

УДК 658.71.08, 519.87

ПРИМЕНЕНИЕ ДВУХПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ IRT ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБНАРУЖЕНИЯ ЗАПРЕЩЕННЫХ ПРЕДМЕТОВ ОПЕРАТОРАМИ ДОСМОТРОВОЙ ТЕХНИКИ

Ал.К. ВОЛКОВ¹, Д.В. АЙДАРКИН¹, Ан.К. ВОЛКОВ¹

¹Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева,
г. Ульяновск, Россия

В статье проанализированы существующие подходы к оценке эффективности деятельности операторов досмотровой техники и представлены их недостатки. Основным недостатком является сложность реализации рекомендаций ИКАО относительно учета влияния факторов сложности теневого рентгеновского изображения при подготовке и оценке эффективности обнаружения запрещенных предметов операторами. Под факторами сложности теневого рентгеновского изображения понимаются специфические свойства рентгеновского изображения, которые влияют на способность к обнаружению запрещенных предметов операторами досмотровой техники. В качестве наиболее важных факторов сложности выделяются следующие: геометрические характеристики запрещенного предмета, изменение ориентации запрещенного предмета, наложение на запрещенный предмет обычных предметов, сложность содержимого багажа или ручной клади, схожесть цветовой гаммы запрещенных и обычных предметов в багаже или ручной клади.

Предложена одномерная двухпараметрическая модель IRT и соответствующий критерий подготовленности операторов. В рамках предложенной модели вероятностные характеристики обнаружения оператора рассматриваются как функции от таких параметров, как разности уровня подготовки и уровня сложности изображений, а также меры ответственности и структурированности профессиональных знаний оператора. С помощью предложенной модели можно рассматривать две характеристические функции: во-первых, характеристическую функцию уровня подготовленности, которая описывает способности оператора по интерпретации рентгеновских изображений различной трудности; во-вторых, характеристическую функцию трудности рентгеновского изображения, которая описывает возможности операторов с различным уровнем подготовки интерпретировать рентгеновское изображение определенного уровня сложности. Предложенный комплексный критерий оценки уровня подготовленности оператора позволяет оценить его профессиональную пригодность с учетом не только среднего уровня подготовленности, но и возможной его дисперсии. Важной особенностью применения логистических функций моделей IRT является необходимость предварительного отбора тестовых изображений. Тестовые изображения должны отбираться в порядке возрастания их трудности с учетом влияния различных факторов.

Предложенная модель может найти применение как в области совершенствования методов подготовки операторов досмотровой техники, так и при решении задач повышения эффективности функционирования систем досмотра.

Ключевые слова: вероятность обнаружения опасных предметов, оператор досмотровой техники, оценка профессиональной подготовленности, сложность рентгеновского изображения.

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на постоянное совершенствование рентгеновских технологий и повышение уровня автоматизации в досмотровых системах, человеческий фактор в виде подготовленности и ответственности операторов является важной составляющей эффективности организации процесса досмотра.

Целью интерпретации рентгеновского изображения оператором досмотровой техники является обнаружение в багаже пассажира предметов, ограниченных к перевозке. По терминологии Международной организации гражданской авиации (далее – ИКАО) попаданием считается правильное определение того, что на рентгеновском изображении имеются запрещенные к перевозке предметы (сигнал об «угрозе»). Сигнал об «угрозе» по изображению, не содержащему запрещенного предмета, считается ложной тревогой.

В настоящее время существуют следующие основные методы оценки уровня подготовленности оператора по интерпретации рентгеновских изображений:

- а) скрытое тестирование;
- б) проецирование изображений опасных предметов (далее – ПИОП);
- в) тестирование с помощью компьютерных изображений.

Скрытое тестирование предполагает помещение испытательных образцов, имитирующих запрещенные предметы, в проверяемый багаж. Недостатком данного подхода являются значительные временные и ресурсные затраты для реализации требований надежности, достоверности и стандартизации результатов скрытого тестирования.

ПИОП представляет собой технологию, которая проецирует виртуальное изображение опасных предметов (таких, как самодельные взрывные устройства, огнестрельное и холодное оружие) в пределах рентгеновского изображения досматриваемого реального багажа или полное виртуальное изображение багажа, содержащего опасные предметы. По результатам контроля за определенный период времени делается вывод об индивидуальных показателях деятельности оператора. Важным ограничением по использованию результатов контроля с помощью ПИОП является сложность получения репрезентативной выборки, поскольку необходимо собрать данные за длительный период времени по конкретному оператору.

Применение тестирования с помощью компьютерных изображений предполагает разработку специализированных тренажеров. Данный подход позволяет получить стандартизированную оценку способности по интерпретации рентгеновских изображений. Существенным достоинством данного подхода является возможность реализации рекомендаций ИКАО относительно учета влияния факторов сложности теневого рентгеновского изображения при подготовке и оценке эффективности обнаружения запрещенных предметов операторами.

Под факторами сложности теневого рентгеновского изображения следует понимать специфические свойства рентгеновского изображения, которые влияют на способность к обнаружению запрещенных предметов операторами досмотровой техники [1]. В качестве наиболее важных факторов сложности выделяются следующие: геометрические характеристики запрещенного предмета, изменение ориентации запрещенного предмета, наложение запрещенного предмета другими объектами изображения, сложность содержимого багажа или ручной клади, схожесть цветовой гаммы запрещенных и обычных предметов в багаже или ручной клади. В связи с этим необходимо иметь как соответствующую библиотеку изображений различных уровней сложности с учетом рассмотренных выше аспектов, так и соответствующие методы оценки.

НЕДОСТАТКИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРОВ ПО ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В настоящее время наиболее часто в качестве критерия подготовленности операторов по результатам тестирования на компьютерном тренажере используется сумма баллов, полученная испытуемым в ходе тестирования, которая сравнивается с пороговым значением. Данный подход обладает следующими недостатками:

- а) невозможностью учета зависимости оценки подготовленности оператора от уровня трудности тестового рентгеновского изображения багажа или ручной клади. Для трудного задания количество набранных баллов может быть одинаково малым для всех испытуемых, несмотря на их реальные знания;
- б) зависимостью результатов тестирования от выборки испытуемых операторов. Например, в результате тестирования группы операторов с очень высоким уровнем подготовки определенное тестовое задание может быть отнесено к категории легких заданий, несмотря на то, что оно может иметь высокую степень трудности;
- в) существует определенная трудность в установлении порогового балла.

Согласно рекомендациям ИКАО в качестве критериев оценки способности по интерпретации рентгеновских изображений операторов рекомендуется использовать такие параметры,

как частота попаданий, частота ложных тревог и затраты времени. Однако по отдельности такие характеристики не пригодны для комплексной оценки эффективности деятельности операторов.

Стоит отметить, что только лишь количество правильных обнаружений опасных предметов не может считаться состоятельной оценкой способности по интерпретации рентгеновских изображений, так как в ходе тестирования на компьютерном тренажере оператор может получить высокие результаты по обнаружению опасных предметов, только лишь относя большинство предметов на рентгеновском снимке или же сам снимок багажа или ручной клади (в зависимости от типа тренажера) к опасным. В связи с этим для достижения состоятельной оценки способности по интерпретации рентгеновских изображений необходимо учитывать также количество ложных тревог.

Ранее на основании рекомендаций ИКАО была предложена многопараметрическая оценка деятельности операторов досмотровой техники [2]. При этом характеристики операторов (частота попаданий, частота ложных тревог и затраты времени) зависят от следующих факторов, содержащихся в информационной модели багажа:

- а) общего числа элементов информационного поля – количества исследуемых объектов в багаже пассажира;
- б) оперативного объема информационного поля – конкретного числа опасных предметов;
- в) сложности информационного поля, на которое влияют рассмотренные выше факторы сложности рентгеновского изображения.

Значительных результатов в исследовании особенностей подготовки и оценки профессиональной компетентности операторов досмотровой техники достигли зарубежные исследователи [3–5], в частности, коллектив под руководством А. Шванингера (A. Schwaninger) [6, 7]. Предложенный ими подход к оценке способности интерпретировать рентгеновские изображения основывается на «Теории обнаружения сигнала» (Signal Detection Theory – SDT). Согласно основным положениям SDT обнаружение опасного объекта в багаже пассажиров или их ручной клади можно охарактеризовать как типичную задачу обнаружения сигнала, где опасный объект является «сигналом», а различные бытовые предметы, содержащиеся в багаже или ручной клади, представляют собой «помехи».

Одним из наиболее распространенных параметров, применяемым в SDT, является так называемый «индекс чувствительности», обозначаемый далее d' . Данный параметр вычисляется следующим образом [8]:

$$d' = H - FA, \quad (1)$$

где H (hits) – количество верных обнаружений запрещенных предметов;
 FA (false alarm) – количество ложных тревог.

Показатель (1) рассчитывается исходя из предположений, что теоретическое распределение «сигнал-плюс-помехи» и распределение «помех», во-первых, имеют нормальное распределение и, во-вторых, что их дисперсии равны. Данные допущения могут быть проанализированы с применением кривых ROC (receiver-operating characteristic), где доля верных попаданий отображается как функция доли ложных срабатываний в различных местах критерия. Второе допущение может быть проанализировано наклоном стандартизированной кривой ROC (если дисперсии равны, наклон стандартизированной кривой ROC равен единице) [8].

Еще одним часто используемым параметром является A' , который является непараметрическим. Термин «непараметрический» характеризует тот факт, что при расчете A' не требуется никаких априорных предположений о базовых распределениях. Данный параметр может применяться, когда кривую ROC невозможно построить или когда обоснованность нормального распределения и предположения о равенстве дисперсий «сигнала-плюс-помехи» и «помехи» не могут быть проверены.

Параметр A' вычисляется по следующей формуле [8]:

$$A' = 0,5 + \frac{(H - FA)(1 + H - FA)}{4H(1 - FA)}. \quad (2)$$

В случае если количества ложных тревог больше, чем верных обнаружений, выражение примет следующий вид:

$$A' = 0,5 - \frac{(FA - H)(1 + FA - H)}{4F(1 - H)}.$$

Показатель (2) изменяется в пределах от 0,5 до 1. $A'=1$ характеризует отличную способность по обнаружению запрещенных предметов, $A'=0,5$ соответствует ситуации, когда количество верных обнаружений и ложных тревог равны друг другу [9].

Достоинствами данного показателя является то, что он легко вычисляется и не требуется никаких дополнительных предположений о распределении «фоновых помех» и «сигнала-плюс-помехи».

Важно отметить, что в представленных подходах рассматривается только факт обнаружения запрещенных предметов операторами без какой-либо вероятностной оценки, что представляется недостаточным. При этом необходимо учитывать, что эффективность обнаружения зависит от уровня подготовленности оператора и уровня сложности рентгеновского изображения, который определяется действиями нарушителя по усложнению «закладки» запрещенного предмета. В связи с этим для оценки эффективности деятельности операторов по обнаружению запрещенных предметов предлагается использовать вероятностную модель.

ПРИМЕНЕНИЕ ОДНОМЕРНОЙ ДВУХПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ IRT

Для оценки вероятностных характеристик обнаружения запрещенных предметов операторами досмотровой техники предлагается использовать одномерную двухпараметрическую модель, разработанную в рамках теории моделирования и параметризации тестов (Item Response Theory – IRT). В основе данной теории лежит предположение о наличии некоторой функциональной связи между результатами тестирования и латентной переменной испытуемого, характеризующей уровень его подготовленности. Данная переменная определяется посредством вероятностной модели измерения, в которой вероятность правильного ответа испытуемого на задание теста рассматривается как функция от разности уровня подготовленности испытуемого и меры трудности задания [10].

Среди моделей IRT можно выделить одномерные и многомерные модели. Также при выборе определенной модели необходимо учитывать вид задания, которое может быть дихотомическим или политомическим.

Рассмотрим однопараметрическую модель Г. Раша [11]. Обозначим уровни подготовки операторов досмотровой техники как θ_i ($i = 1, \dots, n$), где n – количество операторов, а уровень трудности интерпретации рентгеновского изображения при влиянии определенного фактора сложности – β_j ($j = 1, \dots, m$), где m – количество заданий. Измерение данных величин происходит на единой интервальной шкале логитов.

Согласно модели Г. Раша вероятность правильной интерпретации i -м оператором j -го теневого рентгеновского изображения будет определяться разностью $(\theta_i - \beta_j)$ [10]:

$$P_{ij} = \frac{e^{(\theta_i - \beta_j)}}{1 + e^{(\theta_i - \beta_j)}} \quad (3)$$

Модель (3) является однопараметрической, так как функция вероятности правильной интерпретации теневого рентгеновского изображения зависит от одного параметра – разности между уровнями подготовки оператора и трудности интерпретации рентгеновского изображения. С помощью этой модели можно рассматривать две характеристические функции. Характеристическая функция уровня подготовленности $\theta_{оп.}$ описывает способности оператора по интерпретации рентгеновских изображений различной трудности β . В этом случае вероятность верной интерпретации i -м оператором различных по трудности рентгеновских изображений будет являться убывающей функцией переменной β . Характеристическая функция трудности рентгеновского изображения $\beta_{р.и.}$ описывает возможности операторов с различным уровнем подготовки интерпретировать рентгеновское изображение уровня $\beta_{р.и.}$. В общем случае вероятность верной интерпретации j -го рентгеновского изображения будет являться возрастающей функцией от переменной $\theta_{оп.}$.

Более общей моделью является одномерная двухпараметрическая модель А. Бирнбаума [10]

$$P_{ij} = \frac{e^{\alpha_j(\theta_i - \beta_j)}}{1 + e^{\alpha_j(\theta_i - \beta_j)}}, \quad (4)$$

где α_j – дополнительный параметр, определяющий дифференциальную (избирательную) способность j -го задания.

В рамках данной модели каждому тестовому заданию соответствует не единственная характеристическая кривая, а семейство кривых, пересекающихся в одной точке перегиба [10].

Для рассматриваемой модели потенциал i -го оператора будет определяться не первичным баллом $\sum_{j=1}^k a_{ij}$ (k – количество тестовых рентгеновских изображений, a_{ij} – элемент матрицы данных), а суммой $\sum_{j=1}^k \alpha_j a_{ij}$.

Преимущество модели А. Бирнбаума составляет пониженное требование к тестовым заданиям, так как малоэффективные задания с низкой избирательностью дают несущественный вклад в конечный результат.

Кроме того, предлагается использовать «симметричный» вариант модели, согласно которой вероятность обнаружения оператором запрещенного предмета на рентгеновском изображении с уровнем трудности β будет определяться следующей формулой:

$$P_i(\beta) = \frac{e^{d_i(\theta_i - \beta)}}{1 + e^{d_i(\theta_i - \beta)}}, \quad (5)$$

где d_i – параметр, характеризующей меру ответственности и структурированности профессиональных знаний i -го оператора.

При взаимной замене характеристик тестовых рентгеновских изображений на параметры операторов достоинства модели (4) наследуются моделью (5). Потенциал рентгеновского изоб-

ражения характеризуется суммой $\sum_{i=1}^n d_i a_{ij}$, где n – количество операторов. Таким образом, при шкалировании тестовых изображений отсутствует необходимость исключения неадекватных операторов, так как потенциал рентгеновского изображения будет учитываться коэффициентом d_i . Модель (5) также можно применить для оценки таких вероятностных характеристик оператора, как совершение ошибок первого и второго рода.

Также важным моментом при использовании модели (5) является возможность одновременно с измерением потенциала оператора оценить и точность проведенного измерения. Согласно известной модели Гуттмана [11], оператор верно выполнит интерпретацию рентгеновского изображения, если потенциал оператора будет выше потенциала тестового изображения. В данном случае вероятностный характер правильной интерпретации изображения может быть объяснен вероятностным характером соответствующих потенциалов, которые могут быть описаны нормальным законом распределения ввиду многочисленности влияющих факторов и малой степени влияния каждого из них. При этом потенциал i -го оператора характеризуется математическим ожиданием θ_i и стандартным отклонением σ_i .

Согласно [11] при $\alpha = 1,7$ логистическая функция хорошо аппроксимирует нормированную функцию распределения вероятностей нормального закона. При этом разница не превышает 1 %.

При описании логистической функции трудности рентгеновского изображения $\beta_{р.и.}$ с помощью нормального распределения

$$P_{ij} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\alpha_j(\theta - \beta_{р.и.})} e^{-0,5x^2} dx = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{1,7(\theta - \beta_{р.и.})/\sigma_j} e^{-0,5x^2} dx,$$

получим $\alpha_j = \frac{1,7}{\sigma_j}$. В связи с этим для модели (5) получим $d_i = \frac{1,7}{\sigma_i}$, то есть мера ответственности и структурированности профессиональных знаний i -го оператора обратно пропорциональна стандартному отклонению σ_i его подготовленности.

Применение двух параметров θ_i и σ_i вместо одного θ_i позволяет установить новый критерий оценки уровня подготовленности оператора. В связи с тем, что θ_i является математическим ожиданием потенциала, а σ_i – стандартным отклонением, вероятность P_i появления у i -го оператора потенциала $\theta_t = \theta_i + t\sigma_i$ можно задать с помощью функции нормированного нормального распределения [12]:

$$P_t = 0,5 + \Phi(t),$$

где

$$\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-0,5x^2} dx. \quad (6)$$

В общем виде предлагаемый критерий оценки уровня подготовленности i -го оператора представлен следующей формулой:

$$k_i = (\theta_i - t\sigma_i) = \left(\theta_i - \frac{1,7t}{d_i} \right), \quad (7)$$

где $t = \Phi^{-1}(P_t - 0,5)$; $\Phi^{-1}(p)$ – функция, обратная (6), то есть такое значение аргумента функции Лапласа $\Phi(t)$, при котором нормальная функция распределения равна заданной доверительной вероятности $P_t = p + 0,5$.

Представленный критерий (7) вполне применим в ходе тестирования операторов на компьютерном тренажере.

Следует отметить, что важной особенностью применения логистических функций моделей ИРТ является необходимость предварительного отбора тестовых изображений. Согласно упомянутой модели Гуттмана тестовые изображения должны отбираться в порядке возрастания их трудности с учетом влияния различных факторов. Вместе с тем считается, что каждый оператор, который верно проинтерпретировал определенное тестовое изображение, с высокой вероятностью справится с более легкими изображениями.

Основными достоинствами предлагаемой модели (5) являются возможность измерения значений латентной переменной операторов, характеризующей уровень подготовки, и уровней сложности тестовых изображений на единой интервальной шкале логитов. Преобразование исходного балла матрицы тестирования в логиты позволяет исключить зависимость оценки оператора от уровня трудности тестового рентгеновского изображения, а также зависимость уровня трудности изображения от выборки испытуемых.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, способность операторов досмотровой техники обнаруживать запрещенные предметы с учетом влияния факторов сложности является важным условием надежного функционирования системы досмотра в аэропорту. Анализ существующих подходов по оценке эффективности деятельности операторов показал, что они ограничены оценкой ситуации по интерпретации рентгеновских изображений, содержащих опасные предметы, без учета влияния факторов сложности. Для преодоления указанной трудности предложена вероятностная модель (5) и комплексный критерий оценки подготовленности операторов (7). В рамках предложенной модели вероятностные характеристики обнаружения оператора рассматриваются как функции от таких параметров, как разности уровня подготовки и уровня сложности изображений, а также меры ответственности и структурированности профессиональных знаний оператора. Предложенная модель может найти применение как в области совершенствования методов подготовки операторов досмотровой техники, так и при решении задач повышения эффективности функционирования систем досмотра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Michel S., Mendes M., de Ruiter J.C., Ger Koomen C.M., Schwaninger A.** Increasing x-ray image interpretation competency of cargo security screeners. *International journal of industrial ergonomics*, 2014, vol. 44, pp. 551–560.
2. **Ионов В.В., Курчавов В.В.** Многопараметрическая оценка деятельности операторов интроскопов / В.В. Ионов, В.В. Курчавов // *Мир транспорта*. 2014. № 2 (51). С. 194–201.
3. **Zhang N., Zhu J.** A study of x-ray machine image local semantic features extraction model based on bag-of-words for airport security. *International journal on smart sensing and intelligent systems*, 2015, vol. 38 (1), pp. 45–64.
4. **Biggs A.T., Cain M.S., Clark K., Darling E.F., Mitroff S.R.** Assessing visual search performance differences between transportation security administration officers and nonprofessional visual searchers. *Applied cognitive psychology*, 2014, vol. 29 (1), pp. 142–148.

5. **Biggs A.T., Mitroff S.R.** Improving the efficacy of security Screening tasks: a review of visual search challenges and ways to mitigate their adverse effects. *Visual cognition*, 2013, vol. 21 (3), pp. 330–352.

6. **Steiner-Koller S.M., Bolfing A., Schwaninger A.** Assessment of x-ray image interpretation competency of aviation security screeners. *IEEE International Carnahan Conference on Security Technology Proceedings*, 2009, vol. 43, pp. 303–308.

7. **Schwanger A., Bolfing A., Halbherr T., Helman S., Belyavin A., Hay L.** The impact of image based factors and training on threat detection performance in x-ray. *International Conference on Research in Air Transportation Proceedings*. 2008, vol. 3, pp. 317–324.

8. **Hofer F., Schwanger A.** Reliable and valid measures of threat detection performance in X-ray screening. *IEEE International Carnahan Conference on Security Technology Proceedings*. 2004, vol. 38, pp. 303–308.

9. **Halbherr T., Schwanger A., Budgell G.R., Wales A.** Airport security competency: A cross-sectional and longitudinal analysis. *The international journal of aviation psychology*, 2013, vol. 23 (2), pp. 113–129.

10. **Чельшкова М.Б.** Теория и практика конструирования педагогических тестов: учебное пособие. М.: Логос, 2002. 432 с.

11. **Нейман Ю.М.** Введение в теорию моделирования и параметризации педагогических тестов / Ю.М. Нейман, В.А. Хлебников. М.: Прометей, 2000. 168 с.

12. **Гмурман В.Е.** Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для студ. вузов / В.Е. Гмурман. 6-е изд., стер. М.: Высшая школа, 1998. 478 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

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

Айдаркин Дмитрий Викторович, кандидат технических наук, доцент, доцент Ульяновского института гражданской авиации, aidarkin.dv@yandex.ru.

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

TWO-PARAMETER IRT MODEL APPLICATION TO ASSESS PROBABILISTIC CHARACTERISTICS OF PROHIBITED ITEMS DETECTION BY AVIATION SECURITY SCREENERS

Alexander K. Volkov¹, Dmitry V. Aidarkin¹, Andrei K. Volkov¹
¹*Ulyanovsk Civil Aviation Institute, Ulyanovsk, Russia*

ABSTRACT

The modern approaches to the aviation security screeners' efficiency have been analyzed and, certain drawbacks have been considered. The main drawback is the complexity of ICAO recommendations implementation concerning taking into account of shadow x-ray image complexity factors during preparation and evaluation of prohibited items detection efficiency by aviation security screeners. X-ray image based factors are the specific properties of the x-ray image that influence the ability to detect prohibited items by aviation security screeners. The most important complexity factors are: geometric characteristics of a prohibited item; view difficulty of prohibited items; superposition of prohibited items by other objects in the bag; bag content complexity; the color similarity of prohibited and usual items in the luggage.

The one-dimensional two-parameter IRT model and the related criterion of aviation security screeners' qualification have been suggested. Within the suggested model the probabilistic detection characteristics of aviation security screeners are considered as functions of such parameters as the difference between level of qualification and level of x-ray images complexity, and also between the aviation security screeners' responsibility and structure of their professional knowledge. On the

basis of the given model it is possible to consider two characteristic functions: first of all, characteristic function of qualification level which describes multi-complexity level of x-ray image interpretation competency of the aviation security screener; secondly, characteristic function of the x-ray image complexity which describes the range of x-ray image interpretation competency of the aviation security screeners having various training levels to interpret the x-ray image of a certain level of complexity. The suggested complex criterion to assess the level of the aviation security screener qualification allows to evaluate his or her competency taking into account not only the average level qualification, but its possible variance. The important feature of implementing IRT models logistic functions is the necessity of preliminary selection of test images. Test x-ray images have to be selected in the ascending order of their complexity taking into consideration the influence of various factors.

The suggested model may be applied both in the field of improving of aviation security screeners' training methods to provide screening procedures, and while solving problems of increasing the efficiency of the screening system functioning.

Key words: probability of prohibited items detection, aviation security screeners, competency assessment, x-ray images complexity.

REFERENCES

1. **Michel S., Mendes M., de Ruiter J.C., Ger Koomen C.M., Schwaninger A.** Increasing x-ray image interpretation competency of cargo security screeners. *International journal of industrial ergonomics*, 2014, vol. 44, pp. 551–560.
2. **Ionov V.V., Kurchavov V.V.** *Mnogoparametricheskaya otsenka deyatel'nosti opera-torov introskopov* [Multiparametric evaluation of aviation security screeners activity]. *Mir transporta* [World of transport], 2014, no. 2 (51), pp. 194–201. (in Russian)
3. **Zhang N., Zhu J.** A study of x-ray machine image local semantic features extraction model based on bag-of-words for airport security. *International journal on smart sensing and intelligent systems*, 2015, vol. 38 (1), pp. 45–64.
4. **Biggs A.T., Cain M.S., Clark K., Darling E.F., Mitroff S.R.** Assessing visual search performance differences between transportation security administration officers and nonprofessional visual searchers. *Applied cognitive psychology*, 2014, vol. 29 (1), pp. 142–148.
5. **Biggs A.T., Mitroff S.R.** Improving the efficacy of security Screening tasks: a review of visual search challenges and ways to mitigate their adverse effects. *Visual cognition*, 2013, vol. 21 (3), pp. 330–352.
6. **Steiner-Koller S.M., Bolfing A., Schwaninger A.** Assessment of x-ray image interpretation competency of aviation security screeners. *IEEE International Carnahan Conference on Security Technology Proceedings*, 2009, vol. 43, pp. 303–308.
7. **Schwanger A., Bolfing A., Halbherr T., Helman S., Belyavin A., Hay L.** The impact of image based factors and training on threat detection performance in x-ray. *International Conference on Research in Air Transportation Proceedings*. 2008, vol. 3, pp. 317–324.
8. **Hofer F., Schwanger A.** Reliable and valid measures of threat detection performance in X-ray screening. *IEEE International Carnahan Conference on Security Technology Proceedings*. 2004, vol. 38, pp. 303–308.
9. **Halbherr T., Schwanger A., Budgell G.R., Wales A.** Airport security competency: A cross-sectional and longitudinal analysis. *The international journal of aviation psychology*, 2013, vol. 23(2), pp. 113–129.
10. **Chelyshkova M.B.** *Teoriya i praktika konstruirovaniya pedagogicheskikh testov: Uchebnoe posobie* [Theory and practice of pedagogical tests designing: textbook]. M., Logos [Logos], 2002, 432 p. (in Russian)
11. **Neiman Yu.M., Khlebnikov V.A.** *Vvedenie v teoriyu modelirovaniya i parametrizatsii pedagogi-cheskikh testov* [Introduction to the theory of modeling and parameterization of pedagogical tests]. M. [Prometheus], 2000, 168 p. (in Russian)
12. **Gmurman V.E.** *Teoriya veroyatnostei i matematicheskaya statistika: Ucheb. posobie dlya stud. vuzov* [Theory of probability and mathematical statistics: Textbook for students of higher educational institutions]. Issue 6. Moscow, Higher school, 1998, 478 p. (in Russian)

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

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

Dmitry V. Aidarkin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Ulyanovsk Civil Aviation Institute, aidarkin.dv@yandex.ru.

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

Поступила в редакцию 14.02.2017
Принята в печать 27.04.2017

Received 14.02.2017
Accepted for publication 27.04.2017