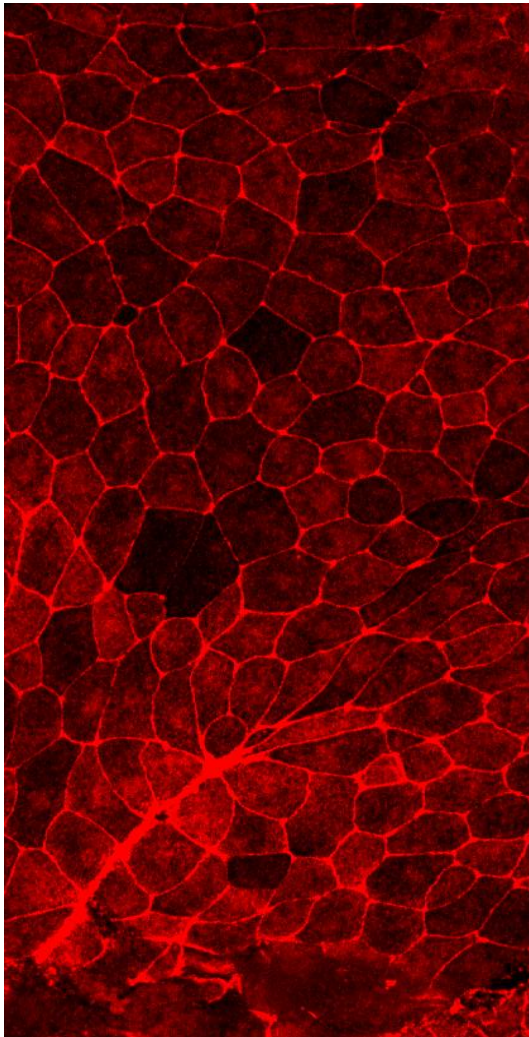


# Автоматическая обработка фотографий клеточного пласта

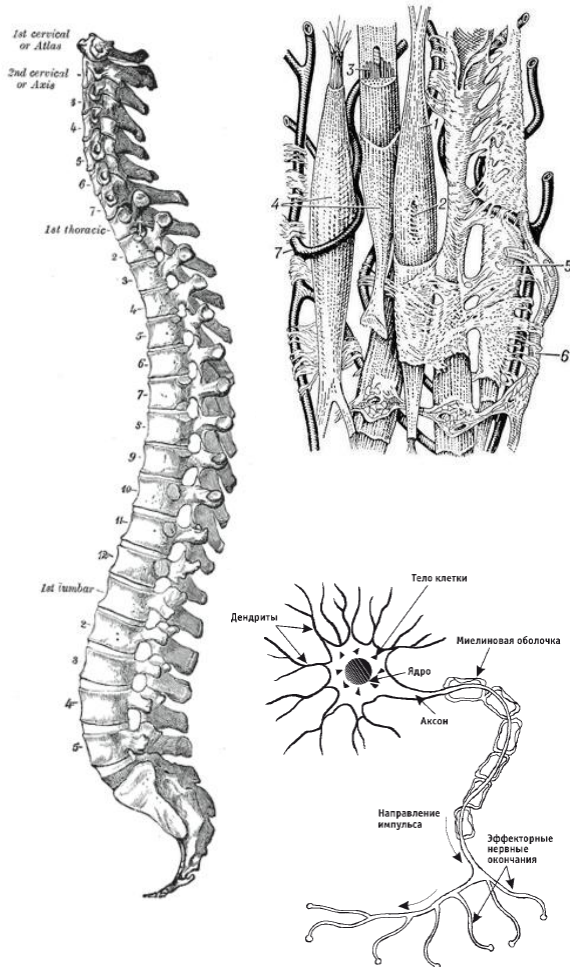
Некрасов К.,  
Лаптев Д.,  
Ветров Д.

# Вступление



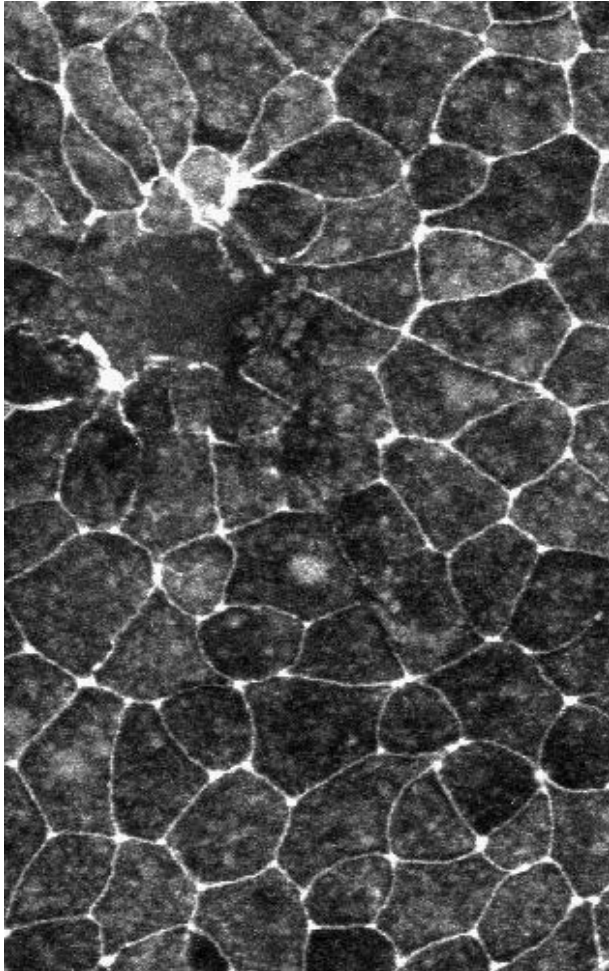
- Есть такие клетки, которые живут, распластавшись на поверхности субстрата, обычно специально для них приготовленного.
- В процессе развития клетки не просто сидят на своих местах, а активно перемещаются, при чем целыми пластами.
- Клеточные движения имеют четкую пространственную организацию.
- Клеточные движения абсолютно необходимы для развития зародыша, формирования будущих тканей и органов.

# Вступление



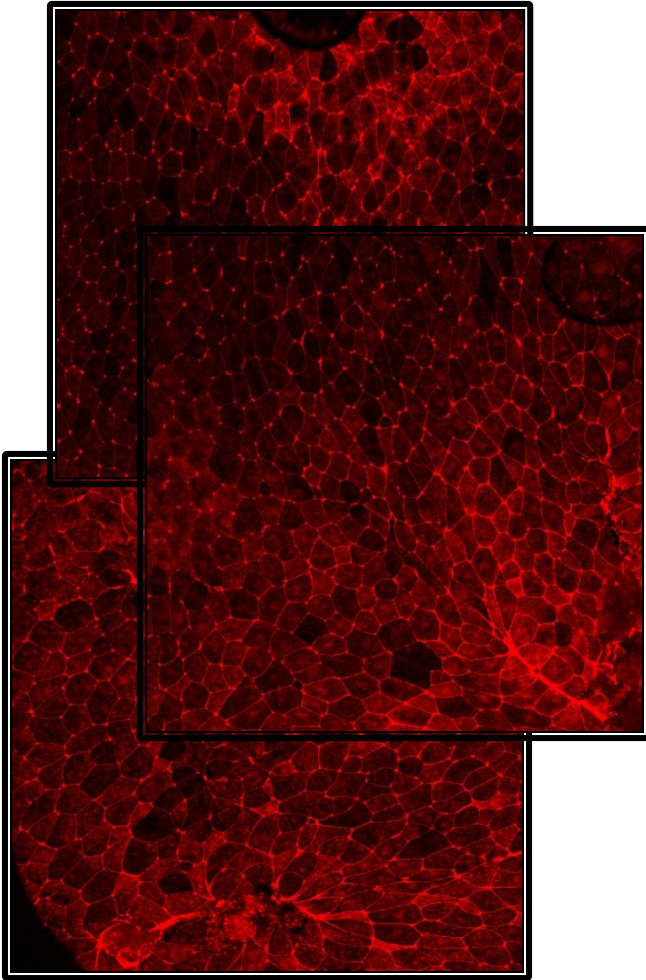
- Клеточные движения - это механизм создания формы клеточного пласта.
- Различные механические воздействия, как и механические свойства самого субстрата (упругость, жесткость), могут вызвать активацию специфических генов и определять направление дифференцировки клеток.
- В лабораторных опытах оказалось, что если зародыш растянуть в нужном направлении, то у него позвоночник и нервная система образуются в другом месте!

# Постановка задачи



- Традиционно, для того, чтобы направить дифференцировку клеток, в среду добавляют специальные химические факторы. Это сложно и не очень эффективно.
- Дана фотография клеточного пласта, на которой стенки клеток подкрашены специальной флуоресцентной краской
- На таких снимках важно вычислить "вытянутость" каждой из клеток, направление этой вытянутости, кривизну клеточных стенок, связность клетки и связность узлов.

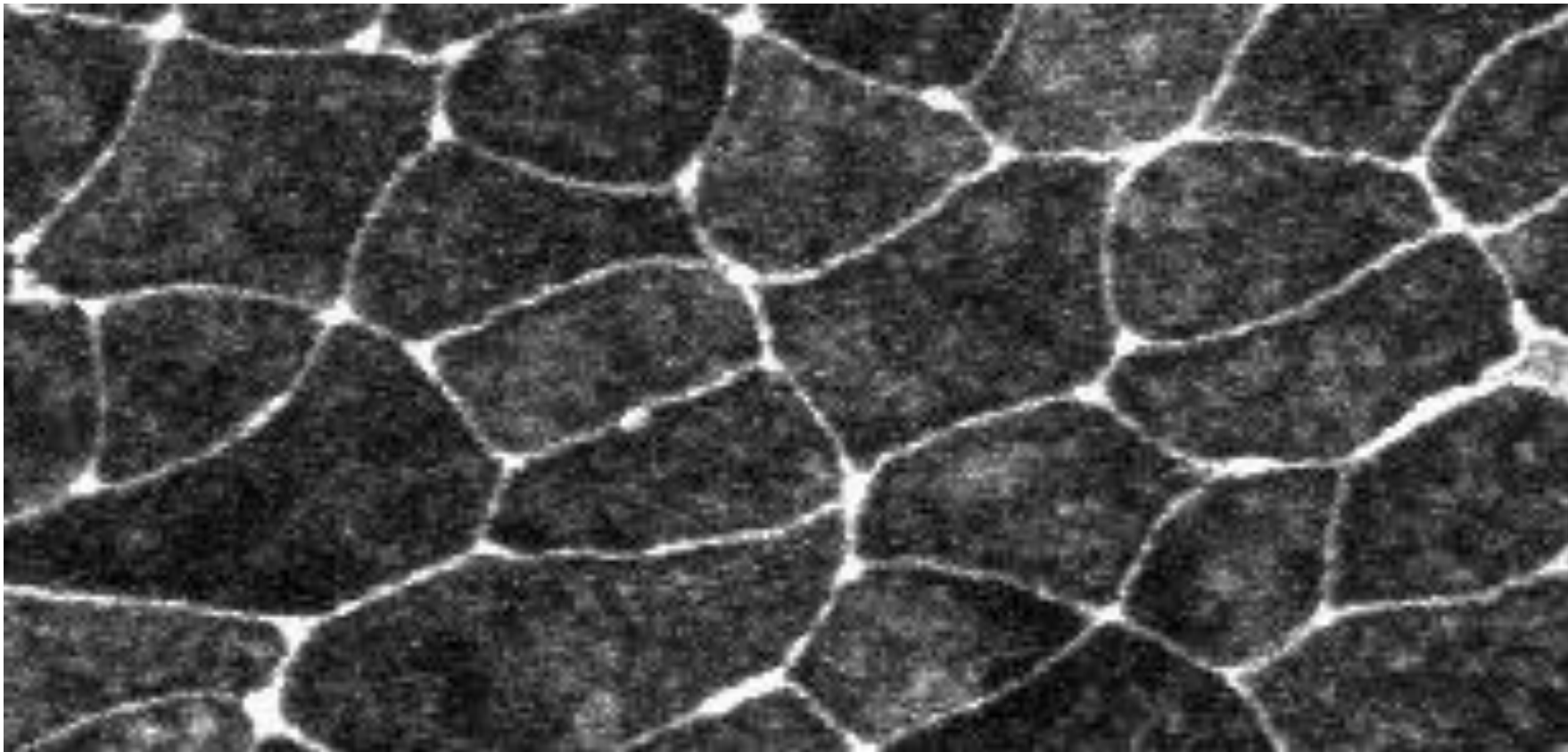
# Исходные данные



- Для обработки предоставляются фотографии размера 1024x1024
- В некоторых местах изображение может быть размыто, смазано или испорчено
- Освещение клеточного пласта может быть не равномерным, с одним источником света
- Клеточные мембраны (границы клеток) сильно разорваны и представляют собой полосы из смеси точек высоких и низких яркостей



# Исходные данные



Отдельное внимание стоит уделить клеточным узлам, границам и внутренностям. Получающаяся при съёмке смесь точек разной яркости не позволяет применить к изображениям стандартные методы поиска границ.

# Retinex

- Исходное полутоновое изображение  $I$  разбивается на две компоненты:  $R$  – компоненту, представляющую собой изображение с равномерной яркостью, и  $M$  – компоненту, которая отвечает за освещение.

$$I(x, y) = R(x, y) \cdot M(x, y), \quad M(x, y) \in [0, 1]$$

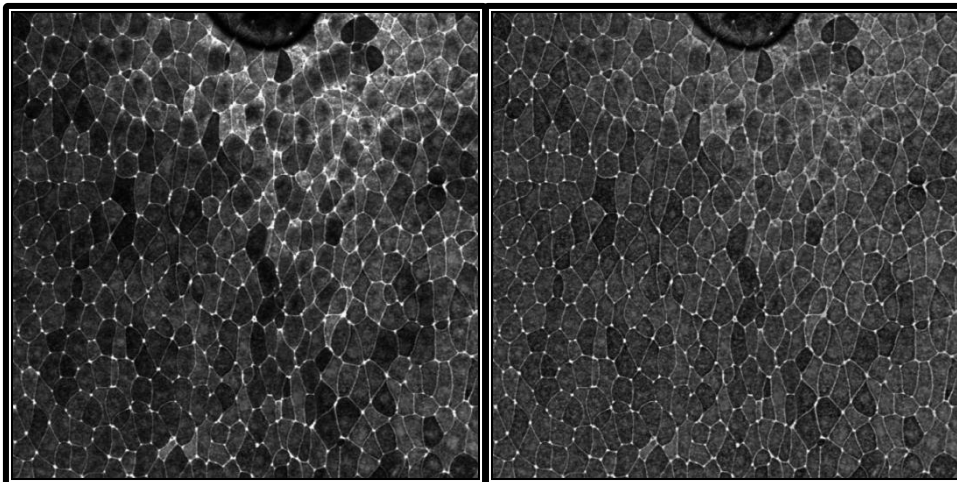
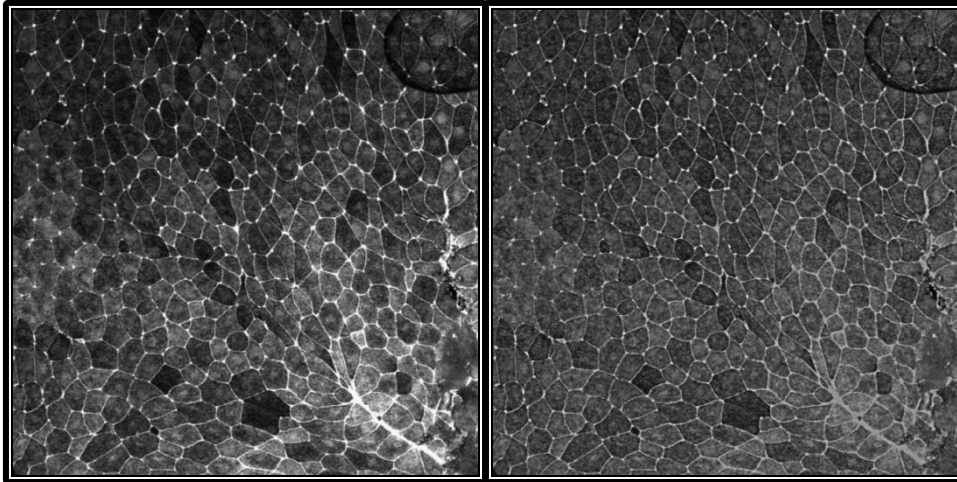
- $M$ -компонента, отвечающая за освещение, фактически представляет собой размытое исходное изображение.

$$M = \textit{blurring} I(x, y)$$

- Тогда  $R$ -компонента вычисляется следующим образом ( $k$  – параметр, влияющий на силу действия алгоритма):

$$R(x, y) = \exp(\log I(x, y) - k \cdot \log M(x, y))$$

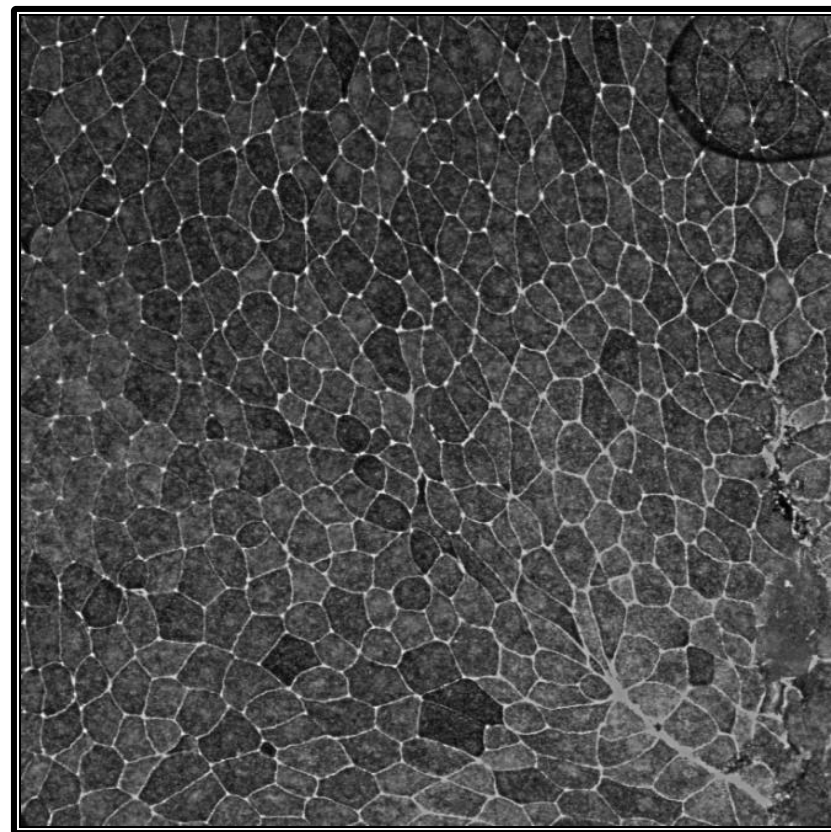
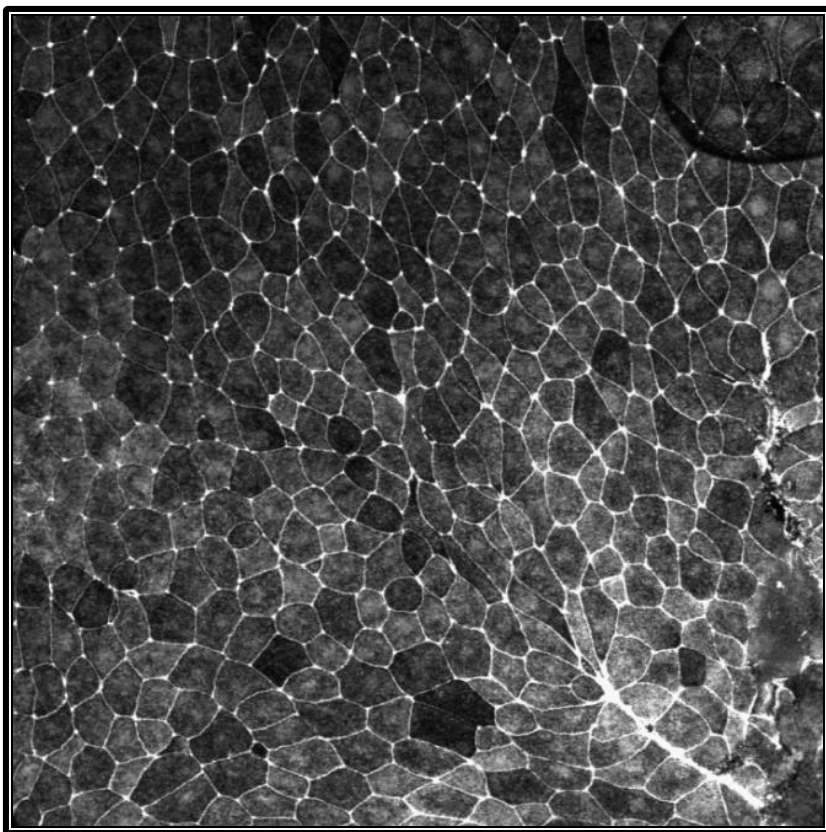
# Retinex



- Для размытия изображения было использовано ядро гауссиан размера **19x19**, с дисперсией **12**. Сила действия  **$k=0.5$**  была подобрана вручную.
- Слева расположены две пары изображений, до и после обработки алгоритмом.

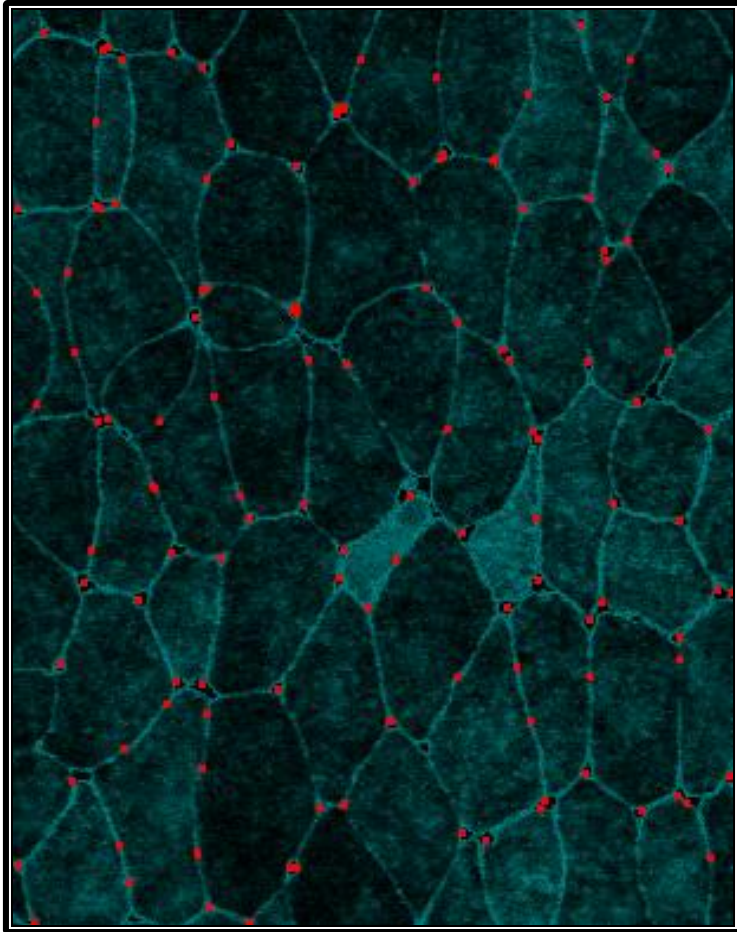


# Retinex



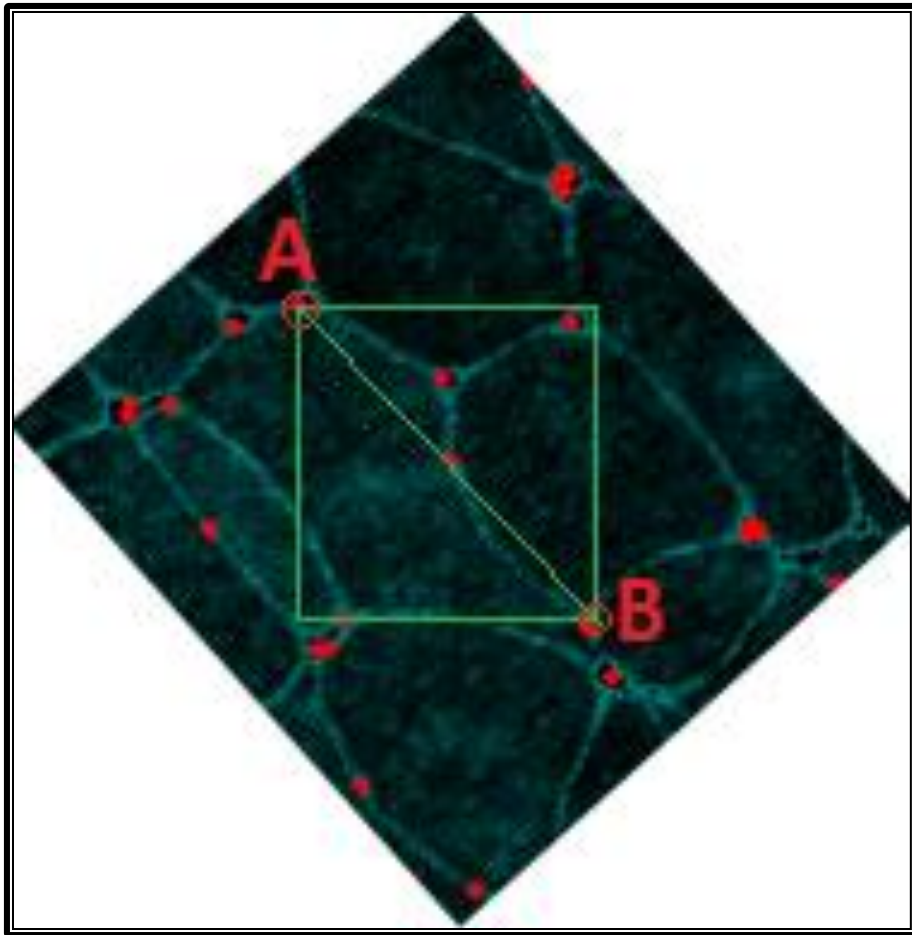
Результат применения алгоритма Retinex

# Выделение узлов



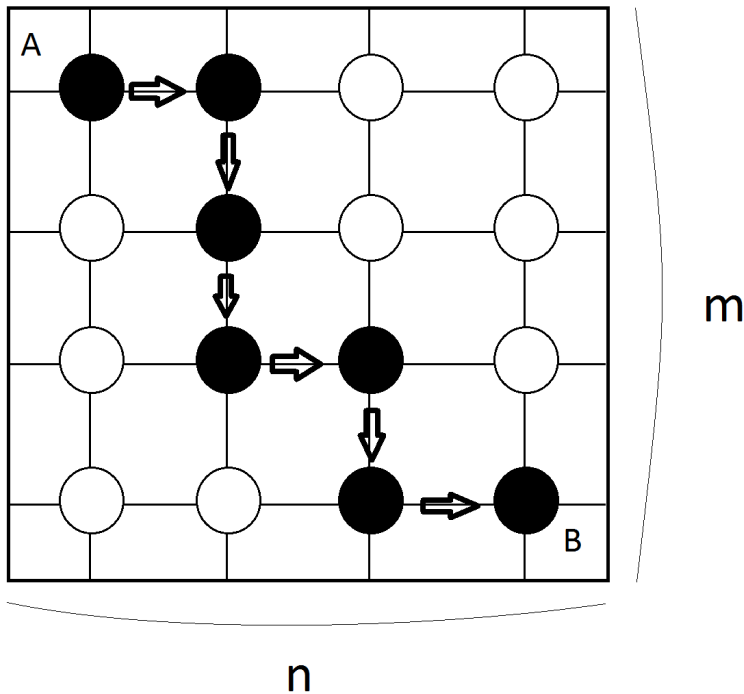
- Выделим узлы между клетками
- Для этого пройдемся окном  $40 \times 40$  по исходному, невыровненному изображению, и найдем в нём локальный максимум.
- Переход к следующему окну осуществляется через половину ширины, т.е. через каждые 20 пикселей.
- Всего находится около **1000** узлов для изображения **1024x1024**.

# Поиск границ



- Воспользуемся динамическим программированием
- Рассмотрим два узла на изображении, A и B.
- Выделим на выровненном изображении квадрат, построенный по диагонали AB.

# Поиск границ



- «Задача о черепашке»
- Дана матрица чисел размера  $m \times n$ , требуется найти путь из левого верхнего угла в правый нижний:
- Сумма чисел на пройденном пути должна быть максимальна
- Идти можно только вниз или вправо



# Поиск границ

- Пусть  $F(x, y)$  – максимальная сумма чисел, которую черепашка может набрать переместившись по матрице  $I$  из левого верхнего угла в точку  $(x, y)$ , тогда:

$$F(x, y) = \max\{F(x, y - 1), F(x - 1, y)\} + I(x, y)$$

$$F(0, y) = F(x, 0) = 0$$

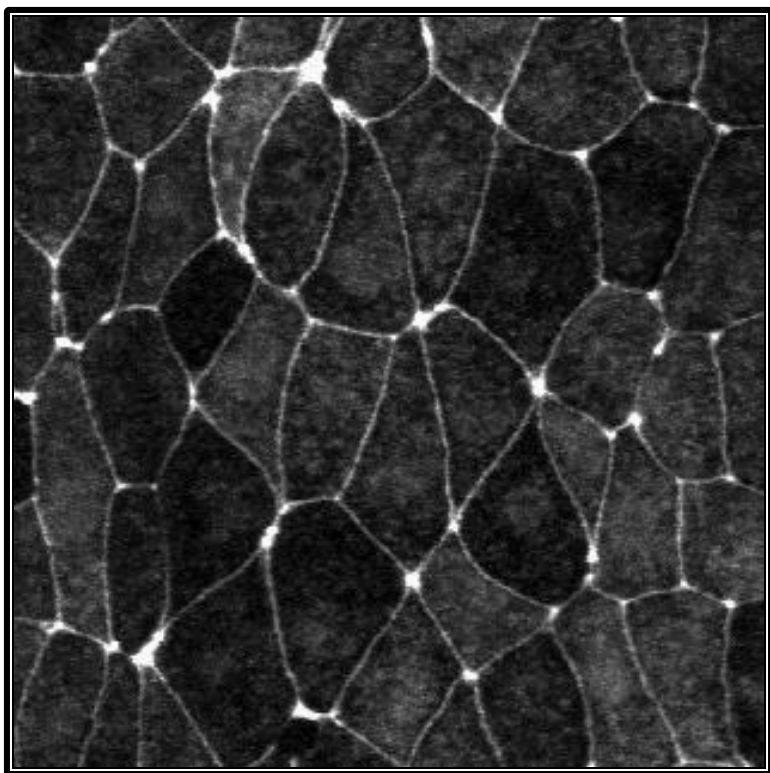
# Поиск границ

- Пусть  $R$  – снимок клеточного пласта с выровненной яркостью. Определим изображение  $I$ , на котором будем применять поиск границ с использованием динамического программирования, как разность между исходным и его размытым вариантом, который получается с помощью усредняющего фильтра с ядром размера  $15 \times 15$ :

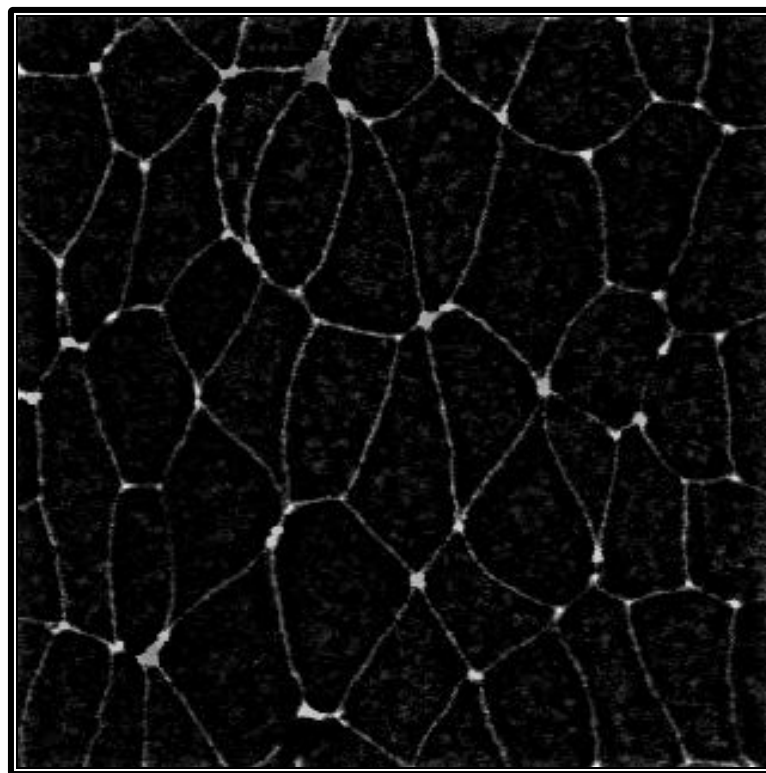
$$I(x, y) = R(x, y) - \textit{averaging } R(x, y)$$

- С помощью динамического программирования будем строить линию между двумя узлами.
- Линия может проходить только через два узла.
- Также отсечем все линии, со средней яркостью  $S < 0.435$

# Поиск границ

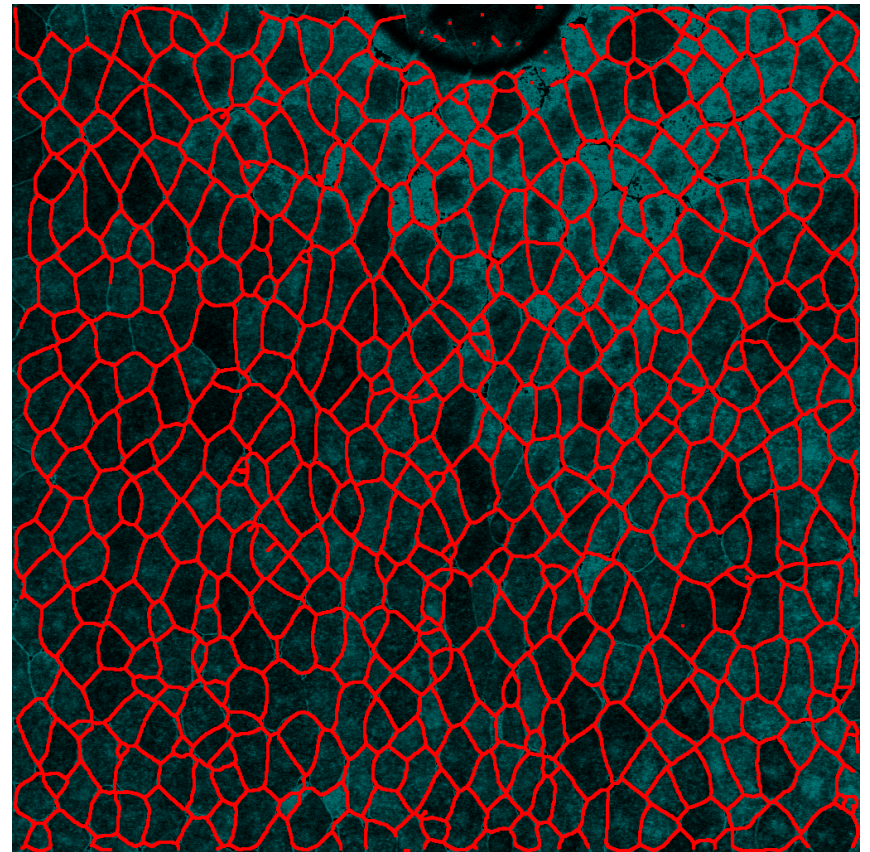
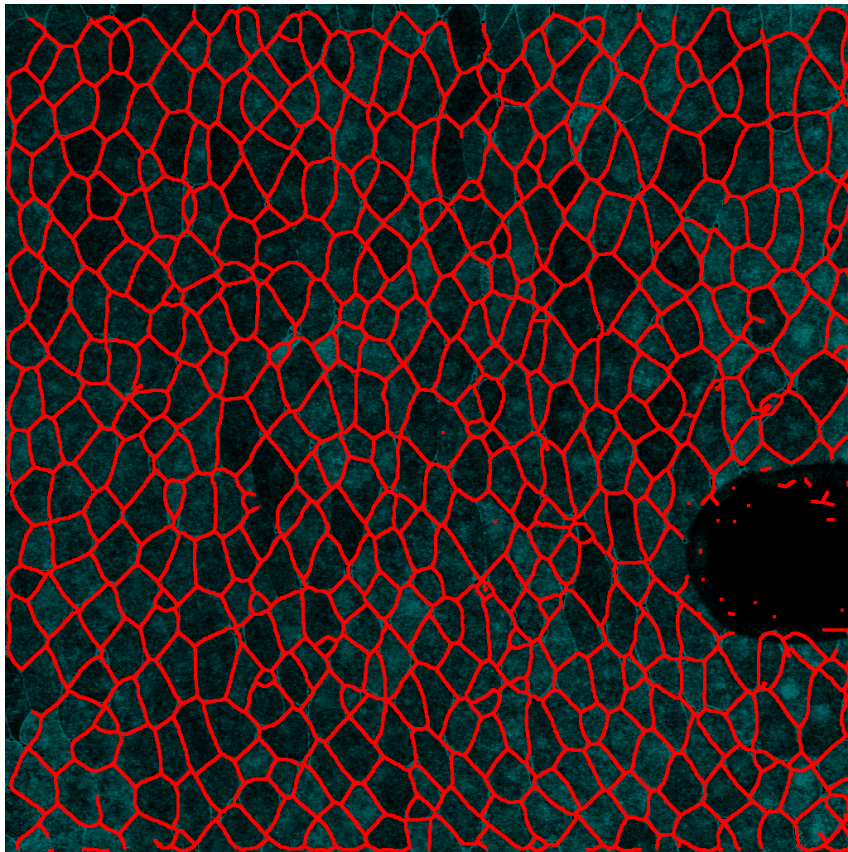


Исходное изображение



Исходное минус размытое

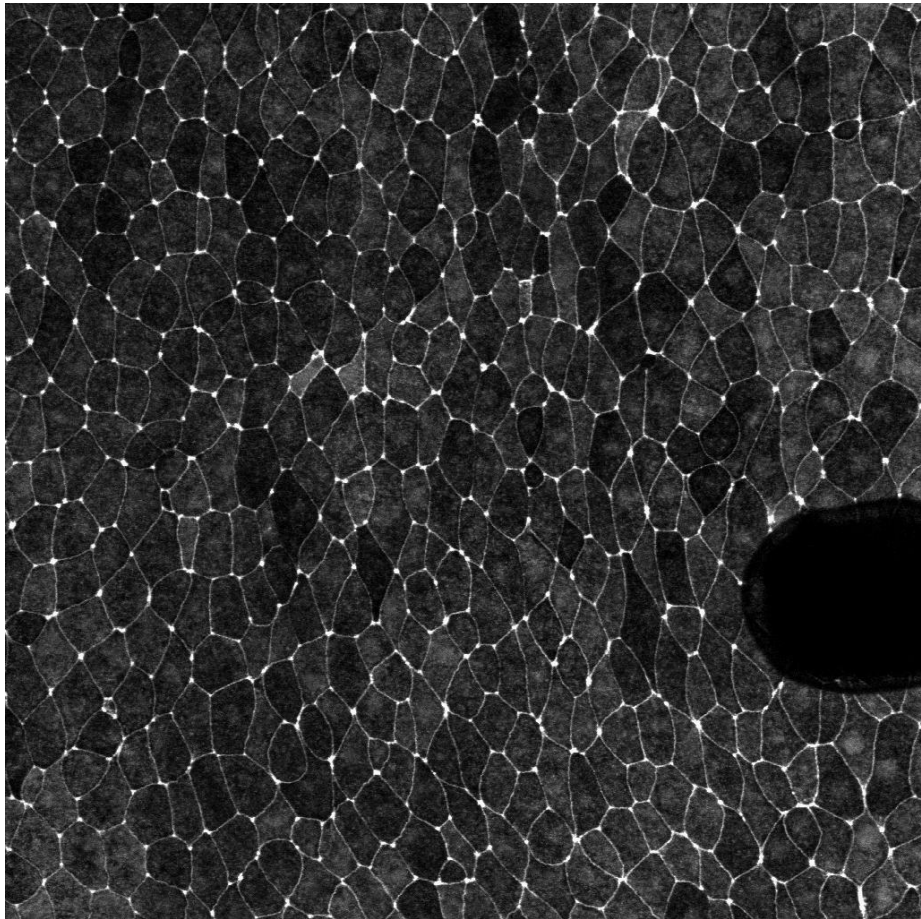
# Результаты обработки



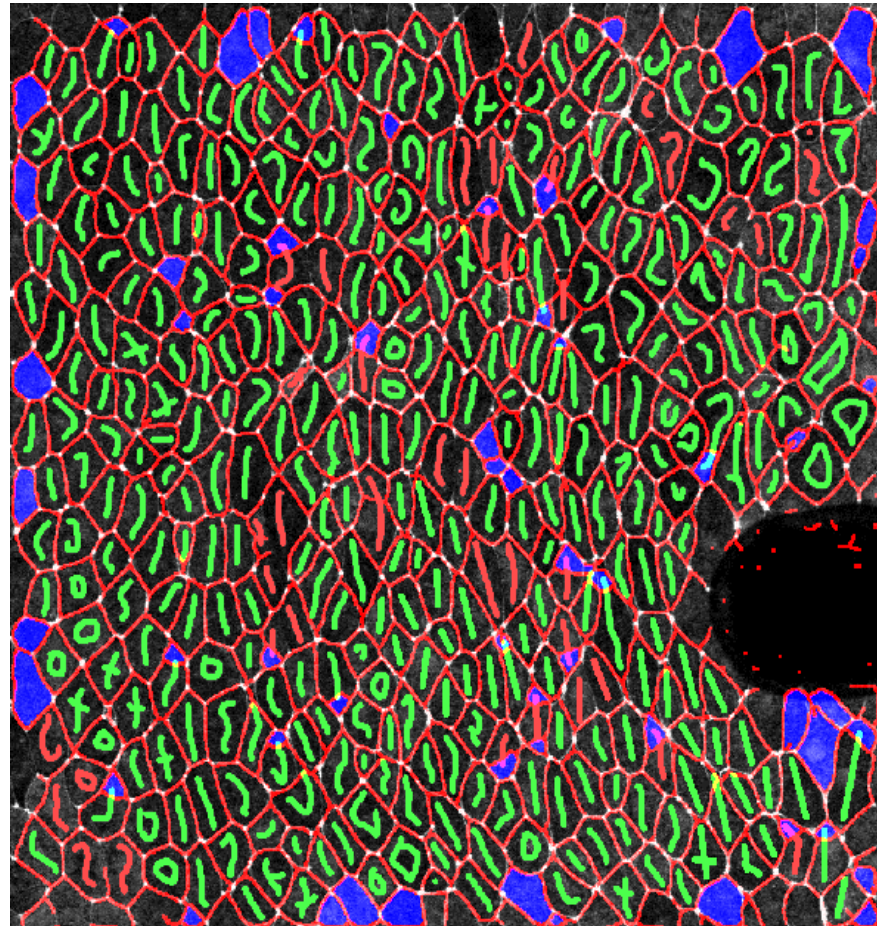
Выделенная сетка на разных снимках



# Результаты обработки



Исходный снимок



Тестирование на размеченном изображении

# Результаты обработки

Номер снимка	Время работы алгоритма (сек)	Совпало клеток / общее число размеченных клеток
1	96	0.83
2	85	0.90
3	93	0.80
4	79	0.85
5	98	0.71