

УДК 655.512

**М. М. Косова** ассистент (БГТУ); **М. А. Зильберглейт**, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой (БГТУ)

### ФОРМИРОВАНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ ГРУППЫ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ТЕКСТОВОЙ ПОЛОСЫ НАБОРА

Количество членов экспертной группы значительно меньше в сравнении с количеством респондентов, опрашиваемых при массовом опросе. Отбор экспертов, формирование экспертных групп — достаточно сложная задача, результат которой в наибольшей степени определяет эффективность метода и правильность полученных решений. Надежность оценок и решений, принимаемых на основе суждений экспертов, достаточно высока и в значительной степени зависит от организации и направленности процедуры сбора, анализа и обработки полученных мнений. В статье исследована зависимость между объемом анализируемой выборки, выраженной в количестве респондентов, и результатами их ответов, а также с помощью критерия Стьюдента определено оптимальное число респондентов при статистическом исследовании оценки качества текстовой полосы набора, которое составило 20 человек.

The number of members of the expert group is much less compared to the number of respondents surveyed in polls. Selection of experts, formation of expert groups — a rather difficult task, the result of which most defines efficiency and accuracy of the solutions. Reliability assessments and decisions made on the basis of expert judgment, is quite high and largely depends on the organization and direction of procedures for the collection, analysis and processing of the received opinions. In the article investigated the relationship between the volume of the analyzed sample, expressed in number of respondents, and the results of their responses, as well as with the *t*-test determined the optimal number of respondents in the study, statistical evaluation of the quality of text-band set, which amounted to 20 people.

**Введение.** При использовании мнений группы экспертов предполагается, что организованное взаимодействие между специалистами позволит компенсировать смещение оценок отдельных членов группы и что сумма информации, имеющейся в распоряжении группы экспертов, будет больше, чем информация любого члена группы.

Экспертные методы связаны со значительными затратами работы труда специалистов. В связи с этим возникает потребность уменьшения количества участников экспертизы при сохранении качества надежности получаемых оценок. До сих пор в литературе дискусируется вопрос об определении количества экспертов, необходимых для получения точных оценок.

Известны данные, в которых количество экспертов колеблется от 5 до нескольких сотен [1]. Существующие статистические методы определения количества экспертов дают ответ лишь при условии того, что величина дисперсии каким-то образом заранее известна. Однако в реальном исследовании такую величину сама еще необходимо рассчитать.

Цель данной статьи — определить оптимальное число респондентов при статистическом исследовании оценки качества текстовой полосы набора. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) провести исследование, используя метод парных сравнений;
- 2) с помощью критерия Стьюдента определить оптимальное число респондентов при

статистическом исследовании оценки качества текстовой полосы набора.

**Основная часть.** С этой целью была исследована зависимость между объемом анализируемой выборки, выраженной в количестве респондентов, и результатами их ответов. Минимальный и максимальный объем для данного эксперимента составил 20 и 142 человека соответственно.

Для определения минимального объема выборки были применены классические методы проверки гипотез, использованные на анализе выборочных данных для проверки предположений относительно распределения и параметров распределения генеральной совокупности.

К наиболее часто применяемым методам статистического анализа относится метод сравнения средних значений различных выборок. Для сравнения средних значений выборок рассматривалась тестовая ситуация сравнения двух независимых выборок, а для анализа данных в этой ситуации применялся *t*-тест Стьюдента для независимых выборок.

При проведении исследования с помощью метода парных сравнений было опрошено 136 респондентов.

Результаты опроса при помощи генератора случайных чисел были разделены на две равные части (по 68 результатов на выборку).

Полученные выборки представляют собой таблицы значений, имеющие 18 строк (образцов) и 68 столбцов (количество респондентов) — табл. 1.

Таблица 1

**Результаты опроса по первой выборке респондентов методом парных сравнений  
для различных сверстанных текстовых полос**

|           |   |    |   |    |    |    |   |    |    |    |    |    |     |    |
|-----------|---|----|---|----|----|----|---|----|----|----|----|----|-----|----|
| № образца | 1 | 2  | 3 | 4  | 5  | 6  | 7 | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | ... | 68 |
| 1         | 7 | 13 | 8 | 10 | 6  | 5  | 2 | 1  | 3  | 8  | 9  | 12 |     | 7  |
| 2         | 4 | 6  | 9 | 1  | 5  | 2  | 7 | 3  | 4  | 0  | 11 | 2  |     | 10 |
| ...       |   |    |   |    |    |    |   |    |    |    |    |    |     |    |
| 18        | 8 | 3  | 1 | 14 | 15 | 14 | 1 | 10 | 16 | 16 | 7  | 12 |     | 10 |

Далее последовательно с шагом 10 человек уменьшалось использование значений по столбцам текста таким образом, что минимальное количество респондентов составляло 20 человек. Такой прием, связанный с делением исходной выборки на две части, часто используется в социологических и психологических исследованиях для доказательства того, что выборки имеют случайный характер.

Для применения теста Стьюдента сначала необходимо проверить гипотезу о равенстве дисперсий. Для этого был использован двухвыборочный  $F$ -тест для дисперсии с заданным уровнем значимости 0,05. В табл. 2 приведены средние значения дисперсии, количество наблюдений и степени свободы для каждой выборки, значения статистики Фишера и критическое значение на заданном уровне значимости для первого образца выборкой в 68 единиц.

Таблица 2

**Двухвыборочный  $F$ -тест для дисперсии  
для выборки в 68 единиц для первого образца**

| Показатель              | Var 1 | Var 2 |
|-------------------------|-------|-------|
| Среднее значение        | 8,64  | 9,39  |
| Дисперсия               | 10,48 | 11,58 |
| Наблюдения              | 68    | 68    |
| $df$                    | 65    | 65    |
| $F$                     | 0,905 | —     |
| $F$ крит. одностороннее | 0,673 | —     |

Гипотеза о равенстве дисперсий принимается, если выборочное значение статистики Фишера попало в область принятия решений. В нашем случае, например, для первого объема выборок  $F > F$  критического, следовательно, гипотеза о равенстве дисперсий отклоняется.

В зависимости от того, была принята или отклонена гипотеза о равенстве дисперсий, использовался двухвыборочный  $t$ -тест с одинаковыми или различными дисперсиями. Так как для первой выборки гипотеза о равенстве дисперсий была отвергнута, применялся  $t$ -тест с различными дисперсиями.

В нашем случае для выборки в 68 единиц для первого образца (табл. 3) значение  $t$ -статистики по модулю меньше как  $t$  двухстороннего критического, так и  $t$  одностороннего

критического, следовательно, гипотеза о равенстве средних принимается. Это означает, что можно с уверенностью в 95% сказать, что наши выборки однородны с точки зрения изучаемых характеристик.

В табл. 3 также приведены статистика Стьюдента и критические значения для одностороннего и двухстороннего критериев по всем выборкам для первого образца. Гипотеза о равенстве средних принимается, если выборочное значение статистики Стьюдента попало в область принятия решения, в противном случае гипотеза отклоняется. Статистические тесты для оставшихся семнадцати образцов были проведены аналогично. Как показало исследование, во всех случаях выборочное значение критерия Стьюдента попало в область принятия решений. Это означает, что гипотеза о равенстве средних значений принимается и выборки репрезентативны. То есть выборка уже от 20 единиц будет отражать свойства генеральной совокупности с достаточной точностью.

В данном исследовании использовался еще и другой метод определения объема выборки. Из всех респондентов произвольным образом были взяты оценки 10 респондентов по всем образцам. Затем с дискретным шагом в 10 человек было проведено суммирование оценок (табл. 4).

Для построения графика и определения минимального объема выборки абсолютные величины были преобразованы в относительные, которые представлены в табл. 5. На рисунке показаны зависимости среднего значения оценок экспертов от количества респондентов. Из графика видно, что минимальный объем выборки соответствует 200 опрашиваемым респондентам, так как уже с этого значения среднее арифметическое изменяется незначительно.

**Вывод.** Как следует из полученных результатов, минимальное количество респондентов при исследовании текстовой полосы набора составляет 20 экспертов.

### Литература

1. Бешелев, С. Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С. Д. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Статистика, 1980. — 263 с.

Поступила 27.03.2012

Таблица 3

Двухвыборочный *t*-тест

| Показатель                         | Выборки, единиц |       |        |       |        |       |        |       |        |       |        |       |
|------------------------------------|-----------------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
|                                    | 68              |       | 60     |       | 50     |       | 40     |       | 30     |       | 20     |       |
|                                    | Var 1           | Var 2 | Var 1  | Var 2 | Var 1  | Var 2 | Var 1  | Var 2 | Var 1  | Var 2 | Var 1  | Var 2 |
| Среднее                            | 8,64            | 9,39  | 9,01   | 9,5   | 8,94   | 9,76  | 9,175  | 9,325 | 8,9    | 9,23  | 8,2    | 9,8   |
| Дисперсия                          | 10,48           | 11,58 | 10,55  | 12,28 | 11,77  | 11,73 | 11,48  | 11,30 | 10,23  | 13,70 | 13,43  | 17,11 |
| Наблюдения                         | 68              | 68    | 60     | 60    | 50     | 50    | 40     | 40    | 30     | 30    | 20     | 20    |
| <i>t</i> -статистика               | -1,33           |       | -0,783 |       | -1,195 |       | -0,198 |       | -0,373 |       | -1,294 |       |
| $P(T \leq t)$ одностороннее        | 0,091           |       | 0,217  |       | 0,117  |       | 0,421  |       | 0,355  |       | 0,101  |       |
| <i>t</i> критическое одностороннее | 1,655           |       | 1,657  |       | 1,660  |       | 1,664  |       | 1,672  |       | 1,687  |       |
| $P(T \leq t)$ двухстороннее        | 0,182           |       | 0,435  |       | 0,234  |       | 0,842  |       | 0,710  |       | 0,203  |       |
| <i>t</i> критическое двухстороннее | 1,977           |       | 1,980  |       | 1,984  |       | 1,990  |       | 2,002  |       | 2,026  |       |

Таблица 4

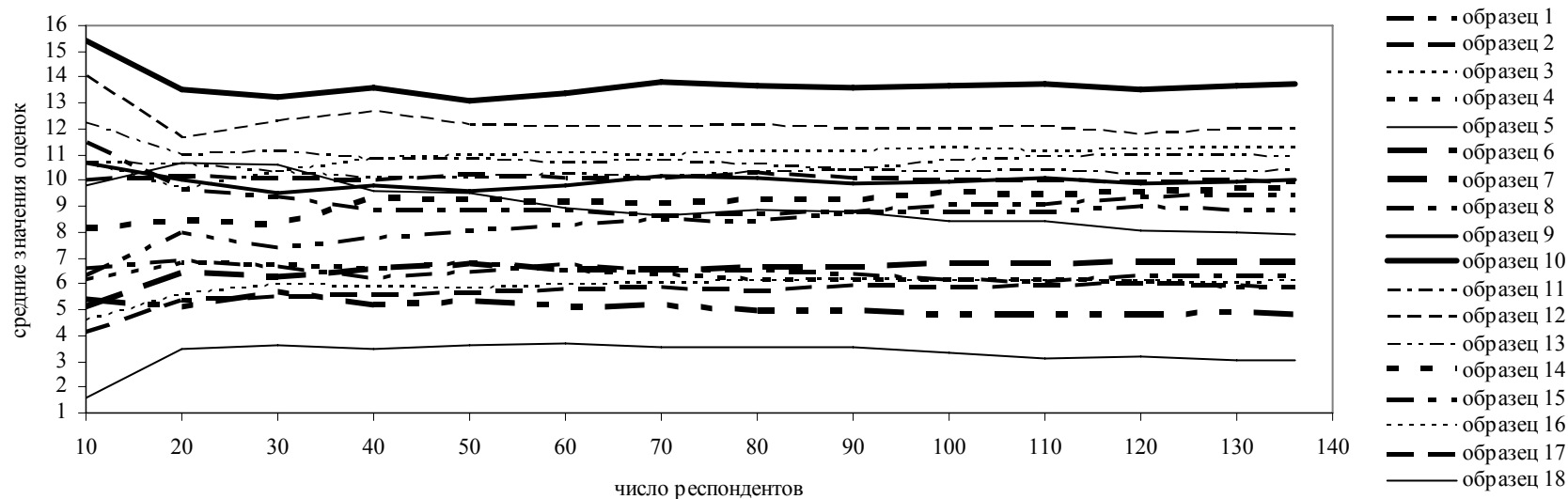
## Оценки респондентов по образцам в абсолютных единицах

| Число респондентов | 1    | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   |
|--------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 10                 | 63   | 41  | 46  | 62  | 16  | 54  | 51  | 66  | 107  | 154  | 122  | 140  | 107  | 81   | 115  | 107  | 100  | 98   |
| 20                 | 160  | 108 | 112 | 136 | 70  | 102 | 128 | 138 | 200  | 270  | 219  | 232  | 212  | 168  | 193  | 194  | 204  | 214  |
| 30                 | 223  | 165 | 179 | 202 | 108 | 169 | 188 | 201 | 286  | 397  | 333  | 368  | 310  | 249  | 282  | 309  | 302  | 319  |
| 40                 | 310  | 224 | 236 | 265 | 140 | 207 | 260 | 250 | 392  | 543  | 434  | 507  | 404  | 372  | 356  | 434  | 402  | 384  |
| 50                 | 404  | 284 | 290 | 340 | 182 | 263 | 336 | 322 | 481  | 655  | 540  | 608  | 505  | 460  | 442  | 550  | 511  | 477  |
| 60                 | 499  | 348 | 359 | 392 | 221 | 303 | 391 | 407 | 589  | 803  | 641  | 724  | 615  | 550  | 534  | 662  | 606  | 536  |
| 70                 | 595  | 414 | 424 | 445 | 249 | 359 | 456 | 459 | 713  | 967  | 755  | 847  | 706  | 635  | 605  | 768  | 707  | 606  |
| 80                 | 676  | 461 | 489 | 495 | 282 | 393 | 527 | 521 | 806  | 1094 | 848  | 972  | 823  | 738  | 696  | 888  | 824  | 707  |
| 90                 | 793  | 537 | 558 | 558 | 318 | 447 | 595 | 572 | 889  | 1226 | 935  | 1080 | 936  | 832  | 790  | 1002 | 911  | 791  |
| 100                | 879  | 590 | 608 | 620 | 330 | 481 | 674 | 618 | 998  | 1364 | 1032 | 1199 | 1075 | 953  | 909  | 1128 | 1000 | 842  |
| 110                | 966  | 658 | 668 | 678 | 345 | 528 | 739 | 670 | 1112 | 1509 | 1145 | 1325 | 1196 | 1040 | 1001 | 1223 | 1102 | 925  |
| 120                | 1079 | 725 | 735 | 731 | 382 | 578 | 817 | 761 | 1188 | 1626 | 1234 | 1415 | 1316 | 1146 | 1124 | 1345 | 1193 | 965  |
| 130                | 1153 | 770 | 786 | 766 | 397 | 633 | 884 | 821 | 1291 | 1777 | 1341 | 1559 | 1430 | 1258 | 1225 | 1461 | 1302 | 1036 |
| 136                | 1210 | 804 | 834 | 796 | 410 | 651 | 927 | 854 | 1362 | 1872 | 1409 | 1627 | 1482 | 1318 | 1281 | 1534 | 1358 | 1079 |

Таблица 5

## Оценки респондентов по образцам в относительных единицах

| Число респондентов | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 10                 | 6,3  | 4,1  | 4,6  | 6,2  | 1,6  | 5,4  | 5,1  | 6,6  | 10,7 | 15,4 | 12,2 | 14   | 10,7 | 8,1  | 11,5 | 10,7 | 10   | 9,8  |
| 20                 | 8    | 5,4  | 5,6  | 6,8  | 3,5  | 5,1  | 6,4  | 6,9  | 10   | 13,5 | 11   | 11,6 | 10,6 | 8,4  | 9,65 | 9,7  | 10,2 | 10,7 |
| 30                 | 7,43 | 5,5  | 5,97 | 6,73 | 3,6  | 5,63 | 6,27 | 6,7  | 9,53 | 13,2 | 11,1 | 12,3 | 10,3 | 8,3  | 9,4  | 10,3 | 10,1 | 10,6 |
| 40                 | 7,75 | 5,6  | 5,9  | 6,63 | 3,5  | 5,18 | 6,5  | 6,25 | 9,8  | 13,6 | 10,9 | 12,7 | 10,1 | 9,3  | 8,9  | 10,9 | 10,1 | 9,6  |
| 50                 | 8,08 | 5,68 | 5,8  | 6,8  | 3,64 | 5,26 | 6,72 | 6,44 | 9,62 | 13,1 | 10,8 | 12,2 | 10,1 | 9,2  | 8,84 | 11   | 10,2 | 9,54 |
| 60                 | 8,32 | 5,8  | 5,98 | 6,53 | 3,68 | 5,05 | 6,52 | 6,78 | 9,82 | 13,4 | 10,7 | 12,1 | 10,3 | 9,17 | 8,9  | 11   | 10,1 | 8,93 |
| 70                 | 8,5  | 5,91 | 6,06 | 6,36 | 3,56 | 5,13 | 6,51 | 6,56 | 10,2 | 13,8 | 10,8 | 12,1 | 10,1 | 9,07 | 8,64 | 11   | 10,1 | 8,66 |
| 80                 | 8,45 | 5,76 | 6,11 | 6,19 | 3,53 | 4,91 | 6,59 | 6,51 | 10,1 | 13,7 | 10,6 | 12,2 | 10,3 | 9,23 | 8,7  | 11,1 | 10,3 | 8,84 |
| 90                 | 8,81 | 5,97 | 6,2  | 6,2  | 3,53 | 4,97 | 6,61 | 6,36 | 9,88 | 13,6 | 10,4 | 12   | 10,4 | 9,24 | 8,78 | 11,1 | 10,1 | 8,79 |
| 100                | 8,79 | 5,9  | 6,08 | 6,2  | 3,3  | 4,81 | 6,74 | 6,18 | 9,98 | 13,6 | 10,3 | 12   | 10,8 | 9,53 | 9,09 | 11,3 | 10   | 8,42 |
| 110                | 8,78 | 5,98 | 6,07 | 6,16 | 3,14 | 4,8  | 6,72 | 6,09 | 10,1 | 13,7 | 10,4 | 12   | 10,9 | 9,45 | 9,1  | 11,1 | 10   | 8,41 |
| 120                | 8,99 | 6,04 | 6,13 | 6,09 | 3,18 | 4,82 | 6,81 | 6,34 | 9,9  | 13,6 | 10,3 | 11,8 | 11   | 9,55 | 9,37 | 11,2 | 9,94 | 8,04 |
| 130                | 8,87 | 5,92 | 6,05 | 5,89 | 3,05 | 4,87 | 6,8  | 6,32 | 9,93 | 13,7 | 10,3 | 12   | 11   | 9,68 | 9,42 | 11,2 | 10   | 7,97 |
| 136                | 8,9  | 5,91 | 6,13 | 5,85 | 3,01 | 4,79 | 6,82 | 6,28 | 10   | 13,8 | 10,4 | 12   | 10,9 | 9,69 | 9,42 | 11,3 | 9,99 | 7,93 |



УДК 681.7.013.8

**А. А. Борискевич**, кандидат технических наук, доцент (БГУИР);

**В. К. Ероховец**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник (ОИПИ НАН Беларуси);

**В. В. Ткаченко**, кандидат технических наук, заведующий лабораторией (ОИПИ НАН Беларуси)

### ЗАЩИТНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ (КОМПЬЮТЕРНО-СИНТЕЗИРУЕМЫХ) ГОЛОГРАММ

Представлены методы цифрового синтеза Фурье-голограмм со специальными изображениями, обеспечивающими индивидуализацию и идентификацию голографических защитных элементов. Усиление защитных свойств предлагаемыми методами достигается внедрением в голограмму специальных скрытых сложновоспроизводимых структур, в том числе интерференционных и дифракционных структур цифровых Фурье-голограмм, детерминированных и псевдослучайных фрактальных и визуально-звуковых пространственно-частотных структур, основанных на вычислении спектрограмм различных типов.

Computer synthesis methods of Fourier holograms with special images for individualization and the identification of protective holograms are presented. Use proposed methods the protective properties strengthening is achieved through the introduction into hologram the special secret structures as well as interference or diffraction structures of digital Fourier holograms, and deterministic or random fractal and visual-audio space-frequency structures based on the calculation of the spectrograms of the different types.

**Введение.** Защита носителей информации, бумажных, электронных и пластиковых документов, является актуальной задачей противодействия контрафакту. Но несмотря на постоянное совершенствование и высокий уровень такой защиты, основанной на последних достижениях физики, химии и микроэлектроники, она имеет серьезный недостаток, который заключается в отсутствии контекстной зависимости между процессом подмены объекта идентификации (фотографии владельца документа) и самим средством защиты (например, защитной оптической голограммой) [1, 2]. В то же время информатизация в издательско-полиграфической отрасли сопровождается постоянным ростом объема использования архивированной цифровой информации и новых мультимедийных услуг, ужесточением требований к защите авторских прав, обеспечению информационной безопасности в процессе подготовки и распространения полиграфических изданий. В первую очередь это касается цифровых изображений, которые во многих сферах отрасли заменили традиционные аналоговые копии материалов. Цифровые изображения являются уязвимой формой представления данных для несанкционированного использования и различного рода модификаций. В том числе компьютерно-синтезируемые защитные голограммы, предназначенные для защиты от подделки различного рода документов, упаковки продукции, товаров, могут сами стать объектами фальсификации или несанкционированного использования.

Важным направлением голографической защиты является разработка методов компьютерного синтеза цифровых Фурье-голограмм (ЦФГ) со специальными изображениями [3, 4],

имеющими различную степень скрытности, обеспечивающими индивидуализацию и идентификацию защитных голограмм и готовыми к использованию для защиты цифровых данных.

Анализ современных достижений и тенденций развития оптических и компьютерных технологий показывает, что цифровые голографические методы обладают следующими преимуществами:

- обеспечение различной степени скрытности и высокой помехоустойчивости голографических изображений;

- возможность оперативного синтеза и модификации контента цифровых голограмм;

- быстрая регистрация и воспроизведение голограмм с помощью фоточувствительных сенсоров, цифровых камер, пространственно-временных модуляторов света и высокоскоростных лазерных принтеров.

В связи с этим предложены три способа синтеза и воспроизведения ЦФГ с интерференционной и дифракционной структурами и три метода синтеза специальных структурных элементов защитных голограмм: псевдослучайных фрактальных структур, муаровых структур и визуально-звуковых структур.

**Основная часть.** 1. Метод синтеза интерференционной ЦФР с амплитудно-фазовым кодированным опорным пучком.

Цифровая модель интерференционной картины  $H_l^i$   $l$ -го кодированного опорного пучка  $R_{\theta,l}$  и Фурье-образа  $l$ -го исходного объектного пучка  $I_{\phi,l}$ , основанная на вычислении пространственного распределения интенсивности  $H_l^i(p, q)$  в плоскости записи голограммы в виде квадрата модуля суммы амплитуд Фурье-образа  $F_{l,l}$  объектного  $I_{\phi,l}$  пучка и опорного  $R_{\theta,l}$  пучка: