

Анализ биологических изображений микроскопии

Е.В. Семенова¹, Д.А. Мухин¹, Д.Э. Сабирова¹, Д.Р. Байдамшина¹, А.Р. Каюмов¹

¹Казанский Федеральный университет, Кремлевская 18, Казань, Россия, 443008

Аннотация

В данной работе представлен подход для обработки и анализа биологических данных, когда в качестве исследуемого объекта выступает изображение, полученное методами микроскопии, а интерес представляет количественное описание распределения некоторой фазы в исследуемом образце. Такая задача сводится к анализу распределения фазы с известными цветовыми характеристиками на изображении. В качестве примера в работе рассмотрена задача анализа качества заживления дермы после травмы.

Ключевые слова

Обработка изображений, тензор структуры, бинаризация

1. Введение

Распространенной задачей медицины и биологии является анализ распределения исследуемого вещества в рассматриваемом объекте, когда в качестве входных данных выступает изображение, полученное при помощи электронного микроскопа. Зачастую такой анализ проводится вручную, при этом количество данных может быть велико и, следовательно, их анализ трудоемок и длителен. Автоматизация данного процесса позволит исключить человеческий фактор, повысить качество анализа и сократить затрачиваемое время, что особенно важно в медицине, например при постановке диагноза.

2. Тензор структуры

Качество заживления травм дермы можно оценить, исследуя содержание и распределение волокон коллагена [1]. Исследуемой фазой в этом случае является подкрашенный методами гистологии коллаген. Для количественного описания его распределения был использован тензор структуры – это положительно определенный тензор второго порядка, позволяющий учесть особенности архитектуры объекта [2]. Для построения тензора структуры был применен MIL – метод [3,4]. Для его применения на предварительно бинаризованное для выделения исследуемой фазы изображение [5, 6], накладывается сетка, которая представляет семейство линий, исходящих из центра образца, и которая в полярной системе координат определяется шагом по углу $\Delta\varphi$. Далее необходимо ввести две функции: $L(\varphi)$ – длина исследуемой фазы в направлении, заданном углом φ , и $I(\varphi)$ – длина линии сетки в этом же направлении. Искомое MIL-распределение вычисляется по формуле:

$$MIL(\varphi) = \frac{L(\varphi)}{I(\varphi)} \quad (1)$$

Это распределение может быть аппроксимировано эллипсом, уравнение которого можно записать в виде:

$$A_{11}x^2 + A_{22}y^2 + 2A_{12}xy + 2B_1x + 2B_2y + C = 0 \quad (2)$$

Коэффициенты квадратичной формы полученного эллипса, записанные в матричном виде – есть тензор анизотропии, тензор же структуры находится по формуле:

$$\tilde{H} = \sqrt{\begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{pmatrix}^{-1}} \quad (3)$$

Оценивая собственные значения полученного тензора, можно проанализировать распределение коллагена в области. Для этого вводится величина анизотропии γ , которая вычисляется как отношение минимального главного значения тензора структуры к максимальному. В качестве параметра, характеризующего качество заживления дермы во всем изображении, может быть использован параметр Q , вычисляемый по формуле:

$$Q = \frac{\int_{r>\delta} dS}{\int_S dS} \quad (4)$$

Здесь в числителе стоит площадь анализируемого изображения, где величина степени анизотропии превышает некоторый заданный параметр, а в знаменателе – площадь исследуемого образца.

3. Выводы

В работе представлен подход для анализа и обработки биологических изображений дермы, который позволяет вычислять морфологические характеристики качества ее заживления. Данный метод при небольших изменениях может быть обобщен на ряд задач, связанных с микроскопией и анализом изображений в биологии и медицине.

4. Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №20-01-00535.

5. Литература

- [1] Semenova, E. Automatic Processing and Analysis of the Quality Healing of Derma Injury / E. Semenova, O. Gerasimov, E. Koroleva, N. Ahmetov, T. Baltina, O. Sachenkov. – Poland: Biomechanics in Medicine and Biology, 2018. – P. 107-113.
- [2] Harrigan, T.P. Characterization of microstructural anisotropy in orthotropic materials using a second rank tensor / T.P. Harrigan, R.W. Mann // J. Mater. Sci. – 1984. – Vol. 19. – P. 761-767.
- [3] Киченко, А.А. Экспериментальное определение тензора структуры трабекулярной костной ткани / А.А. Киченко, В.М. Тверье, Ю.И. Няшин, А.А. Заборских // Российский журнал биомеханики. – 2011. – Т. 15, № 4(54). – С. 78-93.
- [4] Коробейникова, Д.А. Рентгенографическое и биомеханическое исследование эффективности применения компонентов на основе этидронатов ионов лантаноидов и кальция в зону перелома / Д.А. Коробейникова, Ф.В. Шакирова, О.А. Саченков, О.В. Герасимов // Ветеринарный врач. – 2019. – № 6. – С. 37-44.
- [5] Харин, Н.В. Методика определения ортотропных свойств костного органа по данным компьютерной томографии / Н.В. Харин, О.В. Герасимов, П.В. Большаков, А.А. Хабибуллин, А.О. Федянин, М.Э. Балтин, Т.В. Балтина, О.А. Саченков // Российский журнал биомеханики. – 2019. – Т. 23, № 3. – С. 460-468.
- [6] Саченков, О.А. Построение негомогенной конечно-элементной модели по данным компьютерной томографии / О.А. Саченков, О.В. Герасимов, Е.В. Королева, Д.А. Мухин, В.В. Яикова, И.Ф. Ахтямов, Ф.В. Шакирова, Д.А. Коробейникова, Х.Ч. Хань // Российский журнал биомеханики. – 2018. – Т. 22, № 3. – С. 332-344.