

УДК 519.8 + 004.052 + 004.78

**А. В. Скатков**, д-р техн. наук,  
**Д. Ю. Воронин**, канд. техн. наук,  
**С. А. Черномыз**

### **ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СЦЕНАРИЕВ УПРАВЛЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МОЩНОСТЬЮ ПРИ КРИТИЧЕСКИХ СОБЫТИЯХ**

*Рассмотрена задача синтеза системы поддержки принятия решений по управлению вычислительной мощностью критической ИТ-инфраструктуры в условиях возникновения инцидентов (критических событий). Предлагаемые информационные технологии позволяют при использовании функциональных сценариев сформировать стратегию принятия решений о перераспределении вычислительных ресурсов системы для обеспечения ее потенциала.*

**Ключевые слова:** критическое событие, управление, принятие решений, функциональный сценарий.

**A. V. Skatkov**, ScD.,  
**D. Ju. Voronin**, Ph.D.,  
**S. A. Chornomyz**

### **DECISION-MAKING SUPPORT BASED ON FUNCTIONAL SCENARIOS OF COMPUTATIONAL POWER MANAGEMENT IN CASE OF CRITICAL EVENTS**

*The problem of synthesis of a decision support system for managing computational power of critical IT-infrastructure in terms of incidents (critical events) has been considered. The proposed information technologies allow the system potential ensuring by forming reallocating resources strategy using functional scenarios*

**Keywords:** critical event, management, decision-making, functional scenario.

**О. В. Скатков**, д-р техн. наук,  
**Д. Ю. Воронін**, канд. техн. наук,  
**С. А. Черномыз**

### **ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СЦЕНАРІЇВ КЕРУВАННЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЮ ПОТУЖНІСТЮ ПРИ КРИТИЧНИХ ПОДІЯХ**

*Розглянуто задачу синтезу системи підтримки прийняття рішень з керування обчислювальною потужністю критичної ІТ-інфраструктури в умовах виникнення інцидентів (критичних подій). Запропоновані інформаційні технології дають змогу при використанні функціональних сценаріїв сформулювати стратегію прийняття рішень про перерозподіл обчислювальних ресурсів системи для забезпечення її потенціалу.*

**Ключові слова:** критична подія, керування, прийняття рішень, функціональний сценарій.

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. В настоящее время вопросам обеспечения функциональной безопасности критических инфраструктур (КИ) уделяется особое внимание [1].

Процессы принятия решений в КИ сопряжены с необходимостью в режиме реального времени обеспечить баланс между различными системами, имеющими противоречивые целевые функции. Таким образом, к результативности структуры КИ, целенаправленности ее функционирования и

© Скатков А.В., Воронин Д.Ю.,  
Черномыз С.А., 2012

рациональному взаимодействию ее элементов предъявляются повышенные требования. Известно [1–3], что управленческие решения по поддержке и обслуживанию КИ обеспечиваются критической ИТ-инфраструктурой (ИТ-КИ). Итак, в соответствии со сведениями ИТIL [2], эффективность функционирования КИ существенным образом зависит от соблюдения требований, предъявляемых к качеству обслуживания ИТ-сервисов, т.е. от непрерывности оказания ИТ-услуг и доступности вычислительных мощностей КИ при пиковых нагрузках и критических событиях (инцидентах). Критичность рассматриваемых объектов, нестационарность складывающихся информационных ситуаций, дефицит априорной информации и необходимость учета многопродуктовых потоков при комплементарном распределении ресурсов в

совокупности формируют актуальность рассматриваемой задачи, имеющей множество практических приложений.

Известно [3], что для обеспечения потенциала КИ необходимо при диспетчеризации ресурсов повышать взаимную комплементарность образующих ее систем. Однако полный баланс лишает КИ возможности развития (эволюции), так как любое изменение оперативной обстановки приведет к существенным трудностям ввиду отсутствия необходимых ресурсных резервов.

Таким образом, преодоление критических событий, связанных с влиянием внешней среды, при грамотном управлении может явиться новым «стимулом» к дальнейшему развитию КИ. То есть, адекватный ответ, рожденный в критической обстановке, может послужить не причиной затяжного кризиса, ведущего к ухудшению качественных и количественных характеристик КИ (удовлетворяющих функциональным требованиям), а к значительному повышению ее потенциала благодаря задействованию механизма инноваций и заимствования дополнительного ресурса извне.

Ввиду существенной сложности проблемы обеспечения потенциала КИ можно сделать вывод о том, что в рамках простых моделей адекватно отобразить многие дополнительные эффекты инфраструктурного взаимодействия критических систем практически не представляется возможным и, следовательно, формализация, представленная в [3], не всегда обладает достаточным уровнем детализации. Однако она может быть использована в качестве базовой, и, в силу прозрачности, открытости и простоты – развиваться и активно дополняться. В частности, одним из направлений повышения эффективности данной концепции является использование экспертных оценок наряду с формальными методами принятия решений, что потребует применения функциональных сценариев для организации управления деятельностью эксперта с точки зрения получения эффективного решения в директивный срок. Следовательно, развитие информационных технологий поддержки принятия решений по управлению вычислительной мощностью критической ИТ-инфраструктуры

в условиях возникновения инцидентов должно основываться на учете особенностей организации функционирования таких систем и формировании функциональных сценариев перераспределения вычислительных ресурсов системы для обеспечения ее потенциала.

**Целью работы** является синтез функциональных сценариев управления вычислительной мощностью, ориентированных на внедрение в систему поддержки принятия решений по обеспечению потенциала КИ.

Потенциал КИ – достижимый максимум эффективности функционирования КИ, который возможно обеспечить только при наилучшем варианте организации КИ и наиболее благоприятном характере взаимодействия ее структурных элементов [3]. Величина реализованного потенциала зависит от целенаправленности функционирования и взаимной согласованности всех систем КИ, рационального взаимодействия ее элементов и результативности структуры в целом. Очевидно, что отличительное свойство КИ – способность к эволюции – может способствовать обеспечению ее потенциала.

Различают комплементарные и некомплементарные, сбалансированные и несбалансированные КИ [3]. Две системы КИ являются комплементарными, если продукт, вырабатываемый  $i$ -й системой КИ, является ресурсом для синтеза продукта  $j$ -й системой (и наоборот). В качестве элементарного примера комплементарных систем можно указать на взаимодействие производственной и энергетической системы в региональных рамках. Для производства товаров необходима электроэнергия, которая оплачивается за счет средств, полученных от реализации данных товаров. При дефиците электроэнергии производственные мощности простаивают, за счет нарушения требований по комплементарной диспетчеризации потенциал КИ не достигается в полном объеме.

Очевидно, что для некомплементарных систем процедуры балансировки весьма ограничены. Задача обеспечения баланса в комплементарной КИ может быть сформулирована на основе принципов, сформулированных в [4]. Имеется  $k$  систем КИ, выпускающих разнотипные продукты объемом

$\omega_{i,r}$ , причем  $i, j = 1, \dots, k \cdot n$  – номер системы,  $r = 1, \dots, n$  – тип синтезируемого продукта. Так как КИ является комплементарной, то  $\forall i, j = 1, \dots, k \cdot n$  известны затраты  $c_{j,rp}$ , связанные с переработкой  $j$ -й системой единицы продукта  $r$ -го типа (ресурса, используемого при производстве продукта  $p$ -го типа).

Как правило, в некомплементарных КИ существуют системы, которые производят невостребованный продукт. Таким образом, для комплементарных КИ справедливо равенство, учитывающее отсутствие процессов синтеза невостребованного продукта:

$$\forall r = 1, \dots, n : \sum_j \sum_i \omega_{ij,r} = \sum_i \sum_j \omega_{ij,r} , \quad (1)$$

где  $\omega_{ij,r}$  – объем продукта  $r$ -го типа, поставляемого от  $i$ -ой системы для  $j$ -й.

Необходимо отметить, что синтезируемый продукт является не только предметом экспорта, но и обеспечивает функционирование и эволюционное развитие КИ. Выражение (2) учитывает, что объем продукта  $r$ -ого типа, потребляемый  $j$ -й системой является суммой величин  $z_{j,r}$  и  $e_{j,r}$  при отсутствии ограничения  $i \neq j$

$$(\forall i, j = 1, \dots, k \cdot n) \wedge (\forall r, p = 1, \dots, n) : \sum_i \omega_{ij,r} = z_{j,r} + e_{j,r} , \quad (2)$$

где  $\sum_i \omega_{ij,r}$  – объем продукта  $r$ -го типа, поставляемого для  $j$ -й системы;  $z_{j,r} = \sum_p m_{j,rp} \sum_k \omega_{jk,p}$  – объем внутреннего потребления продукта  $r$ -го типа для организации функционирования  $j$ -й системы;  $e_{j,r}$  – объем внутреннего потребления продукта  $r$ -ого типа для эволюционного развития  $j$ -й системы;  $m_{j,rp}$  – объем продукта  $r$ -го типа (ресурса), необходимого  $j$ -й системе для синтеза единицы продукта  $p$ -го типа.

Балансовое соотношение (2) учитывает функциональные особенности КИ и ее способность к эволюции.

Предлагаемая СППР по обеспечению потенциала КИ (структура изображена на рис. 1) ориентирована на решение проблем по трем основным взаимосвязанным направ-

лениям (анализ, управление и мониторинг КИ) и базируется на следующих аксиоматических положениях:

1. Формализация КИ требует иерархического уровня детализации ее функций и структуры;

2. Процессы моделирования в КИ требуют их диверсификации и квалиметрии;

3. Необходимо использование интегральных характеристик качества решения функциональных задач КИ, в качестве такой характеристики предлагается использовать «потенциал» как меру уровня многопродуктового баланса ресурсов и продуктов, которыми обмениваются системы в КИ, а также ценовыми соотношениями спросов и предложений;

4. Уровень взаимодействий системообразующих факторов в КИ определяет ее особую характеристику – уровень межсистемной комплементарности.

На рис. 1 использованы следующие обозначения:

*I* -блок – блок сбора и обработки априорной информации о функционировании КИ;

*Q* -блок – блок иерархической декомпозиции структуры КИ;

*A* -блок – блок диверсификации и квалиметрии моделей;

*J* -блок – блок увеличения скорости сходимости адаптивного выбора стратегии мониторинга КИ;

*L* -блок – блок адаптивного выбора стратегии мониторинга КИ;

*M* -блок – блок мониторинга технических мегасостояний КИ;

$\alpha$  -модель – модель апостериорной оценки уровня реализации потенциала одной из систем КИ;

*B* -блок – блок адаптивного выбора  $\alpha$  - модели;

*v* -модель – модель идентификации информационной ситуации, складывающейся в КИ;

*R* -блок – блок адаптивной настройки процесса распределения ресурсов (процедура управления КИ в условиях неопределенности);

*H* -блок – блок распределения ресурсов в условиях полной информации (процедура управления КИ);

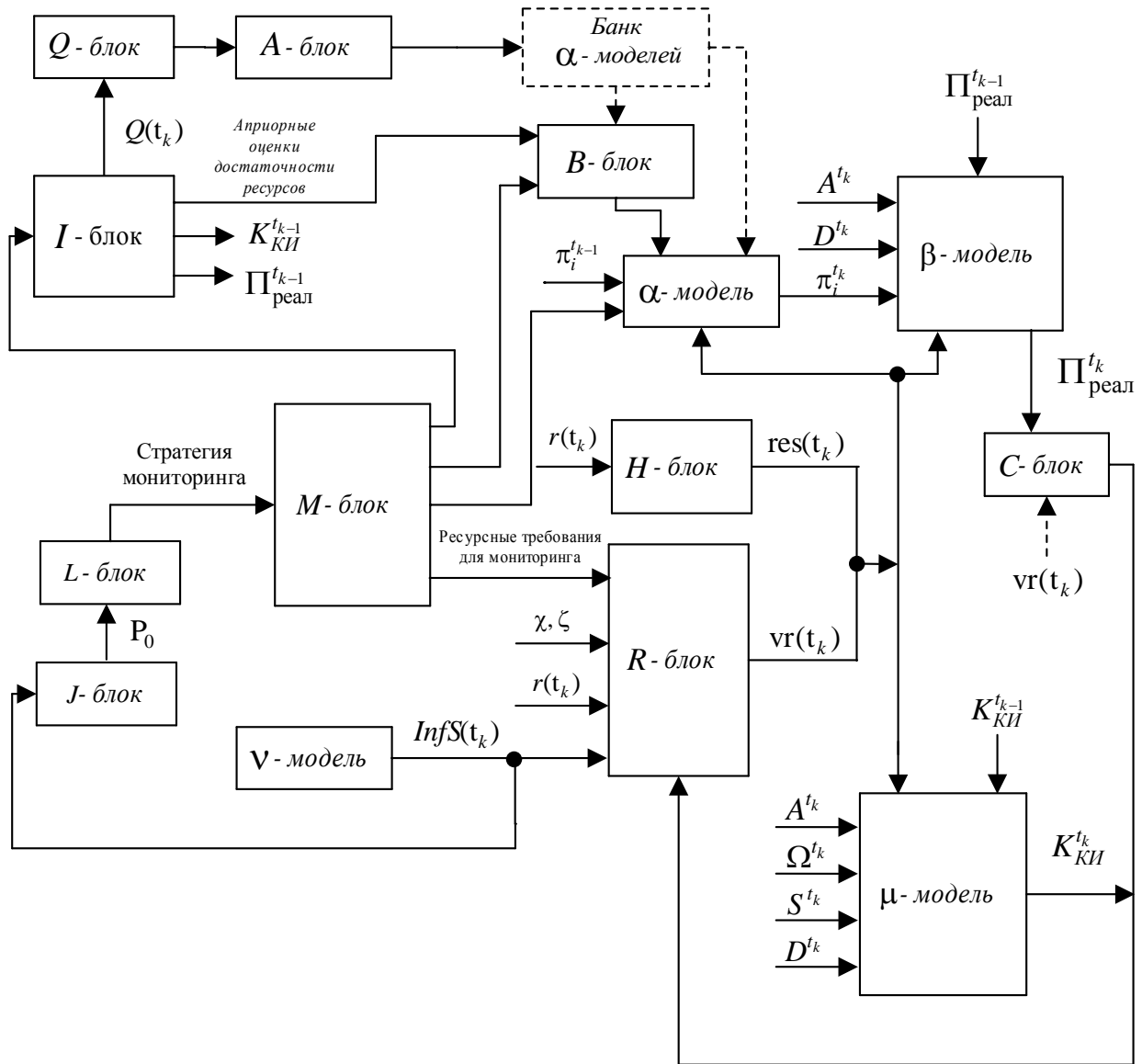


Рис. 1. Иерархическая структура ядра СППР по обеспечению потенциала КИ

$\beta$ -модель – модель апостериорной оценки уровня реализации потенциала КИ;

$\mu$ -модель – модель оценки апостериорного уровня межсистемной комплементарности в КИ;

C-блок – блок оценки функции потерь;

$A^{t_k} = \{a_1^{t_k}, a_2^{t_k}, a_3^{t_k} \dots a_n^{t_k}\}$  – вектор цен на продукты в КИ (здесь и далее верхний индекс сопоставлен идентификатору момента времени);

$a_i^{t_k} = \{\hat{a}_{i1}^{t_k}, \hat{a}_{i2}^{t_k}, \hat{a}_{i3}^{t_k} \dots \hat{a}_{im}^{t_k}\}$ ;  $\hat{a}_{ij}^{t_k}$  – цена в  $i$ -й системе КИ на продукт  $j$ -го типа;

$D^{t_k} = \{d_1^{t_k}, d_2^{t_k}, d_3^{t_k} \dots d_n^{t_k}\}$  – вектор спроса на продукты в КИ;

$d_i^{t_k} = \{\hat{d}_{i1}^{t_k}, \hat{d}_{i2}^{t_k}, \hat{d}_{i3}^{t_k} \dots \hat{d}_{im}^{t_k}\}$ ;  $\hat{d}_{ij}^{t_k}$  – спрос в  $i$ -й системе КИ на продукт  $j$ -го типа;

$\Omega^{t_k} = \{\omega_{11}^{t_k}, \omega_{12}^{t_k}, \omega_{13}^{t_k} \dots \omega_{mn}^{t_k}\}$  – потребность продукта в КИ;

$\omega_{ij}^{t_k} = \{\omega_{ij,1}^{t_k}, \omega_{ij,2}^{t_k}, \omega_{ij,3}^{t_k}, \dots, \omega_{ij,q}^{t_k}\}$ ;  $\omega_{ij,q}^{t_k}$  – объем продукта  $q$ -го типа, синтезированного  $i$ -й системой КИ и потребляемого  $j$ -й системой в момент времени  $t_k$ .

$S^{t_k} = \{s_{11}^{t_k}, s_{12}^{t_k}, s_{13}^{t_k} \dots s_{mn}^{t_k}\}$  – вектор затрат, связанных с переработкой ресурса в продукт в КИ;  $s_{rp}^{t_k} = \sum_i \sum_j c_{ij,rp}^{t_k} \omega_{ij,r}^{t_k}$ , где  $c_{ij,rp}^{t_k}$  – затраты, связанные с переработкой  $j$ -й системой единицы продукта  $r$ -го типа (полученного от

$i$ -й системы и используемого  $j$ -й при производстве продукта  $p$ -го типа).

$\pi_i^{t_{k-1}}$  – априорная оценка реализации потенциала  $i$ -й системы КИ;

$\pi_i^{t_k}$  – апостериорная оценка реализации потенциала  $i$ -й системы КИ;

$\Pi_{\text{реал}}^{t_{k-1}}$  – априорная оценка реализации потенциала КИ;

$\Pi_{\text{реал}}^{t_k}$  – апостериорная оценка реализации потенциала КИ;

$\text{res}(t_k)$  – вариант комплементарного распределения ресурсов КИ (в условиях полной информации);

$\text{vr}(t_k)$  – вариант комплементарного распределения ресурсов КИ (управление в условиях неопределенности).

На рис. 2 представлен базовый фрагмент сценария взаимодействия ЛПР с СППР в момент времени  $t_k$ .

*Информационные компоненты:*

И1. Входные данные для  $v$ -модели;

И2. Класс информационной ситуации;

И3. Оценка потерь в соответствии с выбранной версией модуля;

И4. Множество эффективных вариантов терминального распределения вычислительных ресурсов при использовании  $R$ -блока;

И5. Информационное и методическое обеспечение;

И6. Множество эффективных распределений вычислительных ресурсов при использовании  $H$ -блока;

*Управляющие команды:*

У1. На основе выбранного режима подготовить и сформировать входные данные для  $v$ -модели;

У2. Идентифицировать класс текущей информационной ситуации;

У3. Загрузить потери в соответствии с выбранной ЛПР версией модуля из  $C$ -блока;

У4. Получить множество эффективных вариантов терминального распределения вычислительных ресурсов при использовании  $R$ -блока;

У5. Загрузить информационное и методическое обеспечение  $H$ -блока;

У6. Получить множество эффективных вариантов терминального распределения вы-

числительных ресурсов при использовании  $H$ -блока;

У7. Подготовить соответствующую управляющую команду;

У8. Получить значение  $\Pi_{\text{реал}}^{t_k}$  для текущего варианта распределения вычислительных ресурсов.

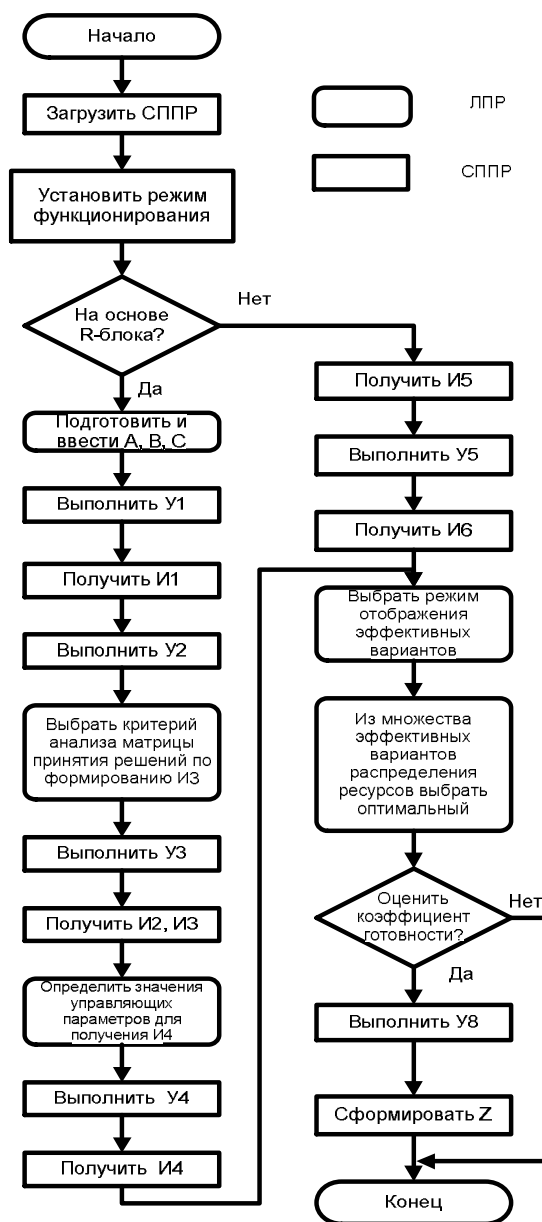


Рис. 2. Базовый фрагмент сценария взаимодействия ЛПР с СППР в момент  $t_k$

С целью решения задачи анализа КИ предложен метод иерархической декомпозиции, методика оценки «потенциала», метод оценки уровня комплементарности. Реализован банк моделей, ориентированных на оценку эффективности принимаемых управ-

ленческих решений, модель идентификации информационных ситуаций, а также процедуры управления, в условиях, как полной информации, так и неопределенности (при использовании адаптивного подхода). Решение задач мониторинга технических мегасостояний КИ потребовало квалиметрии мониторинга и процедур увеличения скорости сходимости адаптивного выбора стратегии. Целевым назначением системы поддержки принятия решений по максимизации потенциала КИ является представление ЛПП в реальном масштабе времени необходимой информации, используемой при принятии диспетчерских решений о комплементарном распределении ресурсов КИ.

Предлагаемая СППР позволяет получить информацию, необходимую для поддержки принятия решений о комплементарном распределении ресурсов КИ, обеспечивающем максимизацию ее потенциала.

#### Список использованной литературы

1. Харченко, В. С. Безопасность критических инфраструктур: математические и инженерные методы анализа и обеспечения: монография / В. С. Харченко [и др.] – Харьков : Изд-во ХАИ, 2011. – 641 с.

2. Бон, Ян Ван. ИТ Сервис-менеджмент, введение / Я. В. Бон, Г. Кеммерлинг, Д. Пондаман. – М. : IT Expert, 2003. – 215 с.

3. Скатков, А. В. Информационные технологии для критических инфраструктур: монография / А.В. Скатков [и др.] – Севастополь : Изд-во СевНТУ, 2012. – 306 с.

4. Леонтьев, В. В. Избранные произведения в 3т. Т. 1: Общеэкономические проблемы межотраслевого анализа / В. В. Леонтьев. – М. : Экономика, 2006. – 407 с.

Получено 07.07.2012

#### References

1. Kharcenko, V. S. Safety of Critical Infrastructures: Mathematical and Engineering Methods of Analysis and Ensuring / V. S. Kharcenko, [and others]. – Kharkov: Khai, 2011. – 641 p. [in Russian].

2. Bon, Jan Van. IT Service Management, the introduction / Bon, Jan Van, G. Kemmerling, D. Pondaman. – Moscow : IT Expert, 2003. – 215 p. [in Russian].

3. Skatkov, A. V. Information Technologies for Critical Infrastructures / A. V Skatkov, [and others. – Sevastopol : SevNtu, 2012. – 306 p. [in Russian].

4. Leontyev, V. Selected works in 3t. Volume 1: General economic input-output analysis of the problem / V. Leontyev. – Moscow : Economics, 2006. – 407 p. [in Russian].



Скатков Александр Владимирович, д.т.н., проф. каф. Кибернетики и вычислит. техники Севастопольского нац. техн. ун-та, т. (0692) 435-008



Воронин Дмитрий Юрьевич, к.т.н., ст. преп. каф. Кибернетики и вычислит. техники Севастопольского нац. техн. ун-та, e-mail: dima@voronins.com



Чорномыз Сергей Анатольевич, аспирант Запорожского ин-та Экономики и информ. технологий. Директор Керченского колледжа экономики и информ. технологий, e-mail: chor@bk.ru