УДК 658.71.08,519.87
DOI: 10.26467/2079-0619-2018-21-3-25-36

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ ДОСМОТРА С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ГЛАЗ И МЕТОДОВ КЛАСТЕРНОГО И ДИСКРИМИНАНТНОГО АНАЛИЗА

Ан.К. ВОЛКОВ[1], В.В. ИОНОВ[1]
[1]Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева, г. Ульяновск, Россия

Профессиональная подготовка операторов рентгенотелевизионных интроскопов осуществляется с применением компьютерных тренажеров, которые имеют алгоритмы адаптивной подготовки. Данные алгоритмы в существующих тренажерах включают в себя механизмы обратной связи, на основе показателей обучаемости, в частности, таких как частота обнаружений опасных предметов, частота ложных тревог и время обнаружения. Дальнейшее повышение эффективности тренажерной подготовки операторов связано с интеграцией механизмов психофизиологического мониторинга их функционального состояния. Исходя из анализа особенностей профессиональной подготовки операторов рентгенотелевизионных интроскопов, связанных с формированием компетенций по зрительному поиску опасных предметов, наиболее перспективным является использование технология Eye tracking. Отечественные и зарубежные исследования особенностей движения глаз при решении профессиональных задач в процессе подготовки активно развиваются в различных областях деятельности. В отечественной практике отсутствуют исследования особенностей зрительного поиска в отличие от зарубежных исследований. Данная работа направлена на рассмотрение вопроса применения технологии Eye tracking в сфере подготовки операторов рентгенотелевизионных интроскопов. В результате экспериментальных исследований с использованием мобильного ай-трекера Sensomotoric Instruments Eye Tracking Glasses 2.0 были получены статистические данные параметров перемещения взгляда для двух групп испытуемых с различными уровнями подготовки. Применение методов кластерного и дискриминантного анализов позволило выделить общие классы данных параметров, а также получить функции дискриминации для каждой исследуемой группы. Теоретическая значимость исследований особенностей движения глаз операторов заключается ввыявлении закономерностей зрительного поиска запрещенных предметов. Практическая значимость применение технологии Eye tracking и методов статистического анализа заключается в повышении достоверности оценки уровня сформированности компетенции по зрительному поиску операторов рентгенотелевизионных интроскопов, а также в возможности разработки систем контроля состояния операторов и оценки зрительной усталости.

Ключевые слова: оператор рентгенотелевизионного интроскопа, зрительный поиск, регистрация движения глаз, технология Eye tracking, профессиональная подготовка.

ВВЕДЕНИЕ

Подготовка операторов рентгенотелевизионных интроскопов (РТИ) проводится с учетом рекомендаций Международной организации гражданской авиации (ИКАО)[1]. Основными этапами подготовки операторов являются начальная подготовка и обучение на рабочем месте. Начальная подготовка реализуется с применением специализированных компьютерных тренажеров. Одним из важных требований ИКАО к тренажерам подготовки операторов РТИ является возможность организации обучения в саморегулируемом темпе и адаптации подготовки к индивидуальным потребностям обучающегося путем регулирования уровней трудности и сосредоточивания внимания на конкретных областях, требующих развития[2]. На сегодняшний день компьютеризированная подготовка операторов осуществляется с применением следующих тренажеров: SIMFOX компании Renful Premier Technologies; Operator Training System компании Security Training International; X-rayTutor, разработанного Университетом Цюриха; «Студент»,

[1] Человеческий фактор в системе мер безопасности гражданской авиации. Doc 9808. 1-е изд. Монреаль: ИКАО, 2002. 120 с.
[2] Там же.

разработанного научно-учебным центром «АБИНТЕХ» [1]. Алгоритмы адаптивной подготовки в представленных тренажерах включают в себя механизмы обратной связи на основе показателей обучаемости, в частности таких, как частота обнаружений опасных предметов, частота ложных тревог и время обнаружения. По результатам тестового контроля на основе анализа показателей обучаемости опытные инструкторы определяют стратегию индивидуального обучения оператора.

Дальнейшее повышение эффективности тренажерной подготовки операторов связано с интеграцией механизмов психофизиологического мониторинга их функционального состояния. Практическая реализация данного вида контроля может осуществляться с применением следующих методов оценки психофизиологического состояния обучающегося [2]:

– методов контактного измерения электрических параметров кожи (электрокожное сопротивление, кожно-гальваническая реакция);

– метода анализа клавиатурного почерка;

– метода вариационной пульсометрии;

– метода электроокулографии;

– метода видеоокулографии.

Исходя из анализа особенностей профессиональной подготовки операторов РТИ, связанных с формированием компетенций по зрительному поиску опасных предметов, наиболее перспективным является использование метода видеоокулографии.

Метод видеоокулографии (технология Eye tracking) находит все большее применение в различных направлениях и исследованиях, касающихся профессиональной подготовки и деятельности операторов. Технология Eye tracking – это «метод определения координат взора: точки пересечения оптической оси глазного яблока и плоскости наблюдаемого объекта или экрана, на котором находится некий визуальный стимул» [3]. Наиболее общую информацию о движении глаз, используемую для исследования когнитивных процессов и задач, дают такие характеристики, как фиксации взгляда и саккады. Фиксациями взгляда считается набор соседних отсчетов, находящихся внутри пространства заданного диаметра (как правило, это круг), общей продолжительностью не меньше заданной [4]. Саккады – это «быстрые согласованные скачкообразные движения глаз между точками фиксации взгляда» [5]. Относительно процессов когнитивной обработки данных, короткие фиксации взгляда между саккадами большей частью связаны с поверхностной, автоматической обработкой зрительной информации, в то время как долгие сгруппированные фиксации взгляда связаны с более глубокой обработкой и анализом зрительной информации.

Исследования особенностей движения глаз при решении профессиональных задач в процессе подготовки активно развиваются в различных областях деятельности. При этом особый интерес представляет адаптация зарубежного опыта подготовки рентгенологов [6], касающегося исследований такого феномена, как «пропуски при продолжении поиска» (subsequent search isses, SSM), в целях повышения эффективности обучения операторов РТИ по выявлению опасных предметов. Феномен SSM характеризует преждевременное прекращение зрительного поиска аномалий рентгенологами после обнаружения первого целевого стимула, что влечет за собой пропуск последующих стимулов [7]. Применение технологии Eye tracking позволит решить задачу нейтрализации данного типа ошибок в процессе тренажерной подготовки операторов РТИ.

Ряд исследований [8, 9] касается использования систем регистрации движения глаз для оценки параметров зрительного восприятия и распределения внимания пилотов в ходе тренажерной подготовки при решении различных задач. Проблема распределения внимания операторов РТИ в процессе зрительного поиска опасных предметов требует решения в связи с отсутствием четко установленных правил взаимодействия с функциями улучшения изображений рентгеновской аппаратуры. Зарубежные исследования показали, что применение данных функ-

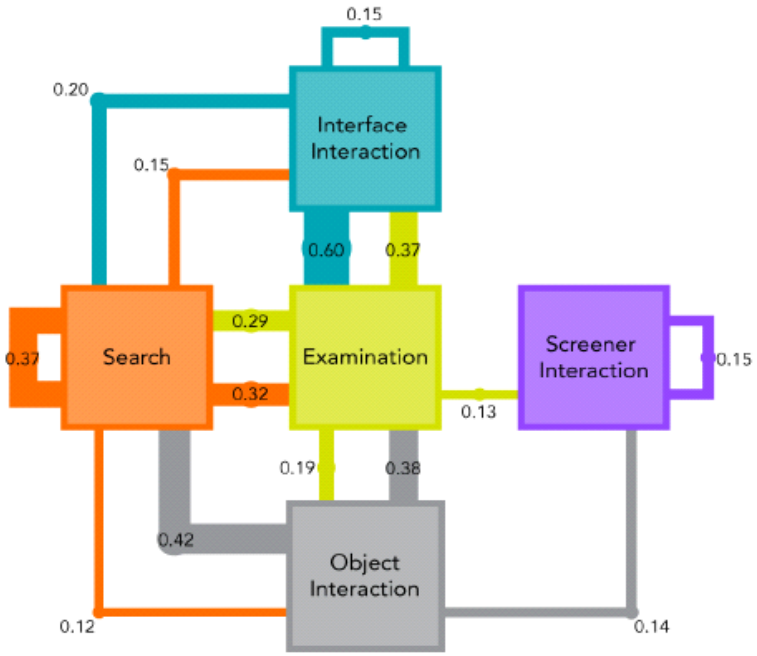

Рис. 1. Структура деятельности оператора досмотра [14]
Fig. 1. Activity structure of security screeners [14]

ций не только не помогает обнаружению опасных предметов, но и в некоторых случаях даже ухудшает характеристики обнаружения [10].

Исходя из анализа результатов применения технологии Eye tracking в подготовке спортсменов, системы регистрации движений глаз могут выступать в качестве инструмента для решения таких задач, как [11, 12, 13]:

– формирование эффективных стратегий зрительного поиска;

– сравнение глазодвигательных паттернов обучающихся различных уровней подготовленности;

– реализация адаптивной подготовки, основанной на введении дополнительного контура обратной связи по результатам глазодвигательной деятельности испытуемого.

В исследовании, касающемся деятельности операторов РТИ [14], анализировалась структура деятельности операторов непосредственно в процессе выполнения профессиональных задач. Одним из основных результатов явилось выявление видов деятельности операторов и их взаимодействия. Выделены такие виды деятельности, как зрительный поиск, экспертиза изображения, взаимодействие с интерфейсом оборудования, взаимодействие с другими сотрудниками досмотра, взаимодействие с объектом исследования (рис. 1). Представленная когнитивная модель позволяет анализировать последовательности выделенных видов деятельности, а также связи между ними.

Согласно рис. 1, экспертиза изображения переходит во взаимодействие с интерфейсом оборудования с частотой 0,37, в свою очередь, она переходит в экспертизу изображения с частотой 0,6. Этот тип перехода характеризует применение операторами функций улучшения изображения.

Таким образом, применение технологии Eye tracking при исследовании процессов зрительного поиска опасных предметов операторами РТИ открывает возможность для повышения уровня обеспечения авиационной безопасности [15]. Целью данной работы является исследование особенностей зрительного поиска запрещенных предметов операторами рентгенотелевизионных интроскопов с применением технологии Eye tracking.

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ЗРИТЕЛЬНОГО ПОИСКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ РЕГИСТРАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ГЛАЗ

В целях оценки возможности применения метода видеоокулографии для оценки эффективности зрительного поиска операторами досмотра, были проведены экспериментальные исследования с использованием мобильного айтрекера Sensomotoric Instruments Eye Tracking Glasses 2.0 (ETG 2.0).

Регистрация наблюдений проводилась бинокулярно (отслеживалось движение обоих глаз) с автоматической компенсацией параллакса (что обеспечивает высокую точность при различных дистанциях от участника эксперимента до наблюдаемого объекта) с разрешением 0,1° и погрешностью 0,5°. Запись видео проводилась в формате H264/MPEG-4 с 30 кадрами в секунду и разрешением 1280 x 960 p (HD). Также проводилась запись звука через встроенный микрофон (для фиксации ответов испытуемых). Последующая обработка полученных данных проводилась с использованием программного обеспечения SMI BeGaze.

Участниками эксперимента были выбраны 66 курсантов очной формы обучения направления подготовки 25.03.03 Аэронавигация, профиля подготовки 9. Обеспечение авиационной безопасности ФГБОУ ВО «Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева».

Первоначально все курсанты прошли подготовку на тренажере «Студент». В процессе прохождения тестирования на тренажере испытуемым было рекомендовано использовать стратегию зрительного поиска, предложенную ИКАО. В качестве минимального порогового уровня компетентности было установлено относительное количество обнаруженных запрещенных предметов, равное 80 %. По результатам итогового тестирования 32 курсанта преодолели установленный пороговый уровень компетентности. Затем данной группе испытуемых было присвоено кодовое значение 1, а остальной группе испытуемых – 0.

Для проведения исследований с использованием айтрекера ETG 2.0 был сформирован банк тестовых заданий, содержащий 10 изображений запрещенных предметов (5 изображений, содержащих самодельные взрывные устройства, и 5 изображений, содержащих огнестрельное оружие). Каждое изображение было разбито на так называемые области интересов (Area of Interest, AOI) в целях дальнейшей обработки данных с помощью программного обеспечения SMI BeGaze.

Перед началом каждого эксперимента проводилась калибровка взгляда испытуемого по трем точкам плоскости. Затем с экспозицией в 20 секунд испытуемым предъявлялся сформированный банк изображений рентгеновских снимков. Задачей испытуемых было найти опасный предмет и сказать об этом эксперту. В процессе обработки полученного видео время ответа испытуемого заносилось в учетную ведомость.

В качестве параметров движения взгляда были использованы следующие параметры:

– 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 длительность фиксации в выбранной AOI;

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

– Intake и Saccade – это количество переводов взгляда в выбранную AOI и из нее соответственно;

– Blink (моргания) – количество морганий за время предъявления стимула (рентгеновского изображения).

В табл. 1 представлен фрагмент данных по одному из изображений, содержащих огнестрельное оружие, для первых десяти испытуемых из первой группы. В столбце Hit отмечено время обнаружения пистолета.

Таблица 1
Table 1

Результаты исследования зрительного поиска
The results of the study of visual search

Испытуемые	Параметры							
	Hit, с	Entry time, млс	Dwell time, млс	Average fixation, млс	First fixation, млс	Intake	Saccade	Blink
Курсант 1 (R1)	0	4625,4	3260,3	279,4	99,6	52	53	3
Курсант 2 (R2)	6	366,0	233,0	233,0	233,0	60	57	2
Курсант 3 (R3)	0	366,0	2761,8	347,0	299,5	66	64	1
Курсант 4 (R4)	7	865,4	2395,2	199,7	299,4	45	43	1
Курсант 5 (R5)	2	2362,5	1764,1	588,0	166,4	40	39	0
Курсант 6 (R6)	10	4691,8	3792,6	245,7	99,6	42	37	15
Курсант 7 (R7)	5	0,0	2262,8	290,0	100,0	47	46	0
Курсант 8 (R8)	0	299,6	1065,1	332,8	332,8	41	40	0
Курсант 9 (R9)	7	1331,0	3427,3	332,7	266,1	36	35	0
Курсант 10 (R10)	0	1397,7	3593,8	326,1	99,8	46	43	4

Для выявления информативных показателей глазодвигательной деятельности, которые выступают в роли предикторов, были использованы следующие статистические методы: кластерный и дискриминантный анализ [16]. Для выполнения данных анализов был использован программный пакет для статистического анализа Statistica 10. Перед началом проведения анализа все полученные статистические значения были стандартизированы. На рис. 2 представлен фрагмент таблицы стандартизированных данных в программе Statistica для первых 10 испытуемых.

Данные: Data IEDs* (9v * 66c)

I:\Программа дискриманантного анализа\Data IEDs.xlsx : Лист2

	1 Entry	2 Dwell	3 Average	4 First	5 Intake	6 Saccade	7 Blink	8 Hit	9 Cod
R1	-0,5207	2,16789	-0,9645	-0,1673	1,84669	2,074	1,11939	-0,8053	0
R2	0,51005	-1,3251	-1,1197	-0,1899	0,71896	0,69221	0,14085	-0,8053	0
R3	-0,0756	0,1662	-0,9519	-0,1808	0,45872	0,34676	0,14085	2,29518	0
R4	-0,3567	-0,4445	-0,8146	-0,1808	0,54546	0,60584	0,14085	-0,8053	0
R5	1,47049	-1,5234	-1,0395	-0,1899	0,19847	0,26039	-0,3484	0,74493	0
R6	-0,5207	-1,2394	-1,39	-0,1402	0,28522	0,17403	1,11939	-0,8053	0
R7	-0,3097	-0,0612	0,62751	-0,1899	1,93344	1,98764	-0,8377	0,302	0
R8	0,04166	-1,0975	0,26539	-0,1854	1,75994	1,72855	0,14085	-0,8053	0
R9	-0,3805	1,28757	0,7901	-0,1538	1,06595	1,12402	-0,8377	-0,8053	0
R10	-0,4036	-0,0752	-0,3132	-0,1718	0,80571	0,86493	1,60866	-0,8053	0

Рис. 2. Фрагмент таблица стандартизированных данных
Fig. 2. The fragment of the table of standardized data

Кластерный анализ проводился иерархическим методом, в частности методом Варда. В результате данного анализа получена дендограмма, из которой вся совокупность исходных переменных была разделена на пять классов (рис. 3).

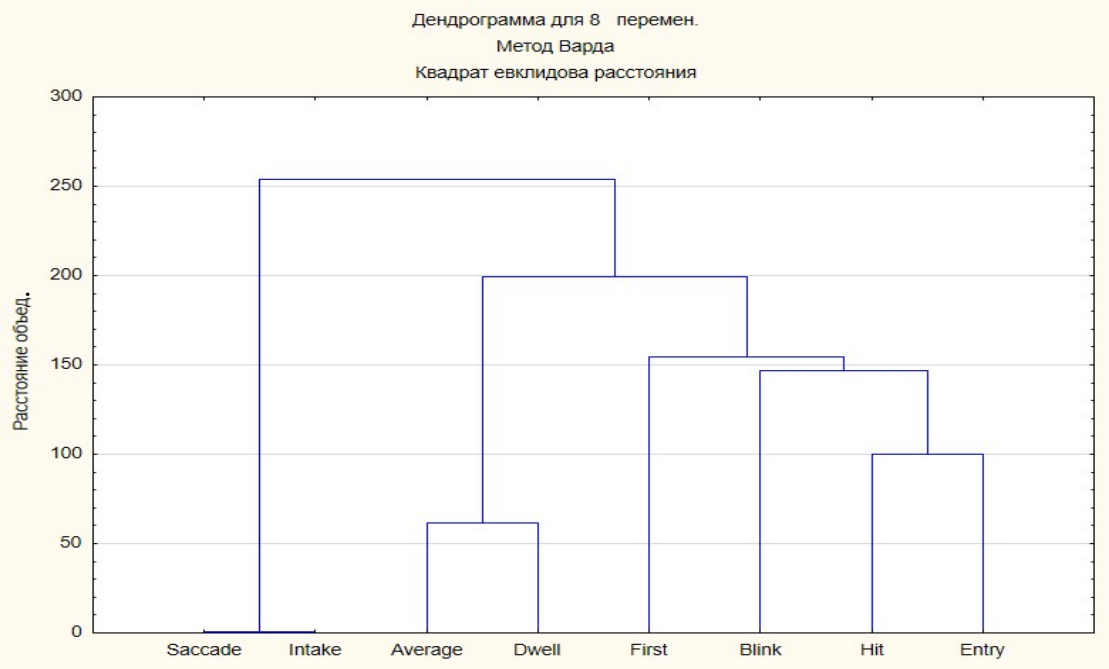

Рис. 3. Дендограмма исходных переменных
Fig. 3. The dendrogram of the original variables

Анализ дендограммы показывает, что в первый класс вошли Saccade и Intake, во второй – Average fixation и Dwell time, в третий – First fixation, в четвертый – Blink и в пятый класс вошли Hit и Entry time.

Для проверки правильности разбиения исходных переменных на пять классов был использован метод *k*-средних. Полученные значения кластеризации методом *k*-средних представлены на рис. 4.

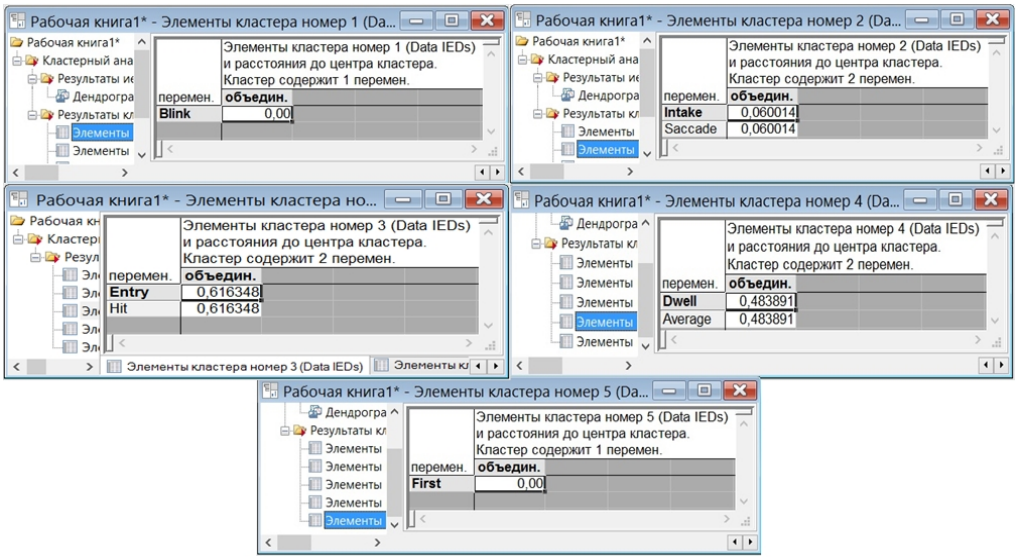

Рис. 4. Результаты классификации методом *k*-средних
Fig. 4. The results of the classification by *k*-means method

Результаты проведенного анализа данных иерархическим методом (метод Варда) и итерационным методом (метод *k*-средних) дали одинаковый результат, что говорит о правильности проведенной классификации.

Для изучения различия между двумя и более группами объектов одновременно по нескольким переменным используется дискриминантный анализ, который является разделом многомерного статистического анализа [17]. В качестве группирующей переменной был выбран параметр Cod, который характеризует отнесение исследуемого объекта либо к первой группе (Cod – 0), либо ко второй группе (Cod – 1).

Результаты декрементного анализа приведены на рис. 5, 6, 7.

Представленная на рис. 5 матрица классификации показывает, что процент правильной классификации для первой группы составляет 88,23 %, а для второй группы – 84,37 %. При этом в первой группе ошибочно классифицируемых четыре курсанта, а во второй пять курсантов.

На рис. 6 представлен фрагмент таблицы апостериорных вероятностей. Результаты проведенного анализа позволяют сделать вывод о правильности классификации. В случае неправильной классификации результаты отмечаются (*). Данная выборка может использоваться в качестве обучающей.

Коэффициенты дискриминантной функции для каждой группы представлены на рис. 7.

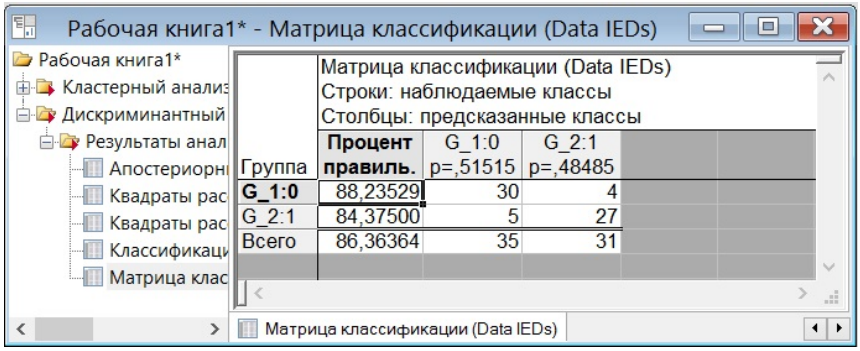

Рис. 5. Матрица классификации
Fig. 5. Classification matrix

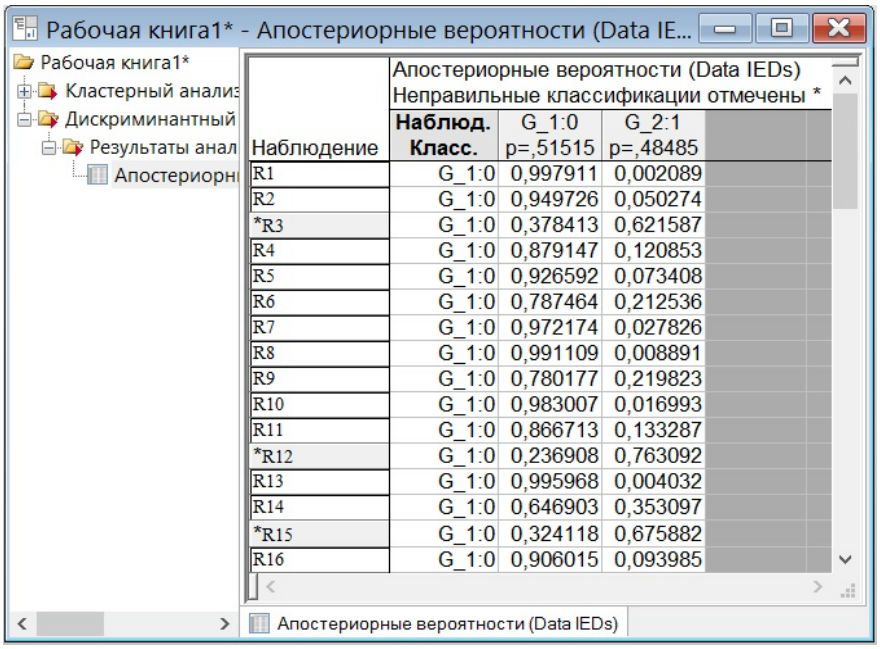

Рис. 6. Апостериорные вероятности
Fig. 6. Posterior probability

Переменная	Функции классификации; группировка: Cod (Data IEDs) G_1:0 p=,51515	G_2:1 p=,48485
Entry	0,49790	-0,52902
Dwell	-0,21225	0,22551
Average	-0,00081	0,00086
First	0,29582	-0,31431
Intake	-2,86479	3,04384
Saccade	3,97950	-4,22822
Blink	0,55816	-0,59304
Hit	-0,13891	0,14759
Конст-та	-1,14394	-1,26653

Рис. 7. Функции классификации
Fig. 7. The classification functions

Результаты дискриминантного анализа показывают, что четыре испытуемых первой группы и пять испытуемых второй группы были ошибочно классифицированы. Несмотря на то, что данные четыре испытуемых первоначально не справились с пороговым уровнем компетенции, они могут быть в дальнейшем выделены в отдельную группу для формирования индивидуального плана подготовки, так как параметры их глазодвигательной деятельности близки к параметрам исследуемых из более подготовленной группы. Для 5 испытуемых из второй группы можно сделать вывод, что по параметрам их глазодвигательной деятельности они не относятся ко второй группе, хотя и преодолели пороговый уровень. То есть это может говорить о том, что во многом компетенция по зрительному поиску опасных предметов данных испытуемых сформировалась не в полной мере.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе исследована возможность применения системы регистрации движения глаз и методов многомерной статистики в процессе профессиональной подготовки операторов РТИ.

Показано, что применение методов статистического анализа позволит повысить достоверность классификации сформированности компетенций по зрительному поиску опасных предметов.

В дальнейшем в целях разработки методики подготовки операторов РТИ с применением технологии Eye Tracking необходимо увеличение выборки испытуемых для снижения погрешности измерений.

В качестве общих выводов можно отметить следующее.

1. Интеграция механизмов мониторинга психофизиологического состояния операторов в процесс тренажерной подготовки позволит формировать комплексное заключение о степени выработанности их профессиональных компетенций и готовности к реальной практической деятельности. Результаты данного мониторинга могут использоваться для совершенствования выбора стратегии подготовки оператора на основе не только показателей обучаемости, но и с использованием так называемой психофизиологической «цены» деятельности испытуемого.

2. Введение в алгоритмы адаптивной подготовки дополнительного контура обратной связи, основанного на применении систем регистрации движения глаз, позволит инструкторам отслеживать и своевременно корректировать деятельность обучаемого оператора в реальном режиме времени.

3. Применение методов кластерного и дискриминантного анализа позволит создать системы поддержки принятия решений руководителей по подбору и обучению специалистов для работы в службе авиационной безопасности.

Исследования особенностей движения глаз операторов РТИ представляют интерес не только в теоретическом плане – для понимания закономерностей зрительного поиска запрещенных предметов, но также имеют широкое практическое применение, в первую очередь для разработки систем контроля состояния операторов и оценки зрительной усталости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Волков А.К.** Применение математического моделирования состояний компетенций операторов досмотра в процессе адаптивного управления их подготовкой на компьютерном тренажере // Научный вестник УВАУ ГА (И). 2015. № 7. С. 60–64.

2. **Юрков Н.К.** Интеллектуальные компьютерные обучающие системы: монография. Пенза: ПГУ, 2010. 304 с.

3. **Барабанщиков В.А., Жегало А.В.** Айтрекинг. Методы регистрации движения глаз в психологических исследованиях и практике. М.: Когито-Центр, 2014. 128 с.

4. **Демидов А.А., Жегалло А.В.** Оборудование SMI для регистрации движений глаз: тест-драйв // Экспериментальная психология. 2008. Т. 1, № 1. С. 149–159.

5. **Poole A., Ball L. J.** Eye tracking in human-computer interaction and usability research: current status and future prospects // Encyclopedia of human-computer interaction. 2006. Pp. 221–219.

6. **Wood G.** Visual expertise in detecting and diagnosing skeletal fractures / K.M. Knapp, B. Rock, C. Cousens, C. Roobottom, M.R. Wilson // Skeletal Radiology. 2013. Vol. 42(2). Pp. 165–172.

7. **Cain M.S., Adamo S.H., Mitroff S.R.** A taxonomy of errors in multiple-target visual search // Visual cognition. 2013. Vol. 21(7). Pp. 899–921.

8. **Vrzakova H., Bednarik R.** Hard lessons learned: mobile eye-tracking in cockpits // Proceedings of 4-th Workshop on eye gaze in intelligent human machine interaction. 2012. Vol. 7. Pp. 130–136.

9. **Weibel N.** Let's look at the cockpit: exploring mobile eye-tracking for observational research on the flight deck / A. Fouse, C. Emmenegger, S. Kimmich, E. Hutchins // Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research and Applications. 2012. Pp. 107–114.

10. **Stefan M., Schwaninger A.** Human-machine interaction in x-ray screening // Proceedings of the Carnahan Conference on Security Technology. 2007. Vol. 41. Pp. 13–19.

11. **Menshikova G.Ya.** Testing the vestibular function development in junior figure skaters using the eye tracking technique / A.I. Kovalev, O.A. Klimova, A.M. Chernorizov, S.V. Leonov // Procedia, social and behavioral sciences. 2014. Vol. 146. Pp. 252–258.

12. **Timmis M.A., Turner K., van Paridon K.N.** Visual Search Strategies of Soccer Players Executing a Power vs. Placement Penalty Kick // PLoS ONE. 2014. Vol. 9(12). Pp. 1–16.

13. **Hancock D.J., Ste-Marie D.M.** Gaze behaviors and decision making accuracy of higher- and lower-level referees // Psychology of Sport and Exercise. 2013. Vol. 14. Pp. 66–71.

14. **Swann, Levi, Popovic, Vesna, Blackler, Alethea L., Kraal, Ben J.** Airport security screeners expertise and implications for interface design. In Design Research Society Conference, 2014. Pp. 16–19.

15. **Волков А.К.** Применение системы регистрации движения глаз для оценки окуломоторных параметров зрительного поиска опасных предметов операторами досмотра // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017: материалы международной научно-практической конференции, 14–15 ноября 2017 г. СПб.: ИПТ РАН, 2017. С. 359–363.

16. Капитанчук В.В., Лушина А.Д. Применение кластерного и дискриминантного анализов при организации подбора сотрудников службы авиационной безопасности // Научный вестник УИ ГА. 2016. № 8. С. 42–46.

17. Капитанчук В.В. Исследование состояния авиационной безопасности методами кластерного анализа / В.М. Ильин, С.В. Курамшин, М.Р. Махмутов // Научный вестник УИ ГА. 2017. № 9. С. 153–159.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Волков Андрей Константинович, аспирант Ульяновского института гражданской авиации, oabuvauga@mail.ru.

Ионов Владимир Васильевич, кандидат технических наук, доцент, доцент Ульяновского института гражданской авиации, iovlad@mail.ru.

THE IMPROVEMENT OF PROFESSIONAL TRAINING ORGANIZATION OF THE X-RAY SCREENING SYSTEMS OPERATORS BY USING THE EYE MOVEMENTS REGISTRATION SYSTEM AND METHODS OF CLUSTER AND DISCRIMINANT ANALYSIS

Andrei K. Volkov[1], Vladimir V. Ionov[1]
[1]*Ulyanovsk Civil Aviation Institute, Ulyanovsk, Russia*

ABSTRACT

The X-ray screening systems operators' professional training is based on the CBT (computer-based training) principle, which has algorithms of adaptive training. These algorithms in existing computer simulators include feedback mechanisms on the basis of trainability exponents – such as the frequency of detecting dangerous objects, the frequency of false alarms and detection time. Further enhancement of the operators' simulator training effectiveness is associated with the integration of psychophysiological mechanisms providing monitoring of their functional state. Based on the analysis of the particularities of x-ray screening systems operators' professional training associated with the formation of competences in dangerous objects visual search, the most perspective method is the Eye tracking technology. Domestic and foreign studies of the eye movements characteristics while solving professional tasks in training process are actively developed in various areas. There are no studies of visual search peculiarities in domestic practice in contrast to exterior studies. This research is aimed at considering the usage of Eye tracking technology in the training of x-ray screening systems operators. As the result of the experimental research with the use of mobile eye-tracker Sensomotoric Instruments Eye Tracking Glasses 2.0 the statistical data of eye movement parameters of two groups of subjects with different levels of training have been received. The application of cluster and discriminant analyses methods allowed to identify General classes of these parameters, as well as to obtain the discriminants functions for each group under examination. The theoretical significance of the peculiarities of the operators' eye movement studies is to identify the patterns of prohibited items visual search. The practical importance of implementation of Eye tracking technology and statistical analysis methods is to increase the reliability of assessment the level of formed competence of x-ray screening systems' operators in visual search, as well as to develop the potential system of operators' state monitoring and assessing their visual fatigue.

Key words: x-ray screening systems' operator, visual search, the registration of eye movements, Eye tracking technology, professional training.

REFERENCES

1. Volkov, A.K. (2015). *Primenenie matematicheskogo modelirovanija sostojanij kompetencij operatorov dosmotra v processe adaptivnogo upravlenija ih podgotovkoj na komp'juternom trenazhere* [Application of screeners' expertise states mathematical modeling in adaptive management

of their computer simulator training]. *Nauchnyj vestnik UVAU GA (I)* [Scientific Bulletin of the UVAU GA (I)], no. 7, pp. 60–64. (in Russian)

2. **Jurkov, N.K.** (2010). *Intellektual'nye komp'juternye obuchajushhie sistemy* [Intelligent computer training system]. Penza: Publ. PGU, 304 p. (in Russian)

3. **Barabanshhikov, V.A. and Zhegallo, A.V.** (2014). *Ajtreking. Metody registracii dvizhenija glaz v psihologicheskih issledovanijah i praktike* [Methods of registration of eye movements in psychological research and practice]. Moscow: Kogito-Centr, 128 p. (in Russian)

4. **Demidov, A.A. and Zhegallo, A.V.** (2008). *Oborudovanie SMI dlja registracii dvizhenij glaz: test-drajv* [SMI machinery for the registration of eye movements: a test drive]. *Jeksperimental'naja psihologija* [Experimental Psychology], vol. 1, no. 1, pp. 149–159. (in Russian)

5. **Poole, A. and Ball, L.J.** (2006). *Eye tracking in human-computer interaction and usability research: current status and future prospects.* Encyclopedia of human-computer interaction, pp. 221–219.

6. **Wood, G., Knapp, K.M., Rock, B., Cousens, C., Roobottom, C. and Wilson, M.R.** (2013). *Visual expertise in detecting and diagnosing skeletal fractures.* Skeletal Radiology, vol. 2(42), pp. 165–172.

7. **Cain, M.S., Adamo, S.H. and Mitroff, S.R.** (2013). *A taxonomy of errors in multiple-target visual search.* Visual cognition, vol. 7(21), pp. 899–921.

8. **Vrzakova, H. and Bednarik, R.** (2012). *Hard lessons learned: mobile eye-tracking in cockpits.* Proceedings of 4-th Workshop on eye gaze in intelligent human machine interaction, vol. 7, pp. 130–136.

9. **Weibel, N., Fouse, A., Emmenegger, C., Kimmich, S. and Hutchins, E.** (2012). *Let's look at the cockpit: exploring mobile eye-tracking for observational research on the flight deck.* Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research and Applications, pp. 107–114.

10. **Stefan, M. and Schwaninger, A.** (2007). *Human-machine interaction in x-ray screening.* Proceedings of the Carnahan Conference on Security Technology, vol. 41, pp. 13–19.

11. **Menshikova, G.Ya., Kovalev, A.I., Klimova, O.A., Chernorizov, A.M. and Leonov, S.V.** (2014). *Testing the vestibular function development in junior figure skaters using the eye tracking technique.* Procedia, social and behavioral sciences, vol. 146, pp. 252–258.

12. **Timmis, M.A., Turner, K. and van Paridon, K.N.** (2014). *Visual Search Strategies of Soccer Players Executing a Power vs. Placement Penalty Kick.* PLoS ONE, vol. 12(9), pp. 1–16.

13. **Hancock, D.J. and Ste-Marie, D.M.** (2013). *Gaze behaviors and decision making accuracy of higher- and lower-level referees.* Psychology of Sport and Exercise, vol. 14, pp. 66–71.

14. **Swann, Levi, Popovic, Vesna, Blackler, Alethea L. and Kraal, Ben J.** (2014). *Airport security screeners expertise and implications for interface design.* In Design Research Society Conference, pp. 16–19.

15. **Volkov, A.K.** (2017). *Primenenie sistemy registracii dvizhenija glaz dlja ocenki okulomotornyh parametrov zritel'nogo poiska opasnyh predmetov operatorami dosmotra* [The application of the system of eye movements' registration to assess oculomotor parameters of visual search of dangerous items by aviation security screeners]. *Transport Rossii: problemi i perspektivy – 2017. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii* [Transport of Russia: problems and prospects – 2017: materials of international scientific-practical conference], Saint Petersburg: Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences (ITP RAS), pp. 359–363. (in Russian)

16. **Kapitanchuk, V.V., Lushina A.D.** (2016). *Primenenie klasternogo i diskriminantnogo analizov pri organizacii podbora sotrudnikov sluzhby aviacionnoj bezopasnosti* [Cluster and discriminant analysis for aviation security staff recruitment]. *Nauchnyj vestnik UVAU GA (I)* [Scientific Bulletin of the UVAU GA (I)], no. 8, pp. 42–46. (in Russian)

17. Kapitanchuk, V.V., Il'in V.M., Kuramshin, S.V. and Mahmutov, M.R. (2017). *Issledovanie sostojanie aviacionnoj bezopasnosti metodami klasternogo analiza* [Investigation of aviation security methods using of cluster analysis]. *Nauchnyj vestnik UVAU GA (I)* [Scientific Bulletin of the UVAU GA (I)], no. 9, pp. 153–159. (in Russian)

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Andrei K. Volkov, Postgraduate Student of Ulyanovsk Civil Aviation Institute, oabuvauga@mail.ru.

Vladimir V. Ionov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor at Ulyanovsk Civil Aviation Institute, iovlad@mail.ru.

Поступила в редакцию	05.02.2018	Received	05.02.2018
Принята в печать	15.05.2018	Accepted for publication	15.05.2018