

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ ПОЛУТОНОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЧЕРЕПНО-ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ

УДК 519.688

ШКУРАТ Оксана Сергеевна

магистр, НТУУ «КПИ», факультет биомедицинской инженерии, кафедра биобезопасности и здоровья человека

СОЛОМИН Андрей Вячеславович

кандидат физ.-мат. наук, НТУУ «КПИ», факультет биомедицинской инженерии, кафедра биобезопасности и здоровья человека

Для обнаружения месторасположений и формы патологий у пациентов в черепно-лицевой хирургии применяют такой вид диагностики, как компьютерная томография. Визуализировать проблемную область непосредственно помогает набор томографических срезов черепа, который служит входными данными для построения трехмерной модели, которая и является первоначальным результатом диагностики. Сформированные различными информационными системами изображения обладают шумовыми компонентами, наличие которых искажают информацию об объекте и усложняют его автоматическую обработку. Для получения более точного и максимально информативного результата диагностики необходимо избавиться от различного рода помех. Одним из таких способов является применения методов математической морфологии.

Базовые понятия математической морфологии были представлены в работах французских исследователей Жана Сера та Люка Винсента [1, 2]. Большое количество работ посвящено обработке бинарных изображений методами математической морфологии [3, 4]. С их помощью реализуются приложения, связанные с распознаванием образов и машинного зрения [5, 6, 7]. Наиболее актуальным вопросом является применение математической морфологии в цветных и полутоновых изображениях [8]. В работе [9] отмечены преимущества использования операторов математической морфологии, которые заключается в быстроте действий при фильтрации и выделении краев объектов. Несмотря на

большой диапазон применений математической морфологии, эффективность данного метода можно рассматривать только в отдельных прикладных областях. Поэтому целью этой статьи является исследование и выбор параметров метода математической морфологии для фильтрации медицинских изображений, который в полной мере сохранит и выделит информативную часть томографических срезов.

Математическая морфология занимается анализом изображений, при котором любые объекты изображения выступают в роли элементов некоторого пространства, и операции осуществляются не над отдельными пикселями, а над элементами этого пространства. Каждая операция математической морфологии предполагает преобразование входного изображения F в новое изображение \bar{F} . Входными данными служат само изображение F и структурный элемент. Структурный элемент K - некоторое двоичное изображение произвольной формы с выделенным начальным элементом, который определяется как геометрический центр. Алгоритма, по которому можно определить оптимальную форму и размер структурного элемента, нет [10]. В соответствии с источником [1], структурный элемент должен быть симметричным. Наиболее распространенные формы – это квадрат и диск (рис. 1). Процесс выполнения операций математической морфологии заключается в сканировании входного изображения F структурным элементом K .

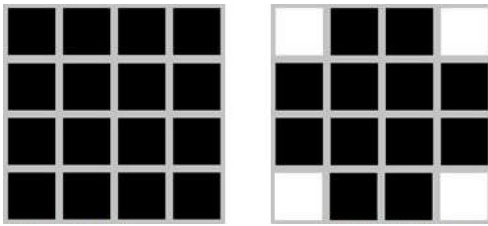
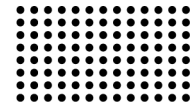
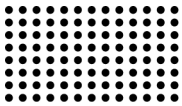


Рисунок 1 – Формы структурного элемента

Морфологические операции делятся на базовые и производные. Результатом производных операций является некоторая комбинация базовых. Операции дилатация (dilation) и эрозия (erosion) являются базовыми [1].

Рассмотрим изображение как функцию $f : F \rightarrow E, F \subseteq E^2$, где E - некоторое евклидово пространство, а f задает интенсивность изображения на F . Тенью f (1) называется множество $U(f) \subseteq F \times E$, определяемое как [11]:

$$U(f) = \{(x, y) \in F \times E \mid y \leq f(x)\} \quad (1)$$

Поверхностью множества $A \subseteq F \times E$ (2) называется множество $T(A) : F \rightarrow E$, определяемое в каждой точке как [11]:

$$T[A](x) = \max\{y \mid (x, y) \in A\} \quad (2)$$

Связь между этими понятиями очевидна [11]:

$$T[U(f)] = f \quad (3)$$

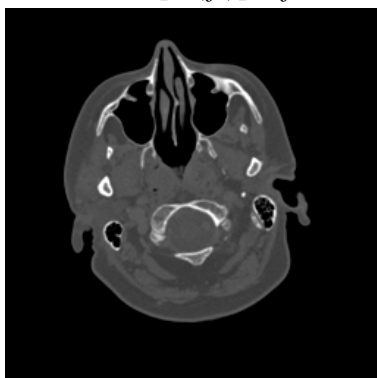


Рисунок 3 – Входное изображение

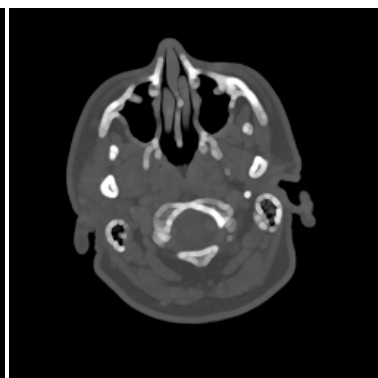


Рисунок 4 – Дилатация, iterations = 1

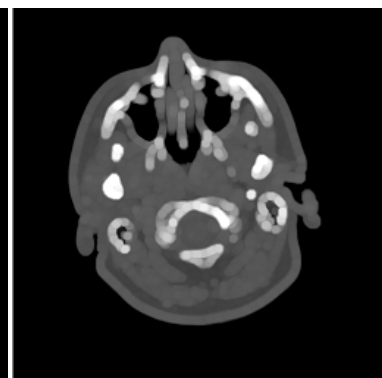


Рисунок 5 – Дилатация, iterations = 2

В результате выполнения операции дилатации входное изображение сканируется структурным эле-

Графическое представление тени функции и поверхности изображено на рис.2.

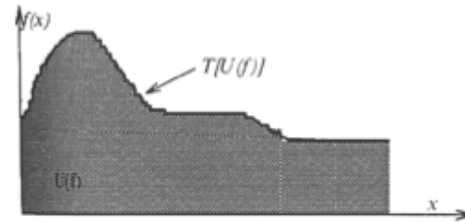


Рисунок 2 – «Тень» функции и поверхность «тени»

Пусть $F, K \subseteq E^{N-1}, f : F \rightarrow E, k : K \rightarrow E$. Тогда дилатацией f по k (4) называется:

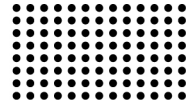
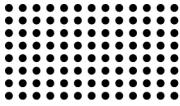
$$f \oplus k = T[U(f) \oplus U(k)] \quad (4)$$

Оператор \oplus означает логическое сложение. Другой способ вычисления дилатации имеет вид:

$$f \oplus k(x) = \max\{f(x-z) + k(z)\}, \quad (5)$$

$$A_z \in K, (x-z) \in F$$

С помощью функции IMAQ: GrayMorphology в инженерной среде разработки NI LabVIEW была реализована дилатация входного изображения (рис.3) и структурного элемента в форме диска, размером 5×5 . Результаты операции дилатации, с количеством итерации 1 и 2, приведены на рис. 4,5 соответственно.



ния, выполняется логическое сложение с соответствующими пикселями изображений. Результаты логического сложения записываются в исходное изображение [12]. В результате дилатации размер входного изображения и ярких объектов увеличивается, все пиксели полутонового изображения становятся светлее, в зависимости от яркости пикселей входного изображения, формы и размера структурного элемента.

Эрозией f по k (6, 7), где оператор \otimes – логическое умножение, называется:

$$f \otimes k = T[U(f) \otimes U(k)] \quad (6)$$

$$f \otimes k(x) = \min \{ f(x+z) - k(z), A_z \in K, (x+z) \in F \} \quad (7)$$

Результаты операции эрозии, с аналогичным структурным элементом и количеством итерации 1 и 2 приведены на рис. 6,7 соответственно. В результате выполнения операции эрозия объекты, размер которых меньше, чем структурный элемент, удаляются. Объекты, которые соединены тонкими линиями, становятся разъединенными. Размеры входного изображения уменьшается. Положительный результат операции эрозия проявляется при условии необходимости удаления малых объектов и различных шумов.

Одной из производных операций математической морфологии является операция Open. В разных источниках она называется операцией открытия или замыкания. Операция замыкания (8) – это последовательное применение операций эрозия и дилатация.

$$f \circ k = (f \otimes k) \oplus k \quad (8)$$

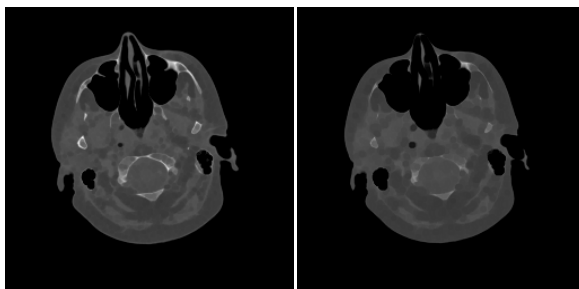


Рисунок 6 – Эрозия, iterations=1

Рисунок 7 – Эрозия, iterations=2

Результаты операции размыкания, с дискообразной и квадратной формой структурного элемента, приведены на рис. 8, 9 соответственно.

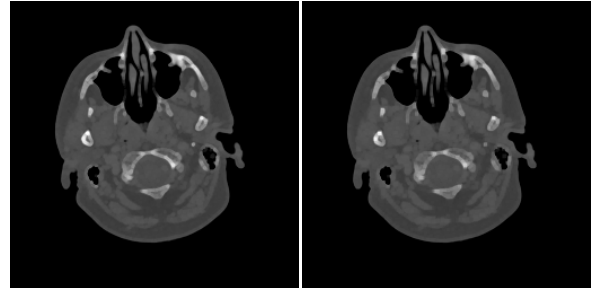


Рисунок 8 – Операция размыкания, disk

Рисунок 9 – Операция размыкания, square

Результат операции размыкания похож на результат эрозии. Удаляются небольшие светлые объекты изображения, линии, «перешейки». При этом не происходит сильное уменьшение размера изображения, что бывает при эрозии. Также следует помнить, что после операции размыкания контуры объектов становятся более гладкими.

Другой из производных операций математической морфологии является операция Close. Также она называется операцией закрытия или замыкания. Операция замыкания (9) – это последовательное применение операций дилатация и эрозия.

$$f \bullet k = (f \oplus k) \otimes k \quad (9)$$

Результаты операции замыкания, с аналогичными структурными элементами, приведены на рис. 10,11 соответственно. Операция замыкания используется для удаления небольших (меньшего размера, чем структурный элемент) темных деталей изображения. Размер изображения не меняется.

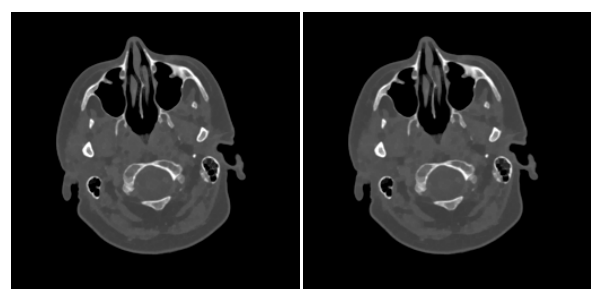
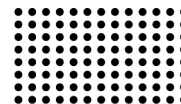
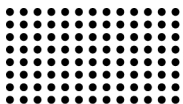


Рисунок 10 – Операция замыкания, disk

Рисунок 11 – Операция замыкания, square



По данным выполненных исследований можно сделать следующие выводы: операции дилатация и эрозия увеличивают и уменьшают входное изображение соответственно. Поэтому обработанное изображение искажается (размер объектов на изображении не соответствует действительности). Этот недостаток компенсируется операциями размыкания и замыкания. Операция размыкания удаляет светлые объекты, что в данном случае ведет к потере информативности снимка. Если к изображению применить сначала операцию дилатации, то мы сможем избавиться от малых «дыр» и «щелей», но при этом произойдет увеличение контура объекта. Избежать этого увеличения позволяет операция эрозия, выполненная сразу после дилатации с тем же

структурным элементом. Такая последовательность действий относится к операции замыкания.

Для фильтрации набора томографических срезов, где кости несут основную информацию об объекте, целесообразно использовать операцию замыкания. В общем случае, операция удаляет небольшие (в зависимости от размера и формы структурного элемента) темные детали, тем самым подчеркивая основную информацию (форму и размер костей), которую несет в себе снимок компьютерной томографии.

Дальнейшие исследования, включая материалы данной статьи, будут направлены на получение наиболее информативной трехмерной модели черепнолицевой области. Посредством которой будет проводиться диагностика соответствующими специалистами.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Serra J. An overview of morphological filtering / Jean Serra, Luc Vincent // *Circuits, Systems and Signal Processing*, 1992. – №11(1) – С. 47-108.
2. Serra J. Lecture notes on morphological filtering / Jean Serra, Luc Vincent // *Cahiers du Centre de Morphologie Mathematique*, 1989. – №8 – С. 2-89.
3. Afonassenko A. V. Bystrye morfologicheskie preobrazovanija dlja zadach korekcii i preobrazovanija binarnyh izobrazhenij // *Izvestija TPU*, 2006. – №8 – С. 122-126.
4. Bucha V.V., Ablamejko S.V. Matematicheskaja morfologija na szhatom binarnom rastre: primenenie v GIS // *Nauchno-teoreticheskij zhurnal "Iskusstvennyj intellekt"*, 2006. – №2 – С. 21-24
5. Afonassenko A.V. Raspoznavanie strukturirovannyh simvolov na osnovanii metodov morfologicheskogo analiza // *Izvestija TPU*, 2007. – №5. – С. 119-123.
6. Shapiro L., Stokman Dzh. Komp'juternoje zrenie. – М.: BINOM. Laboratorija znanij, 2006. — 752 s.
7. Vizil'ter Ju. V., Zheltov S. Ju., Bondarenko A. V., Ososkov M. B. Mopzhin A. V. – М.: Fizmatkniga 2010. – 689 s.
8. Al-Omari M. Morphological-Based Filtering of Noise: Practical Study on Solar Images / M. Al-Omari, R. Qahwaji, T. Colak, and S. Ipson // *Signal Processing and Communications*, 2007. – С. 1075 – 1078.
9. Buj T.T.Ch., Spicyn V.G. Analiz metodov vydelenija kraev na cifrovyh izobrazhenijah // *Doklady TUSURa*, 2010. – № 2 (22) – С. 221-223.
10. Gladkih V. N. Morfologicheskaja fil'tracija binarnyh izobrazhenij pochtoovogo perevoda. // *Nauchnye zapiski UNIIS*, 2012. – №1(21) – С. 66-70.
11. Vizil'ter Ju.V. Zheltov S.Ju. Knjaz' V.A. i dr. Obrabotka i analiz cifrovyh izobrazhenij s primerami na LabVIEW i IMAQ Vision. – М.: DMK Press, 2008. – 464 s.
12. Krasil'nikov N.N. Cifrovaja obrabotka 2D i 3D izobrazhenij. –SPb.: BHV - Peterburg, 2011. – 608 s.