{ПОГ}} - t_\phi^k(h))}, \quad \text{где } t_{\text{ПОГ}} - \text{момент времени, после которого ИТ-}$$

КИ может перейти в S_{Π} из-за несвоевременного выполнения множества ИВР. Таким образом, $K_{\text{ТГ}}$ определен для случая $t_\phi^k(s) \leq t_{\text{ДИР}}$, а $K_{\text{КГ}}$ – для $t_{\text{ДИР}} < t_\phi^k(s) < t_{\text{ПОГ}}$.

С учетом вышеизложенного, формализация проблемы организации мониторинга распределенной критической ИТ-инфраструктуры имеет следующий вид: необходимо для всех $t_k \in [0; T_{pp}]$ найти такие $vr(t_k) \in VR(t_k)$, что

$$K(vr(t_k)) = \begin{cases} \max_{q_k \in VR(t_k)} \{K_{\text{ТГ}}[t_{\Phi}^k(q_k)]\}, & \text{при } t_{\Phi}^k(vr(t_k)) \leq t_{\text{ДИР}}; \\ \max_{q_k \in VR(t_k)} \{K_{\text{КТ}}[t_{\Phi}^k(q_k)]\}, & \text{при } t_{\text{ДИР}} < t_{\Phi}^k(vr(t_k)) < t_{\text{ПОГ}}. \end{cases}$$

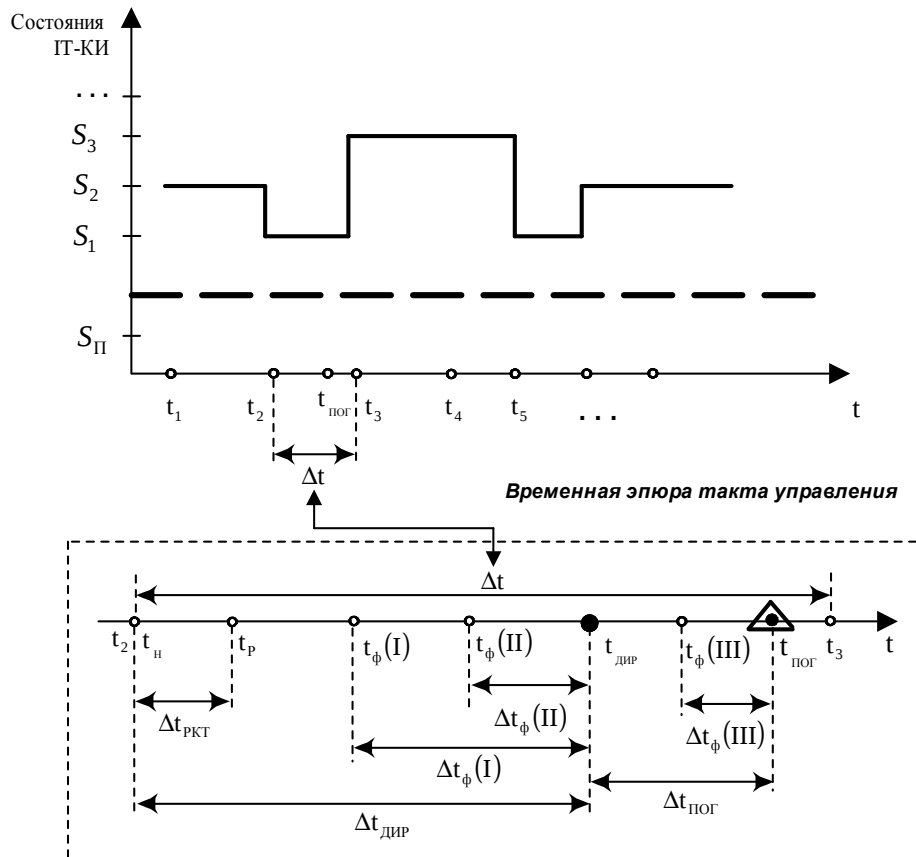


Рисунок 3 - Диаграмма динамики ИТ-КИ и временная эпюра такта управления

Информационные технологии терминального распределения вычислительных ресурсов при мониторинге критических ИТ-инфраструктур. Попытки решения поставленной выше задачи ведут к разработке специализированных информационных технологий, 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 [2 – 5].

Для интеграции предлагаемых информационных технологий была построена информационно-логическая модель поиска эффективных решений по терминальному распределению ресурсов (рисунок 4), 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

$$vr(t_k) = \Psi \left\{ AMTP \vee \Omega \left\{ \bar{G}(t_k), D(t_k), R, i, P_0 \{c, InfS(t_k), \chi\}, \zeta \right\}, t_k \in T_{pp} \right\},$$

где Ψ – оператор выбора ЛПР варианта терминального распределения вычислительных ресурсов ИТ-инфраструктуры; Ω – оператор формирования эффективных вариантов распределения ресурсов, полученных на основе функциональной модели, выбранной адаптивно из комплекса альтернативных моделей терминального распределения ресурсов (РР-комплекса); i – индекс выбранной функциональной модели по терминальному распределению вычислительных ресурсов; P_0 – оператор формирования вектора начального предпочтения; c – индекс, соответствующий версии модуля, выбранного ЛПР из КР-

комплекса (многоверсионного блока модулей принятия компромиссных решений между точностью и реактивностью при коррекции вектора начальных предпочтений); $InfS(t_k)$ – результат идентификации, который задает класс информационной ситуации, складывающейся в момент времени t_k ; χ, ζ – управляющие параметры адаптивного выбора.

При анализе эффективности предлагаемого подхода определялись изменения $K_{Т.Г.}$ или $K_{К.Г.}$ в зависимости от объема доступных ресурсов, момента принятия решений, конфигурации ИТ-КИ и структуры ее узлов.

Таким образом, предложены информационные технологии, ориентированные на поддержку принятия решений по терминальному распределению вычислительных ресурсов при мониторинге критических ИТ-инфраструктур. Квалиметрия моделей автоматизации мониторинга технического мега-состояния критических ИТ-инфраструктур проводилась на основе понятия терминальная готовность, с использованием коэффициентов терминальной и критической готовности. Предлагаемый подход, реализованный в рамках программно-диалоговый комплекса поддержки принятия решений по организации мониторинга ИТ-КИ, позволяет в реальном масштабе времени обеспечить высокую терминальную готовность моделей автоматизации мониторинга критических ИТ-инфраструктур. В качестве дальнейших направлений исследования планируется использовать предложенную информационно-логическую модель поиска эффективных решений по терминальному распределению вычислительных ресурсов при синтезе комплекса поддержки принятия оперативных решений по терминальной диспетчеризации вычислительных ресурсов ИТ-КИ, обслуживающих АЭС.

Библиографический список использованной литературы

1. Охтилев М.Ю. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов / М.Ю. Охтилев, Б.В. Соколов, Р.М. Юсупов. — М.: Наука, 2006. — 410 с.
2. Воронин Д.Ю. Сервис-ориентированная кластеризация оптимизационных задач в распределенных системах диагностики / Д.Ю. Воронин // Оптимизация производственных процессов: сб. науч. трудов. — Севастополь, 2010. — Вып 12. — С. 136–141.
3. Скатков А.В. Система поддержки принятия решений по выбору структуры системы мониторинга / А.В. Скатков, Д.Ю. Воронин, Д.Н. Данильчук // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. — 2008. — № 2 (74). — С. 10–14.
4. Скатков А.В. Управление ресурсами узла распределенной системы с использованием нейросетевой оптимизации / А.В. Скатков, Д.Ю. Воронин // Новые технологии. — 2007. — № 4 (18). — С. 63–65.
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. 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.

Поступила в редакцию 01.11.2011 г.

Воронін Д.Ю., Скатков О.В. Автоматизація процедур диспетчеризації під час моніторингу критичних ІТ-інфраструктур

Запропоновано інформаційні технології, орієнтовані на підтримку прийняття рішень щодо термінального розподілу обчислювальних ресурсів під час моніторингу критичних ІТ-інфраструктур. Квалиметрия моделей автоматизації моніторингу технічного мега-стану критичних ІТ-інфраструктур здійснювалася на основі поняття термінальної готовності. Розроблений програмно-діалоговий комплекс дозволяє в реальному масштабі часу забезпечити високу термінальну готовність під час моніторингу критичних ІТ-інфраструктур.

Ключові слова: критична інфраструктура, термінальний розподіл ресурсів, моніторинг.

Voronin D.Y., Skatkov A.V. Dispatch procedures automation for critical IT-Infrastructures monitoring

The paper is concerned with the information technologies that are decision-making oriented on the terminal resources allocation for critical IT-Infrastructures monitoring. Qualimetry of models that automate the technical mega-state monitoring of the critical IT-infrastructure was based on the concept of terminal availability. Developed interactive software system supports high terminal availability at the critical IT-infrastructure monitoring in real-time.

Keywords: critical infrastructures, terminal resource allocation, monitoring.