



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ДВАЖДЫ ГЕРОЯ
СОВЕТСКОГО СОЮЗА, ЛЕТЧИКА-КОСМОНАВТА А.А. ЛЕОНОВА»

ИНСТИТУТ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА МАТЕМАТИКИ И ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ДИСЦИПЛИН

Разработка программы для расчётов и анализа параметров качества изображения, получаемого при съёмке

Автор: студент группы ПМИ-РКС-21 Молодов Алексей Алексеевич

Руководитель ВКР: к.т.н. доцент Раев Олег Николаевич

Королёв

2025 г.

Цель и задачи

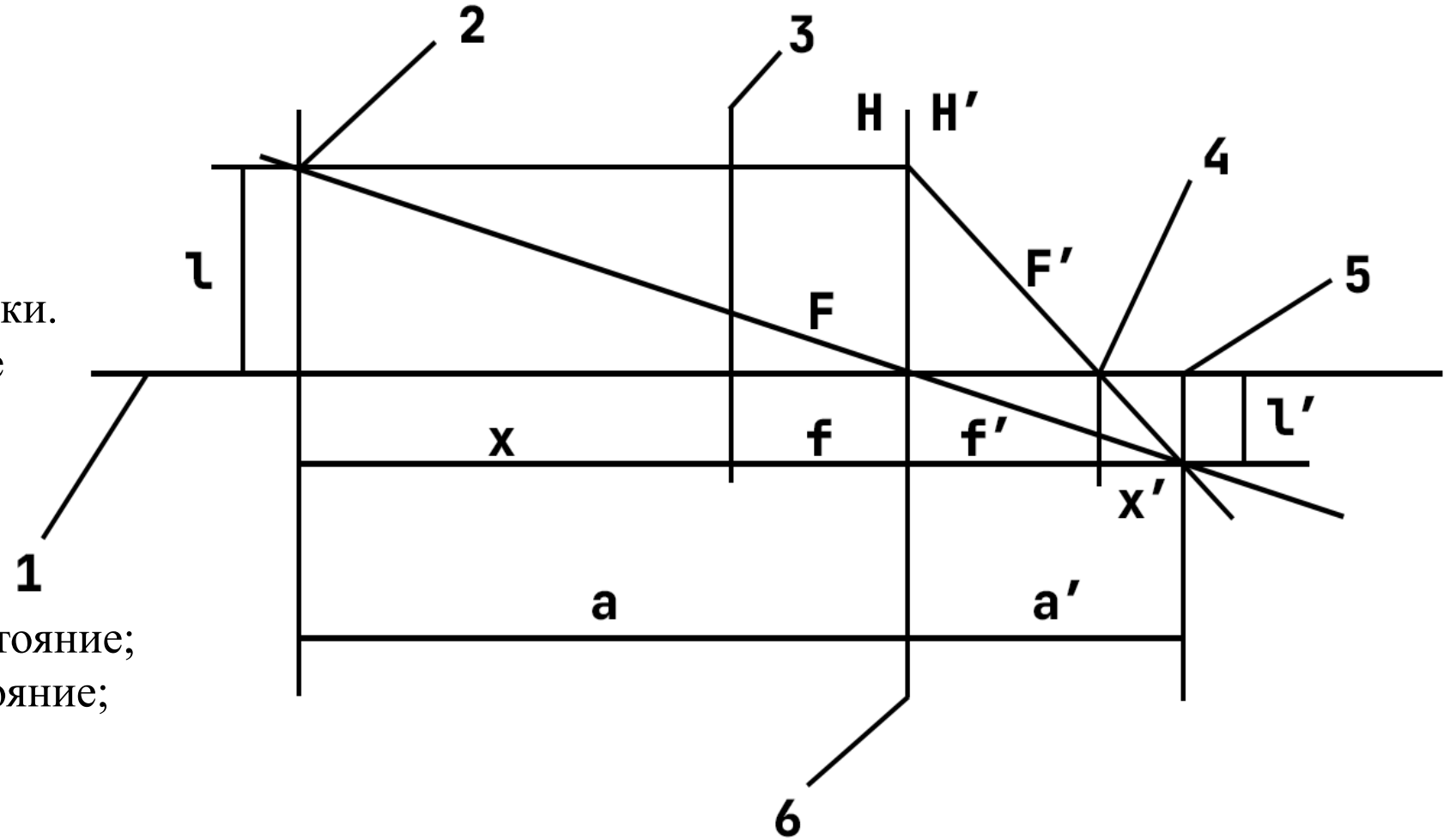
Цель: разработать программу для расчета и анализа параметров пограничной кривой цифрового изображения.

Задачи:

1. Провести анализ математических моделей преобразования оптического изображения, формируемого светочувствительной матрицей.
2. Исследовать параметры качества изображения, связанные с пограничной кривой.
3. Разработать требования к программе.
4. Разработать программу для моделирования задач пограничной кривой.
5. Провести тестирование разработанной программы.

Связь объекта и его изображения

1. Оптическая ось объектива.
2. Объект съемки.
3. Передний фокус.
4. Задний фокус.
5. Изображение объекта съемки.
6. Передняя и задняя главные плоскости.



- f – переднее фокусное расстояние;
- f' – заднее фокусное расстояние;
- l – размер объекта поперек оптической оси;
- l' – размер изображения.

Формулы

Формула Ньютона

$$x \cdot x' = f \cdot f'$$

если $f = f' \Rightarrow x \cdot x' = f'^2$

Формула Гаусса

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f'}$$

Размер изображения

$$\frac{l'}{l} = \frac{a'}{a} \Rightarrow l = \frac{a' \cdot l}{a}$$

Дискретизация

Частота дискретизации

$$f_{\text{д}} = \frac{1}{l_{\text{ш}}}$$

$l_{\text{ш}}$ — шаг между центрами пикселей.

Теорема Котельникова

$$f_{\text{д}} \geq 2 f_{\text{макс}}$$

$f_{\text{макс}}$ — максимальная частота в изображении (линий/мм).

Параметры качества изображения

Разрешающая способность

Резкость

Пространственная частотная
характеристика

Формула для апертурной характеристики пикселя

$$y(x) \begin{cases} 1 & \text{при } x < \frac{l_x^{\text{ап}}}{2} \\ \frac{1}{2} & \text{при } x = \frac{l_x^{\text{ап}}}{2} \\ 0 & \text{при } x > \frac{l_x^{\text{ап}}}{2} \end{cases}$$

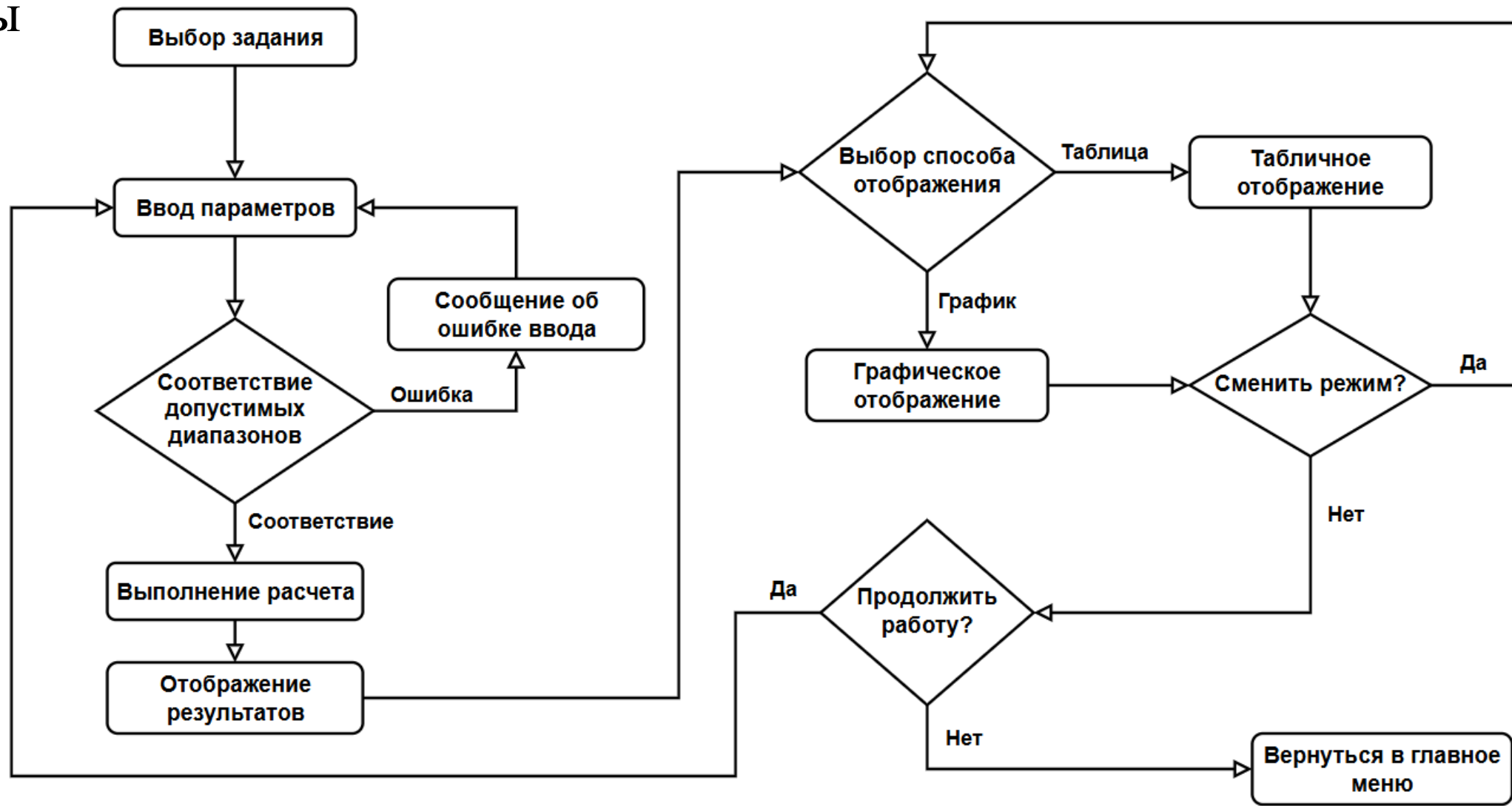
x – горизонтальная пространственная координата в плоскости светочувствительного слоя матрицы;

$l_x^{\text{ап}}$ – ширина апертур.

Фрагмент функциональной схемы



Фрагмент функциональной схемы



Интерфейс программы

Дискретизация освещенности

Задача 1

Задача 2

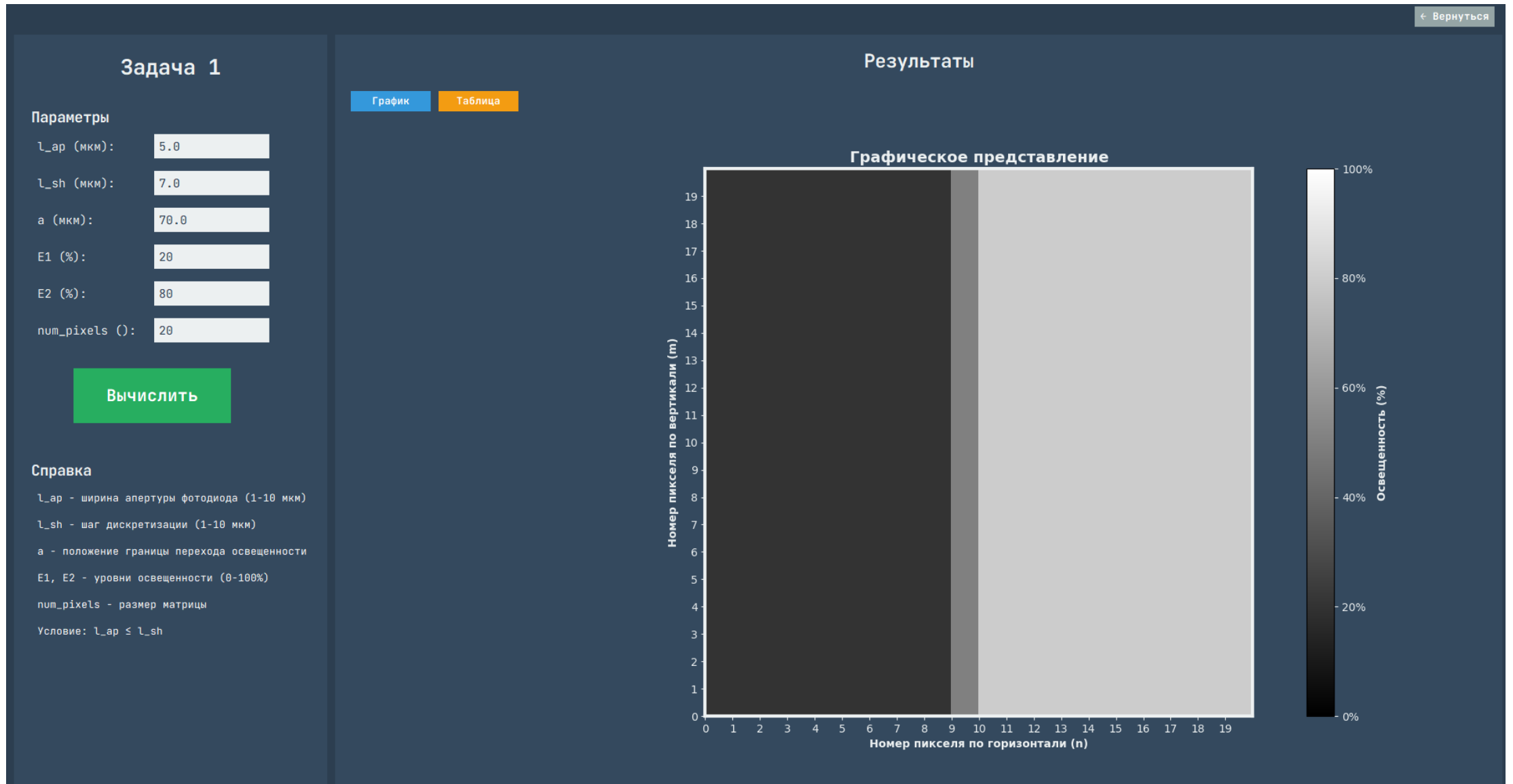
Задача 3

Теория

Выход



Интерфейс программы



Интерфейс программы

Задача 2

Параметры

l_{ap} (мкм):

l_{sh} (мкм):

a (мкм):

b (мкм):

$E1$ (%):

$E2$ (%):

num_pixels ():

Вычислить

Результаты

График **Таблица**

Табличное представление (%)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	20.0	20.0	20.0	33.5	48.5	63.5	78.5	80.0	80.0	80.0
2	20.0	20.0	20.0	33.5	48.5	63.5	78.5	80.0	80.0	80.0
3	20.0	20.0	20.0	33.5	48.5	63.5	78.5	80.0	80.0	80.0
4	20.0	20.0	20.0	33.5	48.5	63.5	78.5	80.0	80.0	80.0
5	20.0	20.0	20.0	33.5	48.5	63.5	78.5	80.0	80.0	80.0
6	20.0	20.0	20.0	33.5	48.5	63.5	78.5	80.0	80.0	80.0
7	20.0	20.0	20.0	33.5	48.5	63.5	78.5	80.0	80.0	80.0
8	20.0	20.0	20.0	33.5	48.5	63.5	78.5	80.0	80.0	80.0
9	20.0	20.0	20.0	33.5	48.5	63.5	78.5	80.0	80.0	80.0
10	20.0	20.0	20.0	33.5	48.5	63.5	78.5	80.0	80.0	80.0

Интерфейс программы

(Задача 3 – в разработке)

Интерфейс программы

[← Вернуться](#)

Теория

1. ДИСКРЕТИЗАЦИЯ ОСВЕЩЕННОСТИ

Дискретизация освещенности - это процесс преобразования непрерывного распределения освещенности в дискретные значения, соответствующие пикселям матрицы фотодиодов. Каждый фотодиод имеет определенную апертуру и расположен с определенным шагом дискретизации.

2. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

- l_{ap} - ширина апертуры фотодиода (мкм) - определяет размер светочувствительной области
- l_{sh} - шаг дискретизации (мкм) - расстояние между центрами соседних пикселей
- a - координата границы перехода освещенности (мкм)
- b - координата конца области размытия (мкм)
- $E1, E2$ - начальный и конечный уровни освещенности (%)

3. ЗАДАЧА 1 - Статический край

Рассматривается случай перехода освещенности в точке a . Освещенность для каждого пикселя определяется следующим образом:

Алгоритм расчета:

1. Вычисляется номер пикселя n_a , через который проходит граница:
$$n_a = ((a + l_{sh}/2) / l_{sh})$$
2. Для пикселей $n < n_a$: освещенность = $E1$
3. Для пикселей $n > n_a$: освещенность = $E2$
4. Для пикселя n_a :
$$E(n_a) = [(l_{ap}/2 - (l_{sh} * n_a - a)) * E1 + (l_{ap}/2 + (l_{sh} * n_a - a)) * E2] / l_{ap}$$

4. ЗАДАЧА 2 - Размытый край

Рассматривается случай перехода освещенности между точками a и b . Освещенность изменяется линейно на участке (a, b) :

Функция освещенности:

$$\begin{aligned} E(x) &= E1, \text{ если } x \leq a \\ E(x) &= E1 + (E2 - E1) * (x - a) / (b - a), \text{ если } a < x < b \\ E(x) &= E2, \text{ если } x \geq b \end{aligned}$$

Заключение

1. Проанализированы математические модели, исследованы параметры качества изображения.
2. Разработана программа для моделирования пограничной кривой.
 - Статический край.
 - Размытый край.
 - Динамический край.
3. Результаты представлены в графическом и табличном виде.

Спасибо за внимание!

Задача 1

Параметры

λ_{ap} (мкм):	5.0
-----------------------	-----

τ_{sh} (MKM):	7.0
--------------------	-----

а (мкм):	70.0
----------	------

E1 (%) :	20
----------	----

E2 (%) :	80
----------	----

```
num_pixels (): 20
```

Вычислить

Справка

 τ_{ap} - ширина апертуры фотодиода (1-10 мкм)

τ_{sh} - шаг дискретизации (1-10 мкм)

а - положение границы перехода освещенности

E1, E2 - уровни освещенности (0-100%)

num_pixels - размер матрицы

Условие: $l_{ap} \leq l_{sh}$

Результаты

График

Табличное представление (%)

[illegible]

Задача 2

Параметры

l_ap (мкм):	8.0
-------------	-----

τ_{sh} (MKM):	10.0
--------------------	------

а (мкм):	30.0
----------	------

b (мкм):	70.0
----------	------

E1 (%) :	20
----------	----

E2 (%) :	80
----------	----

```
num_pixels (): 10
```

Вычислить

Справка

l_{ap} - ширина апертуры фотодиода (1-10 мкм)

Δ_{sh} - шаг дискретизации (1-10 мкм)

а - начало области размытия

в - конец области размытия

E1, E2 - уровни освещенности (0-100%)

num_pixels - размер матрицы

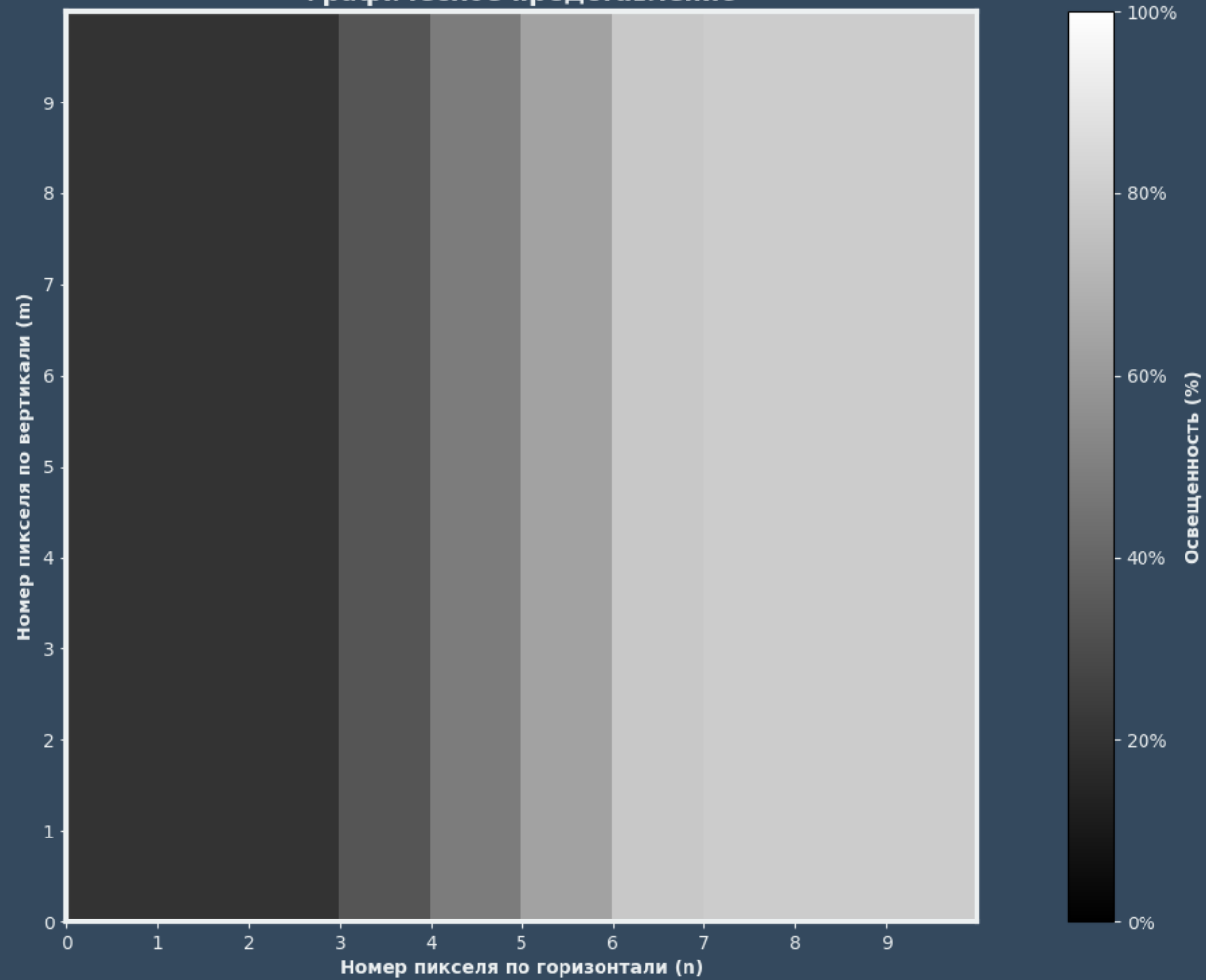
Условия: $l_{ar} \leq l_{sh}$, $a < b$

График

Таблица

Результаты

Графическое представление



Справка

Программа "Дискретизация освещенности" предназначена для моделирования процесса дискретизации изображений.

ЗАДАЧА 1 - Статический край

Моделирует случай, когда граница между областями с разной освещенностью проходит четко в одной точке.

ЗАДАЧА 2 - Размытый край

Моделирует случай, когда переход освещенности происходит плавно в определенной области.

ЗАДАЧА 3 - Динамический край

В разработке.

ПАРАМЕТРЫ:

- l_{ap} - ширина апертуры фотодиода (1-10 мкм)
- l_{sh} - шаг дискретизации (1-10 мкм)
- a, b - границы области перехода (мкм)
- $E1, E2$ - уровни освещенности (0-100%)
- num_pixels - размер матрицы (5-50 пикселей)

РЕЗУЛЬТАТЫ:

- График - наглядное представление освещенности
- Таблица - числовые значения освещенности

Для получения подробной информации используйте раздел "Теория".

Выход предназначен для завершения работы программы.

Ок