

Создание модели системы однородных объектов и её описание средствами XML

Вячеслав Архипов, Василий Гончаренко
Объединённый институт проблем информатики НАН Беларуси

Резюме

В статье предлагается методика выделения на полутоновых изображениях рентгеновской компьютерной томографии однородных объектов и описания их системы с использованием языка XML.

Ключевые слова: *Сегментация изображений, система объектов, описание системы, XML.*

1. ВВЕДЕНИЕ

Задача данной статьи – описание процесса выделения на изображении рентгеновской компьютерной томографии костных объектов, с последующим созданием модели их системы, которая предполагает как описание геометрии каждого из объектов, так и их взаимосвязей.

Такая методика оптимальна для решения задач построения моделей систем однородных объектов, на основании данных томографического обследования для их дальнейшего использования в каких-либо расчетах или моделировании.

Также предлагаемая методика может успешно применяться для передачи данных между разными приложениями. Особенно, когда заранее не известно, какое приложение будет использовать создаваемую модель, и поэтому она должна быть описана в простом и универсальном виде.

Для описания модели используется язык описания структурированных данных XML.

2. СЕГМЕНТАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ РКТ

Задача выделения костей выполняется в два этапа [1]. Первый этап – пороговая сегментация: из исходного изображения создаётся бинарное. Порог, который используется на этом шаге, определяет минимальную плотность костной ткани.

Второй этап – дополнительная сегментация. Этот этап использует сегментацию, основанную на преобразовании водораздела, и маркировку объектов (в ручном режиме или автоматически). При этом используются значения только тех вокселей исходного изображения, которые на предыдущем этапе определились как принадлежащие костям. Преобразование водораздела это один из наиболее эффективных алгоритмов сегментации изображений, основанный на математической морфологии.

3. КОНТУРНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ БИНАРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Так как мы рассматриваем однородные объекты, то можем задавать их как замкнутую поверхность, которая, в свою

очередь, может быть представлена как совокупность замкнутых контуров.

Контур лежат в плоскостях аксиальных срезов и разделяют воксели принадлежащие объекту и фону в этих срезах. Контур могут быть внешними или внутренними. Пример выделения контурного представления слоя бинарного объекта показан на Рисунке 1.



Рисунк 1: Контурное представление аксиального среза бедренной кости.

4. ОТ МНОЖЕСТВА КОНТУРОВ – К МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ОБЪЕКТОВ

4.1 Свойства системы контуров и объектов

Выделенные контура не произвольно разбросаны в пространстве, а подчинены определенным правилам:

- контура лежат в определенных параллельных плоскостях;
- контура вложены друг в друга;
- контура принадлежат объектам и определяют их геометрию;
- каждый контур представляет собой список точек, которые задаются своими координатами.

Для удобства описания системы объектов, откажемся от использования внутренних контуров. Будем их интерпретировать как внешние контура других объектов. При этом полость внутри объекта также будет интерпретироваться как объект.

Объекты также обладают набором свойств:

- объекты состоят из контуров, каждый объект можно интерпретировать как список контуров;
- объекты могут быть вложенными в другие объекты;
- все объекты обладают одинаковым набором свойств, которые могут иметь разное количественное значение у разных объектов. Например, для моделирования механических свойств системы необходимо задать значения плотности и коэффициента Пуассона каждого объекта.

4.2 Язык разметки XML

Описываемая система объектов может использоваться не только в контексте одного приложения, но также может экспортироваться между разными программами. Кроме того,

желательна возможность просмотра, проверки правильности и изменения состава системы объектов без использования сложного программного обеспечения.

Для этих целей идеально подходит язык разметки XML (Extensible Markup Language) – рекомендованный Консорциумом Всемирной паутины [2] язык разметки, фактически представляющий собой свод общих синтаксических правил [3, 4]. XML – текстовый формат, предназначенный для описания структурированных данных. Он предполагает использование тегов, для описания составных частей системы и имеет древовидную структуру.

4.3 Описание системы объектов на языке XML

Описание тегов XML задаётся по определённым правилам как описание типа документа или как схема. Для описания формата системы объектов мы используем правила описания типа документа DTD (Document Type Definition).

В Листинге 1 задан формат описания системы объектов, обладающих механическими свойствами. Вместо механических свойств в теге *material* могут описываться любые другие свойства (например, оптические, электрические и т.д.).

Листинг 1: Описание формата модели системы объектов.

```
MechObjSyst.dtd:
<!ELEMENT mechanical-object-system (material-type, object-list, layer-list, contour_list)>

<!-- описание типов материала-->
<!ELEMENT material-type (material+)>
<!ELEMENT material (poisson, density)>
<!ATTLIST material id ID #REQUIRED>
<!ELEMENT poisson (#PCDATA)>
<!ELEMENT density (#PCDATA)>

<!-- описание объектов-->
<!ELEMENT object-list (object+)>
<!ELEMENT object (material_id, contour_list, neighb_object_id*)>
<!ATTLIST object id ID #REQUIRED>
<!ELEMENT material_id (#PCDATA)>
<!ELEMENT contour_list (contour_id+)>
<!ELEMENT contour_id ((#PCDATA)>
<!ELEMENT neighb_object_id (#PCDATA)>

<!-- описание слоёв-->
<!ELEMENT layer-list (layer+)>
<!ELEMENT layer (layer_depth, contour_id *)>
<!ATTLIST layer id ID #REQUIRED>
<!ELEMENT layer_depth (#PCDATA)>
<!ELEMENT contour_id (#PCDATA)>

<!ELEMENT contour_list (contour+)>
<!ELEMENT contour (object_id, layer_id, int_contour_id*, ext_contour_id*, vertex_num,
vertex_list+)>

<!-- описание контуров-->
<!ATTLIST contour id ID #REQUIRED>
<!ELEMENT object_id (#PCDATA)>
<!ELEMENT layer_id (#PCDATA)>
<!ELEMENT int_contour_id (#PCDATA)>
<!ELEMENT ext_contour_id (#PCDATA)>
<!ELEMENT vertex_num (#PCDATA)>
<!ELEMENT vertex_list (point+)>
<!ELEMENT point (x, y)>
<!ATTLIST point id ID #IMPLIED>
<!ELEMENT x (#PCDATA)>
<!ELEMENT y (#PCDATA)>
```

Таким образом, мы описываем типы материала, из которого «сделаны» объекты, каждый тип идентифицируется своим уникальным номером. Такие же уникальные номера имеют все элементы модели: объекты, слои и контуры вершины контуров могут не обладать уникальным идентификатором. Затем мы описываем объекты, для каждого из которых указываем номер соответствующего материала, список номеров контуров, а также можем указать список номеров

соседних объектов. Затем описываем слои, каждый из них содержит список контуров.

В последнюю очередь описываются контуры, каждому из них соответствует номер слоя и номер объекта в который они входят. Контур может содержать также списки номеров внутренних и внешних относительно него контуров. Последний уровень описания: список вершин, каждая из которых описывается парой объектов.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенное описание систем трёхмерных однородных объектов удобно при экспорте и хранении данных. Использование языка XML позволяет проверять правильность структуры файла с помощью стандартного программного обеспечения для работы с XML. С помощью этого же программного обеспечения можно изменить состав системы, например, выделить из неё один объект.

Не смотря на всю «избыточность» описания, размеры файла, с описанием системы объектов не превышает, а скорее наоборот, – уступает, DICOM файлам. Но, в отличие от них, содержит не только данные о локальных свойствах точек, но и обо всех взаимосвязях элементов системы.

Если размеры файлов критичны, и нужно более компактное описание, можно сократить имена тегов.

Подобное (но немного упрощённое) описание системы объектов успешно использовалось при выполнении научно-исследовательского проекта ИНТАС [5], в рамках которого разрабатывалась система обработки изображений РКТ. Из исходного изображения выделялись кости, а затем эти данные экспортировались в другую систему, которая моделировала разрушение костей под воздействием динамических нагрузок.

6. ЛИТЕРАТУРНЫЕ ИСТОЧНИКИ

[1] V. Goncharenko, A. Tuzikov. Watershed Segmentation with Chamfer Metric. // Lecture Notes in Computer Science, vol. 4245/2006, Springer Berlin/Heidelberg, 2006, pp.518-529. (Proceedings of the 13th International Conference on Discrete Geometry for Computer Imagery, October 25-27, 2006, Szeged, Hungary).

[2] <http://www.w3.org/>

[3] <http://www.w3.org/TR/REC-xml>

[4] <http://www.w3.org/XML/>

[5] V. Hancharenka, V. Arkhipau, O. Krivonos, A. Tuzikov. A system for preoperative planning of pelvic and lower limbs surgery, // Proceedings of the 21st International Congress on Computer Assisted Radiology and Surgery (CARS 2007), vol. 2., suppl. 1, 2007, p. 494.