

Компьютерный анализ экспертной оценки органолептического показателя качества вин

А.А. Халафян¹, *З.А. Темердашев¹, Т.И. Гугучкина², Ю.Ф. Якуба²

¹Кубанский государственный университет,

Российская Федерация, 350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149

²Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства, Российская Федерация, 350901, г. Краснодар, ул. 40-лет Победы, 39

*Адрес для переписки: Темердашев Зауаль Ахлоович, E-mail: temza@kubsu.ru

Поступила в редакцию 19 апреля 2017 г., после исправления – 3 июня 2017 г.

Объектами исследования были образцы виноградных вин, виноматериалов, игристых вин и винных напитков кубанских производителей. Группой специалистов, имеющих профильное образование и многолетний опыт работы в винодельческой отрасли, была проведена рабочая дегустация этих напитков по 100-балльной системе в «Северо-Кавказском зональном научно-исследовательском институте садоводства и виноградарства» (г. Краснодар). Показано, что при отсутствии согласия среди экспертов результаты экспертизы не будут отражать действительное состояние объектов исследования. В работе исследуются возможности компьютерного анализа данных при оценке единодушия экспертов и ранжировании образцов винодельческой продукции. Вычисления проведены в среде пакета STATISTICA с использованием модулей «Описательные статистики», «Надежность и позиционный анализ», «Ранговый дисперсионный анализ Фридмана» и «Кластерный анализ» (процедура иерархическая классификация), посредством которых осуществлена оценка единодушия экспертов и области их применимости при оценке качества испытуемых образцов. Посредством рангового дисперсионного анализа Фридмана оценено единодушие экспертов; методом надежности и позиционный анализ определен вклад каждого эксперта в оценку надежности дегустации вин, показаны преимущества статистики альфа Кронбаха при оценке единодушия дегустаторов; методом иерархической классификации и многомерного шкалирования проведено ранжирование образцов винной продукции.

Ключевые слова: виноградные вина, дегустационные оценки, компьютерный анализ единодушия экспертов

For citation: *Analitika i kontrol'* [Analytics and Control], 2017, vol. 21, no. 2, pp. 161-172

DOI: 10.15826/analitika.2017.21.2.010

Computer analysis of expert evaluation of the organoleptic quality indexes of wines

A.A. Khalaphyan¹, *Z.A. Temerdashev¹, T.I. Guguchkina², Yu.Th. Yakuba²

¹Kuban state university, ul. Stavropol, 149, Krasnodar, 350040, Russian Federation,

²The North Caucasian zonal scientific research institute of Horticulture and Viticulture, ul 40-letia Pobedy, 39, Krasnodar, 350901, Russian Federation

*Corresponding author: Zaua' A. Temerdashev, E-mail: temza@kubsu.ru

Submitted 19 April 2017, received in revised form 03 June 2017

The objects of the current research were the samples of grape wines, wine materials, sparkling wines and wine beverages of the Kuban origin. A group of experts with the specialized education and years of experience in the wine industry conducted a working tasting of these drinks on a 100-point scale in "North-Caucasian Zonal Research Institute of Horticulture and Viticulture" (Krasnodar). It was shown that in the absence of agreement among the experts the results of the current examination would not reflect the actual status of the objects of investigation. This paper explored the possibility of computer data analysis when assessing the unanimity of experts and ranking the samples of wine products. Calculations were performed

with the STATISTICA software package using “Descriptive statistics”, “Reliability and positional analysis, Friedman rank analysis of variance” and “Cluster analysis” (hierarchical classification procedure) modules through which the consensus of experts and the scope of their applicability in assessing the quality of test samples were evaluated. By using Friedman rank analysis of variance a consensus of experts was calculated, the method of reliability and positional analysis allowed determining the contribution of each expert in the evaluation of the reliability of wine tasting, the advantages of Cronbach’s alpha statistics in evaluating the consensus of tasters was shown, and by method of hierarchical classification and multidimensional scaling the full ranking of samples of wine products was performed.

Keywords: grape wine, organoleptic analysis, computer analysis of the consensus of experts.

Введение

Дегустация пищевых продуктов является основным инструментом оценки вкусовых качеств испытуемых образцов посредством анализа их органолептических свойств [1, 2]. Органолептические свойства вина являются основной характеристикой напитка, которая определяет успех у потребителей [3, 4]. В винодельческой отрасли во всех странах мира широко применяются принципы органолептической оценки для количественной оценки потребительских предпочтений [5].

Органолептическая оценка качества вин в России проводится согласно ГОСТ Р ИСО 8588-2008. Органолептический анализ. Методология. Испытания «А» - «Не А», идентичный международному стандарту ISO 8588:1987 «Sensory analysis - Methodology – «А»-«not А» test» [6]. В этом случае результаты дегустации могут быть обработаны с помощью критерия χ^2 , при малом числе ответов можно использовать критерий Фишера, а для определения порога восприятия – теорию обнаружения импульса. Для установления различия или подобия между двумя однородными продуктами в дегустационной практике руководствуются ГОСТ Р 53161-2008. «Органолептический анализ. Методология. Метод парного сравнения», который также идентичен международному стандарту ISO 5495:2005 «Organoleptic analysis - Methodology - Paired comparison test» [7], в основу которых положена оценка по интенсивности исследуемой характеристики методом парного сравнения. В случаях, когда природа различия между однородными продуктами неизвестна, т.е. не устанавливаются ни степень и направление различия между образцами продукта, ни то, какие именно органолептические свойства ответственны за различие в продуктах, рекомендуется руководствоваться ГОСТ Р 53159-2008. «Органолептический анализ. Методология. Метод треугольника», который также идентичен международному стандарту ISO 4120:2004 «Sensory analysis - Methodology - Triangle test» [8].

Несмотря на наличие нормативных документов, регламентирующих органолептическую оценку вин, экспертные методы определения их качества обладают определенными недостатками. Например, на результаты дегустации влияют состав экспертов, их количество, физиологические

особенности каждого эксперта на момент дегустации, субъективизм в восприятии органолептических свойств вин, несбалансированность вин и т.д. Поэтому обработка экспертных оценок включает проверку согласованности мнений экспертов (или классификацию экспертов, если нет согласованности) и усреднение мнений экспертов внутри согласованной группы. В работе [9] нами рассмотрены методы оценки согласованности экспертных оценок различными статистическими способами измерения объектов. Появившиеся статистические пакеты не только облегчили технологию статистического анализа данных, в десятки раз снизив их трудоемкость, но позволили более информативно и эффективно обрабатывать экспертные оценки.

Цель данной работы – на примере дегустации вин показать возможности компьютерного анализа данных в обработке результатов экспертных оценок органолептического критерия качества пищевых продуктов, как интегрального показателя взаимодействия химических соединений, формирующих органолептические свойства продукта.

Материал и методы исследования

Объектами исследования были 49 образцов виноградных вин, виноматериалов, игристых вин и винных напитков кубанских производителей. Марка, тип, группа и класс образцов указаны в табл. 1. Группой специалистов федерального государственного научного учреждения «Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства» (г. Краснодар) из 11 человек, имеющих профильное образование и многолетний опыт работы в отрасли, в начале 2016 г. проводилась рабочая дегустация этих напитков по 100-балльной системе с учетом требований ГОСТ Р 52813-2007 [10].

Для обработки результатов дегустации использовали такие методы многомерного анализа как иерархическая классификация, надежность и позиционный анализ, многомерное шкалирование, ранговый корреляционный и дисперсионный анализ Фридмана, реализованные в пакете STATISTICA с использованием модулей «Описательные статистики», «Надежность и позиционный анализ», «Ранговый дисперсионный анализ Фридмана» и «Кластерный анализ» (процедура иерархическая классификация) [11].

Таблица 1

Данные по номенклатуре испытуемой винной продукции

Table 1

Data on the nomenclature of the tested wine products

№ образца	Марка	Тип	Группа	Класс
1	Вино столовое «Шардоне»	Вино	сухое	белое
2	Вино «Шардоне Тамани»	Вино	сухое	белое
3	Вино «Совиньон»	Вино	сухое	белое
4	Вино «Алиготе - Рислинг Фанагории»	Вино	сухое	белое
5	Вино «Шардоне - Алиготе Фанагории»	Вино	сухое	белое
6	Вино «Шато Тамань Дуо»	Вино	сухое	белое
7	Вино «Саук-Дере белое»	Вино	сухое	белое
8	В/м «Даманское»	Виноматериал	сухое	белое
9	Вино «Крю Лермонт Шардоне Фанагории»	Вино	сухое	белое
10	Вино «Крю Лермонт Рислинг Фанагории»	Вино	сухое	белое
11	Вино «Алиготе Саук-Дере»	Вино	сухое	белое
12	Вино «Рислинг Саук-Дере»	Вино	сухое	белое
13	Вино «Совиньон Саук-Дере»	Вино	сухое	белое
14	Вино «Шардоне»	Вино	полусладкое	белое
15	Вино «Саук-Дере полусл.бел»	Вино	полусладкое	белое
16	Вино «Рислинг»	Вино	полусладкое	белое
17	Вино «Мускат»	Вино	полусладкое	белое
18	Вино «Премиум резерв Мускат»	Вино	сухое	белое
19	Вино «Мускат тамани»	Вино	полусладкое	белое
20	Вино «Шато Тамань Дуо»	Вино	сухое	розовое
21	Вино «Совиньон-Красноstop Тамани»	Вино	сухое	розовое
22	Вино «Роза Тамани»	Вино	полусладкое	розовое
23	Вино «Мерло»	Вино	сухое	красное
24	Вино «Мерло Саук-Дере»	Вино	сухое	красное
25	Вино «Премиум Резерв Мерло»	Вино	сухое	красное
26	Вино «Каберне»	Вино	сухое	красное
27	Вино «Каберне Тамани»	Вино	сухое	красное
28	Вино «Премиум Резерв Каберне-Савиньон»	Вино	сухое	красное
29	Вино «Саперави Тамани»	Вино	сухое	красное
30	Вино «Красноstop Тамани»	Вино	сухое	красное
31	Вино «Шато Тамань Дуо»	Вино	сухое	красное
32	В/м «Даманское»	Виноматериал	сухое	красное
33	Вино «Саук-Дере красное»	Вино	сухое	красное
34	Вино «Каберне Саку-Дере»	Вино	сухое	красное
35	Вино «Мерло»	Вино	полусладкое	красное
36	Вино «Каберне»	Вино	полусладкое	красное
37	Вино «Саук-Дере полусладкое красное»	Вино	полусладкое	красное
38	Шампанское «Шато Тамань»	Вино игристое	экстра брют	белое
39	Шампанское «Шато Тамань Резерв»	Вино игристое	экстра брют	белое
40	Шампанское «Фанагория, брют белое»	Вино игристое	брют	белое
41	Шампанское «Фанагория, брют белое»	Вино игристое	брют	белое
42	Шампанское «Фанагория, белое»	Вино игристое	полусладкое	белое
43	Шампанское «Шато Тамань»	Вино игристое	полусладкое	белое
44	Шампанское «Шато Тамань Резерв»	Вино игристое	экстра брют	розовое
45	Шампанское «Фанагория, розовое»	Вино игристое	полусладкое	розовое
46	В/н «Кагор Тамани десертный»	Напиток винный	-	-
47	В/н «Кагор 32 десертный»	Напиток винный	-	-
48	В/н «Кагор Славянский»	Напиток винный	-	-
49	В/н «Портвейн Славянский»	Напиток винный	-	-

Результаты и обсуждение

Структура дегустируемых сорока девяти образцов виноградных вин, виноматериалов, игристых вин и винных напитков составляла 35, 2, 8, 4 единицы соответственно. Результаты дегустационной

оценки сведены в табл. 2, строки соответствуют образцам винной продукции, столбцы – дегустаторам.

Традиционно в качестве интегрального показателя качества продукции используют среднее арифметическое баллов, выставленных экспертами.

Таблица 2

Результаты дегустационной оценки испытуемых образцов вин

Table 2

Results of the tasting evaluation of the tested wine samples

№ образца	Эксперты										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	84	89	80	76	81	82	67	80	85	83	82
2	84	88	80	80	81	86	78	82	86	82	85
3	83	90	81	81	83	82	79	82	84	79	88
4	81	90	82	82	84	96	87	85	86	84	85
5	85	88	84	83	82	93	89	81	87	86	88
6	83	84	84	79	84	84	94	80	85	86	89
7	84	86	81	80	80	80	76	79	82	63	80
8	84	86	85	83	84	84	91	83	86	84	87
9	83	89	89	82	88	90	77	80	87	86	90
10	91	89	87	83	87	90	90	87	87	69	94
11	89	90	91	88	90	96	95	91	90	84	90
12	87	89	93	90	92	94	92	94	91	73	92
13	93	95	82	89	90	94	97	85	90	88	91
14	83	92	80	80	81	81	82	90	78	86	88
15	83	88	81	79	82	80	85	82	82	79	83
16	80	92	82	79	83	82	81	79	86	79	88
17	79	89	84	79	84	83	81	84	86	84	86
18	75	94	86	84	81	86	97	84	88	80	89
19	86	90	83	82	85	84	99	82	85	84	90
20	83	85	84	83	85	84	91	85	84	77	85
21	84	89	80	76	81	82	67	80	85	83	82
22	84	88	80	80	81	86	78	82	86	82	85
23	83	90	81	81	83	82	79	82	84	79	88
24	81	90	82	82	84	96	87	85	86	84	85
25	85	88	84	83	82	93	89	81	87	86	88
26	83	84	84	79	84	84	94	80	85	86	89
27	84	86	81	80	80	80	76	79	82	63	80
28	84	86	85	83	84	84	91	83	86	84	87
29	83	89	89	82	88	90	77	80	87	86	90
30	91	89	87	83	87	90	90	87	87	69	94
31	89	90	91	88	90	96	95	91	90	84	90
32	87	89	93	90	92	94	92	94	91	73	92
33	93	95	82	89	90	94	97	85	90	88	91
34	83	92	80	80	81	81	82	90	78	86	88
35	83	88	81	79	82	80	85	82	82	79	83
36	80	92	82	79	83	82	81	79	86	79	88
37	79	89	84	79	84	83	81	84	86	84	86
38	75	94	86	84	81	86	97	84	88	80	89
39	86	90	83	82	85	84	99	82	85	84	90
40	83	85	84	83	85	84	91	85	84	77	85
41	85	88	84	83	82	93	89	81	87	86	88
42	83	84	84	79	84	84	94	80	85	86	89
43	84	86	81	80	80	80	76	79	82	63	80
44	84	86	85	83	84	84	91	83	86	84	87
45	83	89	89	82	88	90	77	80	87	86	90
46	91	89	87	83	87	90	90	87	87	69	94
47	89	90	91	88	90	96	95	91	90	84	90
48	87	89	93	90	92	94	92	94	91	73	92
49	83	84	84	79	84	84	94	80	85	86	89

Средние баллы дегустационных оценок представлены в табл. 3. Как видно, по среднему баллу (для сравнения статистик значимы величины, полученные с точностью до второго знака после запятой) лидерами дегустации являются образцы вин «Шато Тамань Дуо» (31), «Саук-Дере красное» (33) и, как ни странно, винный напиток «Кагор 32 десертный» (47), так как им соответствует наибольшее значение среднего балла (90.36). Последние места заняли также 3 образца винодельческой продукции – вина «Саук-Дере белое» (7), «Каберне Тамани» (27) и Шампанское «Шато Тамань» (43) с наименьшим средним значением баллов – 79.18.

Очевидно, что надежность экспертизы зависит от согласия (единодушия) экспертов в оценке качества продукции. Количественно согласие экспертов можно охарактеризовать величиной разброса баллов: при больших разбросах доверять результатам экспертизы нельзя и теряет смысл само понятие надежности экспертных оценок. Выборочные показатели разброса дегустационных баллов – стандартное отклонение s , выборочная дисперсия s^2 , коэффициент вариации v и размах R также представлены в табл. 3. Из табл. 3 видно, что малые разбросы наблюдаются у образцов 8, 15, 28,

35, 44; большие – у образцов 7, 10, 27, 30, 43. Это означает, что достоверность результатов дегустации первых 5 образцов превосходит достоверность в оценке качества последующих 5 образцов.

В работе [9] приведены различные критерии оценки согласованности экспертных оценок в балльных шкалах, в том числе статистики, характеризующие разброс балльных оценок. Существенным недостатком показателей разброса является то, что они принимают значения в произвольном диапазоне и утверждать, что приемлемое единодушие экспертов и надежность экспертизы достигнуты, затруднительно. К тому же показатели вычисляются для каждого объекта экспертизы, поэтому ни один из них не является интегральным показателем, характеризующим единодушие в оценке объектов в совокупности. Тем не менее, несправедливым было бы утверждение, что приведенные статистики избыточны, в определенной степени они информативны и их вычисление целесообразно для дифференцированного анализа единодушия экспертов применительно к каждому объекту экспертизы.

В качестве интегральных критериев единодушия экспертов при статистическом моделировании используют коэффициенты ранговой корреляции

Таблица 3

Статистические показатели обработки результатов дегустации*

Table 3

Statistical indicators of the processing of the tasting results*

№ образца	Основные статистики												
	Средний балл, \bar{x}	s_i	V_i	x_{min}	x_{max}	R	№ образца	Средний балл, \bar{x}	s_i	V_i	x_{min}	x_{max}	R
1	80.81	5.64	7%	67	89	22	26	84.73	4.08	5%	79	94	15
2	82.91	3.11	4%	78	88	10	27	79.18	5.96	8%	63	86	23
3	82.91	3.42	4%	79	90	11	28	85.18	2.32	3%	83	91	8
4	85.64	4.27	5%	81	96	15	29	85.55	4.41	5%	77	90	13
5	86.00	3.49	4%	81	93	12	30	86.73	6.53	8%	69	94	25
6	84.73	4.08	5%	79	94	15	31	90.36	3.20	4%	84	96	12
7	79.18	5.96	8%	63	86	23	32	89.73	5.93	7%	73	94	21
8	85.18	2.32	3%	83	91	8	33	90.36	4.39	5%	82	97	15
9	85.55	4.41	5%	77	90	13	34	83.73	4.58	5%	78	92	14
10	86.73	6.53	8%	69	94	25	35	82.18	2.64	3%	79	88	9
11	90.36	3.20	4%	84	96	12	36	82.82	4.21	5%	79	92	13
12	89.73	5.93	7%	73	94	21	37	83.55	3.01	4%	79	89	10
13	90.36	4.39	5%	82	97	15	38	85.82	6.23	7%	75	97	22
14	83.73	4.58	5%	78	92	14	39	86.36	5.01	6%	82	99	17
15	82.18	2.64	3%	79	88	9	40	84.18	3.22	4%	77	91	14
16	82.82	4.21	5%	79	92	13	41	86.00	3.49	4%	81	93	12
17	83.55	3.01	4%	79	89	10	42	84.73	4.08	5%	79	94	15
18	85.82	6.23	7%	75	97	22	43	79.18	5.96	8%	63	86	23
19	86.36	5.01	6%	82	99	17	44	85.18	2.32	3%	83	91	8
20	84.18	3.22	4%	77	91	14	45	85.55	4.41	5%	77	90	13
21	80.82	5.64	7%	67	89	22	46	86.73	6.53	8%	69	94	25
22	82.91	3.11	4%	78	88	10	47	90.36	3.20	4%	84	96	12
23	82.91	3.42	4%	79	90	11	48	89.73	5.93	7%	73	94	21
24	85.64	4.27	5%	81	96	15	49	84.73	4.08	5%	79	94	15
25	86.00	3.49	4%	81	93	12							

Примечание: * – здесь и далее для сравнения приводятся статистически значимые величины, полученные с точностью до второго знака после запятой

Спирмена и конкордации Кендалла, являющиеся непараметрическими аналогами корреляции Пирсона r и множественной корреляции R , если распределение переменных нормальное или несущественно отличается от нормального закона [11]. Коэффициент корреляции Спирмена (Пирсона) применяют, если экспертами оцениваются два объекта, конкордации Кендалла (множественной корреляции) – если их количество более двух. При вычислении непараметрических коэффициентов корреляции от значений реальных величин (в нашем случае балльных оценок) переходят к их рангам, которые представляют собою номера величин при их упорядочивании в порядке возрастания. Для вычисления коэффициентов корреляции Спирмена и конкордации Кендалла используют формулы:

$$R_s = 1 - \frac{6 \times \sum_1^m d_i^2}{m(m^2 - 1)} \quad (1)$$

где d_i – разности рангов обоих объектов по оценкам i -го эксперта;

$$W = \frac{12S^*}{m^2(n^3 - n)} \quad (2)$$

где m – число экспертов, n – число объектов, S^* – сумма квадратов отклонений $m \cdot n$ рангов от их среднего значения. В случаях, когда ранги экспертных оценок у всех образцов совпадают, то коэффициенты R_s и W равны 1, при отсутствии совпадений – 0. Для обоих коэффициентов предусмотрены процедуры вычисления в статистическом пакете.

С учетом числа дегустируемых образцов продукции виноделия (более двух), для определения коэффициента конкордации Кендалла использовали модуль «Ранговый дисперсионный анализ Фридмана». Для этого была преобразована табл. 2, в которой строки соответствуют экспертам, а столбцы – образцам. Результаты проведенных вычислений приведены в табл. 4.

Основная интересующая нас информация содержится в информационной части таблицы – коэффициент конкордации равен 0.474, он статистически значим, так как уровень значимости p критерия χ^2 -квadrat = 250.2 меньше, чем 0.05 ($p < 0.00$). Поэтому верным будет утверждение, что единодушие экспертов достигнуто, хотя величина коэффициента весьма далека от максимально возможного значения, равного 1. Таблица также содержит дифференцированную информацию по результатам дегустации каждого образца – приведены средние значения рангов (среднее значение места), суммы рангов (сумма мест), средние значения баллов и стандартные отклонения для каждого образца. Как видно, наивысшие оценки качества имеют образцы винодельческой продукции под номерами 11, 13, 33, 47, наименьшие – 7, 27, 43.

С другой стороны, коэффициенты ранговой корреляции Спирмена и конкордации Кендалла, как и все непараметрические методы, обладают существенным недостатком, они предполагают переход

от количественной шкалы измерения объектов к ранговой – порядковой шкале, что сопровождается значительной потерей информации об объектах. Например, в балльной шкале можно определить степень различия оценок экспертов посредством вычисления их разностей, а в ранговой шкале этого сделать невозможно, так как ранги – это всего лишь номера упорядоченных в порядке возрастания экспертных оценок (места). В работе [9] для оценки единодушия экспертов нами предложен интегральный критерий – статистика *альфа Кронбаха*:

$$\alpha = (n/(n-1)) \cdot [1 - \sum_{i=1}^n (s_i^2) / s_{\text{сум}}^2], \quad (3)$$

где s_i^2 – выборочная дисперсия i -го образца винной продукции, $s_{\text{сум}}^2$ – выборочная дисперсия суммарной шкалы – суммарных оценок экспертов. Выборочные дисперсии s_i^2 были представлены в табл. 3. Суммарные оценки респондентов (дегустаторов) – это суммы баллов, выставленные 11 экспертами при оценке 49 образцов вин. Как видно, среднее значение суммарных оценок равно 4169.64, а их выборочная дисперсия $s_{\text{сум}}^2 = 118.94^2 = 14146.72$.

Критерий был разработан в рамках модуля «Надежность и позиционный анализ» для построения надежных анкет (шкал) в психологии, которые имеют структуру, аналогичную таблице результатов экспертных оценок, если считать экспертов респондентами, а объекты подвергнутые экспертизе – позициями анкеты. Достоинство критерия в том, что вычисление статистики α не требует перехода от балльной шкалы, предположительно имеющей числовую природу, к более бедной порядковой шкале. Другое замечательное свойство в том, что α принимает значения из ограниченного диапазона [0, 1] и максимальное единодушие экспертов достигается, если $\alpha = 1$, что соответствует случаю, когда все эксперты одинаково оценили объекты экспертизы.

Результаты вычислений, произведенных модулем «Надежность и позиционный анализ», представлены в табл. 5.

В информационной части таблицы приведены основные итоги анализа – значение *альфы Кронбаха* = 0.95, стандартное отклонение = 118.94, среднее суммарной оценки дегустаторов = 4169.64. Близкое к 1 значение α говорит о высоком единодушии дегустаторов при оценке 49 образцов продукции виноделия. Еще один положительный момент критерия в том, что итоги позиционного анализа, приведенные в столбцах таблицы, позволяют ответить на вопрос, как изменятся основные статистики суммарной шкалы – среднее \bar{x} , дисперсия s^2 , стандартное отклонение s , *альфа Кронбаха* α при удалении из результатов дегустации образца, указанного в столбце *Переменная*.

Наибольший интерес представляет последний столбец, в котором приведены значения *альфы Кронбаха* с учетом удаления образцов. Образцы, которым соответствуют значения α при удалении, превышающие α для суммарной шкалы, снижают

Таблица 4

Результаты дисперсионного анализа Фридмана

Table 4

Results of the Friedman rank analysis of variance

Переменная (№ образца)	Ранговый дисперсионный анализ Фридмана и конкордация Кендалла. Хи-квадрат ($N_{\text{наблюдений}} = 11$, число степеней свободы = 48) = 250.196; $p < 0.000$, коэффициент конкордации = 0.474; среднее рангов $r = 0.421$				Переменная (№ образца)	Ранговый дисперсионный анализ Фридмана и конкордация Кендалла. Хи-квадрат ($N_{\text{наблюдений}} = 11$, число степеней свободы = 48) = 250.196; $p < 0.000$, коэффициент конкордации = 0.474; среднее рангов $r = 0.421$			
	средний ранг	сумма рангов	среднее	стандартное отклонение		средний ранг	сумма рангов	среднее	стандартное отклонение
1	11.95	131.50	80.82	5.64	26	21.45	236.00	84.73	4.08
2	17.00	187.00	82.91	3.11	27	7.73	85.00	79.18	5.96
3	17.50	192.50	82.91	3.42	28	25.68	282.50	85.18	2.32
4	25.55	281.00	85.64	4.27	29	28.50	313.50	85.55	4.41
5	27.59	303.50	86.00	3.49	30	33.68	370.50	86.73	6.53
6	21.45	236.00	84.73	4.08	31	41.55	457.00	90.36	3.20
7	7.73	85.00	79.18	5.96	32	39.64	436.00	89.73	5.93
8	25.68	282.50	85.18	2.32	33	41.91	461.00	90.36	4.39
9	28.50	313.50	85.55	4.41	34	19.91	219.00	83.73	4.58
10	33.68	370.50	86.73	6.53	35	12.14	133.50	82.18	2.64
11	41.55	457.00	90.36	3.20	36	16.55	182.00	82.82	4.21
12	39.64	436.00	89.73	5.93	37	19.86	218.50	83.55	3.01
13	41.91	461.00	90.36	4.39	38	29.68	326.50	85.82	6.23
14	19.91	219.00	83.73	4.58	39	29.73	327.00	86.36	5.01
15	12.14	133.50	82.18	2.64	40	21.27	234.00	84.18	3.22
16	16.55	182.00	82.82	4.21	41	27.59	303.50	86.00	3.49
17	19.86	218.50	83.55	3.01	42	21.45	236.00	84.73	4.08
18	29.68	326.50	85.82	6.23	43	7.73	85.00	79.18	5.96
19	29.73	327.00	86.36	5.01	44	25.68	282.50	85.18	2.32
20	21.27	234.00	84.18	3.22	45	28.50	313.50	85.55	4.41
21	11.95	131.50	80.82	5.64	46	33.68	370.50	86.73	6.53
22	17.00	187.00	82.91	3.11	47	41.55	457.00	90.36	3.20
23	17.50	192.50	82.91	3.42	48	39.64	436.00	89.73	5.93
24	25.55	281.00	85.64	4.27	49	21.45	236.00	84.73	4.08
25	27.59	303.50	86.00	3.49					

надежность дегустации. Видно, что это образцы 1, 9, 29, 14, 21, 34, 45 (отмечены жирным курсивом). Поэтому, чем меньше α в последнем столбце, тем вклад образца в надежность экспертизы или в единодушие экспертов выше. Так, наибольший вклад в надежность дегустации вносят образцы – 10, 30, 46, так как для них $\alpha = 0.9468$ принимает наименьшее значение. Таким образом, модуль «Надежность и позиционный анализ», позволяет оценить вклад каждого образца экспертизы в единодушие экспертов, такая возможность не предусмотрена ни в од-

ном из ранее перечисленных методов оценки согласованности экспертов.

При экспертных оценках надежность экспертизы зависит не только от изменчивости оцениваемых объектов, но также и от варибельности мнений экспертов в силу их определенной субъективности при оценке объектов. На согласованность мнений экспертов влияют не только индивидуальные особенности объектов экспертизы, но и индивидуальные особенности экспертов в восприятии органолептических свойств объектов: чем более

Таблица 5

Итоги позиционного анализа для испытуемых образцов вин

Table 5

Results of the positional analysis for the tested wine samples

Пере- менная (№ образца)	Итог для шкалы: среднее = 4169.64, стандартное отклонение = 118.94, $N_{\text{наблюдений}} = 11$, альфа Кронбаха = 0.95, стандартизованное значение альфа = 0.96				Пере- менная (№ об- разца)	Итог для шкалы: среднее = 4169.64, стандартное отклонение = 118.94, $N_{\text{наблюдений}} = 11$, альфа Кронбаха = 0.95, стан- дартизованное значение альфа = 0.96			
	\bar{x}	s^2	s	α		\bar{x}	s^2	s	α
1	4088.82	12730.88	112.83	0.9516	26	4084.91	12497.90	111.79	0.9491
2	4086.73	12517.83	111.88	0.9487	27	4090.45	12084.43	109.93	0.9481
3	4086.73	12358.56	111.17	0.9479	28	4084.45	12576.79	112.15	0.9487
4	4084.00	12332.18	111.05	0.9483	29	4084.09	12586.99	112.19	0.9498
5	4083.64	12422.96	111.46	0.9484	30	4082.91	11782.45	108.55	0.9468
6	4084.91	12497.90	111.79	0.9491	31	4079.27	12418.02	111.44	0.9482
7	4090.45	12084.43	109.93	0.9481	32	4079.91	12147.90	110.22	0.9485
8	4084.45	12576.79	112.15	0.9487	33	4079.27	12328.56	111.03	0.9483
9	4084.09	12586.99	112.19	0.9498	34	4085.91	12649.54	112.47	0.9503
10	4082.91	11782.45	108.55	0.9468	35	4087.45	12437.34	111.52	0.9481
11	4079.27	12418.02	111.44	0.9482	36	4086.82	12151.06	110.23	0.9472
12	4079.91	12147.90	110.22	0.9485	37	4086.09	12541.90	111.99	0.9488
13	4079.27	12328.56	111.03	0.9483	38	4083.82	11960.51	109.36	0.9476
14	4085.91	12649.54	112.47	0.9503	39	4083.27	12246.92	110.67	0.9483
15	4087.45	12437.34	111.52	0.9481	40	4085.45	12409.70	111.40	0.9481
16	4086.82	12151.06	110.23	0.9472	41	4083.64	12422.96	111.46	0.9484
17	4086.09	12541.90	111.99	0.9488	42	4084.91	12497.90	111.79	0.9491
18	4083.82	11960.51	109.36	0.9476	43	4090.45	12084.43	109.93	0.9481
19	4083.27	12246.92	110.67	0.9483	44	4084.45	12576.79	112.15	0.9487
20	4085.45	12409.70	111.40	0.9481	45	4084.09	12586.99	112.19	0.9498
21	4088.82	12730.88	112.83	0.9516	46	4082.91	11782.45	108.55	0.9468
22	4086.73	12517.83	111.88	0.9487	47	4079.27	12418.02	111.44	0.9482
23	4086.73	12358.56	111.17	0.9479	48	4079.91	12147.90	110.22	0.9485
24	4084.00	12332.18	111.05	0.9483	49	4084.91	12497.90	111.79	0.9491
25	4083.64	12422.96	111.46	0.9484					

Примечание: * – здесь и далее для сравнения приводятся значимые значения статистики α : 4 знака после запятой

они диаметрально, тем менее однородны результаты экспертизы. Модуль «Надежность и позиционный анализ» позволяет также оценить надежность экспертизы посредством анализа варибельности мнений экспертов в оценке всех объектов – достаточно его применить к табл. 2, не прибегая к транспонированию. В терминологии позиционного анализа это означает, что строки, обозначающие винную продукцию, – это респонденты, а столбцы, обозначающие экспертов, – это позиции или утверждения анкеты. Итоги анализа представлены в табл. 6, в информационной части, которой приведены: среднее значение суммарной шкалы = 936.04, стандартное отклонение = 32.45, статистика альфа Кронбаха = 0.848.

Для оценки степени влияния экспертов на единодушие, следует обратиться к последнему столбцу табл. 6, в котором приведены значения *альфы Кронбаха* при их исключении из дегустации. Сравнение α из этого столбца с оценкой надежности суммарной шкалы $\alpha = 0.848$, позволяет сделать вывод, что эксперты 1, 2, 3, 7, 8, 9 и 10 снижают согласованность дегустации: при их удалении α принимает значение, превышающее α суммарной шкалы. Эксперты 4, 5, 6, 11 напротив, повышают согласованность дегустации: при их удалении α принимает значение, меньшее α суммарной шкалы. При этом наиболее консолидированными являются дегустаторы 6, 4; наиболее разобщенными – 2 и 10.

На рис. 1 представлены графики *диаграмм размаха* дегустационных оценок для всех 11 экс-

Таблица 6

Итоги позиционного анализа для экспертов

Table 6

Results of the positional analysis for the experts

Переменная (№ эксперта)	Итог для шкалы: среднее значение = 936.04, стандартное отклонение = 32.45, $N_{\text{наблюдений}} = 49$, альфа Кронбаха = 0.848, стандартизованная альфа = 0.890			
	\bar{x}	s^2	s	α
Эксперт 1	853.38	1023.52	31.99	0.8601
Эксперт 2	848.90	1091.61	33.04	0.8681
Эксперт 3	853.24	979.58	31.29	0.8484
Эксперт 4	855.40	959.32	30.97	0.8408
Эксперт 5	853.08	968.67	31.12	0.8427
Эксперт 6	850.76	881.02	29.68	0.8378
Эксперт 7	850.76	817.90	28.59	0.8676
Эксперт 8	853.84	965.57	31.07	0.8499
Эксперт 9	851.80	1015.00	31.86	0.8505
Эксперт 10	857.08	1058.75	32.54	0.8988
Эксперт 11	849.96	980.99	31.32	0.8460

пертов, позволяющие провести их сравнение по средним оценкам (медианам), по разбросам (нижним – 25 %, верхним – 75 % квартилям, наибольшим – Макс и наименьшим – Мин оценкам). Анализ рис. 1 показывает, что наибольшие разбросы дегустационных оценок у экспертов 7 и 10 (размахи 32, 25), наименьшие – у экспертов 2 и 5 (размахи 11, 12). Наиболее лояльными при оценке качества представленной винной продукции были дегустаторы 2 и 7, наименее лояльным – дегустатор 8. Наиболее вариабельными были оценки у дегустаторов 7 и 10, наименее – у дегустаторов 2 и 5.

На диаграмме рассеяния (рис. 2), построенной модулем «Многомерное шкалирование», эксперты по результатам дегустации представлены в виде точек на плоскости. Из графика видно, что эксперты 4, 5, 6, 11 повышают согласованность дегустационной оценки и расположены близко друг к

другу, образуя кластер сходства по оценке продукции. К этому кластеру достаточно близко находятся эксперты 1, 3, 7, 8, 9, 11, а 2 и 10, вносящие наиболее деструктивный вклад в согласованность дегустации, расположены на значительном расстоянии как друг от друга, так и от остальных дегустаторов.

Таким образом, посредством различных статистических методов анализа нами установлено, что проведенная дегустация винной продукции обладает достаточной степенью единодушия, так как мнения большинства экспертов согласованы. Установленный факт делает обоснованным переход к интегральной оценке качества продукции и составления их рейтинга по результатам дегустации.

В табл. 3 представлены средние баллы для каждого образца по результатам проведенной дегустации. Но суммирование баллов при обработке экспертных оценок обладает существенным недостатком – происходит обезличивание признаков объектов дегустации, теряется специфичность, значимость в их описании. При дегустации качество

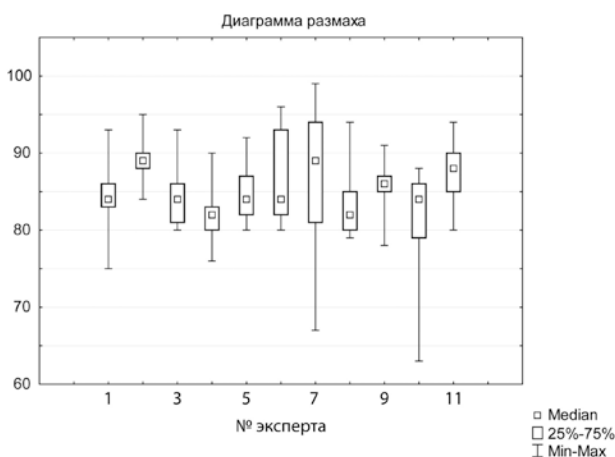


Рис. 1. Диаграммы размаха дегустационных оценок экспертов по средним оценкам (медианам) и разбросам

Fig. 1. Diagrams of the range of expert tasting assessments on average estimates (medians) and spreads

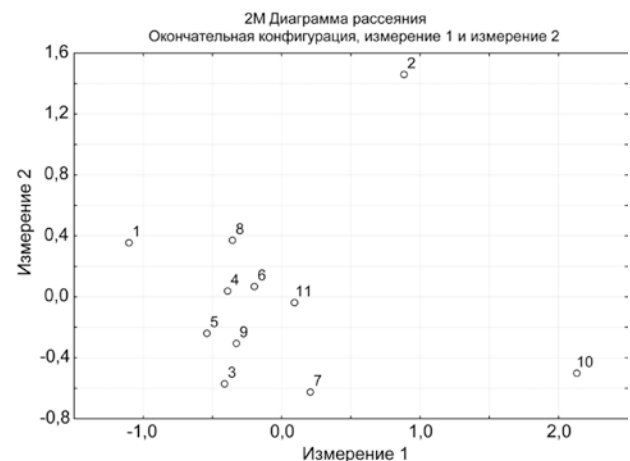


Рис. 2. Диаграмма рассеяния мнений экспертов

Fig. 2. Scatterplot of expert opinions

продукции оценивает сообщество специалистов – экспертов, каждый из которых обладает уникальными индивидуальными свойствами в восприятии вкусовых и органолептических характеристик продукции, определенным опытом работы. Но при сложении баллов индивидуальные особенности экспертов нивелируются.

В работе [12] нами предложен метрический подход, который предполагает вычисление расстояний между объектами экспертизы, как точки многомерного пространства. Каждому эксперту соответствует ось координат, что в итоге и обеспечивает их индивидуальность при итоговой оценке объектов экспертизы, поэтому размерность пространства равна количеству экспертов. Наличие индивидуальных особенностей экспертов не противоречит их согласованности в оценке объектов. При реализации метрического подхода среди объектов определяют «лучший» по совокупности оценок дегустации, выставленных экспертами, т.е. объект с наибольшими баллами. Далее остальные объекты ранжируются по степени сходства с ним – их качеству. Поэтому все объекты дегустации упорядочивают по мере увеличения расстояния до «лучшего» образца, который будет на первом месте. В случае если нет «лучшего» объекта с оценками, превосходящими все остальные объекты, то он может быть создан искусственно – либо его оценки примут предельно возможные значения, например 100 баллов [12], либо он аккумулирует лучшие экспертные оценки. Оценка консолидированного образца вторым способом нам кажется в данном случае более уместным, так как обобщает понятие «лучшего» образца. По данным табл. 2 легко определить оценки консолидированного образца, который объединит наибольшие значения из столбцов табл. 2. Для экспертов 1, 2, ..., 11 дегустационные оценки консолидированного образца составят соответственно 93, 95, 93, 90, 92, 96, 99, 94, 91, 88, 94.

Расстояние между объектами определить при помощи метрики Евклида, реализованной в процедуре иерархической классификации модуля «Кластерный анализ» [12]. В табл. 7 отображены вычисленные расстояния от всех образцов винной продукции до консолидированного образца и

Таблица 7

Table 7

Итоги ранжирования испытуемых образцов вин

Results of the tested wine samples ranking

№ образца	Основные статистики								
	средний балл*, \bar{x}	место по среднему	расстояние*	место по расстоянию	№	средний балл*, \bar{x}	место по среднему	расстояние*	место по расстоянию
1	80.82	45	47.16	45	26	84.73	28	30.28	25
2	82.91	39	36.70	39	27	79.18	48	49.62	48
3	82.91	37	36.57	37	28	85.18	25	27.53	18
4	85.64	19	27.66	20	29	85.55	22	31.37	31
5	86.00	14	26.02	11	30	86.73	10	26.32	15
6	84.73	27	30.28	24	31	90.36	2	10.54	2
7	79.18	47	49.62	47	32	89.73	7	18.81	7
8	85.18	24	27.53	17	33	90.36	5	15.00	5
9	85.55	21	31.37	30	34	83.73	34	35.19	36
10	86.73	9	26.32	14	35	82.18	44	37.32	44
11	90.36	1	10.54	1	36	82.82	42	37.26	42
12	89.73	6	18.82	6	37	83.55	36	34.58	34
13	90.36	4	15.00	4	38	85.82	18	28.86	23
14	83.73	33	35.19	35	39	86.36	13	25.36	10
15	82.18	43	37.32	43	40	84.18	32	30.32	29
16	82.82	41	37.26	41	41	86.00	16	26.02	13
17	83.55	35	34.58	33	42	84.73	29	30.28	26
18	85.82	17	28.86	22	43	79.18	49	49.62	49
19	86.36	12	25.36	9	44	85.18	26	27.53	19
20	84.18	31	30.32	28	45	85.55	23	31.37	32
21	80.82	46	47.15	46	46	86.73	11	26.32	16
22	82.91	40	36.70	40	47	90.36	3	10.54	3
23	82.91	38	36.57	38	48	89.73	8	18.81	8
24	85.64	20	27.66	21	49	84.73	30	30.28	27
25	86.00	15	26.02	12					

Примечание: * – для сравнения приводятся значимые величины, полученные с точностью до второго знака после запятой

их ранги – номера в списке, упорядоченном по увеличению расстояния.

Также в таблице для сравнения приведены ранги – номера образцов в упорядоченном списке по возрастанию средних значений оценок. Ранги, построенные обоими методами высоко коррелированы – непараметрический коэффициент корреляции Спирмена = 0.96, принял значение близкое к 1, что свидетельствует о непротиворечивости обоих методов построения рейтингов исследуемой винной продукции. Тем не менее, из таблицы видно, что в большинстве случаев (29) ранги образцов не совпадают, что естественно влияет на различие итоговых результатов экспертизы.

Таким образом, в работе на примере дегустации вин показаны возможности компьютерного анализа данных в оценке единодушия экспертов и построении рейтингов объектов в среде программы STATISTICA, в которой реализованы модули «Описательные статистики», «Надежность и позиционный анализ», «Ранговый дисперсионный анализ Фридмана», «Кластерный анализ» (процедура иерархическая классификация), посредством которых осуществлена оценка единодушия экспертов. Показаны преимущества статистики *альфа Кронбаха*, которая позволяет оценить единодушие экспертов по совокупности показателей изменчивости экспертных оценок каждого объекта экспертизы; оценивает единодушие по исходным оценкам, выставленным экспертами, а не по их рангам; определяет вклад каждого эксперта и объекта в оценку надежности экспертизы.

Посредством процедуры иерархической классификации проведено ранжирование объектов экспертизы образцов винной продукции, которые были представлены точками многомерного пространства с координатами, равными экспертным оценкам. Упорядочивание изученных образцов винной продукции проведено в соответствии с евклидовым расстоянием до консолидированного объекта, который объединил наибольшие оценки экспертов для каждого испытуемого образца – рейтинг выше у объекта с меньшим расстоянием к нему. Предложенный метод построения рейтингов является математически обоснованным, так как простое суммирование баллов представляет сумму координат точек, что не соответствует известным метрикам существующих многомерных пространств.

Благодарности

Исследования проводились в рамках выполнения проекта Минобрнауки РФ (№ 4.2612.2017/ПЧ) с использованием научного оборудования ЦКП «Эколого-аналитический центр» Кубанского государственного университета.

Acknowledgements

The research was carried out within the framework of the project of The Ministry of Education of the Russian

Federation (Project № 4.2612.2017/ПЧ) using the scientific equipment of the TsKP Ekologo analiticheskii Tsentr (Environmental Analysis Center) of the Kuban State University.

ЛИТЕРАТУРА

1. Валушко Г.Г., Шольц-Куликов Е.П. Теория и практика дегустации вина. Симферополь: Таврида, 2005. 232 с.
2. Cavicchi A., Santini C., Bailetti L. Mind the «academician-practitioner» gap: an experience-based model in the food and beverage sector. // *Qualitative Market Research*. 2014. V. 17, № 4. P. 319-335.
3. Jackson R.S. *Wine Tasting (Book)*. 2008. Elsevier. 495 p.
4. *Handbook of Enology*. Vol. 2 / P. Ribereau-Gayon (et al.). West Sussex, England. John Wiley & Sons Ltd, 2006. 438 p.
5. Francis I.L., Williamson P.O. Application of consumer sensory science in wine research // *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2015. V. 21. № S1.P. 554-567.
6. ГОСТ Р ИСО 8588-2008. Органолептический анализ. Методология. Испытания «А» - «Не А». М.: Стандартинформ, 2009. 16 с.
7. ГОСТ Р 53161-2008. Органолептический анализ. Методология. Метод парного сравнения. М.: Стандартинформ, 2009. 20 с.
8. ГОСТ Р 53159-2008. Органолептический анализ. Методология. Метод треугольника. М.: Стандартинформ, 2009. 16 с.
9. Позиционный анализ как метод оценки согласованности экспертных оценок / А.А. Халафян [и др.] // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2015. Т. 81, № 12. С. 69-78.
10. ГОСТ Р 52813-2007. Продукция винодельческая. Методы органолептического анализа. М.: Стандартинформ, 2008. 14 с.
11. Халафян А.А. STATISTICA 6. Математическая статистика с элементами теории вероятностей. М.: Бинном, 2010. 491 с.
12. Использование многомерного анализа для итоговой оценки результатов экспертных оценок / А.А. Халафян [и др.] // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2016. Т. 82, № 10. С.71-78.

REFERENCES

1. Valuyko G.G., Sholtc-Kulikov E.P. *Teoriia i praktika degustatsii vina* [Theory and practice of degustation of wine]. Simpheropol, Tavrida, 2005, 232 p. (in Russian).
2. Cavicchi A., Santini C., Bailetti L. Mind the «academician-practitioner» gap: an experience-based model in the food and beverage sector. *Qualitative Market Research*. 2014, vol. 17, no. 4, pp. 319-335. doi: 10.1108/QMR-07-2013-0047.
3. Jackson R.S. *Wine Tasting (Book)*. 2008. Elsevier. 495 p. doi: 10.1016/S1082-0132(08)X0011-1.
4. Ribereau-Gayon P., Dubourdieu D., Doneche B., Lonvaud A. *Handbook of Enology*. Vol. 2. Chichester, England : John Wiley and Sons, 2006. 438 p.
5. Francis I.L., Williamson P.O. Application of consumer sensory science in wine research. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 2015, vol. 21, pp. 554-567. doi: 10.1111/ajgw.12169.
6. GOST R ISO 8588-2008. *Organolepticheskii analys. Metodologiya. Ispytaniia «A»-«ne A»* [State Standard 8588-2008. Sensory analysis. Methodology «A»-«not A» test]. Moscow: Standartinform Publ. 2008. 16 p. (in Russian).

7. GOST R 53161-2008. *Organolepticheskii analys. Metodologiya. Metod parnogo sravnivaniia* [State Standard 53161-2008. Organoleptic analysis. Methodology, Paired comparison test]. Moscow: Standartinform Publ. 2009. 20 p. (in Russian).
8. GOST R 53159-2008. *Organolepticheskii analys. Metodologiya. Metod treugolnika* [State Standard 53161-2008. Sensory analysis. Methodology. Triangle test]. Moscow: Standartinform Publ. 2008. 16 p. (in Russian).
9. Khalaphyan A.A., Temerdashev Z.A., Yakuba Yu.F., Kiseleva N.V. [Positional analysis as a method of assessing the consistency of expert assessments]. *Zavodskaiia laboratorii. Diagnostika materialov*. [Industrial Laboratory. Diagnostics of Materials], 2015, vol. 81, no. 12, pp. 69-78 (in Russian).
10. GOST R 52813-2007. *Produktsiia vinodel'cheskaia. Metody organolepticheskogo analiza* [State Standard 52813-2007. Wine products. Methods of organoleptic analysis]. Moscow: Standartinform Publ., 2008. 14 p. (in Russian).
11. Khalaphyan A.A. *STATISTICA 6. Matematicheskaia statistika s elementami teorii veroiatnosti* [STATISTICA 6. Mathematical statistics with elements of theory of probability]. Moscow, Binom, 2010. 491 p. (in Russian).
12. Khalaphyan A.A., Temerdashev Z.A., Yakuba Yu.F., Gulguchkina T.I. [Applying of multivariate analysis for total value of expert` assessment results]. *Zavodskaiia laboratorii. Diagnostika materialov*. [Industrial Laboratory. Diagnostics of Materials], 2016, vol. 82, no. 10, pp. 71-78 (in Russian).