

УДК 004.7.056

К.А. Ожикенов¹, А.А. Туякбаев¹, С.Д. Нурмагамбет¹, Д.Н. Тургенбаев²

¹к.т.н., доцент, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева, Алматы, Казахстан

¹к.т.н., асс.профессор, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева, Алматы, Казахстан

¹докторант, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева, Алматы, Казахстан

²старший преподаватель, Южно-Казахстанский университет им.М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан

*Автор для корреспонденции: turgenbaev-63@mail.ru

БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРЕДПОЛЕТНОМ ДОСМОТРЕ В АЭРОПОРТУ

Аннотация

Развитие и применение биометрических технологий носит общемировую тенденцию. Введение в действие первых биометрических паспортов дали возможность развернуться десяткам национальных и международных программ по автоматической идентификации личности. Биометрическая платформа распознавания позволяет пассажирам, зарегистрированным в системе проходить ускоренную регистрацию, досмотр и выходить на посадку без предъявления паспортов и билетов. Платформа сократит очереди в аэропорту, сделает путешествие приятнее и безопаснее. Биометрическая платформа распознавания интегрируется с системами безопасности аэропорта, сервисами бронирования билетов и программами лояльности авиакомпаний. На всем пути движения пассажира платформа может распознать его по лицу, узнать на стойке регистрации, открыть проходы в «чистую» зону, в зал ожидания повышенной комфортности, обеспечить проход через турникеты при выходе на посадку. Кроме того, система подскажет авиакомпании, приехал ли пассажир, который зарегистрировался on-line, но опаздывает на посадку, а при необходимости поможет найти его в аэропорту. В основе платформы – собственные алгоритмы биометрической идентификации, основанные на нейронных сетях. Отдельные элементы умной системы уже работают в различных аэропортах, где реализованы идентификация при первичном досмотре на входе в аэропорт.

Ключевые слова: биометрия, технология, идентификация, метод, нейрон, оператор, признак, преобразование, функция, данные, ошибка.

Введение

Международные аэропорты многих стран начали использовать новые биометрические технологии для более быстрого и беспрепятственного взаимодействия с пассажирами в аэропорту. Самые загруженные аэропорты в мире, внедряют новейшие технологии для обеспечения удобства и комфорта пассажиров. С единым идентификационным токеном пассажиру достаточно однажды предъявить проездной документ, после чего его лицо становится паспортом. Сегодня используются мощные интеллектуальные технологии, в частности биометрические, позволяющие сопоставить физические характеристики пассажиров с информацией в чипе паспортов. Аэропорты находятся на пути к созданию так называемого единого identity-токена – удостоверения личности, созданного путем сопоставления биометрических данных и паспорта пассажира. Путешественнику нужно лишь просканировать отпечатки пальцев, радужную оболочку глаза. Для прохода через различные контрольные точки применяется сканирование лица. Поэтому путешественники экономят время, а аэропорт сокращает протяженность очередей, повышает качество обслуживания. Активно проходят тестирование различные электронные нововведения для оптимизации процессов в аэропортах с целью отслеживания багажа через мобильное приложение, что способствует введению новых систем посадочных линий в аэропортах.

Теоретический анализ

Биометрическая идентификация – это способ идентификации личности по отдельным специфическим биометрическим признакам (идентификаторам), присущим конкретному человеку [1].

Методы биометрической идентификации подразделяются на статические и динамические.

1. Статические методы, определяют физиологические признаки человека, характерные на всем протяжении его жизни:

- идентификация по отпечатку пальца, s_1 ;
- идентификация по контуру и выражению лица, s_2 ;
- идентификация по радужной оболочке глаза, s_3 ;
- идентификация по геометрии руки, s_4 ;
- идентификация по термограмме лица, s_5 ;
- идентификация по ДНК, s_6 ;
- идентификация на основе акустических характеристик уха, s_7 ;
- идентификация по рисунку вен, s_8 ;
- идентификация по другим специфичным статическим признакам, s_9 .

2. Динамические методы, определяют характеристики людей, связанные с поведением подсознательного механизма при повторяющихся действиях:

- идентификация по голосу, d_1 ;
- идентификация по рукописному почерку, d_2 ;
- идентификация по клавиатурному почерку, d_3 ;
- идентификация по походке, d_4 ;
- идентификация по другим специфичным динамическим признакам, d_5 .

Для данной постановки вопроса, если ограничиться вышеуказанными критериями, то признаки можно выразить в виде следующих функций:

$$S = f(s_1, s_2, s_1, \dots, s_i) = f(s) \quad (1)$$

где S – обобщенная характеристика статических признаков;
 s_1, s_2, \dots, s_n – коэффициенты, характеризующие статические признаки;
 i – количество статических признаков.

$$D = f(d_1, d_2, \dots, d_n) = f(d) \quad (2)$$

где D – обобщенная характеристика динамических признаков;
 d_1, d_2, \dots, d_m – коэффициенты, характеризующие динамические признаки;
 j – количество динамических признаков.

Любые физиологические и подсознательные признаки человека связаны с центральной нервной системой, т.е. деятельностью мозга, которые отражают и контролируют жизненно важные процессы в организме. Если предположить, что они подчиняются принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей, введем третью функцию:

$$N = f(n_1, n_2, \dots, n_k) = f(n) \quad (3)$$

где N – обобщенная характеристика нейронных реакций на признаки;
 n_1, n_2, \dots, n_k – коэффициенты, характеризующие нейронные реакции;
 k – количество нейронных реакций на признаки.

Физиология и психология человека построены таким образом, что статические и динамические признаки и нейронные реакции взаимосвязаны, каждая является предпосылкой и следствием другой.

Задача состоит в том, что необходимо найти функциональную зависимость признаков человека и соответствующих нейронных реакций.

Предлагается следующее решение с применением векторного дифференциального оператора, компоненты которого являются частными производными по координатам трехмерного пространства, которое выражается следующим уравнением:

$$\nabla S = \frac{\partial D}{\partial t} + \frac{\partial N}{\partial t} \quad (4)$$

где ∇ – векторный дифференциальный оператор Гамильтона;

S – обобщенная характеристика статических признаков;

$\partial D/\partial t$ – скорость изменения динамических характеристик;

$\partial N/\partial t$ – скорость изменения нейронных реакций на признаки.

На рисунке 1 приведена структурная схема зависимости биометрических признаков.

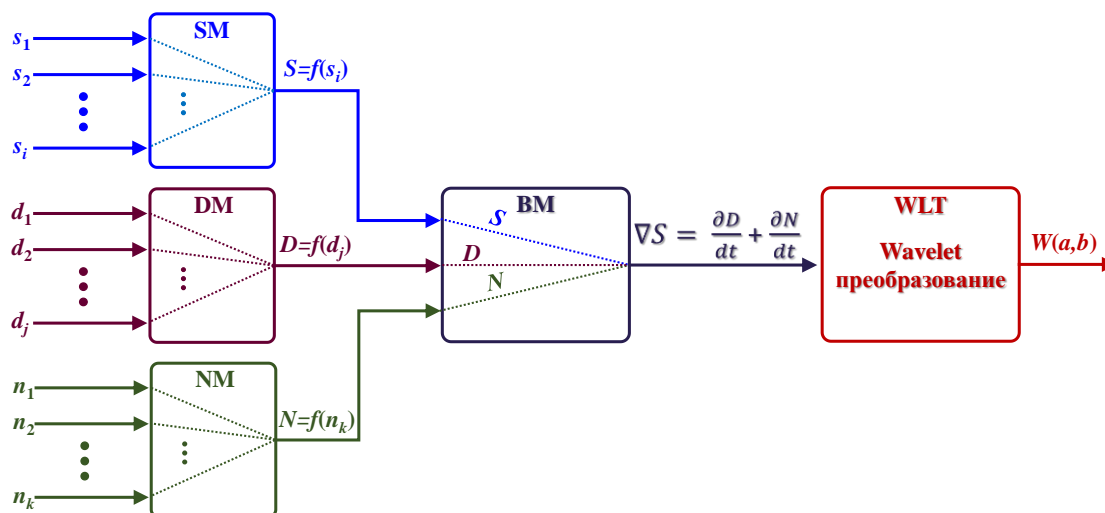


Рис 1. Структурная схема зависимости биометрических признаков

Структурная схема зависимости биометрических признаков содержит статический модуль (SM), динамический модуль (DM) и нейронный модуль (NM). Биометрический модуль (BM) определяет функциональную зависимость статических и динамических признаков человека и соответствующих нейронных реакций. Модуль WLT – Wavelet-преобразование проводит интегральное преобразование функций биометрических признаков и переводит сигнал из временного представления в частотно-временное, тем самым намного повышает эффективность обработки биометрических данных.

Векторный дифференциальный оператор Гамильтона трёхмерного пространства в прямоугольной декартовой системе определяется [2]:

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial}{\partial z} \vec{k} \quad (5)$$

где i, j, k – единичные векторы по осям x, y, z соответственно.

Также используется запись оператора Гамильтона через компоненты:

$$\nabla = \left\{ \frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z} \right\} \quad (6)$$

Уравнение (4) можно сформулировать следующим образом: что изменения динамических признаков и нейронных реакций во времени приводят к явным проявлениям статических признаков человека.

Например, если человек имеет какой-то злоумысел, соответственно физиологически происходят нейронные реакции в мозгу, что несомненно приводит каким-то изменениям динамических признаков в поведении и психологии, что в конечном итоге вызывает «яркие» проявления статических признаков. К проявлениям статических признаков в этом случае относится, например, потливость ладоней и пальцев (кроме тех, кто страдает клиническим гипергидрозом), вызванные изменением водородного показателя pH, что в свою очередь вызывает изменения выражения и термограммы лица, размеров радужной оболочки глаза.

Экспериментальная часть

Термин «wavelet» в переводе с английского означает «маленькая волна» и означает обобщённое название математических функций определенной формы, которые локальны во времени, по частоте и в которых все функции получаются из одной базовой, изменяя её (сдвигая, растягивая) [3].

Wavelet-преобразование (англ. Wavelet transform) представляет собой интегральное преобразование, которое является сверткой wavelet-функции с сигналом. Посредством Wavelet-преобразования сигнал переводится из временного представления в частотно-временное.

Wavelet-преобразование представляет собой разложение исходной функции в базис wavelet-функции и выражается интегральным преобразованием вида [4]:

$$W(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cdot \psi^* \left(\frac{t-b}{a} \right) dt \quad (7)$$

где $x(t)$ – исходная функция;

$\psi^*(t)$ – материнская wavelet-функция;

b – параметр сдвига, определяющий положение wavelet-функции;

$a > 0$ – параметр растяжения, которое задаёт «ширину» wavelet-функции и определяет масштаб преобразования.

Рассмотрим применительные аспекты Wavelet-преобразования для биометрической идентификации.

1. Wavelet-преобразования при обработке экспериментальных данных:

- отображают наиболее наглядную и информативную картину результатов эксперимента;
- позволяет очистить исходные данные от шумов и случайных искажений;
- подметить «на глаз» некоторые особенности данных и направление их дальнейшей обработки и анализа;
- хорошо подходят для анализа нестационарных сигналов.

2. Wavelet-преобразования при обработке изображений. Строение человеческого зрения устроено так, что сосредотачивает свое внимание на существенных деталях изображения, при этом отсекая ненужное.

Использование Wavelet-преобразования позволяет:

- сглаживание или выделение некоторых деталей изображения;
- увеличение или уменьшение деталей изображения;
- выделение важных деталей;
- повышение качества обработки изображений.

3. Wavelet-преобразования при сжатии данных. Особенность ортогонального многомасштабного анализа заключается в том, что для достаточно гладких данных полученные в результате преобразования детали в основном близки по величине к нулю. Это значит, что для эффективного сжатия данных можно применять обычные статистические методы. Достоинство wavelet-преобразования заключается в том, что не вносится дополнительная избыточность в исходные данные, и сигнал может быть полностью восстановлен с использованием тех же самых фильтров. Это значит, что можно применить очень простую реализацию сжатия с потерями, когда для отделения в результате преобразования деталей от основного сигнала достаточно просто отбросить детали на тех масштабах, где они несут незначительную информацию. Это позволяет сжатие изображения в 3÷10 раз без существенных потерь информации, а при сжатии с потерями – до 300 раз.

4. Wavelet-преобразования в нейросетях и других механизмах анализа данных. Обучение нейросетей и настройка других механизмов анализа данных связаны с большими трудностями, которые проявляются сильной зашумленностью данных, а также наличием так называемых «особых случаев» т.е. случайных выбросов, пропусков, нелинейных искажений и т.п. Наличие таких помех скрывают характерные особенности данных, иногда выдавая себя за них, что в конечном итоге ухудшает результаты обучения, поэтому ставится задача очистки данных, прежде чем приступить к их анализу. Wavelet-преобразования обладают быстрым и эффективным алгоритмом реализации, благодаря чему, являются одним из удобных и перспективных механизмов очистки и предварительной обработки данных для использования их в системах искусственного интеллекта, биометрической идентификации и т.п.

5. Wavelet-преобразования в системах передачи данных и цифровой обработки сигналов. Высокая эффективность алгоритмов и устойчивость к воздействию помех позволяют wavelet-преобразованию стать мощным инструментом в тех областях, где применяются различные традиционные методы анализа данных, например, преобразование Фурье. Возможность применения наравне с существующими методами обработки результатов преобразования и наличие характерных особенностей поведения wavelet-преобразования в частотно-временной области приводят к расширению и появлению дополнительных возможностей подобных систем.

Теория wavelet-преобразования известна давно, математический аппарат wavelet-анализа находит широкое применение и на сегодняшний день ставится важная задача разработки приложений, использующих wavelet-анализ в биометрической идентификации.

Результаты и их обсуждение

Основу биометрии на 95% составляет математическая статистика. Основные характеристики биометрической системы:

- FAR (False Acceptance Rate) – коэффициент ложного пропуска;
- FRR (False Rejection Rate) – коэффициент ложного отказа.

FAR характеризует вероятность ложного совпадения биометрических данных двух людей, т.е. система ошибочно разрешает доступ пользователю, незарегистрированному в системе [5].

FRR характеризует отказ в доступе настоящему пользователю системы, имеющего допуск. Система надежна, когда значение FRR стремится к минимуму при одинаковых значениях FAR.

Оценка коэффициентов FAR и FRR носят вероятностный характер. Если вероятность ложного совпадения обозначить $P_{FAR}(t)$, а количество отпечатков пальцев, имеющихся в базе данных N , тогда вероятность ложного совпадения, полученного сканером отпечатка пальца можно определить [6]:

$$P_{FAR}(t) = FAR \cdot N \quad (8)$$

Если примем, что в определенный промежуток времени через пункты досмотра проходят N количество человек, тогда вероятность ошибки

$$P_{FAR}(t) = FAR \cdot N \cdot N = FAR \cdot N^2 \quad (9)$$

Если, условно принять допустимым одну ошибку в течение определенного промежутка времени $P_{FAR}(t) \approx 1$ тогда:

$$FAR \cdot N^2 \approx 1 \Rightarrow N \approx \sqrt{\frac{1}{FAR}} \quad (10)$$

На рисунке 2 приведены характеристики изменения коэффициентов FAR и FRR.

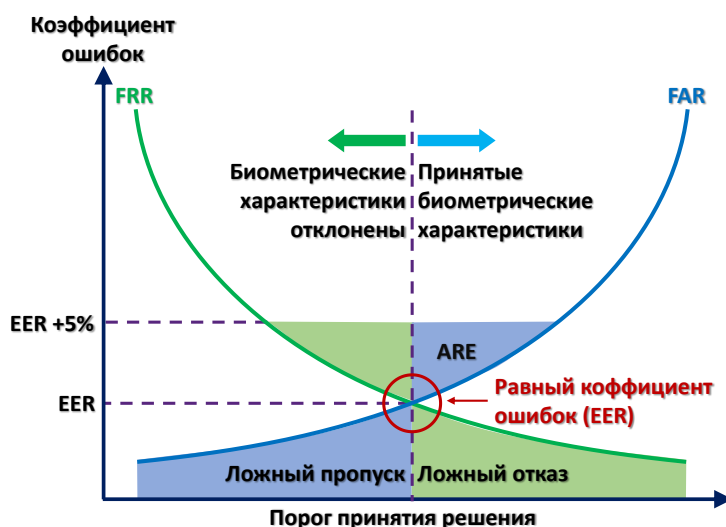


Рис 2. Характеристики изменения коэффициентов FAR и FRR

Коэффициент EER (Equal Error Rates) равный уровень ошибок (рисунок 1) – это коэффициент, при котором ошибка приема и ошибка отклонения эквивалентны. Чем ниже коэффициент EER, тем выше точность биометрической системы, т.е. является объективным параметром [7].

Параметры FAR и FRR необходимо рассматривать в комплексе, только тогда можно говорить о надежности биометрической идентификации.

Выводы

Преимущества, которые обеспечивает применение биометрии очевидны: обеспечение безопасности пассажиров и функционирования структур аэропортов; свободное перемещение между зоной вылета и другими отделами аэропорта; автоматизация досмотра искореняет очереди; упрощение обслуживания за счет отказа от паспортов и посадочных талонов. Пассажирам нужно отсканировать свои документы у специальных киосков самостоятельной проверки регистрации на рейс, которые располагаются после зоны предполётного досмотра. Пассажирам не требуются вообще практически ничего: достаточно введенных при оформлении билета личных данных. Затем проследовать к выходу на посадку и, когда она будет объявлена, пройти через специальные турникеты с фотокамерами, отправляющими данные для сравнения с исходными паспортными. Информационное решение по непосредственному сличению реальности с документальными образцами в базе данных возлагается на специальные структуры в аэропортах.

Wavelet-преобразование позволяет переводить сигнал из временного представления в частотно-временное посредством математического преобразования. Основу метода составляют функции, определяющие какой вид будет иметь анализируемый сигнал после преобразования. Фактически, «wavelet» представляет собой волновую функцию, которая накладывается на имеющийся график сигнала, тем самым позволяя определить его свойства на конкретном участке сигнала. Предлагаемый математический аппарат wavelet-преобразования ставит перед собой важную задачу разработки приложений, использующих wavelet-анализ в биометрической идентификации.

Список литературы

1. Брюхомицкий Ю.А. Биометрические технологии идентификации личности: учебное пособие. Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2017, 263 с.
2. Векторные дифференциальные операции первого порядка. Оператор Гамильтона. Доступно на: <https://infopedia.su/14x1060.html> (от 21 мая 2021 г.).
3. Основы теории вейвлет-преобразования. Доступно на: <https://basegroup.ru/community/articles/intro-wavelets> (от 21 мая 2021 г.).

4. Вейвлет-преобразование – Wavelet transform. Доступно на: https://ru.other.wiki/wiki/Wavelet_transform (от 21 мая 2021 г.).
5. Технологии и методы биометрической идентификации. Доступно на: <http://www.techportal.ru/security/biometrics/tekhnologii-biometricheskoy-identifikatsii> (от 21 мая 2021 г.).
6. Биометрическая идентификация. Доступно на: http://www.techportal.ru/glossary/biometricheskaya_identifikaciya.html (от 21 мая 2021 г.).
7. Современные биометрические методы идентификации. Доступно на: <https://habr.com/ru/post/126144> (от 21 мая 2021 г.).

References

1. Brjuhomicij Ju.A. Biometricheskie tehnologii identifikacii lichnosti: uchebnoe posobie. Rostov-na-Donu, Taganrog: Izdatel'stvo Juzhnogo federal'nogo universiteta, 2017, 263 с.
2. Vektornye differencial'nye operacii pervogo porjadka. Operator Gamil'tona. Dostupno na: <https://infopedia.su/14x1060.html> (от 21 мая 2021 г.).
3. Osnovy teorii vejvlet-preobrazovanija. Dostupno na: <https://basegroup.ru/community/articles/intro-wavelets> (от 21 мая 2021 г.).
4. Vejvlet-preobrazovanie – Wavelet transform. Dostupno na: https://ru.other.wiki/wiki/Wavelet_transform (от 21 мая 2021 г.).
5. Tehnologii i metody biometricheskoy identifikacii. Dostupno na: <http://www.techportal.ru/security/biometrics/tekhnologii-biometricheskoy-identifikatsii> (от 21 мая 2021 г.).
6. Biometricheskaja identifikacija. Dostupno na: http://www.techportal.ru/glossary/biometricheskaya_identifikaciya.html (от 21 мая 2021 г.).
7. Sovremennye biometricheskie metody identifikacii. Dostupno na: <https://habr.com/ru/post/126144> (от 21 мая 2021 г.).

К. А. Ожикенов¹, А. А. Тұяқбаев¹, С. Д. Нұрмағамбет¹, Д.Н. Тургенбаев^{2*}

¹к.т. н., доцент, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

¹к. т. н., қауымдастырылған профессор, Қ.И Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

¹докторант, Қ.И Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

²аға оқытушы, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

*Корреспондент авторы: turgenbaev-63@mail.ru

ӘУЕЖАЙДА ҰШУ АЛДЫНДАҒЫ ТЕКСЕРУДЕГІ БИОМЕТРИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Түйін

Биометриялық технологиялардың дамуы мен қолданылуы бүкіл әлемдік беталыс алууда. Алғашқы биометриялық төлқұжаттардың енгізілуі адамды автоматты түрде сәйкестендірудің ондаған ұлттық және халықаралық бағдарламаларын енгізуге мүмкіндік берді. Биометриялық тану тұғырнамасы жүйеге тіркелген жолаушыларға төлқұжаттары мен билеттерін көрсетпей жеделдетілген тіркеу мен тексеруден өтуге және ұшаққа отыруға мүмкіндік береді. Тұғырнама әуежайда кезектерді азайтады, саяхатты жағымды және қауіпсіз етеді. Биометриялық тану тұғырнамасы әуежайдың қауіпсіздік жүйелерімен, билеттерді «бронь» арқылы алу қызметтерімен және әуе компанияларына бейілділік бағдарламаларымен біріктірілген. Тұғырнама жолаушылардың бүкіл қозғалыс бағыты бойынша оны жүзінен тани алады, тіркеу кезінде оны тани алады, «таза» аймаққа, кеңейтілген күту залына өтпелер ашады және ұшаққа отырғызу үшін турникеттер арқылы өтуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, жүйе авиакомпанияның on-line режимінде тіркелген жолаушы келген болса, бірақ отыруға кешігіп келсе, қажет болғанда, оны әуежайдан табуға көмектеседі. Тұғырнама нейрондық

желілерге негізделген өзіндік биометриялық сәйкестендіру алгоритмдеріне негізделген. Ақылды жүйенің жеке элементтері әуежайға кіре берісте алғашқы тексеру кезінде идентификация жасауды жүзеге асыратын әр түрлі әуежайларда жұмыс істейді.

Кілттік сөздер: биометрия, технология, сәйкестендіру, әдіс, нейрон, оператор, белгі, түрлендіру, функция, деректер, қате.

K.A. Ozhikenov¹, A.A. Tuyakbaev¹, S.D. Nurmagambet¹, D.N. Turgenbaev^{2*}

¹Cand.Tech.Scie., Associate Professor, K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University, Almaty, Kazakhstan

¹Cand.Tech.Scie., Associate Professor, K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University, Almaty, Kazakhstan

¹doctoral student, K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University, Almaty, Kazakhstan

²Senior Lecturer, M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

*Corresponding author's email: turgenbaev-63@mail.ru

BIOMETRIC TECHNOLOGIES IN PRE-FLIGHT SCREENING AT THE AIRPORT

Abstract

The development and application of biometric technologies is a worldwide trend. The introduction of the first biometric passports made it possible to deploy dozens of national and international programs for automatic identification of a person. The biometric recognition platform allows passengers registered in the system to go through expedited check-in, security screening and boarding without showing their passports and tickets. The platform will reduce queues at the airport, make travel more pleasant and safer. The biometric recognition platform integrates with airport security systems, ticket booking services and airline loyalty programs. Along the entire route of a passenger's movement, the platform can recognize him by his face, recognize him at the check-in counter, open passages to the «clean» zone, to the high-comfort waiting room, and provide passage through the turnstiles at the boarding gate. In addition, the system will prompt the airline if a passenger who has registered on-line has arrived but is late for boarding, and if necessary, will help to find him at the airport. The platform is based on its own biometric identification algorithms based on neural networks. Individual elements of the smart system are already working at various airports, where identification is implemented during the initial screening at the airport entrance.

Keywords: biometrics, technology, identification, method, neuron, operator, feature, transformation, function, data, error.