

Адаптация систем распознавания изображений лиц к условиям эксплуатации при помощи Simulink

Н. Л. Щеголева¹, В. А. Петрова²

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет

«ЛЭТИ» имени В. И. Ульянова (Ленина)

¹stil_hope@mail.ru, ²varvara.petrova.0381@mail.ru

Аннотация. Рассмотрен процесс настройки систем распознавания лиц для определенных условий эксплуатации с учетом технических ограничений. Разработана библиотека блоков Simulink для построения моделей программных комплексов. Предполагается, что использование библиотеки позволит определять наилучшую структуру системы, состав блоков и значений их параметров.

Ключевые слова: распознавание изображений лиц; объектно-ориентированное моделирование

I. ВВЕДЕНИЕ

В последние два десятка лет обращение к теме систем распознавания лиц в СМИ становится все более частым. Широкая общественная известность средств для поиска лиц началась с презентации алгоритма NTechLab в 2015 г., после чего нейронные сети и распознавание личности стали неразрывно связаны, а новые публикации, как правило, посвящены нейронным сетям. Описываемые системы справляются с трудными условиями распознавания, им доступен практически любой поворот головы, мимика и тип освещения.

Кажется, что проблема решена и теперь следует только установить камеры и подключить их к системам распознавания. Эта точка зрения также повлияла и на академическую среду, с середины 2016 года начался спад интереса к проблеме. Только на ресурсе IEEE Explore [1] в 2005 г. опубликовано порядка 2500 работ, в 2015 г. – 6 000, в 2016 – 6 000, при этом большая часть – в первом полугодии. А в 2017 г. было издано только 4200 статей о распознавании лиц. Однако по разным причинам полномасштабное внедрение новых технологий по-прежнему откладывается. Существует несколько препятствий на пути массового применения подобных систем: трудоемкость интеграции, высокая нагрузка на каналы передачи данных, стоимость покупки и обслуживания серверов, невозможность работы в автономном режиме. Стоит также отметить, что «плохая» база лиц – помеха для обучения нейронной сети. [3] Это хорошо видно на примере FindFace, программы для поиска лиц в социальной сети «ВКонтакте», точность которой составляет около 70 %.

На сегодняшний день предложен ряд систем распознавания, являющихся, по мнению их авторов, универсальными. Но универсальность необходимо понимать строго в значении «независимость от факторов, затрудняющих распознавание». При этом существуют задачи, для которых применение универсальных систем является избыточным, например, идентификация лиц в системах контроля и управления доступом. Есть также задачи, в которых применение неавтономных систем невозможно, например, такие ограничения могут существовать в работе правоохранительных органов: распознавание личности по фотороботу в условиях отсутствия сигнала сети. Поэтому необходимо заранее планировать, в каких условиях будет эксплуатироваться система.

Кажущаяся «универсальность» современных систем создает иллюзию простоты в разработке и внедрении систем идентификации личности. Однако, независимо от того, что используется: нейронные сети или статистические методы, необходимо тщательно анализировать условия работы будущей системы с учетом технических ограничений, налагаемых на предлагаемое решение.

Значительную помощь в анализе и разработке системы может обеспечить компьютерное моделирование. Для моделирования систем идентификации изображений лиц используются три группы современных средств: среды разработки ПО, графические среды имитационного моделирования, специализированные программные средства. На данный момент наиболее удобным инструментом являются графические среды имитационного моделирования [4], так как для усовершенствования систем распознавания лиц целесообразно представлять их в виде графических моделей, состоящих из блоков, связанных каналами передачи данных. Такое представление помогает исследователю видеть задачу в терминах подсистем и надсистем, работать на выбранном уровне детализации, определить пути усовершенствования не только в алгоритмической реализации, но и в структуре системы.

Для оценки удобства использования Simulink для дизайна систем распознавания лиц в следующих разделах показано применение библиотеки, разработанной авторами, для основных сценариев использования систем моделирования. Библиотека является инструментом для повышения точности распознавания, позволяя выбрать оптимальную структуру системы и более точно настроить ее параметры. Выбор данной среды моделирования был обусловлен наличием встроенного языка MATLAB, позволяющем описать модули системы в терминах матричной алгебры.

II. ПРИМЕР ДИЗАЙНА ЭЛЕМЕНТАРНОЙ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЛИЦ

Довольно часто в задачах распознавания образов используются разные категории изображений, представленные соответствующими векторами исходных признаков. Выбор конкретного метода экстракции зависит от сценария решаемой задачи, структуры исходных данных, числа наборов данных, динамики их изменения и т.д. Так, например, применение дискретного преобразования Фурье позволяет получить инвариантные относительно циклического сдвига лица пространственно-спектральные признаки, а дискретное косинусное преобразование позволяет представить лицо малым числом признаков и является инвариантным относительно поворота головы влево или вправо. Двумерное дискретное преобразование Фурье (2D DFT – Two-dimensional Discrete Fourier Transform) и двумерное дискретное косинусное преобразование (2D DCT – Discrete Cosine Transform) позволяют получить результаты распознавания с высокой точностью, которую можно дополнительно повысить за счет правильного выбора параметров работы методов. Для оценки зависимости точности распознавания от числа выбранных признаков p . С помощью разработанной библиотеки составим модель системы распознавания, использующую 2D DFT и 2D DCT, представленную на рис. 1.

Моделируемая система распознавания изображений лиц (FaReS – Face Recognition System) состоит из 2 веток, представляющих собой элементарные системы распознавания, в первой ветке применяется DFT, во второй – DCT. Для исследования была выбрана база данных изображений лиц ORL, поскольку она широко используется для решения задач обработки изображений, что позволяет сравнивать результаты проведенных

экспериментов с предыдущими исследованиями, а также в ней представлены основные факторы, затрудняющие процесс распознавания и подбор параметров работы системы: повороты головы в пространстве, изменение мимики, изменение контраста изображений и яркости фона, наличие и отсутствие очков.

База данных изображений лиц состоит из 40 классов, 10 изображений в каждом классе представляют одного человека. В эксперименте в качестве тестовых использовано 4 изображения. Значение параметра p варьировалось от 5 до 30. Десять экспериментов были выполнены для каждого p : номер эталонного изображения изменялся от 1 до 10, затем получившиеся средние значения были взяты в качестве результата эксперимента. Компьютерный эксперимент позволил определить, что наилучшими значениями параметров явились p равное 10 для DCT и p равное 20 для DFT.

III. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИРОВАНИЯ В SIMULINK

Возможности Simulink позволяют проводить сравнительный анализ систем распознавания изображений лиц в наглядной форме. Необходимо расположить исследуемые системы в качестве отдельных параллельных ветвей и на выходе объединить их блоком оценки результатов. На рис. 2 представлена система, состоящая из 5 подсистем, каждая из которых является самостоятельной элементарной системой распознавания. В качестве ветвей могут быть более сложные модели, которые в свою очередь могут иметь параллельную, каскадную или комбинированную структуру.

Результаты распознавания с помощью разработанной библиотеки представлены в табл. 1. Комплексирование 5 систем в одну позволило сократить количество экспериментов, что является значительным преимуществом Simulink при выборе среды для моделирования FaReS. На основе данных, подготовленных в блоке рекомендаций, можно выбрать одну из ветвей в качестве искомого решения. Данный подход удобен, поскольку такой набор систем является сценарием процедуры сравнительного анализа, если одна из ветвей изменяется, то не потребуется искать файлы с данными из предыдущих экспериментов, все будет храниться в модели. Также Simulink позволяет сделать блоки активными и неактивными, что дает возможность убирать ветки из текущего анализа, не удаляя их из модели.

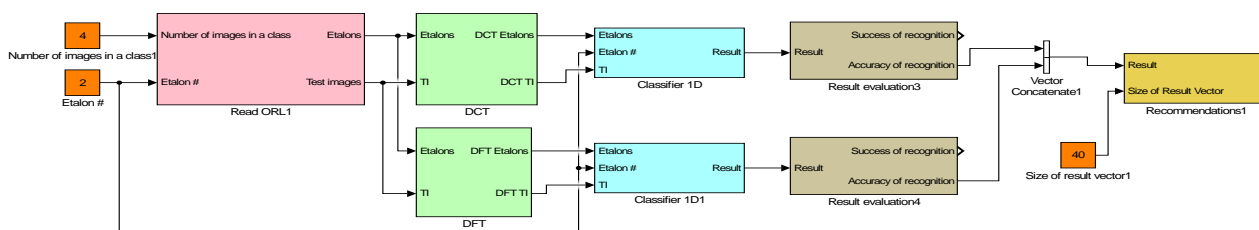


Рис. 1. Модель системы с двумя ветками (DFT, DCT)

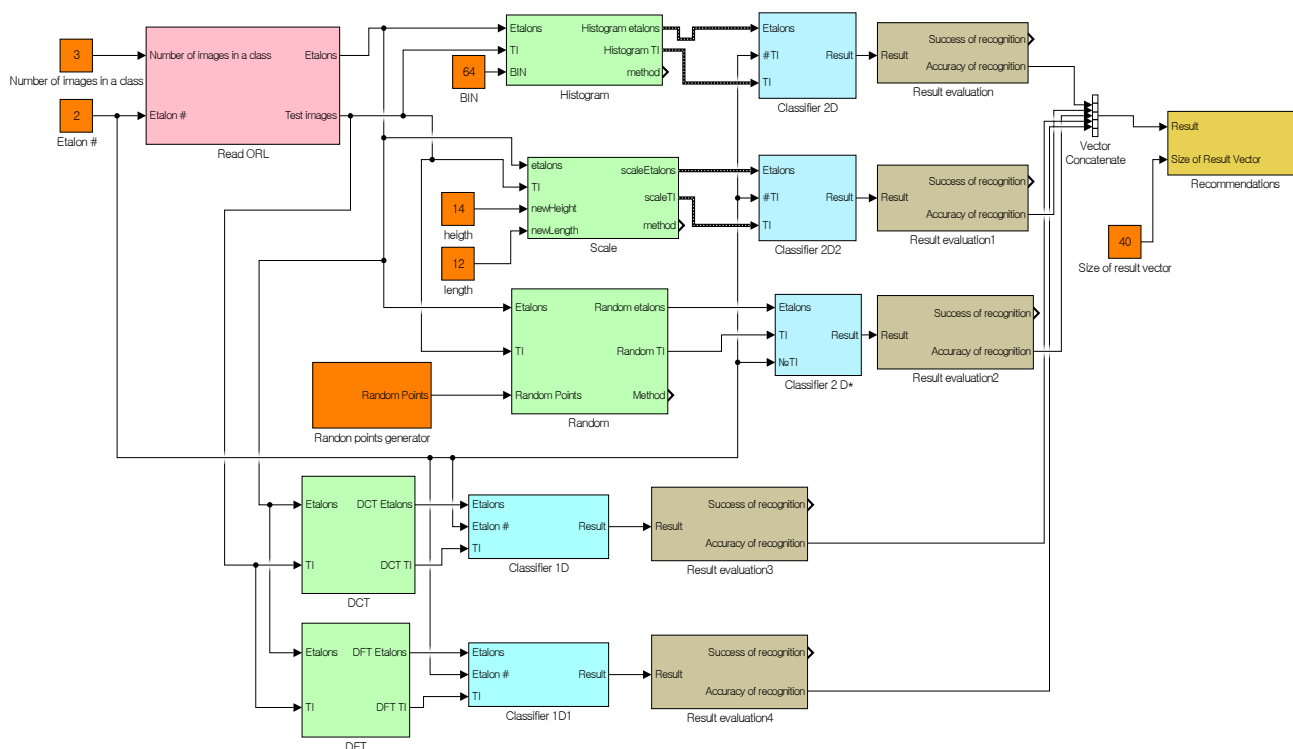


Рис. 2. Сравнительный анализ нескольких систем в Simulink

ТАБЛИЦА I РЕЗУЛЬТАТЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЛИЦ

Метод экстракции	Номер эталонного изображения									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Histogram	80	80	77,5	85	90	97,5	85	93,5	95	92,5
Scale	37,5	37,5	35	22,5	37,5	37,5	32,5	37,5	47,5	27,5
Random	82,5	82,5	85	85	85	85	82,5	82,5	87,5	80
DCT	92,5	92,5	95	92,5	92,5	90	85	95	90	77,5
DFT	90	95	92,5	85	92,5	90	87,5	92,5	100	90

IV. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ

Построение параллельных структур в Simulink можно использовать не только для сравнительного анализа, но и для повышения точности распознавания. Модифицируем систему представленную на рис. 2, здесь на выходе классификаторов находятся результаты распознавания с использованием одного из простых методов экстракции (Histogram – H, Scale – S, Random – R, DCT – C, DFT – F), а компараторы на основе принципа «два из трех» принимают итоговое решение о номере класса тестового изображения. Объединяя элементарные системы по тройкам, например, RHS (Random-Histogram-Scale) и т.д. [5], получим 10 новых систем. Для сравнения результатов их работы в Simulink достаточно провести всего один эксперимент, модель которого представлена на рис. 3.

Представленная на рис. 4 схема является описанием эксперимента в виде набора графических элементов. Такой подход позволяет учитывать условия эксплуатации, а также дает более наглядную и удобную в работе модель по сравнению с текстовым описанием. Результаты эксперимента представлены в табл. 2.

ТАБЛИЦА II ВАРИАНТЫ КОМБИНАЦИИ МЕТОДОВ ЭКСТРАКЦИИ ПРИЗНАКОВ

RHS	RHF	RHC	RSF	RSC	RFC	HSF	HSC	HFC	SFC
0,78	0,75	0,8	0,79	0,8	0,8	0,81	0,82	0,83	0,85

Проведенное исследование показывает, что добиться увеличения точности возможно не только за счет изменения используемых алгоритмов и настройки их параметров, но и за счет изменения архитектуры используемой модели FaReS. Используя встроенные возможности Simulink упростим графическое представление системы, для этого объединим часть блоков в подсистемы, при этом исходные блоки не изменяются и доступны для модификации и последующего использования. Результат группировки блоков в подсистемы представлен на рис. 4.

Полученная в результате группировки модель позволяет работать с системой на более высоком уровне абстракции, при раскрытии отдельных блоков есть возможность работать отдельно с каждой из подсистем не отвлекаясь на контекст верхнего уровня.

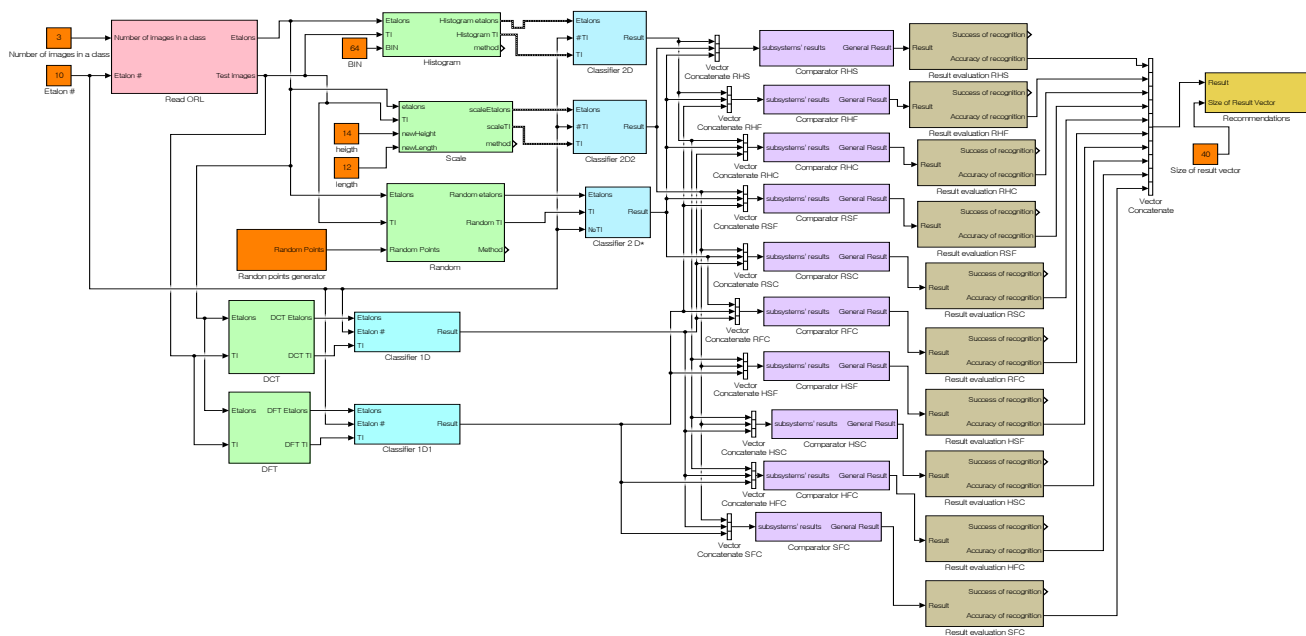


Рис. 3. Сравнение комбинаций методов экстракции признаков

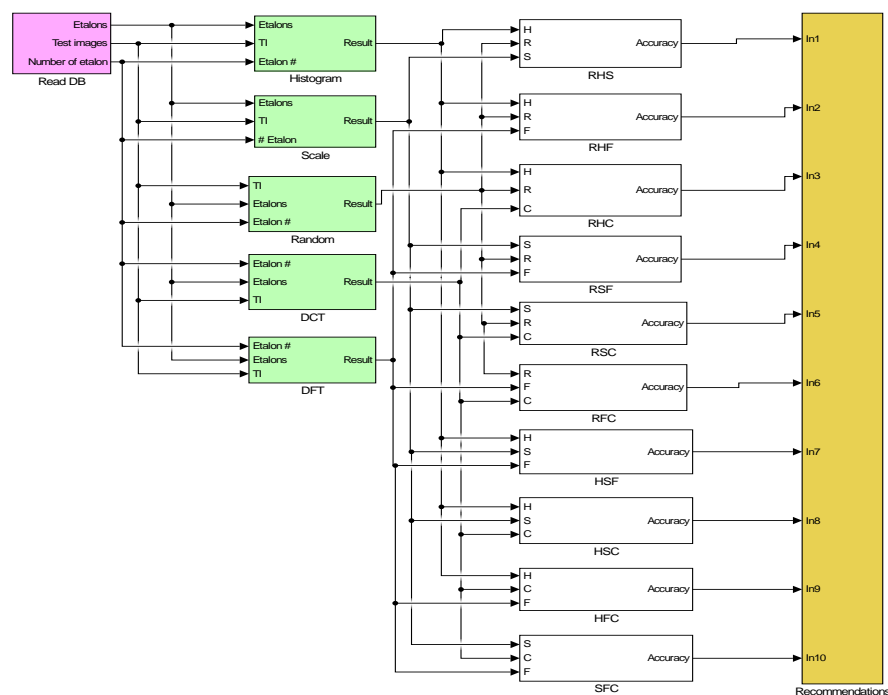


Рис. 4. Результат группировки блоков в подсистемы

V. АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ применения разработанной библиотеки блоков показал, что эффективное использование Simulink обусловлено тем, что для создания новых блоков не требуется глубоких знаний программирования, автоматически поддерживаются новые операционные системы, обеспечивается совместимость пользовательских модулей с обширным набором готовых

решений от MathWorks, а также возможна работа с данными в матричном представлении. Являясь графической средой разработки, Simulink позволяет решать проблемы улучшения FaReS на уровне блоков и связей между ними, что увеличивает количество решений путем добавления структурных изменений к настройке параметров, Simulink – это набор профессиональных инструментов для исследовательской деятельности, но в

дополнение к его прямому назначению для решения задач обработки изображений **необходимо** использовать разработанную библиотеку блоков.

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящий момент Simulink – эффективный инструмент для моделирования систем обработки изображений. Однако стандартная библиотека не позволяет настраивать количество классов и изображений, что очень важно при работе с большими базами данных. Для моделирования FaReS, стандартных возможностей Simulink недостаточно, поэтому необходимо было разработать пользовательскую библиотеку блоков Simulink для адаптации системы к условиям эксплуатации, где каждый модуль FaReS был инкапсулирован в отдельный блок Simulink, затем между блоками были созданы связи, которые позволили описывать FaReS как ориентированный граф. Такое представление позволило абстрагироваться от программной реализации конкретных методов и непосредственно работать со структурой системы и подбором ее параметров.

Будущие исследования будут посвящены моделированию использования нейронных сетей для распознавания изображений лиц, также их комбинаций со статистическими методами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] IEEE Explore Digital Library [Electronic resource]. — Access mode: <http://ieeexplore.ieee.org> (30.10.2017)
- [2] Under the supervision of: how much will cost the face recognition system on the streets of Moscow [Electronic resource]. — Access mode: <http://www.forbes.ru/tehnologii/350843-pod-prismotrom-vo-skolko-oboydetsya-sistema-raspoznavaniya-lic-na-ulicah-moskvy> (5.11.2017)
- [3] Zekić-Sušac, M. Croatian Operational Research Review/ M. Zekić-Sušac, N. Šarlija, S. Pfeifer // (CRORR) 2013. Vol. 4. P. 306-317.
- [4] Petrova, V. Rapid prototyping of face retrieval systems in Simulink/ N. Shchegoleva, V. Petrova// 2017 XX IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM) 2017. P. 312-314.
- [5] Методы обработки и распознавания изображений лиц в задачах биометрии // Монография. Под ред. М.В. Хитрова. СПб: Политехника, 2013. 388 с.