

СЕГМЕНТАЦИЯ ФМРТ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ БАЙЕСОВСКОГО ПОДХОДА

Черняев Сергей Дмитриевич

Студент

ИМИТ ПетрГУ, Петрозаводск, Россия

E-mail: schernyae@gmail.com

Научный руководитель — Лукашенко Олег Викторович

Задача сегментации изображений, полученных в результате функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) является чрезвычайно востребованной в медицине. Традиционно для этого используются методы кластерного анализа, основанные на анализе независимых компонент, смесях вероятностных распределений, а также алгоритме k -средних и его модификациях. Основным недостатком такого рода подхода является игнорирование пространственной связи, тогда как в реальности функциональные нейронные сети объединены в пространственно согласованные области. Для учета пространственной структуры можно воспользоваться байесовским подходом, где в качестве априорного распределения берется марковское случайное поле (MRF – Markov Random Field) [3–4].

Пусть задан граф $G = (V, \mathcal{E})$, вершины которого соответствуют вокселям изображения, а множество дуг характеризует систему соседства. Рассмотрим случайный вектор $\mathbf{X} = (X_i, i \in V)$, у которого элементы X_i принимают значения из множества меток $\Lambda = \{1, \dots, L\}$, где L – число классов сегментации. Пусть совместное распределение случайного вектора \mathbf{X} определяется следующим образом:

$$P(\mathbf{x}) = \frac{1}{Z} \exp \left(- \sum_{(i,j) \in \mathcal{E}} V_{i,j}(x_i, x_j) \right), \quad \mathbf{x} \in \Lambda^{|V|}, \quad (1)$$

где Z – нормировочная константа, а $V_{i,j}$ – потенциалы дуг.

Наблюдаемому фМРТ изображению соответствует другой случайный вектор $\mathbf{Y} = (Y_i, i \in V)$, элементы которого, в свою очередь, также являются векторами размерности p (зависит от параметров фМРТ) и предполагаются условно независимыми, т. е. $P(\mathbf{y}|\mathbf{x}) = \prod_{i \in V} P(y_i|x_i)$. Распределение $f(y_i; \theta_\ell) = P(y_i|x_i = \ell)$, зависящее от параметра θ_ℓ , должно быть задано. Так, например, в работах [3–4] используется распределение фон Мизеса-Фишера.

Тогда апостериорное распределение с учетом сделанных предположений примет следующий вид

$$P(\mathbf{x}|\mathbf{y}) = \frac{1}{Z} \exp \left(\sum_{i \in V} \ln f(y_i; \theta_{x_i}) - \sum_{(i,j) \in \mathcal{E}} V_{i,j}(x_i, x_j) \right). \quad (2)$$

Качество полученной сегментации в рамках данной модели будет существенно зависеть от того, насколько хорошо значения параметров $\Theta = \{\theta_l, \ell \in \Lambda\}$ согласуются с наблюдаемыми данными. Во многих прикладных задачах обработки изображений размеченные обучающие данные могут отсутствовать. Поэтому рядом исследователей были разработаны процедуры, позволяющие оценивать параметры непосредственно на основе обрабатываемых изображений. Так, например, в работе [4] применяется процедура, аналогичная алгоритму GrabCut [2]. Основная идея заключается в построении итеративной процедуры, на каждой итерации которой сначала заново оценивается набор параметров, а затем находится максимум распределения (2). Другой подход [3] заключается в использовании EM-алгоритма, где математическое ожидание на шаге E аппроксимируется с помощью методов Монте-Карло по схеме марковских цепей (MCMC). Сравнительный анализ данных подходов рассматривался в работе [1]. В данном докладе предполагается уделить внимание вариационному подходу (variational inference), а также специальным методам MCMC, адаптированным для марковских случайных полей.

Литература

1. Лукашенко О. В., Черняев С. Д. Сравнительный анализ методов сегментации фМРТ изображений, основанных на марковских случайных полях // GraphiCon 2019: труды 29-й Международной конференции по компьютерной графике и машинному зрению. 2019. С. 143–147.
2. Blake A., Kohli P., Rother C. Markov Random Fields for Vision and Image Processing. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2011.
3. Liu W., Awate S. P., Anderson J., Fletcher P. A functional networks estimation method of resting-state fmri using a hierarchical Markov random field // NeuroImage. 2014. Vol. 100. pp. 520–534.
4. Ryali S., Chen T., Supekar K., Menon V. A parcellation scheme based on von Mises-Fisher distributions and Markov random fields for segmenting brain regions using resting-state fMRI // NeuroImage. 2013. Vol. 65. pp. 83–96.