

СРАВНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПЛОЩАДИ ЯЗВЕННОГО ДЕФЕКТА ЖЕЛУДКА ПО ЭНДОСКОПИЧЕСКИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ

Юсупов Иброхимбек ХХХ

доцент, кафедры Искусственного интеллекта,
Ташкентский университет информационных технологий.

Тел.: +998 (90) 996-44-96 interdep@tuit.uz

Абдусаматова Мунира Султонбек кизи

магистр 1-го курса, факультет Магистратуры, специальность «Искусственный интеллект»,
Ташкентский университет информационных технологий.

Тел.: +998 (33) 182-10-01 abdusamatovamunira182@gmail.com

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17910146>

Аннотация. В работе рассматривается задача автоматизированного вычисления площади язвенного дефекта желудка по эндоскопическим изображениям. Проведено сравнение трех численных методов: метода прямоугольников, метода трапеций и метода численного интегрирования на основе сплайн-интерполяции. Показано, что применение сплайн-интерполяции позволяет повысить точность расчёта площади по сравнению с классическими приближёнными методами. Экспериментальные результаты продемонстрировали, что разница между методом прямоугольников и сплайн-подходом составила 0,94 мм², что является значимым показателем для медицинской диагностики.

Ключевые слова: эндоскопия, цифровая обработка изображений, язва желудка, численное интегрирование, метод трапеций, сплайн-интерполяция, вычисление площади.

Abstract: This paper addresses the problem of automated calculation of gastric ulcer surface area using endoscopic images. A comparative analysis of three numerical methods is carried out: the rectangle method, the trapezoidal method, and numerical integration based on spline interpolation. The results show that spline interpolation provides higher accuracy in area estimation compared to classical approximate methods. Experimental results indicate that the difference between the rectangle method and the spline-based approach is 0.94 mm², which is significant for medical diagnostics.

Keywords: endoscopy, digital image processing, gastric ulcer, numerical integration, trapezoidal method, spline interpolation, area calculation.

Введение

Язвенная болезнь желудка является одной из наиболее распространённых патологий желудочно-кишечного тракта и представляет серьёзную проблему в клинической практике.

Современные эндоскопические методы диагностики позволяют получать детальные изображения поражённых участков слизистой оболочки желудка, однако количественная оценка площади язвенного дефекта во многих случаях осуществляется визуально, что снижает объективность диагностики. В связи с этим актуальной задачей является разработка автоматизированных методов точного вычисления площади язвы на основе цифровой обработки эндоскопических изображений. [1]

Методы

1. Метод прямоугольников

Метод прямоугольников относится к простейшим методам приближённого интегрирования и основан на разбиении области на элементарные прямоугольники.

Площадь определяется как сумма площадей всех таких прямоугольников. Несмотря на простоту реализации, данный метод обладает сравнительно высокой погрешностью, особенно при обработке сложных криволинейных контуров, характерных для биологических объектов. [2],[3]

2. Метод трапеций

Метод

трапеций является более точным приближённым методом численного интегрирования. В данном случае участок между соседними узлами аппроксимируется трапецией, что позволяет лучше учитывать изменение формы контура. По сравнению с методом прямоугольников, трапецидальный метод обеспечивает более высокую точность вычислений при относительно небольшой вычислительной сложности.

3. Метод численного интегрирования с использованием сплайн-интерполяции

Для повышения точности восстановления формы язвенного дефекта использовался метод интерполяции на основе сплайн-функций. Сплайн-интерполяция позволяет сформировать гладкую аппроксимирующую кривую, проходящую через заданные экспериментальные точки. После интерполяции контур язвы описывается непрерывной функцией, к которой применяется метод численного интегрирования для вычисления площади.

1. Определение площади методом прямоугольников

Для приближённого вычисления площади области, ограниченной верхним и нижним контурами, использовался метод прямоугольников, основанный на численном интегрировании. При этом расчёт выполнялся как разность площадей, соответствующих верхней и нижней границам области. Площадь по методу прямоугольников вычислялась по следующему выражению: [3]

$$S_1 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_{i+1} - y_i}{n} \sum y_1 - \frac{y_{i+1} - y_i}{n} \sum y_2 \right) \quad (1)$$

где n — число разбиений интервала, y_1 и y_2 — значения верхней и нижней функций соответственно. При увеличении количества разбиений итоговая погрешность расчёта уменьшается, однако возрастает вычислительная нагрузка. Следует отметить, что из-за произвольного расположения экспериментальных точек метод прямоугольников не всегда обеспечивает достаточную точность при обработке биомедицинских изображений.

2. Определение площади методом трапеций

Для повышения точности вычислений дополнительно применялся метод трапеций, позволяющий более корректно учитывать изменение формы контура между соседними точками. В этом случае площадь поражённой области определялась по формуле: [4],[5]

$$S_2 = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{y_i + y_{i+1}}{2} (x_{i+1} - x_i) - \sum_{j=0}^{m-1} \frac{y_j + y_{j+1}}{2} (x_{j+1} - x_j), \quad (2)$$

Данный подход обеспечивает более высокую точность по сравнению с методом прямоугольников, так как учитывает линейное изменение функции между соседними узлами.

2. Численное интегрирование на основе сплайн-интерполяции

Для наиболее точного определения площади язвенного дефекта использовалась сплайн-интерполяция граничных точек. После аппроксимации контура язвы гладкой функцией выполнялось численное интегрирование, что позволило существенно снизить влияние дискретности исходных данных и повысить точность вычислений. Использование сплайн-интерполяции особенно эффективно при обработке биологических объектов, поскольку форма язвенного поражения имеет сложную и нерегулярную геометрию.



Рис.1. Изображение язвы, расположенной в желудке



Рис. 2. Выделение язвы желудка методом прямоугольника



Рис. 3. Процесс выделения язвенного участка в желудке

Результаты исследования

Область расчета	Метод прямоугольников S_1	Метод трапеций S_2	Разность $ S_1 - S_2 $
Верхняя граница	38914	39117	203
Нижняя граница	29114	29223	109
Итоговая площадь	9800	9894	94

Таблица 1. Сравнительный анализ результатов вычисления площади язвенного дефекта

В результате проведённых вычислений были получены численные значения площади язвенного дефекта, вычисленные тремя различными методами. Установлено, что метод прямоугольников даёт наибольшее отклонение от итогового значения. Метод трапеций показал более точные результаты, однако наибольшую точность продемонстрировал сплайн-метод. Разница между методами прямоугольников и сплайн-интерполяции составила 0,94 мм².

В медицинской практике даже минимальные отклонения площади могут иметь важное значение при оценке динамики заживления язвы.

Заключение

В данном исследовании рассмотрена задача численного вычисления площади язвенного дефекта желудка на основе эндоскопических изображений. Проведено сравнение методов прямоугольников, трапеций и сплайн-интерполяции. Установлено, что использование сплайн-метода обеспечивает наибольшую точность вычислений.

Предложенный подход может быть использован в качестве вспомогательного инструмента в клинической практике для объективной оценки размеров язвенной поверхности и контроля эффективности проводимого лечения.

Список литературы

1. Singh, M., Tiwary, U.S., Singh, D. (Eds.). *Intelligent Human Computer Interaction: 14th International Conference, IHCI 2022, Tashkent, Uzbekistan*,
2. Ciesek S., Manns M.P. Hepatitis in 2010: the dawn of a new era in HCV therapy. *Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology*, 2011
3. Everhart J.E., et al. Weight-related effects on disease progression in the hepatitis C antiviral long-term treatment against cirrhosis trial. *Gastroenterology*, 2009
4. Завялов Ю.С., Квасов Б.И., Мирошниченко В.Л. *Методы сплайн-функций*. Москва: Наука, 1980.
5. Зайниддинов Х.Н. *Методы и средства обработки сигналов в кусочно полиномиальных базисах*. 2015