

УДК 681.518

О.Ю. Чередниченко, М.А. Тимченко, И.В. Лютенко

Национальный технический университет «ХПИ», Харьков

## МОДЕЛЬ КВАЛИМЕТРИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РЕСУРСОВ В ВЫСШЕМ УЧЕБНОМ ЗАВЕДЕНИИ

*Предлагается информационная технология оценки качества ресурсов высшего учебного заведения на основе принципов теоретической квалиметрии, состоящая из двух этапов: разработка методики оценки качества и ее применение. Предлагается вариант проведения декомпозиции ресурсного обеспечения с выделением типовых элементов. Рассмотрен подход к определению важности показателей качества на основе метода собственного вектора. Разработаны модели использования и архитектура программного обеспечения.*

**Ключевые слова:** квалиметрическая оценка, качество ресурсного обеспечения, высшее учебное заведение, информационная технология, программное обеспечение.

### Введение

Система высшего образования является сложной распределенной иерархической системой, на каждом уровне принятия решений которой ставятся различные задачи управления [1]. Основной целью функционирования системы высшего образования в современных условиях является обеспечение высокого качества образования, как на уровне всей системы, так и на уровне отдельных ее элементов. Вопросам управления качеством образования посвящено большое число публикаций, например, [2 – 5]. Однако вопросы методологии измерений качества образования и организации процесса мониторинга уровня качества образовательных услуг остаются открытыми.

В работе [6] отмечается, что оценивание объектов квалиметрического мониторинга на уровне отдельного ВУЗа должно строиться на принципах и подходах, разработанных в теоретической квалиметрии.

Квалиметрические подходы к оценке качества объектов различной природы рассматриваются, например, в [7 – 9]. При этом отмечается, что каждый объект должен иметь свою методику оценивания качества. Система высшего образования представляется множеством объектов различной природы, что требует наличия множества методик получения квалиметрической оценки.

Ресурсное обеспечение высшего учебного заведения представляет собой сложную иерархическую систему, включающую в себя разнотипные объекты, которые характеризуются большим количеством параметров и объединены целями учебного процесса.

Являясь основной обеспечивающей системой процесса предоставления образовательных услуг, ресурсы ВУЗа во многом определяют качество образования. Автоматизированное управление ресурсным обеспечением может: повысить эффективность принятых решений за счет более обоснованного распределения ресурсов; увеличить достоверность информации о предельных возможностях той или

иной кафедры или ВУЗа в целом в рамках имеющегося или желательного количественного или качественного показателя ресурсов; предоставить оценку наличия резервов по ресурсам и связанными с ними финансами как по ВУЗу в целом, так и по отдельным кафедрам; обеспечить оперативность принятия решений при изменении политики в области управления учебным процессом. Поэтому разработка системы оценивания качества ресурсного обеспечения ВУЗа является актуальной задачей в процессе повышения качества образования.

Настоящая работа посвящена рассмотрению вопросов построения системы, которая оценивает частные показатели качества ресурсного обеспечения ВУЗа.

**Цель данного исследования** – повышение качества учебного процесса на основе разработки методики комплексного квалиметрического оценивания ресурсного обеспечения и ее использование при управлении развитием высшего учебного заведения.

### Методика оценки ресурсного обеспечения ВУЗа

Система комплексного оценивания ресурсного обеспечения ВУЗа включает несколько последовательных взаимосвязанных этапов разработки и реализации формальных процедур оценивания ресурсов.

На первом этапе разработки методики оценки ресурсного обеспечения производится декомпозиция ресурсного обеспечения с целью определения типовых ресурсных элементов. Принцип разбиения ресурсного обеспечения на виды и подвиды зависит от разработчика, специфики ВУЗа, целей и задач управления. В данной работе для обеспечения учебного процесса рассматриваются следующие виды ресурсов: кадры, материально-техническая база, методическое, программное и информационное обеспечение. Типовые элементы для каждого из видов ресурсного обеспечения выбираются по принципу основного функционального назначения.

Кадры играют важную роль в обеспечении процессов функционирования ВУЗа, по профессиональным обязанностям и отношению к учебному процессу можно выделить профессорско-преподавательский, учебно-вспомогательный и административный состав.

Роль преподавателя в учебном процессе с одной стороны не зависит от занимаемой должности, а с другой – имеются определенные функциональные различия. Поэтому в качестве типовых элементов выделены: «ассистент», «старший преподаватель», «доцент», «профессор».

Администрация осуществляет руководство всеми процессами и видами деятельности в ВУЗе. Кроме своих профессиональных качеств в области педагогики высшей школы, руководители ВУЗа, факультетов и кафедр должны обладать организаторскими способностями, реализовать себя в научной и общественной деятельности, быть авторитетом для своих сотрудников, студентов, абитуриентов, вызывать уважение у представителей органов власти и бизнес-структур. Учитывая важность личностных качеств для успешной административной деятельности в ВУЗе, будем выделять в качестве типовых элементов административного ресурса ВУЗа такие элементы как: «ректор», «проректор», «декан», «заведующий кафедрой».

Остальные сотрудники ВУЗа, отнесенные при классификации ресурсов к группе учебно-вспомогательного и административного состава, с точки зрения влияния на качество учебного процесса должны просто профессионально выполнять свои должностные обязанности. Поэтому целесообразно оценку качества их деятельности производить в соответствии с типовой методикой для ресурсного элемента «специалист».

Для оценки материально-технической базы ВУЗа будем использовать типовые элементы «учебная аудитория», «помещение», «техническое средство». В качестве типовых ресурсных элементов методического обеспечения выделим: «учебник», «задачник», «методика», «методические материалы». Первые два элемента относятся к печатным изданиям, а последние являются средствами обеспечения учебного процесса.

Для программного обеспечения (ПО) можно использовать в качестве типовых элементов «прикладное ПО» и «системное ПО». В группе информационного обеспечения типовыми

элементами являются «сайт», «электронный конспект», «дистанционные курсы».

Предложенные типовые элементы ресурсного обеспечения могут быть дополнены в зависимости от субъективных предпочтений исследователя или требований задач управления в ВУЗе.

Декомпозиция ресурсов с целью выделения типовых элементов необходима для формирования множества типовых методик оценивания.

Каждому типовому ресурсному элементу должна соответствовать собственная методика оценивания. Процедура разработки методики оценки типового ресурсного элемента предполагает решение ряда задач (рис. 1). Первым шагом при создании квалиметрической методики является определение ситуации оценивания, т.е. описание условий и целей использования ресурсного элемента данного типа, применения его вычислительных оценок, а также обеспечения разработки данной методики.

Не менее сложным этапом является построение дерева свойств типового ресурсного элемента, кото-

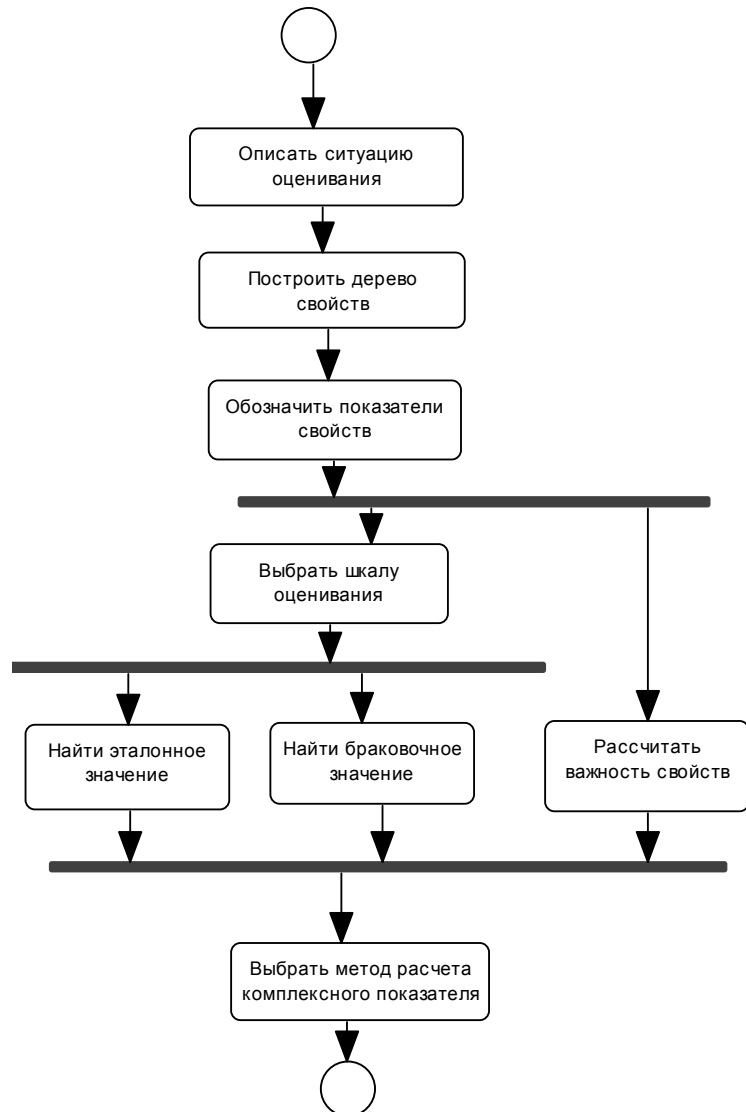


Рис. 1. Разработка методики оценивания типового элемента

рое отражает иерархически упорядоченный набор свойств объекта оценивания данного типа и позволяет в полной мере охарактеризовать его качество. Для построения дерева свойств в теоретической квалиметрии [7] предлагается ряд принципов, следование которым позволяет описать качество исследуемого объекта для заданной ситуации оценивания и сводит к минимуму влияние субъективного фактора.

Дерево свойств типового ресурсного элемента может быть представлено в виде ориентированного ациклического графа. Обозначим  $D = (S, B)$  – ориентированный граф, описывающий дерево свойств типового ресурсного элемента, где  $S = \{s_i, i = \overline{1, n}\}$  – множество упорядоченных свойств типового элемента,  $B = \{(s_i, s_j) \in R_S\}$  – множество упорядоченных пар свойств, которые описывают сложную структуру каждого свойства в  $D$ , т.е. каждое сложное свойство исследуемого объекта представляется набором более простых свойств, что соответствует ориентации дуг графа. Предположим, что граф  $D$  имеет правильную нумерацию вершин. Это означает, что вершина  $s_n$  выражает интегральное качество объекта, где  $n$  – число всех вершин в  $S$ . Выделим  $S_0 \subset S$  – подмножество вершин, представляющих простые свойства, т.е. свойства, которые не подлежат дальнейшей декомпозиции и непосредственно подвергаются оценке. Формально это множество вершин графа  $D = (S, B)$ , в которые не входит ни одна дуга, т.е.  $S_0 = \{s_j \in S : \forall i \in \overline{1, n} (s_i, s_j) \notin B\}$ .

Для каждого сложного свойства  $s_k$  из дерева свойств  $D$  можно определить подмножество  $S_k \subset S$  – совокупность более простых свойств его составляющих. Т.е.  $S_k = \{s_i : \forall i \in \overline{1, n}, (s_i, s_k) \in B\}$  определяет все вершины графа  $D = (S, B)$ , которые входят в вершину  $s_k$  (составляют  $k$ -е свойство).

Все простые и некоторые сложные свойства, формирующие качество типового ресурсного элемента, могут быть оценены с помощью определенных показателей. Поэтому каждому оцениваемому свойству необходимо поставить в соответствие показатель, для которого определяются единицы измерения и диапазон возможных значений. В предлагаемой методике предполагается, что непосредственной оценке подвергаются только простые свойства ресурсного элемента, т.е. для всех свойств из  $S_0$  должны быть определены показатели для количественной оценки. Обозначим множество таких показателей  $P = \{p_i : i \in \overline{1, S_0}\}$ .

Для всех показателей оценки типовых ресурсных элементов определяются эталонные и браковочные значения. Рекомендуется в качестве эталонного

выбирать такое значение показателя, которое на момент оценки является самым лучшим в мире, а в качестве браковочного – ближайшее, но худшее, чем самое плохое значение этого показателя из тех, которые можно наблюдать у оцениваемых объектов [7].

Совокупность свойств типового ресурсного элемента характеризуется различной степенью влияния (важностью) на значение оценки интегрального качества. Для определения важности свойств предлагается использовать экспертный метод, основанный на вычислении значений собственных векторов матриц попарных сравнений элементов дерева свойств [10].

Попарные сравнения осуществляют эксперты для всех свойств из дерева  $D = (S, B)$ . При этом процедура оценивания начинается с корня дерева, т.е. сначала сравниваются попарно все свойства из множества  $S_n \subset S$  с точки зрения их влияния на оценку интегрального качества  $s_n$ . Затем для каждого свойства  $s_q \in S_n$  строятся попарные оценки для подмножеств  $S_q \subset S, \forall s_q \in S_n$  с точки зрения их влияния на соответствующее сложное свойство  $s_q$  и т.д. Для попарных оценок используется шкала чисел от 1 до 9, предложенная в [10].

На основе полученных экспертных оценок формируются матрицы попарных сравнений, которые будем обозначать  $C_k = (c_{ij}^k)$ , где  $k$  – номер свойства-критерия (номер свойства в дереве свойств), относительно которого осуществлялась оценка. Число полученных матриц соответствует числу элементов множества  $\tilde{S} = S \setminus S_0$  (числу всех сложных свойств), т.е.  $k = (\overline{|S_0| + 1, n})$ .

На основе метода собственного вектора вначале необходимо определить для каждой полученной матрицы попарных сравнений оценку собственного вектора, соответствующего максимальному собственному числу матрицы  $C_k$ . Оценки компонентов собственного вектора вычисляются приближенным способом по следующей формуле

$$\sigma_i^k = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m c_{ij}^k}, \forall i \in \overline{1, m},$$

где  $\sigma_i^k$  – оценка  $i$ -й компоненты собственного вектора матрицы  $C_k$ ;  $m = |S_k|$  – число элементов множества  $S_k$ , которое определяет размерность матрицы;  $i$  – номер строки матрицы  $C_k$ , который соответствует порядковому номеру свойства из подмножества  $S_k$ ;  $c_{ij}^k$  определяет попарную оценку предпочтений свойств.

Оценки вектора локальных приоритетов определяются следующим образом:

$$\delta_i^k = \sigma_i^k / \sum_{i=1}^m \sigma_i^k, \quad \forall i = (\overline{1, m}), \quad (1)$$

где  $\delta_i^k$  – важность (локальный приоритет)  $i$ -го свойства в подмножестве  $S_k$ .

На следующем этапе необходимо оценить согласованность экспертных оценок [10].

Для проверки согласованности необходимо оценить максимальное собственное значение матрицы  $C_k$ :

$$\lambda_{\max}^k = \sum_{i=1}^m \left( \sum_{j=1}^m c_{ij}^k \right) \cdot \delta_i^k.$$

Далее рассчитывается отношение согласованности  $OS^k$  согласно [10]. Допустимое значение отношения согласованности составляет порядка 10%.

$$OS^k = \frac{IS^k}{SS_m}; \quad IS^k = \frac{\lambda_{\max}^k - m}{m - 1},$$

где  $IS^k$  – индекс согласованности;  $SS_m$  – статистическая согласованность, которая зависит от размерности матрицы [10].

Чтобы оценить важность простых свойств из множества  $S_0$  необходимо определить глобальные приоритеты этих свойств, предварительно рассчитав локальные приоритеты всех свойств дерева свойств  $D = (S, B)$  по формуле (1).

На основе значений локальных приоритетов, начиная с корня дерева, глобальные приоритеты рассчитываются по следующей рекурсивной формуле:

$$\omega_k = \omega_p \cdot \delta_i^k, \quad k = (\overline{1, n-1}) \quad \text{при условии, что } \omega_n \equiv 1,$$

где  $\omega_k$  – глобальный приоритет  $k$ -го свойства,  $s_k \in S$ ;  $\omega_p$  – глобальный приоритет свойства, в которое входит свойство  $s_k$ , т.е.  $s_k \in S_p$ .

Чтобы полученные глобальные приоритеты простых свойств можно было использовать в качестве весовых коэффициентов для показателей качества типового ресурсного элемента, их необходимо пронормировать.

$$w_h = \omega_h / \sum_{h=1}^H \omega_h, \quad \forall h = (\overline{1, |S_0|}), \quad (2)$$

где  $h$  – номер простого свойства  $s_h \in S_0$  для оцениваемого дерева свойств.

Полученные таким образом коэффициенты значимости простых свойств используются в качестве весовых коэффициентов при расчете комплексного показателя.

Расчет комплексного показателя оценки качества типового ресурсного элемента осуществляется одним из средневзвешенных методов:

– средневзвешенное арифметическое:

$$K_a = \sum_{i \in I} w_i q_i;$$

– средневзвешенное гармоническое:

$$K_h = \sum_{i \in I} w_i / \sum_{i \in I} q_i;$$

– средневзвешенное квадратичное:

$$K_s = \sum_{i \in I} w_i^2 q_i^2;$$

– средневзвешенное геометрическое:

$$K_g = \prod_{i \in I} q_i^{w_i},$$

где  $I = \{1, 2, \dots, i, \dots, |S_0|\}$  – множество индексов всех простых свойств типового ресурсного элемента;  $w_i$  – вес (глобальный приоритет)  $i$ -го простого свойства, рассчитанный по формуле (2);  $q_i$  – относительное значение показателя оценки  $i$ -го простого свойства, которое вычисляется по формуле

$$q_i = \left| p_i - v_i^{rej} \right| / \left| v_i^{ref} - v_i^{rej} \right|, \quad i \in I,$$

где  $p_i$  – абсолютное значение  $i$ -го показателя;  $v_i^{ref}$  и  $v_i^{rej}$  – соответственно эталонное и браковочное значения этого показателя.

Таким образом, для каждого типового ресурсного элемента формулируется типовая методика оценки качества.

### Применение методики для оценки объектов ресурсного обеспечения

На этапе реализации оценки ресурсного обеспечения выбирается объект ресурсного обеспечения. Например, в качестве оцениваемого объекта ресурсного обеспечения может рассматриваться методическое обеспечение кафедры или материальная база факультета и т.п. Каждый объект ресурсного обеспечения может быть представлен совокупностью ресурсных элементов его составляющих, причем каждому ресурсному элементу может быть поставлен в соответствии типовой элемент, полученный при декомпозиции ресурсного обеспечения, как это было показано выше (рис. 2).

Учитывая особенности рассматриваемого квалиметрического метода, возникают следующие задачи для автоматизации процесса оценивания:

- поддержка всех этапов разработки типовых квалиметрических методик;
- организация удаленного доступа экспертов к системе;
- формирование и оценивание любых объектов ресурсного обеспечения;
- расчет комплексного показателя качества для выбранного объекта ресурсного обеспечения.

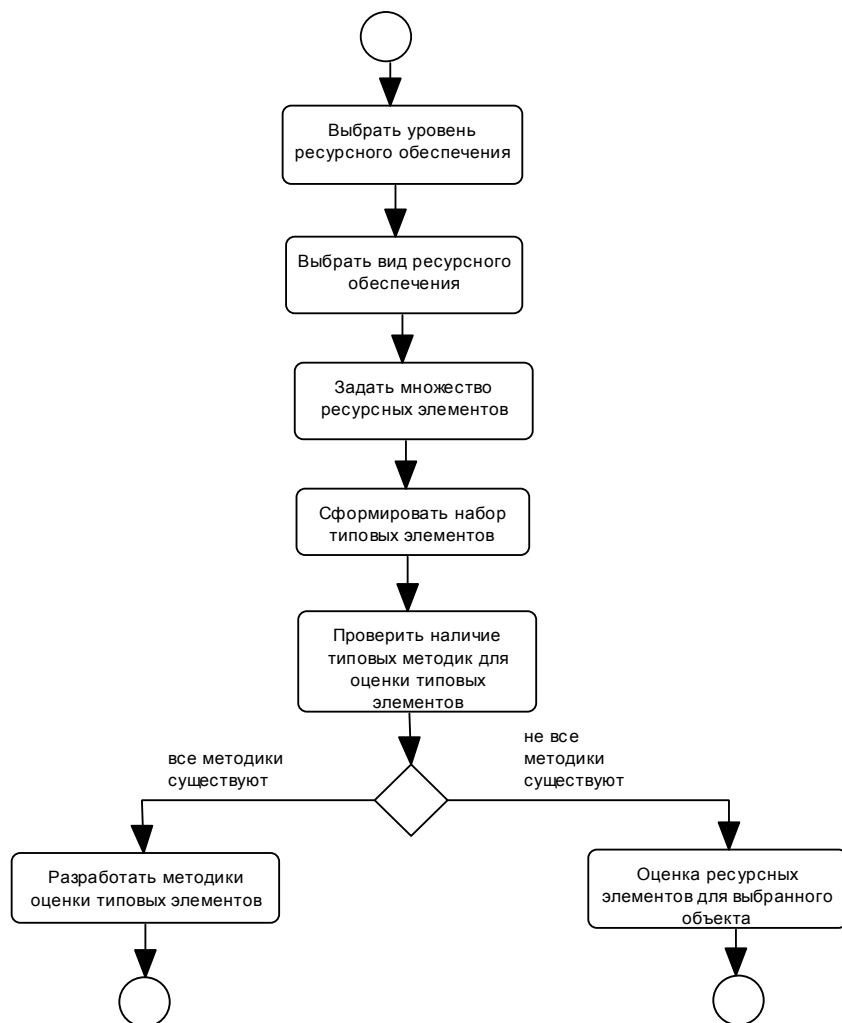


Рис. 2. Применение методики оценки объектов ресурсного обеспечения

Для решения этих проблем возникает необходимость разработки информационной системы, которая будет выполнять следующие функции:

- формирование объекта оценивания;
- формирование анкет для оценки важности свойств;
- опрос экспертов;
- формирование матриц попарных сравнений;
- расчет весовых коэффициентов свойств;
- сбор абсолютных значений показателей;
- расчет относительных значений показателей;
- расчет значения комплексного показателя качества объекта оценивания.

Для реализации информационной системы предлагается использовать трехуровневую веб-ориентированную архитектуру (рис. 3). В качестве платформы для реализации программного обеспечения была выбрана Microsoft .NET Framework версии 2.0 и технологии, которые входят в ее состав, а именно: язык программирования C#, технология доступа к базам данных ADO.NET 2.0 и технология ASP.NET 2.0.

Заинтересованными сторонами относительно реализации программного обеспечения, которое

позволит оценивать качество ресурсного обеспечения ВУЗа, могут быть:

- Министерство образования и науки;
- администрация ВУЗов.

Министерство образования и науки заинтересовано в определении комплексного показателя качества ВУЗа и его отдельных объектов, поскольку работникам министерства необходимо осуществлять контроль качества образования. С помощью автоматизированной процедуры оценки качества как всего ВУЗа, так и его объектов, можно получить оценку качества конкретного ВУЗа и по результатам оценок принимать соответствующие управленческие решения.

Администрация ВУЗа, очевидно, также заинтересована в получении оценок качества ресурсов, поскольку такие оценки могут быть эффективно использованы при решении задач управления развитием как ВУЗа в целом, так и отдельных его подсистем.

Можно выделить следующие основные модели использования информационной системы.

1. Расчет весовых коэффициентов показателей, который включает: формирование анкет, заполнение анкет экспертами, расчет локальных коэффициентов методом собственного вектора, нормирование локальных приоритетов и формирование коэффициентов важности.

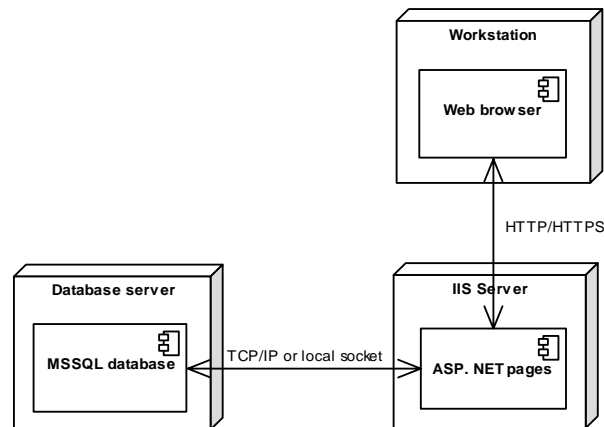


Рис. 3. Архитектура информационной системы оценки качества ресурсов в ВУЗе

2. Хранение данных для расчета оценки качества ресурсов ВУЗа, которое включает: ввод, удаление и редактирование данных об объектах ресурсного обеспечения. К таким данным относятся: перечень свойств и показателей качества, упорядоченных в иерархическую структуру; эталонные и браковочные значения; шкалы измерений и единицы измерений показателей качества; абсолютные значения показателей.

3. Расчет комплексного показателя качества ресурсов ВУЗа, который включает выбор одного из методов средневзвешенной оценки.

4. Формирование отчетной документации.

Предлагаемая информационная технология может быть рекомендована для внедрения в системе управления качеством ВУЗа, что позволит повысить эффективность процессов управления качеством высшего образования.

### Выводы

В данной научной работе:

1. Разработана методика количественной оценки качества ресурсов ВУЗа, основанная на принципах теоретической квалиметрии.

2. Получаемые оценки объектов квалиметрического мониторинга качества ресурсов могут широко применяться для целей управления ВУЗом, поскольку обеспечивают временную и функциональную сопоставимость оцениваемых объектов.

3. Реализация предлагаемого подхода в информационной компьютерной технологии поддержки принятия решений позволит повысить эффективность управления качеством образования на уровне ВУЗа.

### Список литературы

1. Годлевский М.Д. Задачи координации и управления развитием иерархических распределенных систем на основе государственных механизмов регулирования / М.Д. Годлевский, О.Ю. Чердиченко // Вестник Национального

технического университета «ХПИ». – Х.: НТУ «ХПИ», 2002. – № 3. – С. 57-64.

2. Годлевский М.Д. Иерархия критериев управления развитием высшего учебного заведения на основе качества учебного процесса / М.Д. Годлевский, Я.Н. Гамлуш, С.В. Бронин // Вісник Національного технічного університету «ХПИ». – Х.: НТУ «ХПИ», 2005. – № 19. – С. 19-26.

3. Годлевский М.Д. Модель управления развитием высших учебных заведений на основе качества образования / М.Д. Годлевский, О.Ю. Чердиченко, Яссер Надим Гамлуш // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2005. – № 2/2 (14). – С. 123-127.

4. Годлевский М.Д. Распределенные модели управления развитием ВУЗа / М.Д. Годлевский, С.В. Бронин, О.Ю. Чердиченко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2007. – № 2/2 (26). – С. 52-57.

5. Разработка информационной технологии оценки качества высшего образования на уровне ВУЗа / О.Ю. Чердиченко, А.А. Алимова, И.В. Лютенко, С.И. Еришова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – № 2/8 (44). – С. 21-27.

6. Качалов В.А. Возможность применения стандартов ИСО серии 9000 для квалиметрического мониторинга ВУЗов / В.А. Качалов // Стандарты и качество. – 2000. – № 11. – С. 82-91.

7. Азгальдов Г.Г. Общие сведения о методологии квалиметрии / Г.Г. Азгальдов // Стандарты и качество. – 1994. – № 11. – С. 15-19.

8. Чердиченко О.Ю. Применение квалиметрии к оценке качества образования в ВУЗе / О.Ю. Чердиченко, Д.В. Кукленко, В.А. Золотко // Материалы 14 междунар. конф. по автоматическому управлению (Автоматика-2007) г. Севастополь, 10-14 сентября 2007 г. – Севастополь: СНУЯЭиП, 2007. – Ч. 2. – С. 69-71.

9. Чердиченко О.Ю. Оценка качества образования на основе квалиметрической оценки выпускников / О.Ю. Чердиченко, Н.В. Золотко // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – Х.: ХНУРЭ, 2009. – Вып. 149. – С. 53-59.

10. Саати Т.Л. Принятие решений: метод анализа иерархий / Т.Л. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 314 с.

Поступила в редколлегию 24.02.2011

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. М.Д. Годлевский, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» Украина, Харьков.

### МОДЕЛЬ КВАЛІМЕТРИЧНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ РЕСУРСІВ У ВИЩОМУ НАВЧАЛЬНОМУ ЗАКЛАДІ

О.Ю. Чердиченко, М.О. Тімченко, І.В. Лютенко

Пропонується інформаційна технологія оцінки якості ресурсів вищого навчального закладу на основі принципів теоретичної квалиметрії, яка складається з двох етапів: розробка методики оцінки якості та її застосування. Розглянуто підхід до визначення важливості показників якості на основі методу власного вектору.

**Ключові слова:** квалиметрична оцінка, якість ресурсного забезпечення, вищий навчальний заклад, інформаційна технологія, програмне забезпечення.

### MODEL FOR QUALIMETRY ASSESSMENT OF RESOURCES AT THE HIGHER EDUCATIONAL ESTABLISHMENT

O. Yu. Cherednichenko, M.O. Timchenko, I.V. Lutenko

The information technology to assess the resources quality of the higher educational establishment is suggested. It's based on the qualimetry theory principles and consists of two steps: development of assessment methodology and its application. An approach to determining the property importance based on the eigenvector method was considered.

**Keywords:** qualimetry estimation, quality of the resource providing, higher educational establishment, information technology, software.