

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه علم و صنعت ایران

پاییز ۱۳۹۹

پاسخ تمرین سری سوم

مبانی بینایی کامپیوتر

۱. در شکل زیر ماتریس بالا، فیلتر و ماتریس پایین، تصویر هستند. برای zero-padding چند ردیف صفر به هر سمت از تصویر اضافه می‌گردد؟ با در نظر گرفتن zero-padding، تصویر را با فیلتر کانوالو کنید. در حالت BORDER_REFLECT تصویر را با فیلتر کانوالو کنید و نتیجه را با حالت قبل مقایسه کنید.

۱	۳	۱
۱	۰	۱
۱	۲	۱

فیلتر

۱	۲	۱	۶
۷	۱	۱	۱
۳	۱	۲	۰
۱	۴	۰	۲

تصویر

با توجه به این که ابعاد فیلتر ۳ در ۳ است پس نیاز است به هر سمت از تصویر یک ردیف صفر برای صفر افزونه اضافه شود. برای کانوالو کردن فیلتر با تصویر ابتدا لازم است فیلتر را ۱۸۰ درجه بچرخانیم.

۱	۲	۱
۱	۰	۱
۱	۳	۱

فیلتر ۱۸۰ درجه چرخیده

حالا به تصویر به تعداد لازم و کافی صفر می‌افزاییم.

۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰	۱	۲	۱	۶	۰
۰	۷	۱	۱	۱	۰
۰	۳	۱	۲	۰	۰
۰	۱	۴	۰	۲	۰
۰	۰	۰	۰	۰	۰

تصویر صفر افزوده شده

حالا مرکز فیلتر را بر روی هر نقطه از تصویر گذاشته و نظیر به نظیر ضرب می‌کنیم و نتیجه ضرب‌ها را جمع کرده و در آن خانه قرار می‌دهیم. یعنی به نوعی همبستگی فیلتر چرخیده شده با نقاط تصویر را محاسبه می‌کنیم. نتیجه به این صورت است.

۲۴	۱۳	۱۳	۵
۱۵	۲۲	۱۹	۱۶
۲۳	۲۸	۱۱	۱۱
۱۱	۸	۱۱	۲

نتیجه کانولوشن با صفر افزونه

در حالت BORDER_REFLECT هم باز با توجه به ابعاد فیلتر فقط نیاز به گسترش تا یک ردیف در هر سمت از تصویر است و باید همان نقطه مرز را در حاشیه‌ای که می‌افزاییم، اضافه کنیم.

۱	۱	۲	۱	۶	۶
۱	۱	۲	۱	۶	۶
۷	۷	۱	۱	۱	۱
۳	۳	۱	۲	۰	۰
۱	۱	۴	۰	۲	۲
۱	۱	۴	۰	۲	۲

تصویر افزوده شده در حالت BORDER_REFLECT

نتیجه در این حالت به این صورت است.

۳۷	۱۹	۲۳	۳۱
۲۶	۲۲	۱۹	۲۳
۳۴	۲۸	۱۱	۱۴
۲۳	۲۱	۱۷	۱۲

نتیجه کانولوشن در حالت BORDER_REFLECT

مقایسه دو نتیجه این نکته را می‌گوید که در مورد پیکسل‌های مرکزی تصویر، تغییری رخ نداده. تغییر در مورد پیکسل‌های مرزی تصویر است. در تصویر با صفر افزونه مقدار پیکسل‌ها کمتر از حالت BORDER_REFLECT است. این باعث می‌شود حاشیه تصویر در حالت BORDER_REFLECT روشن‌تر باشد. هرچند این نکته مهم است که با توجه به کاری که می‌خواهیم انجام دهیم انتخاب نحوه افزودن حاشیه مهم است.

۲. به صورت مفهومی توضیح دهید دو کرنل زیر چه پردازشی بر روی تصویر انجام می‌دهند؟

a.

-۱	۰	۱
----	---	---

این کرنل به نوعی مشتق در جهت افقی در تصویر را می‌گیرد و لبه‌های عمودی در تصویر را نشان می‌دهد.

b.

۱
۲
۱

این کرنل نوعی هموار ساز در جهت عمودی در تصویر با اهمیت بیشتر به آن نقطه از تصویر است به صورتی که هموار کردن باعث از بین رفتن زیاد لبه‌های افقی نشود.

۳. فرض کنید تصویر زیر یک تصویر سطح خاکستری است (محدوده رنگ ممکن بین صفر تا ۲۵۵ است). به صورت مرحله به مرحله الگوریتم CLAHE را بر روی این تصویر با اندازه پنجره 3×3 و حالت‌های $ClipLimit = 1$ و $ClipLimit = 2$ اعمال کنید.

۴۶	۵۱	۵۷	۵۹
۴۶	۵۲	۵۸	۶۰
۴۶	۵۲	۵۸	۶۰

برای حل این سوال حالت‌های مختلفی وجود دارد. در این جا چند حالت مختلف را حل می‌کنیم. در حالت اول بدون استفاده از پد گذاشتن این سوال را حل می‌کنیم، به این صورت که یک پنجره 3×3 در سمت چپ تصویر قرار می‌دهیم و با استفاده از هیستوگرام حاصل از آن، تبدیلی برای ۶ پیکسل سمت چپ تصویر می‌یابیم. سپس پنجره 3×3 در ۳ بعدی را در سمت راست تصویر قرار داده و با استفاده از هیستوگرام حاصل از آن، تبدیلی برای ۶ پیکسل سمت راست تصویر می‌یابیم.

حالت اول، $ClipLimit = 1$ ، قسمت اول

۴۶	۵۱	۵۷	۵۹
۴۶	۵۲	۵۸	۶۰
۴۶	۵۲	۵۸	۶۰

پنجره با رنگ قرمز مشخص شده و تبدیل را فقط بر روی نقاطی که با رنگ زرد مشخص شده، اعمال می‌کنیم.

هیستوگرام درون پنجره

0	...	45	46	47	...	50	51	52	53	...	56	57	58	59	...	255
0	...	0	3	0	...	0	1	2	0	...	0	1	2	0	...	0

جدول بالا به نوعی فراوانی رنگ پیکسل‌ها در پنجره را نمایش می‌دهد. اعداد سطر اول رنگ پیکسل‌ها و اعداد سطر دوم فراوانی آن رنگ در پنجره است. جایی که از ... استفاده شده است یعنی آن فراوانی برای آن رنگ تکرار قبلی اش است. مثلاً وقتی بعد از رنگ 0 که فراوانی اش 0 است، ... آمده است یعنی برای رنگ‌های 1 تا 44 هم مقدار فراوانی 0 است.

حالا می‌خواهیم هیستوگرام را از حد ۱ برش بزنیم و به صورت مساوی به همه رنگ‌ها مقداری اضافه کنیم. باید ببینیم هر رنگ چقدر بیشتر از حد، فراوانی دارد و آن مقدارها را جمع کنیم و به تمام رنگ‌ها، مقداری مساوی از چیزی که بیش از حد رنگ‌ها داریم، بدهیم.

$$\frac{(3-1) + (2-1) + (2-1)}{256} = \frac{2+1+1}{256} = \frac{4}{256}$$

تعداد تمامی رنگ‌های ممکن از صفر تا ۲۵۵ برابر ۲۵۶ رنگ است و برای رنگ‌های ۴۶، ۵۲ و ۵۸ مقدار فراوانی‌ای بالای حد داشتیم که در رابطه بالا در صورت چیزی که بیش از حد بود حساب شده و در کل عبارت بالا حساب شده که باید پس از این که مقدار فراوانی سه رنگ ۴۶، ۵۲ و ۵۸ را به مقدار حد یعنی ۱ برش می‌دهیم (کاهش می‌دهیم) به همه رنگ‌ها چه مقداری باید اضافه کنیم. در برش هیستوگرام مقدار رنگ‌هایی که از حد بیشتر هستند به مقدار حد کاهش می‌یابد سپس تفاضل این مقادیر به همه رنگ‌ها به صورت مساوی، افزوده می‌شود.

هیستوگرام درون پنجره پس از اعمال برش هستوگرام با حد ۱

0	...	45	46	47	...	50	51	52	53	...	56	57	58	59	...	255
$\frac{4}{256}$	...	$\frac{4}{256}$	$1 + \frac{4}{256}$	$\frac{4}{256}$	...	$\frac{4}{256}$	$1 + \frac{4}{256}$	$1 + \frac{4}{256}$	$\frac{4}{256}$	...	$\frac{4}{256}$	$1 + \frac{4}{256}$	$1 + \frac{4}{256}$	$\frac{4}{256}$	...	$\frac{4}{256}$

حالا برای این هیستوگرام تبدیل عملیات متعادل سازی هیستوگرام را فقط برای رنگ های ۴۶، ۵۱ و ۵۲ که در پنجره اول مشخص کردیم و زرد رنگ هستند، محاسبه می کنیم. فقط در نظر داشته باشید که در این متعادل سازی فقط ۹ پیکسل داریم.

نتیجه معادل سازی

k	46	51	52
n_k	1.01	1.01	1.01
$\sum_{j=0}^k n_j$	1.73	2.81	3.82
$s = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$	0.19	0.31	0.42
$s \times 255$	48.45	79.05	107.1
round	48	79	107

از آوردن محاسبه برای باقی رنگ ها که نتیجه اش به کارمان نمی آید خودداری شده است. پس تا این جا محاسبه کردیم که بعد از اعمال CLAHE باید در این پنجره رنگ پیکسل ۴۶ به ۴۸، ۵۱ به ۷۹ و ۵۲ به ۱۰۷ تغییر کند.

حالا به محاسبه قسمت دوم می رویم.

حالت اول، $\text{ClipLimit} = 1$ ، قسمت دوم

۴۶	۵۱	۵۷	۵۹
۴۶	۵۲	۵۸	۶۰
۴۶	۵۲	۵۸	۶۰

پنجره با رنگ قرمز مشخص شده و تبدیل را فقط بر روی نقاطی که با رنگ زرد مشخص شده، اعمال می کنیم.

هیستوگرام درون پنجره

0	...	50	51	52	53	...	56	57	58	59	60	61	...	255
0	...	0	1	2	0	...	0	1	2	1	2	0	...	0

حالا می‌خواهیم هیستوگرام را از حد ۱ برش بزنیم و به صورت مساوی به همه رنگ‌ها مقداری اضافه کنیم. باید ببینیم هر رنگ چقدر بیشتر از حد، فراوانی دارد و آن مقدارها را جمع کنیم و به تمام رنگ‌ها، مقداری مساوی از چیزی که بیش از حد رنگ‌ها داریم، بدهیم.

$$\frac{(2-1) + (2-1) + (2-1)}{256} = \frac{1+1+1}{256} = \frac{3}{256}$$

در برش هیستوگرام مقدار رنگ‌هایی که از حد بیشتر هستند به مقدار حد کاهش می‌یابد سپس تقاضا این مقادیر به همه رنگ‌ها به صورت مساوی، افزوده می‌شود.

هیستوگرام درون پنجره پس از اعمال برش هستوگرام با حد ۱

0	...	50	51	52	53	...	56	57	58	59	60	61	...	255
$\frac{3}{256}$	...	$\frac{3}{256}$	$1 + \frac{3}{256}$	$1 + \frac{3}{256}$	$\frac{3}{256}$	...	$\frac{3}{256}$	$1 + \frac{3}{256}$	$1 + \frac{3}{256}$	$1 + \frac{3}{256}$	$1 + \frac{3}{256}$	$\frac{3}{256}$	...	$\frac{3}{256}$

حالا برای این هیستوگرام تبدیل عملیات متعادل‌سازی هیستوگرام را فقط برای رنگ‌های ۵۷، ۵۸، ۵۹ و ۶۰ که در پنجره اول مشخص کردیم و زرد رنگ هستند، محاسبه می‌کنیم. فقط در نظر داشته باشید که در این متعادل‌سازی فقط ۹ پیکسل داریم.

نتیجه معادل سازی

k	57	58	59	60
n_k	1.01	1.01	1.01	1.01
$\sum_{j=0}^k n_j$	3.67	4.69	5.7	6.71
$s = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$	0.41	0.52	0.63	0.75
$s \times 255$	104.55	132.6	160.65	191.25
round	105	133	161	191

از آوردن محاسبه برای باقی رنگ‌ها که نتیجه اش به کارمان نمی‌آید خودداری شده است. حواستان به گرد کردن انتهایش باشد. یعنی اگر مقدار اعشار بیش از نیم بود به سمت بالا گرد می‌شود. حالا مقدار تمام تبدیل‌ها را داریم و این تبدیل‌ها را بر روی تصویر اعمال می‌کنیم. نتیجه به این صورت است.

نتیجه حالت اول، $\text{ClipLimit} = 1$

۴۸	۷۹	۱۰۵	۱۶۱
۴۸	۱۰۷	۱۳۳	۱۹۱
۴۸	۱۰۷	۱۳۳	۱۹۱

حالت اول، $\text{ClipLimit} = 2$. قسمت اول

۴۶	۵۱	۵۷	۵۹
۴۶	۵۲	۵۸	۶۰
۴۶	۵۲	۵۸	۶۰

پنجره با رنگ قرمز مشخص شده و تبدیل را فقط بر روی نقاطی که با رنگ زرد مشخص شده، اعمال می‌کنیم.

هیستوگرام درون پنجره

0	...	45	46	47	...	50	51	52	53	...	56	57	58	59	...	255
0	...	0	3	0	...	0	1	2	0	...	0	1	2	0	...	0

حالا می‌خواهیم هیستوگرام را از حد ۲ برش بزنیم و به صورت مساوی به همه رنگ‌ها مقداری اضافه کنیم. باید ببینیم هر رنگ چقدر بیشتر از حد، فراوانی دارد و آن مقدارها را جمع کنیم و به تمام رنگ‌ها، مقداری مساوی از چیزی که بیش از حد رنگ‌ها داریم، بدهیم.

$$\frac{(3 - 2)}{256} = \frac{1}{256}$$

هیستوگرام درون پنجره پس از اعمال برش هیستوگرام با حد ۲

0	...	45	46	47	...	50	51	52	53	...	56	57	58	59	...	255
$\frac{1}{256}$	...	$\frac{1}{256}$	$2 + \frac{1}{256}$	$\frac{1}{256}$	...	$\frac{1}{256}$	$1 + \frac{1}{256}$	$2 + \frac{1}{256}$	$\frac{1}{256}$	...	$\frac{1}{256}$	$1 + \frac{1}{256}$	$2 + \frac{1}{256}$	$\frac{1}{256}$	...	$\frac{1}{256}$

حالا برای این هیستوگرام تبدیل عملیات متعادل‌سازی هیستوگرام را فقط برای رنگ‌های ۴۶، ۵۱ و ۵۲ که در پنجره مشخص کردیم و زرد رنگ هستند، محاسبه می‌کنیم. فقط در نظر داشته باشید که در این متعادل‌سازی فقط ۹ پیکسل داریم.

نتیجه معادل سازی

k	46	51	52
n_k	2	1	2
$\sum_{j=0}^k n_j$	2.18	3.2	5.21
$s = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$	0.24	0.36	0.58
$s \times 255$	61.2	91.8	147.9
round	61	92	148

از آوردن محاسبه برای باقی رنگ‌ها که نتیجه اش به کارمان نمی‌آید خودداری شده است. پس تا این جا محاسبه کردیم که بعد از اعمال CLAHE باید در این پنجره رنگ پیکسل ۴۶ به ۶۱، ۵۱ به ۹۲ و ۵۲ به ۱۴۸ تغییر کند.

حالا به محاسبه قسمت دوم می‌رویم.

حالت اول، $\text{ClipLimit} = 2$ ، قسمت دوم

۴۶	۵۱	۵۷	۵۹
۴۶	۵۲	۵۸	۶۰
۴۶	۵۲	۵۸	۶۰

پنجره با رنگ قرمز مشخص شده و تبدیل را فقط بر روی نقاطی که با رنگ زرد مشخص شده، اعمال می‌کنیم.

هیستوگرام درون پنجره

0	...	50	51	52	53	...	56	57	58	59	60	61	...	255
0	...	0	1	2	0	...	0	1	2	1	2	0	...	0

حالا می‌خواهیم هیستوگرام را از حد ۲ برش بزنیم و به صورت مساوی به همه رنگ‌ها مقداری اضافه کنیم. قابل مشاهده است که با این حد نیازی به برش و افزودن نداریم پس خواهیم داشت. هیستوگرام درون پنجره پس از اعمال برش هیستوگرام با حد ۲

0	...	50	51	52	53	...	56	57	58	59	60	61	...	255
0	...	0	1	2	0	...	0	1	2	1	2	0	...	0

حالا برای این هیستوگرام تبدیل عملیات متعادل‌سازی هیستوگرام را فقط برای رنگ‌های ۵۷، ۵۸، ۵۹ و ۶۰ که در پنجره مشخص کردیم و زرد رنگ هستند، محاسبه می‌کنیم. فقط در نظر داشته باشید که در این متعادل‌سازی فقط ۹ پیکسل داریم.

نتیجه معادل‌سازی

k	57	58	59	60
n_k	1	2	1	2
$\sum_{j=0}^k n_j$	4	6	7	9
$s = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$	0.45	0.67	0.78	1
$s \times 255$	113.34	170	198.34	255
round	113	170	198	255

از آوردن محاسبه برای باقی رنگ‌ها که نتیجه اش به کارمان نمی‌آید خودداری شده است. حواستان به گرد کردن انتهایش باشد. یعنی اگر مقدار اعشار بیش از نیم بود به سمت بالا گرد می‌شود. حالا مقدار تمام تبدیل‌ها را داریم و این تبدیل‌ها را بر روی تصویر اعمال می‌کنیم. نتیجه به این صورت است.

نتیجه حالت اول، $\text{ClipLimit} = 2$

۶۱	۹۲	۱۱۳	۱۹۸
۶۱	۱۴۸	۱۷۰	۲۵۵
۶۱	۱۴۸	۱۷۰	۲۵۵

حالا در حالت دوم از پدینگ `BOARDER_REFLECT_101` استفاده می کنیم. با توجه به ابعاد پنجره نیاز به یک ردیف پد گذاشتن در هر طرف تصویر داریم. پس از اعمال پدینگ حالا برای هر نقطه تصویر می توانیم یک پنجره ۳ در ۳ جدا داشته باشیم که فقط برای آن نقطه به کمک هیستوگرام حاصل از پنجره اش، تبدیل را محاسبه و اعمال کنیم.

نتیجه اعمال پدینگ

۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۱	۴۶	۵۱	۵۷	۵۹	۵۷
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸

در تصویر بالا خانه هایی که با پس زمینه زرد مشخص شده اند، پد هستند. حالا برای هر نقطه تصویر اقدام به محاسبه خود می کنیم.

حالت دوم، $\text{ClipLimit} = 1$. قسمت اول

۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۱	۴۶	۵۱	۵۷	۵۹	۵۷
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸

باید فقط با استفاده از این پنجره نتیجه تبدیل مقدار پیکسل وسط را بیابیم و فقط به همان اعمال کنیم. این پیکسل در اینجا مقدارش ۵۹ است.

هیستوگرام درون پنجره

0	...	56	57	58	59	60	61	...	255
0	...	0	2	4	1	2	0	...	0

حالا می‌خواهیم هیستوگرام را از حد ۱ برش بزنیم و به صورت مساوی به همه رنگ‌ها مقداری اضافه کنیم. باید ببینیم هر رنگ چقدر بیشتر از حد، فراوانی دارد و آن مقدارها را جمع کنیم و به تمام رنگ‌ها، مقداری مساوی از چیزی که بیش از حد رنگ‌ها داریم، بدهیم.

$$\frac{(2-1) + (4-1) + (2-1)}{256} = \frac{1+3+1}{256} = \frac{5}{256}$$

هیستوگرام درون پنجره پس از اعمال برش هستوگرام با حد ۱

0	...	56	57	58	59	60	61	...	255
$\frac{5}{256}$	...	$\frac{5}{256}$	$1 + \frac{5}{256}$	$1 + \frac{5}{256}$	$1 + \frac{5}{256}$	$1 + \frac{5}{256}$	$\frac{5}{256}$	...	$\frac{5}{256}$

حالا برای این هیستوگرام تبدیل عملیات متعادل‌سازی هیستوگرام را فقط برای رنگ ۵۹ محاسبه می‌کنیم. فقط در نظر داشته باشید که در این متعادل‌سازی فقط ۹ پیکسل داریم.

نتیجه معادل سازی

k	59
n_k	1.02
$\sum_{j=0}^k n_j$	4.17
$s = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$	0.46
$s \times 255$	117.3
round	117

حالا به محاسبه قسمت بعد می‌رویم. فقط دیگر محاسبات آورده شده است.

حالت دوم، $\text{ClipLimit} = 1$. قسمت دوم

۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۱	۴۶	۵۱	۵۷	۵۹	۵۷
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸

هیستوگرام درون پنجره

0	...	50	51	52	53	...	56	57	58	59	60	61	...	255
0	...	0	1	2	0	...	0	1	2	1	2	0	...	0

$$\frac{(2-1) + (2-1) + (2-1)}{256} = \frac{1+1+1}{256} = \frac{3}{256}$$

هیستوگرام درون پنجره پس از اعمال برش هستوگرام با حد ۱

0	...	50	51	52	53	...	56	57	58	59	60	61	...	255
$\frac{3}{256}$	...	$\frac{3}{256}$	$1 + \frac{3}{256}$	$1 + \frac{3}{256}$	$\frac{3}{256}$	...	$\frac{3}{256}$	$1 + \frac{3}{256}$	$1 + \frac{3}{256}$	$1 + \frac{3}{256}$	$1 + \frac{3}{256}$	$\frac{3}{256}$	...	$\frac{3}{256}$

نتیجه معادل سازی

k	57
n_k	1.01
$\sum_{j=0}^k n_j$	3.68
$s = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$	0.41
$s \times 255$	104.55
round	105

حالت دوم، ClipLimit = 1، قسمت سوم

۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۱	۴۶	۵۱	۵۷	۵۹	۵۷
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸

هیستوگرام درون پنجره

0	...	45	46	47	...	50	51	52	53	...	56	57	58	59	...	255
0	...	0	3	0	...	0	1	2	0	...	0	1	2	0	...	0

$$\frac{(3-1) + (2-1) + (2-1)}{256} = \frac{2+1+1}{256} = \frac{4}{256}$$

هیستوگرام درون پنجره پس از اعمال برش هستوگرام با حد ۱

0	...	45	46	47	...	50	51	52	53	...	56	57	58	59	...	255
$\frac{4}{256}$	...	$\frac{4}{256}$	$1 + \frac{4}{256}$	$\frac{4}{256}$	...	$\frac{4}{256}$	$1 + \frac{4}{256}$	$1 + \frac{4}{256}$	$\frac{4}{256}$	...	$\frac{4}{256}$	$1 + \frac{4}{256}$	$1 + \frac{4}{256}$	$\frac{4}{256}$	...	$\frac{4}{256}$

نتیجه معادل سازی

k	51
n_k	1.02
$\sum_{j=0}^k n_j$	2.81
$s = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$	0.31
$s \times 255$	79.05
round	79

حالت دوم، $\text{ClipLimit} = 1$ ، قسمت چهارم

۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۱	۴۶	۵۱	۵۷	۵۹	۵۷
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸

هیستوگرام درون پنجره

0	...	45	46	47	...	50	51	52	53	...	255
0	...	0	3	0		0	2	4	0	...	0

$$\frac{(3-1) + (2-1) + (4-1)}{256} = \frac{2+1+3}{256} = \frac{6}{256}$$

هیستوگرام درون پنجره پس از اعمال برش هستوگرام با حد ۱

0	...	45	46	47	...	50	51	52	53	...	255
$\frac{6}{256}$	...	$\frac{6}{256}$	$1 + \frac{6}{256}$	$\frac{6}{256}$	...	$\frac{6}{256}$	$1 + \frac{6}{256}$	$1 + \frac{6}{256}$	$\frac{6}{256}$	...	$\frac{6}{256}$

نتیجه معادل سازی

k	46
n_k	1.02
$\sum_{j=0}^k n_j$	2.1
$s = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$	0.23
$s \times 255$	58.65
round	59

حالت دوم، $\text{ClipLimit} = 1$ ، قسمت پنجم

۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۱	۴۶	۵۱	۵۷	۵۹	۵۷
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸

هیستوگرام درون پنجره

0	...	56	57	58	59	60	61	...	255
0	...	0	2	4	1	2	0	...	0

$$\frac{(2-1) + (4-1) + (2-1)}{256} = \frac{1+3+1}{256} = \frac{5}{256}$$

هیستوگرام درون پنجره پس از اعمال برش هستوگرام با حد ۱

0	...	56	57	58	59	60	61	...	255
$\frac{5}{256}$	...	$\frac{5}{256}$	$1 + \frac{5}{256}$	$1 + \frac{5}{256}$	$1 + \frac{5}{256}$	$1 + \frac{5}{256}$	$\frac{5}{256}$	...	$\frac{5}{256}$

نتیجه معادل سازی

k	60
n_k	1.02
$\sum_{j=0}^k n_j$	5.19
$s = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$	0.58
$s \times 255$	147.9
round	148

حالت دوم، $\text{ClipLimit} = 1$ ، قسمت ششم

۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۱	۴۶	۵۱	۵۷	۵۹	۵۷
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸

هیستوگرام درون پنجره

0	...	50	51	52	53	...	56	57	58	59	60	61	...	255
0	...	0	1	2	0	...	0	1	2	1	2	0	...	0

$$\frac{(2-1) + (2-1) + (2-1)}{256} = \frac{1+1+1}{256} = \frac{3}{256}$$

هیستوگرام درون پنجره پس از اعمال برش هستوگرام با حد ۱

0	...	50	51	52	53	...	56	57	58	59	60	61	...	255
$\frac{3}{256}$	...	$\frac{3}{256}$	$1 + \frac{3}{256}$	$1 + \frac{3}{256}$	$\frac{3}{256}$	...	$\frac{3}{256}$	$1 + \frac{3}{256}$	$1 + \frac{3}{256}$	$1 + \frac{3}{256}$	$1 + \frac{3}{256}$	$\frac{3}{256}$	...	$\frac{3}{256}$

نتیجه معادل سازی

k	58
n_k	1.01
$\sum_{j=0}^k n_j$	3.69
$s = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$	0.41
$s \times 255$	104.55
round	105

حالت دوم، $\text{ClipLimit} = 1$ ، قسمت هفتم

۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۱	۴۶	۵۱	۵۷	۵۹	۵۷
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸

هیستوگرام درون پنجره

0	...	45	46	47	...	50	51	52	53	...	56	57	58	59	...	255
0	...	0	3	0	...	0	1	2	0	...	0	1	2	0	...	0

$$\frac{(3-1) + (2-1) + (2-1)}{256} = \frac{2+1+1}{256} = \frac{4}{256}$$

هیستوگرام درون پنجره پس از اعمال برش هیستوگرام با حد ۱

0	...	45	46	47	...	50	51	52	53	...	56	57	58	59	...	255
$\frac{4}{256}$	...	$\frac{4}{256}$	$1 + \frac{4}{256}$	$\frac{4}{256}$	...	$\frac{4}{256}$	$1 + \frac{4}{256}$	$1 + \frac{4}{256}$	$\frac{4}{256}$	...	$\frac{4}{256}$	$1 + \frac{4}{256}$	$1 + \frac{4}{256}$	$\frac{4}{256}$	...	$\frac{4}{256}$

نتیجه معادل سازی

k	52
n_k	1.02
$\sum_{j=0}^k n_j$	3.83
$s = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$	0.43
$s \times 255$	109.65
round	110

حالت دوم، $\text{ClipLimit} = 1$ ، قسمت هشتم

۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۱	۴۶	۵۱	۵۷	۵۹	۵۷
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸

هیستوگرام درون پنجره

0	...	45	46	47	...	50	51	52	53	...	255
0	...	0	3	0		0	2	4	0	...	0

$$\frac{(3-1) + (2-1) + (4-1)}{256} = \frac{2+1+3}{256} = \frac{6}{256}$$

هیستوگرام درون پنجره پس از اعمال برش هستوگرام با حد ۱

0	...	45	46	47	...	50	51	52	53	...	255
$\frac{6}{256}$	...	$\frac{6}{256}$	$1 + \frac{6}{256}$	$\frac{6}{256}$	...	$\frac{6}{256}$	$1 + \frac{6}{256}$	$1 + \frac{6}{256}$	$\frac{6}{256}$	...	$\frac{6}{256}$

نتیجه معادل سازی

k	46
n_k	1.02
$\sum_{j=0}^k n_j$	2.1
$s = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$	0.23
$s \times 255$	58.65
round	59

حالت دوم، $\text{ClipLimit} = 1$ ، قسمت نهم

۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۱	۴۶	۵۱	۵۷	۵۹	۵۷
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸

هیستوگرام درون پنجره

0	...	57	58	59	60	61	...	255
0	...	0	6	0	3	0	...	0

$$\frac{(6-1) + (3-1)}{256} = \frac{5+2}{256} = \frac{7}{256}$$

هیستوگرام درون پنجره پس از اعمال برش هستوگرام با حد ۱

0	...	57	58	59	60	61	...	255
$\frac{7}{256}$	...	$\frac{7}{256}$	$1 + \frac{7}{256}$	$\frac{7}{256}$	$1 + \frac{7}{256}$	$\frac{7}{256}$	...	$\frac{7}{256}$

نتیجه معادل سازی

k	60
n_k	1.03
$\sum_{j=0}^k n_j$	3.67
$s = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$	0.41
$s \times 255$	104.55
round	105

حالت دوم، ClipLimit = 1، قسمت دهم

۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۱	۴۶	۵۱	۵۷	۵۹	۵۷
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸

هیستوگرام درون پنجره

0	...	51	52	53	...	57	58	59	60	61	...	255
0	...	0	3	0	...	0	3	0	3	0	...	0

$$\frac{(3-1) + (3-1) + (3-1)}{256} = \frac{2+2+2}{256} = \frac{6}{256}$$

هیستوگرام درون پنجره پس از اعمال برش هستوگرام با حد ۱

0	...	51	52	53	...	57	58	59	60	61	...	255
$\frac{6}{256}$	...	$\frac{6}{256}$	$1 + \frac{6}{256}$	$\frac{6}{256}$	...	$\frac{6}{256}$	$1 + \frac{6}{256}$	$\frac{6}{256}$	$1 + \frac{6}{256}$	$\frac{6}{256}$	...	$\frac{6}{256}$

نتیجه معادل سازی

k	58
n_k	1.02
$\sum_{j=0}^k n_j$	3.38
$s = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$	0.38
$s \times 255$	96.9
round	97

حالت دوم، $\text{ClipLimit} = 1$ ، قسمت یازدهم

۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۱	۴۶	۵۱	۵۷	۵۹	۵۷
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸

هیستوگرام درون پنجره

0	..	45	46	47	...	51	52	53	...	57	58	59	...	255
0	...	0	3	0	...	0	3	0	...	0	3	0	...	0

$$\frac{(3-1) + (3-1) + (3-1)}{256} = \frac{2+2+2}{256} = \frac{6}{256}$$

هیستوگرام درون پنجره پس از اعمال برش هستوگرام با حد ۱

0	..	45	46	47	...	51	52	53	...	57	58	59	...	255
$\frac{6}{256}$	...	$\frac{6}{256}$	$1 + \frac{6}{256}$	$\frac{6}{256}$	...	$\frac{6}{256}$	$1 + \frac{6}{256}$	$\frac{6}{256}$	...	$\frac{6}{256}$	$1 + \frac{6}{256}$	$\frac{6}{256}$	...	$\frac{6}{256}$

نتیجه معادل سازی

k	52
n_k	1.02
$\sum_{j=0}^k n_j$	3.24
$s = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$	0.36
$s \times 255$	91.8
round	92

حالت دوم، $\text{ClipLimit} = 1$ ، قسمت دوازدهم

۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۱	۴۶	۵۱	۵۷	۵۹	۵۷
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸

هیستوگرام درون پنجره

0	...	45	46	47	...	51	52	53	...	255
0	...	0	3	0	...	0	6	0	...	0

$$\frac{(6-1) + (3-1)}{256} = \frac{5+2}{256} = \frac{7}{256}$$

هیستوگرام درون پنجره پس از اعمال برش هستوگرام با حد ۱

0	...	45	46	47	...	51	52	53	...	255
$\frac{7}{256}$	...	$\frac{7}{256}$	$1 + \frac{7}{256}$	$\frac{7}{256}$	...	$\frac{7}{256}$	$1 + \frac{7}{256}$	$\frac{7}{256}$	...	$\frac{7}{256}$

نتیجه معادل سازی

k	46
n_k	1.03
$\sum_{j=0}^k n_j$	2.29
$s = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$	0.25
$s \times 255$	63.75
round	64

نتیجه حالت دوم، ClipLimit = 1

۵۹	۷۹	۱۰۵	۱۱۷
۵۹	۱۱۰	۱۰۵	۱۴۸
۶۴	۹۲	۹۷	۱۰۵

حالت دوم، ClipLimit = 2، قسمت اول

۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۱	۴۶	۵۱	۵۷	۵۹	۵۷
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸

هیستوگرام درون پنجره

0	...	56	57	58	59	60	61	...	255
0	...	0	2	4	1	2	0	...	0

$$\frac{(4 - 2)}{256} = \frac{2}{256}$$

هیستوگرام درون پنجره پس از اعمال برش هستوگرام با حد ۲

0	...	56	57	58	59	60	61	...	255
$\frac{2}{256}$	...	$\frac{2}{256}$	$2 + \frac{2}{256}$	$2 + \frac{2}{256}$	$1 + \frac{2}{256}$	$2 + \frac{2}{256}$	$\frac{2}{256}$	...	$\frac{2}{256}$

نتیجه معادل سازی

k	59
n_k	1.01
$\sum_{j=0}^k n_j$	5.47
$s = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$	0.61
$s \times 255$	155.55
round	156

حالت دوم، ClipLimit = 2، قسمت دوم

۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۱	۴۶	۵۱	۵۷	۵۹	۵۷
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸

هیستوگرام درون پنجره

0	...	50	51	52	53	...	56	57	58	59	60	61	...	255
0	...	0	1	2	0	...	0	1	2	1	2	0	...	0

هیستوگرام درون پنجره پس از اعمال برش هستوگرام با حد ۲

0	...	50	51	52	53	...	56	57	58	59	60	61	...	255
0	...	0	1	2	0	...	0	1	2	1	2	0	...	0

نتیجه معادل سازی

k	57
n_k	1
$\sum_{j=0}^k n_j$	4
$s = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$	0.44
$s \times 255$	113.33
round	113

حالت دوم، $\text{ClipLimit} = 2$ ، قسمت سوم

۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۱	۴۶	۵۱	۵۷	۵۹	۵۷
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸

هیستوگرام درون پنجره

0	...	45	46	47	...	50	51	52	53	...	56	57	58	59	...	255
0	...	0	3	0	...	0	1	2	0	...	0	1	2	0	...	0

$$\frac{(3 - 2)}{256} = \frac{1}{256}$$

هیستوگرام درون پنجره پس از اعمال برش هستوگرام با حد ۲

0	...	45	46	47	...	50	51	52	53	...	56	57	58	59	...	255
$\frac{1}{256}$	...	$\frac{1}{256}$	$2 + \frac{1}{256}$	$\frac{1}{256}$	...	$\frac{1}{256}$	$1 + \frac{1}{256}$	$2 + \frac{1}{256}$	$\frac{1}{256}$	...	$\frac{1}{256}$	$1 + \frac{1}{256}$	$2 + \frac{1}{256}$	$\frac{1}{256}$	...	$\frac{1}{256}$

نتیجه معادل سازی

k	51
n_k	1
$\sum_{j=0}^k n_j$	3.2
$s = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$	0.36
$s \times 255$	91.8
round	92

حالت دوم، $\text{ClipLimit} = 2$. قسمت چهارم

۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۱	۴۶	۵۱	۵۷	۵۹	۵۷
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸

هیستوگرام درون پنجره

0	...	45	46	47	...	50	51	52	53	...	255
0	...	0	3	0		0	2	4	0	...	0

$$\frac{(3 - 2) + (4 - 2)}{256} = \frac{1 + 2}{256} = \frac{3}{256}$$

هیستوگرام درون پنجره پس از اعمال برش هیستوگرام با حد ۲

0	...	45	46	47	...	50	51	52	53	...	255
$\frac{3}{256}$	...	$\frac{3}{256}$	$2 + \frac{3}{256}$	$\frac{3}{256}$	...	$\frac{3}{256}$	$2 + \frac{3}{256}$	$2 + \frac{3}{256}$	$\frac{3}{256}$	...	$\frac{3}{256}$

نتیجه معادل سازی

k	46
n_k	2.01
$\sum_{j=0}^k n_j$	2.55
$s = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$	0.28
$s \times 255$	71.4
round	71

حالت دوم، $\text{ClipLimit} = 2$ ، قسمت پنجم

۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۱	۴۶	۵۱	۵۷	۵۹	۵۷
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸

هیستوگرام درون پنجره

0	...	56	57	58	59	60	61	...	255
0	...	0	2	4	1	2	0	...	0

$$\frac{(4 - 2)}{256} = \frac{2}{256}$$

هیستوگرام درون پنجره پس از اعمال برش هستوگرام با حد ۲

0	...	56	57	58	59	60	61	...	255
$\frac{2}{256}$	...	$\frac{2}{256}$	$2 + \frac{2}{256}$	$2 + \frac{2}{256}$	$1 + \frac{2}{256}$	$2 + \frac{2}{256}$	$\frac{2}{256}$	...	$\frac{2}{256}$

نتیجه معادل سازی

k	60
n_k	2.01
$\sum_{j=0}^k n_j$	7.48
$s = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$	0.83
$s \times 255$	211.65
round	212

حالت دوم، $\text{ClipLimit} = 2$ ، قسمت ششم

۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۱	۴۶	۵۱	۵۷	۵۹	۵۷
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸

هیستوگرام درون پنجره

0	...	50	51	52	53	...	56	57	58	59	60	61	...	255
0	...	0	1	2	0	...	0	1	2	1	2	0	...	0

هیستوگرام درون پنجره پس از اعمال برش هستوگرام با حد ۲

0	...	50	51	52	53	...	56	57	58	59	60	61	...	255
0	...	0	1	2	0	...	0	1	2	1	2	0	...	0

نتیجه معادل سازی

k	58
n_k	2
$\sum_{j=0}^k n_j$	6
$s = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$	0.67
$s \times 255$	170
round	170

حالت دوم، $\text{ClipLimit} = 2$ ، قسمت هفتم

۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۱	۴۶	۵۱	۵۷	۵۹	۵۷
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸

هیستوگرام درون پنجره

0	...	45	46	47	...	50	51	52	53	...	56	57	58	59	...	255
0	...	0	3	0	...	0	1	2	0	...	0	1	2	0	...	0

$$\frac{(3 - 2)}{256} = \frac{1}{256}$$

هیستوگرام درون پنجره پس از اعمال برش هستوگرام با حد ۲

0	...	45	46	47	...	50	51	52	53	...	56	57	58	59	...	255
$\frac{1}{256}$	...	$\frac{1}{256}$	$2 + \frac{1}{256}$	$\frac{1}{256}$	...	$\frac{1}{256}$	$1 + \frac{1}{256}$	$2 + \frac{1}{256}$	$\frac{1}{256}$	...	$\frac{1}{256}$	$1 + \frac{1}{256}$	$2 + \frac{1}{256}$	$\frac{1}{256}$	...	$\frac{1}{256}$

نتیجه معادل سازی

k	52
n_k	2
$\sum_{j=0}^k n_j$	5.21
$s = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$	0.58
$s \times 255$	147.9
round	148

حالت دوم، $\text{ClipLimit} = 2$ ، قسمت هشتم

۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۱	۴۶	۵۱	۵۷	۵۹	۵۷
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸

هیستوگرام درون پنجره

0	...	45	46	47	...	50	51	52	53	...	255
0	...	0	3	0		0	2	4	0	...	0

$$\frac{(3-2) + (4-2)}{256} = \frac{1+2}{256} = \frac{3}{256}$$

هیستوگرام درون پنجره پس از اعمال برش هستوگرام با حد ۲

0	...	45	46	47	...	50	51	52	53	...	255
$\frac{3}{256}$	...	$\frac{3}{256}$	$2 + \frac{3}{256}$	$\frac{3}{256}$	...	$\frac{3}{256}$	$2 + \frac{3}{256}$	$2 + \frac{3}{256}$	$\frac{3}{256}$	...	$\frac{3}{256}$

نتیجه معادل سازی

k	46
n_k	2.01
$\sum_{j=0}^k n_j$	2.55
$s = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$	0.28
$s \times 255$	71.4
round	71

حالت دوم، ClipLimit = 2، قسمت نهم

۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۱	۴۶	۵۱	۵۷	۵۹	۵۷
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸

هیستوگرام درون پنجره

0	...	57	58	59	60	61	...	255
0	...	0	6	0	3	0	...	0

$$\frac{(6-2) + (3-2)}{256} = \frac{4+1}{256} = \frac{5}{256}$$

هیستوگرام درون پنجره پس از اعمال برش هستوگرام با حد ۲

0	...	57	58	59	60	61	...	255
$\frac{5}{256}$	...	$\frac{5}{256}$	$2 + \frac{5}{256}$	$\frac{5}{256}$	$2 + \frac{5}{256}$	$\frac{5}{256}$	...	$\frac{5}{256}$

نتیجه معادل سازی

k	60
n_k	2.02
$\sum_{j=0}^k n_j$	5.19
$s = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$	0.58
$s \times 255$	147.9
round	148

حالت دوم، $\text{ClipLimit} = 2$ ، قسمت دهم

۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۱	۴۶	۵۱	۵۷	۵۹	۵۷
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸

هیستوگرام درون پنجره

0	...	51	52	53	...	57	58	59	60	61	...	255
0	...	0	3	0	...	0	3	0	3	0	...	0

$$\frac{(3-2) + (3-2) + (3-2)}{256} = \frac{1+1+1}{256} = \frac{3}{256}$$

هیستوگرام درون پنجره پس از اعمال برش هیستوگرام با حد ۲

0	...	51	52	53	...	57	58	59	60	61	...	255
$\frac{3}{256}$	...	$\frac{3}{256}$	$2 + \frac{3}{256}$	$\frac{3}{256}$	...	$\frac{3}{256}$	$2 + \frac{3}{256}$	$\frac{3}{256}$	$2 + \frac{3}{256}$	$\frac{3}{256}$	...	$\frac{3}{256}$

نتیجه معادل سازی

k	58
n_k	2.01
$\sum_{j=0}^k n_j$	4.69
$s = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$	0.52
$s \times 255$	132.6
round	133

حالت دوم، $\text{ClipLimit} = 2$ ، قسمت یازدهم

۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۱	۴۶	۵۱	۵۷	۵۹	۵۷
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸

هیستوگرام درون پنجره

0	..	45	46	47	...	51	52	53	...	57	58	59	...	255
0	...	0	3	0	...	0	3	0	...	0	3	0	...	0

$$\frac{(3-2) + (3-2) + (3-2)}{256} = \frac{1+1+1}{256} = \frac{3}{256}$$

هیستوگرام درون پنجره پس از اعمال برش هستوگرام با حد ۲

0	..	45	46	47	...	51	52	53	...	57	58	59	...	255
$\frac{3}{256}$	...	$\frac{3}{256}$	$2 + \frac{3}{256}$	$\frac{3}{256}$	...	$\frac{3}{256}$	$2 + \frac{3}{256}$	$\frac{3}{256}$	...	$\frac{3}{256}$	$2 + \frac{3}{256}$	$\frac{3}{256}$	...	$\frac{3}{256}$

نتیجه معادل سازی

k	52
n_k	2.01
$\sum_{j=0}^k n_j$	4.62
$s = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$	0.51
$s \times 255$	130.05
round	130

حالت دوم، $\text{ClipLimit} = 2$ ، قسمت دوازدهم

۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۱	۴۶	۵۱	۵۷	۵۹	۵۷
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸
۵۲	۴۶	۵۲	۵۸	۶۰	۵۸

هیستوگرام درون پنجره

0	...	45	46	47	...	51	52	53	...	255
0	...	0	3	0	...	0	6	0	...	0

$$\frac{(6-2) + (3-2)}{256} = \frac{4+1}{256} = \frac{5}{256}$$

هیستوگرام درون پنجره پس از اعمال برش هستوگرام با حد ۲

0	...	45	46	47	...	51	52	53	...	255
$\frac{5}{256}$	...	$\frac{5}{256}$	$2 + \frac{5}{256}$	$\frac{5}{256}$	...	$\frac{5}{256}$	$2 + \frac{5}{256}$	$\frac{5}{256}$	...	$\frac{5}{256}$

نتیجه معادل سازی

k	46
n_k	2.02
$\sum_{j=0}^k n_j$	2.92
$s = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$	0.32
$s \times 255$	81.6
round	82

نتیجه حالت دوم، $\text{ClipLimit} = 2$

۷۱	۹۲	۱۱۳	۱۵۶
۷۱	۱۴۸	۱۷۰	۲۱۲
۸۲	۱۳۰	۱۳۳	۱۴۸