



А.В. Кузьмин, Н.Ю. Митрохина

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОДЕЛИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА

(ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет»)

Одним из ключевых параметров моделей электрической активности сердца (ЭАС) является геометрическая модель сердца, используемая в качестве основы. Однако геометрические параметры таких моделей обычно достаиваются в лучшем случае второстепенного внимания, а чаще всего задача сводится к использованию какой-либо простой геометрической фигуры.

Модели эквивалентного электрического генератора сердца широко используются в исследованиях его электрического поля. Одной из наиболее применимых в области диагностики является монодипольная модель эквивалентного электрического генератора.

Однако, по мнению авторов, при представлении сердца в виде одиночного диполя не всегда удается охарактеризовать границы и степень поражения сердечной мышцы при решении задач диагностики.

Другим возможным подходом является представление сердца в виде многодипольного эквивалентного электрического генератора, характеристики которого отражают электрическое состояние сердца. Другим возможным подходом является представление сердца в виде многодипольного эквивалентного электрического генератора, характеристики которого отражают электрическое состояние сердца.

Согласно многодипольной модели сердце состоит из конечного числа диполей, фиксированных в определенных точках миокарда и сохраняющих ориентацию вектора момента (обычно по нормали к участку поверхности сердца), но изменяющих во время кардиоцикла свою величину. Каждый из этих диполей отражает суммарную электрическую активность данного участка сердца.

В этом случае на первый план выходят геометрические характеристики модели сердца, так как геометрическое место точек – элементарных генераторов, направления нормалей в этих точках напрямую влияют на результаты моделирования.

Классически геометрическая модель сердца рассматривается как шар или эллипсоид [1], однако такое упрощение, по мнению авторов, может негативно сказываться на результатах моделирования.

В своих исследованиях [2] авторы использовали трехмерную модель сердца, включающую 816 точек поверхности [3]. Ее изображение с нормальными в каждой вершине приведено на рисунке 1. В данных работах тело человека рассматривается как изотропная и однородная среда с удельным сопротивлением  $\rho = 4,63 \text{ Ом}\cdot\text{м}$  (согласно данным Раша с соавторами [4]).

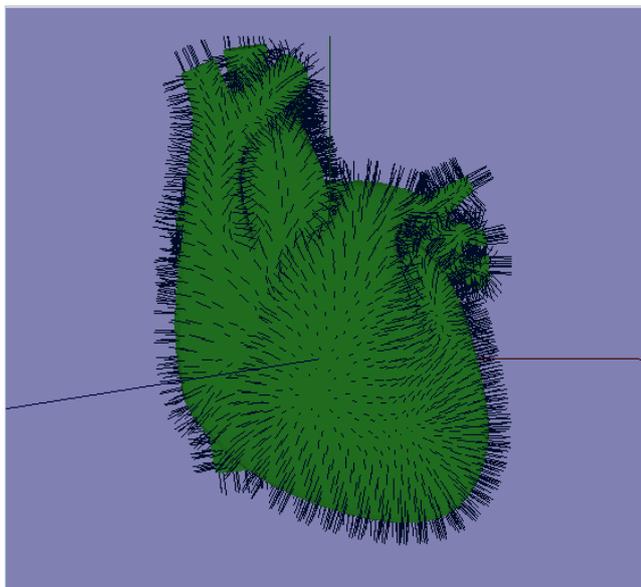


Рис. 1. Геометрическая модель сердца

По сути, процесс моделирования ЭАС заключается в решении обратной задачи электрокардиографии [5] с ограничениями и разбивается на четыре главные составные части [6, 7]:

- выбор модели сердца как генератора электрического тока;
- выбор модели тела как проводника электрического тока;
- метод выражения потенциалов, измеренных на поверхности испытуемого, через переменные параметры модели («прямая задача»);
- определение характеристик модели сердце-тело («обратная задача»).

При этом модель сердце – тело есть простое объединение двух геометрических моделей: сердца и торса. Изображение такой модели представлении на рисунке 2. Точки поверхности, для которых предполагается синтез электрокардиосигнала, располагаются на поверхности модели. Однако эксперименты с одной моделью не дают четкого ответа на вопрос о степени влияния геометрических характеристик модели сердца на результаты моделирования электрической активности.





Рис. 2. Геометрическая модель торса и сердца

Для решения этой задачи авторами разработан ряд трехмерных моделей простых геометрических фигур для использования в качестве геометрической модели сердца при моделировании его электрической активности.

Среди этих фигур: пирамида, усеченная пирамида, куб, пара пирамид (совмещенных основаниями), пара усеченных пирамид (совмещенных основаниями), пара пирамид (совмещенных вершинами).

Полученные фигуры приведены на рисунке 3. Точки поверхности каждой фигуры соединены ломаной линией.

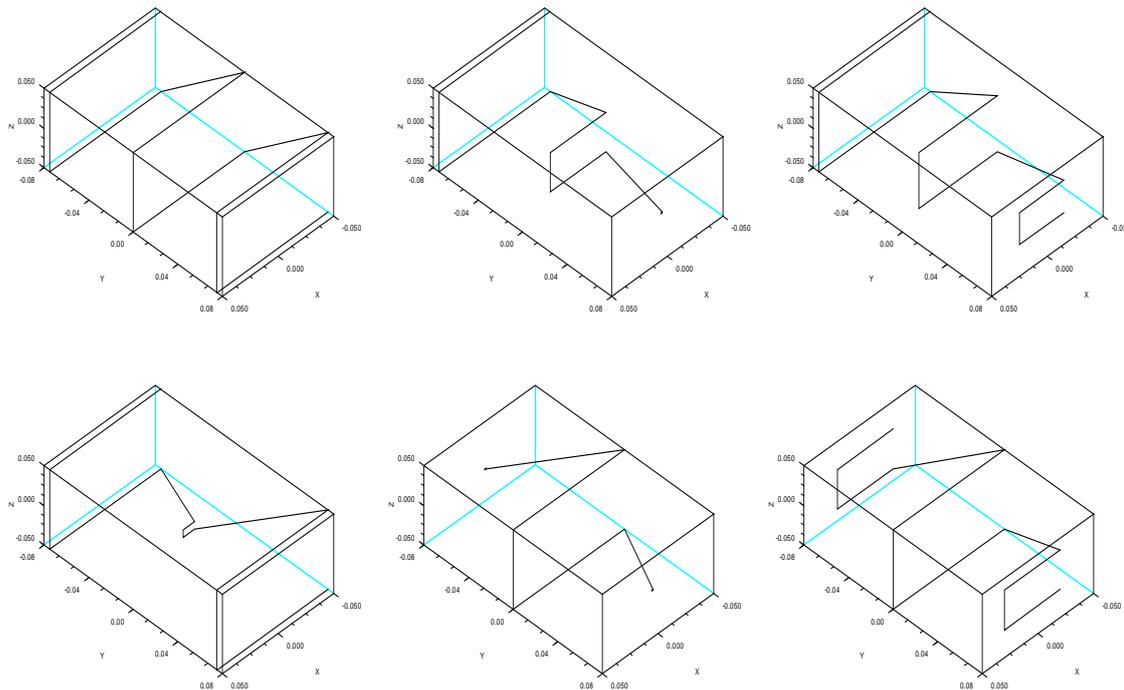


Рис. 3. Геометрические модели простых объектов

Форма фигур выбрана такой, чтобы фигуры были как можно более разнообразными, имели разные направления нормалей в точках, так как это имеет большое значение при расчетах электрической активности.

Одной из альтернатив к конструированию моделей топологически разных простых фигур является стохастический подход, когда набор точек генерируется случайным образом внутри определенного пространства. Это ведет, с одной стороны к росту числа возможных фигур, с другой стороны к трудностям обработки такого набора моделей, например таким как: расчет нормалей для точек фигуры, не имеющей аналитического описания, объединение в поверхностные примитивы (в треугольники или четырехугольники), возможность получения разных, но, все же, близких по форме объектов, трудность визуального восприятия случайных фигур.

Размер ограничивающих объемов выбран таким, чтобы он отражал геометрический размер среднего сердца, а число вершин и нормалей было одинаковым и равным 12 (Это необходимый минимум для отражения заданной формы).



Сравнение результатов моделирования ЭАС с использованием таких моделей, имеющих сходную организацию и размеры, позволит сделать обоснованный вывод о степени и характере влияния геометрических характеристик на процесс моделирования ЭАС и выдвинуть обоснованные предложения по выбору геометрических моделей для исследования ЭАС.

### Литература

1. Титомир Л. И., Кнеппо П. Математическое моделирование биоэлектрического генератора сердца. – М.: Наука. Физматлит, 1999. – 447 с.
2. Бодин О.Н., Гладкова Е.А., Кузьмин А.В., Митрохина Н.Ю., Мулюкина Л.А. Пат. 2360597 Российская Федерация. Способ определения электрической активности сердца. Официальный бюллетень «Изобретения. Полезные модели». – 2009. – № 19
3. Кузьмин А.В., Бодин О.Н., Митрошин А.Н.. Разработка визуальной модели сердца для обучения студентов-медиков. Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2007. – № 2. – с. 3 – 10
4. Rush S., Abildskov J.A., McFree R. Resistivity of brody tissues at low frequencies. Circulation Res., 1963, 12. – pp. 40 – 50
5. Бодин О.Н., Митрохина Н.Ю. Регуляризация решения обратной задачи электрокардиографии в компьютерной диагностической системе «Кардиовид». Мехатроника, Автоматизация, Управление. – 2008. – № 11. – с. 37 – 41
6. Теоретические основы электрокардиологии / Под ред. Нельсона К.В., Гезеловица Д.В.: Пер. с англ. – М.: Медицина, 1979. – 470 с.. ил.
7. Malmivuo J., Plonsey R. Bioelectromagnetism. Principles and applications of bioelectric and biomagnetic fields. – New York and Oxford: OXFORD UNIVERSITY PRESS, 1995