

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В
СООТВЕТСТВИИ С ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(19) Всемирная Организация
Интеллектуальной Собственности
Международное бюро

(43) Дата международной публикации
31 октября 2019 (31.10.2019)



(10) Номер международной публикации
WO 2019/209131 A1

(51) Международная патентная классификация :
G06N 20/10 (2019.01)

(21) Номер международной заявки : PCT/RU2018/000259

(22) Дата международной подачи :
23 апреля 2018 (23.04.2018)

(25) Язык подачи : Русский

(26) Язык публикации : Русский

(71) Заявитель : ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТ-
ВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ЦРТ -ИННОВАЦИИ " (STC-
INNOVATIONS LIMITED) [RU/RU]; ул. Красуцкого ,
4, литера "А" Санкт -Петербург , 196084, St.Petersburg
(RU).

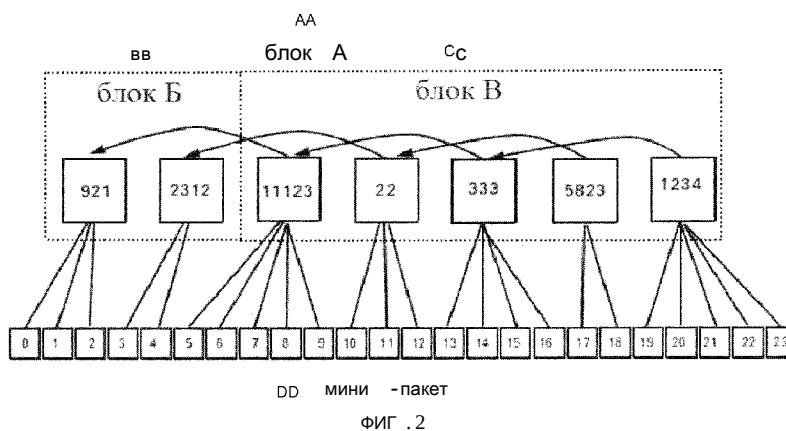
(72) Изобретатель : СМЕРНОВ , Евгений Алексеевич
(SMIRNOV, Evgenij Alekseevich); Мира пр-кт, 4, кв. 78
Новгородская обл., Великий Новгород , 173024, Velikij
Novgorod (RU).

(74) Агент : НИЛОВА , Мария Иннокентьевна (NILOVA,
Maria Innokentievna); BOX 1125 Патентика Санкт -Пе-
тербург , 190000, St.Petersburg (RU).

(81) Указанные государства (если не указано иначе, для
каждого вида национальной охраны) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP,
KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,

(54) Title: METHOD OF TRAINING A NEURAL NETWORK FOR HUMAN FACIAL RECOGNITION

(54) Название изобретения : СПОСОБ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ РАСПОЗНАВАНИЮ ЛИЦ ЛЮДЕЙ



AA Block A
BB Block B
CC Block C
DD Mini-packet

(57) Abstract: The invention relates to the field of facial biometrics, and more particularly to the task of training neural networks for facial recognition. Proposed is a method of training neural networks, according to which a database containing human facial images is made available and a list of look-alikes is made available. Next, a mini-packet of human facial images is generated by first including therein a set of human facial images from the database and then adding for each person having at least one image included in the mini-packet, at least one image of that person's look-alike from the list of look-alikes if a look-alike exists and if an image of said look-alike is not already included in the mini-packet, or, if no look-alike exists or if an image of a look-alike is already included in the mini-packet, adding at least one image of a different person from the database. The human facial images from the mini-packet are

OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Указанные государства (если не указано иначе, для каждого вида региональной охраны): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), евразийский (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), европейский патент (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Опубликована :

— с отчётом о международном поиске (статья 21.3)

then fed to the input of a neural network. A verification training signal and an identification training signal are generated using the results obtained at the outlet of the neural network. The neural network is then trained using the verification and identification training signals. Each person is associated with another person as a look-alike using the aforesaid results, and the list of look-alikes is updated whenever a pair of look-alikes is obtained which is not present in the list of look-alikes. The above operations are repeated, starting with the generation of a mini-packet.

(57) Реферат : Изобретение относится к области лицевой биометрии, в частности к задаче обучения нейронных сетей для распознавания лиц. Предложен способ обучения нейронных сетей, согласно которому обеспечивают наличие базы данных с изображениями лиц людей и обеспечивают наличие списка двойников. После этого формируют мини-пакет из изображений лиц людей путем сначала включения в него набора изображений лиц людей из базы данных, а затем добавления для каждого человека, по меньшей мере одно изображение которого включено в мини-пакет, по меньшей мере одного изображения его двойника из списка двойников, при наличии двойника и если изображение этого двойника еще не добавлено в мини-пакет, а при отсутствии двойника или если изображение двойника уже включено в мини-пакет, добавления по меньшей мере одного изображения другого человека из базы данных. Далее подают изображения лиц людей из мини-пакета на вход нейронной сети. Формируют верификационный и идентификационный обучающие сигналы с использованием результатов, полученных на выходе нейронной сети. После этого обучают нейронную сеть с использованием верификационного и идентификационного обучающего сигнала. При этом ставят в соответствие каждому человеку в качестве двойника другого человека с использованием указанных результатов с обновлением списка двойников при получении пары двойников, отсутствующей в списке двойников. Повторяют указанные операции начиная с формирования мини-пакета.

СПОСОБ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ РАСПОЗНАВАНИЮ ЛИЦ
ЛЮДЕЙ

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Изобретение относится к области лицевой биометрии, в частности к задаче обучения нейронных сетей распознаванию лиц.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Известен способ распознавания лиц (WO2016119076). Документ описывает архитектуру сверточной нейронной сети для решения задачи распознавания лиц. Архитектура обучается с помощью объединенного идентификационного и верификационного сигнала.

Недостатком является то, что способ обучения в соответствии с известным изобретением не обеспечивает получение нейронной сети, позволяющей с высокой точностью распознавать лица людей.

Известна патентная публикация (US20160180151), в которой раскрыты способ обучения сверточной нейронной сети распознаванию лиц и способ получения обучающих изображений лиц людей. Указанный способ обучения включает использование триплетов. Во время работы сеть генерирует векторные представления изображений лиц, являющиеся близкими в Евклидовом пространстве для разных изображений одного человека и далёкими – для изображений двух разных людей.

Недостатком известного способа является сложность получения обучающих примеров (триплетов), что замедляет процесс обучения нейронной сети.

Известна патентная публикация (US20150125049), в которой описан способ классификации лиц с использованием глубокой сверточной нейронной сети. В данном способе раскрыта возможность создания трехмерного изображения лица из двумерного изображения лица. При этом идентичность изображения двумерного лица может быть классифицирована на основе предоставления трёхмерного изображения лица в глубокой нейронной сети. Идентичность двумерного изображения лица может содержать вектор признаков. Кроме того, в способе раскрывается возможность классификации изображений одного человека, а также возможность верификации изображений как одного класса, так и разных классов.

Недостатком известного способа является сложность классификации и получения обучающих примеров, что замедляет процесс обучения нейронной сети. Известный способ обучения не позволяет получить нейронную сеть, обеспечивающую высокую точность распознавания людей.

Известен способ распознавания (US20060204058), согласно которому распознавание лиц осуществляется на основе использования меры схожести между вектором признаков, полученным из изображения, подаваемого на вход, и вектором признаков, полученным из изображения пользователя, имеющегося в базе. Также, согласно данному способу, изображения лиц, захваченные в процессе отслеживания лица, кластеризуются, а полученные при этом кластеры используются для обучения системы распознавания лиц.

Недостатком известного способа обучения является то, что он не обеспечивает обучение нейронной сети для дальнейшего высокоточного распознавания лиц людей.

Известна нейронная сеть для обнаружения и распознавания деформированного объекта (US5850470B). В известном патенте описана структура системы распознавания лиц на основе применения нейронных сетей, обучаемых классификации. Для обеспечения в известном способе достаточного разнообразия изображений лиц в обучающем наборе алгоритм преобразует полученное изображение для создания дополнительных обучающих примеров, иначе известных как виртуальные обучающие образы. Используются два типа обучающих образов. Первая схема обучения состоит из положительных образов (образов лица / глаз), которые используются для усиленного обучения. Вторая схема обучения состоит из негативных образов (образов не лица / не глаз), которые используются для антиусиленного обучения. Весовые параметры и пороговые значения обновляются с помощью усиленного / антиусиленного обучения.

Недостатком известного способа является сложность получения обучающих изображений лиц людей, что замедляет процесс обучения нейронной сети.

Таким образом, в уровне техники существует проблема создания способа такого обучения нейронной сети, которое позволит в дальнейшем распознавать людей с высокой точностью. Кроме того, известные способы поиска обучающих примеров имеют вычислительно сложный алгоритм, что замедляет процесс обучения нейронных сетей.

Ввиду имеющихся недостатков известных способов распознавания и идентификации технической проблемой настоящего изобретения является такое обучение нейронной сети, которое позволит с высокой точностью осуществлять распознавание лиц людей.

РАСКРЫТИЕ СУЩНОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Техническая проблема решается благодаря тому, что, согласно предлагаемому способу обучения нейронной сети распознаванию лиц людей, обеспечивают наличие базы данных с изображениями лиц людей и обеспечивают наличие списка двойников. После этого формируют мини-пакет из изображений лиц людей путём сначала включения в него набора изображений лиц людей из базы данных, а затем добавления для каждого человека,

по меньшей мере одно изображение которого включено в мини-пакет, по меньшей мере одного изображения его двойника из списка двойников, при наличии двойника и если изображение этого двойника ещё не включено в мини-пакет, а при отсутствии двойника или если изображение двойника уже включено в мини-пакет, добавления по меньшей мере одного изображения другого человека из базы данных. Далее подают изображения лиц людей из мини-пакета на вход нейронной сети. Формируют верификационный и идентификационный обучающие сигналы с использованием результатов, полученных на выходе нейронной сети. После этого обучают нейронную сеть с использованием верификационного и идентификационного обучающего сигнала. При этом ставят в соответствие каждому человеку в качестве двойника другого человека с использованием указанных результатов с обновлением списка двойников при получении пары двойников, отсутствующей в списке двойников. Далее повторяют указанные операции начиная с формирования мини-пакета.

Предлагаемый способ обеспечивает достижение технического результата в виде улучшения обучающих примеров для обучения нейронных сетей распознаванию лиц, повышения качества обучения нейронных сетей распознаванию лиц и, как следствие, увеличения точности распознавания лиц людей, в частности очень похожих лиц людей, с использованием полученной нейронной сети. Кроме того, предлагаемый способ обеспечивает повышение скорости обучения нейронной сети.

Нейронная сеть, которая обучена с использованием обучающих примеров, полученных путем формирования мини-пакетов (согласно предлагаемому способу), содержащих изображения, относящиеся к двум и более похожим людям, в частности к людям из базы данных и к их двойникам из списка двойников, способна распознавать людей с очень похожими лицами. Другими словами, формирование верификационного обучающего сигнала, т.е. сравнение изображений, помещенных в один мини-пакет, позволяет качественно обучить нейронную сеть, и чем более похожие (но разные) люди будут на этих изображениях — тем более сложные случаи распознавания лиц обученная таким образом нейронная сеть сможет обрабатывать. Увеличение схожести изображений лиц, попадающих в мини-пакет достигается за счет того, что во время обучения с каждой итерацией список двойников постепенно заполняют двойниками, и вместе с этим обновляют список путём замены уже имеющихся двойников на более схожих двойников из числа людей, изображения которых имеются в базе данных. При этом для нахождения двойников используются (переиспользуются) результаты, полученные для формирования идентификационного обучающего сигнала, что не требует дополнительных вычислительных и временных затрат. Кроме того, после каждой итерации заново

формируют мини -пакет , что позволяет наполнять мини -пакет с каждой итерацией изображениями людей с более схожими лицами , что повышает качество и ускоряет обучение нейронной сети .

Согласно одному из вариантов реализации , заканчивают обучение нейронной сети , когда качество обучения достигнет заданного критерия . Критерий позволяет определить , обучена ли на данной итерации нейронная сеть .

Согласно одному из вариантов реализации , обеспечивают наличие пустого списка двойников . Обеспечение пустого списка двойников в начале обучения обеспечивает возможность заполнения данного списка нейронной сетью в процессе обучения , что повышает качество ее обучения .

Согласно одному из вариантов реализации , количество человек , изображения которых добавляют в мини -пакет , и количество изображений каждого человека , изображения которого добавляют в мини -пакет , определяют на основе гиперпараметра алгоритма обучения . Данное решение позволяет определить необходимое количество человек , изображения которых добавляют в мини -пакет , и количество изображений каждого человека , изображения которого добавляют в мини -пакет , до начала обучения нейронной сети , что позволяет ускорить процесс обучения нейронной сети , а также повышает качество обучения и , как следствие , увеличивает точность распознавания людей .

Согласно одному из вариантов реализации , все изображения каждого человека в базе данных имеют идентификатор . Идентификатор возможно использовать при формировании мини -пакета . Наличие идентификатора у изображения позволяет системе выбрать из обучающей базы изображения , относящиеся к конкретному человеку , и поместить их в мини -пакет . Кроме того , записывая идентификатор двойника в список двойников , система может выбрать из базы данных изображения , относящиеся к двойнику конкретного человека , и также поместить их в тот же мини -пакет . Наличие идентификатора позволяет увеличить скорость и точность обучения нейронной сети .

Согласно одному из вариантов реализации , людей , изображения которых добавляют в мини -пакет из базы данных , выбирают случайным образом . Выбор изображений людей случайным образом обеспечивает более разнообразные обучающие примеры , обученная таким образом нейронная сеть , в дальнейшем сможет распознавать более сложные примеры изображений .

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Сущность , изобретения более подробно , поясняется на неограниченных примерах его осуществления со ссылкой на прилагаемые чертежи , среди которых :

«Фиг. 1» – система обучения нейронной сети, согласно одному из вариантов осуществления изобретения;

«Фиг. 2» – схема формирования мини-пакета, согласно одному из вариантов осуществления изобретения;

«Фиг. 3» – результат поиска двойников, согласно одному из вариантов осуществления изобретения.

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ обучения нейронной сети, в соответствии с различными вариантами реализации настоящего изобретения, может быть осуществлен с использованием, например, известных компьютерных или мультипроцессорных систем. В других вариантах реализации заявленный способ может быть реализован посредством специализированных программно-аппаратных средств.

В настоящем описании под термином «двойник» понимается человек, лицо которого имеет сильное внешнее сходство с лицом другого человека. Конкретный критерий сходства определяется конкретным приложением. Также в настоящем описании под термином «мини-пакет» понимается набор изображений людей, в частности набор изображений лиц людей, отобранный из обучающей базы (базы данных). В мини-пакете может иметься по одному изображению каждого отобранного человека или по несколько изображений по меньшей мере некоторых из отобранных людей.

На фиг. 1 представлена обучающая система для обучения нейронных сетей, с помощью которой может быть реализован способ обучения нейронных сетей в соответствии с одним из вариантов осуществления настоящего изобретения. Обучающая система содержит средства 1 формирования базы данных и средства 2 формирования списка двойников, которые соответственно связаны со средствами 3 формирования мини-пакета, которые в свою очередь связаны со средствами 4 получения векторных представлений, также содержащих классификатор, обеспечивающий получение результатов классификации. Средства 4 связаны со средствами 5 формирования идентификационного обучающего сигнала и средствами 6 поиска двойника. Кроме того, средства 4 связаны со средствами 7 формирования верификационного обучающего сигнала. Средства 6 поиска двойника связаны со средствами 2 формирования списка двойников. При этом средства 5 формирования идентификационного обучающего сигнала и средства 7 формирования верификационного обучающего сигнала связаны со средствами 8

суммирования и взвешивания идентификационного и верификационного обучающих сигналов, которые связаны со средствами 4 и являются выходом системы.

Более подробно последовательность операций процесса обучения нейронных сетей раскрыта ниже.

Для обучения нейронной сети (фиг. 1) необходимо наличие обучающей базы (базы данных), формирование которой обеспечивают средства 1. Обучающая база содержит набор изображений лиц людей, сгруппированных по людям, то есть для каждого человека в базе имеется некоторое количество изображений его лица. В частном варианте осуществления в базе может иметься по одному изображению каждого человека. В других вариантах осуществления в базе может иметься более одного изображения некоторых или всех людей, изображения которых представлены в базе. Изображения лиц для обучающей базы могут быть получены любым известным специалисту способом, например с помощью фотокамеры. В качестве обучающей базы может служить память компьютера, которая обеспечивает хранение изображения лиц людей. В других вариантах реализации возможно хранение изображений и использование в качестве обучающей базы других средств, например памяти фотокамеры, памяти флэш-карты и др. Также возможен вариант реализации, когда изображения, с помощью которых обучают нейронную сеть, получены более чем из одной обучающей базы.

Важно отметить, что каждый человек, в частности все изображения каждого человека в обучающей базе имеют идентификатор, причем изображения конкретного человека имеют идентификатор, связанный с идентификатором этого конкретного человека. С помощью идентификаторов во время обучения система может выбрать изображение конкретного человека. Другими словами, идентификатор человека позволяет системе выбрать из обучающей базы изображения, относящиеся к этому человеку, и поместить их в мини-пакет (формирование мини-пакета раскрыто ниже). Кроме того, идентификатор двойника человека, помещенный в список двойников, позволяет системе выбрать из обучающей базы изображения, относящиеся к двойнику этого человека, и также поместить их в тот же мини-пакет (формирование списка двойников раскрыто ниже).

Кроме того, для обучения нейронной сети необходим список двойников, формирование которого обеспечивают средства 2. Список двойников представляет собой список идентификаторов изображений двойников в отношении людей, изображения которых имеются в обучающей базе. При этом для данного человека из обучающей базы список двойников содержит одного двойника. В других вариантах реализации, в которых не требуется высокая скорость обучения нейронной сети, для данного человека из обучающей базы список двойников содержит более одного двойника. В предпочтительном

варианте реализации изначально список с двойников создают пустым, т.е. в качестве идентификаторов изображений двойников указывают значение «-1», обозначающее отсутствие двойника. В процессе обучения нейронной сети этот список заполняют предложенным в изобретении способом, раскрытым ниже. При этом в других вариантах реализации, в которых требуется максимально высокая скорость обучения нейронной сети, список двойников может быть заполнен изначально.

Формирование мини-пакета средствами 3 происходит следующим образом. Выбирают случайным образом некоторое количество человек, в частности, некоторое количество изображений лиц, принадлежащих выбранным людям, из обучающей базы и помещают их изображения в мини-пакет. При этом некоторое количество изображений лиц людей добавляют в мини-пакет с использованием списка двойников, таким образом, что каждый следующий добавленный в мини-пакет человек является двойником одного из тех людей, чьи изображения были добавлены в мини-пакет ранее, начиная с первого и смещаясь на одного с добавлением в мини-пакет изображений каждого нового человека. В случае, если изображения (-ий) двойника, в частности идентификатора изображения, относящегося к двойнику, для какого-либо человека нет в списке двойников, т.е. двойник ещё не был найден, или же изображения (-ие) двойника уже попали в текущий мини-пакет, то следующего человека (в частности его изображения) также добавляют в мини-пакет с помощью его случайного выбора из обучающей базы за исключением людей, изображения которых уже добавлены в мини-пакет (иными словами, выбор в обучающей базе на данном этапе осуществляют среди тех людей, которые ещё не были добавлены в текущий мини-пакет). При этом количество человек и количество изображений каждого человека в мини-пакете определяется гиперпараметром алгоритма обучения. Важно отметить, что на первой итерации обучения мини-пакет формируют только из изображений людей, выбранных случайным образом из обучающей базы, так как список двойников ещё пуст.

Например, согласно одному из вариантов осуществления изобретения, на фиг. 2 проиллюстрирована схема формирования мини-пакета. Блок А, показанный пунктирной линией, охватывающей блок Б и блок В, содержит идентификаторы людей, чьи изображения требуется поместить в мини-пакет. Блок Б содержит идентификаторы некоторого количества людей, которые выбраны случайно. В данном варианте реализации блок Б содержит идентификаторы двух человек, в частности идентификатор 921 первого человека и идентификатор 2312 второго человека. Блок В содержит идентификаторы некоторого количества людей, которые представляют собой двойников людей, идентификаторы которых добавлены в блок Б. Мини-пакет в данном варианте реализации имеет возможность вместить 24 изображения людей. Таким образом, формирование мини-

пакета будет происходить следующим образом. Сначала в него помещают первые три изображения человека (0, 1, 2) с идентификатором 921 и следующие два изображения человека с идентификатором 2312, причем человек с идентификатором 11123 является двойником для человека 921 согласно списку двойников, и поэтому изображения ((в данном случае пять изображений) этого человека добавляют в мини-пакет следующими за изображениями человека с идентификатором 2312. Далее заполнение мини-пакета происходит уже по известному принципу, т.е. человек с идентификатором 22 является двойником человека с идентификатором 2312, и поэтому его изображения попадают в мини-пакет следующими за изображениями человека с идентификатором 11123, а человек с идентификатором 333 является двойником человека с идентификатором 11123 и т.д. до полного заполнения мини-пакета. Для каждого из людей, чьи идентификаторы содержатся в блоке А, мини-пакет содержит одно или несколько изображений.

С помощью средств 4 нейронной сетью обрабатывают набор изображений лиц из мини-пакета (фиг. 1) с получением векторных представлений и значений классификации. Указанные векторные представления и значения классификации являются результатами, получаемыми на выходе нейронной сети. В частности, на выходе нейронной сети получают векторное представление для каждого изображения лица человека. Векторное представление показывает размещение изображений лиц людей в векторном пространстве. Полученные векторные представления пропускают через классификатор с получением значений классификации.

При обучении нейронной сети с помощью идентификационного сигнала классификатор выдает значения классификации для каждого из классов (содержащих изображения одного человека), а также выбирает максимальные значения классификации в качестве результата для каждого изображения. Также нейронной сети предъявляются известные заранее выходные (правильные) значения классификации в соответствии с известными подходами к обучению нейронных сетей, и на основе сравнения правильного значения и значения классификации, полученного от классификатора, в средствах 5 формируется идентификационный обучающий сигнал. В качестве метода формирования идентификационного сигнала можно использовать другие различные методы, такие как Softmax, L2-Softmax, Proxy Loss, Sampled Softmax.

Важно отметить, что, полученные значения классификации используют также и для поиска двойников с помощью средств 6. Само по себе получение значений классификации вычислительно затратно, и, если бы значения находились специально только для поиска двойников, это сильно бы замедляло обучение нейронной сети. Однако как эти значения уже получены при обучении с помощью идентификационного сигнала, их повторное

использование для поиска двойников экономит вычисления и ускоряет время обучения сети. В других вариантах реализации возможно проводить поиск двойников на основании значений классификации, полученных для формирования обучающих сигналов, отличных от идентификационных, однако в этом случае снижается качество обучения нейронной сети.

Таким образом, с помощью повторного использования значений, выданных классификатором в отношении каждого из людей, изображения лиц которых были помещены в текущий мини-пакет, находится его двойник. Другими словами, для изображения лица какого-либо человека, пропускаемого через нейронную сеть, находится такое значение классификации нейронной сети, которое является максимально близким к нему среди всех значений классификации, относящихся к идентификаторам людей, которые не являются тем же человеком, изображение лица которого было подано в нейронную сеть. Идентификатор человека, связанного с этим найденным значением классификации, записывают в список двойников 2 в качестве идентификатора двойника. Этот процесс повторяют на каждой итерации обучения нейронной сети, так что список двойников сначала постепенно заполняют двойниками и вместе с этим обновляют уже имеющихся двойников, таким образом сохраняя актуальность списка двойников.

Векторные представления, полученные средствами 4, средствами 7 сравнивают попарно между собой с помощью любого подходящего метода, формирующего верификационный сигнал, в частности с помощью одного из известных методов, например Triplet Loss или Margin Based Loss. Верификационный сигнал позволяет извлечь полезную для обучения информацию, заключающуюся в отличии в векторном представлении между парами примеров (изображений) одного мини-пакета. Полезную информацию, извлекаемую из попарных сравнений таких векторных представлений лиц, используют при обучении сети для модификации этих векторных представлений таким образом, чтобы похожие лица, принадлежащие разным людям, в векторном представлении были бы дальше друг от друга (согласно косинусной метрике близости между векторами), чем лица одного и того же человека, но полученные в разных условиях. В результате этих сравнений формируется верификационный обучающий сигнал.

Предложенный способ обучения нейронной сети, использующий визуальную схожесть людей, в частности лиц людей, способствует обучению нейронной сети работе со «сложными» изображениями, под которыми подразумеваются изображения похожих лиц людей. Нейронная сеть, обученная на сложных примерах, содержащих изображения очень похожих лиц людей, при распознавании изображений лиц людей позволяет использовать такие векторные представления изображений, которые размещают изображения,

принадлежащие одному человеку , близко друг к другу в векторном пространстве , а изображения , принадлежащие разным людям , - далеко друг от друга в векторном пространстве . В противном случае , т.е. при обучении нейронной сети на примерах , содержащих очень непохожих людей , она может ошибиться и для изображений двух похожих людей выдать такие векторные представления , которые будут близки друг к другу , в частности более близки , чем изображения , принадлежащие одному человеку , но полученные в значительно разных условиях .

Далее средствами 8 идентификационный и верификационный обучающий сигналы , полученные средствами 5 и 7, взвешивают с разными весами и суммируют , а затем отправляют сигналы на средства 4, т.е. используют в обучении нейронной сети методом обратного распространения ошибки . Идентификационный сигнал обучает нейронную сеть различать различных людей , а верификационный сигнал — дополнительно к этому позволяет находить сходства в разных лицах одного человека . На данном этапе завершается одна итерация обучения .

После этого оценивают качество обучения нейронной сети , и если качество обучения достигло заданного критерия , в частности известного из уровня техники критерия , то обучение останавливают , т.к. нейронная сеть обучена , если же нет , то запускают ещё одну итерацию обучения . Следующая итерация обучения начинается со средств 3 с формирования мини - пакета заново , т.е. с нуля , согласно предлагаемому способу , как описано выше .

На фигуре 3 представлен результат поиска двойников предложенным способом обучения нейронной сети , согласно одному из вариантов осуществления изобретения . В каждой строке слева помещены три фотографии одного человека , а справа — три фотографии его двойника , найденного в обучающей базе с помощью предложенного способа обучения нейронной сети .

Таким образом , предлагаемый способ решает проблему поиска обучающих примеров для обучения нейронных сетей , которые в дальнейшем обеспечивают высокоточное распознавание лиц , в частности очень похожих людей . Кроме того , предлагаемый способ обучения нейронной сети характеризуется алгоритмом обучения , который увеличивает скорость обучения , при этом практически не требуя дополнительной памяти для реализации предлагаемого способа .

Также следует отметить , что в других вариантах реализации предлагаемого способа обучения нейронной сети , которые не требуется использовать для распознавания лиц людей , возможно обучение нейронной сети распознаванию других особенностей внешности человека , например конкретных черт лица , таких , как глаза , нос и т.д. В данном

случае под термином «двойник» будет пониматься человек, какая-либо черта лица которого имеет сильное сходство с той же чертой лица данного человека. При этом критерий сходства зависит от требуемого результата обучения нейронной сети.

Кроме того, вместо нейронной сети в других вариантах реализации, в которых не требуется высокая точность при дальнейшем распознавании людей, для поиска обучающих примеров возможно использование более простых моделей (например, Eigenfaces).

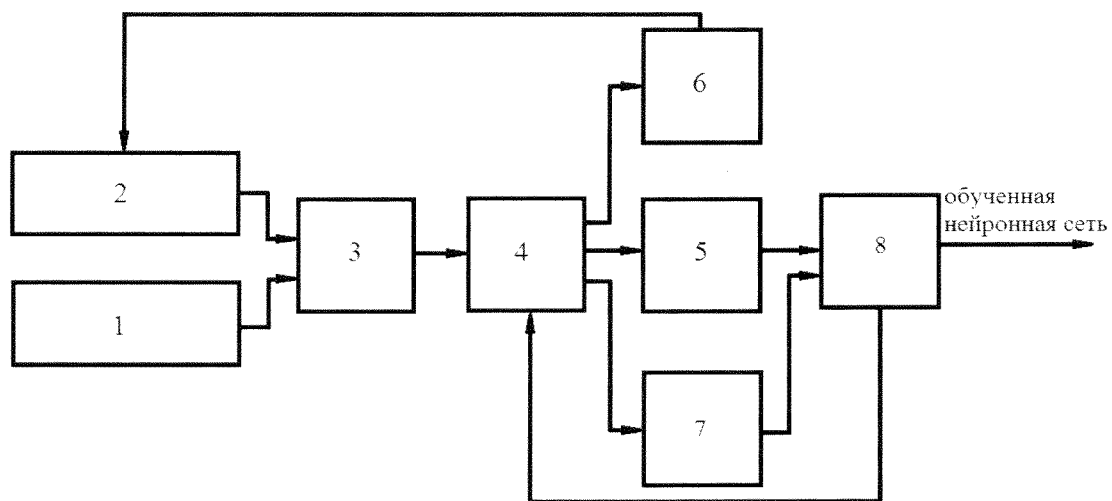
Настоящее изобретение не ограничено конкретными вариантами реализации, раскрытыми в описании в иллюстративных целях, и охватывает все возможные модификации и альтернативы, входящие в объем настоящего изобретения, определенный формулой изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

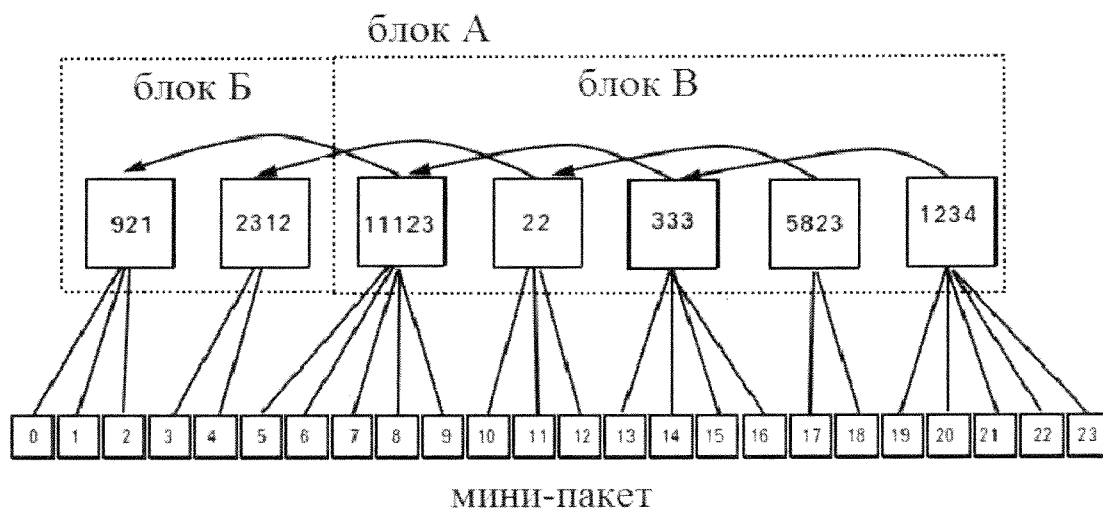
1. Способ обучения нейронной сети распознаванию лиц людей, согласно которому
 - обеспечивают наличие базы данных с изображениями лиц людей;
 - обеспечивают наличие списка двойников;
 - формируют мини -пакет из изображений лиц людей путём сначала включения в него набора изображений лиц людей из базы данных, а затем добавления для каждого человека, по меньшей мере одно изображение которого включено в мини -пакет, по меньшей мере одного изображения его двойника из списка двойников, при наличии двойника и если изображение этого двойника ещё не включено в мини -пакет, а при отсутствии двойника или если изображение двойника уже включено в мини -пакет, добавления по меньшей мере одного изображения другого человека из базы данных;
 - подают изображения лиц людей из мини -пакета на вход нейронной сети;
 - формируют верификационный и идентификационный обучающие сигналы с использованием результатов, полученных на выходе нейронной сети;
 - обучают нейронную сеть с использованием верификационного и идентификационного обучающего сигнала;
 - ставят в соответствие каждому человеку в качестве двойника другого человека с использованием указанных результатов с обновлением списка двойников при получении пары двойников, отсутствующей в списке двойников;
 - повторяют указанные операции начиная с формирования мини -пакета.
2. Способ по п. 1, согласно которому заканчивают обучение нейронной сети, когда качество обучения достигнет заданного критерия.
3. Способ по любому из пп. 1-2, согласно которому обеспечивают наличие пустого списка двойников.
4. Способ по любому из пп. 1-3, согласно которому количество человек, изображения которых добавляют в мини -пакет, и количество изображений каждого человека, изображения которого добавляют в мини -пакет, определяют на основе гиперпараметра алгоритма обучения.

5. Способ по п. 1, согласно которому все изображения каждого человека в базе данных имеют идентификатор.

6. Способ по п. 1, согласно которому людей, изображения которых добавляют в мини - пакет из базы данных, выбирают случайным образом.

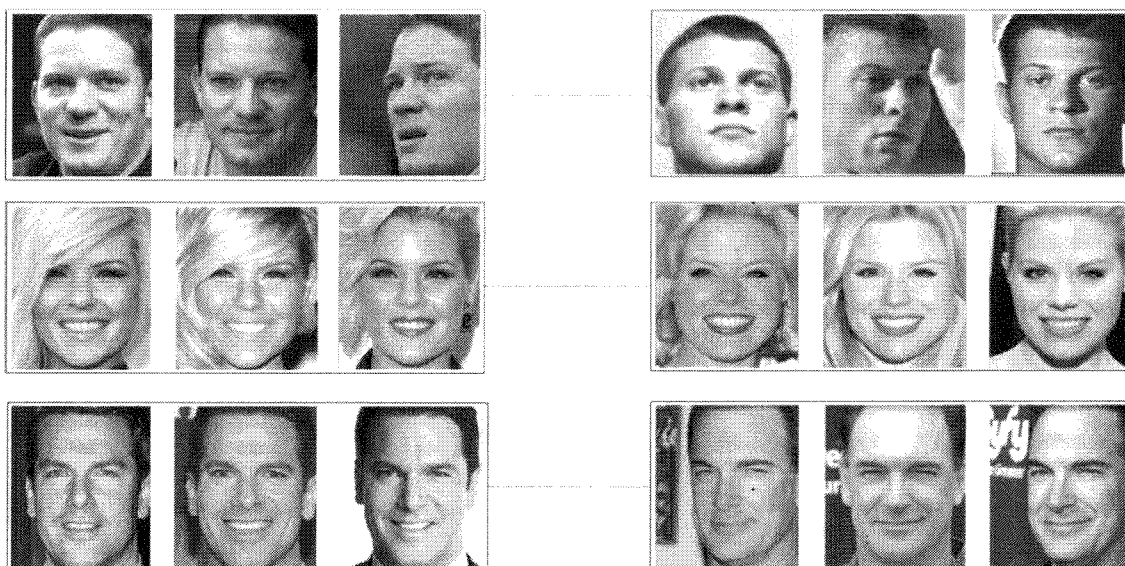


ФИГ. 1



ФИГ. 2

2/2



ФИГ. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 2018/000259

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G06N 20/10 (2019.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06K 9/00, 9/62, G06N 3/00, 3/02, 3/08, 20/00-20/20, G06T 1/00, 7/00, H04L 29/00, 29/02, 29/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

PatSearch (RUPTO internal), Esp@cenet, PAJ, USPTO, Information Retrieval System of FIPS

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
	SHANG-HUNG Lin et al. Face Recognition/Detection by Probabilistic Decision-Based Neural Network, IEEE TRANSACTIONS ON NEURAL NETWORKS, 1997, vol. 8, No. 1, the abstract, p. 115, col. 2, first paragraph, p. 116, col. 1, paragraph, 2, p. 116, col. 2, section "A. Face detection and Eye Localization" -p. 117, col. 1, undersection " 1) Face Verification System", p. 117, section "S. Training Pattern Generation", p. 117, col. 2, section "III. PDBNN For Face Detection and Eye Localization", first paragraph, p. 118, section "A. Probabilistic Decision-Based Neural Network", col. 1, last paragraph, p. 119, col. 1, undersection " 1) Unsupervised Training for LU Learning", p. 120, col. 2, undersection "2) Supervised Training for GS Learning", p. 121, col. 1, undersection "3) Threshold Updating", fig. 1	1-6
	US 2017/0140247 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 18.05.2017	1-6
	CN 106503669 A (CHONGQING ZHONGKE CLOUD WALK TECH CO LTD) 15.03.2017	1-6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 January 2019 (29.01.2019)

Date of mailing of the international search report

07 February 2019 (07.02.2019)

Name and mailing address of the ISA/
RU

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 2018/000259

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006343791 A (HITACHI LTD) 21.12.2006	1-6

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Номер международной заявки

PCT/RU 2018/000259

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ

G06N 20/10 (2019.01)

Согласно Международной патентной классификации МПК

В. ОБЛАСТЬ ПОИСКА

Проверенный минимум документации (система классификации с индексами классификации)

G06K 9/00, 9/62, G06N 3/00, 3/02, 3/08, 20/00-20/20, G06T 1/00, 7/00, H04L 29/00, 29/02, 29/06

Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)

PatSearch (RUPTO internal), Esp@cenet, PAJ, USPTO, Information Retrieval System of FIPS

С. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:

Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	SHANG-HUNG Lin et al. Face Recognition/Detection by Probabilistic Decision-Based Neural Network, IEEE TRANSACTIONS ON NEURAL NETWORKS, 1997, vol. 8, No. 1, реферат, с. 115, кол. 2, первый абзац, с. 116, кол. 1, абзац 2, с. 116, кол. 2, раздел "A. Face detection and Eye Localization" –с. 117, кол. 1, подраздел "1) Face Verification System", с. 117, раздел "C. Training Pattern Generation", с. 117, кол. 2, раздел "III. PDBNN For Face Detection and Eye Localization", первый абзац, с. 118, раздел "A. Probabilistic Decision-Based Neural Network", кол. 1, последний абзац, с. 119, кол. 1, подраздел "1) Unsupervised Training for LU Learning", с. 120, кол. 2, подраздел "2) Supervised Training for GS Learning", с. 121, кол. 1, подраздел "3) Threshold Updating", фиг. 1	1-6
A	US 2017/0140247 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 18.05.2017	1-6
A	CN 106503669 A (CHONGQING ZHONGKE CLOUDWALK TECH CO LTD) 15.03.2017	1-6
A	JP 2006343791 A (HITACHI LTD) 21.12.2006	1-6



последующие документы указаны в продолжении графы С.



данные о патентах-аналогах указаны в приложении

* Особые категории ссылаемых документов:	“Т” более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение
“А” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным	“Х” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности
“Е” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее	“У” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста
“L” документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылаемого документа, а также в других целях (как указано)	“&” документ, являющийся патентом-аналогом
“О” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.	
“Р” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета	

Дата действительного завершения международного поиска

29 января 2019 (29.01.2019)

Дата отправки настоящего отчета о международном поиске

07 февраля 2019 (07.02.2019)

Наименование и адрес ISA/RU:
 Федеральный институт промышленной собственности,
 Бережковская наб., 30-1, Москва, Г-59,
 ГСП-3, Россия, 125993
 Факс: (8-495) 531-63-18, (8-499) 243-33-37

Уполномоченное лицо:

Н. Скокова

Телефон № (495)531-64-81