

**Кузнецов Филипп Игоревич** – Южный федеральный университет; e-mail: kfi@yandex.ru; 347900, г. Таганрог, ул. Петровская, 81; тел.: 89515296293; кафедра микропроцессорных систем; аспирант.

**Kuznetsov Filipp Igorevich** – Southern Federal University; e-mail: kfi@yandex.ru; 81, Petrovskaya street, Taganrog, 347900, Russia; phone: +79515296293; the department of microprocessor systems; postgraduate student.

УДК 65.014.1

**В.А. Петраков**

### **СИСТЕМНЫЙ СИНТЕЗ РЕСУРСА УПРАВЛЕНИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫМ ПРОЕКТОМ**

*Проведена классификация проектов по индикаторам и исследованы ресурсы управления ими, в том числе для слабоструктурированного высокотехнологического проекта поставлена и решена задача системного синтеза управления из заданного класса допустимых ресурсов, принадлежащих нижней границе множества Парето, построенной на основе решения многокритериальной задачи оптимизации. Синтез профессиональных компетенций проведен с использованием кластерного анализа. Приведен алгоритм разбиения объектов на кластеры, включающий выбор их числа и записей, которые служат начальными центрами. Для каждой записи исходной выборки определяется ближайший к ней центр кластера. При этом записи, «притянутые» определенным центром образуют начальные кластеры. Вычисляются центроиды кластеров, центр кластера смещается в его центроид. На каждой итерации происходит изменение границ кластеров и смещение их центров. В результате минимизируется расстояние между элементами внутри кластеров. Остановка алгоритма производится, когда границы кластеров и расположения центроидов не перестанут изменяться.*

*Высокотехнологичный проект; управление; многокритериальность; множество Парето; социотехническая система; системный синтез; кластер; анализ; центроид; итерация; алгоритм.*

**V.A. Petrakov**

### **RESOURCE MANAGEMENT SYSTEM SYNTHESIS OF HIGH-TECH PROJECT**

*The idea of work is to provide management of a weakly-structured project as a design system of high-tech object and its resource in the form of professional competence by adapting their structure and properties to the demand characteristics of the design object. For this purpose, the classification of projects by indicators was carried out and their management resources were investigated, including posing of poorly structured high-tech project and solving the problem of system synthesis management of a given class of admissible resources, taking their values in the positive area belonging to the lower boundary of the Pareto set, built on the basis of solving of multiobjective optimization problem. The synthesis of professional competences is conducted with cluster analysis. The algorithm of object fragmentation including selection quality and elements which are initial centers is considered. The nearest center of cluster is defined for each element. The initial center is the element attracted definite center. The centroid of cluster is calculated, the center of cluster removes in the centroid. In conclusion the distance between elements into clusters is minimized. The break of algorithm is when the border of clusters and location of centroids do not alter.*

*High-tech project; management; multicriteriality; Pareto set; socio-technical system; synthesis system; cluster; analysis; centroid; iteration-tion; algorithm.*

В основе современных методов управления проектами лежат методики структуризации работ и сетевого планирования, разработанные в конце 50-х гг. XX в. В теории и практике проектирования, включая управление проектом, в основном рассматривается небольшое количество подходов, методов исследования и разработки задачи, зарекомендовавшие себя при управлении хорошо структурированными проектами. Назначение, содержание, характеристики и особенности высокотехнологичного проекта не структурированы на этапе выбора альтернатив и потому известные методы управления не в полной мере могут быть использованы для разработки эффективных алгоритмов принятия решений управления таким проектом. Высокотехнологичность проектов характеризуются, как правило, большой интеллектуальной емкостью принимаемых решений. Это особенно становится понятным при рассмотрении направлений исследований и проектирования техники и технологий, формируемых 6-м технологическим укладом, а именно: нано и биотехнологии, альтернативная энергетика, проектирование живого, новое природопользование, робототехника, новая медицина, проектирование будущего и управление им, технологии сборки и уничтожения социальных объектов и др. В этом случае девальвируется само понятие структурированности, а сам проект приобретает свойство альтернативности.

Поиск приемлемых альтернатив, по-видимому, следует ожидать в результате системного синтеза характеристик проекта и ресурса управления им, направленных на формирование конкурентных характеристик высокотехнологичного продукта/услуги. Это позволяет исследовать структуру управления проектом как социотехническую систему и, как следствие, применять при ее проектировании современные методы системного синтеза, в том числе, синтез профессиональных компетенций исполнителей. Таким образом, социотехническая система становится высокотехнологичным продуктом, при проектировании которого могут быть использованы методы технико-технологического и научно-образовательного форсайта. Разработка методов, моделей, алгоритмов и программ системного проектирования и управления сложными высокотехнологичными объектами, таким образом, становится актуальной задачей.

Идея работы заключается в представлении управления слабоструктурированным проектом, как системы проектирования высокотехнологичного объекта и его ресурса в виде профессиональных компетенций на основе адаптации их состава и свойств к востребованным обществом характеристикам объекта проектирования.

Проведем классификацию проектов по индикаторам и исследуем ресурсы их управления, в том числе:

1. Структурированный проект  $\Omega = \{D, x_0, V(x), f(x, v), s(x, v), Kz\delta, Tz\delta, C\}$ .

Здесь  $D$  – множество этапов выполнения проекта;  $x_0$  – первый этап;  $x_0 \in D$ ,  $V(x)$  – конечное множество набора действий в реализации отдельных этапов  $x$ ;  $f(x, v)$  – функция переходов. Из предыдущего этапа проект переходит в последующий под воздействием определенного набора действий  $v$  (технологии, инструмент, пакеты прикладных программ или выбором человеческого ресурса (количество) в состояние  $f(x, v)$ ),  $x \in D$ ,  $v \in V(x)$ ,  $f(x, v) \in D$ ;  $s(x, v)$  – функция платежа. При этом  $v \in V$  определяется из условий  $T(x, v) \leq Tz\delta, s(x, v) \in C$ ,  $K(x, v) \in Kz\delta$ , где  $Tz\delta, C, K(x, v)$  – заданные время, стоимость и содержание проекта.

2. Неструктурированный или слабоструктурированный проект  $\Omega^* = \{D; x_0; F; V(x), f(x, v), s(x, v)\}$ . Здесь  $D$  – множество состояний проекта;  $x_0$  – начальное состояние;  $F$  – множество конечных состояний,  $x_0 \in D$ ,  $x_0 \notin F$ ,  $F \subset D$ ;  $V(x)$  – конечное

множество возможных в состоянии  $x$  ресурсов (управления),  $x \in D \setminus F$ ;  $f(x, v)$  – функция переходов (из состояния  $x$  под воздействием управления  $v$  проект переходит в состояние  $f(x, v)$ ),  $x \in D \setminus F$ ,  $v \in V(x)$ ,  $f(x, v) \in D$ ;  $s(x, v)$  – функция платежа.

Проведенный анализ работ, затрагивающих вопросы постановки и решения указанных задач, показал следующее: разработаны и широко применяются при управлении проектами большое количество методов: метод критического пути CPM (Critical Path Method), PERT (Program Evaluation Review Technique), гибкая методология разработки (agiles of tware development), Agile Modeling, Agile Unified Process, Agile Data Method Rapid Application Development, RAD Feature Driven Development, Getting Real Open Unified Process, логико-структурный подход, метод PRINCE (Projects in Controlled Environments) и др. [1]. Все эти методы ориентированы на структурированные проекты, и применение их к управлению высокотехнологичными (слабоструктурированными) проектами вызывает определенные трудности и неоднозначности полученных алгоритмов и программ.

Классический, традиционный подход к управлению сложными системами, проектами и программами основывается на линейном представлении об их функционировании. Согласно этому представлению, результат внешнего управляющего воздействия есть однозначное и линейное, предсказуемое следствие приложенных усилий, что соответствует схеме: управляющее воздействие – желаемый результат. Чем больше вкладываешь энергии, тем больше будто бы и отдача. Однако оказывается, что многие усилия бывают тщетными, уходят в песок или даже приносят вред, если они противостоят собственным тенденциям саморазвития сложноорганизованных систем. Можно резонансно возбуждать правильные структуры в нелинейной среде, которые почти идеальны, близки к аттракторам эволюции.

Причем резонанс – это не привычное нам взаимное усиление параллельных воздействий, движений, колебаний, а эффективность малых, но топологически правильных воздействий. «Две опасности не перестанут угрожать миру: порядок и беспорядок» – это предупреждение, высказанное французским поэтом и мыслителем П. Валери в 1919 г., вряд ли когда-либо потеряет свою актуальность.

**Постановка задачи.** Для проекта  $\Omega^* = \{D; x_0; F; V(x), f(x, v), s(x, v)\}$ , где  $D$  – множество состояний проекта;  $x_0$  – начальное состояние;  $F$  – множество конечных состояний;  $V(x)$  – конечное множество возможных в состоянии  $x$  ресурсов;  $f(x, v)$  – функция переходов (из состояния  $x$  под воздействием управления  $v$  проект переходит в состояние  $F$ ;  $s(x, v)$  – функция платежа, определенным в области  $F(x(t), v(t)) \geq 0$  пространства вектора состояния  $x(x_1, x_2, \dots, x_n)$  и ресурса  $v(v_1, v_2, \dots, v_m)$ ,  $t \in [t_0, T]$ , найти управления из заданного класса допустимых ресурсов  $v$  для вектора  $v(v_1, v_2, \dots, v_m)$ , принимающего свои значения в области  $F \geq 0$  и принадлежащие нижней границе множества Парето, построенной на основе решения многокритериальной задачи оптимизации по критериям стоимости и времени исполнения проекта.

Рассмотрим процедуру синтеза стратегий управления в такой системе из условия достижения ею заданных свойств. Для выполнения проекта это соответствует выбору ресурса, который надо направить на проектирование с тем, чтобы достичь эффективных решений по совокупности основных свойств проекта.

Исследуемую задачу можно рассматривать как многокритериальную. Пусть процедура проектирования на одной из итераций проекта, процессы на которой можно считать непрерывными, описывается векторным дифференциальным уравнением

$$\dot{x} = f(x(t), v(t), t), \quad (1)$$

определенным в некоторой области  $N(x(t), v(t)) \geq 0$  пространства вектора состояния  $x(x_1, x_2, \dots, x_n)$  и ресурса управления  $v(v_1, v_2, \dots, v_m)$ ,  $t \in [t_0, T]$ .

Пусть задан класс допустимых ресурсов  $v$  для вектора  $v(v_1, v_2, \dots, v_m)$ , принимающего свои значения в области  $N \geq 0$ , а также задан векторный функционал

$$I(v) = F(x(t), v(t), t). \quad (2)$$

с компонентами

$$I_i(v) = F_i(x(t), v(t), t) \quad (i = 1, \dots, n). \quad (3)$$

Для вектора  $x(t)$  заданы концевые значения

$$x(t_0) = x_0, \quad x(T) = x_T,$$

где число  $T$  не является фиксированным.

Пусть на компоненты векторного функционала (3) наложены ограничения:

$$|I_i(v) - I_{i0}| \leq M_i \quad (i = 1, \dots, n),$$

где  $M_i \geq 0$  – заданные числа, а  $I_{i0}$  – оптимальные значения скалярных функционалов (3), определенные с помощью известных методов.

Предположим, что нижний участок поверхности (множество допустимых управлений, или область компромиссов), образованный концами не улучшаемых векторов, найден. Назовем его не улучшаемой поверхностью. Пусть  $K$  – множество точек этой поверхности.

Введем следующие утверждения:

1. Будем говорить, что проект на данной итерации реализуем в области допустимых компромиссов, если существуют такие ресурсы  $v^*(t) \in V$ , что

$$I(v^*) = (I_1(v^*), \dots, I_n(v^*)) \in X,$$

где

$$X = \{(I_1, \dots, I_n) : |I_i - I_{i0}| \leq M_i \quad (i = 1, \dots, n)\}.$$

2. Для того, чтобы выполнялось первое утверждение, необходимо и достаточно, чтобы

$$Y = K \cap X \neq \emptyset.$$

Множество  $V_0^* \subset V^*$  назовем областью оптимальных стратегий, если каждый элемент  $v_0^* \in V_0^*$  оптимизирует векторный функционал (2) в смысле

$$I(v_0^*) \in Y.$$

Рассмотрим частный случай сформулированной задачи.

Пусть векторный функционал  $I(v)$  есть функционал вида (2).

Пусть требуется минимизировать  $I_1(v)$  и максимизировать  $I_2(v)$ . Для нахождения точек не улучшаемой кривой поступим следующим образом. К граничным условиям задачи добавим условие  $I_2(v) = I_{2T}$ .  $I_{2T} \in [I_2^{(10)}, I_{20}]$  – заранее нефиксированное число. Решая теперь задачу минимизации  $I_1(v)$ , получим ресурсы  $\tilde{v}(t, I_{2T})$ , при которых точки  $(I_1(\tilde{v}), I_2(\tilde{v})) \in K$ . В простых случаях удается получить аналитическую зависимость  $I_1 = \varphi(I_2)$ . В более сложных необходимо применять компьютерные технологии. После нахождения множества  $K$  необходимо убедиться, что система

$$\begin{aligned} I_1 &= \varphi(I_2); \\ |I_i - I_{i0}| &\leq M_i \quad (i = 1, 2) \end{aligned}$$

совместна, т.е. проект реализуем на выделенной итерации в области допустимых компромиссов.

Изложенная процедура поиска ресурса управления использована для синтеза эффективной структуры сети газораспределения [2].

Высокотехнологичность выполняемого проекта в соответствии с его индикаторами формирует новую систему знаний, а именно: владение современными методологиями управления организацией, теорией организационных систем, теория системного анализа и принятия решений, в том числе владение методами многокритериальной оптимизации, современной теорией управления, управления проек-

тами, технологией формирования и управления командой исполнителей. При этом заранее неизвестно, в какие именно группы должны быть объединены эти компетенции. Задача их классификации сводится к задаче кластеризации. Кластерный анализ (Data clustering) — задача разбиения заданной выборки объектов на непересекающиеся подмножества (кластеры), так, чтобы каждый кластер состоял из схожих объектов, а объекты разных кластеров существенно отличались. При моделировании образовательной среды возникает необходимость детализировать особенности алгоритмической и логической реализации выполняемых ею операций. Развитие прикладных исследований привело к необходимости рассмотрения в качестве статистических данных различных объектов нечисловой природы. Этот термин применяется к объектам, которые нецелесообразно рассматривать как описанные числами. Примерами являются качественные признаки. Другими словами, речь идет об элементах пространства, не являющихся линейными (векторными). В отличие от задач обработки числовых данных, методы обработки нечисловых данных основаны на принципиально ином математическом аппарате. Основной задачей обработки данных является получение знаний, и такие знания есть не только у человека, но и в накопленных данных, которые подвергаются анализу. Такие знания часто называют «скрытыми», так как они содержатся в огромных количествах информации, которые человек не может исследовать самостоятельно. Поэтому для обнаружения скрытых знаний применяют специальные методы автоматического анализа (Data Mining). Основными задачами Data Mining являются следующие:

1. Классификация, которая сводится к определению класса объекта по его характеристикам.

2. Задача регрессии, которая позволяет определить по известным характеристикам объекта значение некоторого его параметра. В отличие от задачи классификации значением параметра является не конечное множество классов, а множество действительных чисел.

3. Поиск ассоциативных правил, который заключается в поиске частых зависимостей (ассоциаций) между объектами и событиями.

4. Кластеризация, которая заключается в поиске независимых групп (кластеров) и их характеристик во всем множестве анализируемых данных. Решение такой задачи позволяет лучше понимать данные, а также сократить число объектов, что облегчает анализ. Так как при группировке компетенций, требуемых при выполнении проекта заранее неизвестно, в какие именно группы должны быть объединены эти компетенции, то задача их классификации сводится к задаче кластеризации. Кластеризация отличается от классификации тем, что для проведения анализа не требуется иметь выделенную целевую переменную. Эта задача решается на начальных этапах проведения анализа.

Существует множество алгоритмов кластеризации, что обусловлено множеством различных критериев, отражающих те или иные аспекты автоматического группирования. Наиболее простой метод кластеризации —  $k$ -средних — метод, основанный на разбиении объектов на заранее известное число кластеров. Алгоритм этого метода состоит из следующих действий:

1. Выбирается число кластеров  $k$ .

2. Из исходного множества данных случайным образом выбираются  $k$  записей, которые будут служить начальными центрами кластеров.

3. Для каждой записи исходной выборки определяется ближайший к ней центр кластера. При этом записи, «притянутые» определенным центром, образуют начальные кластеры.

4. Вычисляются центроиды – центры тяжести кластеров. Каждый центроид – это вектор, элементы которого представляют собой средние значения признаков, вычисленные по всем записям кластера. Затем центр кластера смещается в его центроид. Третий и четвертый шаги итеративно повторяются. На каждой итерации происходит изменение границ кластеров и смещение их центров. В результате минимизируется расстояние между элементами внутри кластеров. Остановка алгоритма производится тогда, когда границы кластеров и расположения центроидов не перестанут изменяться от итерации к итерации, т.е. на каждой итерации в каждом кластере будет оставаться один и тот же набор записей.

Для осуществления кластерного анализа составляется таблица требований, в которой помимо самих требований, также указаны области знаний и их разделы, виды деятельности специалистов, используемые инструменты, типы занятий и т.п.

Вид деятельности – опытно-конструкторская либо практическая (которой должен обладать любой специалист), управленческая и т. д. Все компетенции относятся к определенным разделам и областям знаний. Все разделы и области знаний представляются в виде двоичного кода. Если компетенция относится к данному разделу или области знаний, то это соответствует единице, если нет – нулю. Для осуществления кластерного анализа и формирования необходимых профессиональных компетенций используются признаки классификации требований. В данном случае желательно, чтобы кластерный алгоритм хорошо работал с небольшим количеством наблюдений, и был нацелен на выделение кластеров с приблизительно равным числом членов. Поэтому выбран метод Варда [3]. Построенные дендрограммы по методу Варда для одного кластера определяют как минимум пять группировок, следовательно задаются пять кластеров.

В сводке кластерного анализа указываются имена переменных, участвующих в анализе, количество полных образцов (наблюдений без пропусков), использованный метод кластерного анализа и принятая метрика. Так, для рассматриваемого примера в первую группу попало 16 требований, что составляет почти половину всех рассматриваемых, во вторую и пятую группы – по два требования, в третью – десять и в четвертую – три требования. По сводке кластерного анализа, отображающие координаты центроидов, можно судить о том, какие переменные играют наиболее важную роль в каждом кластере. Например, можно сделать вывод о том, что для развития компетенций первых трех кластеров такая область знаний, как планирование эксперимента не играет никакой роли, но зато в пятый кластер попали все компетенции, для развития которых необходима данная область. Аналогично, для развития всех компетенций второго кластера необходимы знания в области системного анализа и т.д. На основе полученных данных можно определять, какие дисциплины необходимы для развития той или иной группы компетенций и тем самым формировать адекватные и современные учебные программы для будущих специалистов. Таким образом, происходит классификация требований высокотехнологичного проекта и состава образовательной среды. Благодаря современным вычислительным средствам это занимает достаточно короткое время, что позволяет быстро и адекватно реагировать на изменения в составе высокотехнологичных проектов и программ. Мы сейчас близки к тому, что практическая реализация модели формирования синтезируемых профессиональных компетенций будет осуществлена в среде виртуальной оболочки обучающей среды, позволяющей на основе профессиональных требований с помощью матриц соответствий компетенций и блоков дисциплин в автоматизированном режиме формировать программы подготовки и профессиональной переподготовки специалистов в области менеджмента в технике и технологий.

Оболочка содержит:

1. Учебные планы для подготовки и профессиональной переподготовки специалистов в области менеджмента высоких технологий.

2. Подсистему мониторинга внешней среды (рынка высокотехнологичных проектов и программ), включающую базы данных опросов и профессиональных компетенций.

3. Электронные модули учебных дисциплин, снабженные атрибутами, характеризующими структуру модуля, вырабатываемые им компетенции, включая профессиональные и личностные характеристики, а также используемые программные продукты, необходимые для проведения занятий.

4. Медиа и дидактические материалы к учебным модулям, включая методические рекомендации для проведения деловых игр.

5. Матрицы связей блоков дисциплин, электронных модулей и компетенций.

6. Подсистему мониторинга состояния обучающей среды, включающую:

- ◆ средства квалиметрической оценки знаний студентов (базу тестовых заданий и базу ответов); результаты мониторинга внутренней среды, базу данных опросов студентов, преподавателей; средства обработки и представления данных (графики, диаграммы, показатели и т.п.);
- ◆ программу генерации учебных планов на основе рыночных компетенций с использованием генетического алгоритма;
- ◆ программу оценки качества учебных планов с использованием генетического алгоритма.

Обучающая среда является открытой, адаптируемой на основе мониторинга рынка высокотехнологичных проектов и программ и может быть дополнена новыми модулями и использована для генерации новых учебных программ.

Решение приведенной задачи в рамках синтеза профессиональных компетенций для эффективного управления высокотехнологичным проектом потребует адаптацию имеющейся образовательной среды по направлению подготовки. Принцип адаптации в этом случае заключается в изменении состояния образовательной среды на основе принятия решения о проектировании новых профессиональных компетенций, сформированных на основе индикаторов высокотехнологичного проекта и в результате полученной информации о назначении, состоянии проекта, его характеристик, наукоемкости, направленности и др.

Основой решения этой задачи стал анализ множества возможных образовательных программ, элементы которых определены на основе научно-технического и образовательного форсайта по перспективным направлениям развития науки и техники. Образовательная среда задана совокупностью удельных показателей, характеризующих эффективность использования в процессе различных видов интеллектуальных, материальных, трудовых и капитальных ресурсов. Для проектирования новых профессиональных компетенций использованы  $m$  ресурсов, величины которых не ограничены. Нормы расхода на единицу работ и цены ресурсов заданы. Для выполнения проекта, на выпуск которого ориентирована социотехническая система, необходимо выполнить  $n$  операций соответственно на  $n$  типах ресурсов, каждый из которых характеризуется определенным набором компетенций  $h_i$  ( $i=1, \dots, n$ ). Для каждого варианта известна стоимость новых работ  $K_i^s$  и набор характеристик  $h v_i^s$  ( $i=1, \dots, n; s=1, \dots, r$ ), т.е. заданы матрицы:  $K$ , элементы которой  $K_i^s$  – стоимость  $s$ -го варианта  $i$ -го типа компетенций, во взаимно-однозначное соответствие которой поставлена матрица  $HV$ , элементы которой  $h v_i^s$  – характеристики  $s$ -го варианта  $i$ -го типа компетенций. задается матрица  $A_t$ , элементы которой  $\alpha_{ii}(t)$  определяют компетенции какого типа необходимо сформировать на шаге  $t$ :  $\alpha_{ii}(t)=1$ , если на  $t$ -м шаге  $i$ -ю компетенцию необходимо заменить, остальные элементы матрицы равны 0. Последнее представляет модель формирования ресурса

управления проектом. В работе [4] определен алгоритм применения этой модели для синтеза профессиональных компетенций. Поскольку основными ресурсом управления высокотехнологичным проектом является среда формирования новых профессиональных компетенций  $x$  и себестоимость выполнения программы  $C$ , и поскольку их оптимумы могут достигаться при различных ресурсах, эти параметры приняты в качестве критериев оптимизации:  $I_1=x$ ,  $I_2=C$ , причем  $I_1$  необходимо максимизировать, а  $I_2$  – минимизировать. Множество Парето построено в форме поверхности, вид которой зависит от числа новых профессиональных компетенций, себестоимости и величины капиталовложений. Этому множеству принадлежат все допустимые эффективные решения многокритериальной задачи оптимизации образовательного ресурса.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Арчибальд Р. Управление высокотехнологичными программами и проектами: Пер. с англ. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ДМК Пресс: Компания АйТи, 2004. – 472 с.
2. Сомов А.С. и др. Эффективное управление проектом с заданными свойствами // Известия вузов. Сев.-кавказ. регион. Технические науки. – 2012. – № 3. – С. 113-115.
3. Звонников В.И., Чельщикова М.Б. Контроль качества обучения при аттестации: компетентностный подход: Учеб. пособие. – М.: Университетская книга: Логос, 2009. – 272 с.
4. Граецкая О.В., Корохова Е.В., Сомов А.С., Петракова А.В. Модели принятия решений адаптации профессиональных компетенций к управлению высокотехнологичным проектом // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – № 5 (142). – С. 236-241.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор А.В. Боженюк.

**Петраков Владимир Александрович** – Южный федеральный университет; e-mail: kaf\_sau@mail.ru; 344090, г. Ростов-на-Дону, Мильчакова, 10, оф. 505; тел.: 88632696991; кафедра системного анализа и управления; д.т.н.; профессор; зав. кафедрой.

**Petrakov Vladimir Alexandrovich** – Southern Federal University; e-mail: kaf\_sau@mail.ru; 10, Milchakova street, of. 505, Rostov-on-Don, 344090, Russia; phone: +78632696991; the department of system analysis and control; dr. of eng. sc.; professor; head the department.

УДК 621.05.1

**Н.С. Петров**

#### **МОДЕЛЬ КЛАСТЕРА БЕСПРОВОДНОЙ РАСПРЕДЕЛЁННОЙ СИСТЕМЫ СБОРА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ДАТЧИКОВ**

*Рассматривается модель кластера беспроводной распределённой информационной микрокомпьютерной системы сбора и обработки информации датчиков (мониторинга), основанная на принципах блочной декомпозиции и иерархического упорядочивания. Определена целевая задача функционирования кластера, связывающая производительность и надёжность. Рассматриваются две основные структуры для организации кластерной системы – на основе древовидной и звёздной топологий. Оцениваются аппаратные затраты и количество возможных сетевых соединений для этих структур. Описываются особенности беспроводной реализации сетевых соединений для каждой структуры по двум схемам сбора данных – последовательной и параллельной. Выявлены структурные отличия беспроводной реализации от проводной по двум схемам сбора и зависимость между организацией связи и аппаратной сложностью обрабатываемых модулей. Показано, что применение беспроводных каналов связи позволяет повысить живучесть кластера за счёт изменения в реальном времени направления потоков данных по альтернативным маршрутам в разветвлённых структурах. Приведены рекомендации по выбору структуры кластера.*

*Распределённая система; кластер; модель; топология; беспроводная связь.*