

УДК 574:004

ББК 20.1+73

Л-86

*Луценко Евгений Вениаминович*, профессор, доктор экономических наук, кандидат технических наук, профессор кафедры компьютерных технологий и систем факультета прикладной информатики ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина»; 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13; e-mail: [prof.lutsenko@gmail.com](mailto:prof.lutsenko@gmail.com); <http://lc.kubaagro.ru>;

*Лойко Валерий Иванович*, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой компьютерных технологий и систем факультета прикладной информатики ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина»; 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13; e-mail: [loyko9@yandex.ru](mailto:loyko9@yandex.ru);

*Барановская Татьяна Петровна*, профессор, доктор экономических наук, заведующая кафедрой системного анализа и обработки информации факультета прикладной информатики ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный им. И.Т. Трубилина»; 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13; e-mail: [bartp\\_2@mail.ru](mailto:bartp_2@mail.ru).

## КАК ПОСЧИТАТЬ КОЛИЧЕСТВО ИНФОРМАЦИИ О КАЧЕСТВЕ ЖИЗНИ В ЗНАЧЕНИЯХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ?\*

(рецензирована)

Существует большое количество различных показателей (частных критериев) качества жизни и различные способы их агрегирования в интегральном критерии. Существует также большое количество различных стандартов качества жизни различных уровней: от городских, до национальных и международных. Но во всех этих стандартах общим является наличие показателей, характеризующих качество природной окружающей среды, т.е. экологических факторов. Проблема заключается в том, что как показатели качества жизни, так и экологические факторы описываются в различных типах шкал (номинальных, порядковых и числовых) и в различных единицах измерения, и как сопоставимо обрабатывать их в одной модели не совсем понятно. Традиционно используются только числовые показатели, которые для обработки нормируются в относительных единицах относительно диапазона изменения величины и агрегируются как средние геометрические или просто средние. По мнению авторов и первое, и второе некорректно, т.к. нивелирует действие различных экологических факторов на качество жизни, что приводит к потере информации о силе и знаке влияния экологических факторов на результирующие показатели, характеризующие качество жизни. Для решения данной проблемы предлагается: 1) не отбрасывать показатели, измеряемые в номинальных и порядковых шкалах, а повышать их степень формализации до числовых и затем обрабатывать совместно с числовыми, этим обеспечивается возможность совместного использования разных типов шкал в одной модели; 2) сопоставимость обработки показателей, измеряемых в различных единицах измерения, обеспечить тем, что все они переводятся в одни единицы измерения: единицы измерения информации; 3) в качестве интегрального критерия использовать не средние, а

---

\* Работа поддержана грантом РФФИ: №16-06-00114а.

сумму информации в значениях экологических факторов о значениях показателей, характеризующих качество жизни. Однако в литературе такой подход не рассматривается. Восполнению указанного пробела и посвящена данная статья.

**Ключевые слова:** количество информации в значениях экологических показателей о качестве жизни.

**Lutsenko Evgeny Veniaminovich**, Professor, Doctor of Economics, Candidate of Technical Sciences, professor of the Department of Computer Technologies and Systems, Faculty of Applied Informatics, FSBEI HE "Kuban State Agrarian University named after. I.T. Trubilin"; 350044, Krasnodar, 13 Kalinin str.; e-mail: prof.lutsenko@gmail.com, <http://lc.kubagro.ru>;

**Loiko Valery Ivanovich**, Doctor of Technical Sciences, professor of the Department of Computer Technologies and Systems of FSBEI HE "Kuban State Agrarian University named after. I.T. Trubilin"; 350044, Krasnodar, 13 Kalinin str.; e-mail: loyko9@yandex.ru;

**Baranovskaya Tatyana Petrovna**, professor, Doctor of Economics, Head of the Department of System Analysis and Information Processing, Faculty of Applied Informatics, FSBEI HE "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin"; 350044, Krasnodar, 13 Kalinin str.; e-mail: [bartp\\_2@mail.ru](mailto:bartp_2@mail.ru).

## HOW TO CALCULATE INFORMATION QUANTITY ON THE LIFE QUALITY IN THE VALUES ECOLOGICAL FACTORS?\*

(reviewed)

There are a large number of different indicators (particular criteria) of the life quality and various ways of their aggregation in an integral criterion. There are also a large number of different standards of quality of life at various levels: from urban to national and international. However, in all these standards, the availability of indicators characterizing the quality of the natural environment is general, i.e. environmental factors. The problem is that both quality of life indicators and environmental factors are described in different types of scales (nominal, ordinal and numerical) and in different units of measurement, and how to process them in one model is not clear. Traditionally, only numeric indicators are used which, for processing, are normalized in relative units relative to the range of variation of the quantity and aggregated as average geometric indicators or simply average ones.

According to the authors, both the first and the second are incorrect, because they neutralize the effect of various environmental factors on the quality of life, which leads to a loss of information on the strength and sign of the influence of environmental factors on the resulting indicators that characterize the quality of life. To solve this problem it is proposed: 1) not to discard the indicators measured in nominal and ordinal scales, but to increase their degree of formalization to numerical ones and then process them together with numeric ones, this provides the possibility of sharing different types of scales in one model; 2) to ensure the comparability of the processing of indicators measured in different units of measurement by the fact that they are all transformed into one unit of measure: the unit of information; 3) to use as an integral criterion not the average one, but the amount of information in the values of environmental factors about the values of indicators that characterize the quality of life. However, this approach has not been considered in the literature. The article is aimed at completing this gap.

---

\* The work is supported by the RFFR grant: №16-06-00114a

**Key words:** amount of information in the values of environmental indicators on the quality of life.

Существует большое количество различных показателей (частных критериев) качества жизни и различные способы их агрегирования в интегральном критерии [1-5].

Существует также большое количество различных стандартов качества жизни различных уровней: от городских, до национальных и международных [2].

Но во всех этих стандартах общим является наличие показателей, характеризующих качество природной окружающей среды, т.е. экологических факторов.

**Проблема** заключается в том, что как показатели качества жизни, так и экологические факторы описываются в различных типах шкал (номинальных, порядковых и числовых) и в различных единицах измерения, и как сопоставимо обрабатывать их в одной модели не совсем понятно.

**Традиционно** для этого используются только числовые показатели, которые для обработки нормируются в относительных единицах относительно диапазона изменения величины (1) и агрегируются как средние геометрические (2) или просто средние (3), представляющих собой логарифм средних геометрических:

$$d_i = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (1)$$

где  $d_i$  – нормированное значение натурального показателя  $x_i$ ;  $x_{\min}$  – минимальное значение натурального показателя  $x_i$ ;  $x_{\max}$  – максимальное значение натурального показателя  $x_i$ .

$$D = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i} = \sqrt[n]{d_1 \cdot d_2 \cdot d_3 \dots d_n} \quad (2)$$

$$\text{Log}_2 D = \text{Log}_2 \left( \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i} \right) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{Log}_2 d_i \quad (3)$$

Фактически интегральные критерии (2) и (3) эквивалентны.

По мнению авторов и первое, и второе некорректно, т.к. нивелирует действие различных экологических факторов на качество жизни, что приводит к потере важнейшей информации о силе и знаке влияния экологических факторов на результирующие показатели, характеризующие качество жизни.

Для решения данной проблемы авторы предлагают:

1) не отбрасывать показатели, измеряемые в номинальных и порядковых шкалах, а повышать их степень формализации до числовых и затем обрабатывать совместно с числовыми, этим обеспечивается возможность совместного использования разных типов шкал в одной модели;

2) сопоставимость обработки показателей, измеряемых в различных единицах измерения, обеспечить тем, что все они переводятся в одни единицы измерения: единицы измерения информации;

3) в качестве интегрального критерия использовать не средние, а суммарное количественное информации в значениях экологических факторов о значениях показателей, характеризующих качество жизни.

Для повышения степени формализации номинальных и текстовых шкал до числовых предлагается использовать метризацию шкал с применением теории информации [3]. Если говорить более конкретно, то предлагается рассматривать все значения любых экологических факторов, измеряемых в различных типах шкал и в различных единицах измерения с одной общей для них всех точки зрения, а именно с точки зрения того, какое количество информации содержится в этих значениях факторов о значениях результирующих показателей, характеризующих качество жизни.

Это количество информации предлагается рассчитывать непосредственно на основе эмпирических данных, представленных в виде, приведенном в таблице 1:

Таблица 1 – Стандарт представления исходных данных

Наименование наблюдения (год, регион)	Результирующие показатели качества жизни				Экологические факторы		
Наблюдение-1				***			
Наблюдение-2				***			
***				***			
Наблюдение-N				***			

На светло-желтом фоне представлены классификационные шкалы, используемые для описания результирующих показателей качества жизни. Градации классификационных шкал являются классами.

На светло-зеленом фоне представлены описательные шкалы, используемые для описания экологических факторов. Градации описательных шкал – это значения экологических факторов.

И классификационные, и описательные шкалы могут быть как текстового типа (номинальные и порядковые), так и числового типа.

Если классификационная шкала текстового типа, то классами являются уникальные текстовые значения. Если классификационная шкала числового типа, то классами являются интервальные числовые значения.

Если описательная шкала текстового типа, то признаками являются уникальные текстовые значения. Если описательная шкала числового типа, то признаками являются интервальные числовые значения.

Эти интервальные числовые значения в числовых шкалах рассчитываются путем деления диапазона изменения значений числовой шкалы на заданное пользователем число интервальных числовых значений. Числовые интервалы шкалы могут быть равными, а могут быть адаптивными. В первом случае они содержат разное число наблюдений, а во втором примерно одинаковое. Если бы число наблюдений могло быть не целым числом, то адаптивные интервалы содержали бы точно равное число наблюдений.

Для расчета количества информации, содержащегося в значениях экологических факторов о значениях итоговых показателей качества жизни необходимо преобразовать исходные данные в информацию. Для этого необходимо [3]:

1. Разработать классификационные и описательные шкалы и градации.
2. Закодировать с их помощью исходные данные (таблица 1) и получить в результате базу событий или обучающую выборку, которая представляет собой базу

исходных данных, нормализованную с применением классификационных и описательных шкал и градаций.

3. Найти причинно-следственные зависимости между событиями моделируемой предметной области, описанными в обучающей выборке.

Предлагается следующий порядок преобразования эмпирических данных в информацию, а ее – в знания, на основе которых могут решаться задачи идентификации, прогнозирования, поддержки принятия решения и исследования моделируемой предметной области путем исследования ее модели (рисунок 1):

Последовательность обработки данных, информации и знаний в системе «Эйдос-Х++»

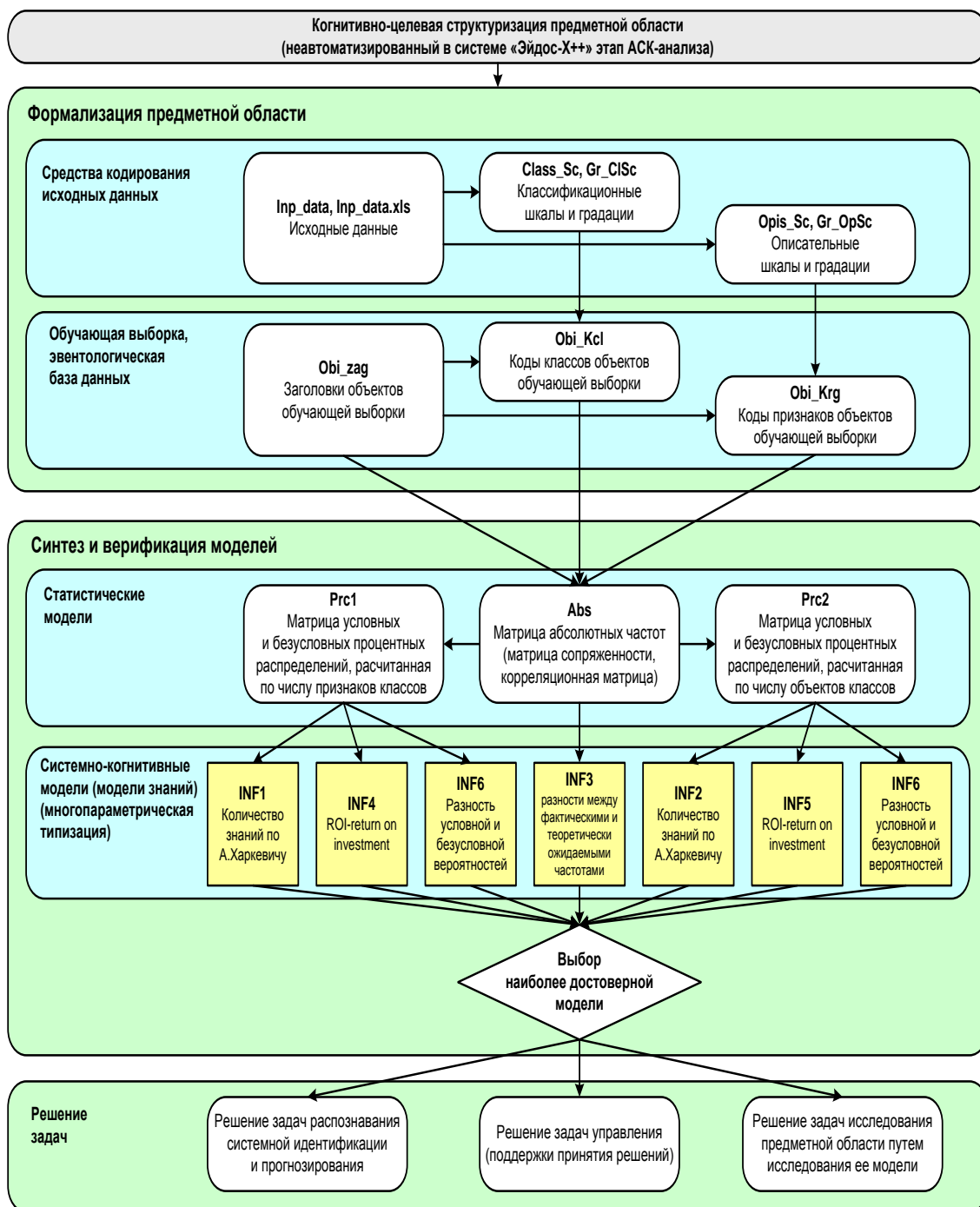


Рис. 1. Порядок преобразования эмпирических данных в информацию, а ее – в знания

Сам расчет этого количества информации в экологических факторах о качестве жизни не представляет собой никакой проблемы. Соответствующие математические

модели разработаны авторами и в постановке не зависящей от предметной области создан программный инструментарий, реализующий эти модели [3] (см. таблицы 1, 2, 3, 4). Сначала на основе эмпирических данных рассчитывается таблица 1, затем на ее основе таблица 2, затем с использованием формул, приведенных в таблице 3 рассчитывается таблица 4.

Таблица 1 – Матрица абсолютных частот наблюдения значений факторов со значениями показателей качества жизни

		Классы					Сумма
		1	...	j	...	w	
Значения факторов	1	$N_{11}$		$N_{1j}$		$N_{1w}$	
	...						
	i	$N_{i1}$		$N_{ij}$		$N_{iw}$	$N_{i\Sigma} = \sum_{j=1}^w N_{ij}$
	...						
	M	$N_{M1}$		$N_{Mj}$		$N_{Mw}$	
Суммарное количество признаков				$N_{\Sigma j} = \sum_{i=1}^M N_{ij}$			$N_{\Sigma\Sigma} = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^w N_{ij}$

Таблица 2 – Матрица условных и безусловных вероятностей наблюдения значений факторов со значениями показателей качества жизни

		Классы					Безусловная вероятность признака
		1	...	j	...	w	
Значения факторов	1	$P_{11}$		$P_{1j}$		$P_{1w}$	
	...						
	i	$P_{i1}$		$P_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_{\Sigma j}}$		$P_{iw}$	$P_{i\Sigma} = \frac{N_{i\Sigma}}{N_{\Sigma\Sigma}}$
	...						
	M	$P_{M1}$		$P_{Mj}$		$P_{Mw}$	
Безусловная вероятность класса				$P_{\Sigma j}$			

Таблица 3 – Частные критерии

Наименование модели знаний и частный критерий	Выражение для частного критерия	
	через относительные частоты	через абсолютные частоты
<b>INF1</b> , частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу, 1-й вариант расчета вероятностей: $N_j$ – суммарное количество признаков по j-му классу. Вероятность того, что если у объекта j-го класса обнаружен признак, то это i-й признак	$I_{ij} = \Psi \times \text{Log}_2 \frac{P_{ij}}{P_i}$	$I_{ij} = \Psi \times \text{Log}_2 \frac{N_{ij} N}{N_i N_j}$
<b>INF2</b> , частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу, 2-й вариант расчета вероятностей: $N_j$ – суммарное количество объектов по j-му классу. Вероятность того, что если предъявлен объект j-го класса, то у него будет обнаружен i-й признак.	$I_{ij} = \Psi \times \text{Log}_2 \frac{P_{ij}}{P_i}$	$I_{ij} = \Psi \times \text{Log}_2 \frac{N_{ij} N}{N_i N_j}$
<b>INF3</b> , частный критерий: <b>Хи-квадрат</b> : разности между фактическими и теоретически ожидаемыми абсолютными частотами	---	$I_{ij} = N_{ij} - \frac{N_i N_j}{N}$
<b>INF4</b> , частный критерий: ROI - Return On Investment, 1-й вариант расчета вероятностей: $N_j$ – суммарное количество признаков по j-му классу	$I_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_i} - 1 = \frac{P_{ij} - P_i}{P_i}$	$I_{ij} = \frac{N_{ij} N}{N_i N_j} - 1$
<b>INF5</b> , частный критерий: ROI - Return On Investment, 2-й вариант расчета вероятностей: $N_j$ – суммарное количество объектов по j-му классу	$I_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_i} - 1 = \frac{P_{ij} - P_i}{P_i}$	$I_{ij} = \frac{N_{ij} N}{N_i N_j} - 1$
<b>INF6</b> , частный критерий: разность условной и безусловной вероятностей, 1-й вариант расчета вероятностей: $N_j$ – суммарное количество признаков по j-му классу	$I_{ij} = P_{ij} - P_i$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_j} - \frac{N_i}{N}$
<b>INF7</b> , частный критерий: разность условной и безусловной вероятностей, 2-й вариант расчета вероятностей: $N_j$ – суммарное количество объектов по j-му классу	$I_{ij} = P_{ij} - P_i$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_j} - \frac{N_i}{N}$

Таблица 4 – Матрица условных и безусловных вероятностей наблюдения значений факторов со значениями показателей качества жизни

		Классы					Значимость фактора
		1	...	j	...	W	
Значения факторов	1	$I_{11}$		$I_{1j}$		$I_{1W}$	$\sigma_{1\Sigma} = \sqrt[2]{\frac{1}{W-1} \sum_{j=1}^W (I_{1j} - \bar{I}_1)^2}$
	...						
	i	$I_{i1}$		$I_{ij}$		$I_{iW}$	$\sigma_{i\Sigma} = \sqrt[2]{\frac{1}{W-1} \sum_{j=1}^W (I_{ij} - \bar{I}_i)^2}$
	...						
М	$I_{M1}$		$I_{Mj}$		$I_{MW}$	$\sigma_{M\Sigma} = \sqrt[2]{\frac{1}{W-1} \sum_{j=1}^W (I_{Mj} - \bar{I}_M)^2}$	
Степень редукции класса		$\sigma_{\Sigma 1}$		$\sigma_{\Sigma j}$		$\sigma_{\Sigma W}$	$H = \sqrt[2]{\frac{1}{(W \cdot M - 1)} \sum_{j=1}^W \sum_{i=1}^M (I_{ij} - \bar{I})^2}$

Частные критерии, приведенные в таблице 3, связывают условные и безусловные вероятности наблюдений значений факторов (таблица 2) с количеством информации в значениях экологических факторов о значениях показателей качества жизни (таблица 4).

В качестве интегрального критерия предлагается использовать суммарное количественное информации в значениях экологических факторов о значениях показателей, характеризующих качество жизни (4):

$$I_j = \sum_{i=1}^M I_{ij} L_i \quad (4)$$

где  $M$  – количество значений экологических факторов;  $I_{ij}$  – количество информации в  $i$ -м значении экологического фактора о  $j$ -м результирующем показателе качества жизни;  $L_i$  – массив-локатор, значения которого равны 0, если  $i$ -е значение экологического фактора не действовало, и 1, если действовало.

Применение предлагаемого подхода для исследования влияния экологических факторов на различные аспекты качества жизни обеспечивает синтез моделей большой размерности на основе неполных и зашумленных эмпирических данных, обеспечивающих сопоставившую обработку факторов различной природы, измеряемых в различных типах шкал (номинальных, порядковых и числовых) и в различных единицах измерения) [3]. При этом обеспечивается также поддержка принятия управленческих решений.

Необходимо отметить, что полученные решения могут быть локализованы для применения в разных регионах и адаптированы для учета динамики предметной области. Это обеспечивается тем, что предлагаемая методология расчета количества информации в экологических факторах о качестве жизни:

- воплощена в математической модели;
- разработана программная система, реализующая данную математическую модель;



– разработана методика применения данной программной системы для расчета количества информации в экологических факторах о качестве жизни непосредственно на основе эмпирических данных [7].

#### **Литература:**

1. Айвазян С.А. Интегральные индикаторы качества жизни населения: их построение и использование в социально-экономическом управлении и межрегиональных сопоставлениях. Москва: ЦЭМИ РАН, 2000. 118 с.
2. Васильев А.Л. Россия в XXI веке. Качество жизни и стандартизация. Москва: Стандарты и качество, 2003. 440 с.
3. Луценко Е.В. Метризация измерительных шкал различных типов и совместная сопоставимая количественная обработка разнородных факторов в системно-когнитивном анализе и системе «Эйдос» [Электронный ресурс] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). Краснодар: КубГАУ, 2013. №8(92). С. 859-883. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/58.pdf>, 1,562 у.п.л.
4. Закиров Р.Т. Оценка социально-экономического развития региона на основе анализа качества жизни населения: автореф. дис. ... канд. эконом. наук. Санкт-Петербург, 2006. 17 с.
5. Нугаев М.А. Социальные факторы качества жизни населения. Казань: Казан. гос. ун-т, 2005.
6. Трезорова О.Ю. Влияние инфраструктуры региона на качество жизни населения: автореф. дис. ... канд. эконом. наук. Великий Новгород, 2006. 20 с.
7. Модели и методы управления экономикой АПК региона [Электронный ресурс] / Трубилин А.И. [и др.]: монография. Краснодар: КубГАУ, 2012. 528 с. Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21683702>

#### **Literature:**

1. Ayvazyan S.A. *Integral indicators of the quality of life of the population: their construction and use in socio-economic management and interregional comparisons*. Moscow: CEMI RAS, 2000. 118 p.
2. Vasilyev A.L. *Russia in the XXI century. Quality of life and standardization*. Moscow: Standards and Quality, 2003. 440 p.
3. Lutsenko E.V. *Metrization of measuring scales of various types and joint comparable quantitative processing of dissimilar factors in systemic-cognitive analysis and in the Ados system [Electronic resource] // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University (Kuban State University)*. Krasnodar: KubSAU, 2013. № 8 (92). P. 859-883. Access mode: <http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/58.pdf>, 1,562 USP
4. Zakirov R.T. *Assessment of the socio-economic development of the region on the basis of the analysis of the quality of life of the population: abstract dis. ... Cand. of Economics*. St. Petersburg, 2006. 17 p.
5. Nugayev M.A. *Social factors of the quality of life of the population*. Kazan: Kazan state university, 2005.
6. Trezorova O.Yu. *Influence of the infrastructure of the region on the quality of life of the population: abstract dis. ... Cand. of Economics*. Veliky Novgorod, 2006. 20 p.

7. *Models and methods of managing the economy of the agro-industrial complex of a region [Electronic resource] / Trubilin A.I. [and others]: a monograph. Krasnodar: KubSAU, 2012. 528 p. Access mode: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21683702>*