

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ  
ИЗМЕРЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ  
ПРОДУКЦИИ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**METHODICAL ISSUES  
OF MEASUREMENT OF ENVIRONMENTAL HAZARDS  
OF TEXTILE INDUSTRY PRODUCTS**

*В.Б. ВЛАСОВ, В.М. УМЫВАКИН, М.Г. ДОБРОСОЦКИХ  
V.B.VLASOV, V.M. UMYVAKIN, M.G. DOBROSOTSKIKH*

**(Воронежский государственный технический университет,  
Воронежский государственный университет)  
(Voronezh State Technical University,  
Voronezh State University)**

E-mail: Vla-valerij@yandex.ru; umyvakin@mail.ru; dobrmax@yandex.ru

*В статье предлагается методический аппарат построения нелинейных частных и интегральной квалиметрических оценок продукции текстильного производства, имеющих вероятностную интерпретацию. Качество продукции текстильной промышленности (ПП) рассматривается как частная функция экологической опасности текстильных товаров.*

*The article proposes a methodical apparatus for constructing nonlinear partial and integral qualimetric estimates of textile production that have a probabilistic interpretation. The quality of textile products (PTP) is regarded as a private function of the environmental hazard of textile products.*

**Ключевые слова:** квалиметрическая оценка продукции текстильного производства, качество продукции текстильной промышленности, частные относительные и интегральная квалиметрические оценки, вероятностно-квалиметрический подход, коммутативность, ассоциативность, гладкость.

**Keywords:** qualitative evaluation of textile production, quality of products of the textile industry, particular relative and integral qualimetric estimates, probabilistic-qualimetric approach, commutativity, associativity, smoothness.

Несмотря на развивающуюся науку, технологии получения многих материалов для нужд человека не являются совершенными и наносят вред среде его обитания.

Важнейшими свойствами материалов для одежды являются гигиенические свойства: гигроскопичность, воздухопроницаемость, электризуемость и другие.

Из одежды могут выделяться и проникать в организм человека вредные вещества. Они попадают в волокна, нити, пряжу и материалы в процессе их производства. Поэтому принципиально важным представляется поиск возможных путей предотвращения экологической опасности текстильных материалов и изделий из них для человека и природы.

Введем следующие обозначения:  $y_j$  – значение  $j$ -го частного показателя качества (ПК) продукции текстильной промышленности (ПТП),  $y_j^*$  – пороговое (предельно допустимое) значение, отражающее нормативное требование к качеству ПТП по  $j$ -му ПК. Поставим им в соответствие две безразмерные величины, принимающие значения из интервала  $[0, 1]$ :  $\mu_j = \mu_j(y_j)$  – частную абсолютную квалиметрическую оценку ПТП и  $\varepsilon_j = \varepsilon_j(y_j^*)$  – соответствующий нормативный уровень по  $j$ -му ПК. Будем считать, что качество ПТП удовлетворяет требованиям по  $j$ -му частному ПК, если выполняется неравенство  $\mu_j \geq \varepsilon_j$ .

Преобразование ПК и соответствующих предельно допустимых значений к квалиметрической шкале  $[0, 1]$  может осуществляться различными способами, например:

$$\mu_j = \left[ \frac{(y_j^{\max} - y_j)}{(y_j^{\max} - y_j^{\min})} \right]^k, \quad (1)$$

$$\varepsilon_j = \left[ \frac{(y_j^{\max} - y_j^*)}{(y_j^{\max} - y_j^{\min})} \right]^k, \quad (2)$$

где  $y_j^{\min}$ ,  $y_j^{\max}$  – соответственно минимальное и максимальное значения  $j$ -го ПК.

При  $k=1$  имеем линейное преобразование, при  $k \neq 1$  – нелинейное.

Частная относительная квалиметрическая оценка  $d_j$  ПТП по  $j$ -му ПК является функцией двух величин:  $\varepsilon_j$  и  $\mu_j$ , которая должна удовлетворять следующим условиям [1...3]: 1)  $0 < d_j < 1$  при  $\mu_j \geq \varepsilon_j$ ; 2)  $d_j = 0$  при  $\varepsilon_j = 0$ ,  $\mu_j > 0$ ; 3)  $d_j = 0$  при  $\mu_j = 1$  и  $\mu_j > \varepsilon_j$ ; 4)  $d_j = 1$

при  $\mu_j = \varepsilon_j = 0$ . При  $\mu_j \geq \varepsilon_j$  условиям 1)...4) удовлетворяет частная относительная квалиметрическая оценка  $d_j$  вида:

$$d_j = [\varepsilon_j(1 - \mu_j)] / [\mu_j(1 - \varepsilon_j)]. \quad (3)$$

Пусть  $A$  – событие, состоящее в том, что не выполнено требование к качеству ПТП в целом, а  $B_j$  – событие, состоящее в том, что не выполнено требование к качеству ПТП по  $j$ -му ПК. Тогда в работе [1] показано, что  $\mu_j = P(B_j|A)$  – вероятность некачественности ПТП по  $j$ -му ПК при условии, что требования к качеству ПТП в целом не выполнены;  $\varepsilon_j = P(B_j)$  – вероятность некачественности ПТП по  $j$ -му ПК,  $d_j = P(A|\bar{B}_j)$  – вероятность невыполнения требований к качеству ПТП при условии, что требования выполнены по  $j$ -му ПК.

Доопределим частную относительную квалиметрическую оценку  $d_j$  следующим образом: 1)  $d_j = 1$  при  $\mu_j = \varepsilon_j = 1$ ; 2)  $d_j = 0$  при  $\mu_j = \varepsilon_j = 0$ ; 3)  $d_j = 1$  для всех  $\mu_j < \varepsilon_j$ . Отметим, что частная относительная квалиметрическая оценка  $d_j$  является убывающей функцией по  $\mu_j$  и возрастающей по  $\varepsilon_j$ .

Пусть качество ПТП характеризуется только двумя частными ПК –  $y_1$  и  $y_2$ , а  $d_1$ ,  $d_2$  и  $d = d(d_1, d_2)$  – соответствующие частные относительные и интегральная квалиметрические оценки. Сформулируем основные априорные требования (аксиомы), лежащие в основе вероятностно-квалиметрического подхода к построению нелинейной (неаддитивной) интегральной оценки (интегрального критерия) [1], [2].

1. Коммутативность:  $d(d_1, d_2) = d(d_2, d_1)$ . Свойство коммутативности характеризует равноценность или одинаковую важность частных оценок.

2. Ассоциативность:  $d(d(d_1, d_2), d_3) = d(d_1, d(d_2, d_3))$ . Смысл аксиомы ассоциативности в том, что в интегральной оценке агрегируются лишь частные относительные оценки, принадлежащие одному иерархическому уровню "дерева" качеств ПТП.

3. Гладкость – функция  $d(d_1, d_2)$  является многочленом.

В этом случае интегральная квалиметрическая оценка конструируется с помощью

применения одной и той же бинарной ассоциативной и коммутативной операции к частным относительным оценкам и является целой аналитической функцией от них. Общий вид таких оценок получается из теоремы [1], [3].

Теорема. В классе многочленов от двух переменных существуют лишь три (с точностью до постоянных коэффициентов) функции, для которых выполнены требования ассоциативности и коммутативности:

$$1) d = c = \text{const}, \quad (4)$$

$$2) d = d_1 + d_2 + c, \quad (5)$$

$$3) d = a(d_1 + d_2) + bd_1d_2 + a(a-1)/b, \quad (6)$$

где  $a, b, c$  – произвольные константы,  $b \neq 0$ .

Первая форма бинарной операции агрегирования (свертки) не представляет интереса, так как в этом случае интегральная оценка не зависит от частных оценок.

Вторая форма соответствует аддитивному интегральному критерию. Существенным недостатком данной интегральной оценки является невозможность описания с ее помощью взаимодействия отдельных частных оценок.

Наибольший теоретический и практический интерес представляет третья форма – наличие коэффициента  $b$  в знаменателе дроби не позволяет отнести полученную функцию (6) к первой или второй бинарным операциям свертки. При  $a=0$  третья форма соответствует мультипликативному критерию, а при  $a=1$  принимает вид:

$$d = d_1 + d_2 + bd_1d_2. \quad (7)$$

В этом случае интегральная оценка формируется из суммы вкладов частных оценок и членов  $bd_1d_2$ . Здесь коэффициент  $b$  определяет характер и результат взаимодействия пары "подсистем" – частных отно-

$$d(d_1, d_2, \dots, d_m) = \varphi^{-1} \left( \frac{1}{m} \varphi(d_1) + \frac{1}{m} \varphi(d_2) + \dots + \frac{1}{m} \varphi(d_m) \right).$$

Здесь  $\varphi$  – непрерывная, строго монотонная функция, а  $\varphi^{-1}$  – функция, обратная к ней. При  $\varphi(d_j) = \ln d_j$  имеем среднюю геомет-

рических квалитетических оценок. Введем дополнительные требования к виду интегральной квалитетической оценки ПТП.

4. Ограниченность:  $0 \leq d(d_1, d_2) \leq 1$  при  $0 \leq d_1, d_2 \leq 1$ . Это позволяет проводить параллели с квалитетрией и теорией вероятности.

5. Нейтральность:  $d(d_1, 0) = d_1$ ,  $d(0, d_2) = d_2$ ;  $d(0, 0) = 0$ ,  $d(1, 1) = 1$ .

Набору требований 1...5 удовлетворяет только интегральная оценка вида (8) при значении параметра  $b = 1$ :

$$d = d_1 + d_2 - d_1d_2 = 1 - (1-d_1)(1-d_2). \quad (8)$$

Отметим, что формула (8) совпадает с формулой вероятности суммы двух совместных независимых событий. Это позволяет использовать данную операцию для агрегирования частных относительных оценок, имеющих вероятностный смысл.

В общем случае для  $m$  неравноценных частных относительных квалитетических оценок интегральная оценка ПТП имеет следующую структуру [1...3], [5]:

$$d^\lambda = 1 - \prod_{j=1}^m (1-d_j)^{\lambda_j}, \quad (9)$$

где  $\lambda_j$  – весовые коэффициенты частных относительных оценок  $d_j$ , удовлетворяющие условию нормировки:

$$\sum_{j=1}^m \lambda_j = 1, \lambda_j \geq 0, j=1, 2, \dots, m. \quad (10)$$

Подчеркнем, что интегральная квалитетическая оценка  $d$  в формуле (9) при  $\lambda_j = 1/m$  является средней величиной в смысле ассоциативной средней по Колмогорову, которая вычисляется по формуле:

рическую. В нашем случае  $\varphi(d_j) = -\ln(1-d_j)$ , а величина  $d$  в формуле (9) является средней "квазигеометрической" величиной [2], [4].

Средневзвешенное квазигеометрическое есть среднее по Коши, то есть интегральная оценка  $d$  удовлетворяет условию:

$$\left[ 1 - \prod_{j=1}^m (1 - d_j) \right] \geq \max_{j=1,2,\dots,m} d_j \geq \left[ 1 - \prod_{j=1}^m (1 - d_j)^{\lambda_j} \right] \geq \sum_{j=1}^m \lambda_j d_j \geq \prod_{j=1}^m d_j^{\lambda_j} \geq \min_{j=1,2,\dots,m} d_j.$$

Следовательно, средневзвешенное квазигеометрическое является оценкой "сверху" для средневзвешенного арифметического и средневзвешенного геометрического и является неаддитивным обобщенным критерием, имеющим системный смысл ("целое больше суммы частей его составляющих").

$$\min(d_1, d_1, \dots, d_m) \leq d^* \leq \max(d_1, d_1, \dots, d_m).$$

При этом справедливо следующее соотношение [2]:

Для содержательной интерпретации квалиметрических оценок ПТП целесообразно использовать зеркальную вербально-числовую шкалу Харрингтона [2] (табл. 1 – уровень невыполнения требований к качеству продукции текстильного производства).

Таблица 1

№ п/п	Содержательное описание градаций	Числовое значение
1	Очень высокий	(0.8, 1)
2	Высокий	(0.63, 0.8]
3	Средний	(0.37, 0.63]
4	Низкий	(0.2, 0.37]
5	Очень низкий	(0, 0.2]

## ВЫВОДЫ

В работе показано, что нелинейная интегральная квалиметрическая оценка ПТП отличается от аналогов тем, что: 1) методики построения частных относительных квалиметрических оценок входят составной частью в методику построения интегральной оценки; 2) частные относительные и интегральная квалиметрические оценки имеют вероятностную интерпретацию; 3) является средневзвешенной квазигеометрической величиной, имеющей системно-синергетический смысл.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Каплинский А.И., Руссман И.Б., Умывакин В.М. Моделирование и алгоритмизация слабоформализованных задач выбора наилучших вариантов системы. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1991.
2. Зибров Г.В., Умывакин В.М., Швец А.В. Квалиметрические модели вербально-числового анализа экологической опасности территорий природно-хозяйственных геосистем // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2013, № 1. С.112...118.

3. Умывакин В.М., Власов В.Б., Климов А.В. Двухкритериальная модель управления устойчивым развитием территорий // Экономические науки. – 2010, № 10. С. 269...273.

4. Мищенко В.Я., Горбанева Е.П., Погребенная Е.А., Зубенко К.Ю. Роль экологической экспертизы в системе экспертиз недвижимости // Тр. 10-й Международ. научн.-практ. конф.: Высокие технологии в экологии / Гл. ред. В.И. Белоусов, отв. за вып. В.И. Белоусов. – 2007. С. 160...166.

5. Мищенко В.Я., Трухина Н.И., Меццержакова О.К. Экономические методы управления имуществом комплексом. – Воронеж: Воронеж. гос. архит.-строит. ун-т., 2003.

## REFERENCES

1. Kaplinskij A.I., Russman I.B., Umyvakin V.M. Modelirovanie i algoritimizacija slaboformalizovannyh zadach vybora nailuchshih variantov sistemy. – Voronezh: Izd-vo Voronezh. gos. un-ta, 1991.
2. Zibrov G.V., Umyvakin V.M., Shvec A.V. Kvalimetricheskie modeli verbal'no-chislovogo analiza jekologicheskoy opasnosti territorij prirodno-hozjajstvennyh geosistem // Vestnik Voronezh. gos. un-ta. Serija: Sistemnyj analiz i informacionnye tehnologii. – 2013, № 1. S.112...118.
3. Umyvakin V.M., Vlasov V.B., Klimov A.V. Dvuhkriterial'naja model' upravlenija ustojchivym razvitiem territorij // Jekonomicheskie nauki. – 2010, №10. S. 269...273.

4. Mishhenko V.Ja., Gorbaneva E.P., Pogrebennaja E.A., Zubenko K.Ju. Rol' jekologicheskoy jekspertizy v sisteme jekspertiz nedvizhimosti // Tr. 10-j Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf.: Vysokie tehnologii v jekologii / Gl. red. V.I. Belousov, otv. za vyp. V.I. Belousov. – 2007. S. 160...166.

5. Mishhenko V.Ja., Truhina N.I., Meshherjakova O.K. Jekonomicheskie metody upravlenija imu-

shhestvennym kompleksom. – Voronezh: Voronezh. gos. arhit.-stroit. un-t., 2003.

Рекомендована кафедрой технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью ВГТУ. Поступила 05.09.17.

---