

С. Ч. ДОНГ, В. С. ИОНИН

ОРГАНИЗАЦИЯ ХРАНЕНИЯ И ПОИСКА ОБРАЗА ЛИЦА В ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ БАЗЕ ЛИЦ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Целью работы является разработка алгоритма функционирования системой распознавания лиц с использованием объектно-ориентированных баз данных. Система обеспечивает автоматическую идентификацию искомого объекта или идентифицирует кого-либо по цифровой фотографии или видеокадру из видеисточника. Технология включает сравнение предварительно сканированных элементов лица из полученного изображения с прообразами лиц, хранимых в базе данных. Современные пакеты объектно-ориентированных баз данных дают пользователю возможность создания нового класса с заданными атрибутами и методами, получения классов, наследующих атрибуты и методы от суперклассов, создавать экземпляры класса, каждый из которых обладает уникальным объектным идентификатором, извлекать эти экземпляры по одному или группами, а также загружать и выполнять эти процедуры. Использование в алгоритме свёрточной нейронной сети позволяет осуществить переход от конкретных особенностей изображения к более абстрактным деталям.

Ключевые слова: *распознавание лиц, активные модели внешнего вида, активные модели формы, объектно-ориентированная база данных, связь между данными, абстрактные типы данных, идентификатор.*

Введение

Система распознавания лиц (СРЛ) – это компьютерное приложение, автоматически идентифицирующее физическое лицо по цифровой фотографии или видеокадру из видеисточника. Один из способов сделать это – сравнение соответствия полученных таким образом элементов его лица с набором изображений, хранящихся в созданной базе данных. При нахождении в ней соответствующего изображения задача будет решена или не решена, если идентичное изображение не хранится в этой базе. В общем случае при сканировании создается образ физического лица, сохраняемый в блоке памяти в виде соответствующей ему графической информации. При необходимости к ней добавляют текстовую информацию, которой характеризует в достаточной мере это лицо (Ф.И.О., возраст, адрес и др.). Идентификация лица предполагает хранение его прообраза в базе данных, что предъявляет к ней необходимость наличия прообразов достаточно большого количества физических лиц для выполнения задачи поиска. СРЛ часто используется в системах безопасности и может сравниваться с другими биометрическими формами, такими как системы распознавания отпечатков пальцев или радужной оболочки

глаза. Некоторые алгоритмы распознавания лиц идентифицируют черты лица, извлекая границы или признаки из изображения лица субъекта. Из них алгоритм извлекает информацию. В дальнейшем эти функции используются для поиска других изображений с аналогичными функциями. Для решения задачи идентификации необходимо сохранить информацию о лице для запоминания в виде модели прообраза его изображения. Алгоритм упрощает набор изображений лиц, сжимает данные лиц, сохраняя только данные изображений, полезные для распознавания лиц. Затем идентификатор сравнивает изображение модели с сохраненными данными лица. Хранение набора графической и текстовой информации предполагает необходимость использования объектно-ориентированных баз данных.

Связь между данными

В настоящее время в системах технического зрения для решения задачи распознавания лиц используются различные методы: гибкого сравнения на графах, нейронных сетей, скрытых марковских моделей, главных компонент, активных моделей внешнего вида (*Active Appearance Models – AAM*) и активных моделей формы (*Active Shape Models – ASM*) и др.

Несмотря на большое разнообразие представленных алгоритмов, общую структуру процесса распознавания лиц можно представить в виде схемы, приведенной на рис. 1 [1].

Связь направленности объектно-ориентированных баз данных с направленностью дедуктивных баз данных носит двоякий характер [2]. Во-первых, для структуризации дедуктивных (и вообще логических) баз данных в последнее время стремятся использовать парадигму объектной ориентированности [3]. Во-вторых, некоторые механизмы дедуктивных баз данных можно использовать в контексте обычных объектно-ориентированных баз данных. Это, прежде всего, относится к языкам запросов [4]. Одно из направлений развития декларативных языков запросов объектно-ориентированных баз данных – дедуктивные языки [5, 6]. На логическом выводе основываются в распознавании лиц доказательства корректности схемы объектно-ориентированных баз данных и динамический контроль целостности.

Структуры данных в реляционной модели базируются на плоских нормализованных отношениях, ограничения целостности выражаются с помощью средств логики первого порядка и, наконец, манипулирование данными осуществляется на основе реляционной алгебры или равносильного ей реляционного исчисления. Своим успехом реляционная модель данных во многом обязана тому, что опирается на строгий математический аппарат теории множеств, отношений и логики первого порядка. Основными структурными элементами реляционной таблицы являются поле и запись. Поле (столбец реляционной

таблицы) – элементарная единица логической организации данных, которая соответствует конкретному атрибуту информационного объекта. Например, в виде реляционной таблицы можно представить информацию об объектах для распознавания лиц (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что *John Wick* – это класс, который содержит переменные объекта и сообщения объектно-ориентированных баз данных. Он также широко поддерживает наследование, поскольку в базе данных может быть много классов с похожими методами, переменными и сообщениями. Таким образом, концепция иерархии классов поддерживается для отображения сходства между различными классами.

Концепция инкапсуляции, которая является сокрытием данных или информации, также поддерживается объектно-ориентированной моделью данных. И эта модель данных также предоставляет возможность абстрактных типов данных помимо встроенных типов данных, таких как *char*, *int*, *float*. Абстрактные типы данных *ADT* (*abstract data types*) – это определяемые пользователем типы данных, которые содержат значения внутри него, а также могут иметь прикрепленные к ним методы.

Таким образом, объектно-ориентированные базы данных предоставляют пользователям множество возможностей, как встроенных, так и пользовательских. Этот класс объединяет свойства объектно-ориентированной модели данных с системой управления базами данных. Он поддерживает концепцию программирования парадигм, таких как классы и объекты, наряду с поддержкой других концепций,

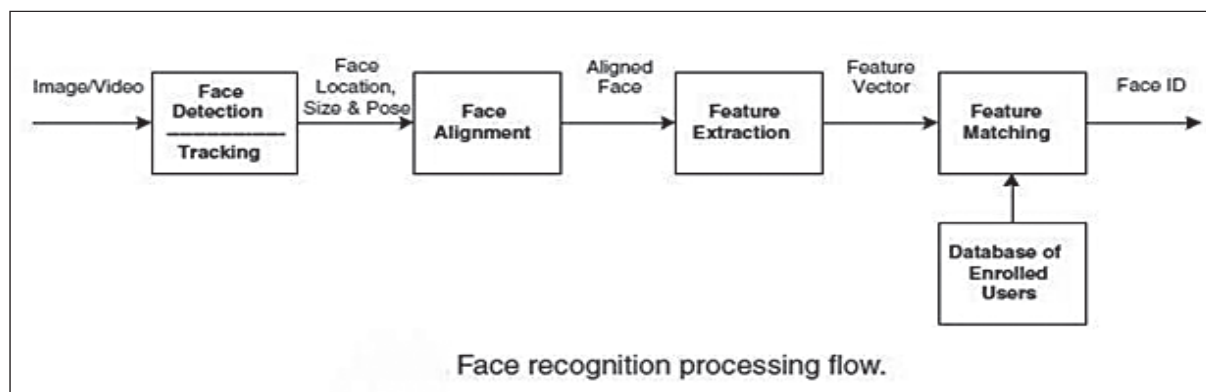


Рис. 1. Структура процесса распознавания лиц

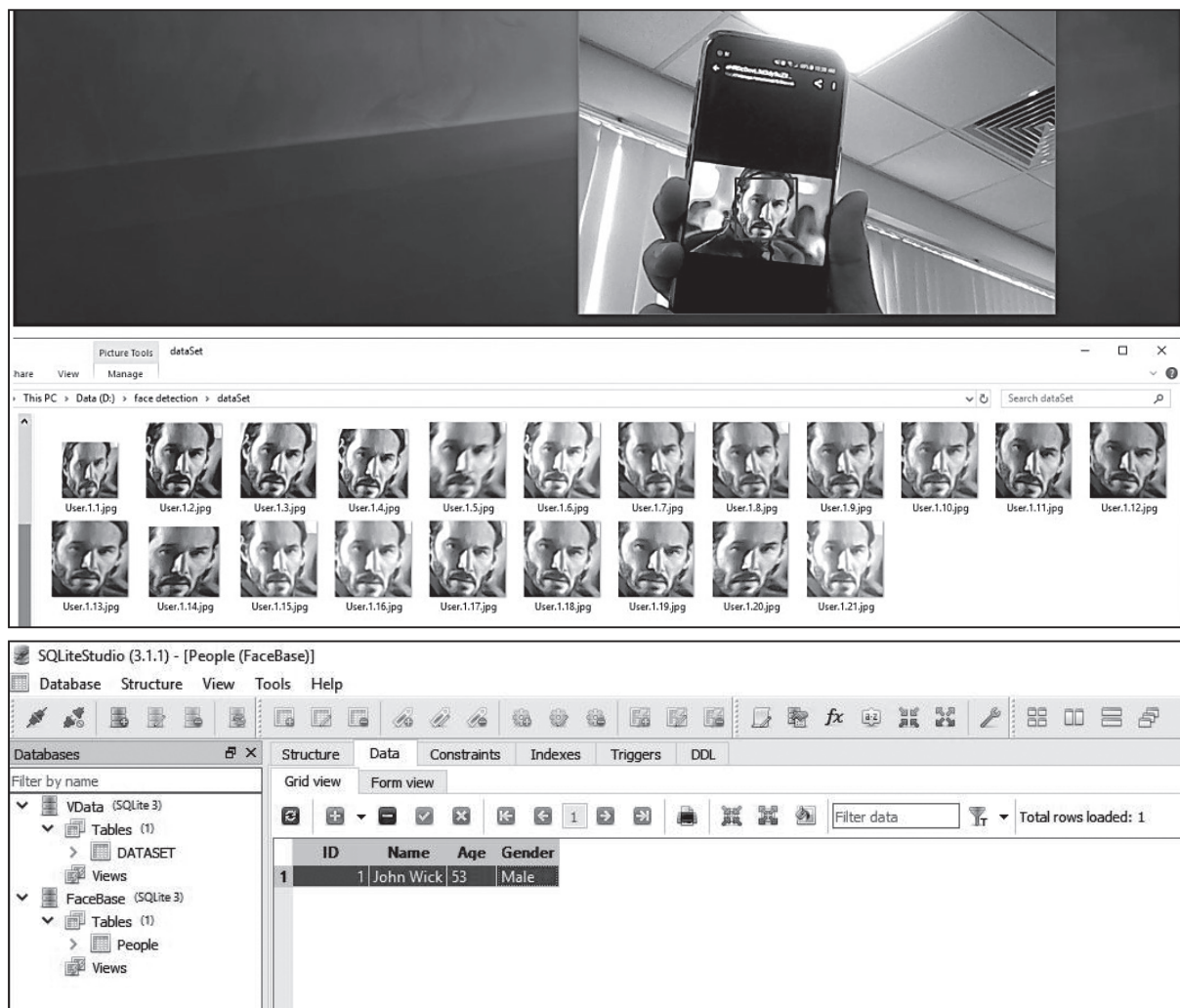


Рис. 2. Данные сохранены

как инкапсуляция, наследование и определяемые пользователем *ADT*. Хранение изображений в объектно-ориентированной базе данных обеспечивает их сравнение со сканированным лицом. Длительность сравнения зависит в прямой степени от емкости базы данных. Так, задача допуска ограниченного количества лиц на определенную территорию легко решается при ее минимальной емкости. При ее увеличении возрастает длительность процесса сравнения. Она значительна при миллионах и более хранимых образов. Для ее уменьшения в хранимых образах выделяют классы и подклассы. Сравнение проводят с учетом классификации сканируемого образа, используя предлагаемый алгоритм сканирования (рис. 4).

Примерные результаты их использования

При идентификации образа лица выполняется сравнение изображения со всеми

изображениями в базе данных. Это обеспечивает поиск в ней идентичного этому образу объекта (соотношение 1:N). Этот процесс включает сканирование изображения объекта, его запись/хранение и сравнение его с базой данных прообразов, чтобы идентифицировать этот объект.

Поскольку объект идентифицируется по его идентификатору (*OID = object Identifier*), системе хранения объектов необходим механизм для поиска объекта, заданного *OID*. Если *OID* являются логическими, то есть они не определяют местоположение объекта, система хранения должна поддерживать индекс, который сопоставляет *OID* с текущей позицией объекта.

Под классом подразумевается специальный тип данных, включающий в себя предварительно определенные свойства и методы. Это абстракция объекта. Объект создается,

когда он создается из класса. В отличие от обычных типов данных, класс является (абстрактной) единицей комбинации методов и свойств.

Каждый класс создан для выполнения определенной группы функций, специфичных для этого класса. Инкапсуляция позволяет скрыть информацию об объекте путем объединения информации и методов, связанных с информацией внутри объекта.

Покажем порядок разработки объектно-ориентированной базы данных для распознавания лиц. Считывание данных в объектно-ориентированной базе данных осуществляется следующим образом:

- объекты в объектно-ориентированной базе данных хранятся и связаны друг с другом через идентификаторы *ID*;
- объект может ссылаться на множество *ID* объектов, что означает, что отношения между объектами имеют общую форму $n: m$;
- ссылочные отношения между объектами устанавливаются объектно-ориентированной системой баз данных (рис. 3).

Когда дело доходит до определения и распознавания того, кто это лицо, нам нужно будет рассчитать *SAME / DIFFERENCE* между лицами, которые мы получаем. И говоря о *SAME / DIFFERENCE*, для простоты мы будем ссылаться на задачу «Рассчитать расстояние между векторами». Метод `findvectorIMG` – это модель, которая преобразует рамку лица

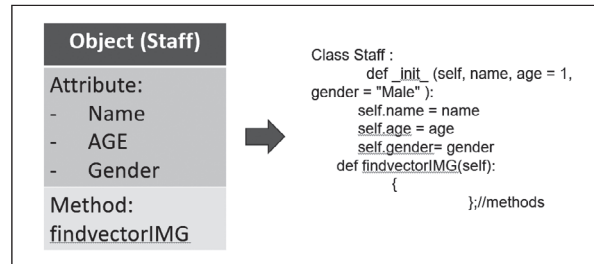


Рис. 3. Преобразование класса объектов в распознавании лиц

в вектор, поэтому, если две грани совпадают, два соответствующих вектора также должны быть близки друг к другу. Если присутствуют два изображения разных лиц, два соответствующих вектора также должны находиться дальше друг от друга. Этот алгоритм представляет собой сеть глубокого обучения КонвНет с трехсторонней структурой. Наше трио состоит из: 1 фотографии лица любого человека (*query*), 1 другой фотографии этого человека (*positive*), 1 фотографии другого человека (*negative*). Обучая такую модель, мы получим больше информации о взаимосвязи между изображениями, что делает нашу модель намного лучше подходящей для этой проблемы. Модель ConvNet включает изображение, которое будет размещено на трех разных дорожках, прежде чем соединиться, чтобы сформировать вектор с 4096 направлениями [7]. Этот вектор будет представлять фотографию, 4096 атрибутов можно рассматривать как 4096 характерных свойств этого объекта (рис. 4).

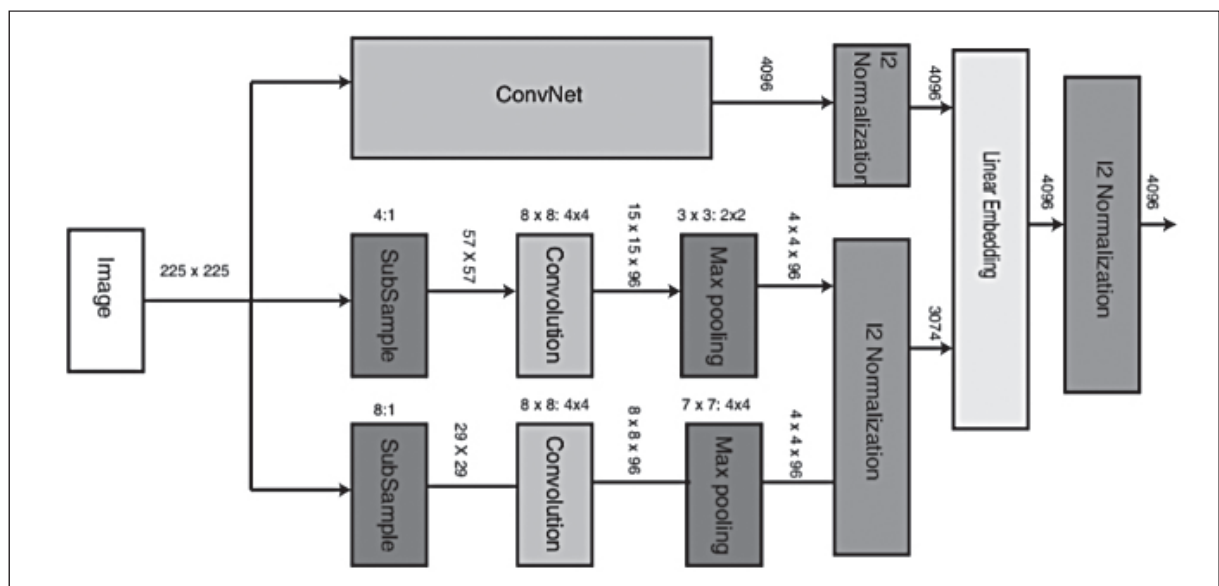


Рис. 4. Глубокое обучение ConvNet

После извлечения функции для данных изображения объекта мы получаем объектно-ориентированные данные. Таким образом, когда идентификатор лица представляет собой только сравнение двух соответствующих векторов двух лиц, чтобы можно было проверить личность сотрудника, соответствующая информация этого сотрудника инкапсулируется в объектно-ориентированные данные. Чтобы оптимизировать сравнение, создать векторные оптимизации, мы можем использовать функцию *LOSS* модели, описываемую выражением:

$$L(p_i, p_i^+, p_i^-) = \max \left\{ 0, g + D(f(p_i), f(p_i^+)) - D(f(p_i), f(p_i^-)) \right\},$$

где $f(p)$ – вектор представления p . D – расстояние между двумя векторами. Функция Loss будет равна $[-L]$. Модель будет работать так, чтобы верхняя функция достигла значения Max, что означает уменьшение расстояния между двумя векторами $f(p_i)$ (*Query Image*) и $f(p_i^+)$ (*Positive Image*). После многократного повторения этого шага для разных людей, нейронная сеть научится надежно создавать 4096 измерений для каждого человека. Любое другое изображение одного и того же человека даст аналогичное измерение. Тренировочный процесс КонвНет требует, чтобы

много данных занимало до 24 часов непрерывной тренировки для достижения высокой точности. У нас должен быть определенный набор данных, но здесь при моделировании системы используем 1 большой набор данных для тестирования. И здесь протестируем систему с пометкой Face in Wild (LFW). Этот набор данных включает в себя более 13000 изображений человеческого лица (помеченных), собранных в Интернете (LFW Dataset: Labeled Faces in the Wild) [8]. Откуда получаем результат сравнения векторизованных данных двух фотографий, снятых с камеры и в базе данных. Этот вектор будет представлять изображение, и когда модель хорошо обучена, эти 4096 атрибутов можно рассматривать как 4096 характерных атрибутов этого лица. Таким образом, модель выполнила задачу извлечения признаков, и благодаря функциям в этих объектно-ориентированных данных, можем сравнивать векторные данные [9].

Предложенный алгоритм должен обеспечивать создание классов, подклассов и каталогов образов по различным признакам, способным при сканировании лица в силу его индивидуальности отнести его в определенную нишу этой БД, в которой находятся образы с соответствующими аналогичными характеристиками особенностями (рис. 5). Это позволит организовать сравнение полученного при сканировании образа лица с образами не всей

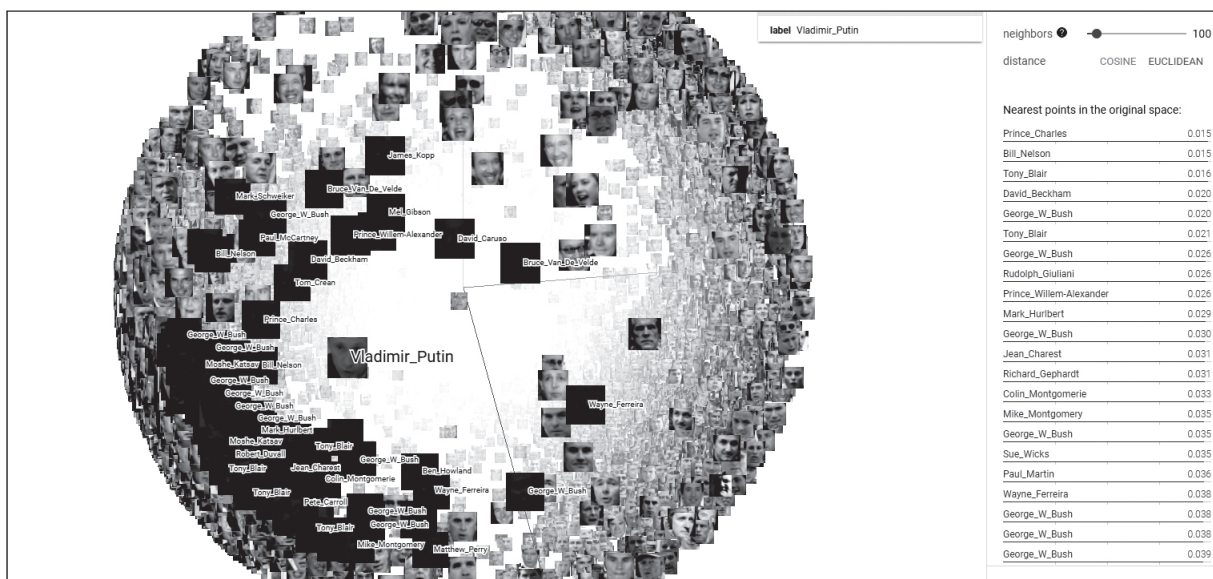


Рис. 5. Имитация результатов векторизованных данных (*Data Visualize*)

БД, а только с выделенным конечным подмножеством из общей генеральной совокупности образов БД. Естественно, во-первых, этот алгоритм сократит процесс сравнения сканированного лица с образами, хранимыми в БД, во-вторых, позволит определить местоположение этого отсканированного образа в соответствующем его индивидуальным особенностям месте их генеральной совокупности.

Часть данных объекта может быть сохранена с использованием файловых структур, описанных ранее, с некоторыми изменениями из-за неравномерного или большого размера этого объекта. Для реализации поля с несколькими элементами можно использовать связанные списки, поля, которые собирают элементы по В-дереву или по отдельным связям в базе данных. Агрегатные поля также могут быть исключены из уровня хранения путем нормализации. Очень большие объекты, которые трудно разобрать на более мелкие компоненты,

можно хранить в отдельном файле для каждого объекта [10].

Заключение

Управление данными с помощью системы баз данных принесет положительные преимущества, способствуя быстрому хранению, поиску, использованию и редактированию данных, обеспечивая эффективность системы распознавания лиц. Преимущество организация хранения и поиска образа лица в объектно-ориентированной базе лиц заключается в том, что этот алгоритм сократит процесс сравнения сканированного лица с образами, хранимыми в БД. Сохраненные форматы данных обеспечивают синхронизацию и поддерживают целостность данных. В то же время использование базы данных создаст много преимуществ в доступе к данным и их использовании для обслуживания системы распознавания лиц (рис. 6).



Рис. 6. Результаты использование объектно-ориентированных баз данных в распознавании лиц

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ существующих подходов к распознаванию лиц. – [Электронный ресурс]. – Код доступа: <http://paclub.ru/assets/curriculum/programs>. – Дата доступа 14.01.2020.
2. Объектно-ориентированные базы данных – основные концепции, организация и управление: краткий обзор. – [Электронный ресурс]. – Код доступа: http://citforum.ru/database/articles/art_24.shtml. – Дата доступа 14.01.2020.
3. **Serge Abiteboul**. Towards a Deductive Object-Oriented Database Language // Data and Knowledge Eng. – 5. – 1990. – 263–287.
4. **Kyuchul Lee, Sukho Lee**. An Object-Oriented Approach to Data/Knowledge Modelling Based on Logic // 6th Int. Conf. Data Eng., Los Angeles, Calif., USA, Febr. 5–9, 1990. – 289–294.
5. **A. M. Alashqur, S. Y. W. Su, H. Lam**. A Rule-based Language for Deductive Object-Oriented Databases // 6th Int. Conf. Data Eng., Los Angeles, Calif., USA, Febr. 5–9, 1990. – 58–67.
6. **Lois M. L. Delcambre, Karen C. Davis**. Automatic Validation of Object-Oriented Database Structures // 5th Int. Conf. Data Eng., Los Angeles, Calif., USA, Febr. 6–10, 1989. – 2–9.
7. Introducing Convolutional Neural Networks in Deep Learning. – [Электронный ресурс]. – Код доступа: <https://towardsdatascience.com/introducing-convolutional-neural-networks-in-deep-learning-400f9c3ad5e9>. – Дата доступа 18.01.2020.

8. Labeled Faces in the Wild.– [Электронный ресурс].– Код доступа: <http://vis-www.cs.umass.edu/lfw/>.– Дата доступа 18.01.2020.
9. A Detailed Guide to 7 Loss Functions for Machine Learning Algorithms with Python Code.– [Электронный ресурс].– Код доступа: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2019/08/detailed-guide-7-loss-functions-machine-learning-python-code/>.– Дата доступа 18.01.2020.
10. Definition and Overview of ODBMS.– [Электронный ресурс].– Код доступа: <https://www.geeksforgeeks.org/definition-and-overview-of-odbms/>.– Дата доступа 18.01.2020.

Поступила
29.01.2020

После доработки
18.03.2020

Принята к печати
01.06.2020

DONG X.C., IONIN V.S.

USING OBJECT-ORIENTED DATABASES IN FACE RECOGNITION

The aim of the work is to develop an algorithm functioning by a face recognition system using object-oriented databases. The system provides automatic identification of the desired object or identifies someone using a digital photo or video frame from a video source. The technology includes comparing pre-scanned face elements from the resulting image with prototypes of faces stored in the database. Modern packages of object-oriented databases give the user the opportunity to create a new class with the specified attributes and methods, obtain classes that inherit attributes and methods from super classes, create instances of the class, each of which has a unique object identifier, extract these instances one by one or in groups, and also download and perform these procedures. Using a convolutional neural network in the algorithm allows the transition from specific features of the image to more abstract details.

Keywords: *face recognition, active appearance models, active form models, object-oriented database, communication between data, abstract data types, identifier.*



Донг Суан Чинь – магистрант кафедры проектирования информационно-компьютерных систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

E-mail: Chinhd12vt6@gmail.com

Dong Xuan Chinh – graduate student at the Department of Information and Computer Systems Design, Belarusian State University of Informatics and Radio electronics.



Ионин Виктор Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

E-mail: ionin@bsuir.by

Ionin Victor Sergeevich – candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Designing Information and Computer Systems of the Belarusian State University of Informatics and Radio electronics..