

در برگردان راهنمای کاربری Nuke به واژه ی LUT (کوتاه شده ی Look Up Table) برخوردیم و چون نمی دانستیم چیست در اینترنت به جست و جوی معنا و کاربرد آن پرداختیم. LUT در زبان پارسی به "جدول جست و جو" معنا می شود؛ ولی با توجه به کاربری آن برگردان "جدول تبدیل ارزش" را برای آن مناسب تر دانستیم. به هر روی، هر یک از دوستان که با جدول جست و جو آشنایی داشته باشند، می توانند همین واژه را برای آن به کار بگیرند. آن چه در زیر می آید برگردانی از مقاله ی آقای Daisuke Nakano از شرکت Fuji Film است.

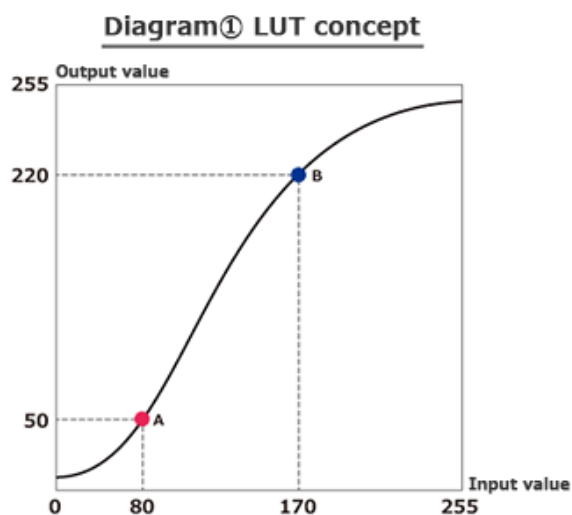
http://www.fujifilm.com/products/motion_picture/image_processing/is_mini/promotion/lut/index.html

پیش گفتار

زمانی که رنگ یک نگاره را تغییر می دهیم، معمولاً آن را با "ساخته شدن یک LUT" بیان می کنیم. این اصطلاح را کم و بیش به کار می بریم، ولی بیش تر مردم واقعاً در باره ی این کوچک ترین آگاهی ندارند. در این جا مرور کوتاهی خواهیم داشت به LUT و معنای آن.

1D LUT چیست؟

LUT، بسته به کاربری هایی که در صنعت دارد به نام های گوناگونی خوانده می شود: **lut**، **Cube**، **Table**، و **L.U.T**. به هر روی، این تنها یک جدول است که ارزش های بیرون رفت را از ارزش های درون رفت متناظرش به نمایش می گذارد. هنگامی که جدول LUT را در روند پردازشی یک نگاره به کار می گیرید، نقش آن این است که سه ارزش RGB از یک پیکربندی را به یک پیکربندی دیگر بر می گرداند.



در شکل روبرو یک LUT را به نمایش گذاشته ایم:

در این نمونه ی ساده نگاهی داریم به یک 1D-LUT، که تنها دارای یک درون رفت و یک بیرون رفت است که با عدد صحیح (integer) مشخص شده اند. آسه ی X درون رفت، و آسه ی Y بیرون رفت را نشان می دهد.

برای نمونه، اگر ارزش درون رفت برابر با 80 باشد، در بیرون رفت به 50 برگردانده می شود (نقطه ی A). به همین گونه، اگر ارزش درون رفت 170 باشد، در بیرون رفت به 220 برگردانده می شود (نقطه ی B).

خوب، اگر درون رفت 8bit باشد، به 256 ارزش بیرون رفت نیاز

داریم که هم گام با 256 ارزش درون رفت باشند: از 0 تا 255. اگر بخواهیم همه ی برگردان های ارزش های درون رفت به بیرون رفت را بنویسیم، نگاره ی زیر را خواهیم داشت.

این همان چیزی است که ما آن را یک LUT (1D-LUT) می خوانیم.

2 | Look Up Table (LUT)

در این نمونه ، ستون سمت چپ ارزش های درون رفت را نشان می دهد. ارزش های بیرون رفت که هم گام با ارزش های درون رفت هستند در ستون سمت راست به نمایش گذاشته شده اند. به طور اساسی ، ما داریم ارزش های روی یک جدول را جست و جو می کنیم ؛ بنا بر این ، نام Look Up Table از همین جا گرفته شده است.

بیا ببینیم به کمک یک جدول LUT ارزش RGB (80,80,80) را برگردانیم.

ارزش درون رفت 80 در بیرون رفت به 50 برگردانده می شود ؛ بنا بر این ، در بیرون رفت ارزش RGB به (50,50,50) برگردانده می شود.

اکنون بیا ببینیم به همین نمونه از دیدی نگاه بیاندازیم که هر یک از ارزش های R ، G ، و B جدول های LUT جداگانه دارند. در نگاره ی زیر ، سه جدول R-LUT ، G-LUT ، و B-LUT به کار می رود.

Diagram ② LUT example

Input value	Output value
0	5
1	6
2	8
3	10
79	47
80	50
81	53
169	218
170	220
171	222
252	248
253	250
254	252
255	254

Diagram ③ Three LUT: R.G.B

LUT for R		LUT for G		LUT for B	
Input value	Output value	Input value	Output value	Input value	Output value
0	5	0	10	0	0
1	6	1	12	1	0
2	8	2	13	2	1
3	10	3	15	3	1
79	47	79	72	79	25
80	50	80	75	80	25
81	53	81	77	81	26
252	242	252	251	252	234
253	245	253	252	253	236
254	248	254	253	254	238
255	251	255	255	255	240

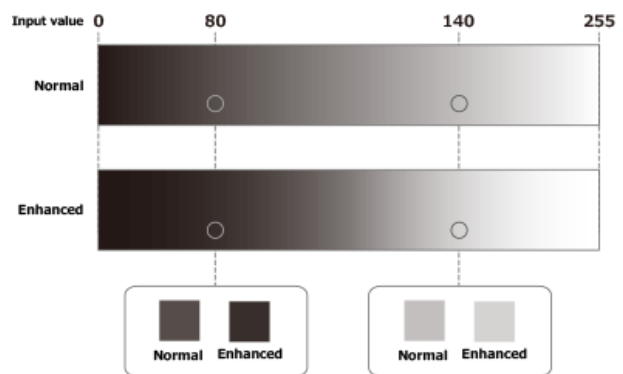
به نقطه ی C بر روی هر سه جدول نگاه کنید. درون رفت RGB (80,80,80) به بیرون رفت RGB (50,75,25) برگردانده شده است. همان گونه که می بینید هر یک از ارزش های R ، G ، و B به ارزش های گوناگونی برگردانده شده اند. بنا بر این ، برگرداندن رنگ ها کاری است که نمی شود آن را با جدول های RGB 1D-LUT اجرا کرد. جدول های 1D-LUT که تنها شدت را کنترل می کنند ، نمی توانند برگرداندن رنگ را انجام بدهند. در این جا ، به یک جدول پیچیده تر به نام 3D-LUT نیاز داریم.

3D-LUT چیست؟

پیش از این که به 3D-LUT بپردازیم ، می باید در باره ی دو اصطلاح تکنیکی بدانیم : "زیاد کردن اندازه ی رنگ مایه" و "افزایش اشباع". شاید به هنگام کار با این جمله سر و کار داشتید : "اگر اندازه ی رنگ مایه (Tone Scale) را زیاد کنیم ، اشباع (Saturation) نیز افزایش می یابد". در واقع ، زمانی که دارید اندازه ی رنگ مایه را با یک جدول 1D-LUT زیاد می کنید ، با افزایش اشباع نیز درگیر می شوید. در نگاره ی شماره ی ۱ تغییر اندازه ی رنگ مایه را با یک نگاره ی خاکستری رنگ نشان داده ایم. اگر اندازه ی درجه ی خاکستری را زیاد کنید (بالا بردن کنتراست) ، می بینید که "رنگ سفید سفیدتر ، و رنگ سیاه تاریک تر" می شود. اگر روند را وارونه کنید ، اصطلاح "پایین بردن رنگ مایه" (Soft Tone) را برای آن به کار می بریم.

3 | Look Up Table (LUT)

Figure 1 Color comparison of gray in an enhanced tone scale

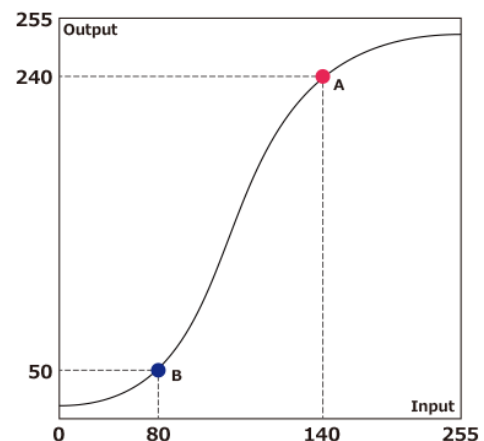


اکنون بیایید به دو نگاره ی زیر نگاهی بیاندازیم. در این جا می توانید برآیند عددی نمونه ی بالا را در نگاره ی شماره ی ۲، و نمودار آن را در نگاره ی شماره ی ۳ ببینید.

Figure 2 Color Enhanced 1D LUT (Reference Table)

R-LUT		G-LUT		B-LUT	
Input	Output	Input	Output	Input	Output
0	5	0	5	0	5
1	6	1	6	1	6
2	8	2	8	2	8
3	10	3	10	3	10
79	49	79	49	79	49
80	50	80	50	80	50
81	51	81	51	81	51
119	118	119	118	119	118
120	120	120	120	120	120
121	122	121	122	121	122
139	239	139	239	139	239
140	240	140	240	140	240
141	241	141	241	141	241
252	253	252	253	252	253
253	254	253	254	253	254
254	255	254	255	254	255
255	255	255	255	255	255

Figure 3 Color Enhanced 1D LUT (Graph)

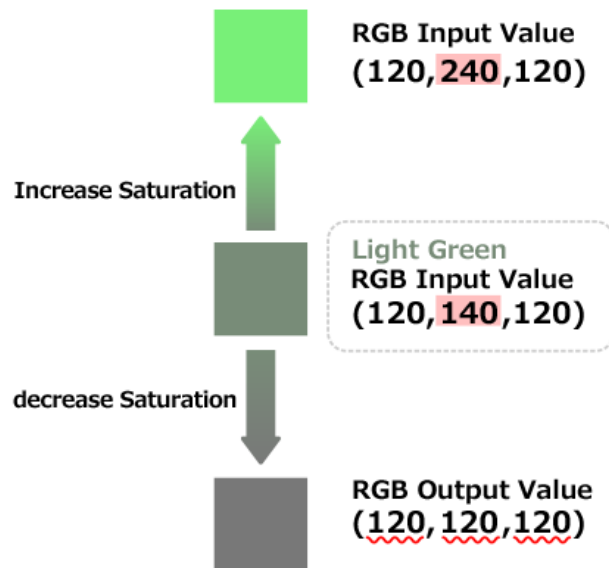


در نگاره ی ۲، ارزش درون رفت $RGB=(140,140,140)$ (نقطه ی **A**) به بیرون رفت $RGB=(240,240,240)$ برگردانده می شود. به سخنی دیگر، در تبدیل ارزش ها با جدول 1D-LUT "سفید، سفید تر می شود". به همین گونه، ارزش درون رفت $RGB=(80,80,80)$ (نقطه ی **B**) به ارزش بیرون رفت $RGB=(50,50,50)$ برگردانده می شود. یعنی "سیاه، تاریک تر می شود". به نگاره ی شماره ی ۴ نگاه کنید. در این جا می خواهیم ارزش های رنگ سبز روشن که دارای $RGB=(120,140,120)$ است را به کمک یک جدول 1D LUT (که اندازه ی رنگ مایه ی بالاتری را ممکن می سازد) برگردانیم.

نخست، ارزش درون رفت $RGB=(120,140,120)$ به ارزش بیرون رفت $RGB=(120,240,120)$ برگردانده می شود. در این جا می بینید که عنصر افزایش یافته (ارزش **G**)، بزرگ تر از میانگین ارزش **RGB** می شود. این یعنی این که اشباع افزایش می یابد.

اکنون اگر به شکلی وارونه، اندازه ی رنگ مایه (Tone Scale) کاهش داده شود، ارزش های **R**، **G**، و **B** به میانگین ارزش **RGB** نزدیک تر می شوند. هنگامی که هر یک از ارزش های **R**، **G**، و **B** با ارزش میانگین **RGB** (مانند $RGB=(120,120,120)$) یکی باشد، بارزترین مشخصه این خواهد بود که رنگ مایه ی رنگ، **Achromatic** (بی رنگی) می شود (در این جا خاکستری).

Figure 4 Increases saturation



اکنون بیایید به همین نمونه نگاهی بیاندازیم. برای زیاد کردن اندازه ی رنگ مایه ، رنگ خاکستری را در سه نقطه بر می گردانیم : یعنی ارزش درون رفت $RGB=(80,80,80)$ ، $RGB=(120,120,120)$ ، و $RGB=(140,140,140)$ ، را به ارزش بیرون رفت $RGB=(50,50,50)$ ، $RGB=(120,120,120)$ ، و $RGB=(240,240,240)$ بر می گردانیم. یک رنگ سبز روشن با ارزش درون رفت $RGB=(120,140,120)$ به ارزش $RGB=(120,240,120)$ برگردانده می شود ؛ که به افزایش اشباع می انجامد. این را می توانید با عدد نیز ببینید. اگر تلاش کنید اندازه ی رنگ مایه را با یک جدول 1D-LUT زیاد کنید ، در برآیند به دست آمده اشباع نیز افزایش می یابد.

اکنون اگر بخواهیم اندازه ی رنگ مایه ی خاکستری را زیاد کنیم ولی افزایشی در اشباع رنگ نداشته باشیم ، چه کار باید بکنیم؟ به سخنی دیگر ، زمانی که ارزش درون رفت رنگ خاکستری را از $RGB=(140,140,140)$ به ارزش بیرون رفت $RGB=(240,240,240)$ بر می گردانیم ، و بخواهیم ارزش درون رفت و بیرون رفت سبز روشن بر روی همان $RGB=(120,140,120)$ بماند ، چه کار می توانیم انجام بدهیم؟

نخست ، ممکن است به این فکر کنیم که در جدول 1D LUT ارزش درون رفت 140 و بیرون رفت 240 برای عنصر G به یک ارزش درون رفت 140 و یک بیرون رفت 140 بازنویسی می شود. پس از این ، رنگ سبز روشنی را به دست می آوریم که دارای یک ارزش درون رفت $RGB=(120,140,120)$ و ارزش بیرون رفت $RGB=(120,140,120)$ است. ولی ، برای یک اندازه ی رنگ مایه ی خاکستری با ارزش درون رفت برابر با $RGB=(140,140,140)$ ، برآیندی که به دست می آید یک ارزش بیرون رفت برابر با $RGB=(240,140,240)$ خواهد بود که یک رنگ ارغوانی (magenta) است (نگاره ی شماره ی ۵).

به طور مشخص نمی شود که هم زمان با به کارگیری یک 1D LUT برای برگرداندن هر دوی این ها ، به برآیند رضایت بخشی دست یافت. برگرداندن اندازه ی رنگ مایه ی خاکستری از ارزش های درون رفت $RGB=(140,140,140)$ به ارزش های بیرون رفت $RGB=(240,240,240)$ ، و رنگ سبز روشن از ارزش درون رفت $RGB=(120,140,120)$ به بیرون رفت $RGB=(120,140,120)$ ، هم زمان با هم شدنی نیست. پس باید چه کار کنیم؟

5 | Look Up Table (LUT)

یک روش ساده برای انجام این کار هست. همه ی آن چه باید انجام بدهیم این است که دو مجموعه از این ترکیب ها را در جدول LUT به همان شکلی که هستند نگه داریم : یعنی درون رفت $RGB(140,140,140)$ به بیرون رفت $RGB=(240,240,240)$ ، و درون رفت $RGB=(120,140,120)$ را به بیرون رفت $RGB=(120,140,120)$.

Figure 5 Example of 3D LUT

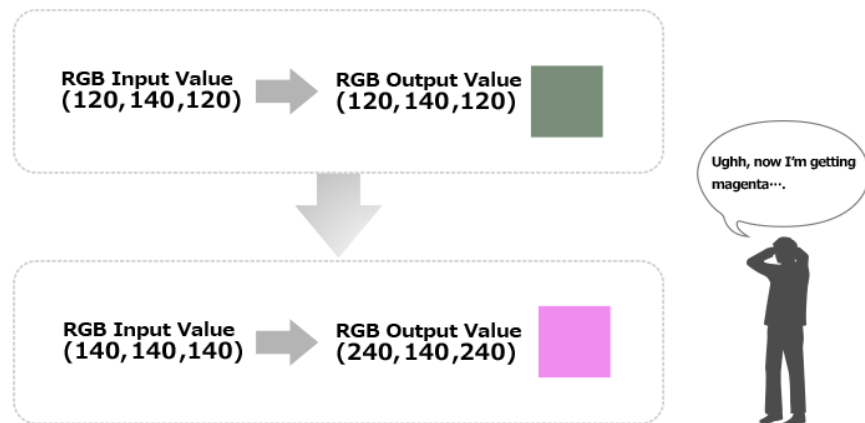


Figure 6 Example of 3D LUT

Rin	Gin	Bin	Rout	Gout	Bout
0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	2	3
0	0	2	2	3	4
0	0	3	3	4	5
0	0	4	4	5	6
0	0	5	5	6	7
0	0	6	6	7	8
0	0	7	7	8	9
0	0	8	8	9	10
0	0	9	9	10	11
0	0	10	10	11	12
0	0	11	11	12	13
0	0	12	12	13	14
0	0	13	13	14	15
0	0	14	14	15	16
0	0	15	15	16	17
0	0	16	16	17	18
0	0	17	17	18	19
0	0	18	18	19	20
0	0	19	19	20	21
0	0	20	20	21	22
0	0	21	21	22	23
0	0	22	22	23	24
0	0	23	23	24	25
0	0	24	24	25	26
0	0	25	25	26	27
0	0	26	26	27	28
0	0	27	27	28	29
0	0	28	28	29	30
0	0	29	29	30	31
0	0	30	30	31	32
0	0	31	31	32	33
0	0	32	32	33	34
0	0	33	33	34	35
0	0	34	34	35	36
0	0	35	35	36	37
0	0	36	36	37	38
0	0	37	37	38	39
0	0	38	38	39	40
0	0	39	39	40	41
0	0	40	40	41	42
0	0	41	41	42	43
0	0	42	42	43	44
0	0	43	43	44	45
0	0	44	44	45	46
0	0	45	45	46	47
0	0	46	46	47	48
0	0	47	47	48	49
0	0	48	48	49	50
0	0	49	49	50	51
0	0	50	50	51	52
0	0	51	51	52	53
0	0	52	52	53	54
0	0	53	53	54	55
0	0	54	54	55	56
0	0	55	55	56	57
0	0	56	56	57	58
0	0	57	57	58	59
0	0	58	58	59	60
0	0	59	59	60	61
0	0	60	60	61	62
0	0	61	61	62	63
0	0	62	62	63	64
0	0	63	63	64	65
0	0	64	64	65	66
0	0	65	65	66	67
0	0	66	66	67	68
0	0	67	67	68	69
0	0	68	68	69	70
0	0	69	69	70	71
0	0	70	70	71	72
0	0	71	71	72	73
0	0	72	72	73	74
0	0	73	73	74	75
0	0	74	74	75	76
0	0	75	75	76	77
0	0	76	76	77	78
0	0	77	77	78	79
0	0	78	78	79	80
0	0	79	79	80	81
0	0	80	80	81	82
0	0	81	81	82	83
0	0	82	82	83	84
0	0	83	83	84	85
0	0	84	84	85	86
0	0	85	85	86	87
0	0	86	86	87	88
0	0	87	87	88	89
0	0	88	88	89	90
0	0	89	89	90	91
0	0	90	90	91	92
0	0	91	91	92	93
0	0	92	92	93	94
0	0	93	93	94	95
0	0	94	94	95	96
0	0	95	95	96	97
0	0	96	96	97	98
0	0	97	97	98	99
0	0	98	98	99	100
0	0	99	99	100	101
0	0	100	100	101	102
0	0	101	101	102	103
0	0	102	102	103	104
0	0	103	103	104	105
0	0	104	104	105	106
0	0	105	105	106	107
0	0	106	106	107	108
0	0	107	107	108	109
0	0	108	108	109	110
0	0	109	109	110	111
0	0	110	110	111	112
0	0	111	111	112	113
0	0	112	112	113	114
0	0	113	113	114	115
0	0	114	114	115	116
0	0	115	115	116	117
0	0	116	116	117	118
0	0	117	117	118	119
0	0	118	118	119	120
0	0	119	119	120	121
0	0	120	120	121	122
0	0	121	121	122	123
0	0	122	122	123	124
0	0	123	123	124	125
0	0	124	124	125	126
0	0	125	125	126	127
0	0	126	126	127	128
0	0	127	127	128	129
0	0	128	128	129	130
0	0	129	129	130	131
0	0	130	130	131	132
0	0	131	131	132	133
0	0	132	132	133	134
0	0	133	133	134	135
0	0	134	134	135	136
0	0	135	135	136	137
0	0	136	136	137	138
0	0	137	137	138	139
0	0	138	138	139	140
0	0	139	139	140	141
0	0	140	140	141	142
0	0	141	141	142	143
0	0	142	142	143	144
0	0	143	143	144	145
0	0	144	144	145	146
0	0	145	145	146	147
0	0	146	146	147	148
0	0	147	147	148	149
0	0	148	148	149	150
0	0	149	149	150	151
0	0	150	150	151	152
0	0	151	151	152	153
0	0	152	152	153	154
0	0	153	153	154	155
0	0	154	154	155	156
0	0	155	155	156	157
0	0	156	156	157	158
0	0	157	157	158	159
0	0	158	158	159	160
0	0	159	159	160	161
0	0	160	160	161	162
0	0	161	161	162	163
0	0	162	162	163	164
0	0	163	163	164	165
0	0	164	164	165	166
0	0	165	165	166	167
0	0	166	166	167	168
0	0	167	167	168	169
0	0	168	168	169	170
0	0	169	169	170	171
0	0	170	170	171	172
0	0	171	171	172	173
0	0	172	172	173	174
0	0	173	173	174	175
0	0	174	174	175	176
0	0	175	175	176	177
0	0	176	176	177	178
0	0	177	177	178	179
0	0	178	178	179	180
0	0	179	179	180	181
0	0	180	180	181	182
0	0	181	181	182	183
0	0	182	182	183	184
0	0	183	183	184	185
0	0	184	184	185	186
0	0	185	185	186	187
0	0	186	186	187	188
0	0	187	187	188	189
0	0	188	188	189	190
0	0	189	189	190	191
0	0	190	190	191	192
0	0	191	191	192	193
0	0	192	192	193	194
0	0	193	193	194	195
0	0	194	194	195	196
0	0	195	195	196	197
0	0	196	196	197	198
0	0	197	197	198	199
0	0	198	198	199	200
0	0	199	199	200	201
0	0	200	200	201	202
0	0	201	201	202	203
0	0	202	202	203	204
0	0	203	203	204	205
0	0	204	204	205	206
0	0	205	205	206	207
0	0	206	206	207	208
0	0	207	207	208	209
0	0	208	208	209	210
0	0	209	209	210	211
0	0	210	210	211	212
0	0	211	211	212	213
0	0	212	212	213	214
0	0	213	213	214	215
0	0	214	214	215	216
0	0	215	215	216	217
0	0	216	216	217	218
0	0	217	217	218	219
0	0	218	218	219	220
0	0	219	219	220	221
0	0	220	220	221	222
0	0	221	221	222	223
0	0	222	222	223	224
0	0	223	223	224	225
0	0	224	224	225	226
0	0	225	225	226	227
0	0	226	226	227	228
0	0	227	227	228	229
0	0	228	228	229	230
0	0	229	229	230	231
0	0	230	230	231	232
0	0	231	231	232	233
0	0	232	232	233	234
0	0	233	233	234	235
0	0	234	234	235	236
0	0	235	235	236	237
0	0	236	236	237	238
0	0	237	237	238	239
0	0	238	238	239	240
0	0	239	239	240	241
0	0	240	240	241	242
0	0	241	241	242	243
0	0	242	242	243	244
0	0	243	243	244	245
0	0	244	244	245	246
0	0	245	245	246	247
0	0	246	246	247	248
0	0	247	247	248	249
0	0	248	248	249	250
0	0				

Figure 7 Original Image



Figure 8 1D LUT Image Transformation



Enhancing tone scale
also results increasing saturation

Figure 9 3D LUT Image Transformation



Tone scale enhanced,
but while not increasing saturation

و اما ، چیزی که باید بدانید این است که یک 3D LUT میزان بیش تری از حافظه را می گیرد. در یک 8bit 1D LUT تنها به ترکیب های $256 \times 3 = 768$ داده نیاز است. ولی یک 3D LUT به $256^3 = 16,777,216$ (16.77 میلیون) ترکیب نیاز دارد.