

## **СПОСОБ ОЦЕНКИ ОДНОРОДНОСТИ КОЛЛЕКТИВА В СИСТЕМЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

### **ВВЕДЕНИЕ**

Психический статус человека создает собственный программный продукт, представляющий собой программу, управляемую мозгом. У большинства людей имеется система четко отличающихся собственных программных продуктов, которые являются реакцией на внешние раздражители и реализуются в различное время по мере необходимости. Нормальный психический статус - это способность мозга приспосабливаться к окружающей действительности. Если психическому статусу человека это не удастся, он или прячется от реальности, или ставит себя над ней и не подчиняется общим законам. Совокупности собственных программных продуктов создают индивидуальные информационные поля людей, которые в своей массе формируют информационное поле коллектива.

В настоящее время общепризнанным методом, позволяющим судить о личности и коллективе в целом, является тестирование. Полное стандартное тестирование позволяет выявить общую, присущую всем, наиболее вероятную часть информационного поля коллектива, отклонения от которого индивидуальных информационных полей окажутся незначительными. Такая общая часть коллективного информационного поля называется его трендом.

Одним из приложений методологии искусственного интеллекта является система управления коллективом, его интеллектуальной деятельностью. Академик РАН Г.С. Поспелов [1] поставил эту задачу в ряд проблемных для систем искусственного интеллекта. Наиболее важным свойством коллектива является его однородность. Однородность коллектива - это способность собственных программных продуктов, создаваемых психическими статусами различных людей, концентрироваться вокруг тренда общего информационного поля. Однородность коллектива характеризуется общей частью пересечения индивидуальных информационных полей с коллективным информационным полем.

Кто в состоянии оценить однородность коллектива, тот сможет им управлять. Поэтому так важно для руководителя уметь определять однородность своего коллектива. В этом важность проблемы и ее сложность. Если коллектив однороден, ему под силу достижение целей, которые перед ним стоят; если коллектив неоднороден, то выполнение возложенных на него задач может оказаться проблематичным. Однородность коллектива - это его единство, сплоченность и целеустремленность.

До последнего времени изучению однородности коллектива не уделялось должного внимания в системах методов искусственного интеллекта [2]. Отсутствовали количественные подходы к оценке однородности коллектива, которые позволили бы

применить к решению этой задачи методы теории вероятностей и математической статистики [3, 4].

Цель настоящей статьи - разработка вероятностных методов оценки однородности коллектива.

## МОДЕЛЬ ОДНОРОДНОСТИ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОЛЯ

Для оценки однородности коллектива рассмотрим следующую информационную схему. Предположим, что в тестировании (опросе) участвует  $N$  человек. Опросный лист содержит  $n$  вопросов, объединенных в  $l$  групп. Вопросы опросного листа прокодированы символами  $x_i, i = \overline{1, n}$ . Пусть  $m_k$  - число вопросов в  $k$ -й группе ( $k = \overline{1, l}$ ) и  $a_{ks}$  - число опрошенных, выбравших в качестве ответа символ  $x_s$  из  $k$ -ой группы. Справедливо равенство

$$\sum_{s=1}^{m_k} a_{ks} = N, k = \overline{1, l}. \quad (1)$$

Обозначим через

$$P_k(x_s) = \frac{a_{ks}}{N}, s \in m_k. \quad (2)$$

вероятность того, что из  $k$ -ой группы в качестве ответа выбран  $x_s$ . Так как вероятности  $P_k(x_s)$  описывают для  $k$ -ой группы полную систему событий, то должно иметь место нормирующее условие

$$\sum_{s=1}^{m_k} P_k(x_s) = 1, k = \overline{1, l}. \quad (3)$$

Опрашиваемый может выбрать из  $k$ -ой группы только один символ (фактор)  $x_{ks}$ . Всего таких значений ровно  $l$  по числу групп в опросном листе. Объединяя эти значения, получаем фактор-вектор опрашиваемого:

$$\bar{\Gamma} = \Gamma(x_{ks}; k = \overline{1, l}; s \in m_k) \quad (4)$$

Фактор-вектор (4) позволяет однозначно описать информационное поле опрашиваемого, основой которого является опросный лист. Это означает, что опросный лист содержит всю необходимую информацию для построения информационного поля члена коллектива. Результат наугад взятого опрашиваемого невозможно заранее предсказать, однако это еще не означает, что в совокупности опрашиваемых не обнаружится никакой закономерности. Для выявления этой закономерности поступим следующим образом. Будем рассматривать в качестве компоненты фактор-вектора (4) не сами ответы (символы  $x_{ks}$ ), а их вероятности  $P_k(x_s)$ . Тогда фактор-вектор (4) в вероятностном варианте примет вид

$$\bar{\Gamma} = \Gamma(P_k(x_s); k = \overline{1, l}; s \in m_k). \quad (5)$$

Поле, образованное вероятностями  $P_k(x_s)$ , назовем вероятностным информационным полем. Таких полей два: вероятностное информационное поле человека, определяемое фактор-вектором (5), и вероятностное информационное поле коллектива, которое формируется на базе индивидуальных фактор-векторов. Для оценки однородности коллективного информационного поля введем меру фактор-вектора.

Выберем в качестве такой меры вес фактор-вектора. Под весом фактор-вектора будем понимать сумму его компонент. Определяется вес фактор-вектора по формуле

$$R_i = \sum_{k=1}^l P_{ik}(x_s), s \in m_k; i = \overline{1, N}, \quad (6)$$

где:  $R_i$  - вес фактор-вектора  $i$ -го опрашиваемого;  $P_{ik}(x_s)$  - вероятность того, что  $i$ -й опрашиваемый выберет из  $k$ -ой группы в качестве ответа фактор  $x_{ks}$ .

Итак, каждому опрашиваемому поставлен в соответствие вес его фактор-вектора, который отличается от весов фактор-векторов других опрашиваемых. В итоге получаем вариационный ряд случайных величин  $R_i, i = \overline{1, N}$ . Случайные величины ( $R_i$ ) имеют свой закон распределения  $\Phi(R)$ , который описывает информационное поле коллектива.

В каждом коллективе действуют установившиеся социальные, нравственные и бытовые факторы, которые и составляют основу общего информационного поля. Таким образом, информационное поле коллектива имеет свой тренд. Изучение статистических отклонений индивидуальных информационных полей от этого тренда приводит к нормальному закону распределения, который и положен в основу оценки однородности информационного поля коллектива.

Следовательно, однородное информационное поле, как вероятностная совокупность, должно обладать всеми свойствами нормального распределения. Информационное поле коллектива будет считаться однородным, если оно описывается (аппроксимируется) нормальным законом распределения фактор-векторов  $\{R_i\}$ .

$$\Phi(R) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(R-\bar{R})^2}{2\sigma^2}}, \quad (7)$$

где:  $\bar{R}$  - математическое ожидание,  $\sigma^2$  - дисперсия,  $\sigma$  - среднее квадратическое отклонение. В качестве меры сходимости статистического информационного поля коллектива к нормальному закону служит критерий  $\chi^2$  (критерий Пирсона) [2]. Согласно этому критерию, если вероятность

$$\alpha_q = P(\chi^2 \geq \chi_q^2) > 0,05, \quad (8)$$

то гипотеза о нормальном распределении информационного поля принимается и коллективное поле считается однородным, если  $\alpha_q \leq 0,05$ , то информационное поле коллектива неоднородно. По сути, зависимость (7) определяет вероятность того, что вес фактор-вектора опрашиваемого примет значение  $R$ .

## СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОДНОРОДНОСТИ КОЛЛЕКТИВА

Для оценки однородности коллектива института было проведено тестирование  $N=200$  его сотрудников. Опросный лист содержал  $n = 49$  вопросов, объединенных в  $l=16$  групп. Согласно принятой концепции, в основу формирования личности положены социальный, бытовой и нравственный факторы. На каждого опрашиваемого была составлена информационная карточка. Пример такой карточки представлен табл. 1. Изменения прослеживаются в течение двух лет.

Табл. 1.

	X <sub>2</sub>				X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>				X <sub>11</sub>	
	X <sub>14</sub>				X <sub>18</sub>			X <sub>21</sub>		X <sub>23</sub>	
X <sub>24</sub>			X <sub>27</sub>						X <sub>33</sub>	X <sub>34</sub>	
	X <sub>36</sub>			X <sub>39</sub>							
X <sub>46</sub>			X <sub>49</sub>								

Расшифровка карточки проведена по следующему опросному листу:

1. Цель жизни,  $x_2$  - осталась прежней.
2. Отношение к родителям,  $x_6$  - любящее.
3. Гнев на сотрудника,  $x_7$  - недопустим.
4. Помощь нуждающимся,  $x_{11}$  - в зависимости от ситуации.
5. В воспитании принимали участие,  $x_{14}$  - мать и отец.
6. Материальное положение,  $x_{18}$  - не изменилось.
7. Жилищные условия,  $x_{21}$  - не изменились.
8. Взаимоотношения родителей,  $x_{23}$  - не изменились.
9. Отношение к родителям,  $x_{24}$  - с любовью.
10. Семейное положение,  $x_{27}$  - женат/замужем.
11. Психологическая атмосфера в семье,  $x_{33}$  - нормальная.
12. Наличие детей,  $x_{34}$  - сыновья.
13. Отношения жены/мужа,  $x_{36}$  - с вниманием, любовью.
14. Были ли потери близких,  $x_{39}$  - отца, матери.
15. Состояние здоровья,  $x_{46}$  - осталось прежним.
16. Состояние здоровья близких,  $x_{49}$  - осталось прежним.

Затем строилась табл. 2, где символам  $x_i$  поставлены в соответствие вероятности  $P_k(x_s)$ , рассчитанные по формуле (2). Эта таблица описывает вероятностное информационное поле коллектива.

Табл. 2.

X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>
0.35	0.65	0.36	0.03	0.18	0.43	0.43
X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>14</sub>
0.23	0.34	0.41	0.56	0.03	0.01	0.75
X <sub>15</sub>	X <sub>16</sub>	X <sub>17</sub>	X <sub>18</sub>	X <sub>19</sub>	X <sub>20</sub>	X <sub>21</sub>
0.20	0.03	0.02	0.68	0.32	0.21	0.79
X <sub>22</sub>	X <sub>23</sub>	X <sub>24</sub>	X <sub>25</sub>	X <sub>26</sub>	X <sub>27</sub>	X <sub>28</sub>
0.10	0.90	0.98	0.01	0	0.69	0.15
X <sub>29</sub>	X <sub>30</sub>	X <sub>31</sub>	X <sub>32</sub>	X <sub>33</sub>	X <sub>34</sub>	X <sub>35</sub>
0.11	0.04	0.36	0.13	0.50	0.54	0.45
X <sub>36</sub>	X <sub>37</sub>	X <sub>38</sub>	X <sub>39</sub>	X <sub>40</sub>	X <sub>41</sub>	X <sub>42</sub>
0.90	0.05	0.03	0.43	0.04	0	0.12
X <sub>43</sub>	X <sub>44</sub>	X <sub>45</sub>	X <sub>46</sub>	X <sub>47</sub>	X <sub>48</sub>	X <sub>49</sub>
0.40	0.37	0.02	0.60	0.48	0.01	0.50

Знаком "0" отмечены те случаи, когда опрашиваемый не давал ответа на поставленный вопрос.

Используя данные табл. 2, на базе табл. 1 строится фактор-вектор опрашиваемого:

$$\bar{\Gamma} = \Gamma \begin{pmatrix} 0.65, 0.43, 0.43, 0.56, 0.75, 0.68, 0.79, 0.90 \\ 0.98, 0.69, 0.50, 0.54, 0.90, 0.43, 0.60, 0.50 \end{pmatrix}$$

и определяется его вес по формуле (6) –  $R = 10.33$ .

Таких фактор-векторов построено ровно 200 и получен ряд случайных величин, состоящий из их весов.

В результате статистической обработки вариационного ряда получены параметры нормального закона (7):

$$R = 7.4; \sigma^2 = 1.87; \sigma = 1.37; \alpha_q = 0.25.$$

В силу того, что  $\alpha_q > 0.05$ , информационное поле коллектива признается однородным. Однородность информационного поля коллектива описывается нормальным законом:

$$\Phi(R) = 0.29e^{\frac{-(R-7.4)^2}{2.74}}.$$

Опросный лист содержит вопросы, определяющие неизменные обстоятельства, которые могут изменяться с течением времени. Таковы вопросы первой группы опросного листа. Рассмотрим первый вопрос опрашиваемого листа:

1. Цель жизни:  $x_1$ - изменилась,  $x_2$  - не изменилась.

Нас будет интересовать условное информационное поле коллектива в случаях, когда опрашиваемый выбирает в качестве ответа фактор  $x_1$  или  $x_2$ . Из табл. 2 следует, что случайно взятый опрашиваемый выберет в качестве ответа фактор  $x_1$  с вероятностью  $P(x_1) = 0.35$ , а фактор  $x_2$  - с вероятностью  $P(x_2) = 0.65$ . Естественным образом общая статистика  $N = 200$  делится на две группы (выборки): первая группа содержит  $N_1 = 69$ , а вторая –  $N_2 = 131$  человек. В дальнейшем статистика каждой группы обрабатывается независимо, по методике раздела 2.

Отметим, что не следует смешивать вероятность  $P(x_i)$  с однородностью коллектива, определенной вероятностной мерой сходимости  $\alpha_q$ . Это разные категории. Если вероятность  $P(x_i)$  определяет объем выборки по фактору  $x_i$ , то однородность, как вероятностная категория, характеризует внутреннюю сущность коллектива этой выборки (группы) и дает представление о том, насколько тесно группируются индивидуальные информационные поля опрашиваемых вокруг общего поля, образованного фактором  $x_i$ .

Вероятностное информационное поле группы, коллектива по фактору  $x_i$  представлено табл. 3.

На базе табл. 3 и информационных карт опрашиваемых построен вариационный ряд, состоящий из 69 весов фактор-векторов. В результате статистической обработки вариационного ряда получены следующие параметры нормального закона:  $\bar{R} = 6.66$ ;  $\sigma^2 = 1.91$ ;  $\sigma = 1.38$ ;  $\alpha_q = 0.42$ . Так как  $\alpha_q > 0.05$ , то гипотеза о нормальном распределении принимается и информационное поле коллектива по фактору  $x_i$  признается однородным.

Однородность информационного поля группы по фактору  $x_1$  отражена в табл. 3 и описывается нормативным законом:

$$\Phi_1(R) = 0.29e^{\frac{-(R-6.66)^2}{3.82}}$$

Табл. 3.

$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$
0.31	0.03	0.18	0.48	0.40	0.28	0.32
$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{14}$	$x_{15}$	$x_{16}$
0.38	0.55	0.07	0	0.75	0.20	0.03
$x_{17}$	$x_{18}$	$x_{19}$	$x_{20}$	$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$
0.02	0.79	0.21	0.27	0.73	0.08	0.92
$x_{24}$	$x_{25}$	$x_{26}$	$x_{27}$	$x_{28}$	$x_{29}$	$x_{30}$
0.98	0.02	0	0.58	0.20	0.16	0.06
$x_{31}$	$x_{32}$	$x_{33}$	$x_{34}$	$x_{35}$	$x_{36}$	$x_{37}$
0.40	0.11	0.49	0.48	0.52	0.87	0.08
$x_{38}$	$x_{39}$	$x_{40}$	$x_{41}$	$x_{42}$	$x_{43}$	$x_{44}$
0.05	0.40	0	0	0	0.60	0.32
$x_{45}$	$x_{46}$	$x_{47}$	$x_{48}$	$x_{49}$		
0.08	0.60	0.50	0.02	0.48		

Вероятное информационное поле группы коллектива по фактору  $x_2$  представлено табл. 4.

Табл. 4.

$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$
0.38	0.05	0.16	0.41	0.45	0.19	0.36
$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{14}$	$x_{15}$	$x_{16}$
0.42	0.55	0.02	0.01	0.74	0.19	0.04
$x_{17}$	$x_{18}$	$x_{19}$	$x_{20}$	$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$
0.03	0.62	0.38	0.16	0.84	0.12	0.87
$x_{24}$	$x_{25}$	$x_{26}$	$x_{27}$	$x_{28}$	$x_{29}$	$x_{30}$
0.99	0.01	0	0.75	0.13	0.09	0.03
$x_{31}$	$x_{32}$	$x_{33}$	$x_{34}$	$x_{35}$	$x_{36}$	$x_{37}$
0.34	0.16	0.50	0.58	0.42	0.91	0.05
$x_{38}$	$x_{39}$	$x_{40}$	$x_{41}$	$x_{42}$	$x_{43}$	$x_{44}$
0.04	0.43	0.07	0	0.17	0.33	0.40
$x_{45}$	$x_{46}$	$x_{47}$	$x_{48}$	$x_{49}$		
0	0.60	0.48	0	0.52		

На базе табл. 4 и информационных карт опрашиваемых построен вариационный ряд, состоящий из 131 значения весов фактор-векторов. В результате статистической обработки вариационного ряда получены параметры нормального закона:  $R = 7.08$ ;  $\sigma^2 = 1.55$   $\sigma = 1.24$ ;  $\alpha_q = 0.15$ . Так как  $\alpha_q > 0.05$ , то гипотеза об аппроксима-

ции коллективного информационного поля сформированного по фактору  $x_2$ , принимается и оно признается однородным.

Однородность информационного поля группы по фактору  $x_2$  описывается нормальным законом:

$$\Phi_2(R) = 0.32e^{-\frac{(R-7,08)^2}{3,1}}$$

## АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Проанализируем полученные результаты. Для этого дадим числовым параметрам логическое объяснение. Математические формулы призваны вскрывать внутренние зависимости исследуемого процесса, не лежащие на поверхности. Поэтому логические комментарии являются ответственной задачей, так как имеют целью объяснить социальные нравственные и бытовые процессы, протекающие в коллективе, на основании полученных математических зависимостей.

Обозначим через:

$$Z_k = (y_{k1} - y_{k2}) \cdot 100\%, k = \overline{1,49},$$

где:  $y_{k1}$  - значение вероятности  $P(x_k)$  по фактору  $x_1$ ;  $y_{k2}$  - значение той же вероятности по фактору  $x_2$ .

Величина  $Z_k$  равна разности между значениями одноименных вероятностей по факторам  $x_1$  и  $x_2$ , выраженной в процентах. Используя данные табл. 3 и 4, сведем значения  $Z_k$  в табл. 5.

Табл. 5.

$Z_3$	$Z_4$	$Z_5$	$Z_6$	$Z_7$	$Z_8$	$Z_9$
-7	-2	+2	+7	-5	+9	-4
$Z_{10}$	$Z_{11}$	$Z_{12}$	$Z_{13}$	$Z_{14}$	$Z_{15}$	$Z_{16}$
-4	0	+5	-1	+1	+1	-1
$Z_{17}$	$Z_{18}$	$Z_{19}$	$Z_{20}$	$Z_{21}$	$Z_{22}$	$Z_{23}$
-1	+17	-17	+11	-11	-5	+5
$Z_{24}$	$Z_{25}$	$Z_{26}$	$Z_{27}$	$Z_{28}$	$Z_{29}$	$Z_{30}$
-1	+1	0	-17	+7	+7	+3
$Z_{31}$	$Z_{32}$	$Z_{33}$	$Z_{34}$	$Z_{35}$	$Z_{36}$	$Z_{37}$
+6	-5	-1	-10	+10	-4	+3
$Z_{38}$	$Z_{39}$	$Z_{40}$	$Z_{41}$	$Z_{42}$	$Z_{43}$	$Z_{44}$
+1	-3	-7	0	-17	+27	-8
$Z_{45}$	$Z_{46}$	$Z_{47}$	$Z_{48}$	$Z_{49}$		
+8	0	+2	+2	-4		

Сумма положительных и отрицательных отклонений в табл. 5 равна нулю.

Проведем анализ табл. 5, сравнивая значения  $y_{k1}$  и  $y_{k2}$ . В этих сравнениях наиболее существенным являются следующие различия по тексту, примеры № 6, 7, 10 и 15 опросного листа:

Материальное положение изменилось  $z_{18} = 17\%$ , т.е. по сравнению с фактором  $x_2$  - цель жизни осталась прежней - вероятность этого события по фактору  $x_1$  - цель жизни изменилась - возросла на  $17\%$ .

Жилищные условия изменились,  $z_{20} = 11\%$ , т.е. по сравнению с фактором  $x_2$  вероятность этого события по фактору  $x_1$  увеличилась на  $11\%$ .

Семейное положение:

Холост/незамужняя,  $z_{28} = 7\%$ .

Разведенный/разведена,  $z_{29} = 7\%$ .

Вдовец/вдова,  $z_{30} = 2\%$ .

Состояние здоровья улучшилось,  $z_{45} = 8\%$ .

В указанных выше случаях опрашиваемые отдали предпочтение фактору  $x_1$  - цель жизни изменилась. При этом наиболее существенными оказались изменения материального положения ( $17\%$ ), жилищных условий ( $11\%$ ); изменения цели жизни наблюдаются у холостяков/незамужних ( $7\%$ ), разведенных ( $7\%$ ), вдовцов/вдов ( $2\%$ ); изменению цели жизни способствует улучшение здоровья опрашиваемых ( $8\%$ ). Очевидно, что такой анализ таблицы 5 можно продолжить.

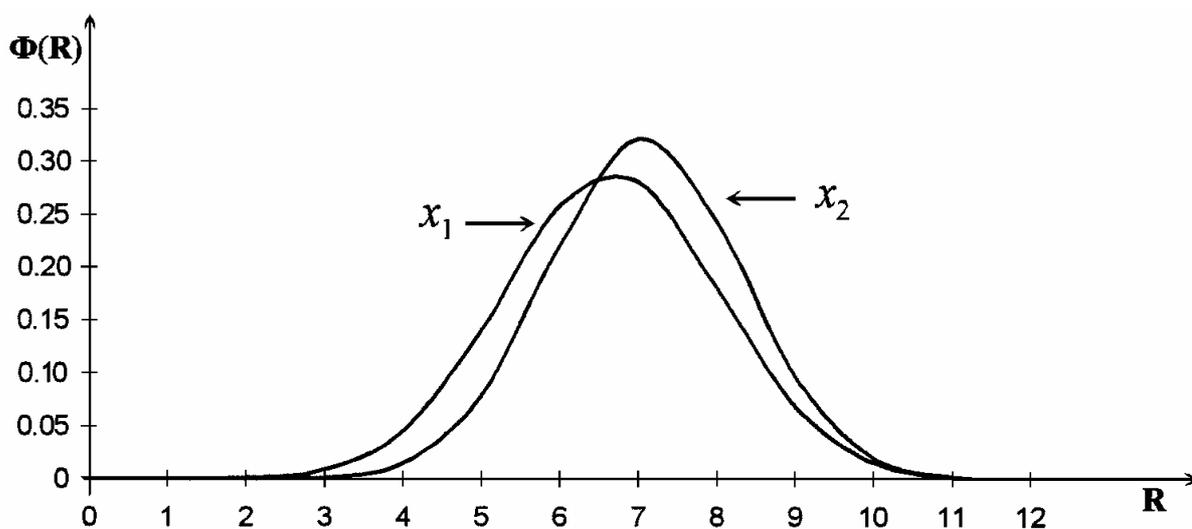


Рис. 1. Графики однородности информационных полей

На рис. 1 представлены графики однородности информационных полей групп, опрашиваемых по факторам  $x_1$  и  $x_2$ . Поле по фактору  $x_2$  имеет среднее квадратическое отклонение  $\sigma = 1.24$ , и его индивидуальные информационные поля группируются достаточно тесно вокруг тренда общего информационного поля. Поле по фактору  $x_1$  имеет  $\sigma = 1.38$ , что определяет более пологое положение соответствующей кривой.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В статье изложена методика оценки однородности коллектива, которая может быть применена к различным видам тестирования. Описана математическая модель однородности коллектива и построения индивидуальных и общих информационных полей. Рассмотрены информационные поля выборок по отдельным факторам. Проанализирована реальная однородность коллектива сотрудников института. Методика может быть использована и для других аналогичных целей.

Авторы выражают благодарность за помощь в подготовке статистических материалов и их обработке аспирантке Мещеряковой Е.В. и инженеру Кошевой Т.И.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Поспелов Г.С. Искусственный интеллект - основа новой информационной технологии. - М.: Наука, 1988. – С. 326.
2. Васильев В.И., Шевченко А.И. Искусственный интеллект. Проблема обучения распознаванию образов. - Донецк: ДонГИИИ, - 1997. - 224 с.
3. Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В. Курс теории вероятности и математической статистики. - М.: Наука, 1965. – 512 с.
4. Васильев В.И. Индукция, дедукция и редукция в проблемах искусственного интеллекта. Искусственный интеллект. - 1998. - № 1. - С. 14-26.