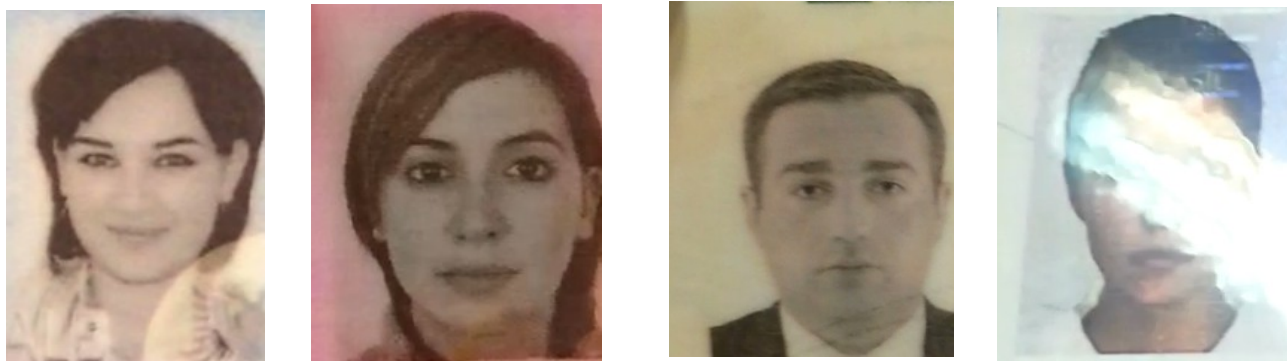


Отчет ([https://github.com/AndrewPopkov/diploma/tree/master/make\\_data](https://github.com/AndrewPopkov/diploma/tree/master/make_data))

В данной работе была поставлена цель узнать, как коррелируют метрики качества изображения IQM, с метриками построенными на основе оценок людей. Для этого были подсчитаны IQM, которые измеряют следующие показатели качества : яркость, контраст, фокус, резкость и освещенность. Также были получены оценки людей(одного человека) для требуемых изображений.

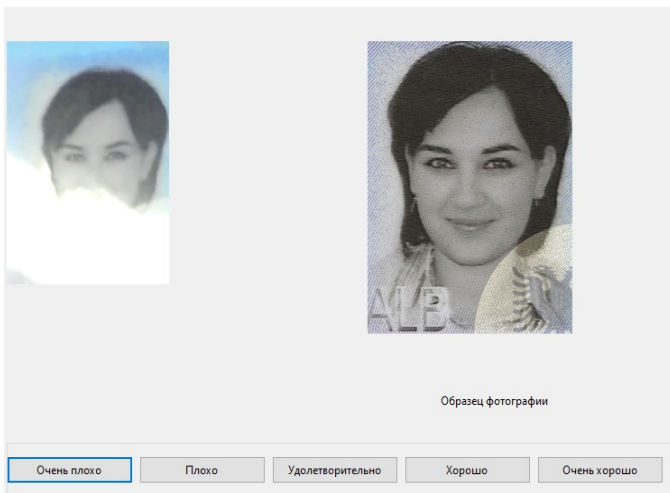
В качестве исследуемых данных мы взяли данные из набора MIDV-500. В наборе MIDV-500 есть разметка с углами документов и есть отсканированные "эталонные изображения" документов. Мы взяли координаты рамки фото на "эталонном изображении", а потом пересчитали на каждое изображение , затем вырезав из фотографий документов, область с фотографией лица человека. Вырезанные изображения имеют размер от 134 до 493 пикселя в высоту, и от 103 до 407 пикселя в ширину.



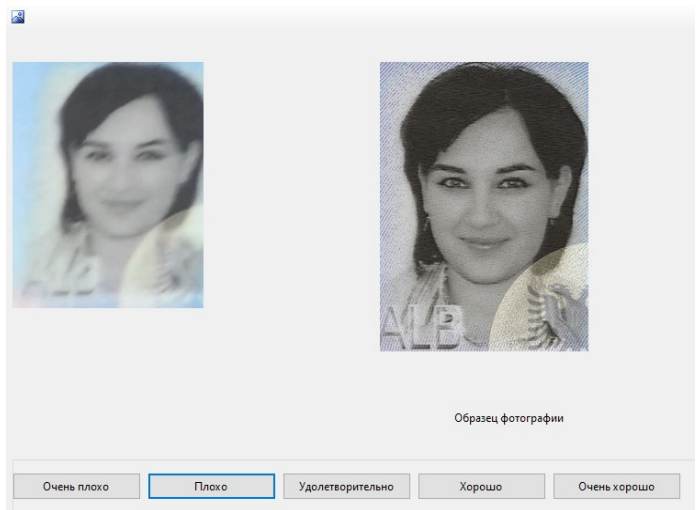
Примеры предобработанных изображений

Для подсчета оценки качества изображения, на основе оценок людей мы использовали Matcher Quality Values (MQV). Оценить изображение можно было по 5-ти бальной шкале (1 - Очень плохо, 2 - Плохо, 3 - Удовлетворительно, 4 - Хорошо, 5 - Очень хорошо). Оценки были получены с помощью специального интерфейса. Затем полученные данные подвергли Z-нормализации и минимаксной нормализации.

[https://github.com/AndrewPopkov/diploma/blob/master/make\\_data/eval.csv](https://github.com/AndrewPopkov/diploma/blob/master/make_data/eval.csv)



Пример изображения с оценкой «Очень плохо»



Пример изображения с оценкой «Плохо»

Следующим этапом было подсчет IQM метрик : яркость, контраст, фокус, резкость и освещенность.

Контраст изображения лица можно измерить с помощью следующего уравнения, где  $\mu$  - среднее значение интенсивности тестового изображения лица  $I(x, y)$  размером  $N \times M$ . [2]

$$C_{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N [I(x, y) - \mu]^2}{MN}}$$

Другой метод определения контраста изображения - это мера контраста Майкельсона, где  $I_{min}$  и  $I_{max}$  - минимальные и максимальные значения интенсивности тестового изображения лица  $I$ . [3]

$$C_{Mic} = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}}$$

Яркость(обозначим его как  $B_1$ ) может быть вычислена как среднее значение компонента яркости после преобразования его в область HSB (оттенок, насыщенность и яркость).

Чтобы преобразовать цвета RGB (красный, зеленый и синий) в диапазон HSB, каждый компонент сначала нормализуется до диапазона  $[0, 1]$ . [4]

$$B_1 = \frac{1}{MN} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N [\max(r, g, b)]$$

Bezryadinetal предложил другое измерение яркости изображения, где  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  - трехцветные значения. Чтобы преобразовать цвета RGB в XYZ, каждый компонент сначала нормализуется до диапазона  $[0-1]$ . [4]

$$\begin{bmatrix} D \\ E \\ F \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.2053 & 0.7125 & 0.4670 \\ 1.8537 & -1.2797 & -0.4429 \\ -0.3655 & 1.0120 & -0.6104 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

$$B_2 = \sqrt{D^2 + E^2 + F^2}$$

Фокус изображения лица - это степень размытия изображения лица. Яп и Равендран представили несколько измерений фокуса изображения, таких как L1-норма градиента изображения и энергия Лапласиана. L1-норма изображения определяется как [5]:

$$F_{L_1} = \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N |G_{xx}(x, y)| + |G_{yy}(x, y)|$$

Энергия Лапласиана изображения как :

$$F_{EL} = \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N [G_{xx}(x, y) + G_{yy}(x, y)]^2$$

где  $G_{xx}$  и  $G_{yy}$  - вторые производные в горизонтальном и вертикальном направлениях, соответственно.

Было использовано несколько способов измерения резкости изображения.

Крыщук и Дригайло [6] определили меру резкости изображения как :

$$S_1 = \frac{1}{2} \left[ \frac{1}{(N-1)M} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^{N-1} |I_{x,y} - I_{x,y+1}| + \frac{1}{(M-1)M} \sum_{x=1}^{M-1} \sum_{y=1}^N |I_{x,y} - I_{x+1,y}| \right]$$

Гао [7] определил меру резкости изображения, как:

$$S_2 = \sum_{x=1}^{M-2} \sum_{y=1}^{N-2} G(x, y) \quad \text{где } G(x, y) - \text{значение градиента в точке } (x, y). [7]$$

Мера резкости по Тененграду определяется как :

$$S_3 = \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N (L_x \cdot I_x^2 + L_y \cdot I_y^2)$$

$$L_x(x, y) = [I(x+1, y) - I(x-1, y)]^p$$

$$L_y(x, y) = [I(x, y+1) - I(x, y-1)]^p$$

где  $L_x, L_y$  - веса в горизонтальном и вертикальном направлениях, а  $I_x, I_y$  - горизонтальный и вертикальный градиенты, полученные путем применения Sobelfilter. [9]

Адаптивная мера резкости по Тененграду [8] определяется как :

$$S_4 = \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N L(x, y) [I_x^2 + I_y^2]$$

$L(x, y) = [I(x-1, y) + I(x+1, y) - I(x, y-1) - I(x, y+1)]^P$  где  $L(x, y)$  - вес, а  $P$  - индекс мощности, который может определять степень подавления шума.

Освещенность изображения рассчитывается как взвешенная сумма средней интенсивности освещенности изображения, разделенного на блоки  $(4 \times 4)$

$$I_2 = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 \omega_{ij} \cdot \bar{I}_{ij}$$

$$\bar{I}_{ij} = \frac{1}{MN} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N I(x, y)$$

где  $\omega_{ij}$  - весовой коэффициент каждого блока. Абдель-Мотталебанд Махур определил гауссову маску для добавления веса различным блокам лица. Это приводит к присвоению больших весов блокам в середине изображения и малых весов границам изображения [9].

После того как были подсчитанны все IQM для тестовых изображений, мы подсчитываем IQM для образцовых изображений. Находим у них среднее значение и стандартное отклонение и с их помощью нормализуем моделью Гауса каждый IQM [11] и усредняем его. Объединили метрики качества с помощью среднего и среднего геометрического. [https://github.com/AndrewPopkov/diploma/blob/master/make\\_data/normalase\\_feature.csv](https://github.com/AndrewPopkov/diploma/blob/master/make_data/normalase_feature.csv).

Построив корреляции методом Пирсона, мы увидели что наиболее сильно коррелируют геометрически среднее объединение IQM и оценки человека подвергнутые Z-нормализации.

	<b><i>eval</i></b>	<b><i>z_norm</i></b>	<b><i>minmax_norm</i></b>
rms_contrast	0.198511	0.226290	0.145844
michelson_contrast	0.146397	0.148676	0.119957
hbs_brightness	0.142455	0.200446	0.068747
bezryadinetal_brightness	0.139178	0.196594	0.053921
L1_norm	0.411397	0.426311	0.323498
energy_Laplacian	0.417306	0.420187	0.328718
kryszczuk_drygajlo_sharpness	0.006930	0.030467	-0.016606

	<b><i>eval</i></b>	<b><i>z_norm</i></b>	<b><i>minmax_norm</i></b>
gao_sharpness	0.148661	0.205306	0.102097
tenengrad_sharpness	0.306557	0.355375	0.242482
adaptive_tenengrad_sharpness	0.290590	0.309259	0.215849
illumination	0.311888	0.314250	0.279078

Корреляция каждого IQM с оценкой человека(*eval*), Z-нормализованной оценки человека(*z\_norm*) и минимаксной нормализации оценки человека(*minmax\_norm*), построенная методом Пирсона.

Как мы видим *tenengrad\_sharpness*, *L1\_norm*, *illumination*, *hbs\_brightness* наиболее сильно коррелируют с оценкой человека из всех IQM.

	<b><i>eval</i></b>	<b><i>z_norm</i></b>	<b><i>minmax_norm</i></b>
contrast	0.199830	0.216778	0.154316
brightness	0.141941	0.200103	0.061869
focus	0.416472	0.425146	0.327790
sharpness	0.290997	0.345578	0.212078
illumination	0.311888	0.314250	0.279078

Корреляция каждого усредненного IQM с оценкой человека(*eval*), Z-нормализованной оценки человека(*z\_norm*) и минимаксной нормализации оценки человека(*minmax\_norm*), построенная методом Пирсона.

	<b><i>eval</i></b>	<b><i>z_norm</i></b>	<b><i>minmax_norm</i></b>
mean	0.291350	0.332328	0.206322
geo_mean	0.365986	0.406124	0.262491

Корреляция *mean*(среднее значение IQM) и *geo\_mean*(среднее геометрическое значение) IQM с оценкой человека(*eval*), Z-нормализованной оценки человека(*z\_norm*) и минимаксной нормализации оценки человека(*minmax\_norm*), построенная методом Пирсона.

<b><i>name</i></b>	<b><i>merge_result</i></b>	<b><i>eval</i></b>	<b><i>z_norm</i></b>	<b><i>minmax_norm</i></b>
KA12_01.tif	0.8930060098304053	2.0	-	-
HA05_15.tif	0.48557648287959004	3.0	0.709422	0.666667
TA07_06.tif	0.3930823233808276	3.0	-	-
HS02_20.tif	0.2805334376560061	1.0	-1.136330	0.000000
KS08_30.tif	0.029915488473249544	1.0	-	-



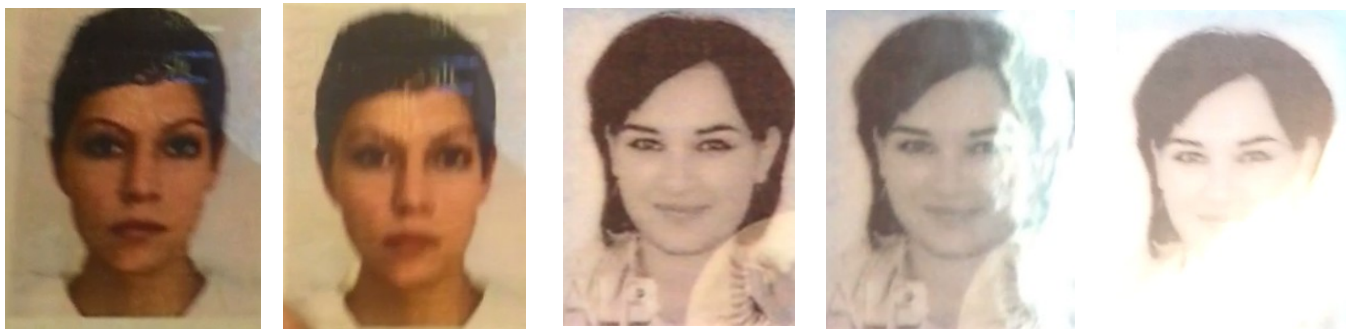
Фотографии из 5 разных квантилей среднего геометрического значения IQM и оценки к ним.

name	rms_contrast	eval	z_norm	minmax_norm
CS02_12.tif	1	2	-0.0185675	0.333333
CS03_03.tif	0.878137	2	-0.123275	0.333333
TS04_15.tif	0.697671	3	1.05926	0.666667
KA02_09.tif	0.439068	2	-0.0185675	0.333333
PA02_25.tif	5.68123e-06	1	-1.13633	0



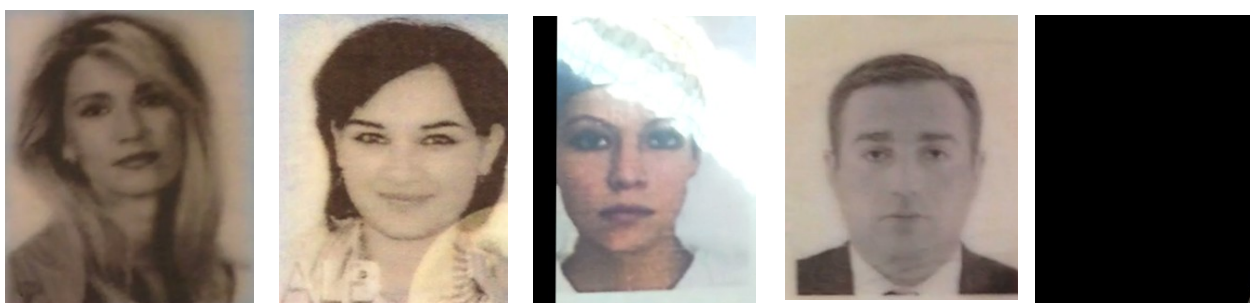
Фотографии из 5 разных квантилей rms\_contrast IQM и оценки к ним.

name	michelson_contrast	eval	z_norm	minmax_norm
CS06_30.tif	1	2	-0.205183	0.333333
PS06_12.tif	0.588476	1	-1.37047	0
CA01_25.tif	0.433805	3	0.921666	0.5
KA01_02.tif	0.146004	1	-1.08138	0
KS01_08.tif	0.00232722	1	-1.08138	0



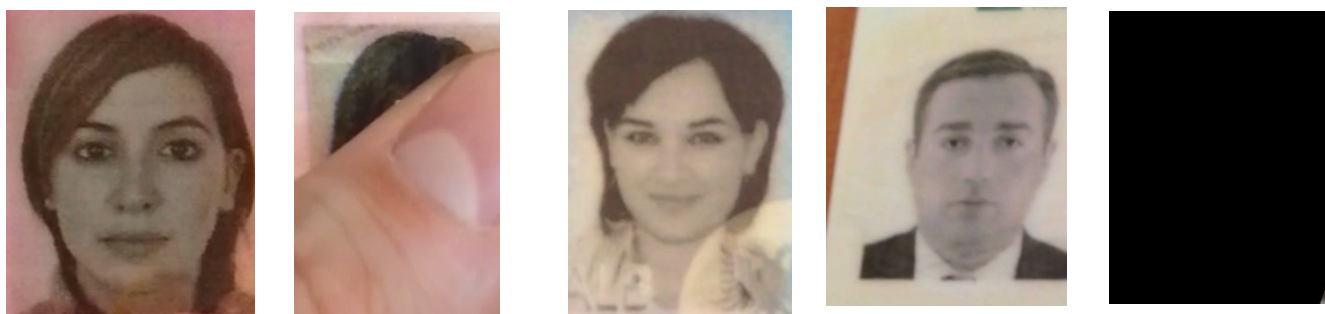
Фотографии из 5 разных квантилей michelson\_contrast IQM и оценки к ним.

name	hbs_brightness	eval	z_norm	minmax_norm
PA04_20.tif	0.999999	2	-0.181351	0.333333
HA01_03.tif	0.71555	3	0.921666	0.5
KS06_15.tif	0.537868	1	-1.37047	0
KA05_14.tif	0.240874	2	-0.52489	0.333333
PA02_08.tif	1.86641e-08	1	-1.13633	0



Фотографии из 5 разных квантилей hbs\_brightness IQM и оценки к ним

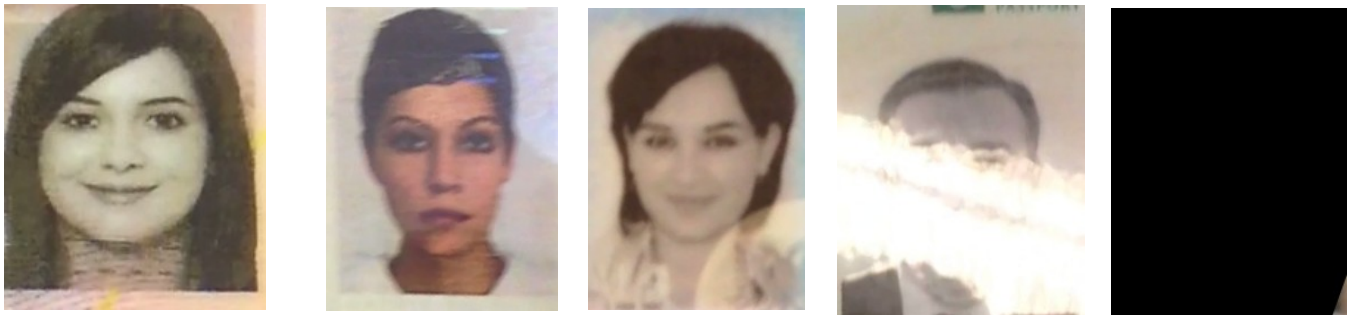
name	bezryadinetal_brightness	eval	z_norm	minmax_norm
HS03_29.tif	0.999999	3	1.20193	0.666667
HS02_14.tif	0.826668	1	-1.13633	0
KA01_05.tif	0.635119	2	-0.0798555	0.25
PA05_30.tif	0.323799	3	0.709422	0.666667
PA02_08.tif	6.47485e-07	1	-1.13633	0





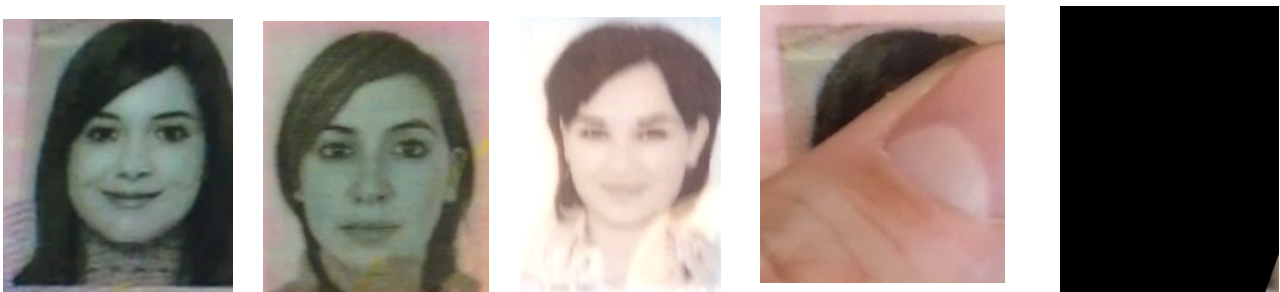
Фотографии из 5 разных квантилей bezryadinetal\_brightness IQM и оценки к ним.

name	L1_norm	eval	z_norm	minmax_norm
CS02_05.tif	0.334077	2	-0.0185675	0.333333
KA06_27.tif	0.0521585	2	-0.205183	0.333333
TA01_13.tif	0.0363613	2	-0.0798555	0.25
CA05_18.tif	0.0277469	1	-1.7592	0
PA02_08.tif	0.0101575	1	-1.13633	0



Фотографии из 5 разных квантилей L1\_norm IQM и оценки к ним.

name	energy_Laplacian	eval	z_norm	minmax_norm
TA02_02.tif	0.362423	4	2.21696	1
TA03_09.tif	0.0484282	2	-0.123275	0.333333
KS01_05.tif	0.0333654	1	-1.08138	0
HS02_15.tif	0.0251931	1	-1.13633	0
PA02_08.tif	0.0146448	1	-1.13633	0



Фотографии из 5 разных квантилей energy\_Laplacian IQM и оценки к ним.

name	kryszczuk_drygajlo_sharpness	eval	z_norm	minmax_norm
KS02_16.tif	1	1	-1.13633	0
HA02_03.tif	0.586947	3	1.0992	0.666667
TA03_10.tif	0.311778	3	1.20193	0.666667
HA07_17.tif	0.0995601	2	-0.129034	0.5

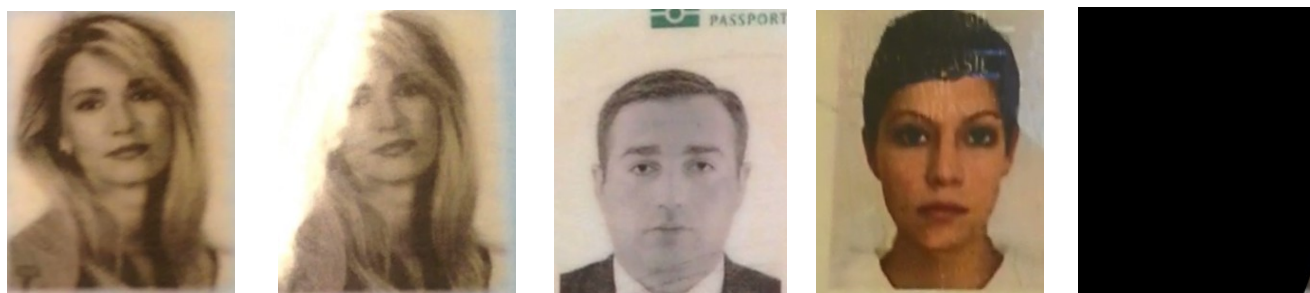


name	kryszczuk_drygajlo_sharpness	eval	z_norm	minmax_norm
PS05_08.tif	4.1984e-25	1	-1.7592	0



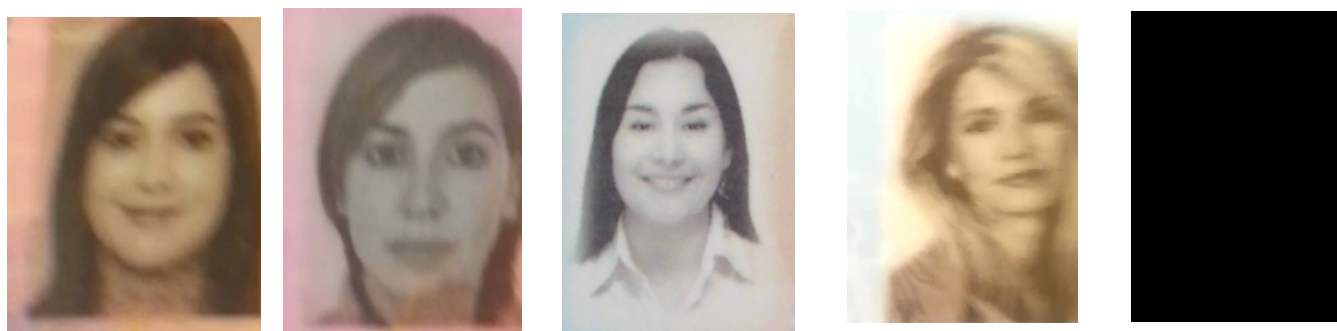
Фотографии из 5 разных квантилей kryszczuk\_drygajlo\_sharpness IQM и оценки к ним.

name	gao_sharpness	eval	z_norm	minmax_norm
HA04_14.tif	0.99995	3	1.05926	0.666667
HA04_20.tif	0.234999	1	-1.42196	0
CA05_05.tif	0.0646373	4	1.94373	1
CS06_19.tif	0.0183841	3	0.960102	0.666667
PA02_08.tif	3.33802e-06	1	-1.13633	0



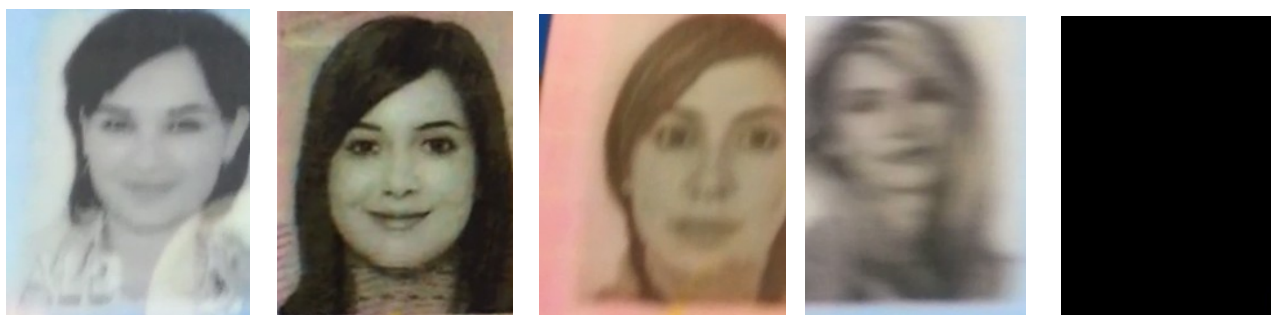
Фотографии из 5 разных квантилей gao\_sharpness IQM и оценки к ним.

name	tenengrad_sharpness	eval	z_norm	minmax_norm
PS02_14.tif	1	2	-0.0185675	0.333333
TS03_16.tif	0.731359	1	-1.44848	0
CA07_10.tif	0.297557	3	1.12444	1
HS04_12.tif	0.00810666	1	-1.42196	0
PS06_07.tif	0	1	-1.37047	0



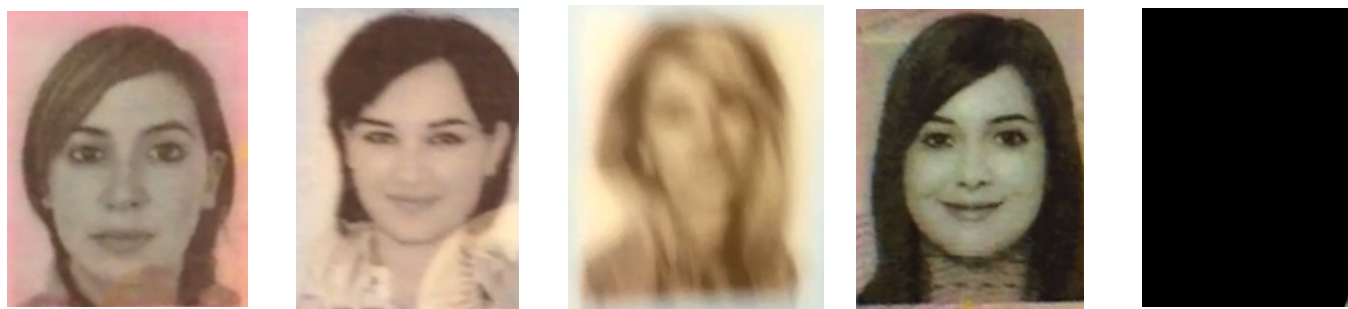
Фотографии из 5 разных квантилей `tenengrad_sharpnesst IQM` и оценки к ним.

name	adaptive_tenengrad_sharpness	eval	z_norm	minmax_norm
CS01_26.tif	0.99996	2	-0.0798555	0.25
CA02_24.tif	0.378096	3	1.0992	0.666667
CS03_15.tif	0.122343	1	-1.44848	0
PS04_19.tif	0.016338	1	-1.42196	0
PS05_08.tif	5.35992e-65	1	-1.7592	0



Фотографии из 5 разных квантилей `adaptive_tenengrad_sharpness IQM` и оценки к ним.

name	illumination	eval	z_norm	minmax_norm
CA03_20.tif	1	3	1.20193	0.666667
CA01_10.tif	0.840162	2	-0.0798555	0.25
HS04_08.tif	0.663674	1	-1.42196	0
CA02_27.tif	0.393365	3	1.0992	0.666667
PA02_08.tif	2.89497e-05	1	-1.13633	0



Фотографии из 5 разных квантилей `illumination IQM` и оценки к ним.

## Список литературы

1. [https://github.com/AndrewPopkov/diploma/blob/master/make\\_data/eval.csv](https://github.com/AndrewPopkov/diploma/blob/master/make_data/eval.csv)
2. Gao, X., Li, S.Z., Liu, R., Zhang, P.: 'Standardization of face image sample quality'. Int. Conf. on Biometrics (ICB), Seoul, Korea, 2007
3. Bex, P.J., Makous, W.: 'Spatial frequency, phase, and the contrast of natural images', J. Opt. Soc. Am. A, 2002, 19, (6), pp. 1096-1106
4. Bezryadin, S., Bourov, P., Ilinih, D.: 'Brightness calculation in digital image processing'. Int. Symp. on Technologies for Digital Fulfillment, Las Vegas, NV, USA, 2007
5. Yap, P.-T., Raveendran, P.: 'Image focus measure based on Chebyshev moments', IEE Proc. Vis. Image Signal Process., 2004, 151, (2), pp. 128-136
6. Kryszczuk, K., Drygajlo, A.: 'On combining evidence for reliability estimation in face verification'. European Signal Processing Conf. (EUSIPCO), Florence, Italy, 2006
7. Gao, X., Li, S.Z., Liu, R., Zhang, P.: 'Standardization of face image sample quality'. Int. Conf. on Biometrics (ICB), Seoul, Korea, 2007
8. Yao, Y., Abidi, B.R., Kalka, N.D., Schmid, N.A., Abidi, M.A.: 'Improving long range and high magnification face recognition: database acquisition, evaluation, and enhancement', Comput. Vis. Image Underst., 2008, 111, pp. 111-125
9. Abdel-Mottaleb, M., Mahoor, M.: 'Application notes - algorithms for assessing the quality of facial images', IEEE Comput. Intell. Mag., 2007, 2, pp. 10-17
10. [https://github.com/AndrewPopkov/diploma/blob/master/make\\_data/normalase\\_feature.csv](https://github.com/AndrewPopkov/diploma/blob/master/make_data/normalase_feature.csv)
11. [https://github.com/AndrewPopkov/diploma/blob/master/make\\_data/merge\\_feature.csv](https://github.com/AndrewPopkov/diploma/blob/master/make_data/merge_feature.csv)