

Supplemental instrument

Multi-modal Medical Image Fusion via Multi-dictionary and Truncated Huber Filtering

Yuchan Jie¹ Xiaosong Li^{*1} Haishu Tan¹ Fuqiang Zhou² Gao Wang³

¹School of Physics and Optoelectronic Engineering, Foshan University, Foshan 528225, China;

²School of Instrumentation and Optoelectronics Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China;

³State Key Laboratory of Dynamic Measurement Technology, North University of China, Taiyuan 030051, China;

¹ *Corresponding author Email: lixiaosong@buaa.edu.cn (X. Li)

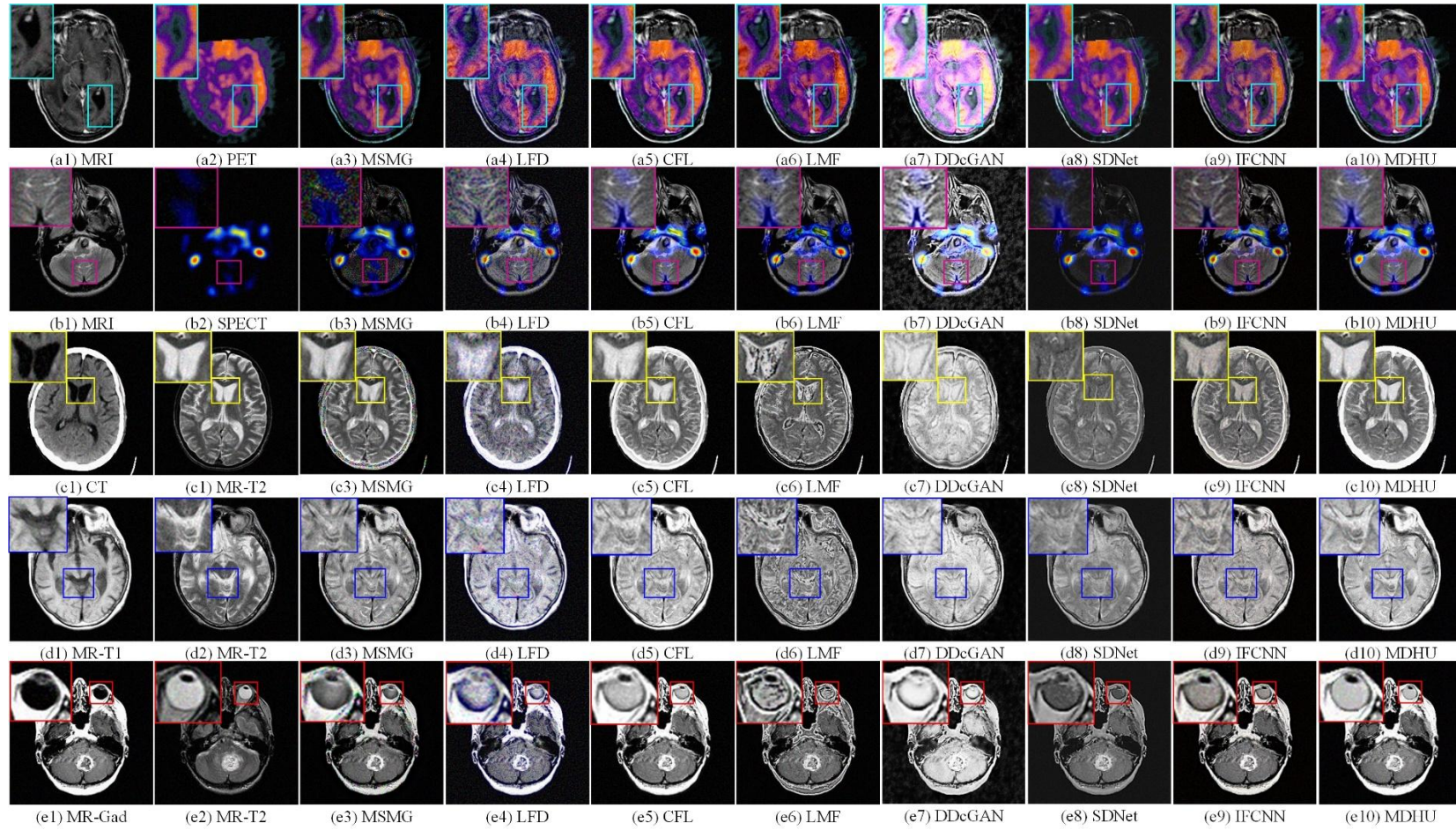


Fig.1. Subjective visual comparison of fused images obtained by different schemes with Gaussian noise 10.

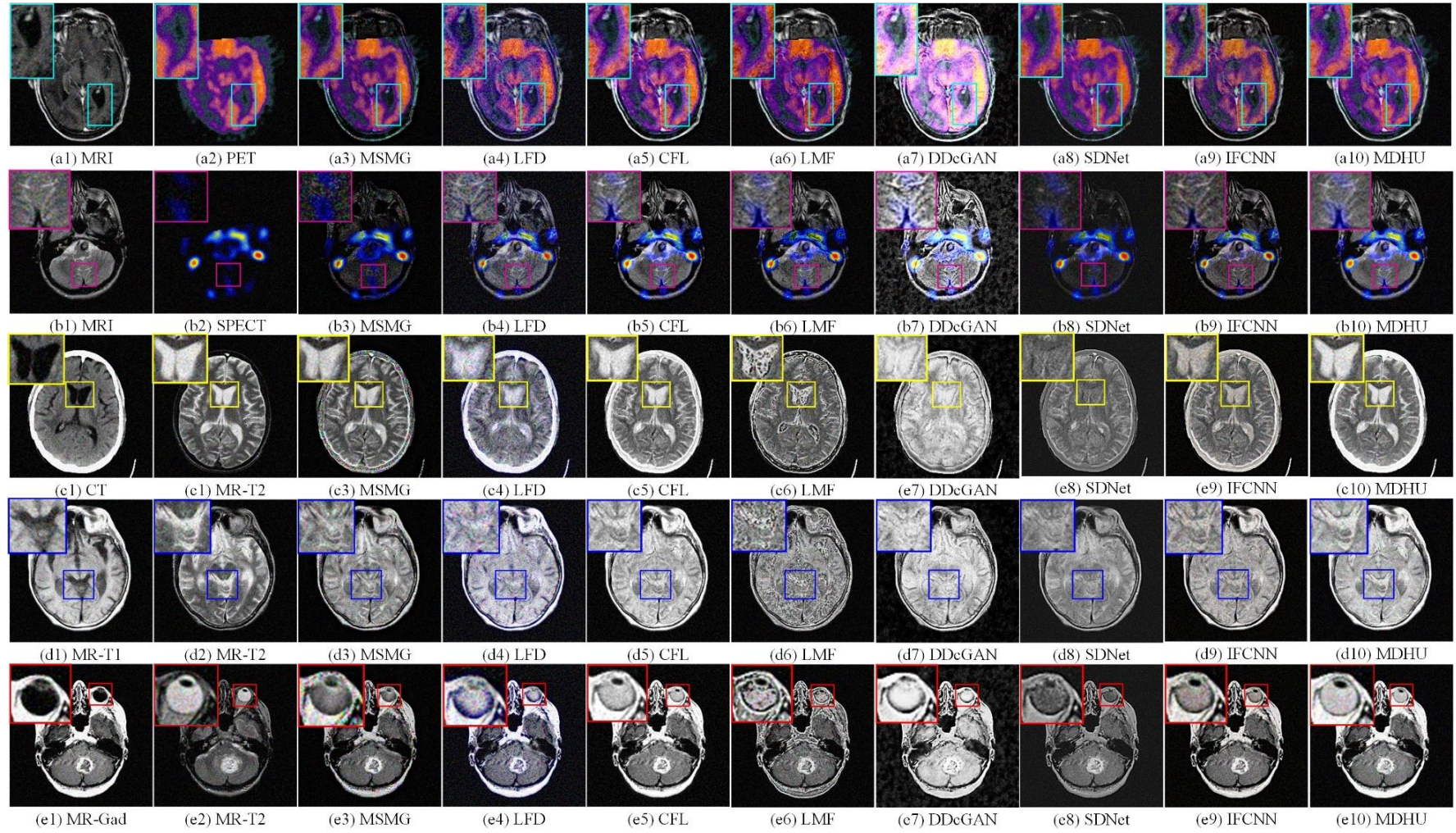


Fig.2. Subjective visual comparison of fused images obtained by different schemes with Gaussian noise 20.

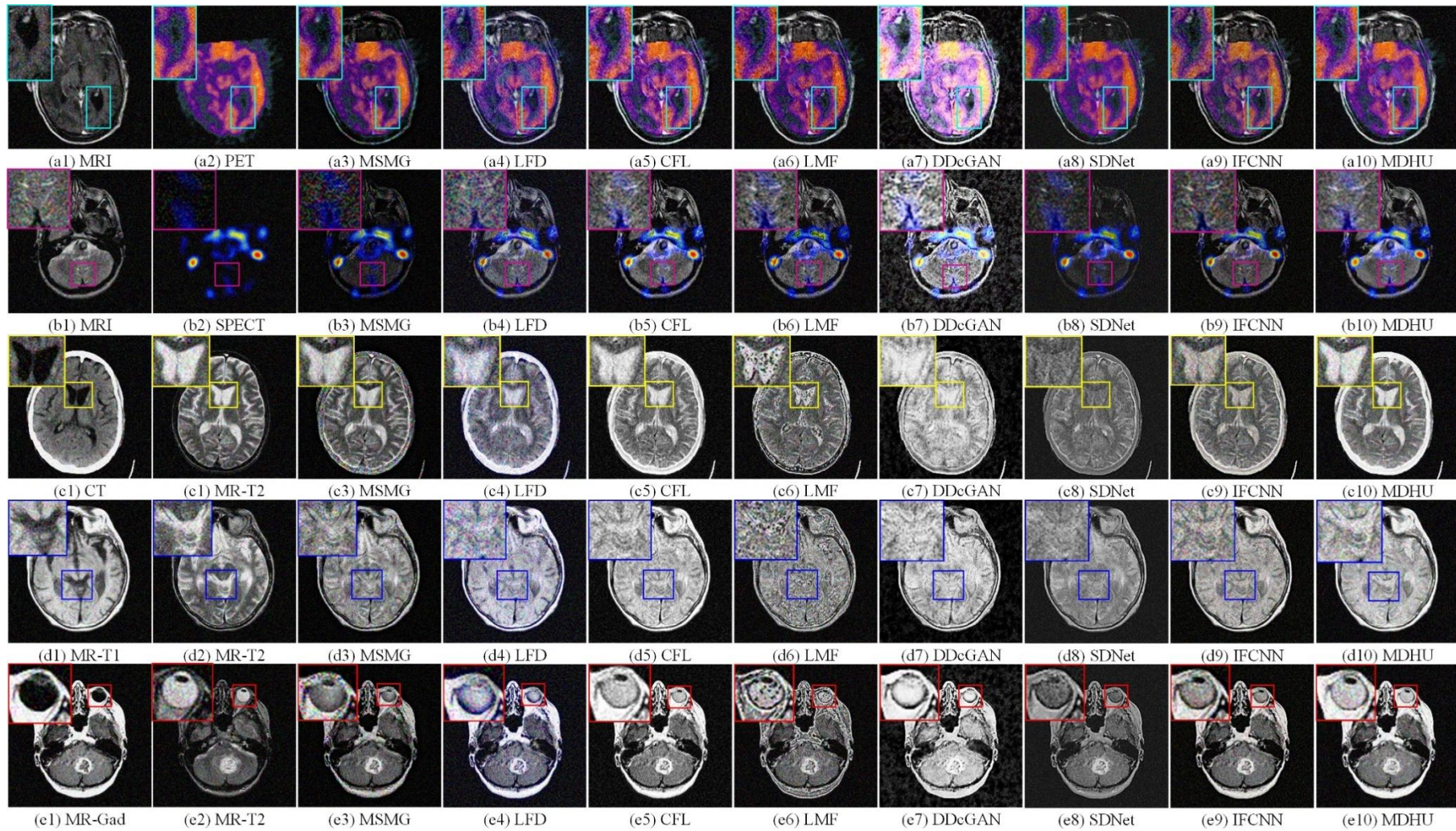


Fig.3. Subjective visual comparison of fused images obtained by different schemes with Gaussian noise 30.

Table 1 Objective evaluation of fused images with Gaussian noise 10.

Images	Metrics	MSMG	MLMG	LFD	CFL	LRD	LMF	DDcGAN	SDNet	IFCNN	U2Fusion	EMFusion	MATR	CDD	MDHU
MRI/PET	Q^{MI}	0.4949	0.4639	0.4201	0.5017	0.5212	0.5109	0.4374	0.4840	0.5047	0.5352	0.5499	0.5833	0.5261	0.5409
	Q^{NCIE}	0.8056	0.8054	0.8054	0.8061	0.8065	0.8062	0.8056	0.8056	0.8060	0.8057	0.8066	0.8071	0.8067	0.8067
	Q^G	0.1561	0.1408	0.1895	0.2418	0.2369	0.2425	0.1427	0.1477	0.2366	0.1790	0.2422	0.2540	0.2517	0.2529
	Q^M	0.1372	0.1239	0.1670	0.2085	0.2996	0.2902	0.1164	0.1530	0.2411	0.2437	0.2678	0.2934	0.2468	0.2971
	Q^S	0.4690	0.3723	0.3447	0.4850	0.4685	0.5044	0.2786	0.3196	0.5264	0.3563	0.5440	0.3926	0.4277	0.4984
	Q^{CB}	0.4135	0.3852	0.3800	0.4022	0.3397	0.3912	0.3826	0.2695	0.3986	0.3000	0.4201	0.3164	0.3703	0.3693
	GLCM	0.3050	0.2818	0.4774	0.5675	0.5462	0.5797	0.3510	0.2968	0.5619	0.3588	0.5587	0.5918	0.5860	0.5657
	SNR	16.6806	18.2570	17.0875	17.4254	17.6384	18.4540	11.0450	17.6165	18.5795	18.2204	19.5244	19.5949	16.5255	18.1591
MRI/SPECT	Q^{MI}	0.4634	0.4453	0.4316	0.5063	0.5314	0.5092	0.4244	0.4809	0.5040	0.5435	0.5570	0.5998	0.5310	0.5580
	Q^{NCIE}	0.8051	0.8050	0.8054	0.8061	0.8066	0.8061	0.8053	0.8055	0.8059	0.8057	0.8066	0.8074	0.8068	0.8069
	Q^G	0.1464	0.1346	0.1976	0.2484	0.2524	0.2394	0.1375	0.1427	0.2454	0.1867	0.2569	0.2652	0.2562	0.2657
	Q^M	0.1255	0.1188	0.1782	0.2394	0.2740	0.2804	0.0991	0.1376	0.2655	0.1797	0.2592	0.2626	0.2618	0.3008
	Q^S	0.4621	0.3649	0.3690	0.5041	0.4947	0.5136	0.2748	0.3243	0.5428	0.3703	0.5712	0.4240	0.4507	0.5231
	Q^{CB}	0.4089	0.3846	0.3973	0.4151	0.3699	0.3931	0.4029	0.2652	0.4070	0.3070	0.4467	0.3182	0.3838	0.3839
	GLCM	0.2999	0.2780	0.5195	0.6022	0.6003	0.5873	0.3520	0.2923	0.5942	0.3852	0.5986	0.6253	0.6112	0.6150
	SNR	19.5107	18.9074	18.6947	18.2107	18.5683	18.9666	19.0849	11.3001	18.4930	19.7211	18.6437	20.3807	19.8299	17.7386
CT/MR-T2	Q^{MI}	0.4966	0.5399	0.4521	0.5366	0.5347	0.5140	0.4284	0.4668	0.5187	0.5258	0.5892	0.6117	0.5403	0.5615
	Q^{NCIE}	0.8056	0.8062	0.8056	0.8064	0.8065	0.8061	0.8053	0.8053	0.8060	0.8056	0.8065	0.8077	0.8066	0.8067
	Q^G	0.2169	0.1744	0.1520	0.2401	0.2037	0.2347	0.1466	0.1669	0.2428	0.2009	0.1904	0.2555	0.2349	0.2277
	Q^M	0.1139	0.2028	0.1068	0.1524	0.1551	0.2217	0.1095	0.1148	0.1548	0.1156	0.1361	0.1426	0.1457	0.1817
	Q^S	0.5420	0.4317	0.3079	0.4946	0.4605	0.4760	0.2707	0.3445	0.5362	0.3659	0.5043	0.3480	0.4558	0.5019
	Q^{CB}	0.4145	0.3733	0.3616	0.3861	0.3401	0.3697	0.3578	0.2434	0.3872	0.2956	0.4445	0.3174	0.3704	0.3592
	GLCM	0.5000	0.4446	0.4643	0.4254	0.5254	0.4717	0.5450	0.3880	0.3828	0.5466	0.3583	0.4605	0.4416	0.5420
	SNR	14.7654	16.1464	16.1464	14.4906	14.8008	14.8008	14.2166	11.1866	15.4673	15.8048	14.8676	16.9253	18.2656	14.5438
MR-T2/ MR-Gad	Q^{MI}	0.6107	0.6374	0.5438	0.6154	0.6210	0.6030	0.5108	0.5640	0.6094	0.6248	0.6497	0.6670	0.6008	0.6437
	Q^{NCIE}	0.8076	0.8083	0.8075	0.8080	0.8084	0.8078	0.8070	0.8073	0.8079	0.8074	0.8081	0.8084	0.8081	0.8085
	Q^G	0.1915	0.2111	0.1786	0.2066	0.2014	0.2000	0.1629	0.1804	0.2103	0.1895	0.2006	0.1868	0.2136	0.2185
	Q^M	0.1098	0.2317	0.1330	0.1670	0.1959	0.2124	0.1104	0.1321	0.1602	0.1145	0.1226	0.1182	0.1780	0.2275
	Q^S	0.5449	0.4638	0.3222	0.4481	0.4195	0.4141	0.3020	0.3440	0.4939	0.3356	0.5108	0.2349	0.4048	0.4551
	Q^{CB}	0.4550	0.4160	0.4067	0.4225	0.3807	0.3766	0.4057	0.2777	0.4195	0.3304	0.5074	0.3326	0.4117	0.3993
	GLCM	0.5848	0.4857	0.5809	0.5235	0.5504	0.5503	0.5299	0.4642	0.4792	0.5566	0.4424	0.4668	0.3735	0.5714
	SNR	17.4425	17.2540	18.2569	16.8673	16.8118	17.3697	15.3904	11.1866	15.4673	15.8048	14.8676	16.9253	18.2656	14.5438
MR T1/	Q^{MI}	0.5506	0.5574	0.4899	0.5576	0.5649	0.5481	0.4868	0.5195	0.5535	0.5633	0.6173	0.6577	0.5631	0.5878

MR-T2	Q^{NCIE}	0.8081	0.8084	0.8077	0.8084	0.8088	0.8083	0.8075	0.8077	0.8083	0.8078	0.8093	0.8103	0.8087	0.8091
	Q^G	0.2527	0.2361	0.2023	0.2577	0.2392	0.2417	0.1856	0.2145	0.2600	0.2250	0.2736	0.2599	0.2694	0.2725
	Q^M	0.1589	0.2006	0.1246	0.1704	0.1788	0.2000	0.1048	0.1360	0.1691	0.1422	0.1722	0.1649	0.1673	0.2071
	Q^S	0.5798	0.4665	0.3655	0.5161	0.4807	0.4603	0.3371	0.3988	0.5542	0.4400	0.5610	0.3674	0.4918	0.5144
	Q^{CB}	0.4690	0.4159	0.4097	0.4401	0.3865	0.4139	0.4005	0.3155	0.4396	0.3787	0.4927	0.3919	0.4308	0.4169
	GLCM	0.4905	0.4633	0.4247	0.4942	0.4708	0.4738	0.3762	0.4225	0.4997	0.4197	0.4983	0.4529	0.5214	0.5149
	SNR	17.1498	17.1285	15.6265	16.0589	16.2163	15.4726	12.7015	16.5111	17.1649	16.9730	18.1544	18.7542	16.1027	16.3738

Table 2 Objective evaluation of fused images with Gaussian noise 20.

Images	Metrics	MSMG	MLMG	LFD	CFL	LRD	LMF	DDcGAN	SDNet	IFCNN	U2Fusion	EMFusion	MATR	CDD	MDHU
MRI/PET	Q^{MI}	0.4255	0.3928	0.3877	0.4325	0.4529	0.4248	0.4020	0.4118	0.4320	0.4701	0.4666	0.4750	0.4417	0.4567
	Q^{NCIE}	0.8050	0.8048	0.8050	0.8054	0.8058	0.8053	0.8052	0.8053	0.8053	0.8053	0.8057	0.8058	0.8057	0.8058
	Q^G	0.1253	0.1124	0.1585	0.1882	0.1847	0.1813	0.1220	0.1188	0.1836	0.1458	0.1931	0.2028	0.1909	0.1916
	Q^M	0.1006	0.0905	0.1237	0.1420	0.1577	0.1577	0.0946	0.1104	0.1552	0.1864	0.1850	0.1918	0.1569	0.1644
	Q^S	0.3044	0.2510	0.2978	0.3544	0.3479	0.3367	0.2393	0.2641	0.3681	0.3233	0.3907	0.3487	0.3341	0.3566
	Q^{CB}	0.3987	0.3607	0.3602	0.3887	0.3222	0.3650	0.3971	0.2684	0.3779	0.3053	0.3605	0.3141	0.3459	0.3519
	GLCM	0.2519	0.2281	0.4080	0.4726	0.4510	0.4666	0.3111	0.2491	0.4632	0.3108	0.4698	0.4999	0.4802	0.4639
	SNR	18.2665	17.6150	16.5401	16.5868	16.7945	17.5521	11.0804	17.1654	17.9858	18.0226	18.9239	18.8502	15.9709	17.2811
MRI/SPECT	Q^{MI}	0.3950	0.3687	0.3942	0.4354	0.4559	0.4245	0.3902	0.4072	0.4321	0.4337	0.4730	0.4970	0.4447	0.4645
	Q^{NCIE}	0.8046	0.8045	0.8050	0.8054	0.8058	0.8053	0.8050	0.8049	0.8053	0.8049	0.8058	0.8061	0.8057	0.8058
	Q^G	0.1158	0.1076	0.1601	0.1871	0.1878	0.1739	0.1165	0.1156	0.1830	0.1434	0.1967	0.2025	0.1882	0.1922
	Q^M	0.0968	0.0879	0.1286	0.1490	0.1574	0.1564	0.0820	0.1054	0.1633	0.1394	0.1804	0.1754	0.1598	0.1636
	Q^S	0.2951	0.2454	0.3135	0.3687	0.3662	0.3428	0.2347	0.2707	0.3805	0.3277	0.4153	0.3727	0.3511	0.3742
	Q^{CB}	0.3949	0.3628	0.3775	0.4026	0.3465	0.3668	0.4183	0.2673	0.3856	0.2926	0.3821	0.3171	0.3571	0.3649
	GLCM	0.2392	0.2253	0.4323	0.4910	0.4810	0.4607	0.3092	0.2443	0.4785	0.3212	0.4943	0.5144	0.4919	0.4909
	SNR	18.5435	18.0262	17.4179	17.5394	17.8384	18.0445	11.3567	17.9442	18.8863	18.3554	19.6254	19.0867	16.8522	18.4216
CT/MR-T2	Q^{MI}	0.4401	0.4839	0.4271	0.4795	0.4799	0.4333	0.3942	0.4125	0.4593	0.4703	0.5210	0.5039	0.4750	0.4912
	Q^{NCIE}	0.8052	0.8058	0.8054	0.8059	0.8060	0.8053	0.8050	0.8049	0.8056	0.8051	0.8059	0.8062	0.8059	0.8060
	Q^G	0.1636	0.1488	0.1375	0.1877	0.1636	0.1793	0.1296	0.1416	0.1902	0.1551	0.1595	0.1938	0.1825	0.1833
	Q^M	0.0768	0.1345	0.0882	0.1083	0.1022	0.1240	0.0963	0.0929	0.1128	0.0963	0.1099	0.1005	0.1089	0.1165
	Q^S	0.3711	0.3000	0.2657	0.3577	0.3365	0.3147	0.2326	0.2881	0.3788	0.3121	0.3586	0.2959	0.3418	0.3626
	Q^{CB}	0.3992	0.3596	0.3494	0.3699	0.3248	0.3522	0.3884	0.2438	0.3706	0.2945	0.3670	0.3136	0.3503	0.3506
	GLCM	0.3683	0.4294	0.3990	0.4615	0.4206	0.4718	0.3649	0.3485	0.4815	0.2739	0.4261	0.3677	0.4774	0.4533
	SNR	15.3295	15.7208	14.3227	14.2003	14.4909	13.9716	11.3462	15.1164	15.5032	13.3548	16.5479	17.5220	14.2230	14.5140
MR-T2/MR-Gad	Q^{MI}	0.5409	0.5643	0.5134	0.5596	0.5574	0.5226	0.4765	0.5091	0.5449	0.5687	0.5829	0.5560	0.5374	0.5635
	Q^{NCIE}	0.8070	0.8076	0.8072	0.8076	0.8078	0.8071	0.8067	0.8069	0.8074	0.8069	0.8075	0.8072	0.8075	0.8078
	Q^G	0.1521	0.1816	0.1637	0.1799	0.1743	0.1645	0.1470	0.1565	0.1809	0.1520	0.1615	0.1457	0.1815	0.1818
	Q^M	0.0786	0.1400	0.1118	0.1214	0.1272	0.1176	0.0941	0.1011	0.1183	0.1052	0.1089	0.0884	0.1279	0.1305
	Q^S	0.3560	0.3304	0.2904	0.3338	0.3215	0.2729	0.2759	0.3032	0.3529	0.2975	0.3377	0.2053	0.3191	0.3329
	Q^{CB}	0.4421	0.4030	0.3985	0.4053	0.3628	0.3577	0.4412	0.2765	0.4043	0.3355	0.4079	0.3272	0.3931	0.3807
	GLCM	0.4109	0.5321	0.4932	0.5089	0.5047	0.4674	0.4350	0.4380	0.5128	0.3717	0.4203	0.3118	0.5232	0.5277
	SNR	16.8124	17.5832	16.3021	16.1632	16.5913	15.0786	13.1719	16.0644	17.1479	13.7461	17.2385	18.0329	15.9930	16.7537
MR_T1/MR-T2	Q^{MI}	0.4942	0.4971	0.4639	0.5074	0.5103	0.4724	0.4570	0.4668	0.4957	0.5138	0.5539	0.5546	0.4984	0.5166
	Q^{NCIE}	0.8074	0.8077	0.8074	0.8078	0.8081	0.8073	0.8072	0.8071	0.8076	0.8072	0.8084	0.8085	0.8078	0.8081
	Q^G	0.2060	0.1980	0.1813	0.2160	0.2027	0.1914	0.1610	0.1842	0.2149	0.1816	0.2221	0.2114	0.2182	0.2216
	Q^M	0.1076	0.1287	0.1040	0.1230	0.1214	0.1156	0.0874	0.1049	0.1253	0.1230	0.1407	0.1221	0.1165	0.1302
	Q^S	0.4279	0.3473	0.3225	0.4015	0.3758	0.3262	0.2940	0.3458	0.4179	0.3579	0.4270	0.3318	0.3856	0.3938
	Q^{CB}	0.4540	0.4023	0.3975	0.4208	0.3683	0.3917	0.4216	0.3121	0.4212	0.3810	0.4308	0.3786	0.4107	0.3950
	GLCM	0.4236	0.4085	0.3915	0.4460	0.4231	0.4035	0.3380	0.3778	0.4480	0.3520	0.4405	0.3878	0.4591	0.4538
	SNR	16.8947	16.6632	15.3786	15.5335	15.7292	15.0903	12.7701	16.0781	16.7496	14.1111	17.8199	18.0208	15.5667	15.9259

Table 3 Objective evaluation of fused images with Gaussian noise 30.

Images	Metrics	MSMG	MLMG	LFD	CFL	LRD	LMF	DDcGAN	SDNet	IFCNN	U2fusion	EMFusio	MATR	CDD	MDHU
--------	---------	------	------	-----	-----	-----	-----	--------	-------	-------	----------	---------	------	-----	------

n															
MRI/PET	Q ^{MI}	0.3764	0.3451	0.3633	0.3918	0.4061	0.3694	0.3817	0.3817	0.3823	0.4179	0.4140	0.4170	0.3858	0.4058
	Q ^{NCIE}	0.8046	0.8044	0.8048	0.8050	0.8053	0.8048	0.8050	0.8049	0.8049	0.8049	0.8052	0.8052	0.8051	0.8052
	Q ^G	0.1057	0.0952	0.1364	0.1499	0.1499	0.1427	0.1072	0.1072	0.1479	0.1249	0.1595	0.1691	0.1525	0.1515
	Q ^M	0.0833	0.0719	0.0994	0.1052	0.1433	0.1094	0.0808	0.0808	0.1146	0.1501	0.1429	0.1443	0.1129	0.1145
	Q ^S	0.2313	0.1985	0.2625	0.2850	0.2836	0.2621	0.2121	0.2121	0.2973	0.2902	0.3320	0.3071	0.2782	0.2843
	Q ^{CB}	0.3833	0.3418	0.3422	0.3729	0.3070	0.3452	0.3983	0.3983	0.3577	0.3118	0.3460	0.3050	0.3308	0.3358
	GLCM	0.2130	0.1935	0.1935	0.3906	0.3747	0.3782	0.2774	0.2148	0.3830	0.2720	0.3954	0.4253	0.3976	0.3796
	SNR	17.6987	16.7928	16.7928	15.7593	15.9029	16.5926	11.1046	16.6435	17.2111	17.7224	18.2449	18.0737	15.3331	16.3988
MRI/SPECT	Q ^{MI}	0.3442	0.3166	0.3659	0.3908	0.4068	0.3657	0.3691	0.3534	0.3806	0.4205	0.4218	0.4421	0.3867	0.4078
	Q ^{NCIE}	0.8042	0.8040	0.8047	0.8050	0.8052	0.8046	0.8048	0.8044	0.8048	0.8048	0.8052	0.8055	0.8050	0.8052
	Q ^G	0.0973	0.0910	0.1339	0.1452	0.1476	0.1326	0.1010	0.0973	0.1435	0.1232	0.1583	0.1650	0.1468	0.1449
	Q ^M	0.0807	0.0719	0.1019	0.1062	0.1136	0.1058	0.0716	0.0858	0.1177	0.1271	0.1420	0.1343	0.1145	0.1141
	Q ^S	0.2227	0.1922	0.2716	0.2924	0.2938	0.2612	0.2055	0.2203	0.3038	0.3008	0.3503	0.3243	0.2878	0.2911
	Q ^{CB}	0.3793	0.3485	0.3586	0.3822	0.3291	0.3470	0.4204	0.2675	0.3639	0.3187	0.3649	0.3083	0.3429	0.3452
	GLCM	0.1977	0.1918	0.3633	0.3970	0.3883	0.3603	0.2779	0.2080	0.3852	0.2741	0.4080	0.4291	0.3995	0.1977
	SNR	17.9989	17.1751	16.7229	16.5060	16.6900	17.0059	11.4129	17.1994	17.8994	18.1191	18.8125	18.3102	15.9494	17.9989
CT/MR-T2	Q ^{MI}	0.3997	0.4462	0.4057	0.4356	0.4422	0.3824	0.3752	0.3773	0.4201	0.4305	0.4787	0.4458	0.4322	0.4486
	Q ^{NCIE}	0.8048	0.8055	0.8052	0.8055	0.8056	0.8048	0.8048	0.8047	0.8052	0.8048	0.8056	0.8055	0.8055	0.8056
	Q ^G	0.1330	0.1331	0.1258	0.1529	0.1389	0.1445	0.1178	0.1226	0.1567	0.1242	0.1414	0.1574	0.1510	0.1522
	Q ^M	0.0615	0.0992	0.0752	0.0811	0.0806	0.0836	0.0898	0.0765	0.0897	0.0909	0.0937	0.0776	0.0853	0.0874
	Q ^S	0.2833	0.2401	0.2373	0.2826	0.2710	0.2393	0.2071	0.2359	0.3036	0.2700	0.3048	0.2486	0.2782	0.2886
	Q ^{CB}	0.3869	0.4462	0.3403	0.3533	0.3133	0.3371	0.3979	0.2431	0.3554	0.2999	0.3660	0.3040	0.3397	0.3393
	GLCM	0.3075	0.3965	0.3710	0.4052	0.3751	0.4072	0.3425	0.3115	0.4220	0.2002	0.3919	0.3109	0.4219	0.4059
	SNR	15.0582	15.1930	14.0580	13.7260	14.0291	13.6339	11.4855	14.6796	15.0665	12.4156	16.1582	16.7667	13.8457	14.1369
MR-T2/MR-Gad	Q ^{MI}	0.4897	0.5177	0.4885	0.5136	0.5148	0.4686	0.4604	0.4695	0.5027	0.5247	0.5367	0.4957	0.4950	0.5179
	Q ^{NCIE}	0.8063	0.8072	0.8070	0.8072	0.8074	0.8066	0.8066	0.8065	0.8070	0.8065	0.8071	0.8066	0.8071	0.8073
	Q ^G	0.1257	0.1590	0.1493	0.1565	0.1529	0.1383	0.1330	0.1376	0.1581	0.1256	0.1408	0.1207	0.1581	0.1545
	Q ^M	0.0604	0.1102	0.0886	0.0961	0.0979	0.0786	0.0831	0.0849	0.0943	0.0942	0.0918	0.0741	0.0987	0.0947
	Q ^S	0.2697	0.2791	0.2667	0.2816	0.2769	0.2205	0.2528	0.2644	0.2994	0.2638	0.2916	0.1792	0.2770	0.2800
	Q ^{CB}	0.4208	0.3940	0.3909	0.3940	0.3566	0.3565	0.4471	0.2776	0.3922	0.3423	0.4082	0.3209	0.3881	0.3711
	GLCM	0.3505	0.4833	0.4566	0.4623	0.4568	0.4076	0.4042	0.3969	0.4671	0.2984	0.3765	0.2634	0.4759	0.4691
	SNR	16.3819	16.7902	15.7587	15.3786	15.7301	14.6566	13.2071	15.5361	16.4969	12.4206	16.9660	17.3323	15.2670	15.9556
MR-T1/MR-T2	Q ^{MI}	0.4516	0.4560	0.4418	0.4659	0.4714	0.4197	0.4408	0.4262	0.4542	0.4734	0.5062	0.4951	0.4552	0.4719
	Q ^{NCIE}	0.8069	0.8072	0.8071	0.8074	0.8076	0.8067	0.8070	0.8067	0.8071	0.8067	0.8077	0.8076	0.8072	0.8075
	Q ^G	0.1725	0.1700	0.1633	0.1821	0.1748	0.1574	0.1426	0.1595	0.1823	0.1528	0.1896	0.1792	0.1828	0.1846
	Q ^M	0.0848	0.0967	0.0880	0.0927	0.0942	0.0817	0.0777	0.0842	0.0983	0.1121	0.1175	0.0981	0.0931	0.0940
	Q ^S	0.3420	0.2866	0.2896	0.3305	0.3147	0.2615	0.2635	0.2951	0.3476	0.3118	0.3712	0.2941	0.3233	0.3242
	Q ^{CB}	0.4408	0.3911	0.3862	0.4083	0.3585	0.3816	0.4284	0.3090	0.4075	0.3815	0.4263	0.3657	0.3998	0.3814
	GLCM	0.3645	0.3604	0.3581	0.3977	0.3770	0.3446	0.3053	0.3340	0.3988	0.2901	0.3899	0.3338	0.4039	0.3953
	SNR	16.4554	16.0845	15.0460	14.8612	15.1068	14.6037	12.8066	15.5456	16.1760	12.5714	17.3888	17.2672	14.9953	15.3563

Table 4 Objective evaluation of fused images with Poisson noise.

Images	Metrics	MSMG	MLMG	LFD	CFL	LRD	LMF	DDcGAN	SDNet	IFCNN	U2Fusion	EMFusion	MATR	CDD	MDHU
--------	---------	------	------	-----	-----	-----	-----	--------	-------	-------	----------	----------	------	-----	------

MRI/PET	Q^{MI}	0.6239	0.6453	0.6024	0.7184	0.6685	0.8450	0.4818	0.6382	0.6647	0.6184	0.6640	0.8028	0.7835	0.9496
	Q^{NCIE}	0.8065	0.8064	0.8066	0.8077	0.8075	0.8103	0.8056	0.8065	0.8067	0.8060	0.8065	0.8104	0.8093	0.8135
	Q^G	0.5663	0.6278	0.6209	0.7292	0.6864	0.7325	0.1258	0.5389	0.7137	0.5848	0.5763	0.5760	0.7581	0.7778
	Q^M	0.5097	0.2643	0.2633	0.5287	0.4584	1.5655	0.1045	0.1721	0.3280	0.1655	0.1590	0.3865	0.7007	1.7716
	Q^S	0.7667	0.7931	0.7984	0.8749	0.8463	0.8588	0.1993	0.3355	0.8849	0.3405	0.7204	0.4089	0.8848	0.8795
	Q^{CB}	0.5541	0.6293	0.6015	0.6488	0.5729	0.6650	0.2418	0.2426	0.6549	0.2829	0.6011	0.3163	0.6536	0.6493
	GLCM	0.4672	0.4188	0.5370	0.6218	0.5577	0.6560	0.1608	0.3039	0.6087	0.3516	0.2491	0.6690	0.6678	0.6464
	SNR	18.6557	18.3478	18.0163	17.8585	17.4949	18.8470	10.0799	18.0165	18.7463	18.1926	18.8967	20.1516	20.6874	18.8392
MRI/SPE CT	Q^{MI}	0.6034	0.6542	0.6504	0.7398	0.7084	0.8696	0.4916	0.6482	0.6727	0.6259	0.6763	0.8224	0.9175	1.0235
	Q^{NCIE}	0.8059	0.8063	0.8070	0.8079	0.8082	0.8112	0.8057	0.8066	0.8069	0.8060	0.8064	0.8113	0.8128	0.8156
	Q^G	0.5898	0.6466	0.6843	0.7569	0.7410	0.7591	0.1069	0.5251	0.7511	0.6074	0.5707	0.6175	0.8246	0.8390
	Q^M	0.2882	0.1780	0.2585	0.4242	0.6064	1.5726	0.0843	0.1531	0.3561	0.1615	0.1307	0.4270	1.0030	1.6930
	Q^S	0.7680	0.7784	0.8474	0.8984	0.8852	0.8868	0.1719	0.3372	0.9027	0.3518	0.6969	0.4456	0.9121	0.9086
	Q^{CB}	0.5724	0.6461	0.6555	0.6741	0.6313	0.6963	0.2154	0.2501	0.6830	0.2937	0.6130	0.3204	0.7333	0.6961
	GLCM	0.4113	0.3846	0.5969	0.6720	0.6480	0.6779	0.1405	0.3048	0.6485	0.3812	0.1987	0.7174	0.7584	0.7067
	SNR	18.4854	18.2429	19.5798	19.1323	19.1045	20.1326	10.2066	18.8184	19.9705	18.6537	19.3752	20.3763	25.4161	19.9152
CT/MR- T2	Q^{MI}	0.6007	0.6239	0.5785	0.7324	0.7109	0.7835	0.4916	0.4916	0.6678	0.6048	0.6784	0.8241	0.7043	0.9292
	Q^{NCIE}	0.8068	0.8068	0.8071	0.8094	0.8093	0.8092	0.8061	0.8061	0.8074	0.8065	0.8079	0.8124	0.8081	0.8119
	Q^G	0.5321	0.4882	0.4523	0.7352	0.6610	0.6076	0.2320	0.2320	0.6577	0.5000	0.5775	0.5039	0.6410	0.5892
	Q^M	0.2201	0.1313	0.1368	0.4732	0.2987	0.9611	0.0772	0.0772	0.1886	0.1055	0.1272	0.2020	0.2576	0.9134
	Q^S	0.7578	0.7037	0.6572	0.8466	0.8067	0.7774	0.2985	0.2985	0.8376	0.3877	0.7759	0.3683	0.8030	0.7860
	Q^{CB}	0.5250	0.5491	0.5018	0.5892	0.5431	0.5677	0.2743	0.2743	0.5861	0.2903	0.5755	0.3210	0.5758	0.5511
	GLCM	0.5209	0.4199	0.4527	0.5675	0.5064	0.5712	0.3139	0.3139	0.5717	0.3670	0.4422	0.5059	0.5848	0.5320
	SNR	15.7550	15.8538	14.7401	14.8463	14.7872	14.3019	11.2496	11.2496	15.9730	15.9377	16.0349	18.8287	15.0256	14.8557
MR-T2/ MR-Gad	Q^{MI}	0.6996	0.7571	0.7329	0.7781	0.8078	0.9086	0.5794	0.7083	0.7720	0.7097	0.7690	0.8907	0.8009	1.1799
	Q^{NCIE}	0.8078	0.8080	0.8085	0.8085	0.8095	0.8104	0.8073	0.8080	0.8082	0.8077	0.8084	0.8114	0.8088	0.8175
	Q^G	0.5793	0.6805	0.6365	0.7233	0.6912	0.7108	0.1995	0.5890	0.7177	0.6495	0.6836	0.4851	0.7360	0.7761
	Q^M	0.1486	0.1425	0.1614	0.2196	0.4048	0.9854	0.0726	0.1090	0.1781	0.1109	0.1206	0.1664	0.2279	1.4864
	Q^S	0.8090	0.8159	0.8012	0.8663	0.8309	0.7958	0.2482	0.3557	0.8718	0.3511	0.8147	0.2447	0.8782	0.8518
	Q^{CB}	0.6166	0.7107	0.6803	0.7216	0.6735	0.6881	0.2598	0.3152	0.7222	0.3243	0.7233	0.3327	0.7192	0.7300
	GLCM	0.5416	0.5191	0.5361	0.5585	0.5584	0.5461	0.3319	0.4268	0.5612	0.4518	0.4796	0.4266	0.5877	0.6233
	SNR	17.6944	17.8806	17.8673	17.1755	17.5678	15.5726	12.4832	17.1091	17.8801	17.1304	17.5815	19.2883	17.5165	17.7312
MR_T1/ MR-T2	Q^{MI}	0.6158	0.6261	0.5844	0.6807	0.6927	0.7717	0.5338	0.6252	0.6670	0.6152	0.6853	0.8427	0.4171	0.9652
	Q^{NCIE}	0.8085	0.8085	0.8085	0.8094	0.8101	0.8112	0.8079	0.8087	0.8090	0.8081	0.8096	0.8143	0.8062	0.8182
	Q^G	0.5136	0.5135	0.4626	0.6375	0.5943	0.5775	0.2891	0.5036	0.6079	0.4900	0.5647	0.4946	0.3119	0.6379
	Q^M	0.2285	0.1480	0.1441	0.2314	0.3466	0.7213	0.0983	0.1490	0.1921	0.1329	0.1611	0.2206	0.0887	0.9929
	Q^S	0.7637	0.7066	0.6554	0.8136	0.7771	0.7205	0.3696	0.4514	0.8160	0.4461	0.7589	0.3830	0.3516	0.7660
	Q^{CB}	0.5667	0.5743	0.5419	0.6256	0.5664	0.5939	0.3353	0.3425	0.6142	0.3780	0.6207	0.3940	0.4357	0.6100
	GLCM	0.5239	0.4369	0.4427	0.5116	0.4981	0.4972	0.3722	0.4297	0.5179	0.4191	0.5149	0.5003	0.1540	0.5558

SNR	17.3121	17.1858	15.9462	16.3181	16.4461	15.6378	12.6030	16.9694	17.3088	17.0626	18.2535	19.2333	10.8325	16.5203
-----	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

Table 5 Objective evaluation of fused images with Pepper&salt noise.

Images	Metrics	MSMG	MLMG	LFD	CFL	LRD	LMF	DDcG AN	SDNet	IFCNN	U2Fusi on	EMFusi on	MATR	CDD	MDHU
MRI/PET	Q^{MI}	0.5835	0.5388	0.3956	0.5261	0.5015	0.7954	0.3259	0.4663	0.4024	0.3771	0.3964	0.5343	0.4572	0.8503
	Q^{NCIE}	0.8065	0.8067	0.8055	0.8073	0.8068	0.8103	0.8046	0.8058	0.8052	0.8047	0.8050	0.8083	0.8060	0.8121
	Q^G	0.4503	0.2328	0.3552	0.5522	0.5034	0.5504	0.2793	0.3075	0.4599	0.2129	0.2442	0.4496	0.5457	0.5438
	Q^M	0.1624	0.0650	0.0705	0.1321	0.1854	0.6001	0.0524	0.0630	0.0651	0.0354	0.0402	0.0739	0.1179	0.6522
	Q^S	0.5111	0.3167	0.5439	0.5552	0.5979	0.6092	0.2801	0.4970	0.6116	0.4109	0.4069	0.4741	0.6318	0.5925
	Q^{CB}	0.5836	0.4746	0.3970	0.4311	0.4396	0.4793	0.4747	0.3577	0.4520	0.4255	0.5001	0.4774	0.4900	0.4864
	GLCM	0.4070	0.2254	0.3268	0.4760	0.4273	0.4591	0.2694	0.3017	0.3922	0.1784	0.2247	0.4703	0.4762	0.4531
	SNR	16.9750	11.3261	14.7447	13.2592	14.3624	14.5503	10.6646	16.0364	15.8840	15.9738	16.1012	17.8782	14.4764	14.5278
MRI/SPE CT	Q^{MI}	0.5874	0.5372	0.4055	0.5335	0.5139	0.7932	0.3279	0.5718	0.4013	0.3823	0.4017	0.5623	0.4585	0.8339
	Q^{NCIE}	0.8062	0.8065	0.8056	0.8074	0.8070	0.8101	0.8045	0.8060	0.8052	0.8047	0.8050	0.8090	0.8060	0.8108
	Q^G	0.4437	0.2221	0.3637	0.5566	0.5124	0.5515	0.2789	0.0996	0.4621	0.2159	0.2405	0.4552	0.5462	0.4980
	Q^M	0.1708	0.0645	0.0741	0.1333	0.1934	0.5964	0.0528	0.0822	0.0648	0.0346	0.0405	0.0725	0.1193	0.7187
	Q^S	0.5091	0.3023	0.5491	0.5510	0.6014	0.6118	0.2654	0.1298	0.6112	0.4143	0.4077	0.4715	0.6270	0.5431
	Q^{CB}	0.5864	0.4813	0.4124	0.4386	0.4586	0.4863	0.4733	0.2724	0.4587	0.4344	0.5035	0.4799	0.4979	0.5043
	GLCM	0.4047	0.2154	0.3351	0.4812	0.4375	0.4600	0.2707	0.0574	0.3939	0.1803	0.2229	0.4713	0.4775	0.4258
	SNR	17.2861	11.3296	15.4068	13.6773	14.8319	14.8822	10.6571	15.3005	16.2930	16.2958	16.3889	18.0142	14.9083	14.7034
CT/MR- T2	Q^{MI}	0.5522	0.5592	0.4359	0.5209	0.5201	0.7932	0.3512	0.4618	0.4339	0.4132	0.4443	0.5822	0.4753	0.8437
	Q^{NCIE}	0.8064	0.8067	0.8060	0.8070	0.8070	0.8098	0.8049	0.8060	0.8056	0.8052	0.8058	0.8085	0.8061	0.8111
	Q^G	0.4462	0.2151	0.3492	0.5210	0.4789	0.5202	0.3236	0.3273	0.4550	0.2249	0.2803	0.4092	0.5199	0.5160
	Q^M	0.1451	0.0617	0.0771	0.1321	0.1664	0.5843	0.0550	0.0568	0.0624	0.0357	0.0420	0.0613	0.1057	0.5882
	Q^S	0.5052	0.2542	0.5386	0.5492	0.5887	0.5827	0.3336	0.5133	0.6091	0.4199	0.4359	0.4460	0.6288	0.5791
	Q^{CB}	0.5660	0.4594	0.3915	0.4283	0.4365	0.4627	0.4556	0.3581	0.4444	0.4028	0.5104	0.4459	0.4814	0.4739
	GLCM	0.4058	0.2317	0.3446	0.4573	0.4160	0.4471	0.3136	0.3162	0.3985	0.1976	0.2677	0.4517	0.4674	0.4523
	SNR	14.1696	10.3722	13.5756	12.2757	13.1753	12.7848	11.2867	14.4835	14.5004	14.6752	14.4923	16.2084	13.2324	12.9208
MR-T2/ MR-Gad	Q^{MI}	0.6392	0.6395	0.4988	0.5762	0.5967	0.8902	0.4183	0.5357	0.4927	0.4907	0.4907	0.6412	0.5268	1.0284
	Q^{NCIE}	0.8077	0.8085	0.8075	0.8084	0.8088	0.8122	0.8063	0.8075	0.8070	0.8068	0.8068	0.8105	0.8073	0.8156
	Q^G	0.4606	0.2266	0.3791	0.5347	0.5068	0.5549	0.3299	0.3254	0.4624	0.2769	0.2769	0.4365	0.5340	0.5561
	Q^M	0.1270	0.0680	0.0820	0.1264	0.1898	0.5943	0.0573	0.0595	0.0649	0.0441	0.0441	0.0672	0.1083	0.6947
	Q^S	0.5407	0.2860	0.5759	0.5806	0.6193	0.6167	0.3511	0.5364	0.6381	0.4635	0.4635	0.4814	0.6606	0.6214
	Q^{CB}	0.6083	0.4896	0.4357	0.4677	0.4739	0.4858	0.4790	0.4086	0.4780	0.5574	0.5574	0.4612	0.5189	0.5221

MR_T1/ MR-T2	GLCM	0.4180	0.2433	0.3847	0.4814	0.4539	0.4631	0.3280	0.3347	0.4164	0.2871	0.2871	0.4872	0.4853	0.4813
	SNR	15.1041	10.8189	14.9822	13.5161	14.2797	13.8918	11.9402	15.0643	15.4485	15.5666	15.5666	16.6673	14.2715	13.9615
	Q^{MI}	0.5647	0.5584	0.4489	0.5048	0.5313	0.7973	0.3862	0.4836	0.4509	0.4365	0.4658	0.5996	0.2877	0.8585
	Q^{NCIE}	0.8079	0.8084	0.8073	0.8081	0.8086	0.8128	0.8063	0.8075	0.8071	0.8066	0.8073	0.8111	0.8050	0.8152
	Q^G	0.4512	0.2309	0.3546	0.5008	0.4643	0.4971	0.3348	0.3354	0.4451	0.2476	0.3035	0.4422	0.1657	0.5139
	Q^M	0.1500	0.0610	0.0760	0.1201	0.1638	0.4885	0.0615	0.0632	0.0666	0.0408	0.0464	0.0718	0.0376	0.5613
	Q^S	0.5500	0.2987	0.5655	0.5801	0.6042	0.5880	0.3920	0.5549	0.6372	0.4723	0.4806	0.4709	0.0858	0.6045
	Q^{CB}	0.5914	0.4742	0.4353	0.4649	0.4610	0.4903	0.4948	0.4126	0.4874	0.4670	0.5600	0.5079	0.4058	0.5089
	GLCM	0.4241	0.2359	0.3425	0.4438	0.4088	0.4249	0.3426	0.3366	0.3957	0.2384	0.3101	0.4685	0.1411	0.4517
	SNR	15.6713	10.9619	14.2309	13.0581	14.0351	13.8106	12.2327	15.1393	15.3533	15.4753	15.8535	17.3407	9.3990	14.0755