

Использование коэффициента ресурсной координации и величины опасности нарушения целостности неполных информационных объектов потока задач позволяет оценивать конфликтные ситуации, возникающие в СТИС в процессе ее функционирования в режиме реального масштаба времени. Оценка выполнимости функций и задач СТИС необходима для организации активного управления доступом при реализации функционально-ролевой модели разграничения доступа в рамках процессного подхода к моделированию динамических СТИС.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Столбов А.П.* Денотационные модели процессов коллективного решения информационных задач в социотехнических системах: Дис. д-ра техн. наук: 05.13.17. – М.: РГБ, 2006.
2. *Скобелев П.О.* Моделирование холонических систем. – Труды II Международной конференции "Проблемы управления и моделирования в сложных системах", Россия. – Самара, 20-23 июня 2000 г. – С. 73-79.
3. *Konstantin Knorr.* Dynamic Access Control through Petri Net Workflows. In Proceedings of the 16th Annual Computer Security Applications Conference. – New Orleans, LA, December 2000. – P. 159-167.
4. *Thomas R.K. and Sandhu R.S.* Task-based Authorization Controls (TBAC): Models For Active and Enterprise-oriented Authorization Management. In Proceedings of the 11th IFIP WG 11.3 Conference on Database Security, Lake Tahoe, CA, August 1997.
5. *Харечкин П.В., Лепешкин О.М.* Функционально-ролевая модель управления доступом в социотехнических системах // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – №11 (100). – С. 52-57.
6. *Харечкин П.В.* Разработка активатора монитора безопасности функционально-ролевой модели разграничения доступа в социотехнической системе // Вестник Ставропольского государственного университета. – Ставрополь: Изд-во СГУ, 2010. – № 70 (5). – С. 137-144.
7. *Харечкин П.В., Лепешкин О.М.* Управление конфликтным процессом решения коллективной задачи социотехнической информационной системы в условиях ресурсной координации // Материалы XI Международной научно-практической конференции «Информационная безопасность». Ч. 2. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. – С. 89-93.

Статью рекомендовал к опубликованию к.т.н., профессор А.П. Жук.

**Харечкин Павел Владимирович**

Ставропольский государственный университет.

E-mail: harechkin@stavs.ru.

355009, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1.

Тел.: 89054478661.

Заместитель директора научной библиотеки СГУ.

**Harechkin Pavel Vladimirovich**

Stavropol State University.

E-mail: harechkin@stavs.ru.

1, Pushkin Street, Stavropol, 355009, Russia.

Phone: +7 9054478661.

Deputy Director of Scientific library of the Stavropol State University.

УДК 681.3

**Е.А. Пакулова**

#### **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ ПОДВИЖНЫХ И СТАЦИОНАРНЫХ ОБЪЕКТОВ**

*Основной целью данной статьи является разработка способа оценки эффективности систем диспетчеризации подвижных и стационарных объектов, направленных на повышение безопасности перевозок пассажиров и опасных грузов. Предложен средневзвешенный*

и критерий и показатели эффективности. В качестве показателей эффективности предложены: показатель времени передачи данных в системе, показатель стоимости услуг передачи данных, а также показатель надежности передачи данных в системе. Дано их формальное описание. Каждый из показателей также является интегральным.

Эффективность; система диспетчеризации подвижных и стационарных объектов; мультисервисная гетерогенная беспроводная сеть; время передачи данных; надежность передачи данных; стоимость передачи данных; система массового обслуживания.

**E.A. Pakulova**

### **EFFICIENCY ESTIMATION OF MONITORING SYSTEM OF MOBILE AND FIXED OBJECTS**

*The main subject of this article is development of the method of efficiency estimation of monitoring system of mobile and fixed objects which is destined for road safety enhancement. The weight-average criterion of efficiency and its indexes are defined in the article. Their formal descriptions are also given. Each index is also cumulative.*

*Efficiency; monitoring system of mobile and fixed objects; next generation network; heterogeneous network; data transmission time; data transmission reliability; data transmission cost; queueing model.*

В последнее время все больше внимания уделяется вопросам безопасности перевозок пассажиров и опасных грузов, автоматизации учета и контроля технических и эксплуатационных характеристик объектов, охране подвижных объектов, повышению эффективности логистических процессов, сокращению времени реагирования на чрезвычайные ситуации, а также возможности централизованного взаимодействия при ликвидации последствий чрезвычайных происшествий. Все перечисленные задачи позволяют решить системы диспетчеризации подвижных и стационарных объектов (СДПСО).

На рынке СДПСО представлено достаточно много вариантов системы, однако практически все из них имеют схожую архитектуру и одинаковый набор функциональных характеристик [1].

Для взаимодействия объектов друг с другом СДПСО используют сервисы сетей беспроводной связи. Следует заметить, что природа беспроводной связи крайне нестабильна, поэтому применение для приложений критических ко времени СДПСО беспроводной сети одного стандарта является не приемлемым. Выходом может стать использование мультисервисной гетерогенной беспроводной сети для осуществления непрерывной связи объектов системы, повышения ее эффективности, оптимизации процессов связи.

В данной статье рассмотрим способ оценки эффективности СДПСО в мультисервисной гетерогенной беспроводной сети. Эффективность есть одно из фундаментальных свойств любой системы, которое характеризует результат ее функционирования или применения [2].

Критерий эффективности функционирования СДПСО позволит дать однозначную оценку системы в целом, а также провести сравнительный анализ СДПСО.

Для оценки эффективности функционирования СДПСО введем показатели, характеризующие степень приспособленности СДПСО к выполнению поставленных перед ней задач и являющихся обобщенными показателями оптимальности ее функционирования [3].

Положим, что критерий эффективности функционирования СДПСО  $E$  является интегральным и вычисляется на основе следующих показателей:

- 1) показатель времени передачи данных в системе ( $T$ );
- 2) показатель стоимости услуг передачи данных в системе ( $C$ );
- 3) показатель надежности передачи данных в системе ( $R$ ).

Критерий эффективности функционирования  $E$  СДПСО является средневзвешенным и представляет собой сумму частных показателей эффективности для объектов СДПСО, т.е. сумму вида

$$E = \frac{\sum_i \sum_j T_{ij} C_{ij} R_{ij}}{n},$$

где  $T_{ij}$  – показатель времени передачи сообщения от объекта  $i$  к объекту  $j$ ,  $C_{ij}$  и  $R_{ij}$  – показатели стоимости услуг связи и надежности при передаче сообщения от объекта  $i$  к объекту  $j$  соответственно,  $n$  – количество объектов.

Рассмотрим каждый из показателей.

Будем считать, что в СДПСО для взаимодействия объектов используются сети с коммутацией пакетов. Тогда время передачи пакета  $T$  складывается из следующих составляющих (рис.1) [3]:

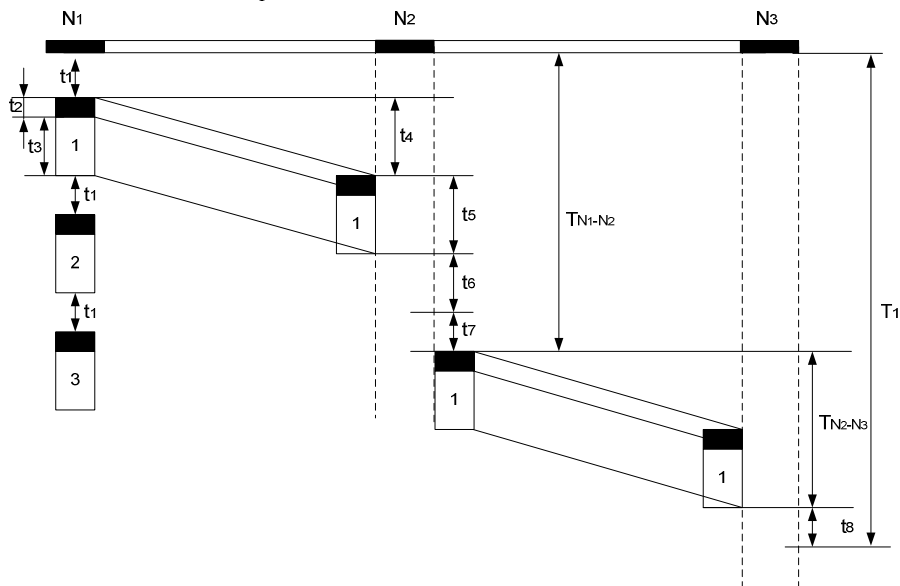


Рис. 1. Временная диаграмма передачи одного пакета в гетерогенной сети СДПСО

$t_1$  – время формирования пакета данных. Значение этой задержки зависит от различных параметров работы программного и аппаратного обеспечения объекта-отправителя и не зависит от параметров сети;

$t_2$  – время передачи в канал сети заголовка пакета;

$t_3$  – время передачи в канал сети поля данных пакета;

$t_4$  – время распространения сигнала. Время распространения сигнала зависит от расстояния между абонентами  $L$  и скорости  $S$  распространения волн в конкретной физической среде  $t_{4i} = L_i/S_i$ . Однако, если учесть тот факт, что в СДПСО при передаче пакета данных от одного объекта к другому может возникнуть ситуация использования нескольких беспроводных сред, то время распространения волн в физической среде  $t_4$  представляет собой сумму времен распространения волн в физических средах каждой используемой сети  $t_{4i}$ , т.е.

$$t_4 = \sum_i t_{4i};$$

$t_5$  – время приема пакета. Причем  $t_5 = t_2 + t_3$ , т.е. время передачи пакета с заголовком в канал от объекта-источника. Время передачи пакета в канал (а значит, и время буферизации в узле назначения) равно отношению объема пакета  $V$  в битах к номинальной пропускной способности канала  $B$  в битах в секунду:

$$t_5 = \frac{V}{B};$$

$t_6$  – время ожидания пакета в очереди. Колеблется в очень широких пределах и заранее неизвестно, так как зависит от текущей загрузки сети;

$t_7$  – время коммутации пакета. Время, которое необходимо принимающему объекту для того, чтобы принять решение о передаче пакета;

$t_8$  – время обработки данных пакета объектом-получателем.

Обозначим компоненты системы через  $N_i$  ( $0 < i < n$ ), тогда время передачи пакета от объекта  $N_1$  на объект  $N_2$  представим как  $T_{N_1-N_2}$ . Это время складывается из следующих составляющих:

$$T_{N_1-N_2} = t_1 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7.$$

Отметим, что среди слагаемых отсутствуют составляющие  $t_2$  и  $t_3$ . Это обусловлено тем, что передача битов от объекта  $N_1$  в канал совмещается по времени с передачей битов по каналу связи.

Время, затрачиваемое на оставшийся путь от  $N_2$  до  $N_3$ , обозначим как  $T_{N_2-N_3}$ . Данная величина имеет такую же структуру, что и  $T_{N_1-N_2}$ , за исключением того, что в ее не входит время пакетизации и время коммутации (так как отрезок заканчивается объектом-получателем). Однако величина  $T_{N_2-N_3}$  включает в себя время обработки сообщения объектом-получателем  $t_8$ , которое зависит от параметров работы программного и аппаратного обеспечения данного объекта.

Итак, полное время передачи одного пакета от объекта  $N_1$  до объекта  $N_3$  составляет

$$T_1 = T_{N_1-N_2} + T_{N_2-N_3}$$

или в общем виде

$$T_m = \sum_{m,n} T_{m,n-1},$$

где  $m$  – номер пакета,  $n$  – общее количество объектов, задействованных в передаче пакета данных.

В случае если передаваемое объектом сообщение составляет несколько пакетов, то общее время передачи сообщения, состоящего из  $M$  пакетов, имеет вид

$$T_{ij} = \sum_{m=1}^M T_m.$$

Одной из основных характеристик  $T_m$  является время ожидания пакета в очереди  $t_6$ . Оно заранее неизвестно и колеблется в очень широких пределах, так как зависит от текущей загрузки сети.

Для вычисления времени ожидания пакета в очереди  $t_6$  представим взаимодействие двух объектов СДПСО как систему массового обслуживания (СМО).

СМО – это математическая модель системы, предназначенной для обслуживания поступающих через случайные интервалы времени пакетов, длительность обслуживания которых также случайна [4].

Основное место в общей математической модели СМО занимает модель входящего потока пакетов, поступающих в систему на обслуживание (модель трафика). От правильного выбора этой модели зависит точность расчета основных характеристик СМО, характеризующих работу системы в целом [5].

При рассмотрении СМО будем использовать следующие предположения:

- ◆ пакет, поступивший в СМО, мгновенно попадает на обслуживание, если объект свободен;
- ◆ на обслуживании в объекте в каждый момент времени может находиться только один пакет;
- ◆ после завершения обслуживания какого-либо пакета на объекте очередной пакет выбирается на обслуживание из очереди мгновенно, т.е., другими словами, объект не простаивает, если в очереди есть хотя бы один пакет.

Поскольку в СДПСО циркулирует несколько типов сообщений с разным уровнем приоритета и длительностью обслуживания, то представляемая нами СМО является системой с неоднородным входящим потоком.

С точки зрения приоритетов сообщений СМО выделим 3 класса пакетов.

1. Пакеты случайных служебных и пользовательских сообщений. Поток, в котором интервалы времени между соседними пакетами представляют собой случайные величины.
2. Пакеты сообщений о нештатных ситуациях на объекте с высоким уровнем приоритета. Поток, в котором интервалы времени между соседними пакетами также представляют собой случайные величины.
3. Пакеты периодических служебных сообщений. Поток, в котором интервалы времени между соседними пакетами представляют собой определенные заранее известные значения.

Между пакетами разных классов установим относительные приоритеты, означая, что всякий раз из очереди на обслуживание выбирается пакет с самым высоким приоритетом. При этом при поступлении в систему высокоприоритетного пакета обслуживание низкоприоритетного не прерывается.

Случайный процесс поступления в систему пакетов характеризуется законом распределения, устанавливающим связь между значением случайной величины и вероятностью появления этого значения. Такой поток описывается вероятностной функцией распределения интервалов времени между соседними пакетами или вероятностной функцией распределения количества пакетов за условную единицу времени [5].

Согласно анализу трафика мультисервисных сетей, проведенному в [4, 6], потоки данных и процессы их обработки описываются распределениями, обладающими свойствами самоподобия. Поэтому наиболее адекватной моделью входных потоков в мультисервисных сетях с коммутацией пакетов являются вероятностные функции распределения интервалов времени между пакетами, обладающие «длинным хвостом», в частности распределение Парето.

В виду того, что поведение трафика мультисервисной сети характеризуется законами с «длинными хвостами», то в качестве СМО для объектов СДПСО выберем систему с общими распределениями входного потока и процессов обслуживания типа G/G/1.

Как показал анализ многочисленных опубликованных результатов, одним из наиболее удачных приближений для расчета среднего времени ожидания в СМО G/G/1 является следующая формула [7]:

$$w = \frac{\rho b(V_a^2 + V_b^2)}{2(1 - \rho)} * f(V_a),$$

где  $\rho = \lambda b$  – загрузка системы;  $\lambda, V_a$  – интенсивность потока пакетов и коэффициент вариации интервалов между поступающими в систему пакетами;  $b, V_b$  – среднее значение и коэффициент вариации длительности обслуживания пакетов;  $f(V_a)$  – корректирующая функция, рассчитываемая в зависимости от значения коэффициента вариации  $V_a$ :

$$f(V_a) = \begin{cases} \exp\left[-\frac{2(1-\rho)(1-V_a^2)^2}{3\rho(V_a^2+V_b^2)}\right], & V_a < 1; \\ \exp\left[-(1-\rho)\frac{V_a^2-1}{V_a^2+4V_b^2}\right], & V_a \geq 1. \end{cases}$$

Поскольку в СМО присутствуют три класса потоков, необходимо рассмотреть характеристики по каждому классу потоков и характеристики агрегированного потока пакетов [8].

Определим среднее время ожидания заявок  $k$ -го класса потоков:

$$w_k^{\text{оп}} = \frac{\sum_{i=1}^H \lambda_i b_i^2 (V_{ai}^2 + V_{bi}^2)}{2(1-R_{k-1})(1-R_k)} * f(V_a),$$

где ( $k = 1, \dots, H$ ) – классы потоков,  $R_{k-1}$  и  $R_k$  – суммарные загрузки системы со стороны потоков, которые имеют приоритет не ниже ( $k-1$ ) и  $k$ , т.е.

$$R_{k-1} = \sum_{i=1}^{k-1} \rho_i,$$

$$R_k = \sum_{i=1}^k \rho_i.$$

Для вычисления среднего времени ожидания пакетов в очереди с учетом нескольких классов потоков, определим среднее время ожидания пакетов агрегированного потока.

$$w_{\text{АП}} = \sum_{i=1}^H w_i^{\text{оп}}.$$

Однако, заметим, что при агрегировании потоков в случае, если хотя бы один из них содержит самоподобный трафик, свойства самоподобия определяют агрегированный поток [6]. Причем самоподобность сохраняется при наложении и однородных, и разнородных источников трафика.

Заметим, что предложенная оценка времени передачи одного пакета в СДПСО является универсальной как для сетей беспроводной передачи данных с централизованной структурой, так и для сетей с децентрализованной структурой.

Время передачи данных в СДПСО является одним из основных критериев эффективности функционирования СДПСО. Оценивая время передачи данных, можно сделать однозначный вывод о возможности использования конкретной сети беспроводной передачи данных для определенного объекта, учитывая его требования к СДПСО, а также особенности передаваемых им данных.

Вторым показателем эффективности является показатель стоимости услуг передачи данных  $C$  в системе.

Для описания показателя  $C$  определим непустые конечные множества:

$O = \{O_1, O_2, \dots, O_{opr}\}$  – множество операторов связи, где  $opr$  – количество операторов связи в СДПСО;

$P = \{P_1, P_2, \dots, P_{pln}\}$  – множество тарифных планов операторов связи,  $pln$  – количество тарифных планов в СДПСО.

Очевидно, что  $C$  находится в зависимости от оператора связи  $O$  и предоставляемого им тарифа  $P$ . Для того чтобы отразить зависимость  $C$  от  $O$  и  $P$  введем отношение  $R_1$  на декартовом произведении  $N \times O \times P \times C$  [3], где  $N$  – множество компонентов СДПСО.

Упорядоченная четверка  $(n, o, p, c) \in R_1$  будет тогда и только тогда, когда объект  $N_i$  СДПСО пользуется услугами оператора  $O_j$  по тарифу  $P_{jk}$ , согласно которому стоимость услуг связи равно  $C_{jk}$ , где  $0 < j \leq opr$ ,  $0 < k \leq pln$ . Назовем такое отношение «Стоимость». А множество кортежей, образующих отношение  $R_1$ , представить в виде таблицы, отражающей информацию об объектах, операторах связи, тарифах и стоимости передачи информации.

Исходя из того, что передача данных от объекта  $i$  объекту  $j$  может складываться из нескольких отрезков пути с использованием разных сетей связи, то стоимость передачи одного пакета данных будет составлять сумму стоимостей передачи данных на каждом из отрезков (рис. 1):

$$C_1 = C_{N_1-N_2} + C_{N_2-N_3}.$$

В общем виде данное выражение можно представить как

$$C_m = \sum_{m,n} C_{m,n-1},$$

где  $m$  – номер пакета,  $n$  – общее количество объектов, задействованных в передаче пакета данных.

В случае если передаваемое объектом сообщение составляет несколько пакетов, то стоимость передачи данных от объекта  $N_i$  объекту  $N_j$  имеет следующий вид:

$$C_{ij} = \sum_{1 \leq m \leq M} C_m,$$

где  $M$  – количество пакетов в сообщении.

Как уже было отмечено, показатель стоимости услуг связи является одним из показателей эффективности СДПСО. Это обусловлено тем, что для пользователя объекта важно получать качественные услуги связи за минимальную стоимость.

Третьим показателем эффективности является надежность  $R$ . Для СДПСО  $R$  характеризуется следующими показателями:

$PLR_{ij}$  – коэффициент потери пакетов при передаче от объекта  $N_i$  объекту  $N_j$ ;

$PER_{ij}$  – коэффициент пакетных ошибок при передаче от объекта  $N_i$  объекту  $N_j$ .

Представим показатель  $PLR_{ij}$  как [4]:

$$PLR_{ij} = \frac{M_{ij}^{lp}}{M_{ij}},$$

где  $M_{ij}^{lp}$  – число потерянных пакетов при передаче от объекта  $N_i$  объекту  $N_j$ ,  $M_{ij}$  – общее число отправленных пакетов от объекта  $N_i$  объекту  $N_j$ .

Показатель  $PER_{ij}$ , в свою очередь, представим в следующем виде:

$$PER_{ij} = \frac{M_{ij}^{ep}}{M_{ij}},$$

где  $M_{ij}^{ep}$  – число полученных объектом  $N_j$  от объекта  $N_i$  пакетов с ошибками.

Таким образом, показатель надежности  $R_{ij}$  для пары объектов  $N_i$  и  $N_j$  СДПСО можно представить как

$$R_{ij} = \frac{M_{ij}^{lp} + M_{ij}^{ep}}{M_{ij}}.$$

Для оценки эффективности функционирования СДПСО мы рассмотрели три показателя эффективности. Каждый из них был выбран не случайно.

СДПСО является системой контроля объектов различной степени важности в реальном масштабе времени. Показатель времени передачи данных между объектами позволяет дать оценку своевременности доставки сообщений между объектами, показатель стоимости услуг связи позволяет оценить приемлемость для

пользователя системы передачи данных по выбранному каналу связи за предлагаемую оператором связи сумму. Показатель надежности позволяет определить качество передачи данных с помощью коэффициентов PLR и PER.

Таким образом, очевидно, что при повышении эффективности функционирования СДПСО критерий эффективности  $E$  будет стремиться к нулю.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пакулова Е.А. Комплексная система мониторинга и диспетчеризации объектов // Материалы XI международной научно-практической конференции «ИБ-2010». Ч.1. Тезисы доклада. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. – С. 46-51.
2. Мусаев А. Библия для адъюнктов и соискателей. Как подготовить и защитить кандидатскую диссертацию: Методическое пособие. – СПб.: ВАС, 1998. – 254 с.
3. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2006. – 958 с.
4. Ложковский А.Г. Модель трафика в мультисервисных сетях с коммутацией пакетов // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2010. – № 1. – С. 63-67.
5. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания: Пер. с англ. / Клейнрок Л. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.
6. Симонина О.А., Яновский Г.Г. Характеристика трафика в сетях IP // Труды учебных заведений. – СПб.: СПбГУТ, 2004. – № 171. – С. 8-13.
7. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.

Статью рекомендовал к опубликованию к.т.н. С.А. Третьяков.

#### **Пакулова Екатерина Анатольевна**

Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: pakulova\_e@mail.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634371905.

Аспирант.

#### **Pakulova Katya Anatol'evna**

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: pakulova\_e@mail.ru

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: +78634371905.

Postgraduate Student.

УДК 371

**Е.А. Макарова, В.И. Писаренко**

### **ВИЗУАЛИЗАЦИЯ КАК ОДНА ИЗ СТРАТЕГИЙ СОЗДАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ**

*Рассматривается проблема формирования инновационной образовательной среды. Анализируются различные концепции образовательной среды. Показано, что в основе проектирования инновационной образовательной среды лежит совокупность знаний о закономерностях развития личностного начала в человеке. Одна из функций личности – непрерывный поиск, обоснование и пересмотр смысла ее деяний и жизни вообще, познание мира и преобразование самой себя. Развитие личности предстает как некоторое самоконструирование индивидом своего внутреннего мира, то есть самоорганизация. С учетом этого предложены принципы проектирования инновационной образовательной среды. Рассмотрены особенности визуализации как стратегии создания инновационной образовательной среды.*

*Инновационная образовательная среда; визуализация; личность; знания; познание мира; самоорганизация.*