

## ОСВІТА ТА ІНЖЕНЕРІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

А.Л. Данченко

# МЕТОД КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА УЧЕБНЫХ МАТЕРИАЛОВ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ

Восточноукраинский  
национальный  
университет им.В.Даля

кафедра системной  
инженерии

Научный руководитель  
Ульшин В. О.  
(д.т.н., профессор)

### Введение

Мировое сообщество заинтересовано в создании единого образовательного пространства [1, 2]. Основными целями Болонского процесса [3] и программы ЮНЕСКО «Образование для всех» [4] являются концепция «непрерывного обучения через всю жизнь», повышение качества, интернационализации и доступности образования. Наиболее эффективным является индивидуальное обучение, однако в условиях массового обучения оно обходится очень дорого. Эту задачу решает e-learning – обучение с помощью Интернет и мультимедиа. Использование новых информационных технологий в образовании позволяет организовать индивидуальное электронное обучение в условиях массового образования, но при этом предъявляются повышенные требования к качеству учебных материалов (УчМ) компьютерно-ориентированных обучающих систем (КОС). Критериями качества УчМ являются [23, 24]:

- показатели качества содержания образования;
- показатели качества технологий обучения;
- показатели качества результатов образования.

Оценка качества УчМ КОС в современных условиях развития сферы образовательных услуг [5-9] реализуется методами экспертных

оценок с привлечением группы экспертов для количественной и (или) качественной оценки критериев. Существующие методики экспертизы качества УчМ [10-11] используют первые две группы показателей качества и не учитывают показатели результатов образования. В условиях быстрого устаревания знаний содержание дисциплин постоянно обновляется, это требует проведения повторной экспертизы при каждом обновлении УчМ, что технически нереализуемо, поэтому необходима разработка средств автоматизированного оценивания. Таким образом, анализ научных работ в области качества образования [10-24] показал, что задача автоматизации оценки качества УчМ КОС актуальна, но недостаточно изучена.

**Целью исследования** является разработка метода количественной оценки качества УчМ обучающих систем, который, в отличие от существующих методов, обеспечивает автоматизированную оценку качества УчМ КОС по показателям качества результатов образования.

### 1. Структурная модель УчМ

УчМ состоят из знаний и метаданных. Метаданные УчМ являются «знаниями о знаниях» и определяются структурой дистанционного курса (ДК). Основными требованиями современных технических стандартов электронных УчМ являются модульность и возможность по

вторного використання. Поэтому ДК определим как набор дидактических единиц в виде автономных обучающих объектов (Learning Object – Lo). Lo включает логическую структуру кадров Screen и концептов-понятий C (кадр визуализирует понятие-концепт C). Метаданные Lo, Screen, C предоставляют КОС информацию о логической структуре контента УчМ для построения адаптивной последовательности обучения. Lo есть набор связанных кадров Screen. Каждому Lo соответствует дидактическая цель (ДЦ), достигаемая набором кадров, реализующих иерархическую структуру более простых целей. ДЦ определяют уровни усвоения материала [23]:

1. Репродуктивный или ознакомительный (основные индикаторы – способность студента повторить материал, узнать объект, назвать без объяснений какие-то признаки, имена и т.д.).

2. Понимание (основные индикаторы – способность объяснить, преобразовать инфор-

мацию, описать причинно-следственные связи и т.д.).

3. Применение (индикаторы – использование знаний в новых ситуациях, способность действовать по алгоритму и адаптировать ситуации).

4. Аналитический (индикаторы – способность анализировать новые ситуации, классифицировать объекты, определять функциональные зависимости и т.д.).

5. Творческий и оценочный (индикаторы – способность к обобщению, выработка критериев и оценка фактов и явлений, формулирование выводов и т.д.).

Обратная связь в учебном процессе обеспечивается средствами контроля знаний. Выделяют три типа контроля: входной, текущий, итоговый. Пусть структура дистанционного курса (ДК) имеет вид:

$$eLC = \langle Lsn, Prp, SubPurp, R, SubCtrl, Correct, MainCtrl \rangle,$$

где *Lsn* – урок, состоящий из последовательно ранжированных целей *Prp*. Ранг урока определяется максимальным рангом цели;

*Prp* – дидактическая цель, численно характеризуется максимальным рангом *R* подцели.

*SubPurp* – дидактическая подцель, характеризуется рангом *R* подцели.

*R* – ранг цели,  $R \in [1..5]$ ;

*SubCtrl* – набор действий по контролю усвоения материала. В ходе изучения курса обучаемый проходит либо не проходит текущий контроль;

*Correct* – последовательность запланированных действий для коррекции знаний обучаемого. Коррекция выполняется, если обучаемый не прошел текущий контроль *SubCtrl* по *SubPurp*. Набор запланированных корректирующих действий гарантирует, что обучаемый обязательно достигает необходимого уровня знаний для продолжения обучения;

*MainCtrl* – итоговый контроль по завершению ДК. Выполняет проверку по каждой цели.

## 2. Количественная оценка качества УчМ

На основе рангов целей возможно выполнить оценку параметров ДК. Определим качество курса как совокупность его собственных характеристик, обуславливающих качество знаний студентов в результате изучения данного курса не менее 70%. Обозначим среднее ка-

чество знаний студентов по ДК как  $Q^{St}$ . Примем ряд допущений:

- Коэффициент уровня сложности ДК  $K_{СлДК}$  примем равным 1 ( $K_{СлДК} \in [1..3]$ ).

- Коэффициент уровня подготовки студентов  $K_{ПСт}$  примем равным 1 ( $K_{ПСт} \in [1..3]$ ).

- Коэффициент итогового контроля  $K_{Ит}$  примем равным 1 ( $K_{Ит} \in [0..1]$ ).

Усвояемость из корректирующих учебных материалов  $\mu_{КоррSt}$  зависит от результатов текущего контроля: неудовлетворительные результаты текущего предполагают коррекцию:

$$\mu_{КоррSt} = \frac{L_{TKSt} - \mu_{TKSt}}{0.7}, \quad (1)$$

где  $L_{TKSt}$  – эталонные результаты текущего контроля при 100% усвояемости, определяются на первоначальном этапе ввода ДК;

$\mu_{TKSt}$  – усвояемость по результатам текущего контроля;

0.7 – допустимый порог знаний. Усвоенные знания корректирующих материалов оцениваются на уровне 70% от максимального значения, определенного разработчиком курса на первоначальном этапе ввода ДК.

Результаты изучения корректирующих материалов:

$$\mu_{КоррSt}^{Ик} = \frac{\mu_{ИкSt} - \mu_{TKSt}}{0.7}. \quad (2)$$

Результаты изучения учебных материалов с учетом фактических результатов текущего и итогового контроля:

$$L_{TK\Sigma St}^{ИК} = \frac{\mu_{ИК\Sigma St} - 0.3\mu_{TK\Sigma St}}{0.7} \quad (3)$$

Используем коэффициент детерминации для определения тесноты связи различных видов контроля. Коэффициент детерминации:

$$\eta^2 = r^2 \cdot 100\%, \quad (4)$$

где  $r$  – коэффициент корреляции.

Коэффициент корреляции текущего и итогового контроля:

$$r_{TK,ИК} = \frac{\sum(\mu_{ИК} - \overline{\mu_{ИК}})(\mu_{TK} - \overline{\mu_{TK}})}{\sqrt{\sum(\mu_{ИК} - \overline{\mu_{ИК}})^2 \sum(\mu_{TK} - \overline{\mu_{TK}})^2}} \quad (7)$$

Коэффициент корреляции коррекции и итогового контроля:

$$r_{Корр,ИК} = \frac{\sum(\mu_{ИК} - \overline{\mu_{ИК}})(\mu_{Корр} - \overline{\mu_{Корр}})}{\sqrt{\sum(\mu_{ИК} - \overline{\mu_{ИК}})^2 \sum(\mu_{Корр} - \overline{\mu_{Корр}})^2}} \quad (8)$$

Качество курса:

$$Q_{DK} = K_{ИК} \cdot \frac{K_{СлДК}}{K_{ПСм}} \cdot (q_{TK} + q_{Корр} + q_{УчМ}), \quad (9)$$

где коэффициент качества текущего контроля  $q_{TK} = \frac{\mu_{TK}}{\mu_{ИК}} \cdot \eta_{TK,ИК}^2$ ,

коэффициент качества коррекции

$$q_{Корр} = \frac{\mu_{Корр}}{\mu_{Корр}} \cdot \eta_{Корр,ИК}^2,$$

коэффициент качества УчМ

$$q_{УчМ} = \frac{L_{TK\Sigma St}^{ИК}}{L_{TK\Sigma St}} \cdot \eta_{УчМ,ИК}^2.$$

Таким образом, основными характеристиками ДК являются эффективность ДК и качество ДК на основе показателей качества результатов образования. Отрицательный коэффициент корреляции является показателем завышенных оценок, не подтвержденных итоговым контролем.

### Программная реализация.

Имитационная модель процесса изучения ДК реализована средствами платформы .NET и СУБД Oracle. Приложение выполняет численную оценку ДК. Поведение учеников генерируется случайным образом. Фрагмент структурной модели ДК приведен в таблице 1.

Таблица 1. Модель абстрактного курса

№ урока	Цели урока					Контроль	Ранг урока	Понятия урока	
	Цель	Ранг	Понятия цели	Подцель	Ранг				Понятия подцели
Lsn <sub>1</sub>	Prp <sub>1.1</sub>	3	C <sub>100</sub> , C <sub>101</sub> , C <sub>102</sub>	SbPrp <sub>1.1.1</sub>	1	C <sub>100</sub> , C <sub>101</sub> , C <sub>102</sub>	Ctr <sub>1.1.1</sub>	4	C <sub>100</sub> , C <sub>101</sub> , C <sub>102</sub> ,
				SbPrp <sub>1.1.2</sub>	2		Ctr <sub>1.1.2</sub>		
				SbPrp <sub>1.1.3</sub>	3		Ctr <sub>1.1.3</sub>		
	Prp <sub>1.2</sub>	3	C <sub>103</sub> , C <sub>104</sub> , C <sub>105</sub>	SbPrp <sub>1.2.1</sub>	1	C <sub>103</sub> , C <sub>104</sub> , C <sub>105</sub>	Ctr <sub>1.2.1</sub>		C <sub>103</sub> , C <sub>104</sub> , C <sub>105</sub> ,
				SbPrp <sub>1.2.2</sub>	2		Ctr <sub>1.2.2</sub>		
				SbPrp <sub>1.2.3</sub>	3		Ctr <sub>1.2.3</sub>		
	Prp <sub>1.3</sub>	4	C <sub>100</sub> , C <sub>101</sub> , C <sub>102</sub> , C <sub>104</sub> , C <sub>106</sub> , C <sub>107</sub> , C <sub>108</sub>	SbPrp <sub>1.3.1</sub>	1	C <sub>106</sub> , C <sub>107</sub> , C <sub>108</sub>	Ctr <sub>1.3.1</sub>		C <sub>106</sub> , C <sub>107</sub> , C <sub>108</sub>
				SbPrp <sub>1.3.2</sub>	2		Ctr <sub>1.3.2</sub>		
				SbPrp <sub>1.3.3</sub>	3		Ctr <sub>1.3.3</sub>		
				SbPrp <sub>1.3.4</sub>	4	C <sub>100</sub> , C <sub>101</sub> , C <sub>102</sub> , C <sub>104</sub> , C <sub>106</sub> , C <sub>107</sub> , C <sub>108</sub>	Ctr <sub>1.3.4</sub>		
SbPrp <sub>5.3.3</sub>				5	C <sub>108</sub> , C <sub>128</sub> , C <sub>129</sub> , C <sub>139</sub> , C <sub>140</sub>	Ctr <sub>5.3.3</sub>			
SbPrp <sub>5.3.4</sub>	5	C <sub>139</sub> , C <sub>140</sub>	Ctr <sub>5.3.4</sub>						
SbPrp <sub>5.3.5</sub>	5	C <sub>108</sub> , C <sub>128</sub> , C <sub>129</sub> , C <sub>130</sub> , C <sub>131</sub> , C <sub>139</sub> , C <sub>140</sub>	Ctr <sub>5.3.5</sub>						

Имитация модели процесса обратной связи для подцели **SPrp<sub>1.1.1</sub>** приведена в табл.2. По результатам контроля выполняется переход к следующей порции УчМ FW, в случае диагностики отклонения от эталонной модели выпол-

няется коррекция знаний с помощью мероприятий SU; невосприимчивость к коррекции завершается возвратом к полному повторению пройденного BW. Каждый урок определяется целью. Главная цель разбита на подцели. Ранг

урока визначається максимальним рангом цілі. Ранг цілі визначається максимальним рангом підцелі. Кожна підцель супроводжується заходами контролю і корекції. В про-

цесі навчання виконується корекція рівня засвоєння понять, визначеного рангом підцелі або заходами корекції.

**Таблиця 2.** Фрагмент моделі зворотного зв'язу

Контроль	Дії за результатами контролю (корекція SU/перехід до нов. УчМ FRW/перехід назад BW)	Доп. поняття	Ранг засвоєння доп. поняття
<i>Ctrl.1.1</i>	SU <sub>1.1.1.1</sub>	C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub>	2
	SU <sub>1.1.1.2</sub>	C <sub>1</sub> , C <sub>3</sub>	2
	SU <sub>1.1.1.3</sub>	C <sub>2</sub> , C <sub>4</sub>	3
	FRW <sub>1.1.1</sub>	—	—
	BW <sub>1.1.1</sub>	—	—

Засобами платформи Microsoft.NET і СУБД Oracle 11g сгенеровані імітаційні дані вивчення 5 дистанційних курсів 30 студентами. Серед студентів виділені категорії:

- 5 студентів належать до категорії «неуспішних».

- 5 студентів належать до категорії «відмінних».
- У 20 студентів «середні» результати успішності.

Структура ДК наведена в табл. 3. Для виконання аналізу результатів навчання засобами Analytic Workspace Manager Oracle 11g (AWM) створені вимірювання гіперкубів, наведені в табл. 4

**Таблиця 3.** Структура ДК

Назва курсу	Уроки	Цілі	Середня цілей	Підчиненні цілі	Середня підчинених цілей	Тек. контроль	Середня тек. контролю	Корекція	Середня корекцій
ДК 1	7,00	26,00	3,71	77,00	2,96	220,00	2,86	649,00	2,95
ДК 2	14,00	49,00	3,50	150,00	3,06	449,00	2,99	1301,00	2,90
ДК 3	14,00	47,00	3,36	249,00	5,30	711,00	2,86	2152,00	3,03
ДК 4	28,00	82,00	2,93	259,00	3,16	819,00	3,16	2479,00	3,03
ДК 5	28,00	87,00	3,11	138,00	1,59	390,00	2,83	1177,00	3,02
ВСЕГО:	91,00	291,00	—	873,00	—	2589,00	—	7758,00	—
Середня:	18,20	58,20	3,32	174,60	3,21	517,80	2,94	1551,60	2,98

**Таблиця 4.** Структура вимірювань гіперкубів

Назва вимірювання	STUD	PURP	SUBCTRL	CORRECT
Описання, кол. рядків	Дані про студентів, 30	Дані про цілі уроку, 291	Дані про поточний контроль, 2589	Дані про процес корекції знань, 7758
Рівні	STUD	DK, LSN, PURP	DK, LSN, PURP, SUBPURP, SUBCTRL	DK, LSN, PURP, SUBPURP, SUBCTRL, CORRECT
Тип схеми	«Зірка»	«Сніжинка»	«Сніжинка»	«Сніжинка»

На основі вимірювань створені куби для аналізу результатів поточного контролю, корекції знань і кінцевого контролю. При перегляді куба засобами доступні фільтри, переходи між рівнями ієрархії вимірювань

і управління макетом розміщення елементів в робочій області. На рис. 1 показані результати корекції знань навчаних. Час завантаження даних порівняно з звичайними засобами OLTP-баз скорочується в сотні раз

и выполняется в интервале от нескольких секунд до 2-3 минут в зависимости от характеристик рабочей станции. Аналогичный запрос

средствами OLTP-базы выполняется несколько часов либо приводит к сбою работы сервера базы данных.

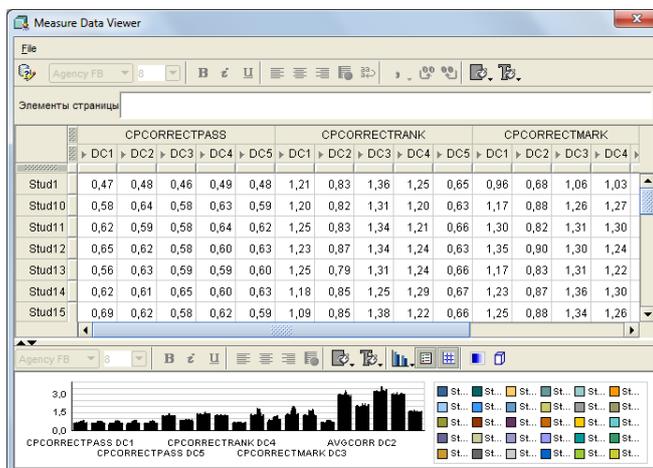


Рис. 1. Просмотр гиперкуба с данными о результатах корректировки знаний обучаемых

Результаты изучения и количественной оценки качества элементов ДК по 12-балльной шкале приведены в табл. 5.

Табл. 5. Результаты оценки качества ДК

Название курса	Количество уроков	Максимальное значение усвояемости знаний курса	Результаты текущего контроля	Результаты коррекции	Итоговый контроль	Коэффициент качества УчМ	Коэффициент качества текущего контроля	Коэффициент качества коррекции	Качество курса
ДК1	7	8,23	5,84	2,38	4,71	14,71	5,26	9,01	28,98
ДК2	14	10,13	8,84	1,28	9,50	29,61	24,816	21,28	75,71
ДК3	14	9,61	7,90	1,70	8,66	30,52	24,53	14,7	69,75
ДК4	28	4,07	3,89	0,17	3,52	8,56	8,1	7,53	24,19
ДК5	28	5,33	4,88	0,44	4,05	14,05	9,86	11,48	35,39

Полученные результаты позволяют сделать выводы о качестве элементов курсов и качестве всего ДК, использование OLAP-технологий позволяет настраивать требуемую детализацию отчетности для выявления «проблемных» элементов курса. Для ДК1 и ДК4 определены низкие показатели качества: 28,98 и 24,19 соответственно. Для ДК1 необходима модернизация текущего контроля, для ДК4 – полная переработка элементов курса.

### Заключение

Разработан метод количественной оценки качества элементов ДК, который в отличие от существующих методов основан на показателях качества результатов образования, ранжировании дидактических целей и связности элементов ДК, что позволяет выполнять сравнение показателей качества ДК независимо от предметной области курса. Данный метод может

быть использован в информационных системах мониторинга качества электронного образования.

### Литература

1. Образование. [Текст]/ЮНЕСКО 1995-2010. – 2010. – Режим доступа: <http://www.unesco.org/new/ru/unesco/themes/major-programmes/education/ed/>.
2. About Bologna Process [Text]/ The official Bologna Process website 2010-2012. – 2010. – Access mode: <http://www.ehea.info/>.
3. Budapest-Vienna Declaration on the European Higher Education Area [Text]/ European Higher Education Area. – March 12, 2010. – Access mode: [http://www.ond.vlaanderen.be/hogeronderwijs/bologna/2010\\_conference/index.htm/](http://www.ond.vlaanderen.be/hogeronderwijs/bologna/2010_conference/index.htm/).
4. Education for All International Coordination [Text]/ UNESCO 1995-2010. – 2010. – Access mode: <http://www.unesco.org/new/en/education/themes/leadin>

[g-the-international-agenda/education-for-all-international-coordination/](http://www.g-the-international-agenda/education-for-all-international-coordination/).

5. Концепція забезпечення якості освіти у Східноукраїнському національному університеті імені Володимира Даля відповідно до стандартів та норм Європейського простору вищої освіти. – Режим доступу: <http://www.snu.edu.ua/index.php?mode=257>. – Назва з екрана.

6. ДСТУ ISO 9000-2007. Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів (Вимоги ISO 9000:2007, IDT) [Текст]. – На заміну ДСТУ ISO 9000-2001; введ. 2008-01-01. – К: Держспоживстандарт України, 2008. – 29 с.

7. ДСТУ ISO 9004-2001. Системи управління якістю. Настанови щодо поліпшення діяльності (Вимоги ISO 9000:2007, IDT) [Текст]. – На заміну ДСТУ ISO 9004-1-95; введ. 2001-27-06. – К: Держспоживстандарт України, 2001. – 60 с.

8. Pawlowski J. M. The Quality Adaptation Model: Adaptation and Adoption of the Quality Standard ISO/IEC 19796-1 for Learning, Education, and Training. [Text]/ J. M. Pawlowski // Educational Technology & Society. – 2010. №10 (2). p. 3-16. – [Access mode]: [http://www.ifets.info/journals/10\\_2/2.pdf](http://www.ifets.info/journals/10_2/2.pdf).

9. Ehlers U. Handbook on Quality and Standardization in E-Learning [Text]/ U. D. Ehlers, J. M. Pawlowski. – Heidelberg: Springer Berlin. – 2006. – 580 p. – ISBN – 10 3-540-32787-8, ISBN – 978-3-540-32787-5.

10. Боцула М. П. О проблеме экспертизы качества материалов дистанционных курсов/ М.П. Боцула, И.А. Моргун // Наукові праці ВНТУ. – 2008. – № 4. с – 2-6.

11. Келеберда И.Н. Перспектива реализации индивидуальной траектории обучения для учащихся с SCORM-курсами [Электронный ресурс] / И.Н.Келеберда, Д.С. Негурица, В.В.Сокол // Educational Technology & Society. – 2008. – №11(3). – ISSN 1436-4522. – [Режим доступа]: [http://ifets.ieee.org/russian/depository/v11\\_i3/html/10.htm](http://ifets.ieee.org/russian/depository/v11_i3/html/10.htm)

12. Стандарты информационных технологий в обучающих системах [Текст]/ Портал "Дистанционное обучение". – 2006-2010. – Режим доступа: - <http://dstudy.ru/?item=f8f8fe70-3cb8-407e-9f7e-c22a64c3e3e8>. – Название с экрана.

13. Learning Technology System Architecture (LTSA) [Text]/ GDPA Online. Bremen. – [Access mode]: <http://www.informatik.uni-bremen.de/uniform/gdpa/gdpa06.htm> - Title from screen.

14. IEEE computer society. [Text]/ IEEE Home Page. – 2010. – [Access mode]: <http://www.computer.org/portal/web/guest/home>.

15. ARIADNE – Welcome [Text]/ ARIADNE Foundation for the Knowledge Pool. – 2010. – [Access mode]: <http://www.ariadne-eu.org/index.php>.

16. IMS Serves Educational Technology and Content Suppliers [Text] /2001-2010 IMC Global Learning Consortium, Inc. – [Access Mode]: <http://www.imsglobal.org/edsuppliers.html>.

17. Advanced Distributed Learning [Text]/ Advanced Distributed Learning. – USA. – 2010. – [Access mode]: <http://www.adlnet.gov/Pages/Default.aspx>.

18. Tereza L. Ju. Factors that affect user intention toward e-learning system - integrating information quality, system quality and habitual domain with TAM [Text]/ Tereza L. Ju, Hao-Fan Chung, Yu-Hsin Chu. IADIS International Conference e-Learning 2007. – p. 415-420. - ISBN: 978-972-8924-42-3. – [Access mode]: [http://www.iadis.net/dl/final\\_uploads/200711L053.pdf](http://www.iadis.net/dl/final_uploads/200711L053.pdf).

19. ISO/IEC 2382-36. Information technology – Vocabulary – Part 36: Learning, education and training [Text]/ ISO/IEC 2008. – 2008. – p. 14. – Режим доступа: <http://standards.iso.org/ittf/PubliclyAvailableStandards/index.html>.

20. Позднеев Б. М. Стандарт 19796 придет в Россию./ Б.М.Позднеев, Ю.А.Косульников, М.В.Сутягин, Б.Б.Позднеев. // Качество образования. – 2009. – №5. – с. 44-47.

21. IEEE standard for learning technology-learning technology systems architecture (LTSA), std 1484.1-2003 edition, 2003.

22. Орда О.А., Аноприенко А.Я. Создание информационной системы мониторинга успеваемости студентов на базе информационной системы ДонНТУ /Информационні управління системи та комп'ютерний моніторинг (IYC та КМ-2010): Матеріали I всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених – 19-21 травня 2010 р., Донецьк, ДонНТУ. – 2010. с. 93-98.

23. Орчаков О.А. Проектирование дистанционных образовательных курсов: пособие для преподавателей и методистов [Электронный ресурс]/О.А. Орчаков, А.А. Калмыков; ред. О.А. Орчакова. – М.: Издательство МНЭПУ, 2002. – 50 с. Режим доступа: <http://www.distance-learning.ru/db/el/160AE767CAA3B5E0C3256C5B005BCEC6/doc.html>

24. Donabedian, A. Explorations in Quality Assessment and Monitoring. Vol. 1. The Definition of Quality and Approaches to Its Assessment [Text]. Ann Arbor, MI: Health Administration Press. – 1980. – 203 p.– ISBN 10-0914904477