

О ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЯХ В ЗАДАЧЕ ТРЕХМЕРНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ НЕЙРОНОВ И АСТРОЦИТОВ

Е.П. Агапова

Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского

E-mail: agapova.elena.p@gmail.com

В научной визуализации часто необходимо работать со скалярными полями данных, заданными в трехмерном пространстве. Данные могут быть получены различными способами: сканированием с помощью магнитного резонанса, компьютерной томографией, численным экспериментом. Например, данные с электронного микроскопа представляют собой серию снимков послойной внутренней структуры объекта, т.е. трехмерное скалярное поле. Объем исходных данных в различных медицинских задачах значителен. Например, объем одного исследования в медицинской томографии обычно равен 0.1-1 Гб [1]. Рассмотрим задачу трехмерной реконструкции и численного моделирования нейронов и астроцитов по данным микроскопии. Рассмотрим эту задачу на примере реконструкции зрительной зоны коры головного мозга мыши. Здесь входные данные представляют собой сканированные изображения с разрешением 2560*2560 для каждого слоя (рис. 1), которые в совокупности могут достигать размера до 12 Тб.

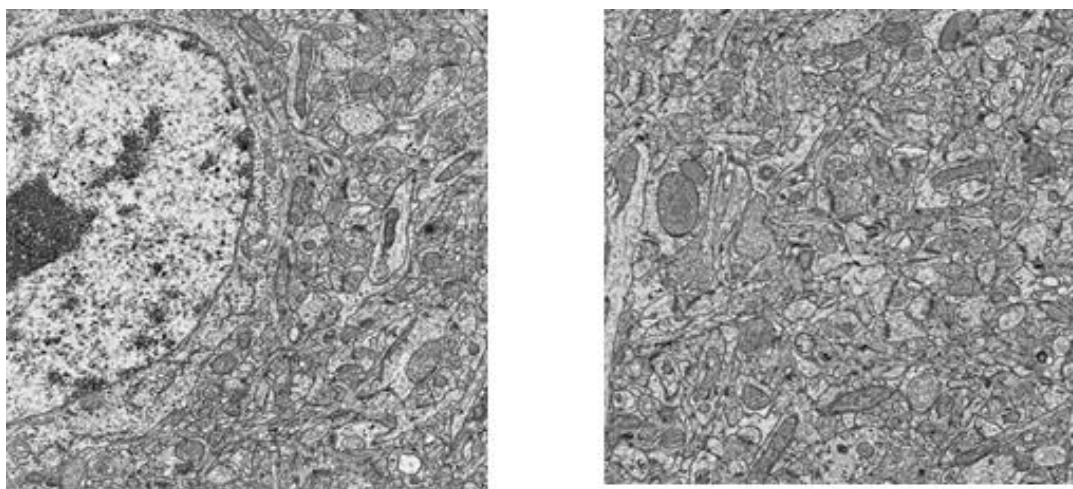


Рис. 1. Входные данные: кора головного мозга мыши, слева слой № 3708, справа – № 3929

Одним из важнейших этапов решения вышеупомянутой задачи является преобработка входных изображений. Если ее рассмотреть со стороны компьютерного зрения, то распознать объект на изображении, найти его границы и отделить его от фона практически не представляется возможным из-за сложной структуры текстуры (рис. 1). Разработка обучающейся системы тоже довольно сложная и емкая задача, поэтому предлагается интерактивное отделение внутренней части клетки от ее внешней части. То есть пользователь должен отметить какие области относятся к внутренней части клетки, а какие к внешней. Однако стоит отметить, что на этом этапе необходимо разработать алгоритмы, позволяющие решать задачу обработки и хранения сверхбольших наборов данных. Очевидно, что для решения нужны высокопроизводительные вычисления, что-

бы добиться адекватных затрат по времени на решение подзадачи. Например, найдя одну клетку нейрона на одном слое, требуется определить ее положение на всех остальных слоях, то есть одновременно работать со всем множеством слоев. Задачу обработки и хранения входных данных естественно решать как распределенную с использованием графических процессоров.

Решая задачу поиска контуров клеток нейронов и астроцитов на текстурах, выбирается один из слоев, который маркируется вручную. Интерактивно кистью пользователь маркирует внутренность клетки и другой кистью внешнюю сторону за клеткой. На основе этой информации происходит сегментация данного слоя на объект и его границы. Решая эту задачу, перейдем к энергии системы и будем ее минимизировать:

$$E(x, z, w) = \sum_i \theta_i(x_i, z_i) + w \sum_{ij} \theta_{ij}(x_i, x_j),$$

$x^* = \operatorname{argmin}_x E(x, z, w)$ – решение, где
 $x = \{0, 1\}^{nm}$ – бинарное изображение, $z = (R, G, B)^{nm}$ – входное изображение,
 $\theta_i(x_i, z_i) = -\log P(z_i | x_i = 1) x_i - \log P(z_i | x_i = 0) (1 - x_i)$,
 w – параметр, $\theta_{ij}(x_i, x_j) = |x_i - x_j|$ [2].

Решение задачи является ресурсоемким, т.к. требует перебора бинарных изображений и поэтому необходимо пользоваться распределенными вычислениями. Пример решенной задачи приведен на рис.2 [3].

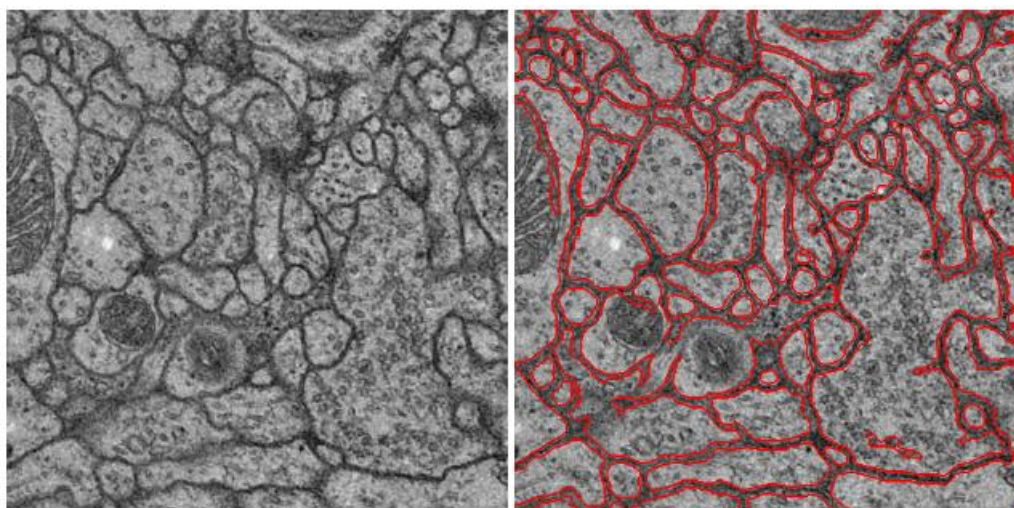


Рис. 2. Слева исходное изображение, справа сегментированный объект

Следующий за выделением контуров на одном слое этап – применение метода активного контура (змейки) по всем слоям. Алгоритм можно адаптировать для графического процессора, который позволит увеличить производительность до 40 раз по сравнению с реализацией на CPU [4]. Выделение контуров на каждом слое позволит нам связать их в трехмерном пространстве.

Используя данные о контурах, которые представляют собой трехмерную скалярную матрицу, визуализируем модель нейронов и астроцитов. Это можно сделать, например, используя трассировку лучей на GPU, как в [1]. Следующим шагом после визуализации является численное моделирование, в результате которого можно получать различные метрические характеристики астроцитов и нейронов. Задача следующего этапа – отделение клеток нейронов друг от друга и установление связей между ними.

Итак, задача трехмерной реконструкции и численного моделирования нейронов и астроцитов по данным микроскопии является актуальной, в первую очередь для решения задач биологии и медицины. Однако из всего вышесказанного видно, что это слож-

ная задача, которая требует больших вычислительных ресурсов, поэтому ее необходимо решать как распределенную задачу с использованием ресурсов графических процессоров.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», госконтракт № 02.740.11.0839.

Литература

1. Гаврилов Н.И., Белокаменская А.А. Стереовизуализация научных и медицинских объемных данных трассировкой лучей в реальном времени., Материалы XX конференции GraphiCon'2010, 20-24 сентября, Санкт-Петербург, Россия. С.350-352.
2. Markov Random Fields for Vision and Image Processing (2011). Edited by Andrew Blake, Pushmeet Kohli and Carsten Rother.
3. Kaynig V., Fuchs T., Buhmann J.M. Neuron Geometry Extraction by Perceptual Grouping in ssTEM Images. CVPR10(2902-2909).
4. Жирнов Д., Турлапов В. Метод активного контура в сегментации медицинских изображений – [http://graph-unn.ru/rus/projects/active_contour.html].