УДК 658.71.08; 519.87

ББК 39.5

А. К. Волков

Ульяновск, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗРИТЕЛЬНОГО ПОИСКА ЗАПРЕЩЕННЫХ ПРЕДМЕТОВ ОПЕРАТОРАМИ ДОСМОТРА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ EYE-TRACKING

Представлены результаты исследования процесса зрительного поиска запрещенных к провозу предметов и веществ операторами досмотра с применением технологии Eye-tracking. Описаны результаты применения методов многомерной статистики для повышения достоверности классификации обучающихся на основе анализа их глазодвигательной деятельности. Предложен критерий сформированности компетенции по зрительному поиску. Исследована возможность применения контрольных карт Шухарта для оценки статистической устойчивости процесса зрительного поиска.

Ключевые слова: оператор досмотра, зрительный поиск запрещенных предметов, профессиональная подготовка, кластерный анализ, контрольные карты Шухарта.

A. K. Volkov

Ulyanovsk, Russia

THE RESEARCH OF SCREENERS' VISUAL SEARCHING FOR PROHIBITED ITEMS WITH THE USE OF EYE-TRACKING TECHNOLOGY

The research results of screeners' visual searching for prohibited items and substances using Eye-tracking technology are presented. The results of applying the

© Волков А.К., 2018

multivariate statistics methods to improve the reliability of the classification of students based on the analysis of their eyes activity are described. The criterion of competence formation in visual search is proposed. The possibility of applying Shewhart control charts to assess the statistical stability of visual searching was studied.

Keywords: screener, visual search of prohibited items, professional training, cluster analysis, Shewhart control charts.

Введение

Профессиональная подготовка операторов досмотра осуществляется с применением различных компьютерных тренажеров, использующих алгоритмы адаптивной подготовки обучающегося [Doc. 9808, 2002, 17]. Такие алгоритмы используют механизмы обратной связи, основанные на показателях обучаемости операторов досмотра, в частности, таких как частота обнаружений опасных предметов, частота ложных тревог и время обнаружения. Дальнейшее повышение эффективности профессиональной подготовки операторов досмотра будет связано с интеграцией механизмов психофизиологического мониторинга их функционального состояния.

В свою очередь, особенностью профессиональной подготовки операторов досмотра является формирование компетенций по зрительному поиску запрещенных к провозу предметов и веществ. Поэтому наиболее перспективным механизмом психофизиологического мониторинга в подготовке операторов досмотра является использование технология Eye-tracking [Hattenschwiler, 2015, p. 28; Swann, 2014, p. 17].

Методика экспериментального исследования особенностей подготовки операторов досмотра с применением технологии Eye Tracking

Для исследования особенностей профессиональной подготовки операторов досмотра с применением технологии Eye Tracking на базе ФГБОУ ВО УИГА проведены экспериментальные исследования с использованием мобильного ай-трекера Eye Tracking Glasses 2.0 компании «Нейроботикс». В экспериментах приняли участие 66 курсантов очной формы обучения направления под-

готовки 25.03.03 Аэронавигация, профиля подготовки 9. Обеспечение авиационной безопасности [Волков, Ионов, 2018, с. 28].

На первом этапе исследования был сформирован банк тестовых заданий, в котором содержалось 10 снимков рентгеновских изображений багажа и ручной клади (5 изображений, содержащих самодельные взрывные устройства, и 5 изображений, содержащих огнестрельное оружие). Каждое изображение было разбито на так называемые области интересов (Area of Interest, далее AOI) в целях дальнейшей обработки данных с помощью программного обеспечения «Sensomotoric Instruments BeGaze». Затем с экспозицией в 20 секунд испытуемым предъявлялся сформированный банк изображений рентгеновских снимков. Задачей испытуемых было найти опасный предмет и сказать об этом эксперту.

На втором этапе курсанты прошли курс теоретической и практической подготовки на тренажере «Студент» от НОУ ДПО НУЦ «АБИНТЕХ». В качестве порогового уровня сформированности компетенции по зрительному поиску было установлено относительное количество обнаруженных запрещенных предметов равное 80%. По результатам итоговых тестирований 34 курсанта не преодолели установленный пороговый уровень и были отнесены к группе «неподготовленных», остальные 32 курсанта отнесены к группе «подготовленных».

На третьем этапе проводился анализ полученных результатов с использованием методов кластерного и дискриминантного анализов, а также с использованием контрольных карт Шухарта по количественному признаку(X-bar и S карты).

В качестве параметров движения взгляда оператора были использованы следующие показатели глазодвигательной деятельности:

- entry time (время начала цикла) – средняя продолжительность от начала эксперимента до первой фиксации в выбранной AOI;
- dwell time (среднее время удержания взгляда в выбранной AOI) – отношение суммы всех фиксаций и саккад к их общему количеству;
- average fixation (средняя длительность фиксации) – средняя дли-

тельность фиксации в выбранной AOI;

− first fixation (первая фиксация в выбранной AOI) – момент первой фиксации испытуемого на выбранной области;

− saccade – это количество переводов взгляда в выбранную AOI и из нее соответственно;

− blink (моргания) – количество морганий за время предъявления стимула (рентгеновского изображения);

− revisits (возвращения) – число возвращений к выбранной области интереса, показывает сколько раз испытуемый возвращался в эту область в среднем и равно отношению числа взглядов, зафиксированных в данной области интереса, ко всему количеству фиксаций;

− fixation count (количество фиксаций)– число всех фиксаций выбранного испытуемого, либо отношение всех фиксаций всех испытуемых к числу испытуемых;

− sequence (последовательность) – схема фиксации внимания в выбранной области интереса, основанная на времени начала цикла; самое маленькое время начала цикла.

Для удобства работы были введены следующие сокращения: respondent (участник) – R; entry time – ET; dwell time – DT; average fixation – AF; first fixation – FF; saccade – S; blink – B; revisits – RE; fixation count – FC; sequence – SE.

1. Применение методов кластерного и дискриминантного анализов для оценки сформированности компетенции по зрительному поиску запрещенных предметов операторами досмотра.

Перед началом проведения кластерного и дискриминатного анализов подготовленной и неподготовленной группы курсантов было выполнено робастное оценивание полученных значений. В результате 4 курсанта из группы подготовленных были отброшены – в конечную классификацию вошли 28 курсантов. В группе неподготовленных 8 курсантов были отброшены – в конечную классификацию вошли 26 курсантов.

Перед началом анализа исходная матрица полученных значений была

стандартизирована в программе «Statistica», так как первоначально значения представлены в различных шкалах измерений.

Кластерный анализ проводился иерархическим методом Варда [Боровиков, 2016, с. 115]. В результате данного анализа получены дендрограммы наблюдений для обеих групп курсантов, представленные на рисунках 1 и 2.

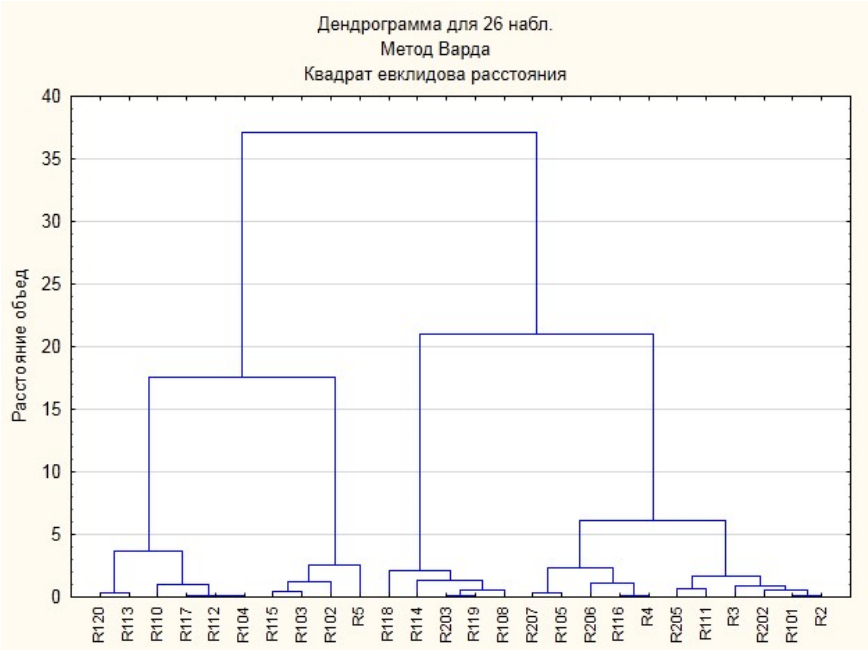


Рисунок 1 – Дендрограмма наблюдений для группы неподготовленных курсантов

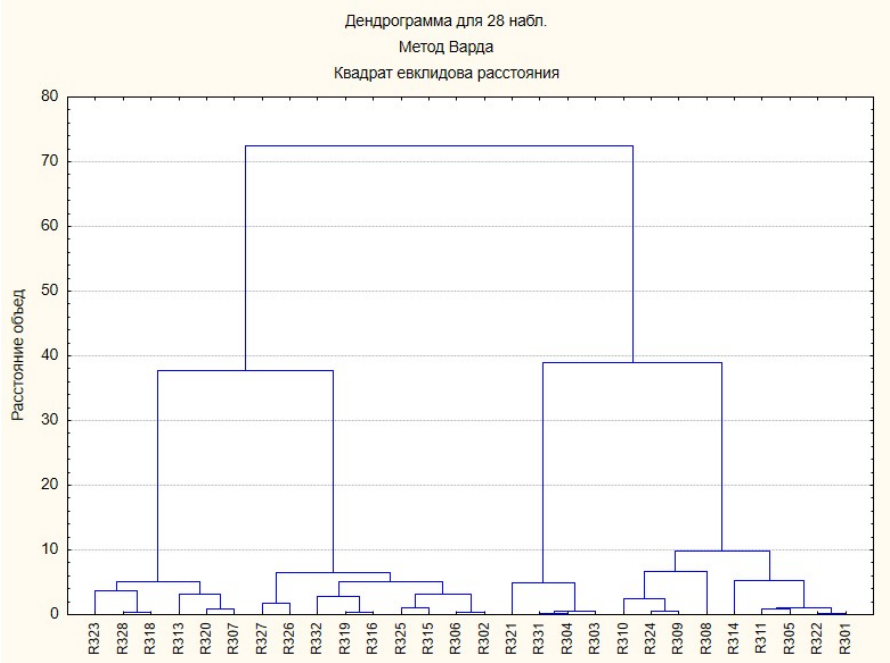
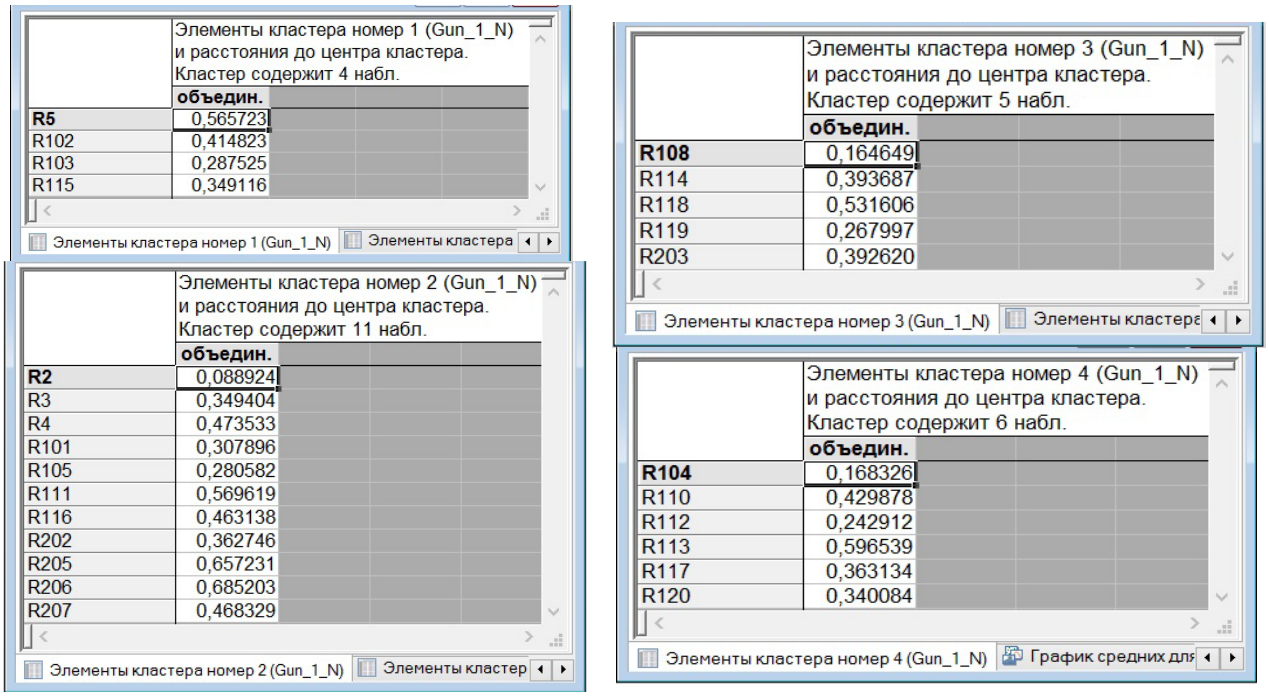


Рисунок 2 – Дендрограмма наблюдений для группы подготовленных курсантов

Из анализа дендрограмм на рисунке 1 и рисунке 2 исходные группы курсантов можно поделить на 4 кластера.

Стоит отметить, что кластеризация проводилась только по наиболее информативным параметрам глазодвигательной деятельности, то есть из девяти исходных параметров методами факторного анализа были отобраны те параметры, которые несут наибольшую факторную нагрузку. Для группы неподготовленных курсантов – это AF, FC, SE, а для группы подготовленных – DT, AF, S, B.

Для проверки правильности предположения, что исходные группы правильнее делить на 4 кластера в каждом случае, был проведен кластерный анализ методом *k*-средних. На рисунке 3 представлены результаты кластеризации методом *k*-средних для предполагаемых 4 кластеров для группы неподготовленных курсантов (проведено 10 итераций).



Элементы кластера номер 1 (Gun_1_N) и расстояния до центра кластера. Кластер содержит 4 набл.

	объедин.
R5	0,565723
R102	0,414823
R103	0,287525
R115	0,349116

Элементы кластера номер 2 (Gun_1_N) и расстояния до центра кластера. Кластер содержит 11 набл.

	объедин.
R2	0,088924
R3	0,349404
R4	0,473533
R101	0,307896
R105	0,280582
R111	0,569619
R116	0,463138
R202	0,362746
R205	0,657231
R206	0,685203
R207	0,468329

Элементы кластера номер 3 (Gun_1_N) и расстояния до центра кластера. Кластер содержит 5 набл.

	объедин.
R108	0,164649
R114	0,393687
R118	0,531606
R119	0,267997
R203	0,392620

Элементы кластера номер 4 (Gun_1_N) и расстояния до центра кластера. Кластер содержит 6 набл.

	объедин.
R104	0,168326
R110	0,429878
R112	0,242912
R113	0,596539
R117	0,363134
R120	0,340084

Рисунок 3 – Элементы кластеров, полученные методом *k*-средних

Как видно из анализа элементов полученных кластеров на рисунках 1 и 2, результаты проведенного анализа данных иерархическим методом (метод Варда) и итерационным методом (метод *k*-средних) дали одинаковый результат,

что говорит о правильности проведенной кластеризации. Для группы подготовленных курсантов результаты сравнения также дали одинаковый результат.

На рисунках 4 и 5 представлены так называемые «графики средних» для каждой группы курсантов. «График средних» является наглядным инструментом анализа полученных кластеров испытуемых по исследуемым параметрам глазодвигательной деятельности.

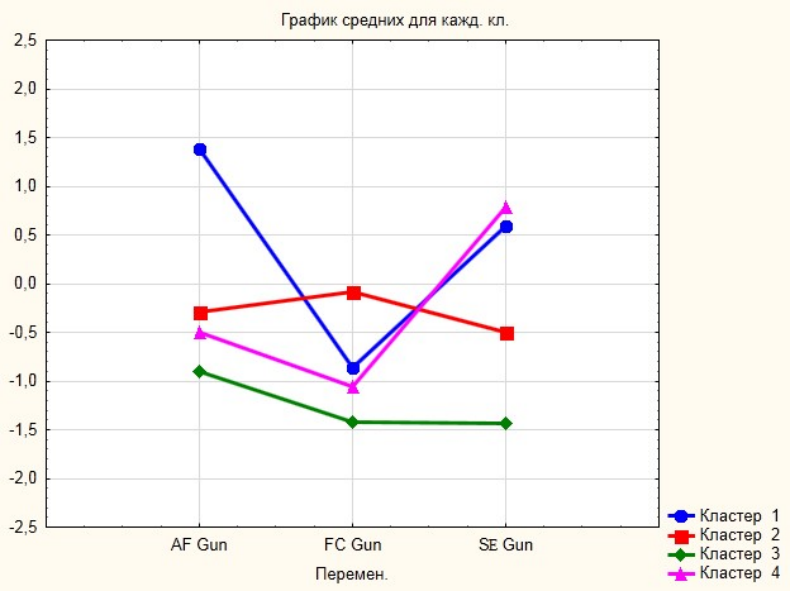


Рисунок 4 – График средних для 4 кластеров группы неподготовленных курсантов

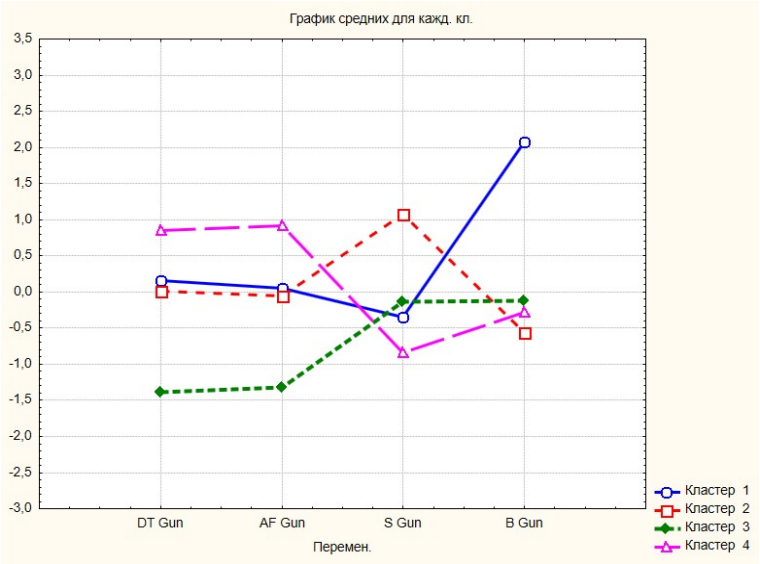


Рисунок 5 – График средних для 4 кластеров группы подготовленных курсантов

В частности, из рисунка 4 видно, что курсанты, вошедшие в 3 кластер, имеют наименьшее время средней фиксации в AOI, количества фиксаций и самое маленькое время начала цикла, что соотносится с наихудшими значениями обнаружения огнестрельного оружия. Поэтому, можно сделать вывод, что эта группа курсантов хуже остальных освоила компетенцию по зрительному поиску. Таким образом, используя «графики средних» можно анализировать полученные кластеры исходных групп курсантов и выстраивать для каждой подгруппы курсантов индивидуальную стратегию обучения.

Далее в работе проведен дискриминантный анализ полученных данных [Боровиков, 2016, с. 108]. В качестве группирующей переменной был выбран параметр, характеризующий подготовленность курсанта – параметр Cod. Данный параметр имеет два значения 0 или 1 и характеризует отнесение курсанта либо к группе «неподготовленных» (Cod = 0), либо отнесения к группе «подготовленных» (Cod = 1). На рисунках 6 и 7 представлены коэффициенты дискриминантных функций для каждой группы курсантов.

	Функции классификации; группировка: Cod (Gun_1_N)			
Переменная	**G_1:1 p=,15385**	G_2:2 p=,42308	G_3:3 p=,19231	G_4:4 p=,23077
AF Gun	7,35443	-2,10352	-10,6518	-8,2538
FC Gun	-1,20321	-0,92743	-10,1785	-9,0573
SE Gun	2,42004	-1,90605	-4,0580	5,2104
Конст-та	-8,20385	-1,67951	-16,6234	-10,3780

Рисунок 6 – Коэффициенты дискриминантных функций для неподготовленной группы курсантов

	Функции классификации; группировка: KLASS (Gun_1-32.-4_N_DA.sta)			
Переменная	**G_1:1 p=,14286**	G_2:2 p=,32143	G_3:3 p=,21429	G_4:4 p=,32143
DT Gun	-0,4081	0,09303	-3,38577	2,34552
AF Gun	-0,6896	0,26019	-3,24079	2,20684
S Gun	0,5737	2,45093	-0,48509	-2,38250
B Gun	8,4879	-1,56359	0,41566	-2,48590
Конст-та	-10,6124	-2,89043	-6,04146	-4,48236

Рисунок 7 – Коэффициенты дискриминантных функций для подготовленной группы курсантов

На основе полученных коэффициентов получены следующие функции классификации респондентов. Для группы неподготовленных курсантов функция классификации имеет следующий вид, согласно формуле (1):

$$\begin{cases} R_1 = 7{,}35443 \cdot AF - 1{,}20321 \cdot FC + 2{,}42004 \cdot SE - 8{,}20385, \\ R_2 = -2{,}10352 \cdot AF - 0{,}92743 \cdot FC - 1{,}90605 \cdot SE - 1{,}67951, \\ R_3 = -10{,}6518 \cdot AF - 10{,}1785 \cdot FC - 4{,}0580 \cdot SE - 10{,}3180, \\ R_4 = -8{,}2538 \cdot AF - 9{,}0573 \cdot FC + 5{,}2104 \cdot SE - 10{,}3780. \end{cases} \quad (1)$$

Для группы подготовленных курсантов функция классификации имеет следующий вид, согласно формуле (2):

$$\begin{cases} R_1 = -0{,}4081 \cdot DT - 0{,}6896 \cdot AF + 0{,}5737 \cdot S + 8{,}4879 \cdot B - 10{,}6124, \\ R_2 = 0{,}09303 \cdot DT + 0{,}26019 \cdot AF + 2{,}45093 \cdot S - 1{,}56359 \cdot B - 2{,}89043, \\ R_3 = -3{,}38577 \cdot DT - 3{,}24079 \cdot AF - 0{,}48509 \cdot S + 0{,}41566 \cdot B - 6.04146, \\ R_4 = 2{,}34552 \cdot DT + 2{,}20684 \cdot AF - 2{,}38250 \cdot S - 2{,}48590 \cdot B - 4{,}48236. \end{cases} \quad (2)$$

Полученные функции дискриминации (1) и (2), позволят в будущем отнести новых курсантов по результатам их тестирования с использованием технологии Eye-tracking к одному из выявленных кластеров, т. е. оценить уровень сформированности компетенции по зрительному поиску опасных и запрещенных предметов и в дальнейшем сформировать индивидуальный план подготовки.

В качестве критерия подготовленности курсанта по зрительному поиску запрещенных предметов в работе предлагается использовать квадрат расстояния Махаланобиса до центров рассматриваемых кластеров. На рисунке 10 представлен фрагмент матрицы квадратов расстояний Махаланобиса первых 10 курсантов для подготовленной группы курсантов.

Из анализа рисунка 8 видно, что например курсант под условным кодом «R301» имеет наименьший квадрат расстояния Махаланобиса от центра 4 кластера, в результате чего с наибольшей вероятностью он был отнесен к данному кластеру.

Наблюдение	Квадраты расстояний Махаланобиса до центров (Gun_1-32.-4_N_DA.sta) Неправильные классификации отмечены *				
	Наблюд. Класс.	G_1:1 p=,14286	G_2:2 p=,32143	G_3:3 p=,21429	G_4:4 p=,32143
R301	G_4:4	32,15557	15,50641	28,47073	0,18103
R302	G_2:2	40,36308	3,09929	27,47234	10,48909
R303	G_1:1	0,39853	26,52075	22,22606	33,05206
R304	G_1:1	1,75798	25,19547	30,30565	29,30631
R305	G_4:4	30,22543	17,99763	36,30863	2,16816
R306	G_2:2	41,74930	2,50960	23,04522	8,82205
R307	G_3:3	19,29943	11,01991	0,67349	24,72798
R308	G_4:4	44,52894	15,69219	34,35678	8,60380
R309	G_4:4	44,77490	11,75264	20,21490	4,57570
R310	G_4:4	22,85541	12,32311	12,08473	4,27878

Рисунок 8 – Фрагмент матрицы квадратов расстояний Махаланобиса для группы подготовленных курсантов

Полученная выборка может считаться обучающей, поэтому при внесении в неё данных нового испытуемого он будет отнесен к той или иной подгруппе обучаемых, исходя из квадратов расстояний Махаланобиса (с апостериорной вероятностью он будет отнесен к тому кластеру расстояние до центра которого имеет наименьше значение относительно других кластеров). Использование предложенной методики и предложенного критерия позволит повысить качество классификации обучаемых, а также позволит снизить роль человеческого фактора в оценке сформированности компетенции по зрительному поиску.

2. Применение контрольных карт Шухарта по количественному признаку (X-bar и S карты) для оценки статистической устойчивости процесса зрительного поиска запрещенных предметов операторами досмотра.

В связи с многомерностью пространства исследуемых признаков в данной работе анализ полученных результатов с использованием контрольных карт Шухарта будет проводиться только для группы подготовленных курсантов и только по одному параметру [Халафян, 2013]. Исходя из результатов проведенного факторного анализа, среди полученных 4 основных параметров глазодвигательной деятельности для анализа выберем параметр «саккады». В общем

случае под саккадой понимаются «быстрые согласованные скачкообразные движения глаз между точками фиксации взгляда» [Волков, Ионов, 2018, с. 25]. Так как объем выборки более 12 единиц (в нашем случае выборка составляет 34 курсанта), используются следующие контрольные карты: X-bar карта и S карта. Данный тип карт позволяет внутреннюю изменчивость (разброс) значений исследуемого показателя внутри выборок.

Анализ результатов проводился с использованием программы «Statistica» по 5 изображениям, содержащим запрещенный к провозу предмет – пистолет (это изображения под номерами 1, 3, 4, 8, 10). На рисунке 9 представлена контрольная карта X-S с общими контрольными границами.

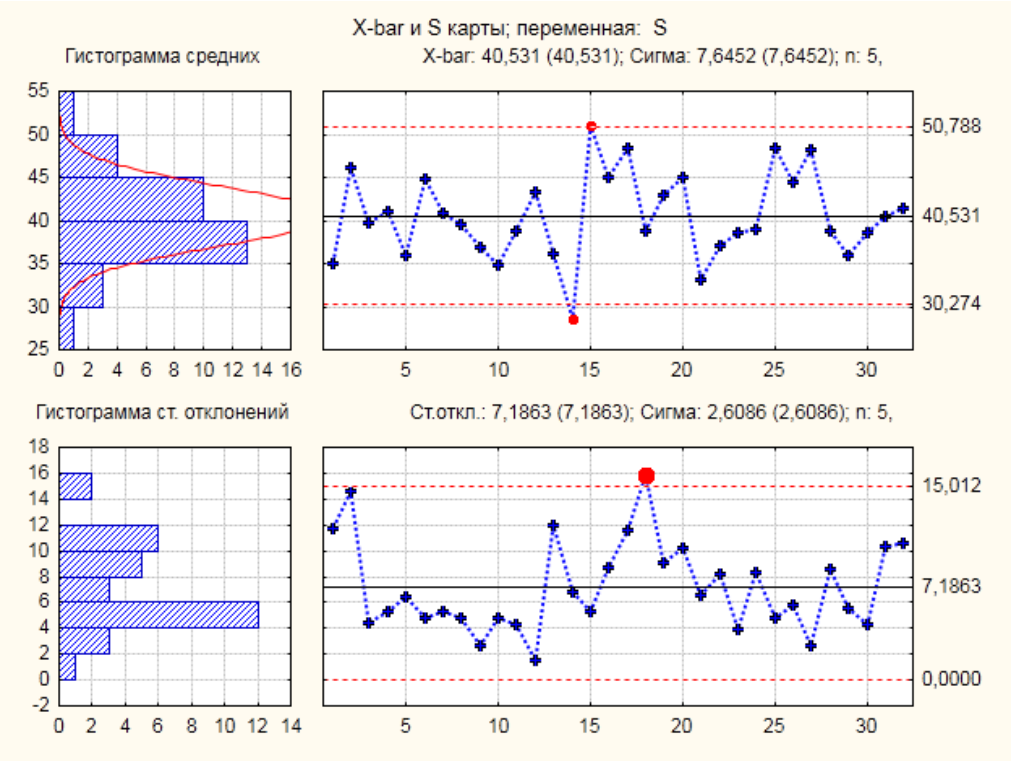


Рисунок 9 – Контрольная карта X-S саккад группы подготовленных курсантов

Анализ контрольных карт показывает, что средние значения выборок трех измерений вышли за верхние и нижние предупреждающие линии, что свидетельствует о начинающемся разладе процесса. Так как в данном случае для анализа выбраны данные по всем 34 курсантом, данные выборки являются теми значениями, которые в предыдущем анализе были отброшены в результате робастной оценки.

Одним из основных критериев оценки контрольных карт Шухарта являются «критерии серий». По умолчанию в программе «Statistica» реализовано 7 критериев серий. На рисунках 10 и 11 представлены критерии серий, относительно трех зон *A, B, C,* для анализируемого параметра саккад.

Зоны A/B/C: 3,000/2,000/1,000 * Сигма Критерии против альтернатив спец. вида	S ; Критерии серий (Контрольная карта 32) X-bar карта Центр: 40,531250 Сигма: 3,419022	
	от выборки	до выборки
9 точек по одну сторону от центра	OK	OK
6 точек в возр./уменьш. ряду	OK	OK
14 точек в "шахматном порядке"	OK	OK
2 из 3 точек в зоне A или вне ее	15	17
	25	27
4 из 5 точек в зоне B или вне ее	OK	OK
15 точек в зоне C	OK	OK
8 точек вне зоны C	OK	OK

Рисунок 10 – Критерии серий для X-bar карты

Зоны A/B/C: 3,000/2,000/1,000 * Сигма Критерии против альтернатив спец. вида	S ; Критерии серий (Контрольная карта 32) S карта Центр: 7,186346 Сигма: 2,608639	
	от выборки	до выборки
9 точек по одну сторону от центра	3	11
6 точек в возр./уменьш. ряду	OK	OK
14 точек в "шахматном порядке"	OK	OK
2 из 3 точек в зоне A или вне ее	OK	OK
4 из 5 точек в зоне B или вне ее	OK	OK
15 точек в зоне C	OK	OK
8 точек вне зоны C	OK	OK

Рисунок 11 – Критерии серий для S карты

Критерий серий «2 из 3 точек в зоне *A* или вне её» для X-bar карты, представленный на рисунке 10, служит «ранним предупреждением» о начинающемся разладе процесса. Другими словами данный критерий можно интерпретировать как малый практический опыт работы курсантов в качестве операторов досмотра (компетенция по зрительному поиску сформирована недостаточно, хотя курсанты и прошли итоговое тестирование).

Критерий серий «9 точек по одну сторону от центра» для S карты, пред-

ставленный на рисунке 11, показывает возможность изменения среднего значения саккад в целом и наличие потенциальных трендов процесса. Можно сделать предположение о симметричности распределения саккад вокруг среднего значения процесса.

Далее определены выбросы, представленные на рисунках 12 и 13, средние и стандартное отклонение которых вышли за пределы контрольных границ.

Тип выброса	Число выбросов: Наб.0 (по умолчанию) (Контрольная карта 32) S; X-bar; Среднее процесса: 40,531250; Сигма: 7,645166 Стандарт; Среднее: 40,531250; Сигма: 7,645166	
	Число выбросов	% всех выборок
< НКП	1	3,125000
> ВКП	1	3,125000
Всего	2	6,250000

Рисунок 12 – Таблица числа выбросов X-bar карты

Тип выброса	Число выбросов: Наб.0 (по умолчанию) (Контрольная карта 32) S; S-карта; Среднее ст.откл.: 7,186346; Сигма: 2,608639 Стандарт; Ст.откл.: 7,186346; Сигма: 2,608639	
	Число выбросов	% всех выборок
< НКП	0	0,000000
> ВКП	1	3,125000
Всего	1	3,125000

Рисунок 13 – Таблица числа выбросов S карты

Как видно из рисунка 12, 2 респондента по исследуемому параметру саккад выходят за границы. Согласно S карты на рисунке 13, один респондент вышел за верхний контрольный предел. Что практически согласуется с проведённой ранее робастной оценкой.

На рисунке 14 представлена таблица предупреждения о возможности потери качества исследуемого процесса. Видно, что средние значения параметра саккад респондентов под номерами 14, 15 и 18 вышли за установленные кон-

трольные границы. Можно предположить, что данные отклонения в значении исследуемого параметра обусловлены случайными причинами, связанными с различием рентгеновских изображений. Большее количество предметов на теневом рентгеновском изображении дает большее количестве саккад, в связи с более частым переводом взгляда испытуемого с одного предмета на другой и наоборот.

Выборка	Номер выборки:	Вне НКП/ВКП не проверялись	Вне НПЛ/ВПЛ не применим	Нарушения серий не проверялись	Вне спецификаций не проверялись
1	1				да
2	2				да
5	5				да
6	6				да
10	10				да
11	11			S карта	
13	13				да
14	14	X-bar карта			да
15	15	X-bar карта			да
16	16				да
17	17			X-bar карта	да
18	18	S карта			да
19	19				да
20	20				да
21	21				да
22	22				да
24	24				да
25	25				да
26	26				да
27	27			X-bar карта	да
28	28				да
29	29				да
31	31				да
32	32				да

Рисунок 14 – Таблица предупреждения о возможности потери качества

Для X-карты на рисунке 15 представлена линия скользящего среднего (линия тренда) в поведении средних значений саккад для анализируемой группы респондентов.

Рисунок 15 – График линии скользящего среднего для X-карты

Анализ тренда средних значений саккад, представленного на рисунке 15, показывает, что, начиная с выборки 15 и до 20 выборки, наблюдается рост средних значений саккад испытуемых, а затем спад, достигающий своего минимального значения в выборке 24, с последующим ростом средних значений саккад. Выявленный тренд также свидетельствует о начинающемся разладе процесса.

Наглядным инструментом анализа карт Шухарта является «график отдельных наблюдений». Для анализируемого процесса данный график представлен на рисунке 16. Из анализа графика отдельных наблюдений видно, что наблюдения параметра саккад из выборок 2, 15, 16, 17, 18, 19, 25, 27, 31 и 32 вышли за установленные контрольные границы (верхний либо нижний контрольный предел).

Как было отмечено выше, это может быть связано, во-первых, с недостаточной подготовкой курсантов деятельности в качестве операторов досмотра, во-вторых, с различием в предъявляемых стимулах (теневых изображениях багажа и ручной клади).

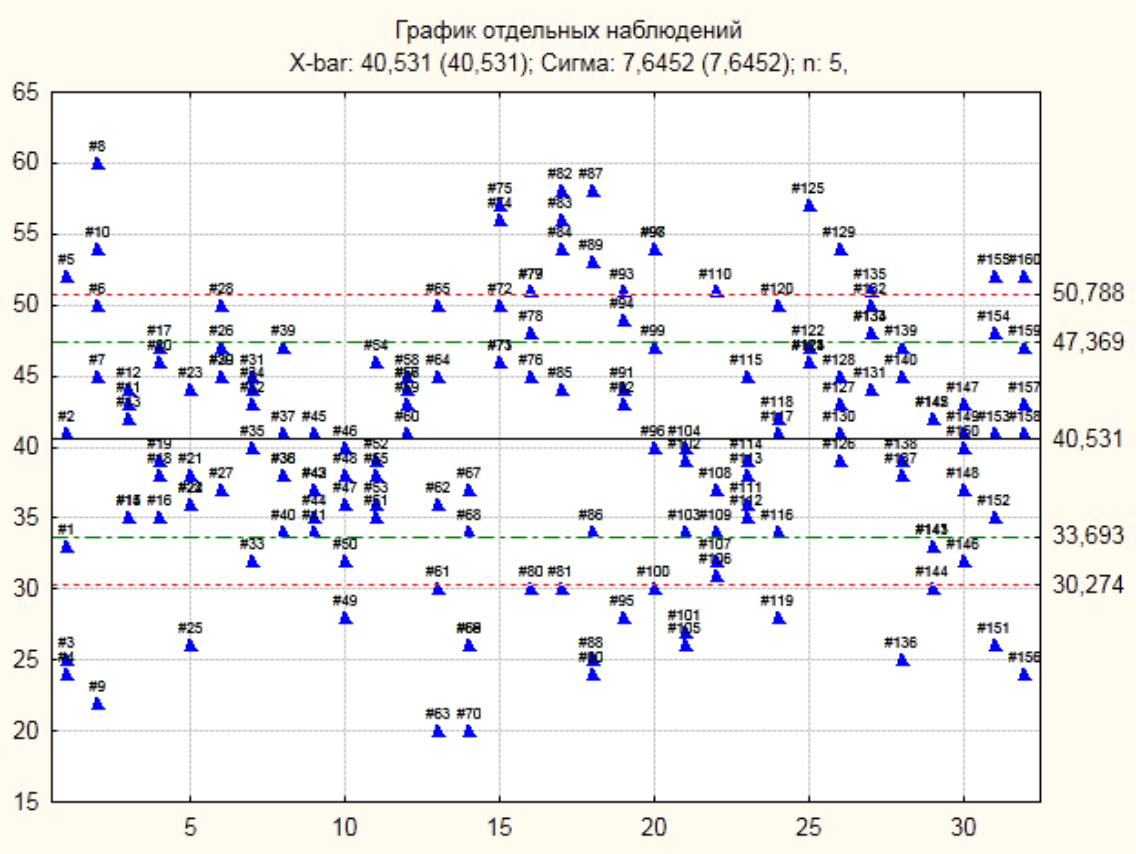


Рисунок 16 – График отдельных наблюдений для X-bar карты

Применение контрольных карт Шухарта по количественному признаку (X-bar и S карты) позволили сделать оценку статистической устойчивости процесса зрительного поиска запрещенных предметов операторами досмотра на примере параметра саккад. В результате выявлен начинающийся разлад процесса, что говорит о неполном формировании компетенции по зрительному поиску даже среди группы подготовленных курсантов.

Заключение

В результате данного исследования получены следующие результаты и сделаны следующие выводы:

1. Исследована возможность и показана целесообразность применения технологии Eye-tracking и методов статистического анализа, в частности методов кластерного и дискриминантного анализов, в процессе профессиональной подготовки операторов досмотра для повышения достоверности классификации групп на основе анализа их глазодвигательной деятельности в процессе зрительного поиска.

2. Предложен объективный критерий сформированности компетенции операторов досмотра, по зрительному поиску в виде квадратов расстояний Махаланобиса до центров выявленных кластеров.

3. Исследована возможность применения контрольных карт Шухарта по количественному признаку (X-bar и S карты) для оценки статистической устойчивости процесса зрительного поиска запрещенных к провозу предметов и веществ операторами досмотра на примере параметра саккад.

Библиографический список

1. *Боровиков В. П.* Популярное введение в современный анализ данных в системе STATISTICA.Учебное пособие для вузов. М.: Горячая линия – Телеком, 2016. 288 с.

2. *Волков Ан. К.* Совершенствование организации профессиональной подготовки операторов досмотра с применением системы регистрации движения глаз и методов кластерного и дискриминантного анализа / Ан. К. Волков, В. В. Ионов // Научный вестник МГТУ ГА. 2018. Т. 21 (3). С. 45–36.

3. *Халафян А. А.* Промышленная статистика: Контроль качества, анализ процессов, планирование экспериментов в пакете STATISTICA: учебное пособие. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. 384 с.

4. Человеческий фактор в системе мер безопасности гражданской авиации. Doc 9808. Изд. 1. Монреаль: ИКАО, 2002. 120 с.

5. *Hattenschwiler, N.* A first exploratory study on the relevance of everyday object knowledge and training for increasing efficiency in airport security x-ray screening. IEEE International Carnahan conference on security technology / S. Michel, M. Kuhn, S. Ritzmann, A. Schwaninger. 2015. vol. 49, 25–30 pp.

6. *Swann, L.* Airport security screeners expertise and implications for interface design. In design research society conference / V. Popovic, A. Blackler, B. Kraal, 2014, 16–19 pp.

References

1. *Borovikov V. P.* (2016) A popular introduction to modern data analysis in the system STATISTICA. Textbook for universities. M.: Hotline-Telecom, 2016. 288 p. (in Russian)

2. *Halafyan A. A.* (2013) Industrial statistics: Quality control, process analysis, planning of experiments in STATISTICA package: Textbook. M.: Book house «LIBROKOM», 2013. – 384 p. (in Russian)

3. *Hattenschwiler, N.* A first exploratory study on the relevance of everyday object knowledge and training for increasing efficiency in airport security x-ray screening. IEEE Interna-

tional Carnahan conference on security technology / S. Michel, M. Kuhn, S. Ritzmann, A. Schwaninger, vol. 49, 2015, 25-30 pp. (in English)

4. Human factors in civil aviation security operations. Doc 9808. 3rd Edition. Montreal: ICAO. 2002. 120 p. (in Russian)

5. *Swann, L.* Airport security screeners expertise and implications for interface design. In design research society conference / V. Popovic, A. Blackler, B. Kraal, 2014, 16-19 pp. (in English)

6. *Volkov A .K.* (2015) Improving the organization of professional training of inspection operators with the use of eye movement registration system and methods of cluster and discriminant analysis / A. K. Volkov, V. V Ionov // Scientific Bulletin of MGTU GA. 2015, Vol. 21. No 3. P. 60-64. (in Russian)