Технічні науки

УДК 004.932.72

Ященко Микола Сергійович
студент
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Ященко Николай Сергеевич
студент
Национального технического университета Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»
Yashchenko Mykola
Student of the
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛІ АКТИВНИХ КОНТУРІВ ДЛЯ ОБРОБКИ МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ
ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ АКТИВНЫХ КОНТУРОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ
APPLICATION OF ACTIVE CONTOUR MODEL FOR MEDICAL IMAGE PROCESSING

Анотація. *Розглянуто метод активних контурів для обробки медичних зображень*

Ключові слова: *обробка зображень, активний контур, сегментація.*

Аннотация. *Рассмотрено метод активных контуров для обработки медицинских изображений*

Ключевые слова: *обработка изображений, активный контур, сегментация.*

Summary. *Reviewed the possibility of using an active contour model for medical image processing*

Key words: *image processing, snakes, active contour, segmentation.*

Вступ. Останні дослідження в розвитку апаратного та програмного забезпечення зробили можливим практичне застосування різноманітних автоматизованих систем, направлених на підтримку прийняття рішень. Як наслідок, алгоритми цифрової обробки зображень знаходять все більш широке застосування в наукових та прикладних дослідженнях в різних областях. Однією з таких областей є медицина.

Діагностика на основі аналізу та обробки медичних зображень в багатьох випадках пов'язана з необхідністю застосування різних методів та підходів для покращення растрового зображення.

Задача коректного виділення (сегментації) об'єктів на зображенні являється однією з важливих функціональних складових автоматизованих систем розпізнавання образів. Цей вид обробки має широкий спектр застосування в різноманітних областях, починаючи від медицини і закінчуючи робототехнікою. Саме від ефективного вирішення цієї задачі залежить точність розрахунків морфологічних характеристик певного об'єкту.

Послідовність процедур обробки зображень можна розглядати у відповідності з парадигмою Марра [1]. Виходячи з цієї парадигми, в області обробки зображень принято виділяти наступні основні етапи обробки даних:

1) передобробка зображень;
2) сегментація;
3) виділення геометричної фігури;
4) визначення відносної структури і семантики.

Зв'язані з цими етапами рівні обробки зазвичай називаються обробками нижнього, середнього та вищого рівнів. Алгоритми нижнього рівня такі як фільтрація шумів та гістограмна обробка доволі добре досліджені. Алгоритми середнього рівня (сегментація) продовжують залишатися в центрі уваги наукових досліджень. Алгоритми високого рівня, які відносяться до визначення об'єкта на зображенні, знаходяться в початковій фазі розвитку [2].

Огляд алгоритму

Модель активних контурів - варіаційний метод для пошуку границь на зображенні. Для визначення границь на зображенні в цьому методі використовують деформацію кривої, що називається активним контуром (снейком) та являє собою параметрично задану на площині зображення криву. В цій моделі задача пошуку границі об'єкта формулюється як знаходження контуру, на якому енергія E досягає мінімуму. Модель має динамічний характер (в процесі мінімізації енергії контур змінюється), звідси назва - активний. Всі властивості кривої, а також її поведінка визначаються через функціонал енергії E. Енергія контуру залежить від форми та розмірів контуру і від його положення на зображенні.

Контур являє собою параметрично задану на площині зображення криву:

$$v(s) = [x(s), y(s)]: [0; 1] \to V \subset R^2$$

Енергія моделі визначається наступним рівнянням [3]:

$$E_{snake} = \int_0^1 (E_{int}(v(s)) + E_{ext}(v(s)))ds,$$

де E_{int} - внутрішня енергія, яка характеризує вимоги до гладкості контуру, а E_{ext} - зовнішня енергія, яка підштовхує активний контур до бажаного об'єкту. Внутрішня енергія залежить від першої та другої похідної радіус-вектора точки на кривій за параметром s [3]:

$$E_{int} = \frac{1}{2}(\alpha(s) \cdot |\frac{dv(s)}{ds}|^2 + \beta(s) \cdot |\frac{d^2v(s)}{ds^2}|^2).$$

Перша похідна $v(s)$ відносно s представляє собою швидкість зміни довжини кривої, що означає повздовжнє скорочення кривої. Коефіцієнт $\alpha(s)$ описує кут скорочення і тому снейк діє подібно пружній стрічці. Чим більше $\alpha(s)$, тим більше скорочення снейка в напрямку дії сили. Саме тому $\alpha(s)$ позначається як коефіцієнт адаптаційної спроможності [4].

Друга похідна описує кривизну снейку. Коефіцієнт $\beta(s)$ регулює швидкість зміни кривої в напрямі, перпендикулярному її границі. Він дозволяє контуру діяти подібно жорсткій стрічці. Це означає, що крива зберігає гладкість. Якщо $\beta(s)$ має високе значення, крива інтенсивно чинить опір згинанню, в той час як низькі значення $\beta(s)$ дозволяють кривій згинаться.

При цьому E_{ext} отримує сенс мапи границь (edge map), тобто визначає на зображенні області низького потенціалу, куди повинен прямувати контур для мінімізації енергії.

Контур, який доставляє мінімум функціоналу енергії, повинен задовольняти рівняння Ейлера-Лагранджа [5]:

$$\alpha(s) \cdot v''_{ss}(s) - \beta(s) \cdot v''''_{ssss}(s) - \gamma(s) \cdot \nabla E_{ext} = 0,$$

яке можна розглядати як рівняння балансу сил:

$$F_{int} + F_{ext} = 0,$$

де F_{int} та F_{ext} - моделі внутрішніх та зовнішніх сил відповідно. Внутрішні сили змушують контур розтягуватися та вигинатися, а зовнішні сили - рухатися в напрямку шуканої границі на зображенні. При цьому, зовнішні сили залежать від моделі активного контура.

Найпопулярнішими моделями зовнішніх сил є:

1) Classic model - зовнішня енергія визначається як градієнт зглаженого фільтром Гауса зображення [5].

2) Gradient vector flow model - зовнішня сила розраховується шляхом застосування узагальнених рівнянь дифузії до обох компонент градієнта карти краю зображення.

3) Balloon model - зовнішня сила для кожної точки додатково визначається силою, що діє в напрямку нормалі до контура в цій точці [5].

4) Boundary vector field model - зовнішня сила породжується схемою інтерполяції, яка істотно знижує вимоги до обчислень і в той же час покращує діапазон захоплення та здатність осягати увігнутий об'єкт.

Реалізація алгоритму

Розглянутий вище класичний алгоритм активних контурів реалізований у вигляді програмного засобу на мові програмування Python. Користувач має можливість задавати параметри моделі. Вхідною інформацією для програми являються файли формату DICOM.

Результатом роботи програми є файли фрагментів зображення з виділеним контуром. В якості початкового контуру було обрано окружність, поміщену навколо об'єкта. Далі почався ітеративний процес зміни контуру. Вихідне зображення можна побачити на рисунку 1:

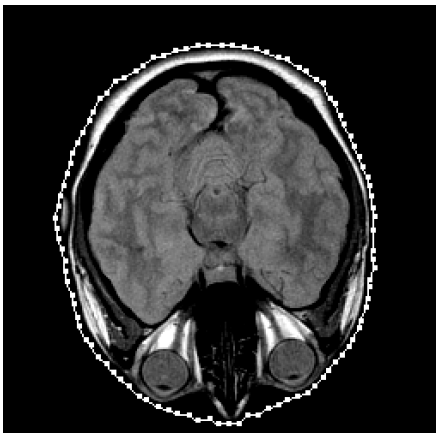

Рис. 1. Результат роботи алгоритму

Висновки. В роботі було розглянуто задачу сегментації зображення методом активних контурів. Плюсом алгоритму являється його універсальність. Для більш зручного або точного виділення можна додавати нові види енергій в головне рівняння критерію. До недоліків алгоритму можна віднести наявність вагових коефіцієнтів, які налаштовуються для кожного окремого випадку.

Література

1. Марр Д. Зір. Інформаційних підхід до вивчення представлення і обробки зорових образів. М.: Радіо і зв'язок. – 1987. – 400 с.
2. Визильтер Ю.В. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW IMAQ Vision. М.: ДМК Пресс. – 2007. – 464 с.
3. Kass M., Witkin A. and Terzopoulos D. "Snakes: Active Contour Models" / International Journal of Computer Vision. 1987. Vol. 1. pp. 321-331.
4. Трибрат А.А. Использование поля потоков градиентов в методе активных контуров [Електронний ресурс] / А.А. Трибрат – Режим доступу до ресурсу: http://ea.dgtu.donetsk.ua:8080/bitstream/123456789/6617/1/53.pdf.
5. Алхімова С.М. Обробка медичних зображень. Робота з даними та алгоритмами для обробки медичних зображень / С.М. Алхімова. – Київ: Політехніка, 2017.