

Санкт-Петербургский Государственный Университет
Факультет Прикладной Математики и Процессов Управления

Отчет о практической работе №1
“РЕАЛИЗАЦИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕТЕКТОРОВ ЛИЦ” в рамках курса “Прикладные
задачи построения современных вычислительных систем”

Выполнил студент
группы 18.Б11-пу
Белов Артем Романович

Санкт-Петербург
2022

Цель работы

Целью данной работы является реализация детектора лиц на основе метода Template Matching и рассмотрение вариантов детектора с различными шаблонами лица. Также в данную работу входит исследование качества детектирования лиц в различных условиях, тестирование работы детектора лиц в программе “Fraunhofer” и детектора лиц Виолы-Джонса.

Входные данные

Для данного исследования были использованы фотографии лица при различном освещении: достаточном (Рис. 1) и низком (Рис. 2). Также использовалось изображение лица, прошедшего процесс деидентификации с помощью программы fawkes (Рис. 3) и лицо, скрытое маской (Рис. 4)



Рис. 1

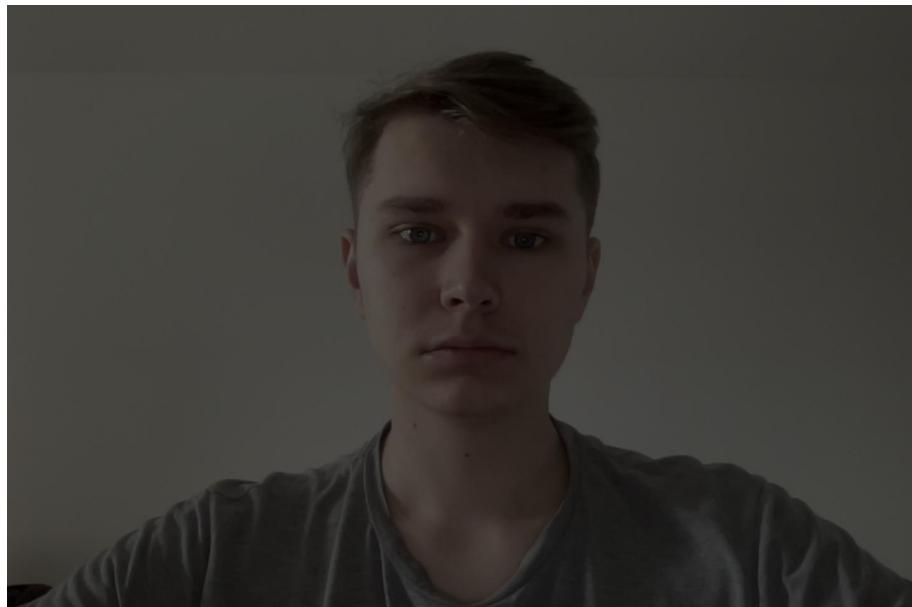


Рис. 2



Рис. 3



Рис. 4

Template matching

Template matching — это метод обработки цифровых изображений для поиска небольших частей изображения, которые соответствуют изображению-шаблону. В библиотеке OpenCV для Python представлена функция *matchTemplate*, которая сопоставляет изображение с шаблоном. Помимо шаблона и изображения в данную функцию передается один из методов, на основе которого происходит сравнение. Результаты работы детектора представлены на Рис. 6 - 29, Рис. 31 – 54.

Шаблон 1 (Целое лицо)

Первый шаблон представлен на Рис. 5:

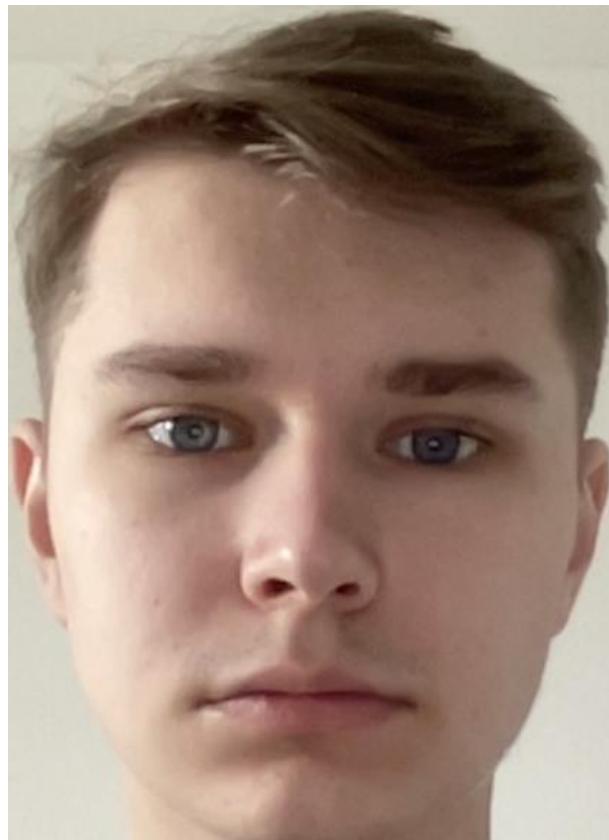


Рис. 5

Достаточное освещение

cv.TM_CCOEFF



Рис. 6

cv.TM_CCOEFF_NORMED

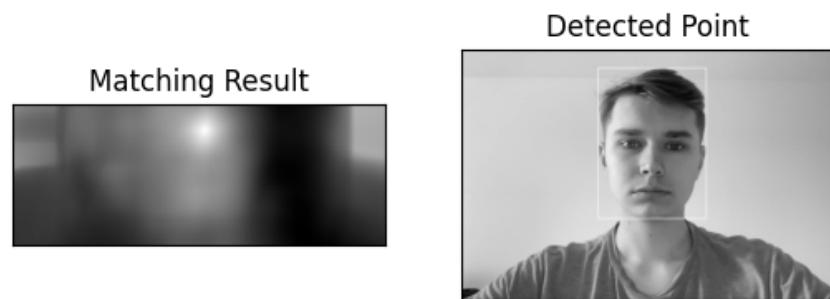


Рис. 7

`cv.TM_CCORR`

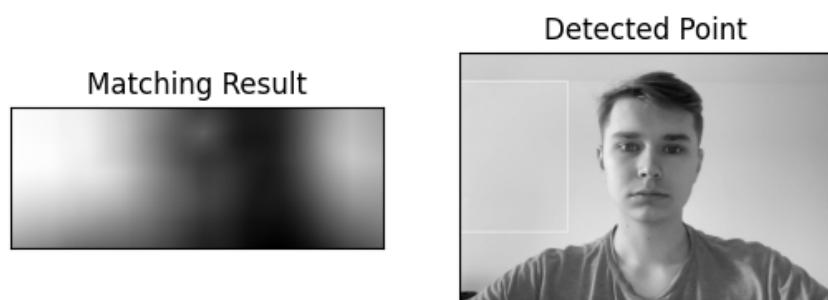


Рис. 8

`cv.TM_CCORR_NORMED`

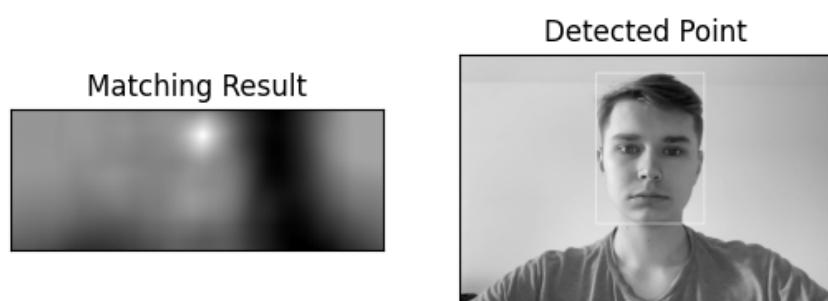


Рис. 9

`cv.TM_SQDIFF`

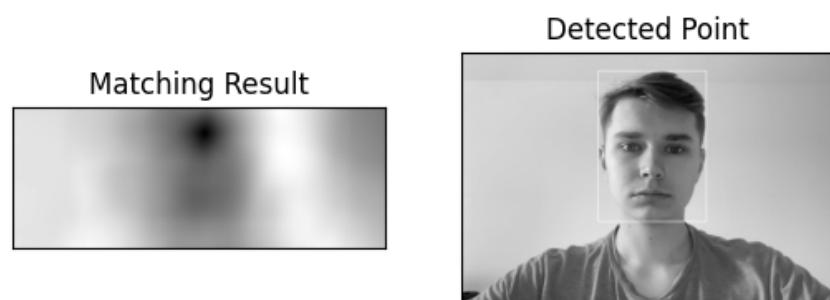


Рис. 10

`cv.TM_SQDIFF_NORMED`

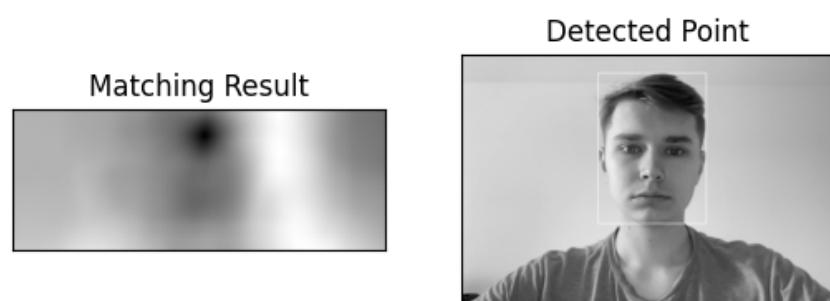


Рис. 11

Низкое освещение

cv.TM_CCOEFF



Рис. 12

cv.TM_CCOEFF_NORMED

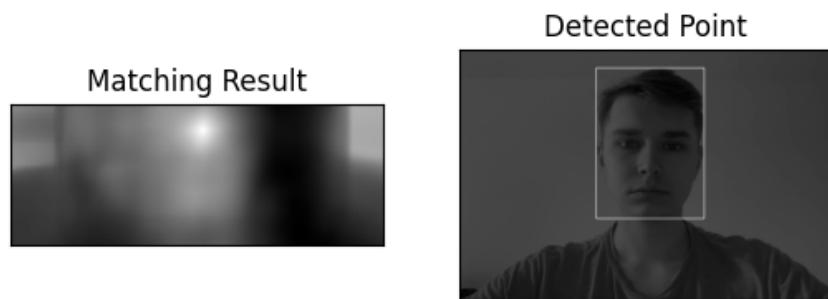


Рис. 13

`cv.TM_CCORR`

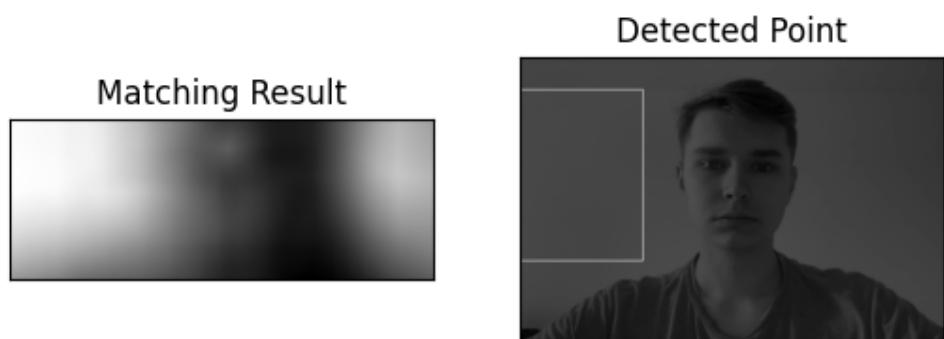


Рис. 14

`cv.TM_CCORR_NORMED`

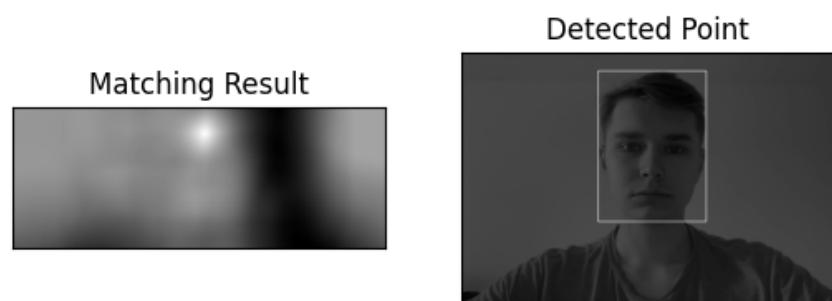


Рис. 15

`cv.TM_SQDIFF`

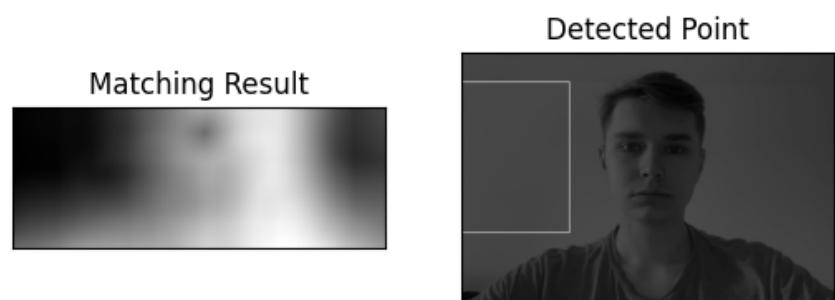


Рис. 16

`cv.TM_SQDIFF_NORMED`



Рис. 17

Деидентифицированное изображение

cv.TM_CCOEFF

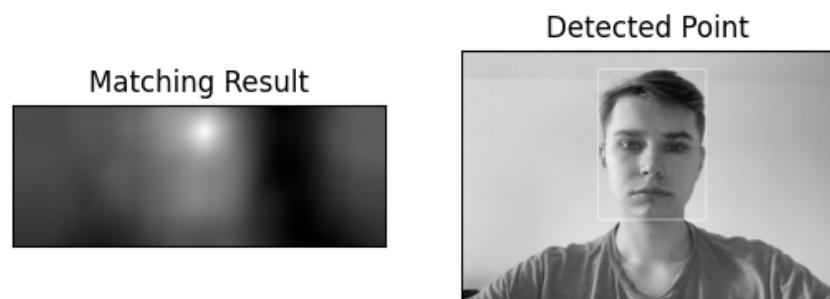


Рис. 18

cv.TM_CCOEFF_NORMED

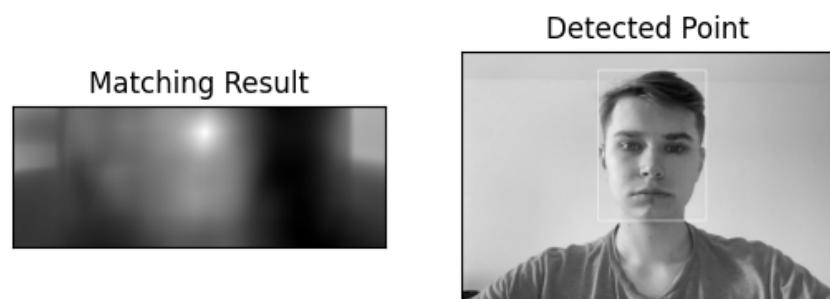


Рис. 19

cv.TM_CCORR

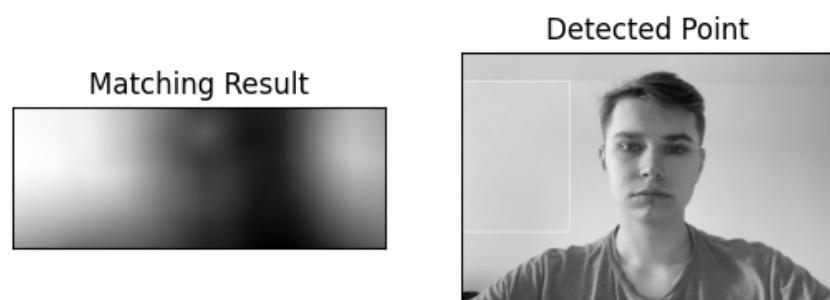


Рис. 20

cv.TM_CCORR_NORMED

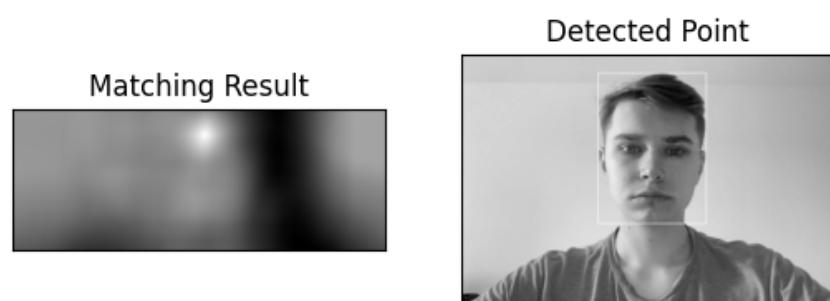


Рис. 21

`cv.TM_SQDIFF`

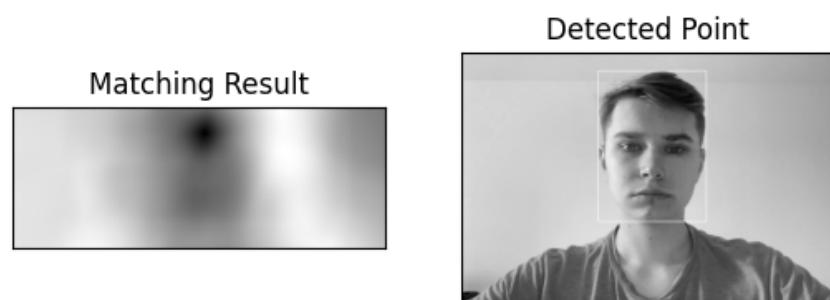


Рис. 22

`cv.TM_SQDIFF_NORMED`

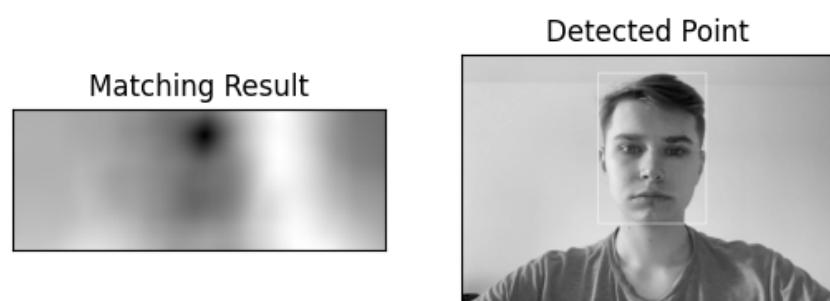


Рис. 23

Лицо, скрытое маской

cv.TM_CCOEFF

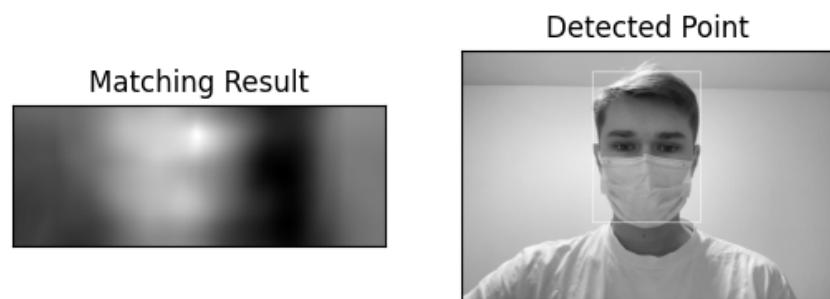


Рис. 24

cv.TM_CCOEFF_NORMED

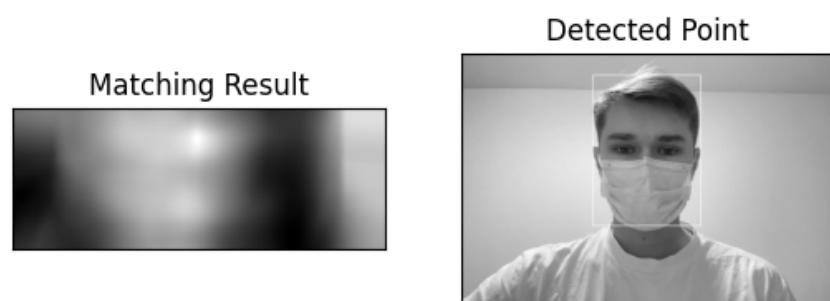


Рис. 25

`cv.TM_CCORR`

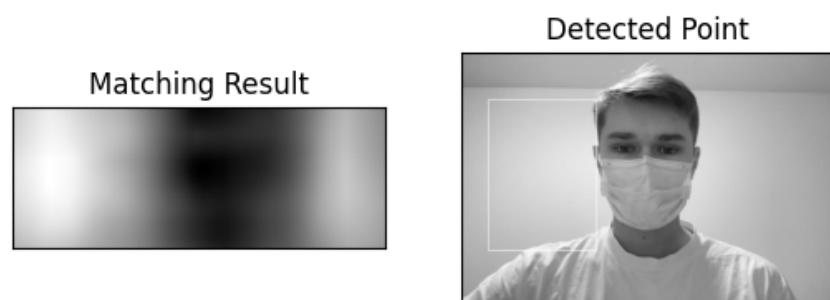


Рис. 26

`cv.TM_CCORR_NORMED`

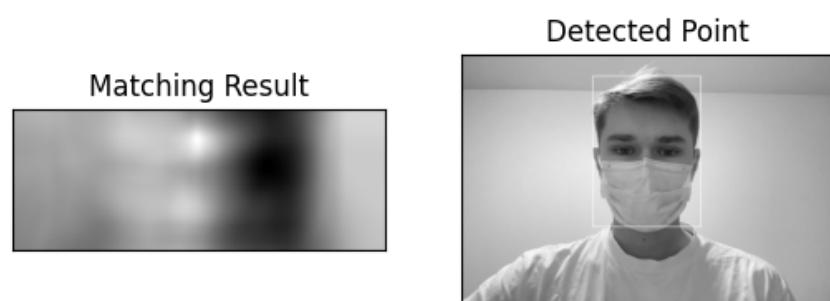


Рис. 27

`cv.TM_SQDIFF`

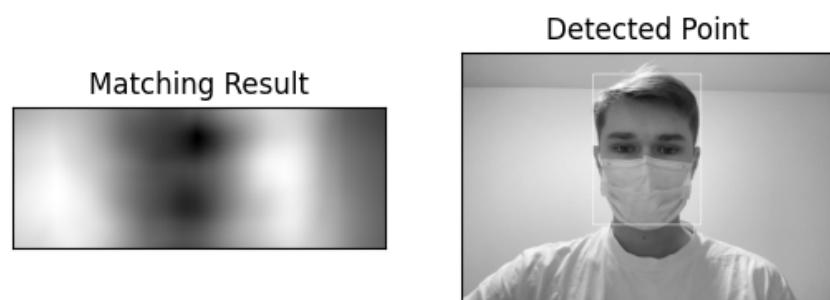


Рис. 28

`cv.TM_SQDIFF_NORMED`

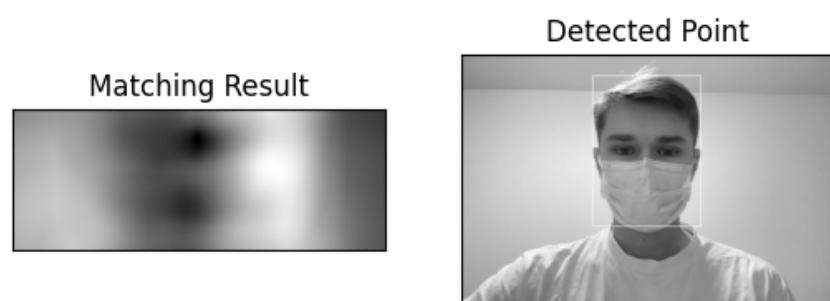


Рис. 29

Выводы

- **Достаточное освещение.** При достаточном освещении все методы, за исключением TM_CORR, достаточно точно определяют лицо
- **Низкое освещение.** При низком освещении все методы, кроме TM_CCOEFF, TM_CCOEFF_NORMED, TM_CCORR_NORMED, не могут идентифицировать лицо
- **Деидентификация.** При распознавании лица, деидентифицированного при помощи программы fawkes, все методы, кроме TM_CCORR точно распознают изображение
- **Лицо, скрытое маской.** При закрытии части лица маской все методы, за исключением TM_CCORR, точно определяют лицо

Шаблон 2 (Глаза)

Шаблон 2 представлен на Рис. 30:

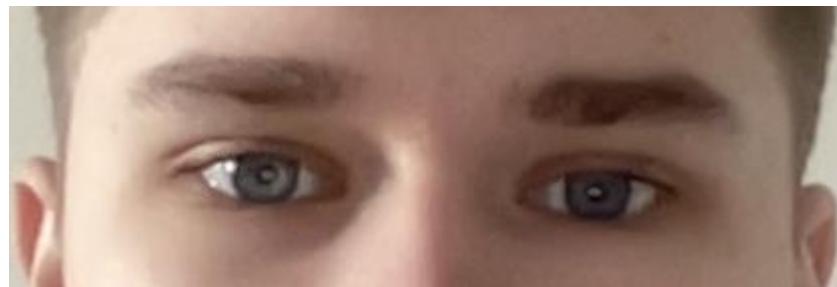


Рис. 30

Достаточное освещение

cv.TM_CCOEFF



Рис. 31

`cv.TM_CCOEFF_NORMED`



Рис. 32

`cv.TM_CCORR`



Рис. 33

`cv.TM_CCORR_NORMED`



Рис. 34

`cv.TM_SQDIFF`

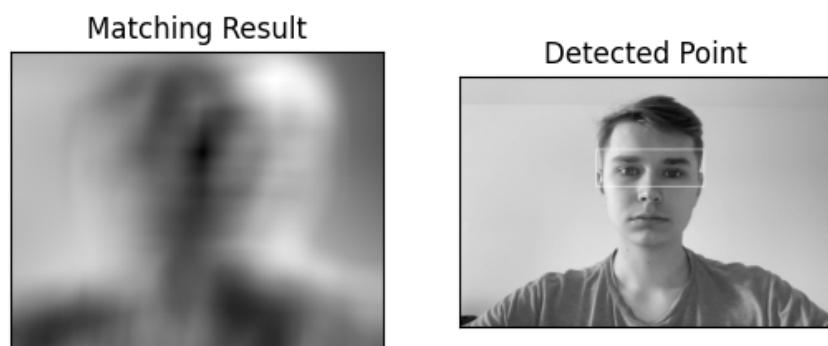


Рис. 35

`cv.TM_SQDIFF_NORMED`

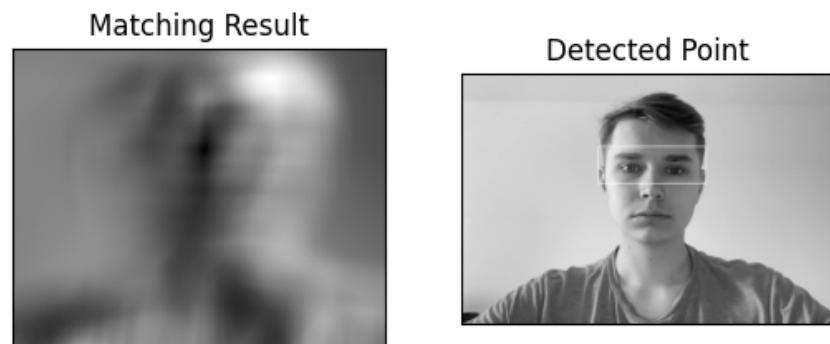


Рис. 36

Низкое освещение

`cv.TM_CCOEFF`



Рис. 37

`cv.TM_CCORR_NORMED`

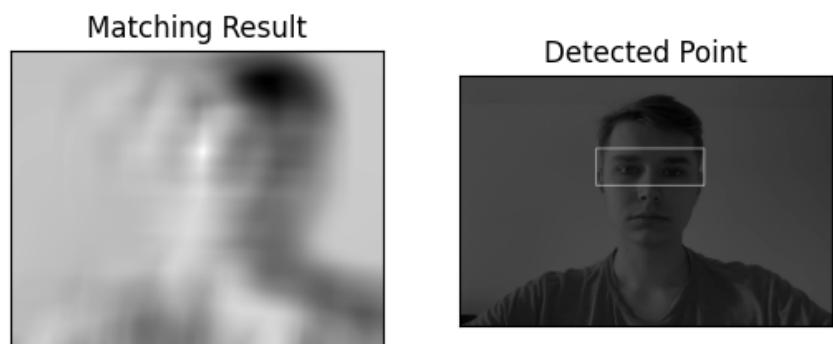


Рис. 38

`cv.TM_CCORR`



Рис. 39

`cv.TM_CCORR_NORMED`



Рис. 40

`cv.TM_SQDIFF`



Рис. 41

`cv.TM_SQDIFF_NORMED`

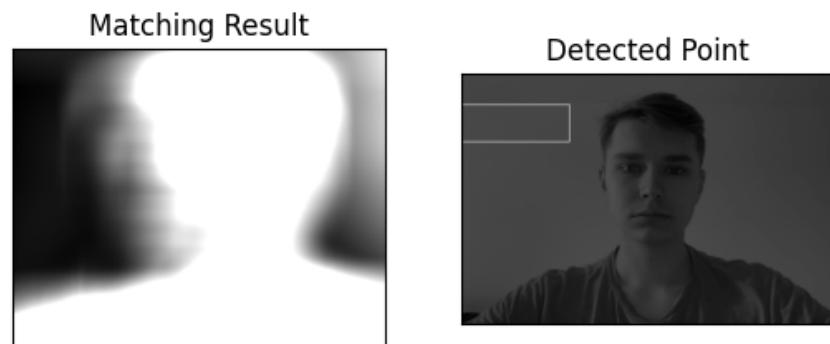


Рис. 42

Деидентификация

`cv.TM_CCOEFF`



Рис. 43

`cv.TM_CCOEFF_NORMED`



Рис. 44

`cv.TM_CCORR`



Рис. 45

`cv.TM_CCORR_NORMED`



Рис. 46

`cv.TM_SQDIFF`



Рис. 47

`cv.TM_SQDIFF_NORMED`



Рис. 48

Лицо, скрытое маской

`cv.TM_CCOEFF`

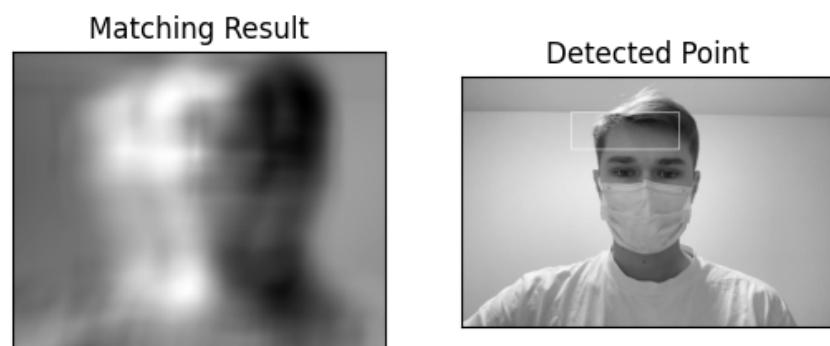


Рис. 49

`cv.TM_CCOEFF_NORMED`

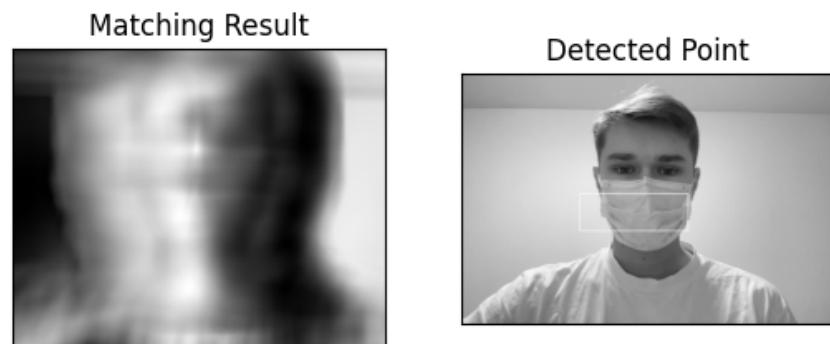


Рис. 50

`cv.TM_CCORR`

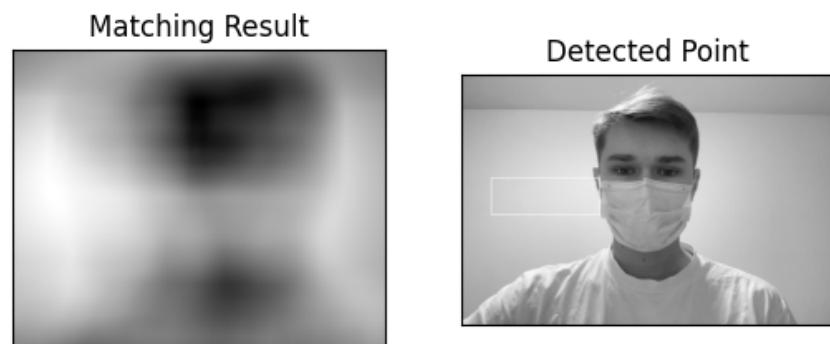


Рис. 51

`cv.TM_CCORR_NORMED`



Рис. 52

`cv.TM_SQDIFF`

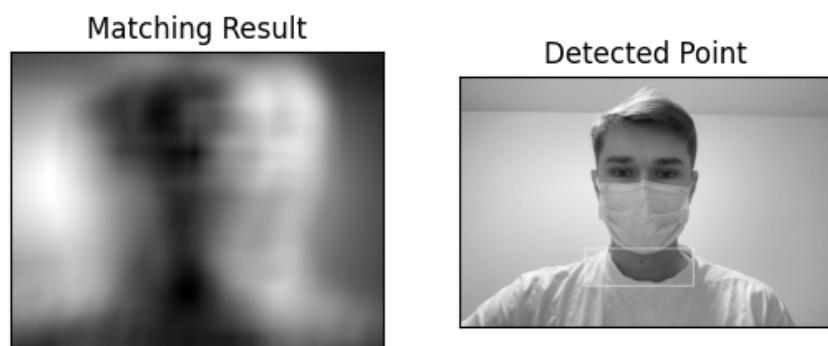


Рис. 53

cv.TM_SQDIFF_NORMED

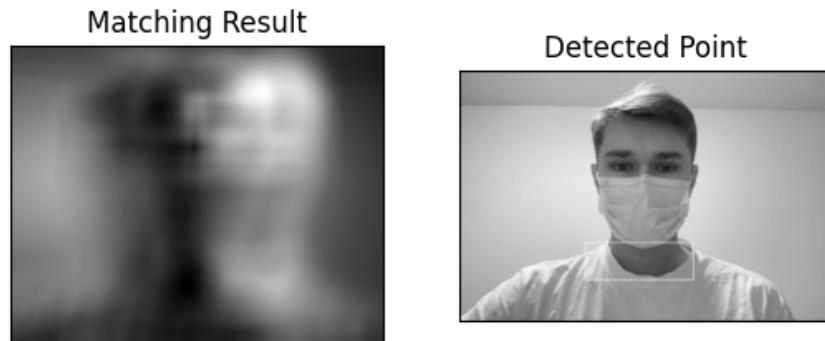


Рис. 54

Выводы

- **Достаточное освещение.** Все методы, кроме TM_CCORR, точно определили глаза
- **Плохое освещение.** Все методы, за исключением TM_CCORR, TM_SQDIFF, TM_SQDIFF_NORMED, точно определили глаза
- **Деидентификация.** Все методы, кроме TM_CCORR, точно определили глаза
- **Лицо, скрытое маской.** Ни один метод не смог определить глаза на фото

Эксперименты с другими лицами

Для экспериментов с другими лицами метода Template Matching были отобраны фотографии главы компании AMD Лизы Су (Рис. 55), актера Райана Гослинга (Рис. 56) и бывшего главы Louis Vuitton Вирджила Абло (Рис. 57). Фотографии были взяты из открытых источников. Результаты работы детектора представлены на Рис. 59 – 76 (Лиза Су), Рис. 78 – 94 (Райан Гослинг), Рис. 96 – 113 (Вирджил Абло).



Рис. 55



Рис. 56



Рис. 57

Лиза Су

В качестве шаблона для поиска лица Лизы Су был взят следующий фрагмент (Рис. 58) с Рис. 55:



Рис. 58

Достаточное освещение

`cv.TM_CCOEFF`

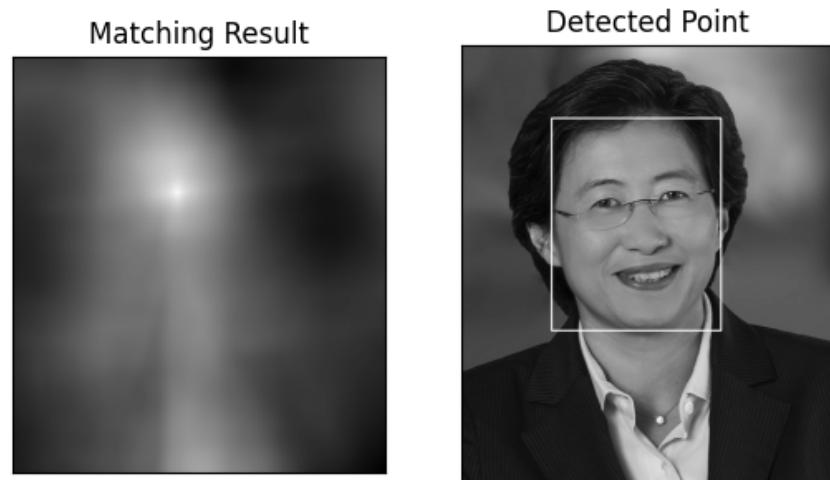


Рис. 59

`cv.TM_CCOEFF_NORMED`

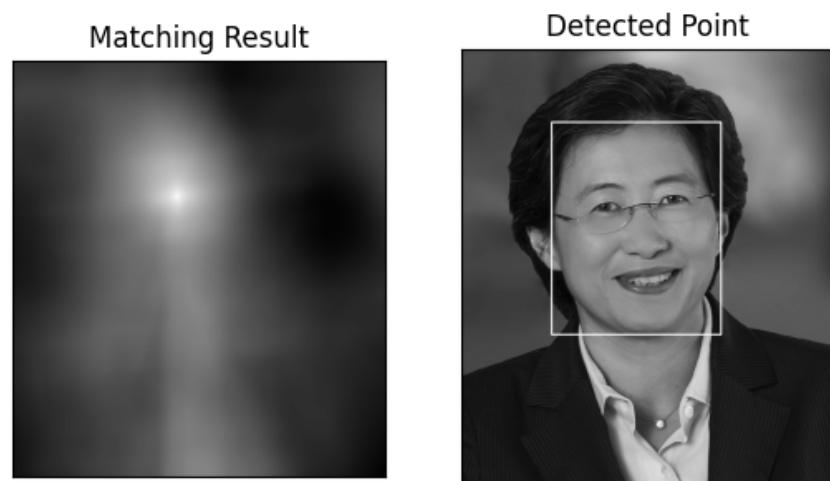


Рис. 60

`cv.TM_CCORR`

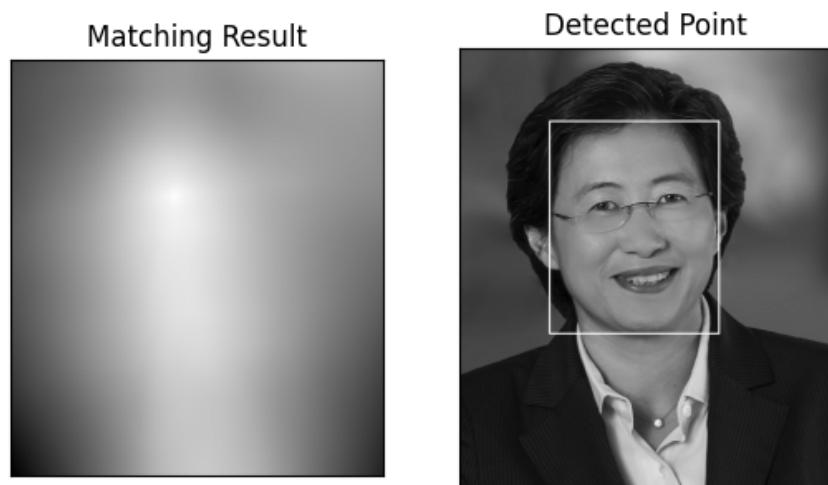


Рис. 61

`cv.TM_CCORR_NORMED`

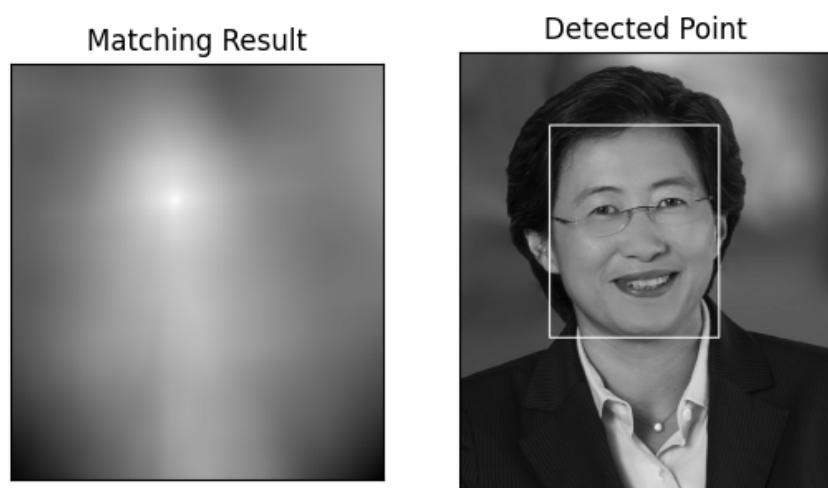


Рис. 62

`cv.TM_SQDIFF`

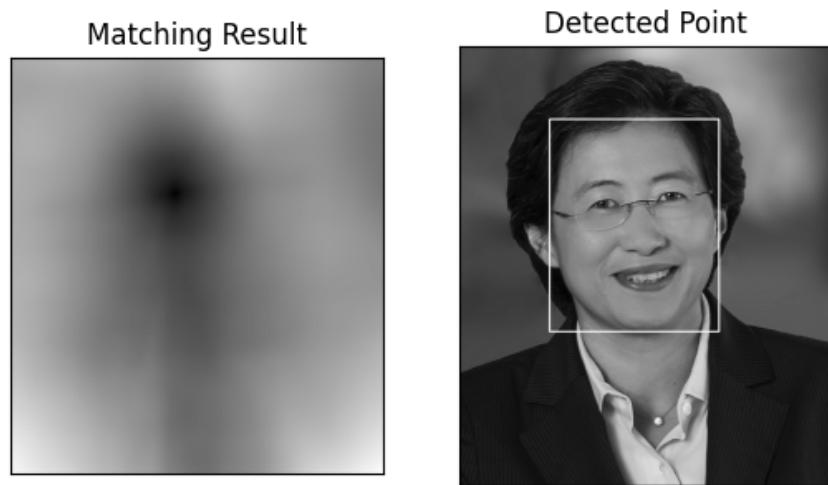


Рис. 63

`cv.TM_SQDIFF_NORMED`

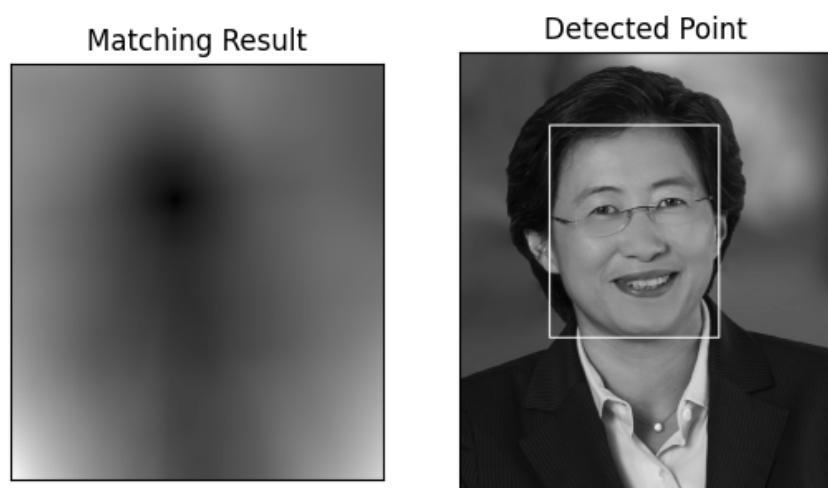


Рис. 64

Вдали от камеры

`cv.TM_CCOEFF`

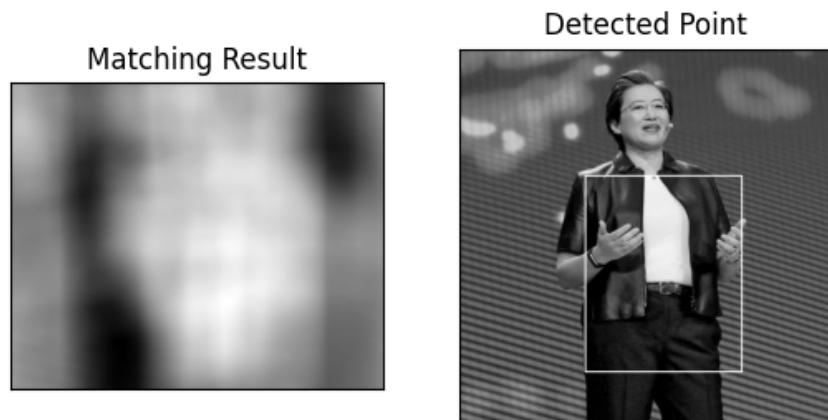


Рис. 65

`cv.TM_CCOEFF_NORMED`

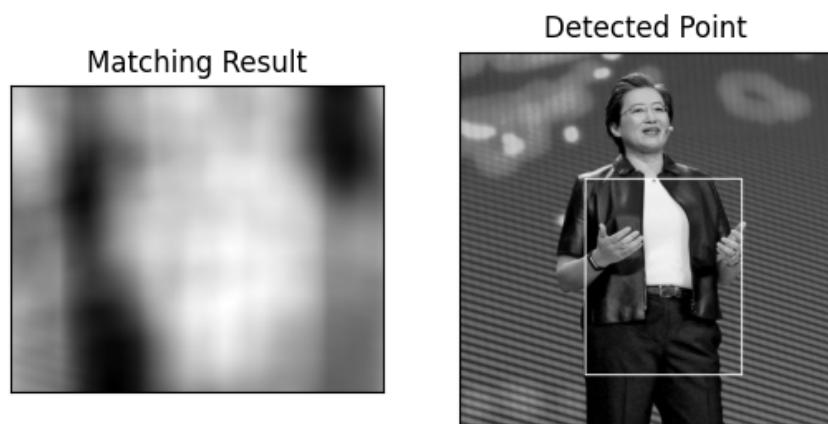


Рис. 66

`cv.TM_CCORR`

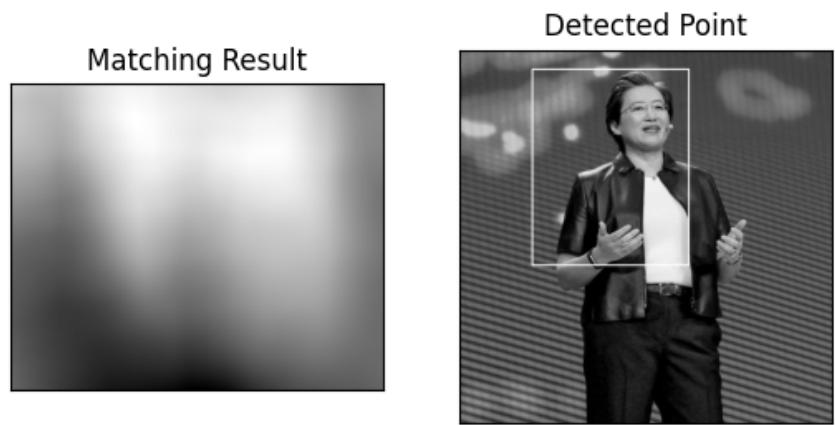


Рис. 67

`cv.TM_CCORR_NORMED`

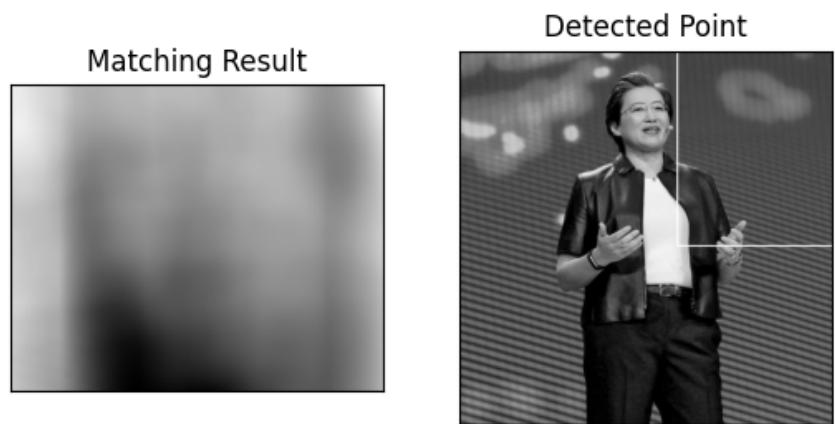


Рис. 68

`cv.TM_SQDIFF`

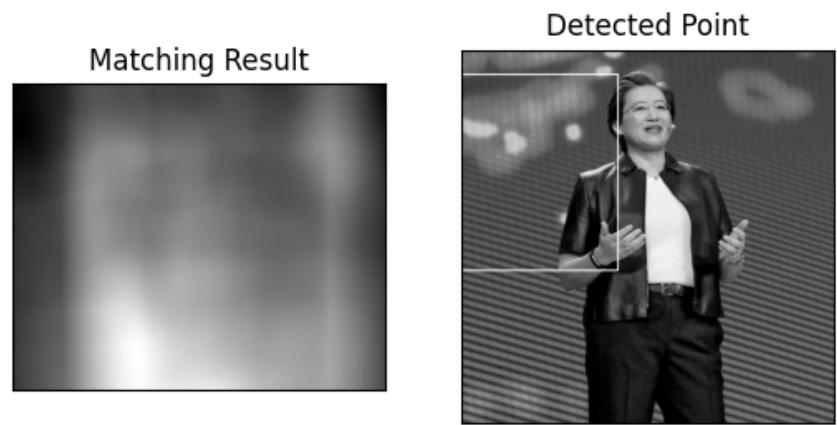


Рис. 69

`cv.TM_SQDIFF_NORMED`

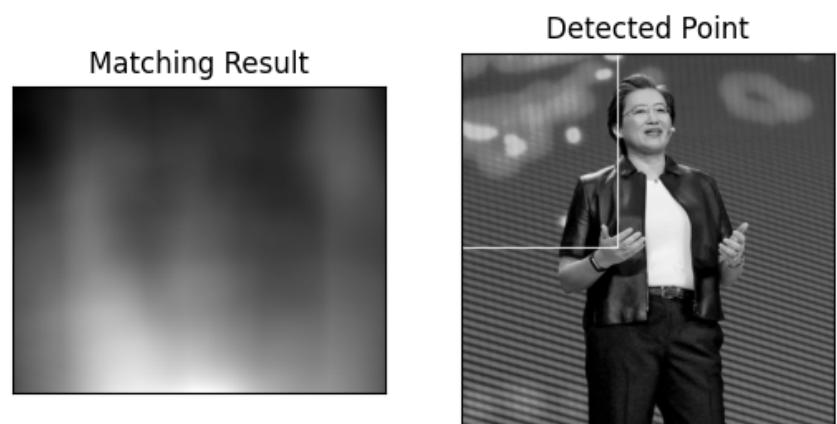


Рис. 70

Повернутая голова

`cv.TM_CCOEFF`



Рис. 71

`cv.TM_CCOEFF_NORMED`



Рис. 72

`cv.TM_CCORR`

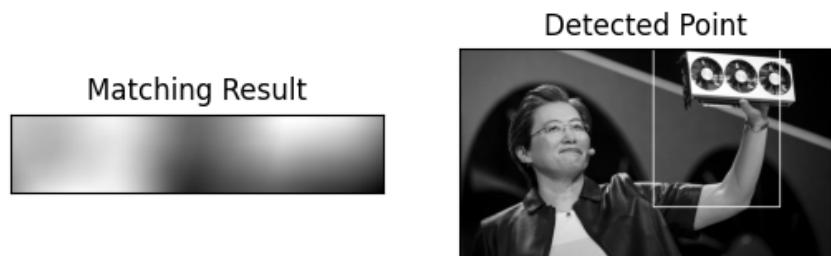


Рис. 73

`cv.TM_CCORR_NORMED`



Рис. 74

cv.TM_SQDIFF

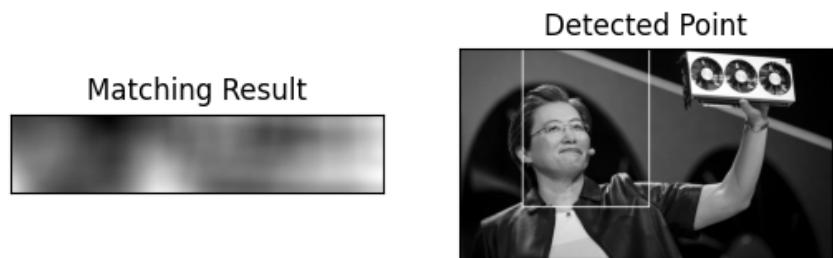


Рис. 75

cv.TM_SQDIFF_NORMED



Рис. 76

Райан Гослинг

В качестве шаблона для поиска лица Райана Гослинга был взят следующий фрагмент (Рис. 77) с Рис. 56:



Рис. 77

Достаточное освещение

cv.TM_CCOEFF

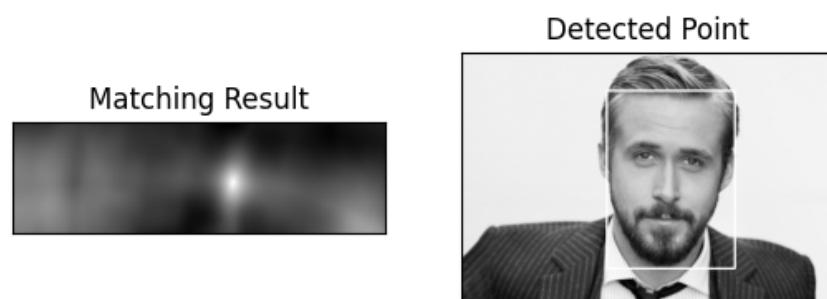


Рис. 78

cv.TM_CCOEFF_NORMED

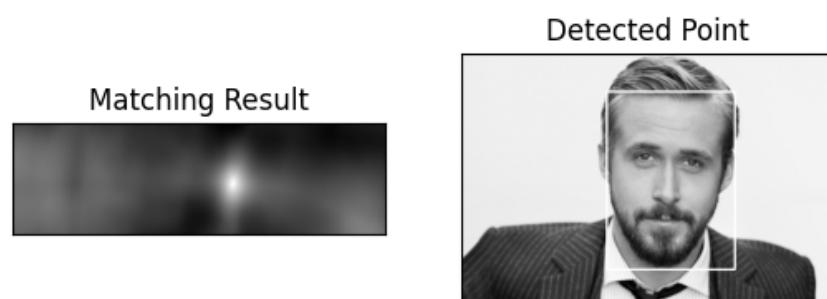


Рис. 79

`cv.TM_CCORR`

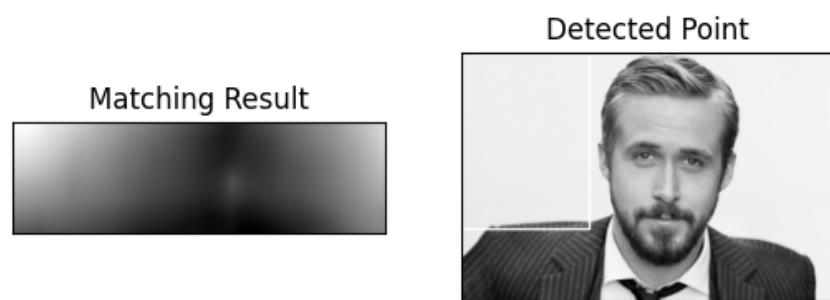


Рис. 80

`cv.TM_CCORR_NORMED`

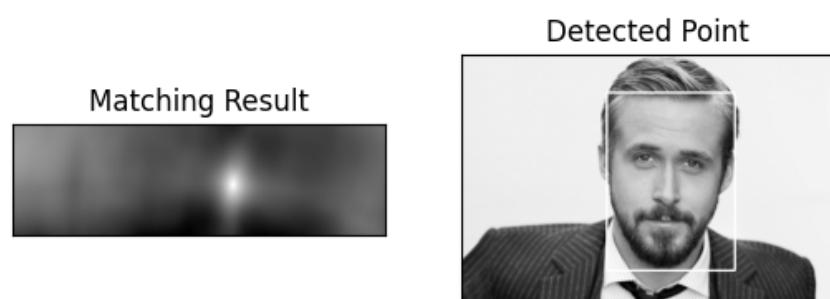


Рис. 81

`cv.TM_SQDIFF`

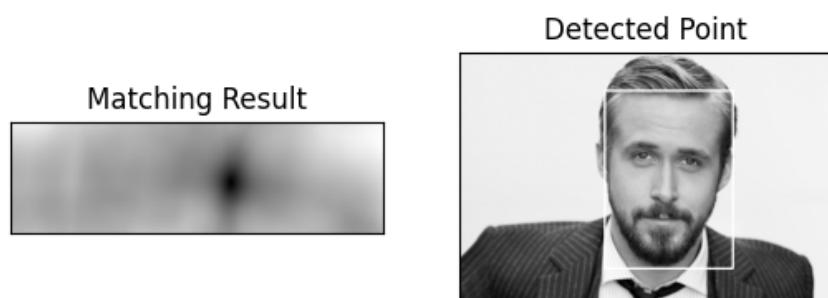


Рис. 82

`cv.TM_SQDIFF_NORMED`

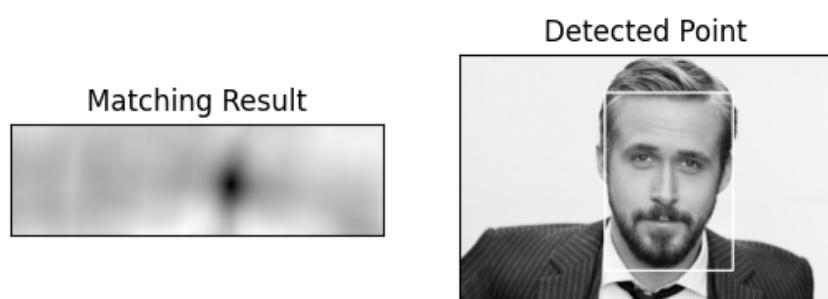


Рис. 83

Фрагменты лица закрыты

cv.TM_CCOEFF

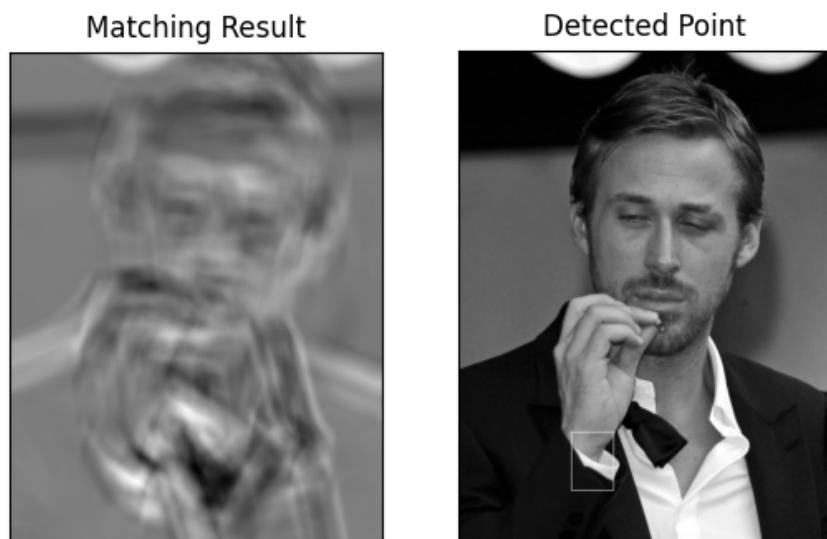


Рис. 84

cv.TM_CCOEFF_NORMED

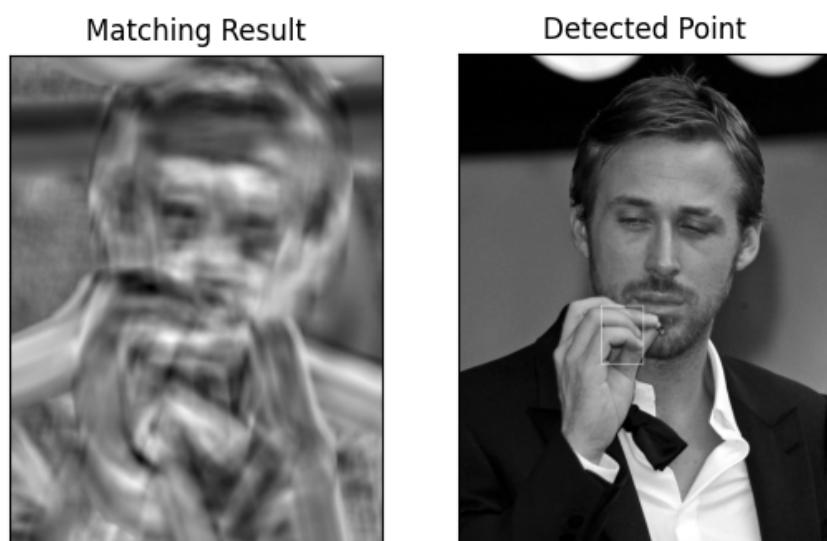


Рис. 85

`cv.TM_CCORR`



Рис. 86

`cv.TM_CCORR_NORMED`



Рис 87

`cv.TM_SQDIFF`



Рис. 88

`cv.TM_SQDIFF_NORMED`



Рис. 89

Низкое освещение

`cv.TM_CCOEFF`

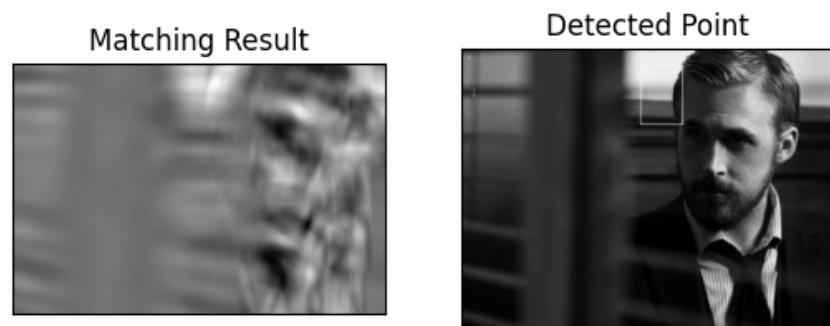


Рис. 90

`cv.TM_CCOEFF_NORMED`

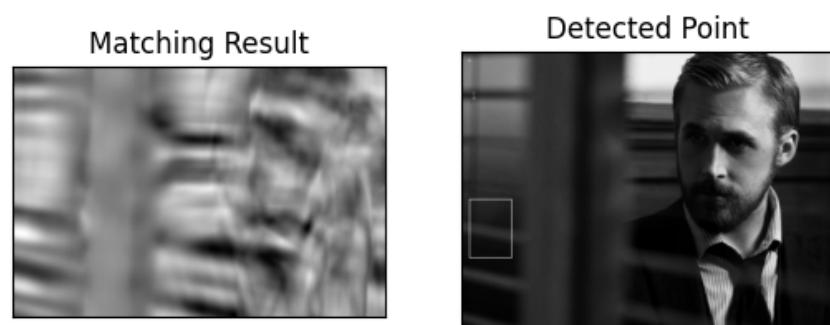


Рис. 91

`cv.TM_CCORR`

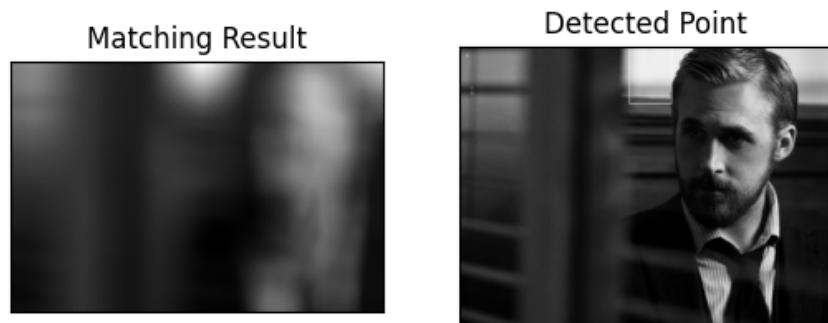


Рис. 92

`cv.TM_CCORR_NORMED`

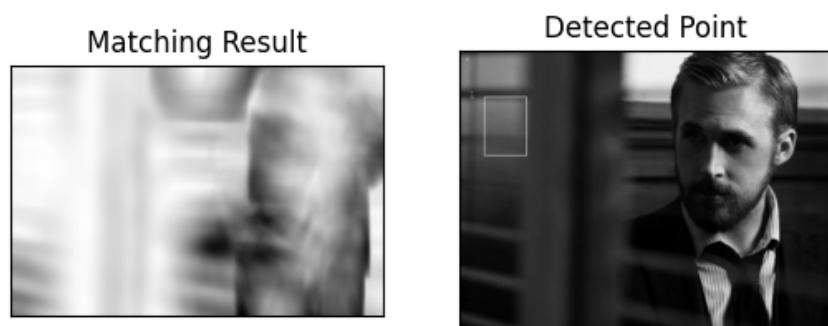


Рис. 92

cv.TM_SQDIFF

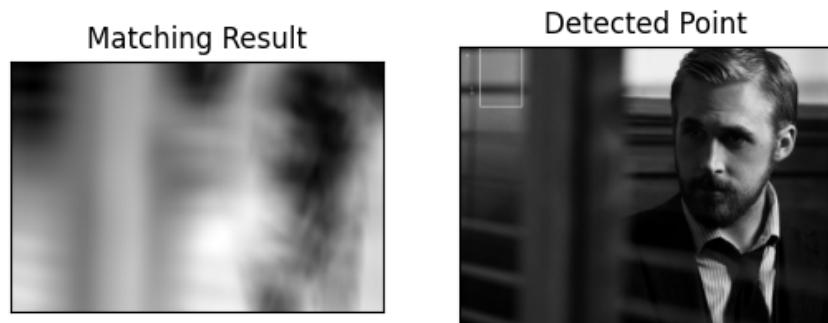


Рис. 93

cv.TM_SQDIFF_NORMED

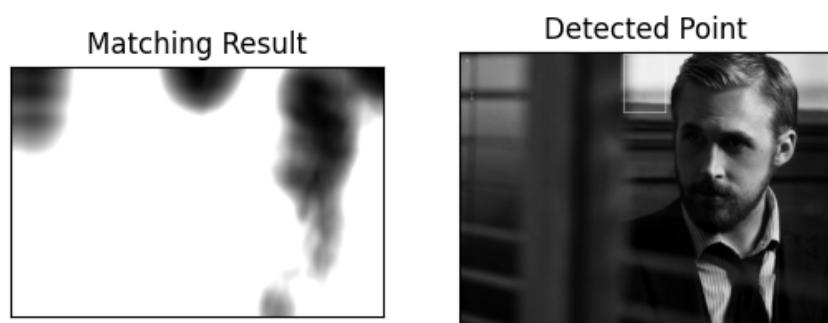


Рис. 94

Вирджил Абло

В качестве шаблона для поиска лица Райана Гослинга был взят следующий фрагмент (Рис. 95) с Рис. 57:



Рис. 95

Достаточное освещение

cv.TM_CCOEFF

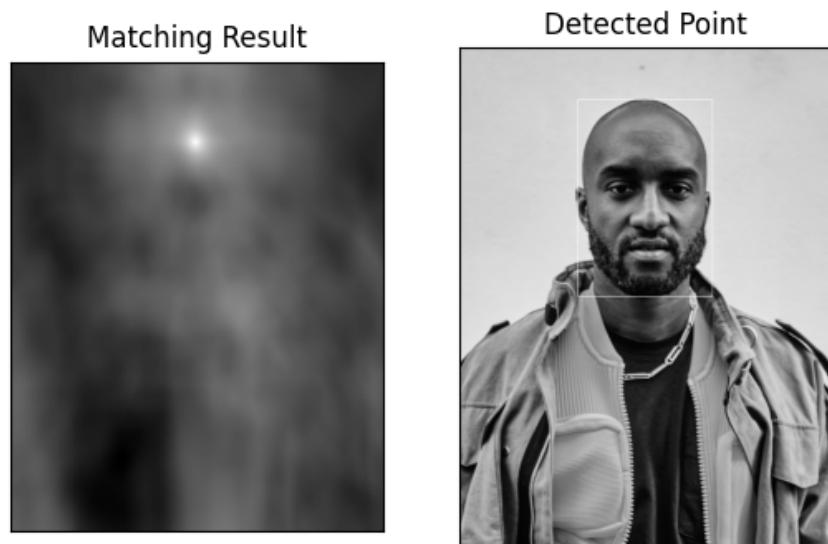


Рис. 96

cv.TM_CCOEFF_NORMED

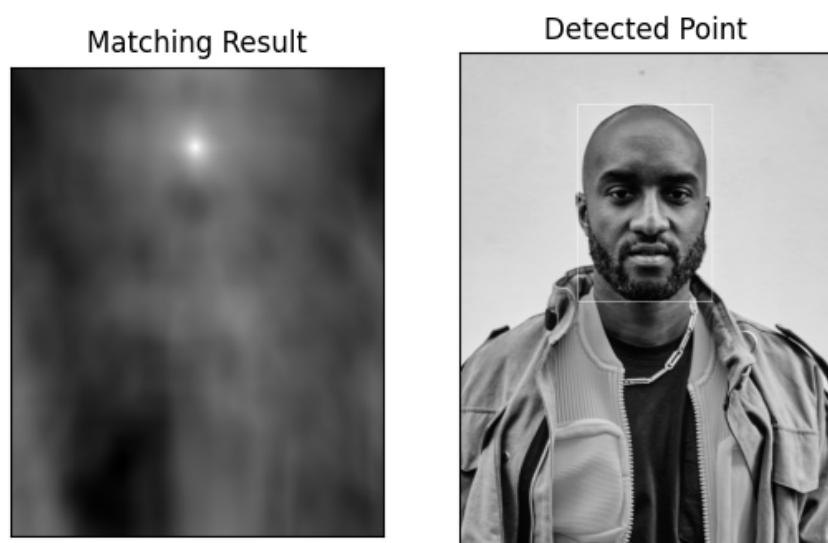


Рис. 97

`cv.TM_CCORR`

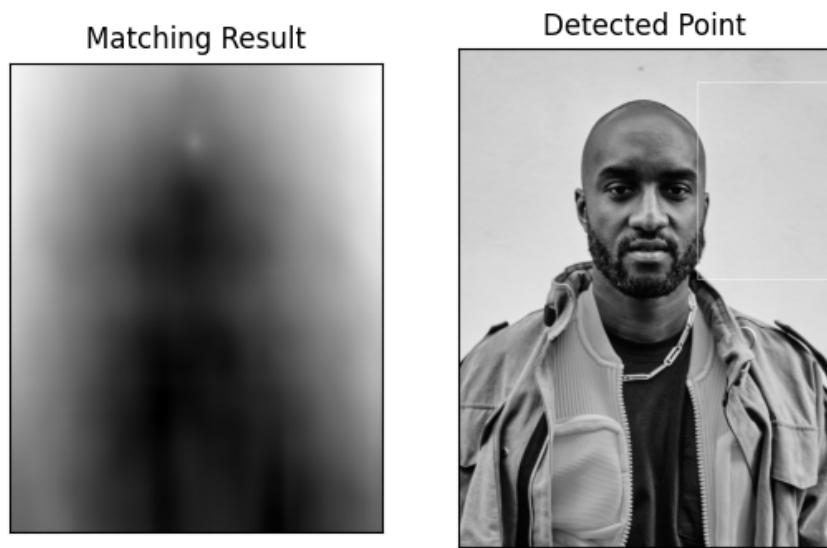


Рис. 98

`cv.TM_CCORR_NORMED`

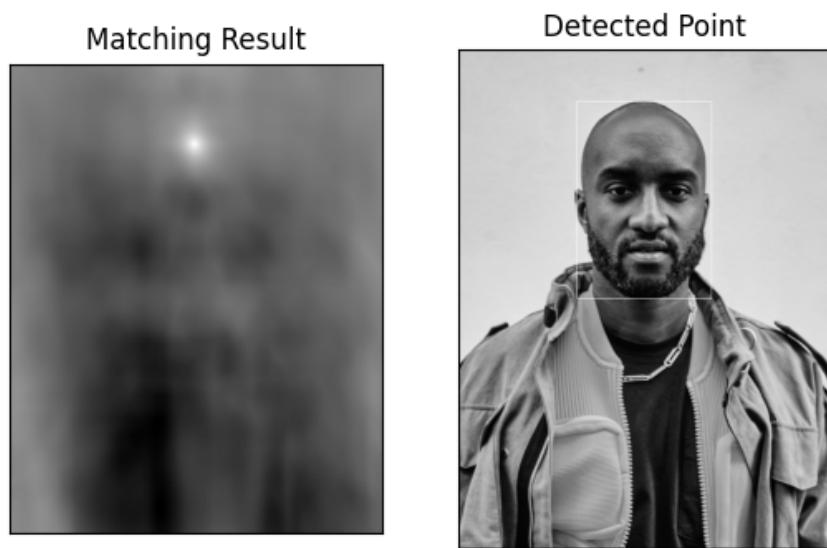


Рис. 99

`cv.TM_SQDIFF`

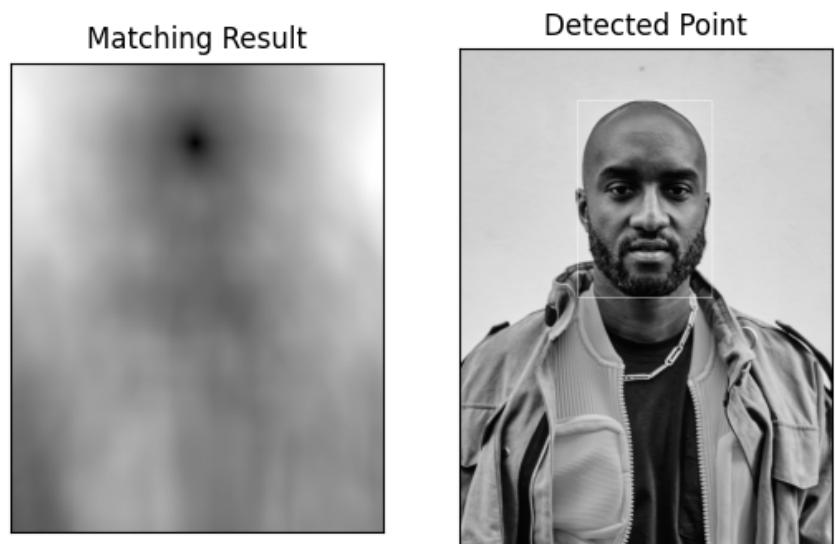


Рис. 100

`cv.TM_SQDIFF_NORMED`

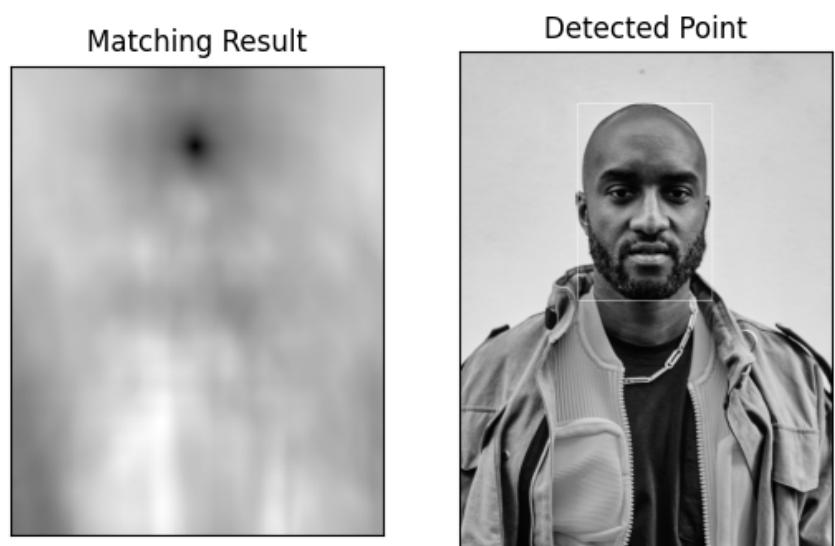


Рис. 101

Повернутая голова

`cv.TM_CCOEFF`

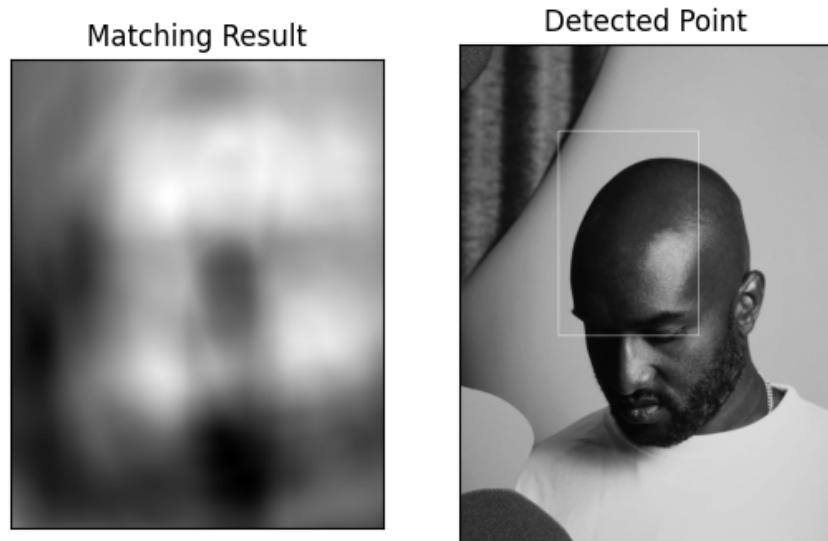


Рис. 102

`cv.TM_CCOEFF_NORMED`

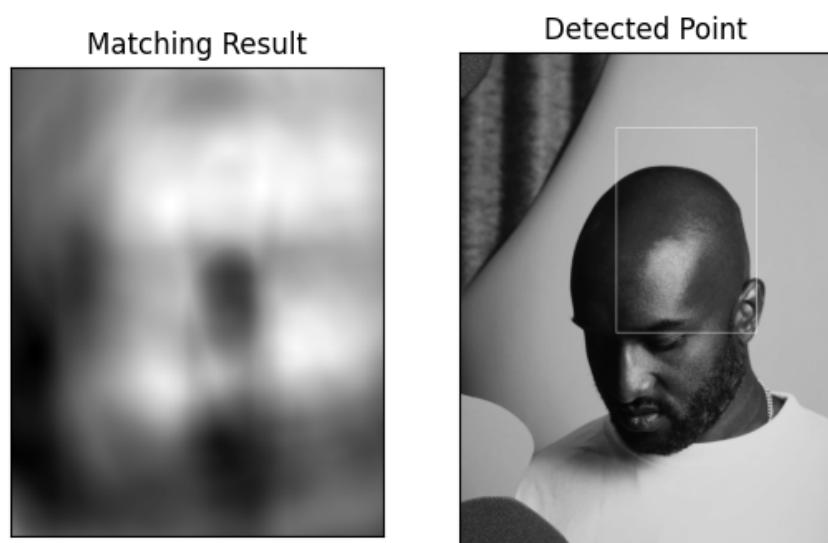


Рис. 103

`cv.TM_CCORR`

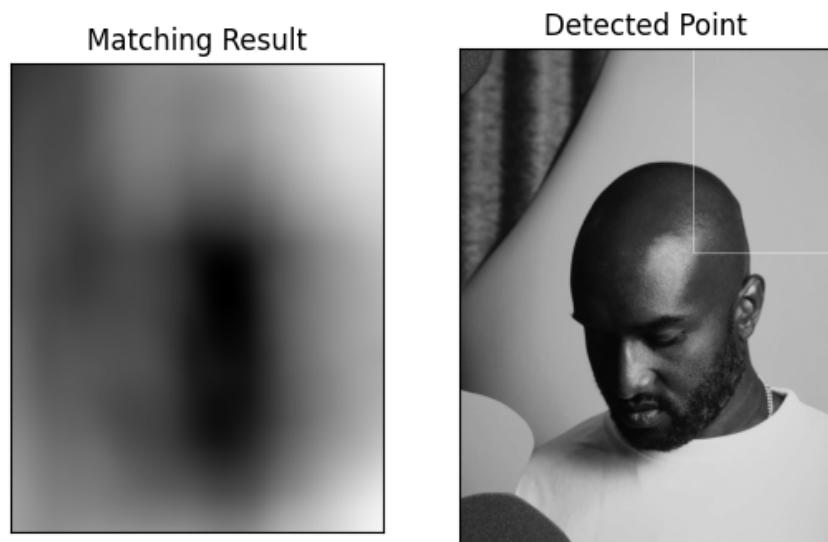


Рис. 104

`cv.TM_CCORR_NORMED`

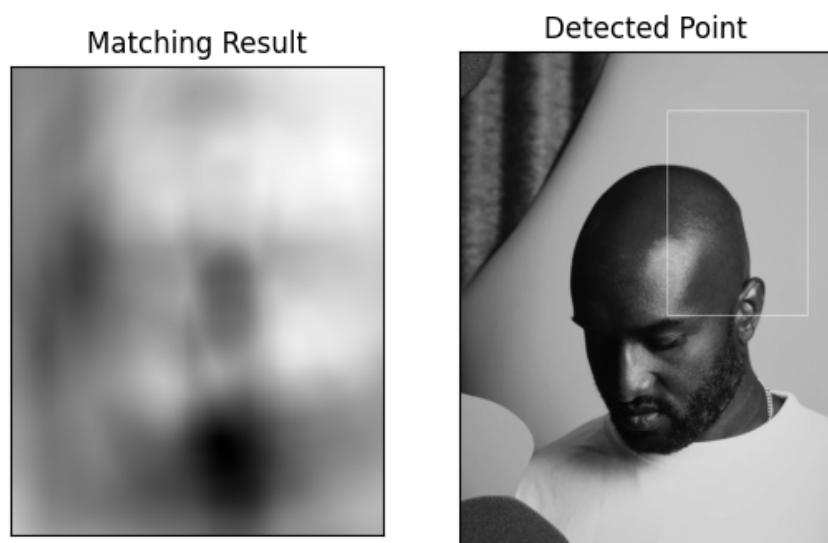


Рис. 105

`cv.TM_SQDIFF`

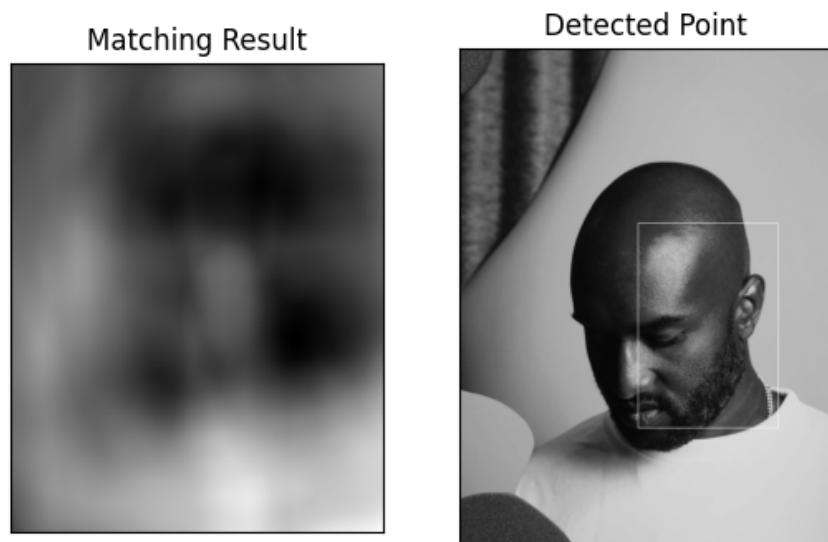


Рис. 106

`cv.TM_SQDIFF_NORMED`

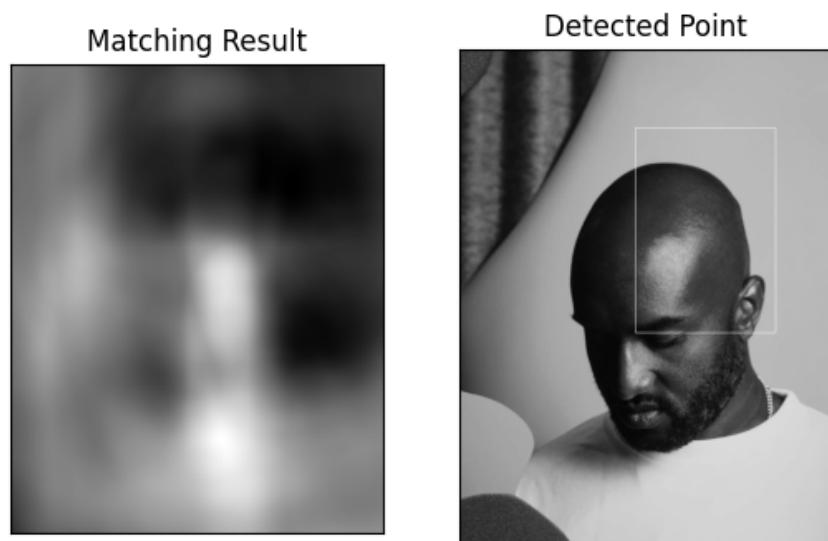


Рис. 107

Фрагменты лица скрыты

cv.TM_CCOEFF

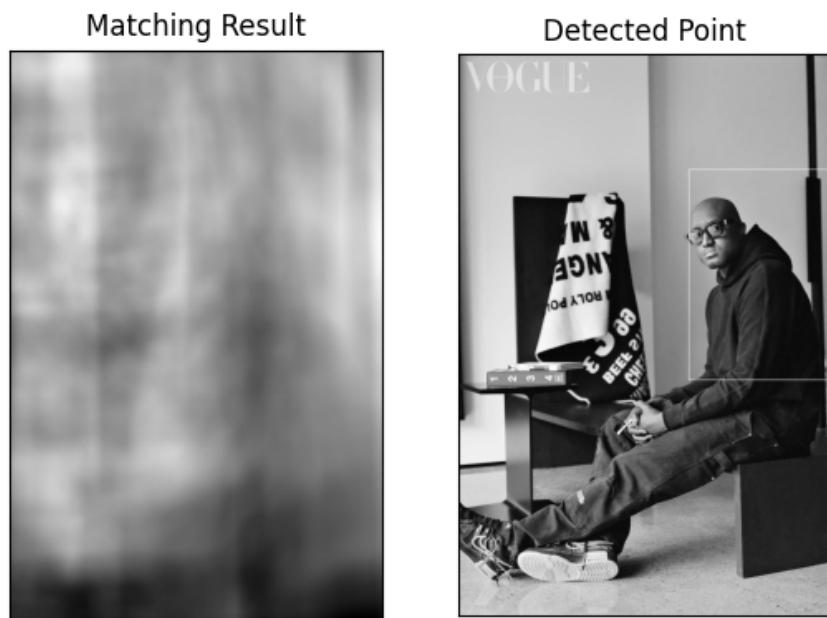


Рис. 108

cv.TM_CCOEFF_NORMED

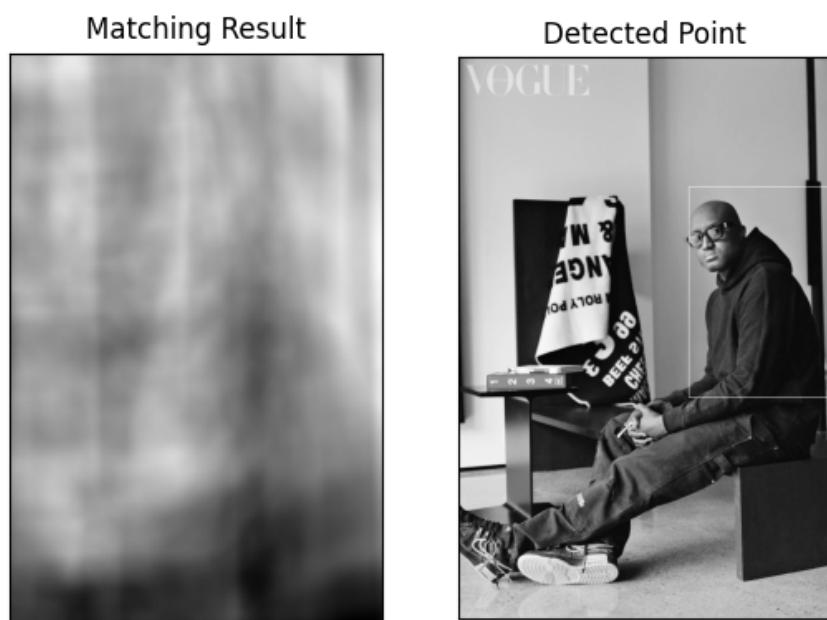


Рис. 109

cv.TM_CCORR

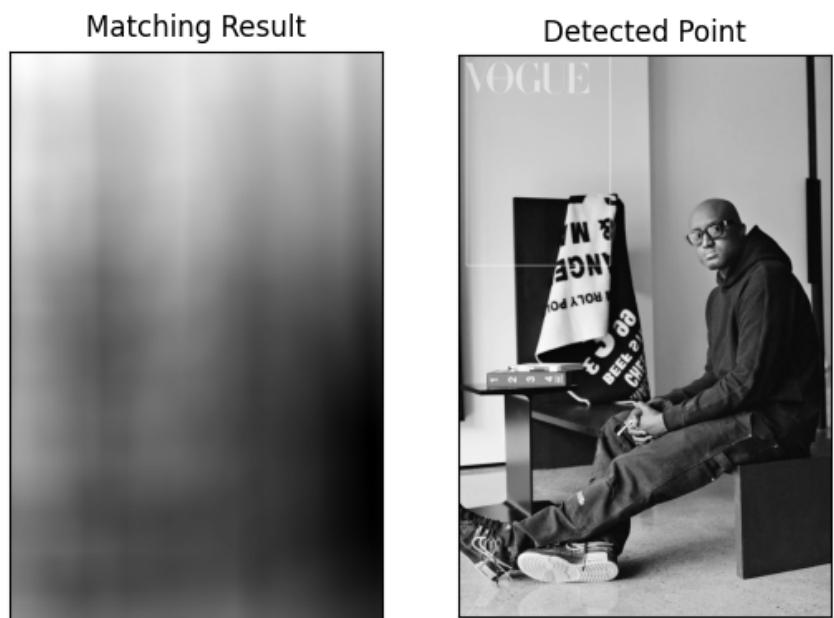


Рис. 110

cv.TM_CCORR_NORMED

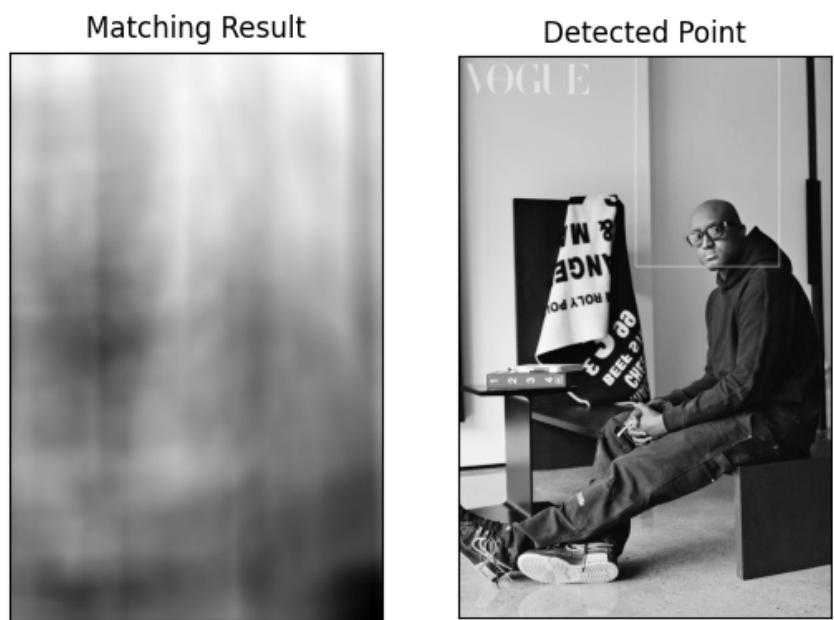


Рис. 111

`cv.TM_SQDIFF`

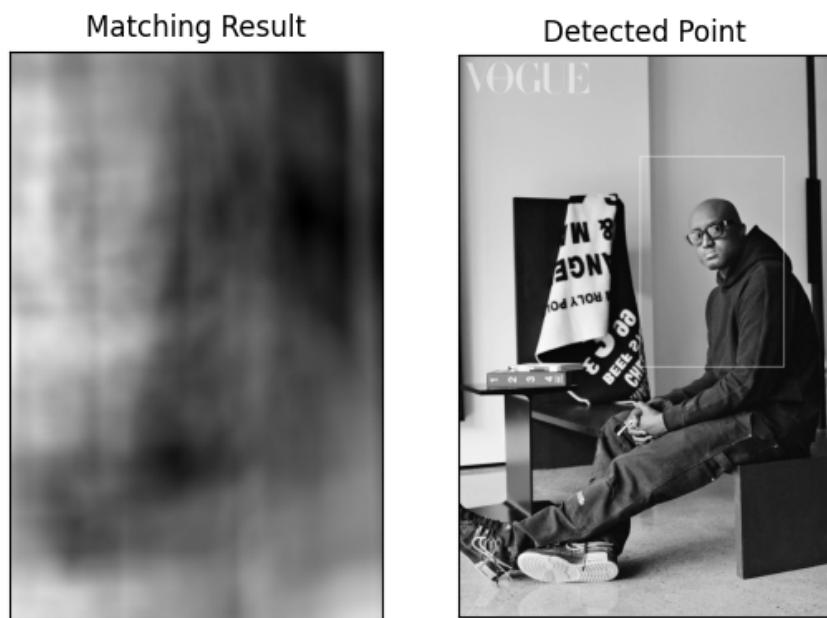


Рис. 112

`cv.TM_SQDIFF_NORMED`

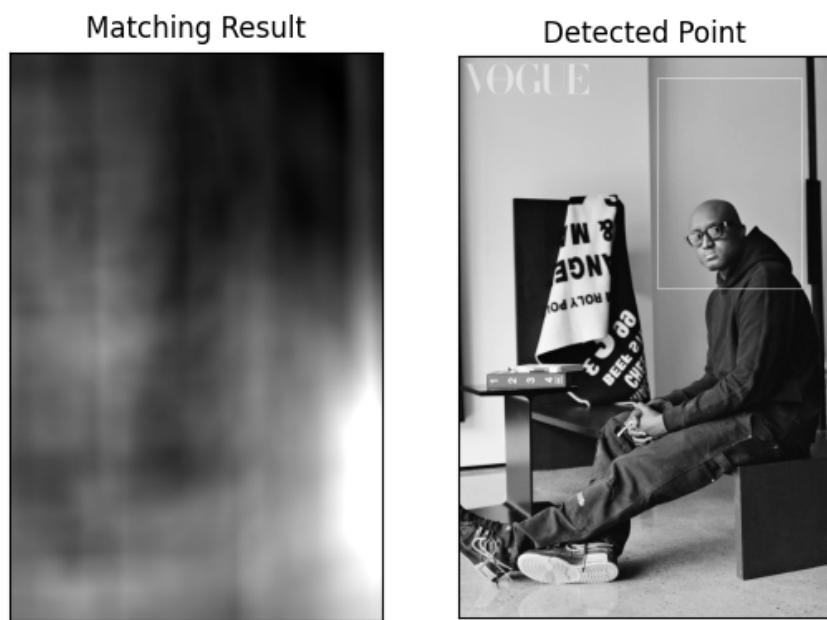


Рис. 113

Выводы

Во всех трех случаях метод Template matching точно определил лица лишь на фотографиях с полностью лицом, расположенным близко к камере, не скрытым какими-либо предметами. Такой результат трудно назвать удовлетворительным.

Fraunhofer

Данный программный продукт позволяет определить лицо на фотографии или в режиме реального времени с помощью камеры. Программа также позволяет определять различные части тела, такие как глаза, нос, губы. Результаты работы программы с заданными изображениями представлена на Рис. 55 - Рис. 58.

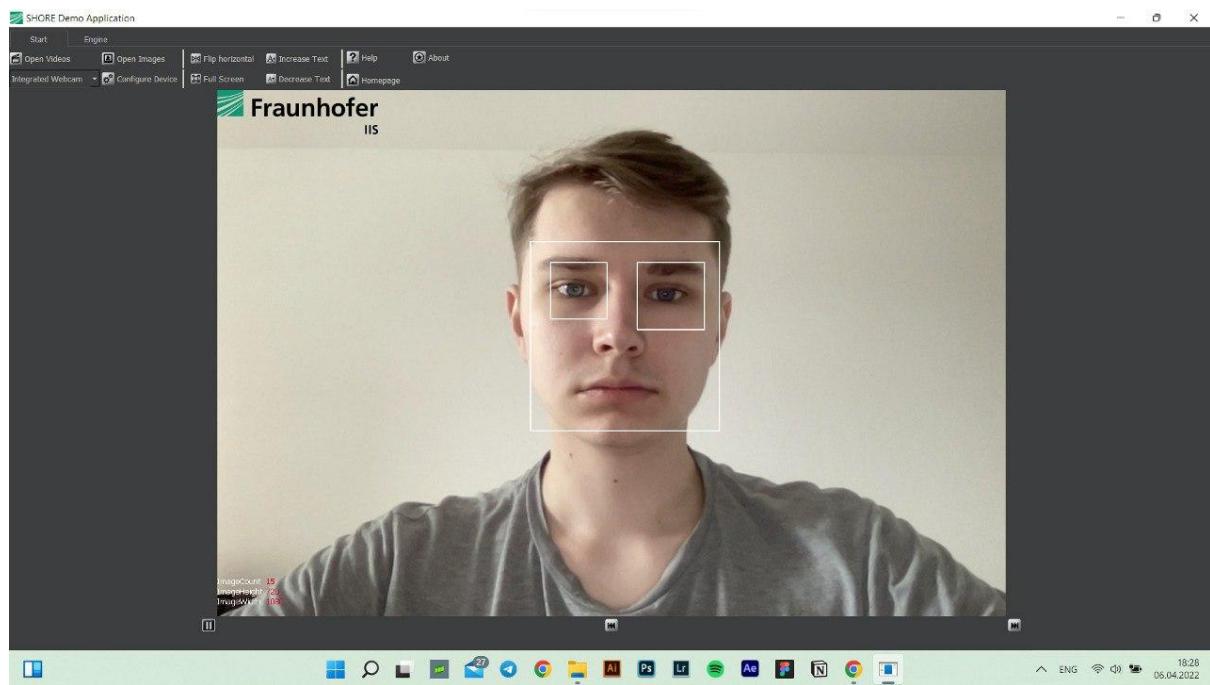


Рис. 55

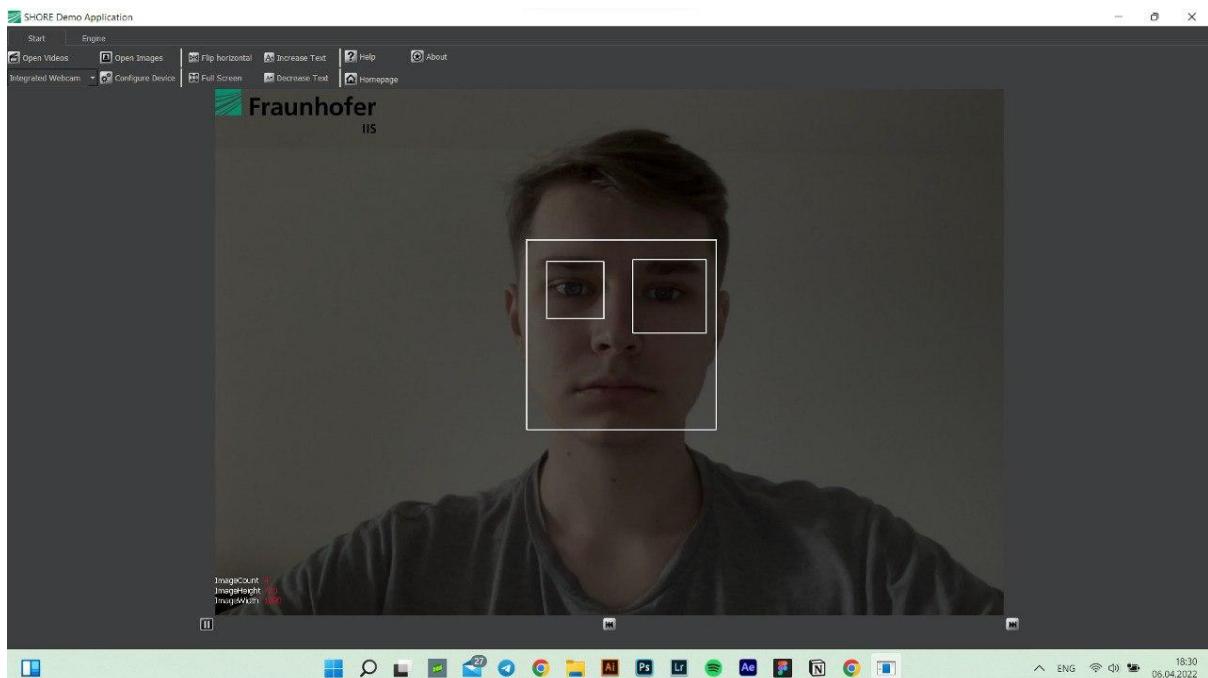


Рис. 56

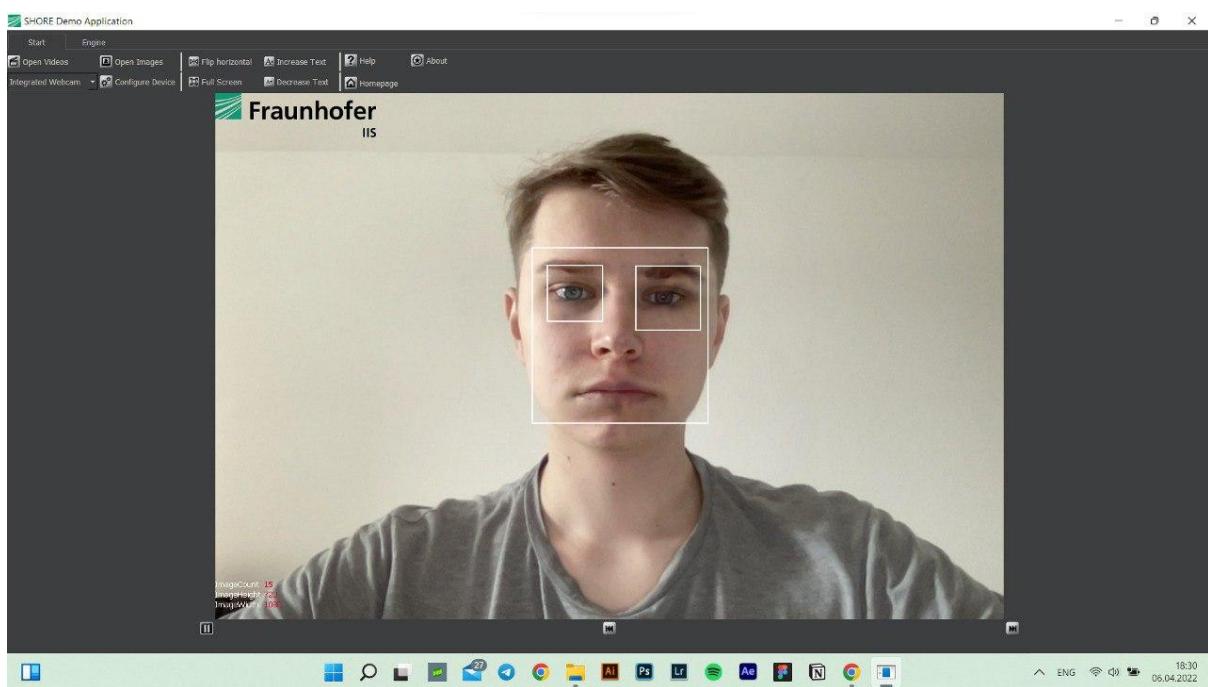


Рис. 57

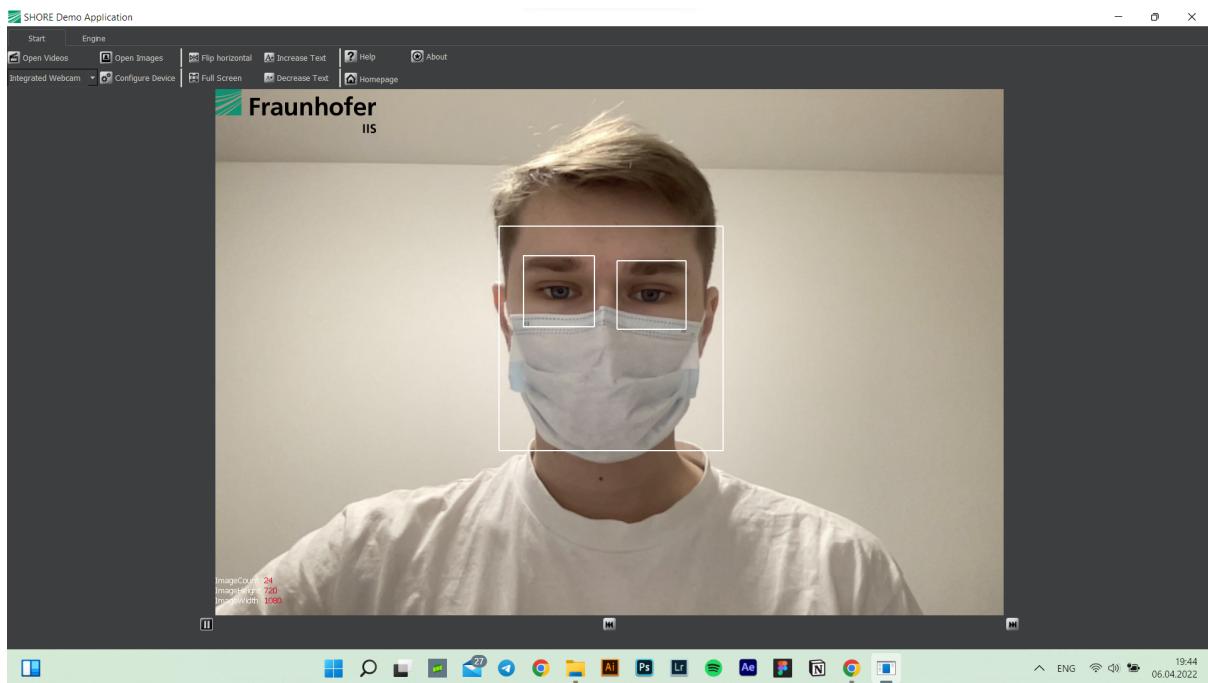


Рис. 58

Выводы

- **Достаточное освещение.** Программа Fraunhofer точно определила лицо при достаточном освещении
- **Плохое освещение.** Программа Fraunhofer точно определила лицо при плохом освещении
- **Деидентификация.** Программа Fraunhofer точно определила лицо, прошедшее процедуру деидентификации
- **Лицо, скрытое маской.** Программа Fraunhofer точно определила лицо, скрытое маской

Детектор Виолы-Джонса

Метод Обнаружения объектов с использованием каскадных классификаторов Хаара был предложен Полом Виолой и Майклом Джонсом в 2001 году. Это подход основан на машинном обучении. Каскадная функция обучается на большом количестве положительных и отрицательных изображений. Затем она используется для обнаружения объектов на других изображениях. Результаты представлены на рисунках 59 – 62.

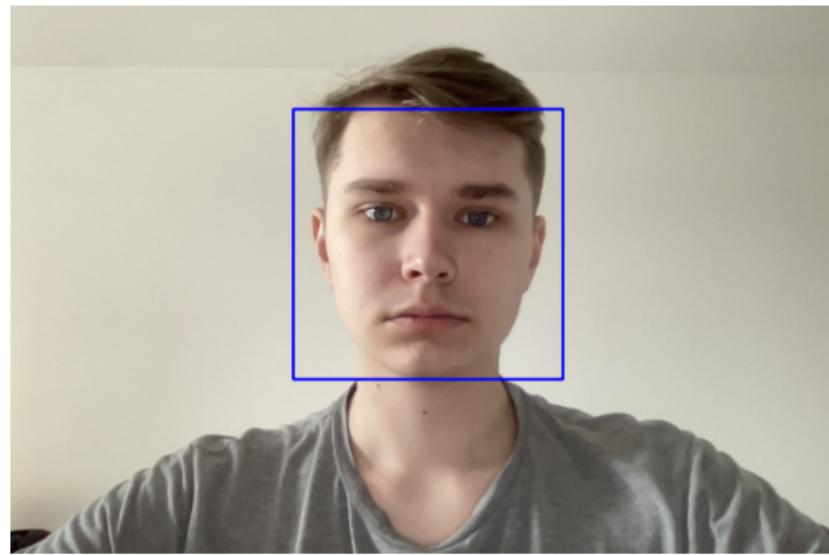


Рис. 59

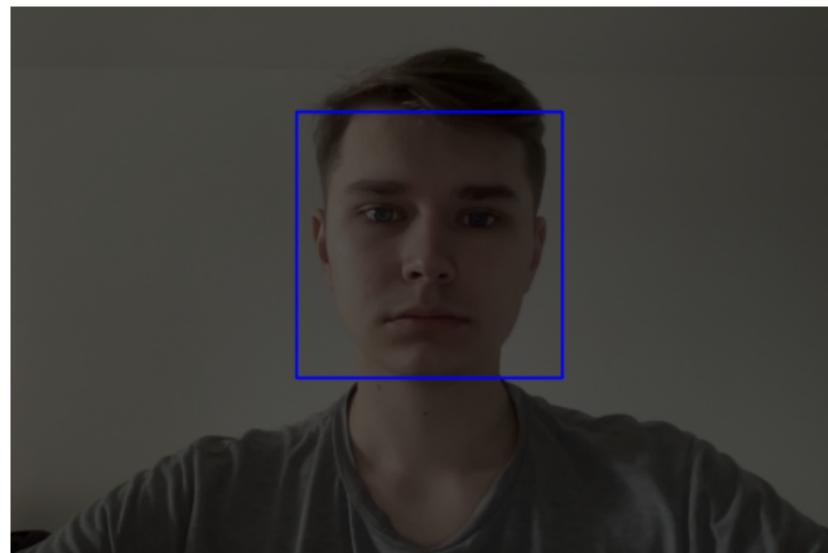


Рис. 60

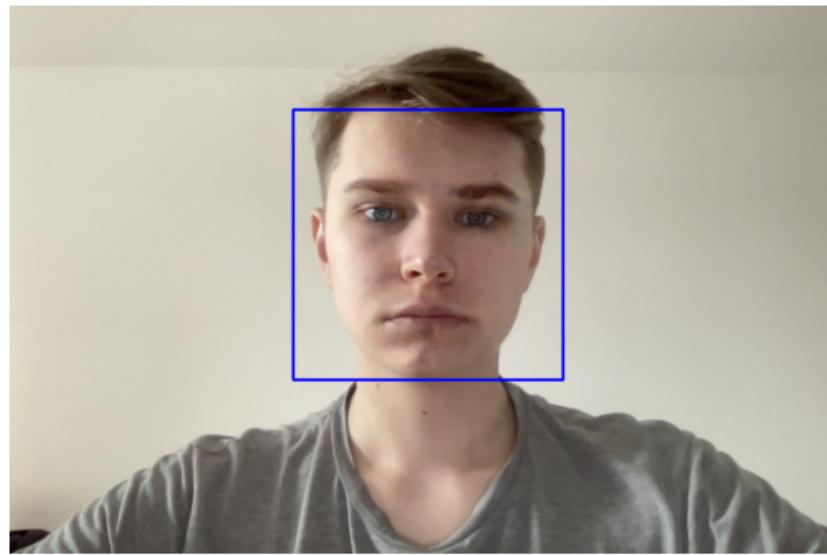


Рис. 61

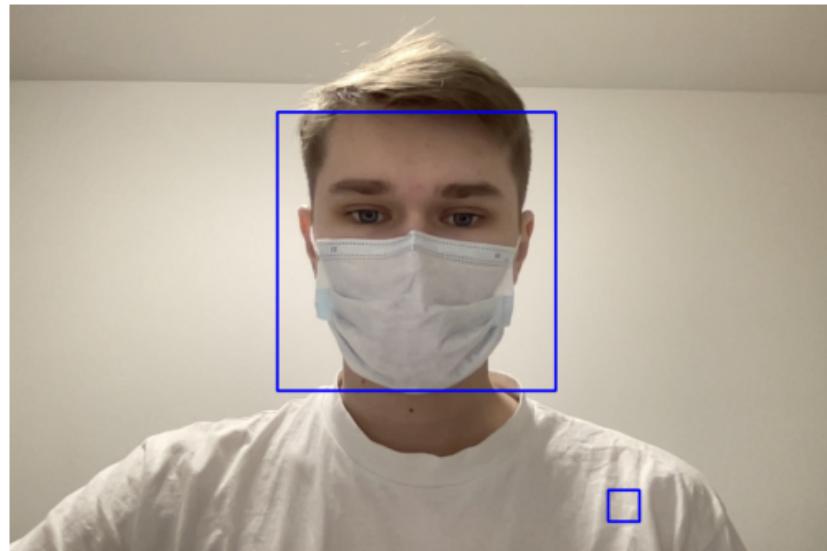


Рис. 62

Выводы

- **Достаточное освещение.** При достаточном освещении изображение распознается точно
- **Плохое освещение.** При плохом освещении изображение распознается точно
- **Деидентификация.** Изображение, прошедшее процедуру деидентификации распознается точно
- **Лицо в маске.** Лицо, скрытое маской распознается точно, однако метод также распознал часть одежды как лицо

Работа над ошибками

Рассмотрим работу детекторов Виолы-Джонса и Fraunhofer в распознавании лиц в тех случаях, когда детектор на основе Pattern Matching отработал неверно. Были выбраны изображения с Лизой Су вдали от камеры, Райаном Гослингом с закрытыми частями лица и при низком освещении, а также фотографии с Вирджилом Абло с повернутой головой. Результаты работы детекторов представлены на Рис. 63 –

Виола-Джонс

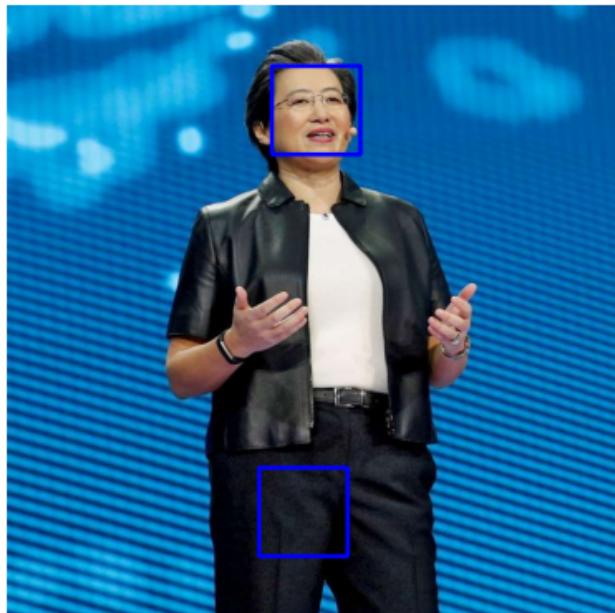


Рис. 63

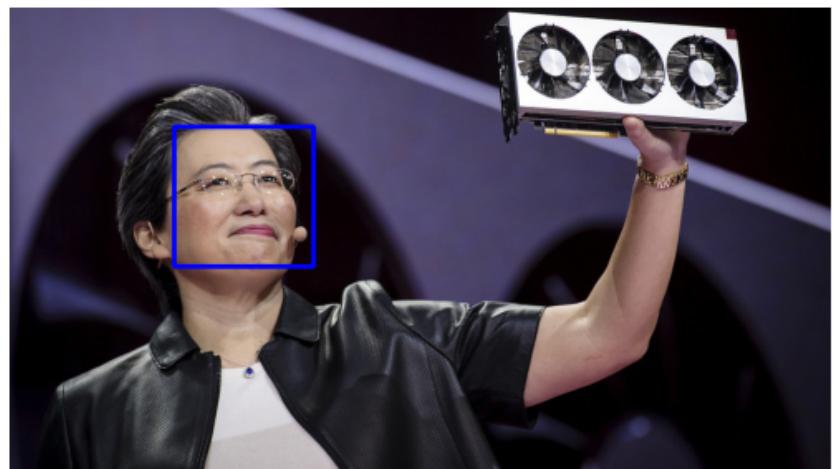


Рис. 64

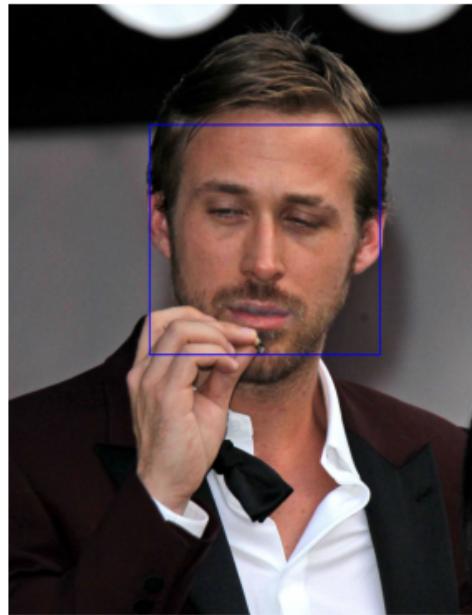


Рис. 65

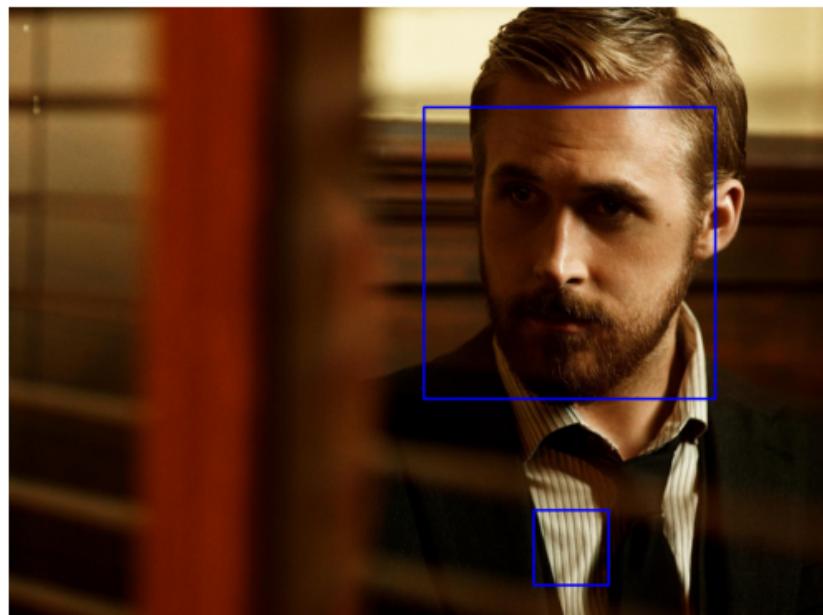


Рис. 66

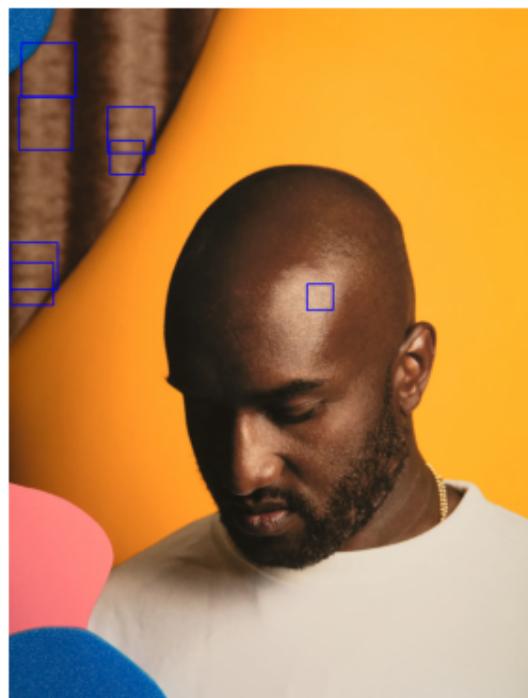


Рис. 67

Fraunhofer

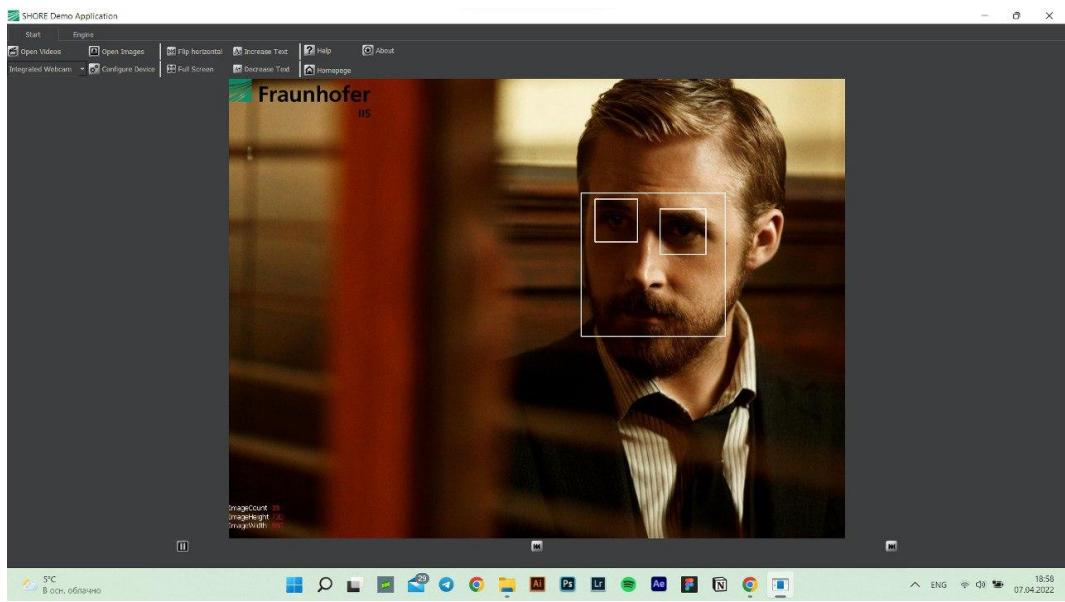


Рис. 68

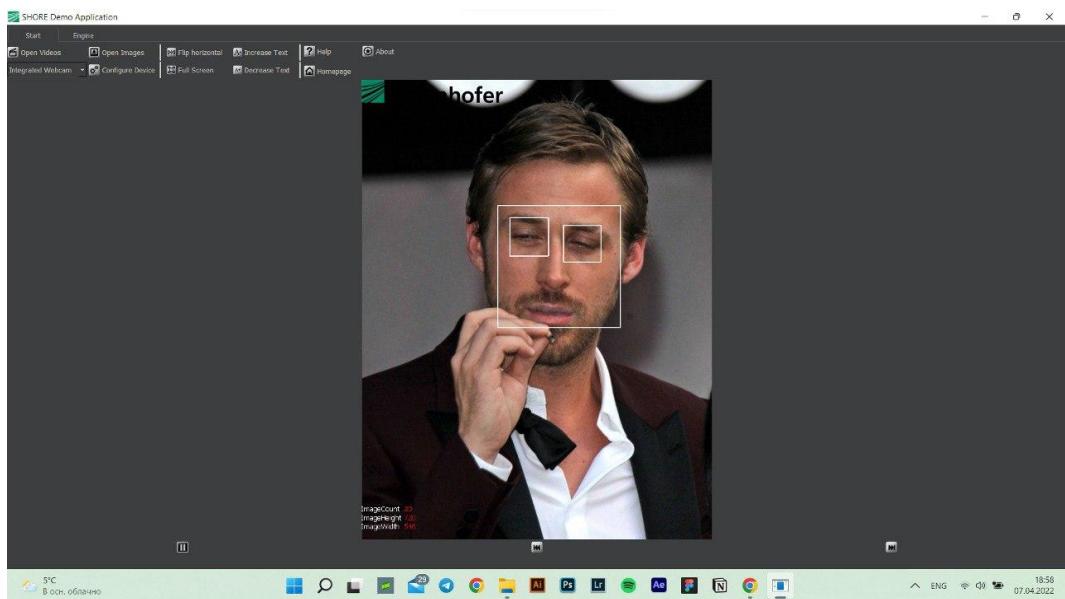


Рис. 69

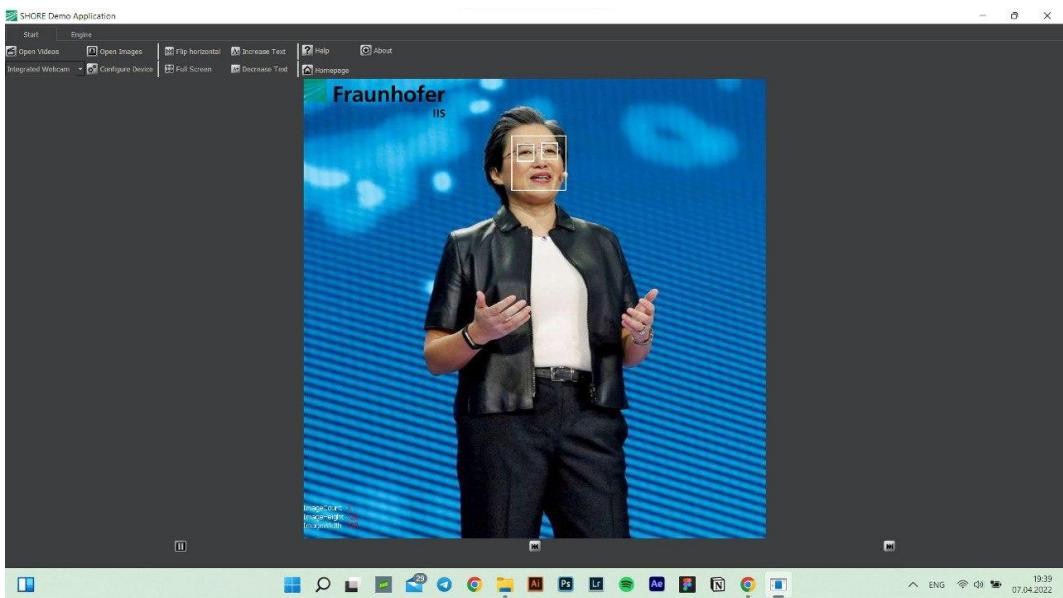


Рис. 70

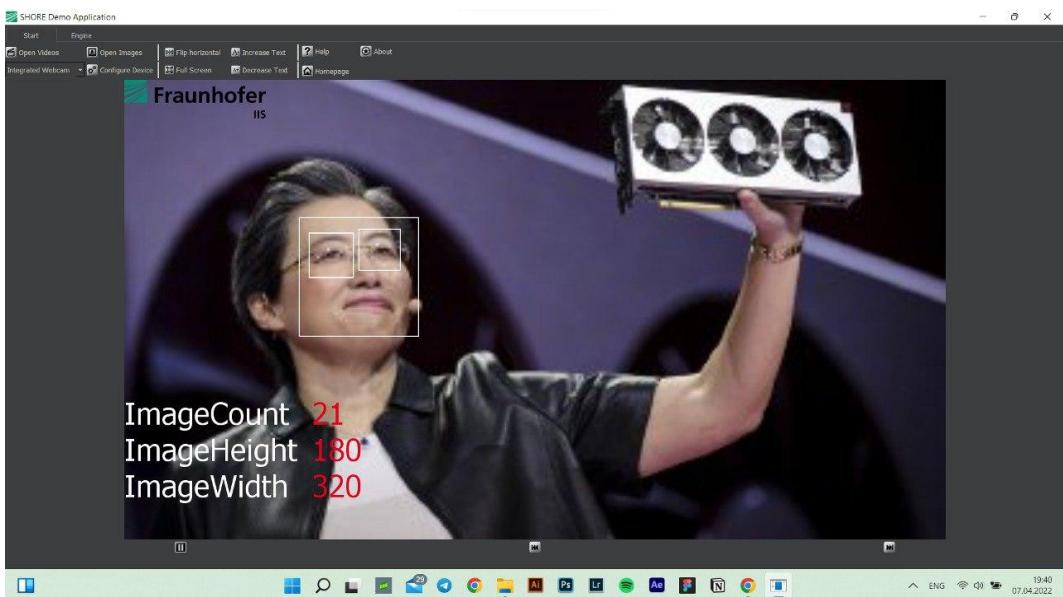


Рис. 71



Рис. 72

Выводы

Детектор Виолы-Джонса точно определил часть изображений, однако в трех случаях (Рис. 64, 66, 67) детектор отработал неверно.

Программа Fraunhofer точно распознала лица на всех изображениях, за исключением Рис. 72.

Заключение

В ходе данной работы были реализованы детекторы лица на основе Template Matching и Viola-Jones. Данные алгоритмы были протестированы на различных шаблонах и при разных условиях съемки. Была также протестирована работа детектора лиц программы “Fraunhofer”.

В результате данной работы удалось выяснить, что детектор лиц на основе Template Matching является не самым оптимальным в тех случаях, когда лицо человека искажено (повороты головы, скрытие части лица).

Детектор Виолы – Джонса является хорошей альтернативой. Данный метод точно определяет изображениях в тех случаях, когда Pattern Matching работает неверно.

Лучшие результаты показал детектор программы Fraunhofer. Данная программа точно распознала лица на всех изображениях.