

**КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МЕДИЦИНСКИХ
ИЗОБРАЖЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ НА
МУЛЬТИСПИРАЛЬНОМ КОМПЬЮТЕРНОМ ТОМОГРАФЕ**

Маматов Нарзилло Солидждонович

Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», доктор технических наук, профессор
m_narzullo@mail.ru

Султанов Пулат Каримович

Республиканский научный центр экстренной медицинской помощи, доктор медицинских наук
sultanovp@bk.ru

Жалелова Малика Моятдин кизи

Каракалпакский государственный университет имени Бердаха, докторант
jalelova97@mail.ru

Тожибоева Шахзода Холдоржон кизи

Наманганский государственный университет, докторант
tojiboyevashaxzoda25@gmail.com

<https://www.doi.org/10.5281/zenodo.8374729>

ARTICLE INFO

Received: 16thSeptember 2023

Accepted: 24thSeptember 2023

Online: 25th September 2023

KEY WORDS

цифровое изображение, мультиспиральная компьютерная томография, метод, шум, эталонная оценка, SSIM, MSE, NCC.

ABSTRACT

Оценка качества изображений, особенно медицинских изображений, полученных с помощью мультиспирального компьютерного томографа чрезвычайно важна в области медицинской визуализации. На качество медицинского изображения влияют различные факторы, в том числе характеристики устройства медицинской визуализации и используемый протокол визуализации. Кроме того, наличие шумов, артефактов и других факторов, снижающих качество изображения, может существенно повлиять на общее качество и диагностическую ценность получаемых изображений. По этой причине чрезвычайно важно определить надежные критерии оценки качества медицинских изображений, получаемых с помощью мультиспирального компьютерного томографа. В этой исследовательской работе рассматриваются несколько эталонных критериев оценки качества изображения. Применяя эти эталонные критерии оценки, можно оценить эффективность методов снижения шума изображения. Это, в свою очередь, обеспечивает оптимальную триаду критериев оценки шума, метода и эталона.



ВВЕДЕНИЕ. Медицинские изображения играют важную роль в здравоохранении, предоставляя ценную информацию о внутренних структурах человеческого тела, помогая медицинским работникам диагностировать и лечить пациентов. Среди различных инструментов медицинской визуализации мультиспиральные компьютерные томографы (МСКТ) стали мощным инструментом, обеспечивающим подробные изображения поперечного сечения с высоким пространственным разрешением. Это, в свою очередь, показывает, что вопрос точной оценки качества изображений важен при автоматизации обработки [1-5] МСКТ-изображений.

На качество медицинских изображений МСКТ может повлиять ряд факторов. Прежде всего, решающими факторами при определении качества изображения являются технические характеристики сканера, такие как характеристики детектора, пространственное разрешение и уровень шума. Кроме того, на конечное качество изображения могут влиять такие факторы, как протокол визуализации, используемый во время сканирования, включая введение контраста, параметры сканирования и положение пациента. При этом шум является одним из основных элементов, негативно влияющих на качество изображения [6]. Из-за различных факторов к изображению добавляются шумы и создается зашумленное изображение. Этими типами шума могут быть гауссовский [7–9], соль и перец, спекл [10], пуассоновский [11], равномерный [12], ризанский [13] и Рейли [14]. Разработаны различные методы для снижения шума в зашумленном изображении: средний [15] Винера [16], Гаусса [17], медианный [18], анизотропной диффузии [19], билатерал [20], геометрический [21], БМЗД [22], НЛМ [23], ТВ, Байес, Вису-Шри Линк [24]. Оценивая качество изображения после применения этих методов фильтрации, актуальным является определение наиболее подходящего метода фильтрации по типу шума. Это в свою очередь приводит к вопросу определения наиболее приемлемого критерия, правильно оценивающего качество изображения.

Для решения задачи общей оценки качества изображения необходимо найти количественные оценки, наиболее подходящие для субъективных. Объективная оценка качества изображения МСКТ заключается в разработке количественных показателей, позволяющих автоматически прогнозировать качество получаемого изображения. Объективные показатели качества изображения можно классифицировать на основе наличия исходного (неискаженного) изображения, с которым можно сравнить искаженное изображение. Большинство существующих подходов являются известными эталонами, то есть предполагается, что исходное эталонное изображение известно. Когда эталонный тест недоступен для практического применения, желателен подход к оценке качества без эталонных показателей.

Данная исследовательская работа направлена на оценку качества изображения МСКТ с помощью эталона. С такими критериями удобно работать, поскольку их расчет прост и математически удобен в контексте оптимизации, они имеют значительно более высокую точность, чем безэталонных методов оценки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В данной исследовательской работе представлены критерии сравнительной оценки.



SSIM, PSNR и MSE известны всем специалистам по обработке изображений как наиболее широко используемые критерии оценки качества изображения.

Среднеквадратическая ошибка (RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (I_0(i, j) - I_1(i, j))^2} \quad (1)$$

здесь $M \times N$ - размер изображения, $I_0(i, j)$ и $I_1(i, j)$ яркость в (i, j) месте эталонного и искаженного изображения соответственно.

Относительная средняя спектральная ошибка (RASE):

$$RASE = \frac{100}{P} \sqrt{\frac{1}{Q} \sum_{i=1}^Q RMSE^2(B_i)} \quad (2)$$

здесь P - среднее значение интенсивностей пикселей эталонного изображения, Q - размер изображения. (B_i) - разница между эталонным и искаженным изображением.

Относительная безразмерная глобальная ошибка синтеза (ERGAS) [108]:

$$ERGAS = 100 \frac{GSD_{Pan}}{GSD_{MS}} \sqrt{\frac{1}{Q} \sum_{i=1}^Q \left[\frac{RMSE(B_i)^2}{P_i^2} \right]} \quad (3)$$

здесь Q - размер изображения, P_i - среднее значение исходных изображений, B_i - разница между изображениями, GSD_{Pan} и GSD_{MS} пространственные размеры исходного эталонного и искаженного изображений соответственно.

Среднее структурное сходство (MSSIM):

$$MSSIM = \sum_{j=1}^M W_j \cdot SSIM_j \quad (4)$$

здесь M - количество образцов в карте качества, $SSIM_j$ - значение индекса SSIM образца j . W_j - это вес, присвоенный j - образцу, который должен удовлетворять следующему условию:

$$\sum_{j=1}^M W_j = 1 \quad (5)$$

VIFp (Visual Information Fidelity with perceptual image quality) работает путем сравнения двух изображений (обычно эталонного изображения и искаженного изображения) и расчета показателя сходства, отражающего качество восприятия. Чем выше показатель VIFp, тем ближе искаженное изображение к эталонному с точки зрения визуальной четкости и качества восприятия.

NCC (Normalized cross correlation):

$$NCC = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [I_0(i, j) \cdot I_1(i, j)]}{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (I_0(i, j))^2} \quad (6)$$



здесь $I_0(i, j)$ и $I_1(i, j)$ яркость в точке (i, j) эталонного и искаженного изображения соответственно.

NAE (Normalized absolute error):

$$NAE = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [|I_0(i, j) - I_1(i, j)|]}{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N |I_0(i, j)|} \quad (7)$$

AD (Average difference):

$$AD = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (I_0(i, j) - I_1(i, j)) \quad (8)$$

Целью данного исследования является сравнение различных методов фильтрации для эффективного снижения каждого типа шума. Здесь каждый тип шума рассматривается отдельно, и цель состоит в том, чтобы разработать правило выбора эффективного метода фильтрации на основе критерия оценки с подходящим эталоном для каждого конкретного типа шума.

РЕЗУЛЬТАТ И ОБСУЖДЕНИЕ. В вычислительном эксперименте использовали набор из 43 таких медицинских изображений, взяв в качестве медицинских изображений аксиальные срезы исследования грудной клетки человека на мультиспиральном компьютерном томографе. Зашумленное изображение было создано путем добавления к изображению 7 типов шума: Гауссова, Пуассона, спекла, соли и перца, Рисианского, Равномерного, Рейли. Производительность 12 методов фильтрации для каждого типа шума оценивалась с помощью значений SSIM, MSE, PSNR, RMSE, ERGAS, MSSIM, RASE, VIFp, AD, NAE, NCC, которые являются критериями эталонной оценки. Результаты для одного образца изображения в данном вычислительном эксперименте представлены в следующих таблицах (Таблицы 1-7).

Таблица-1

Значения критериев оценки эталона для изображения с добавленным гауссовским шумом

Фильтры	Критерии оценки эталона										
	SSIM	MSE	PSNR	RMSE	ERGAS	MSSIM	RASE	VIFp	AD	NAE	NCC
Средний	0.369	211	24.9	0.087	8633	0.688	1E-11	0.079	121.7	0.044	0.984
Винер	0.370	203	25.1	0.086	8632	0.688	1E-11	0.080	121.8	0.044	0.984
Гаусс	0.338	237	24.4	0.093	9112	0.658	1E-11	0.079	123.2	0.047	0.981
Медианный	0.277	261	24.0	0.097	7798	0.609	1E-11	0.069	122.0	0.050	0.978
Анизотропная диффузия	0.654	101	28.1	0.060	6871	0.856	8E-12	0.122	111.9	0.031	0.994
Билатерал	0.560	103	28.0	0.061	6482	0.869	8E-12	0.107	119.6	0.032	0.993
Геометрический	0.416	486	21.3	0.133	7190	0.724	2E-11	0.077	49.3	0.053	0.974



БМЗД	0.714	71	29.6	0.050	6131	0.903	7E-12	0.137	106.9	0.027	0.997
НЛМ	0.516	141	26.6	0.071	7022	0.818	1E-11	0.096	116.8	0.037	0.990
ТВ	0.594	123	27.2	0.067	7422	0.830	9E-12	0.109	187.7	0.035	0.993
Байес	0.668	94	28.4	0.058	6554	0.884	8E-12	0.095	105.2	0.031	0.995
Вису-Шри Линк	0.656	112	27.6	0.064	7147	0.843	9E-12	0.055	115.2	0.034	0.994

Таблица-2

Значения критериев оценки эталона для изображения с добавленным шумом соли и перца

Фильтры	Критерии оценки эталона										
	SSIM	MSE	PSNR	RMSE	ERGAS	MSSIM	RASE	VIFp	AD	NAE	NCC
Средний	0.638	86	28.8	0.056	3657	0.849	7E-12	0.171	107.5	0.020	0.993
Винер	0.638	77	29.3	0.053	3657	0.849	7E-12	0.171	107.5	0.020	0.994
Гаусс	0.656	87	28.7	0.056	3866	0.837	8E-12	0.186	105.8	0.018	0.993
Медианный	0.847	18	35.6	0.025	1045	0.982	3E-12	0.338	105.9	0.012	0.999
Анизотропная диффузия	0.733	88	28.7	0.057	2399	0.907	8E-12	0.180	105.8	0.019	0.993
Билатеральный	0.617	110	27.7	0.063	4918	0.868	8E-12	0.142	113.2	0.018	0.991
Геометрический	0.349	5232	10.9	0.435	8642	0.283	6E-11	0.034	118.4	0.124	0.690
БМЗД	0.635	494	21.2	0.134	13445	0.839	2E-11	0.148	23.9	0.060	0.977
НЛМ	0.520	468	21.4	0.130	8864	0.743	2E-11	0.122	91.8	0.018	0.962
ТВ	0.552	169	25.8	0.078	5719	0.822	1E-11	0.118	100.5	0.019	0.986
Байес	0.565	453	21.6	0.128	8671	0.758	2E-11	0.150	50.7	0.015	0.963
Вису-Шри Линк	0.488	454	21.6	0.128	10951	0.753	2E-11	0.099	38.4	0.038	0.966

Таблица-3

Значения критериев оценки эталона для изображения с добавленным спекл-шумом

Фильтры	Критерии оценки эталона										
	SSIM	MSE	PSNR	RMSE	ERGAS	MSSIM	RASE	VIFp	AD	NAE	NCC
Средний	0.528	6009	10.3	0.466	11743	0.797	6E-11	0.104	68.4	0.267	0.987
Винер	0.528	6007	10.3	0.466	11743	0.797	6E-11	0.104	68.4	0.267	0.988
Гаусс	0.521	6008	10.3	0.466	11725	0.786	6E-	0.108	68.4	0.267	0.985



							11				
Медианный	0.484	6029	10.3	0.467	11776	0.772	6E-11	0.092	68.5	0.267	0.983
Анизотропная диффузия	0.618	5994	10.4	0.466	11737	0.846	6E-11	0.120	68.6	0.268	0.995
Билатеральный	0.616	5995	10.4	0.466	11735	0.845	6E-11	0.108	68.7	0.268	0.996
Геометрический	0.582	6323	10.1	0.478	12046	0.823	6E-11	0.109	70.0	0.274	0.989
БМЗД	0.747	192	25.3	0.083	2818	0.913	1E-11	0.155	22.7	0.046	0.997
НЛМ	0.437	6145	10.2	0.471	12078	0.782	6E-11	0.103	68.9	0.269	0.969
ТВ	0.715	1052	17.9	0.195	4992	0.883	3E-11	0.153	29.9	0.110	0.996
Байес	0.477	4055	12.1	0.383	9779	0.811	5E-11	0.090	56.2	0.218	0.982
Вису-Шри Линк	0.607	1896	15.4	0.262	6629	0.836	4E-11	0.061	0.148	0.038	0.993

Таблица-4

Значения критериев оценки эталона для изображения с добавленным шумом Пуассона

Фильтры	Критерии оценки эталона										
	SSIM	MSE	PSNR	RMSE	ERGAS	MSSIM	RASE	VIFp	AD	NAE	NCC
Средний	0.749	48	31.3	0.042	1445	0.933	5.6E-12	0.225	112.2	0.017	0.9960
Винер	0.750	39	32.2	0.038	1444	0.933	5.0E-12	0.225	112.2	0.017	0.9967
Гаусс	0.766	40	32.1	0.038	1431	0.929	5.1E-12	0.248	113.2	0.017	0.9967
Медианный	0.699	42	31.9	0.039	1641	0.913	5.2E-12	0.203	113.8	0.019	0.9965
Анизотропная диффузия	0.774	38	32.3	0.037	1293	0.947	5.0E-12	0.211	109.5	0.016	0.9969
Билатеральный	0.767	28	33.6	0.032	1323	0.935	4.3E-12	0.178	109.8	0.015	0.9977
Геометрический	0.758	94	28.4	0.058	1934	0.939	7.8E-12	0.217	95.2	0.017	0.9923
БМЗД	0.765	33	33.0	0.034	1602	0.938	4.6E-12	0.184	68.7	0.017	0.9978
НЛМ	0.750	34	32.8	0.035	1394	0.941	4.7E-12	0.236	99.6	0.017	0.9972
ТВ	0.791	27	33.9	0.031	1297	0.949	4.2E-12	0.227	134.7	0.015	0.9980
Байес	0.739	43	31.8	0.040	1531	0.940	5.3E-12	0.209	71.7	0.019	0.9971
Вису-Шри Линк	0.738	52	30.9	0.043	1745	0.912	5.8E-12	0.119	65.7	0.022	0.9969

Таблица-5



Значения критериев оценки эталона для изображения с добавленным равномерным шумом

Фильтры	Критерии оценки эталона										
	SSIM	MSE	PSNR	RMSE	ERGAS	MSSIM	RASE	VIFp	AD	NAE	NCC
Средний	0.599	880	18.7	0.178	18634	0.871	2.4E-11	0.153	226.9	0.110	0.9924
Винер	0.599	867	18.7	0.177	18631	0.871	2.4E-11	0.153	226.9	0.109	0.9931
Гаусс	0.601	878	18.7	0.178	18722	0.860	2.4E-11	0.161	226.9	0.110	0.9926
Медианный	0.485	947	18.4	0.185	19173	0.798	2.5E-11	0.111	226.1	0.113	0.9903
Анизотропная диффузия	0.666	853	18.8	0.176	18399	0.912	2.4E-11	0.172	226.8	0.109	0.9940
Билатеральный	0.670	843	18.9	0.175	18381	0.908	2.3E-11	0.160	227.0	0.109	0.9953
Геометрический	0.656	801	19.1	0.170	16002	0.898	2.3E-11	0.168	227.9	0.104	0.9899
БМЗД	0.672	540	20.8	0.140	16501	0.911	1.9E-11	0.160	226.7	0.084	0.9954
НЛМ	0.616	837	18.9	0.174	18382	0.892	2.3E-11	0.157	227.3	0.107	0.9936
ТВ	0.683	817	19.0	0.172	18103	0.911	2.3E-11	0.186	227.4	0.107	0.9954
Байес	0.643	665	19.9	0.155	17386	0.903	2.1E-11	0.146	228.2	0.094	0.9946
Вису-Шри Линк	0.640	634	20.1	0.151	17306	0.873	2.0E-11	0.089	226.6	0.091	0.9941

Таблица-6

Значения критериев оценки эталона для изображения с добавленным шумом рисианским

Фильтры	Критерии оценки эталона										
	SSIM	MSE	PSNR	RMSE	ERGAS	MSSIM	RASE	VIFp	AD	NAE	NCC
Средний	0.270	1599	16.1	0.240	13028	0.505	3.2E-11	0.064	115.0	0.105	0.894
Винер	0.271	1592	16.1	0.240	13026	0.505	3.2E-11	0.064	115.0	0.105	0.895
Гаусс	0.249	1679	15.9	0.246	13366	0.483	3.3E-11	0.064	116.3	0.107	0.883
Медианный	0.256	1159	17.5	0.205	11463	0.534	2.7E-11	0.061	116.1	0.076	0.905
Анизотропная диффузия	0.526	1344	16.8	0.220	11842	0.651	3.0E-11	0.094	106.4	0.097	0.932
Билатеральный	0.354	2445	14.2	0.297	12471	0.601	4.0E-11	0.085	112.5	0.091	0.796
Геометрический	0.263	7423	9.4	0.518	12306	0.352	6.9E-11	0.059	92.8	0.205	0.513
БМЗД	0.481	2451	14.2	0.298	11706	0.668	4.0E-11	0.098	74.7	0.125	0.852

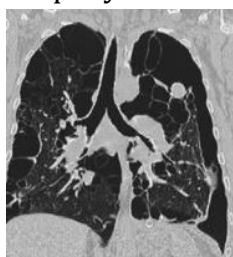
НЛМ	0.361	3041	13.3	0.332	12952	0.571	4.4E-11	0.088	118.4	0.097	0.748
ТВ	0.339	1748	15.7	0.251	14342	0.554	3.4E-11	0.086	191.8	0.098	0.843
Байес	0.227	2787	13.7	0.317	13301	0.552	4.2E-11	0.056	99.2	0.123	0.790
Вису-Шри Линк	0.441	1485	16.4	0.232	12310	0.665	3.1E-11	0.036	105.1	0.103	0.920

Таблица-7

Значения критериев оценки эталона для изображения с добавленным шумом Рэлея

Фильтры	Критерии оценки эталона										
	SSIM	MSE	PSNR	RMSE	ERGAS	MSSIM	RASE	VIFp	AD	NAE	NCC
Средний	0.744	549	20.7	0.141	4850	0.877	1.9E-11	0.291	225.6	0.041	0.954
Винер	0.744	541	20.8	0.140	4849	0.877	1.9E-11	0.291	225.6	0.041	0.955
Гаусс	0.782	559	20.7	0.142	4845	0.879	1.9E-11	0.355	231.4	0.041	0.954
Медианный	0.779	642	20.1	0.152	4713	0.917	2.0E-11	0.290	230.2	0.037	0.949
Анизотропная диффузия	0.717	480	21.3	0.132	4796	0.870	1.8E-11	0.216	214.4	0.040	0.960
Билатеральный	0.670	906	18.6	0.181	5187	0.839	2.4E-11	0.161	223.3	0.043	0.926
Геометрический	0.691	2907	13.5	0.324	5727	0.794	4.3E-11	0.235	223.8	0.076	0.769
БМЗД	0.697	1132	17.6	0.202	4905	0.858	2.7E-11	0.157	65.0	0.086	0.947
НЛМ	0.779	955	18.3	0.186	4803	0.870	2.5E-11	0.339	236.4	0.040	0.922
ТВ	0.688	791	19.2	0.169	5687	0.849	2.3E-11	0.201	235.8	0.058	0.942
Байес	0.791	942	18.4	0.185	5010	0.875	2.5E-11	0.411	236.9	0.038	0.923
Вису-Шри Линк	0.679	549	18.9	0.175	4378	0.835	2.3E-11	0.148	102.5	0.037	0.930

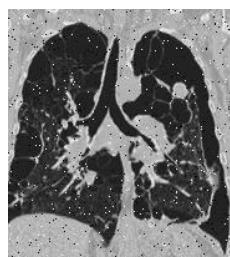
Методы фильтрации, оказавшиеся наиболее эффективными для каждого типа шума, показаны на рисунке 1 ниже:



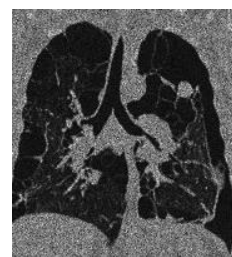
Исходное изображение



Изображение гауссовского



Шумное изображение с



Изображение со спекл-

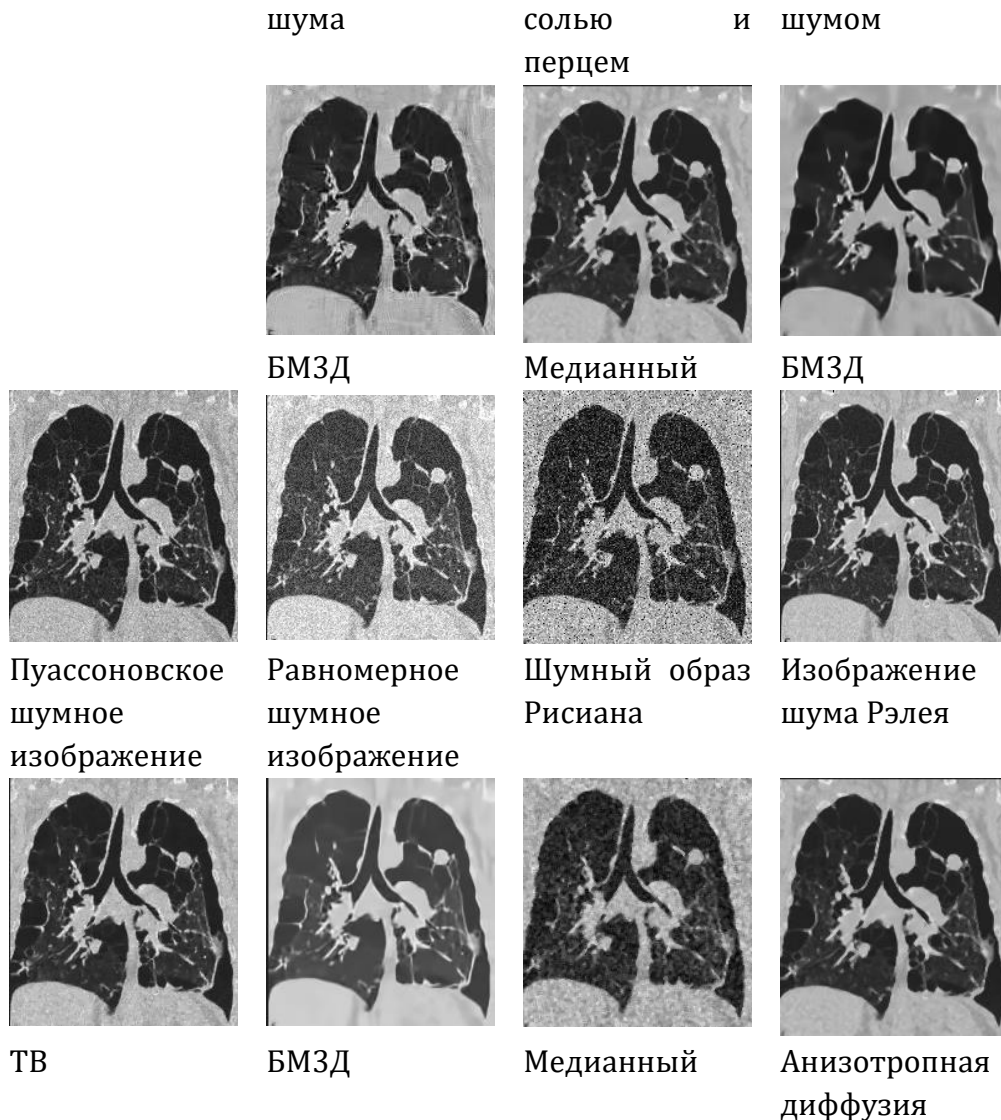


Рисунок 1. Изображения, полученные в результате метода фильтрации, подходящего для каждого типа шума.

ВЫВОДЫ. Для проверки различных методов шумоподавления в данной исследовательской работе к изображению МСКТ отдельно добавлялись различные типы шума и качество полученного изображения оценивалось по критериям SSIM, MSE, PSNR, RMSE, ERGAS, MSSIM, RASE, VIFp, AD, NAE, NCC.

По результатам расчетного эксперимента в качестве вывода были приняты следующие правила:

- БМЗД-фильтр гауссовского шума по критериям MSE, PSNR, MSSIM, NCC;
- Медианный фильтр по критерию VIFp для шума соли и перца;
- БМЗД-фильтр спекл-шума по критериям MSE, PSNR, RMSE, ERGAS, MSSIM, RASE, VIFp, AD, NAE;
- БМЗД-фильтр по критерию NCC для равномерного шума;
- SSIM, MSE, PSNR, RMSE, MSSIM, RASE, NAE, ТВ-фильтр критерия NCC для пуассоновского шума;
- MSE, PSNR, RMSE, RASE, критерий NAE медианный фильтр для шума Рисиана;



- Критерии MSE, PSNR, RMSE, RASE, NCC для шума Рэлея пришли к выводу, что анизотропный диффузионный фильтр дает хорошие результаты.

References:

1. M. Narzillo, A. Bakhtiyor, K. Shukrullo, O. Bakhodirjon and A. Gulbahor, "Peculiarities of face detection and recognition," 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670086.
2. N. S. Mamatov, B. A. Abdukadirov, A. N. Samijonov and B. N. Samijonov, "Method for false attack detection in face identification system," 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670153.
3. Narzillo, M., Abdurashid, S., Nilufar, N., Musokhon, D., & Erkin, R. (2020). Definition of line formula on images. *Journal of Physics: Conference Series*, 1441(1), 012150. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1441/1/012150>
4. Niyozmatova, N. A., Mamatov, N., Samijonov, A., Abdukadirov, B., & Abdullayeva, B. M. (2020). Algorithm for determining the coefficients of the interpolation polynomial of Newton with separated differences. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 862(4), 042019. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/862/4/042019>
5. Mamatov, N. S., Niyozmatova, N. A., Jalelova, M. M., Samijonov, A. N., and Tojiboyeva, Sh. X., "Methods for improving contrast of agricultural images," *E3S Web Conf.*, vol. 401, p. 4020, 2023. DOI: 10.1051/e3sconf/202340104020
6. Wang, Zhou & Bovik, Alan & Sheikh, Hamid & Simoncelli, Eero. (2004). Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity. *Image Processing, IEEE Transactions on*. 13. 600 - 612. 10.1109/TIP.2003.819861.
7. M. Gupta, H. Taneja, and L. Chand, "Performance enhancement and analysis of filters in ultrasound image denoising," *Procedia Computer Science*, vol. 132, pp. 643-652, 2018.
8. B. Goyall, A. Dogra¹, S. Agrawal¹, and B. S. Sohi, "Noise issues prevailing in various types of medical images," *Biomedical & Pharmacology Journal*, vol. 11, pp. 1227-1237, September 2018.
9. M. H. Ali, "MRI medical image denoising by fundamental filters," *SCIREA Journal of Computer*, vol. 2, pp. 12-26, 2017.
10. Priyanka Kamboj and Varsha Rani, "A Brief Study of Various Noise Model and filtering Techniques," *Journal of Global Research in Computer Science*, Volume 4, No 4, pp.166-171, April 2013.
11. Thanh, Dang & Prasath, Surya & Le Minh, Hieu. (2019). A Review on CT and X-Ray Images Denoising Methods. *Informatica*. 43. 151-159. 10.31449/inf.v43i2.2179.
12. J. S. Lee, "Digital image enhancement and noise filtering by use of local statistics," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 2, pp. 165-168, March 1980.
13. Perumal, B., Sindhiya, R., y Pallikonda, M. (2021). Extermination methods of image noises: a review. *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme, Edición Especial*, (noviembre, 2021), 243-259. <https://doi.org/10.17993/3ctecno.2021.specialissue8.243-259>



14. Nik, M.M.Pura & Se, S.V.Hal. (2018). A Review Paper: Study of Various Types of Noises in Digital Images. *International Journal of Engineering Trends and Technology*. 57. 40-43. 10.14445/22315381/IJETT-V57P208.
15. Bindhya, P & Jegan, Chitra & Raj, V. (2020). A Review on Methods of Enhancement And Denoising in Retinal Fundus Images. *INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER SCIENCES AND ENGINEERING*. 8. 1-9. 10.26438/ijcse/v8i12.19.
16. Muna Khalid Jasim, RehanHamdullah Najm, Emran Hassn Kanan, Hamza Esam Alfaar, Mohammed Otair (2019). Image Noise Removal Techniques: A Comparative Analysis. *International Journal of Science and Applied Information Technology*. 10.30534/ijcsait/2019/01862019
17. Bharati, Subrato & Khan, Tanvir & Podder, Prajoy & Hung, Nguyen. (2020). A Comparative Analysis of Image Denoising Problem: Noise Models, Denoising Filters and Applications. 10.1007/978-3-030-5588_3.
18. Maity, Alenrex & Chatterjee, Rishav. (2018). Impulsive Noise in Images: A Brief Review. *Computer Vision Graphics and Image Processing*. Vol 4. 6-15. 10.19101/TIPCV.2017.39025.
19. Garg, Gaurav & Juneja, Mamta. (2019). A survey of denoising techniques for multi-parametric prostate MRI. *Multimedia Tools and Applications*. 78. 10.1007/s11042-018-6487-2.
20. Bhonsle D, C.V., Sinha GR: 'Medical image denoising using bilateral filter', *Int J Image Gr Signal Process* 4, 2012, pp. 36-43
21. Uk, Ijeacs. (2017). Performance Assessment of Several Filters for Removing Salt and Pepper Noise, Gaussian Noise, Rayleigh Noise and Uniform Noise. *International Journal of Engineering and Applied Computer Science (IJEACS)*. 02. 176-180. 10.24032/ijeacs/0206/01.
22. Ikhsan, Mohammad. (2021). Comparative Analysis of Different Algorithms for Image Denoising. 10.13140/RG.2.2.29939.14883.
23. Perumal, B., Sindhiya, R., y Pallikonda, M. (2021). Extermination methods of image noises: a review. *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme, Edición Especial*, (noviembre, 2021), 243-259. <https://doi.org/10.17993/3ctecno.2021.specialissue8.243-259>
24. Kaur, Gurjinder & Garg, Meenu & Gupta, Sheifali & Gupta, Rupesh. (2021). Denoising of images using Thresholding Based on Wavelet Transform Technique. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 1022. 012031. 10.1088/1757-899X/1022/1/012031.