ELC2142 – Сигналдарды цифрлық өңдеу технологиясы

13-дәріс

Кескінді өңдеу жүйелері және олардың операциялары

Жүйе құрылымы · гистограмма және контраст · LUT · сызықтық және медианалық сүзу · градиент және шекара операторлары

КІРІСПЕ

Дәрістің мақсаты мен жоспары

Мақсат

Кескінді өңдеу жүйелерінің құрылымын, кескіннің статистикалық сипаттамаларын және алдын ала өңдеу операцияларын (контраст, сүзу, шекараны бөлу) меңгеріп, оларды сандық тұрғыда салыстыра білу.

1. Кескінді өңдеу жүйесінің құрылғысы
2. Кескін операциялары: орта, дисперсия, гистограмма
3. Контрастты созу және LUT түрлендірулері
4. Шуды басу: сызықтық және медианалық сүзгілер
5. Градиент және шекара операторлары

Камерадан мониторға дейінгі өңдеу тізбегі



Параметр	CCIR (625/50)	RS-170 (525/60)
Жол жиілігі	15.625 кГц	15.734 кГц
Жол ұзақтығы	64 мкс	63.56 мкс
Өріс жиілігі / ұзақтығы	50 Гц / 20 мс	59.94 Гц / 16.68 мс

Типтік цифрлау

АЦТ: 10 МГц, 8 бит (256 деңгей). Кадр: 512 × 512 пиксель. Түсті жүйеде R, G, B үш арнасы мультиплексормен таңдалады.

Кескін — M × N матрица және оның статистикасы

Орташа жарықтық

$$mf = (1/MN)\cdot\Sigma\Sigma\, f(x,y) = \Sigma\, P_i\cdot u_i$$

Кескіннің ашық не күңгірт екенін көрсетеді.

Контраст (дисперсия)

$$qf = (1/MN)\cdot\Sigma\Sigma\, [f(x,y) - mf]^2$$

Пиксельдердің ортадан ауытқуы — контраст өлшемі.

Гистограмма

$$Pf(g) = ng / MN$$

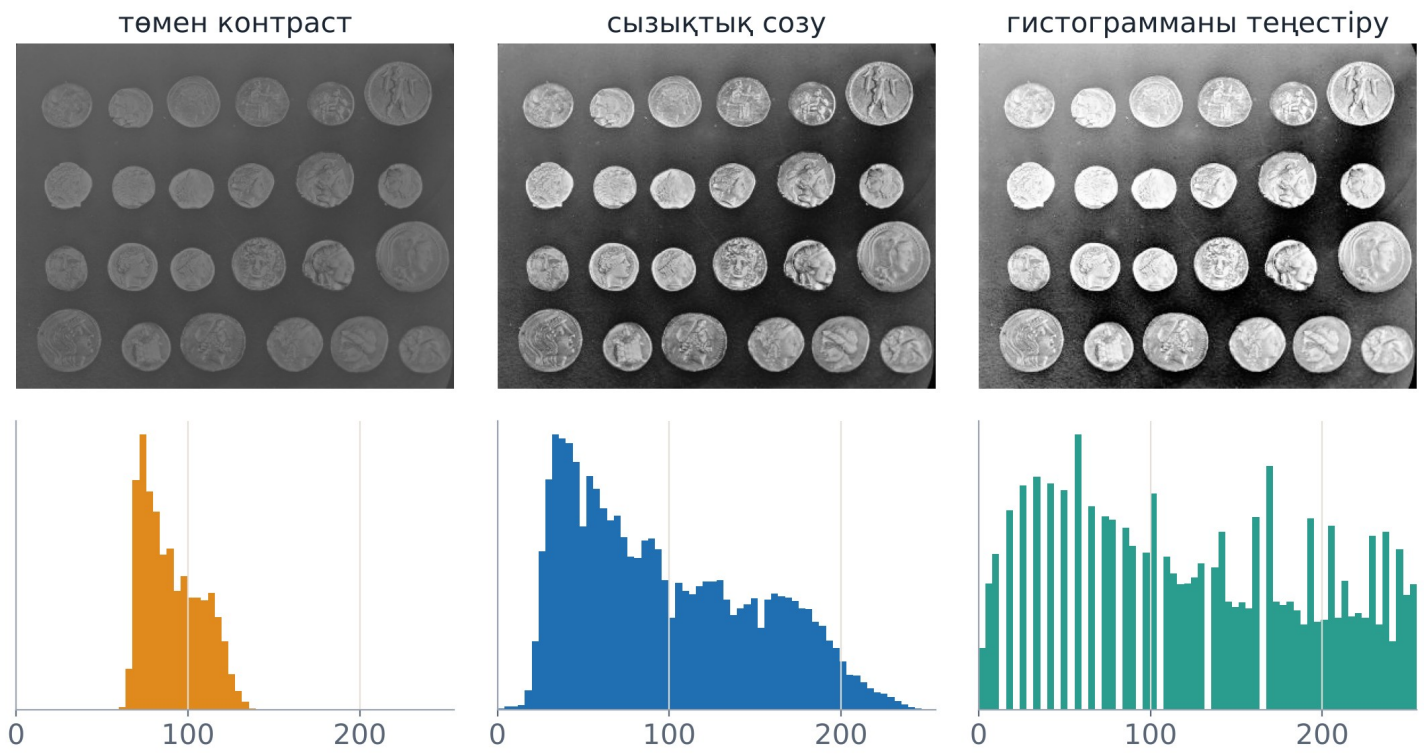
g = 0…G − 1 деңгейлерінің салыстырмалы жиілігі.

G = 256
8 бит — жартылай тонды кескін

G = 2
екілік кескін

c арна
$f = (f_1, \ldots, fc)$ — көп арналы (RGB)

Сызықтық созу және гистограмманы теңестіру



Сызықтық созу (5.10)

$$f' = (f - u_1)/(u_2 - u_1)\cdot(G - 1)$$

$u_1 \ldots u_2$ диапазоны 0…255-ке созылады; шеттер қанығады.

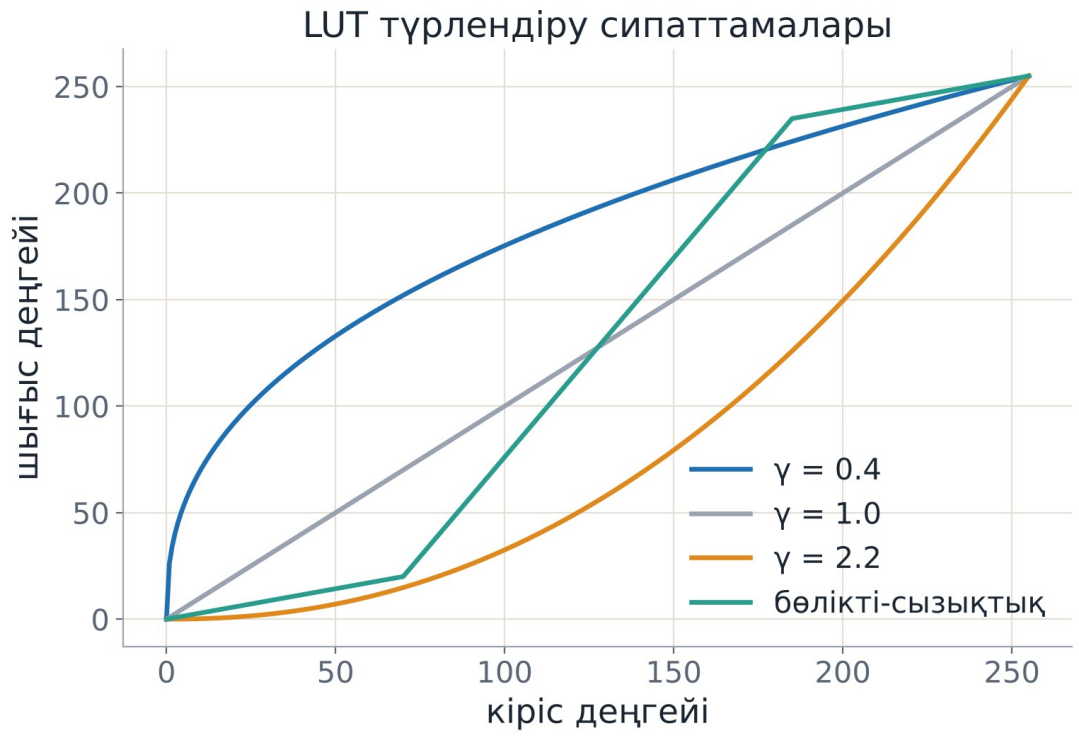
Теңестіру

$$f' = (G - 1)\cdot\Sigma\, P(g),\ g \le f$$

Жинақталған гистограмма (CDF) — шығыс гистограмма шамамен біркелкі.

13.3.1 · ГРАДАЦИЯЛЫҚ ТҮРЛЕНДІРУ

LUT кестесі: әр пиксельге бір операция



Дәрежелік (гамма) заң

$$f' = (G-1)\cdot[f/(G-1)]^{\gamma}$$

γ < 1 — көлеңкелер ашылады; γ > 1 — жарық аймақтар егжей-тегжейлі көрінеді.

Неліктен LUT?

256 элементті кесте бір рет есептеледі; әр пиксель тек кестеден оқылады — нақты уақытта аппараттық түрде (ЦАТ алдында) орындалады.

Тегістейтін терезе операторлары

h_2 — орташалау

1/9 ×

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Барлық 9 элементке бірдей салмақ.

h_3 — биномдық

1/16 ×

1	2	1
2	4	2
1	2	1

Көлденең және тік сызықтарды сақтайды.

h_4 — диагональдық

1/16 ×

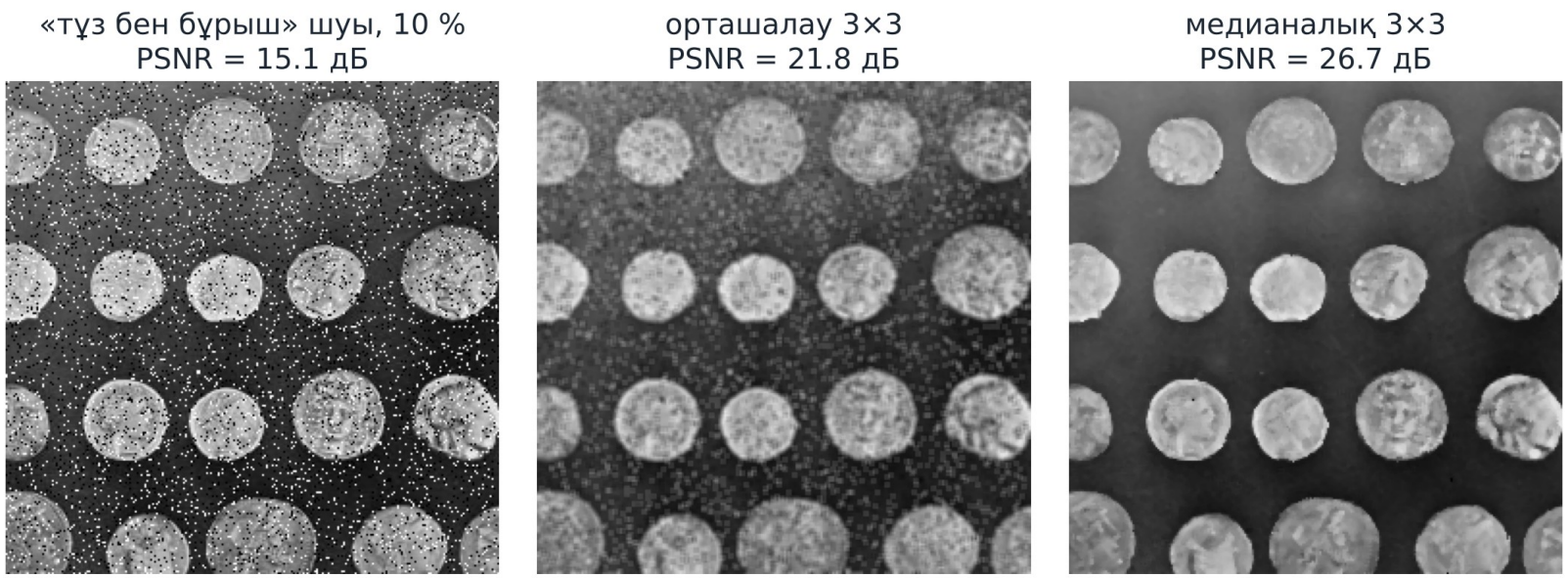
2	1	2
1	4	1
2	1	2

Диагональ сызықтарды бөліп көрсетеді.

Сызықтық сүзудің кемшілігі

Коэффициенттер қосындысы 1 — орташа жарықтық сақталады. Бірақ шу мен контур бірдей өңделеді, сондықтан шекаралар бұлыңғырланады. Шешімі — селективті (сигма) және медианалық сүзгілер.

Импульстік шуға қарсы медианалық сүзгі



$$y(x,y) = \operatorname{med}\{\, f(x+i, y+j) : (i,j) \in W \,\}$$

Терезедегі мәндер реттеліп, ортаңғысы алынады.

Неге тиімді: 0 және 255 «шығарындылары» реттелген қатардың шетіне түседі де, нәтижеге әсер етпейді; шекаралар сақталады.

АНИМАЦИЯ · СЫРҒЫМАЛЫ ТЕРЕЗЕ

3×3 терезе: орташалау мен медиана қатар

[Interactive web embed — view it in the original presentation]

Байқаңыз: орташалау шу импульсін көршілерге «жағады» және шекараны жайып жібереді; медиана импульсті толық жояды, 50 | 200 шекарасы өзгеріссіз қалады.

ЗЕРТТЕУ · САНДЫҚ ЭКСПЕРИМЕНТ

Шу түріне қарай сүзгі таңдау: PSNR, дБ

Шу түрі	Шуланған	Орта 3×3	Медиана 3×3	Медиана 5×5
Импульстік, 5 %	18.2	23.6	27.4	25.3
Импульстік, 20 %	12.1	19.2	24.8	24.4
Гаусс, σ = 0.05	26.1	25.7	26.6	25.0
Гаусс, σ = 0.15	17.0	23.2	22.3	22.9

Әдістеме

256×256 сұр кескін (coins), «тұз бен бұрыш» және аддитивті гаусс шуы; PSNR = 10·lg(1/MSE). Әр жолдағы ең үздік мән жуан қаріппен.

Қорытынды

Импульстік шуда медиана +9…+13 дБ ұтыс береді. Күшті гаусс шуында сызықтық орташалау аздап озады. Терезені 5×5-ке үлкейту егжей-тегжейді жоғалтады.

Градиент және Лаплас операторы

$$|\nabla f| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}, \qquad \theta = \operatorname{arctg}\left(G_y / G_x\right)$$

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \approx f_{i+1,\,j} + f_{i-1,\,j} + f_{i,\,j+1} + f_{i,\,j-1} - 4 f_{i,\,j}$$

$$g(i,j) = \sum_k \sum_l w(k,l)\, f(i+k,\; j+l)$$

Жеңілдетілген модуль

S = |Sx| + |Sy|

S = max(|Sx|, |Sy|)

Sx = f(x+1,y) − f(x,y)

Sy = f(x,y+1) − f(x,y)

Робертс операторы

fp = |f(x,y) − f(x+1,y+1)| + |f(x+1,y) − f(x,y+1)| — диагональ айырымдар, 2×2 терезе.

Негізгі қасиет

Дифференциалдық маскалар коэффициенттерінің қосындысы 0 — тұрақты жарықтық аймағында жауап нөлге тең.

САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ · ШЕКАРА ОПЕРАТОРЛАРЫ

Робертс, Превитт, Собель және Лаплас

Робертс

1	0
0	-1

Превитт

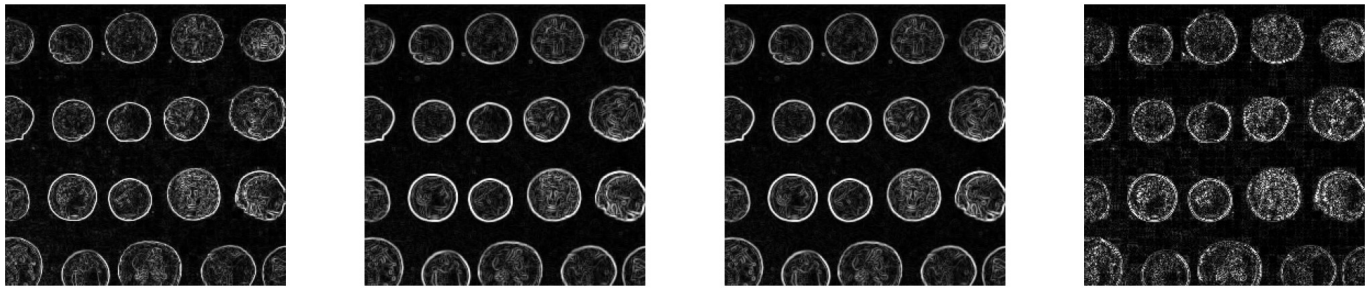
-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

Собель

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

Лаплас

0	1	0
1	-4	1
0	1	0



Жоғарғы қатар — маскалар (көк — оң, қызғылт — теріс салмақ); төменгі — $|\nabla f|$ нәтижесі.

Оператор	Терезе	Шуға
Робертс	2×2	сезімтал
Превитт	3×3	орташа
Собель	3×3	төзімді
Лаплас	3×3	өте сезімтал

Таңдау

Собель тегістеу мен дифференциалдауды біріктіреді — практикада ең жиі қолданылады. Лаплас бағытқа тәуелсіз, бірақ шуды күшейтеді.

ЕСЕП 1 · ШЕШІМІМЕН

Орташалау мен медианаңы қолмен есептеу

Шарты

3×3 аймақ берілген (орталығы — импульстік шу):

10	12	11
13	250	12
11	10	0

Орталық пиксельдің h_2 және медиана 3×3 сүзгілерінен кейінгі мәнін табыңыз.

Шешуі

1. Қосынды: 10+12+11+13+250+12+11+10+0 = 329.

2. Орташалау: 329 / 9 = **36.6 ≈ 37** — шу ішінара қалды.

3. Реттейміз: 0, 10, 10, 11, **11**, 12, 12, 13, 250.

4. Медиана — 5-ші элемент: **11**.

Медиана фонның нақты деңгейін (≈ 11) қалпына келтірді; орта мәні 3 есе қате.

ЕСЕП 2 · ШЕШІМІМЕН

Собель операторымен шекараны табу

Шарты

Кескін фрагменті:

50	50	200
50	50	200
50	50	200

Орталықта Gx, Gy, $|\nabla f|$, θ және Лаплас мәнін есептеңіз.

Шешуі

1. Gx = (200−50)·1 + (200−50)·2 + (200−50)·1 = **600**.
2. Gy = (50+100+200) − (50+100+200) = **0**.
3. $|\nabla f| = \sqrt{(600^2 + 0^2)} = 600$; θ = arctg(0/600) = 0°.
4. $\nabla^2 f = 50 + 50 + 50 + 200 - 4 \cdot 50 =$ **150**.

Градиент x бойымен бағытталған — тік шекара анықталды.

БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ІСКЕ АСЫРУ

Python және MATLAB-та кескінді алдын ала өңдеу

Python (scikit-image, scipy)

```
from skimage import exposure, filters
from scipy import ndimage as ndi
st = exposure.rescale_intensity(f)
eq = exposure.equalize_hist(f)
g = exposure.adjust_gamma(f, 0.4)
m3 = ndi.uniform_filter(f, 3)
md = ndi.median_filter(f, 3)
e = filters.sobel(f)
lp = ndi.laplace(f)
```

MATLAB (Image Processing Toolbox)

```
st = imadjust(I);
eq = histeq(I);
g = imadjust(I,[],[],0.4);
m3 = imfilter(I, fspecial('average',3));
md = medfilt2(I, [3 3]);
e = edge(I, 'sobel');
lp = imfilter(I, fspecial('laplacian',0));
```

PSNR бағалау: skimage.metrics.peak_signal_noise_ratio / MATLAB psnr(A, ref).

ЗЕРТХАНАЛЫҚ ТАПСЫРМА

Кескінді алдын ала өңдеу тізбегін зерттеу

1. Сұр түсті кескінді жүктеп, mf, qf және гистограмманы есептеңіз.
2. Сызықтық созу, гамма-түзету (γ = 0.4; 2.2) және теңестіруді қолданыңыз.
3. Импульстік (5 %, 20 %) және гаусс (σ = 0.05; 0.15) шуын қосыңыз.
4. h_2, h_3, медиана 3×3 және 5×5 сүзгілерімен өңдеп, PSNR кестесін құрыңыз.
5. Робертс, Превитт, Собель, Лаплас операторларымен шекараларды бөліңіз.
6. Шуды алдын ала басу шекара сапасына қалай әсер ететінін талдаңыз.

Есепте болуы тиіс

- Гистограммалар (дейін / кейін)
- LUT сипаттамалары
- PSNR салыстыру кестесі
- Шекара карталары
- Сүзгі таңдаудың негіздемесі

Қолдану салалары

Медициналық рентгенография, бейнебақылау, өнеркәсіптік көру, ғарыштық түсірілімдер.

ӨЗІН-ӨЗІ ТЕКСЕРУ

Жылдам тест

1. Кескін контрастын сипаттайтын шама?

А) орта мән Б) дисперсия В) пиксель саны

2. «Тұз бен бұрыш» шуына ең тиімді сүзгі?

А) орташалау Б) Лаплас В) медианалық

3. Тегістеу маскасы коэффициенттерінің қосындысы?

А) 0 Б) 1 В) 9

4. γ < 1 гамма-түзету нені жақсартады?

А) көлеңкелерді Б) жарық аймақтарды В) шуды

5. Тегістеу мен дифференциалдауды біріктіретін 3×3 оператор?

А) Робертс Б) Собель В) Лаплас Г) h_2

Жауаптары: 1 — Б, 2 — В, 3 — Б, 4 — А, 5 — Б

ҚОРЫТЫНДЫ

Дәрістің негізгі тұжырымдары

01 Кескінді өңдеу жүйесі: камера → АЦТ → бейне жады → процессор → LUT → ЦАТ → монитор.

02 Орта, дисперсия және гистограмма — контраст пен LUT түрлендіруін таңдаудың негізі.

03 Импульстік шуда медиана сызықтық сүзгіден 4…6 дБ озады (20 % шу: 24.8 / 19.2 дБ).

04 Шекара операторлары градиентті бағалайды; Собель шуға ең төзімді, Лаплас бағытқа тәуелсіз.

ТЕРМИНДЕР СӨЗДІГІ

Қазақша — орысша — ағылшынша

Қазақша	Русский	English
Гистограмманы теңестіру	эквализация гистограммы	histogram equalization
Контрастты созу	растяжение контраста	contrast stretching
Түрлендіру кестесі	таблица преобразования (LUT)	look-up table
Медианалық сүзгі	медианный фильтр	median filter
Импульстік шу	импульсный шум «соль-перец»	salt-and-pepper noise
Шекараны анықтау	выделение границ	edge detection
Градиент модулі	модуль градиента	gradient magnitude

БЕКІТУ · 13-ДӘРІС

Бақылау сұрақтары

1. Кескінді өңдеу жүйесінің негізгі блоктарын атаңыз.
2. Кескіннің орта мәні мен дисперсиясы нені сипаттайды?
3. Гистограмма қалай есептеледі және не үшін қажет?
4. Сызықтық созу мен гистограмманы теңестірудің айырмашылығы?
5. LUT кестесінің артықшылығы неде?
6. Медианалық сүзгі неге шекараны сақтайды?
7. Робертс, Собель және Лаплас операторларын салыстырыңыз.