

УДК 57.087, 004.932

**Система для количественной оценки структуры сосудов**

# 07, июль 2012

Хенман Г.М.

*Студент,  
кафедра «Биомедицинские технические системы»*

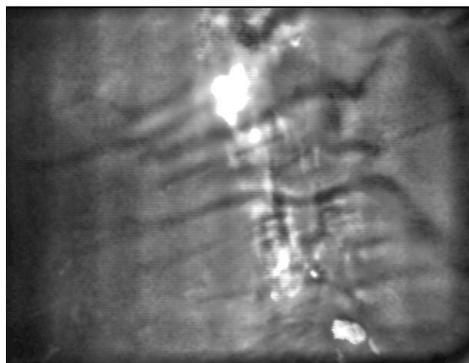
*Таранов А.А., Колпаков А.В.,  
Аспиранты, кафедра «Биомедицинские технические системы»*

*Научный руководитель: Спиридонов И.Н.,  
доктор технических наук, профессор кафедры «Биомедицинские технические системы»*

МГТУ им. Н.Э. Баумана  
[gustav@henman.se](mailto:gustav@henman.se)

Разработанная система для количественного определения структуры сосудов должна быть основополагающим элементом при реализации алгоритмов сосудистой морфологии. Данный проект является частью исследования инфракрасной диафаноскопии, проводимого в МГТУ им. Н.Э. Баумана. Длина волны инфракрасного света может, после некоторой обработки изображений, дать удовлетворительный контраст между сосудами и тканями [1]. В связи с этим интересно исследовать возможности использования инфракрасной диафаноскопии в сосудистой диагностике. Некоторые сосудистые заболевания имеют симптомы, которые влияют на структурные свойства сосудов [2]. Чтобы облегчить диагностику, необходимо создание метода для параметризации сосудистых структур. Использование метода, рассмотренного в данной статье, конечно, не ограничивается только инфракрасным просвечиванием, но также может применяться в других диагностических направлениях.

Чтобы получить представление о том, как изображение сосуда может выглядеть, получено эталонное изображение посредством инфракрасной диафаноскопии тканей пародонта, представленное на рисунке 1. На этом изображении, сосуды были расширены путем фильтрации и контрастности.



Параметры сосудов могут быть разделены на линейные и топологические [3]. Линейные свойства включает в себя меры, такие как длина, диаметр и объем, а топологические свойства – как сосуды взаимосвязаны. Топология описывает сосудистое русло независимо от линейных размеров. Один из способов описания взаимосвязей, топологической упорядоченности, является так называемый генеалогически порядок. Сосудистое русло здесь расположено от проксимального к дистальному (рисунок 2), где первая ветвь делит сосуды первого порядка в два сосуда второго порядка и так далее [3].

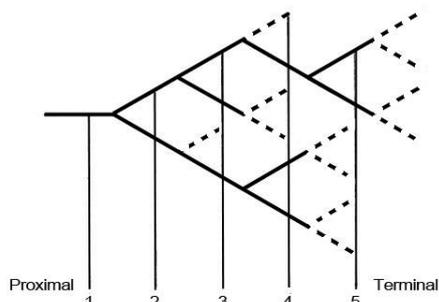


Рис. 2. Поколение заказа

При диагностике сосудистых заболеваний, сосудистая плотность является одним из наиболее интересных свойств для изучения [4]. Сосудистая плотность является функцией длины и диаметра сосуда, и описывает объем или площадь сосудистого дерева, расположенного в рассматриваемой ткани. Следовательно, параметры, необходимые для расчета плотности сосудов являются приоритетными при выборе функций для измерения. Важно рассматривать возможность автоматического извлечения значений в методах обработки изображений, то есть они должны быть "осуществимыми".

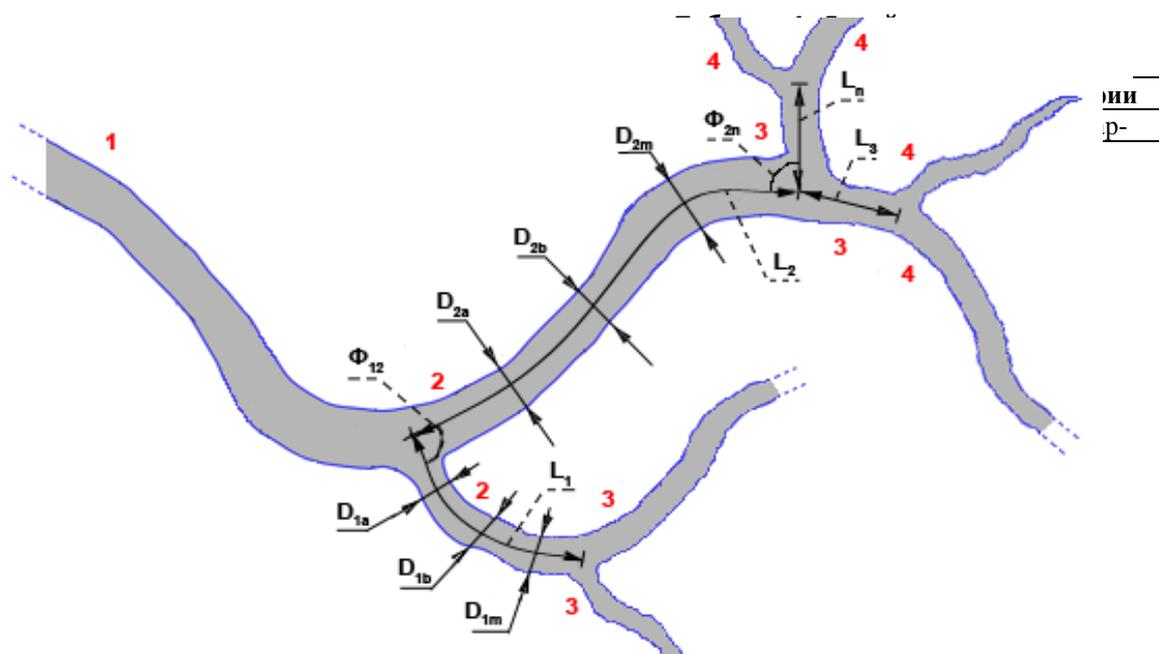


Рис. 3. Морфологическая схема сосудистой структуры

Некоторые методы количественной оценки и классификации структур сосудов для диагностических целей уже существует [3,4,5]. Метод, рассматриваемый в данной работе, основан на сочетании традиционных и инновационных параметров. На рисунке 3 представлена схема морфологической сосудистой структуры с отмеченными параметрами, представляющими интерес.

Древовидная структура построена из сосудов сегментов, которые тянутся от конечной точки и точки ветвления или между двумя точками ветвления. Сегменты, точки ветвления и конечные точки нумеруются с увеличением индекса, начиная с 1, в зависимости от расстояния до начальной точки. Расстояние от центральной оси сосуда между двумя точками, ограждающими сегмент, определяется как сосуд длиной  $L_n$ . Угол ветвления,  $\Phi_{xy}$ , угол между двумя сегментами ветвления  $x$  и  $y$ . Диаметр сегмента  $n$  измеряется путем усреднения нескольких диаметров,  $D_{nm}$ , измеренный в различных местах вдоль отрезка, где  $m$  обозначает номер диаметра. Количество точек измерения могут быть выбраны в зависимости от требуемой точности, размера сосудистой сети и вычислительной мощности.

Чтобы представить характеристики сосудистой сети в более диагностически полезном варианте, указанные выше параметры могут быть использованы для расчета дополнительных свойств. В таблице 2 перечислены некоторые интересные расчетные значения.

**Таблица 2.** Расчет свойств сосудистого русла.

Собственность	Расчет	Комментарии
Общая сосудистая длина	$L = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n$	Сумма всех длин сегментов.
Средний диаметр сегмента	$D_n = \frac{D_{na}+D_{nb}+D_{nc}+\dots+D_{nm}}{m}$	Среднее значение всех диаметров сегмента $n$ .
Площадь сегмента	$A_n = \sum_1^m \frac{L_n \cdot D_{ni}}{m}$	Площадь сегмента $n$ .
Общая сосудистая площадь	$A_V = A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n$	где $A_n$ = площадь сегмента $n$ .
Объем сегмента	$V_n = \sum_1^m \frac{L_n \cdot \pi(D_{ni}/2)^2}{m}$	Объем сегмента $n$ предполагая что сосуды цилиндрические.
Общий сосудистый объем	$V_V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$	где $V_n$ = объем сегмента $n$ .
Не сосудистые ткани	$A_{non} = A_I - A_V$	где $A_I$ = общей площади ткани.
Сосудистая плотность	$D = \frac{A_V}{A_I}$	Площадь сосудов на единицу ткани.

		хического порядка (красный)
Сегмент	1,2,3...n	где n = номер сегмента
Длина	$L_n$	где n = номер сегмента
Диаметр	$D_{nm}$	где nm = m-ой диаметр сегмента n.
Ветвление угол	$\Phi_{xy}$	где x = точке, где сегмент x и y ветвей
Точка ветвления	1,2,3...b	где b = номер точки
Конечная точка	1,2,3...e	где e = номер точки

При реализации алгоритма для автоматической обработки сосудистых структур, рассмотренные в данной статье измеряемые параметры и расчетные свойства могут быть легко использованы для расчета более сложных характеристик в зависимости от поставленных задач. Рассмотренный в данной работе набор правил и методов можно использовать в качестве базы знаний для проведения дальнейших исследований.

#### **Литература**

1. Г. М. Хенман, А. А. Таранов, А. В. Колпаков, Н. И. Спиридонов. Инфракрасная диафаноскопия тканей пародонта, МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012.
2. David Shepro. Microvascular research, Elsevier Academic Press, Boston, 2006.
3. V. Fleury, J.-F. Gouyet, M. Leonetti, Branching in nature: dynamics and morphogenesis of branching structures, from cell to river networks, Les Houches School, France, 1999.
4. W. Huang, R. T. Yen, M. McLaurine, G. Bledso, Morphometry of the human pulmonary vasculature, J Appl Physiol 81:2123-2133, Memphis, TN, 1996.
5. Jamie A. Davies, Branching morphogenesis, Springer Science, New York, 2006.