



Алгоритм построения проекций средних линий извилин головного мозга человека на поверхность скальпа

Н.Н. Каркищенко¹, А.А. Вартанов², Д.Б. Чайванов²

¹ — Научный центр биомедицинских технологий РАМН, Московская область

² — НИЦ «Курчатовский институт», Москва

Контактная информация: к.ф.-м.н. Чайванов Дмитрий Борисович chaivanov@yandex.ru

В статье описан алгоритм разработанной нами программы, находящий среднюю линию извилины по данным атласа Тайлераха и затем проецирующий полученную линию на поверхность скальпа. Кроме того, описанный в статье алгоритм позволяет определить толщину извилины в каждой точке средней линии.

Ключевые слова: извилины головного мозга, нейротерапия, транскраниальная нейростимуляция, стереотаксический атлас.

Методы нейростимуляции широко применяются в клинической практике для лечения различных заболеваний [1, 6]. Для осуществления нейростимуляции большую важность представляет задача наведения стимулирующих электродов на заданные структуры мозга — в частности, на извилины головного мозга. Для наиболее эффективной стимуляции ширина электродов также должна выбираться с учетом ширины извилины.

Решение данной задачи, кроме того, является важным промежуточным этапом верификации описанных нами в настоящей статье и ранее методов проецирования различных структур мозга на поверхность скальпа [2, 4]. Действительно, для такой верификации необходимо нанести на поверхность скальпа структуры головного мозга, которые будут затем

легко выделить на МРТ-изображении. К подобным структурам, в частности, относятся извилины коры головного мозга человека. Пометив в характерных точках извилин (например, в концах средних линий) контрастные маркеры, можно определить после МРТ-снимка отклонение расчетных и реальных проекций мозговых структур.

Целями данной работы являются: 1) построение проекций средних линий извилин головного мозга по данным атласа Тайлераха [7] на поверхность скальпа; 2) определение ширины извилины в каждой точке средней линии.

Метод расчета, предложенный нами в данной статье, позволяет рассчитать угловые координаты средней линии про-

екций извилин. Структурная схема алгоритма расчета представлена на рис.

Алгоритм нахождения границы выбранной извилины заключался в выборе таких точек по атласу Тайлераха, которые одновременно принадлежат заданной извилине и имеют хотя бы одну из 26 сопряженных точек, не принадлежащих выбираемой извилине. При этом перебор производился по всем точкам извилины.

верхности границы и затем исключении точек, отстоящих на расстояние не более g от границы. Теоретически, оптимальное значение g определяется минимизацией среднего квадратичного отклонения реального расстояния сдвига границы множества по дискретной сетке от константы g при всевозможных углах расположения нормали в пространстве. С учетом результатов численных экспериментов, мы

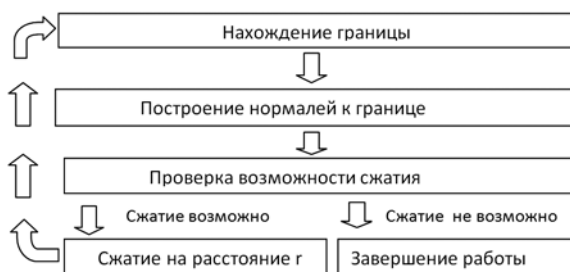


Рис. Структурная схема алгоритма расчета.

Алгоритм построения нормали к поверхности извилины аналогичен описанному нами ранее алгоритму, применявшемуся для нахождения нормали к поверхности черепа [4].

Алгоритм проверки возможности сжатия определяет, на каком расстоянии от поверхности находится точка, полученная сдвигом на расстояние g вдоль построенной нормали к поверхности. Если расстояние менее чем $2/3 g$, то сжатие не происходит. Таким точкам присваивается индекс n — число, равное номеру шага алгоритма, на котором первый раз не произошло сжатие в этих точках. Эти точки — часть средней линии конечного результата работы алгоритма. Если после такой проверки мы не можем провести сжатие ни в одной из точек поверхности, то программа заканчивает работу.

Алгоритм сжатия области заключается в построении поля нормалей к по-

приняли $g=2$ мм. Во время производства операции сжатия происходит проверка односвязности множества, т.е. того факта, что множество имеет ровно одну компоненту связности. Это реализовано в программе с использованием алгоритма поиска «в ширину» связанных компонентов ориентированного графа [5].

Результат расчета и его практическое применение

В результате расчета мы получили линии внутри извилин и множество индексов, каждый из которых соответствует точке на средней линии. Средняя линия характеризует геометрический «скелет» извилины как тела в пространстве, при этом она может разветвляться, т.е. представляет собой образ графа при непрерывном вложении в пространство. Количество шагов n , необходимых для локализации точки средней линии, ха-

рактизует «толщину» извилины в дан-
ной точке, которую с достаточной для
практического применения точностью
можно оценить по формуле:

$$D = 4 \cdot n \cdot r$$

В качестве системы координат сред-
ней линии удобно использовать угловые
координаты, подробно описанные нами
ранее [4]. Тогда результат будет в доста-

точной степени инвариантен к размерам
головы [3, 4].

Для иллюстрации работы написанной
нами программы приводим результаты
расчета проекции средней линии нижней
височной извилины (табл.). Вследствие
значительного объема данных, резуль-
таты расчета для других извилин будут
опубликованы нами препринтом НИЦ
«Курчатовский институт».

Таблица
Результат расчета средней линии для нижней височной извилины

N точки	1-й угол	2-й угол	N точки	1-й угол	2-й угол	N точки	1-й угол	2-й угол	N точки	1-й угол	2-й угол
1	106	58	13	78	127	26	80	116	38	75	90
2	104	59	14	96	73	27	77	117	39	83	93
3	117	110	15	80	123	28	76	117	40	83	92
4	103	57	17	83	115	29	75	116	41	82	86
5	110	55	18	87	114	30	77	116	42	74	82
6	118	107	19	75	91	31	77	115	43	81	85
7	102	57	20	77	127	32	91	132	44	81	81
8	100	57	21	85	127	33	78	114	45	81	83
9	93	76	22	83	97	34	78	116	46	56	64
10	94	77	23	83	96	35	72	80	47	81	82
11	93	77	24	79	118	36	78	117	48	62	60
12	97	147	25	80	117	37	90	130	49	82	81

Список литературы

1. **Вальтер Х.** Функциональная визуализация в психиатрии и психотерапии. АСТ Астрель Полиграфиздат. М. 2004.
2. **Вартанов А.А., Чайванов Д.Б., Вартанов А.В.** Локализация на скальпе проекций поверхностных структур мозга по атласу Тайлераха. НИЦ «Курчатовский институт». М. 2011.
3. **Каркищенко Н.Н., Чайванов Д.Б., Вартанов А.А.** Выбор оптимальной технологии локализации транскраниальных нейростимуляторов на скальпе человека. 2012. Биомедицина. № 1. С. 6–9.
4. **Каркищенко Н.Н., Вартанов А.А., Вартанов А.В., Чайванов Д.Б.** Локализация проекций полей Бродмана коры головного мозга человека на поверхность скальпа. 2011. Биомедицина. № 3. С. 40–45.
5. **Кормен Т.Х., Лейзерсон Ч.И., Рувест Р.Л., Штайн К.** Алгоритмы: построение и анализ. 2-е изд. М.: «Вильямс». 2006.
6. **Пинчук Д.Ю.** Транскраниальные микрополяризации головного мозга: клиника, физиология. СПб. «Человек». 2007. 496 с.
7. **Talairah J., Tournoux P.** Co-Planar Stereotaxic Atlas of the Human Brain, George Thieme Verlag Stuttgart New York, Thieme Medical Publishers. Inc. New York. 1988.

Algoritm of convolutions medium-line projection of human brain on a scalp surface

N.N. Karkischenko, A.A. Vartanov, D.B. Chaivanov

In this paper we describe algorithm finding the medium-line of a convolution of human brain and projection this line on a scalp surface using Talairah's stereotaxic atlas. This algorithm can also find the thickness of a convolution in every point of medium line.

Key words: convolutions of a brain, neurotherapy, transcranial neurostimulation, stereotaxic atlas.