

УДК 000.00

*М.Ю. Заболуєва, студентка гр. ПК-21мп, доктор філософії Момот А. С.
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

ВИКОРИСТАННЯ МЕРЕЖІ U-NET ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СЕГМЕНТАЦІЇ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ЗНІМКІВ

Анотація. У статті розглядаються шляхи вирішення задач сегментації ультразвукових знімків. Розглянуто архітектури згорткових нейронних мереж. Проаналізовано ефективність даних моделей та запропоновано перспективну модель для якісної обробки ультразвукових зображень. Проведено аналіз результатів сегментації з використанням мережі U-Net в задачі опрацювання медичних знімків.

Ключові слова: нейронні мережі, сегментація, ультразвук, медична діагностика, згорткові нейронні мережі, глибинне навчання.

ВСТУП

У сучасному світі спостерігається широке використання комп'ютерних технологій в медицині. Застосування штучного інтелекту є перспективною областю і сприяє прискореному розвитку медицини. Актуальність використання нейронних мереж пояснюється їх зручністю, адаптивністю та практичністю.

На сьогоднішній день, ультразвукова діагностика (УЗД) є невід'ємним інструментом практично у всіх сферах медицини. З метою автоматизації, збільшення ефективності та покращення точності даного методу діагностики перспективно використовувати згорткові нейронні мережі [1]. Перспективним завданням виглядає вирішення задач сегментації шляхом створення алгоритму для автоматизованого знаходження і виокремлення аномалій на ультразвуковому (УЗ) зображенні.

ОГЛЯД ПОПЕРЕДНІХ РОБІТ

Зображення є необхідними у медичній діагностиці та лікуванні, оскільки дозволяють лікарям ефективніше поставити правильний діагноз. Важливою частиною обробки медичних зображень є сегментація.

Сегментація зображень – це процес поділу зображення на складові частини або об'єкти у зображенні, тобто набори пікселів. Щоб знайти та ідентифікувати межі об'єктів у зображенні, пікселі оцінюються за деякими однорідними критеріями (колір, інтенсивність або текстура) [2].

Прискорений розвиток в галузі обробки медичних зображень пов'язаний головним чином із застосуванням технологій глибинного навчання [3], які дозволяють ефективно вивчати особливості об'єктів безпосередньо з даних візуалізації. У завданнях медичної діагностики нейронні мережі дають можливість значно підвищити точність поставлення діагнозу та витратити менше часу на аналіз. Сервіси, створені на основі нейронних мереж, розробляються по всьому світу і допомагають лікарям виявляти різні патології і захворювання, в тому числі онкологію.

Сегментація зображень на основі технологій машинного навчання вже міцно закріпилася як надійний інструмент для аналізу медичних зображень. Проте, автоматизована сегментація медичних зображень є складним завданням через наявність низки проблем, таких як велике різноманіття форм та розмірів

анатомії між пацієнтами, низька контрастність з навколишніми тканинами, відсутність великої кількості цифрових медичних даних у вільному доступі [4].

Для покращення достовірності ультразвукового методу діагностики пропонується розробити алгоритм сегментації УЗ знімків на основі нейронної мережі. За допомогою цього буде можливим підвищення ефективності раннього виявлення захворювань шляхом виокремлення на зображенні аномалій.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для вирішення задач сегментації зображень актуальним і важливим завданням є визначення архітектури нейронної мережі, яка дозволить з найбільшою ефективністю відокремлювати об'єкти, що допоможе виявляти захворювання. Для цих цілей найбільше значення мають точність та повнота (recall) алгоритмів. В задачах розпізнавання образів та обробки зображень використовується широкий спектр архітектур нейронних мереж, кожна з яких мають свої переваги та недоліки.

Одна з найпростіших і найпопулярніших архітектур, що використовуються для сегментації, це повнозгортова мережа FCN (Fully Convolutional Network) [5]. У даній архітектурі спочатку виконується перетворення вхідного зображення до меншого розміру через серію згорток (кодувальник). Потім вихід декодується через білінійну інтерполяцію чи серію транспонованих згорток (декодер). Така базова архітектура, попри її ефективність, має низку недоліків. Один з яких – наявність артефактів, розташованих у шаховому порядку, пов'язаних із нерівномірним перекриттям виходів в операції транспонованої згортки. Інший недолік пов'язаний з низькою роздільною здатністю по краях через втрати інформації в процесі кодування.

Модель Tiramisu – заснована на DenseNet, моделі для класифікації зображень, в якій всі шари взаємопов'язані. Ця архітектура поєднує у собі використання архітектури класифікації, передискретизації та додавання пропускових зв'язків для оптимізації. Недоліком такого методу є низька ефективність роботи з пам'яттю, тому для роботи з такою архітектурою потрібні потужні графічні карти.

Однією з найкращих моделей, успішно застосованих в задачах сегментації медичних зображень, є мережа архітектури U-Net [6]. Це згортова мережа, що була розроблена з урахуванням обробки медичних зображень. Вона досягає високої точності, використовуючи невеликий набір даних.

Архітектура U-Net (рис.1) містить дві частини: звужуюча (енкодер) і розширююча (декодер). Енкодер поступово зменшує просторовий вимір за допомогою об'єднання шарів, а декодер поступово відновлює деталі об'єкта та просторовий вимір. В звужуючій (вхідній) частині структури зображення, які надходять на вхід, проходять серію шарів: шари згортки і шари субдискретизації (пулінгу).

Мережа не має повнозв'язних прошарків і використовує лише дійсну частину кожної згортки, тобто карта сегментації містить лише пікселі, для яких повний контекст доступний у вхідному зображенні. Для якісної сегментації U-Net збільшує кількість даних шляхом деформації наявних зображень.

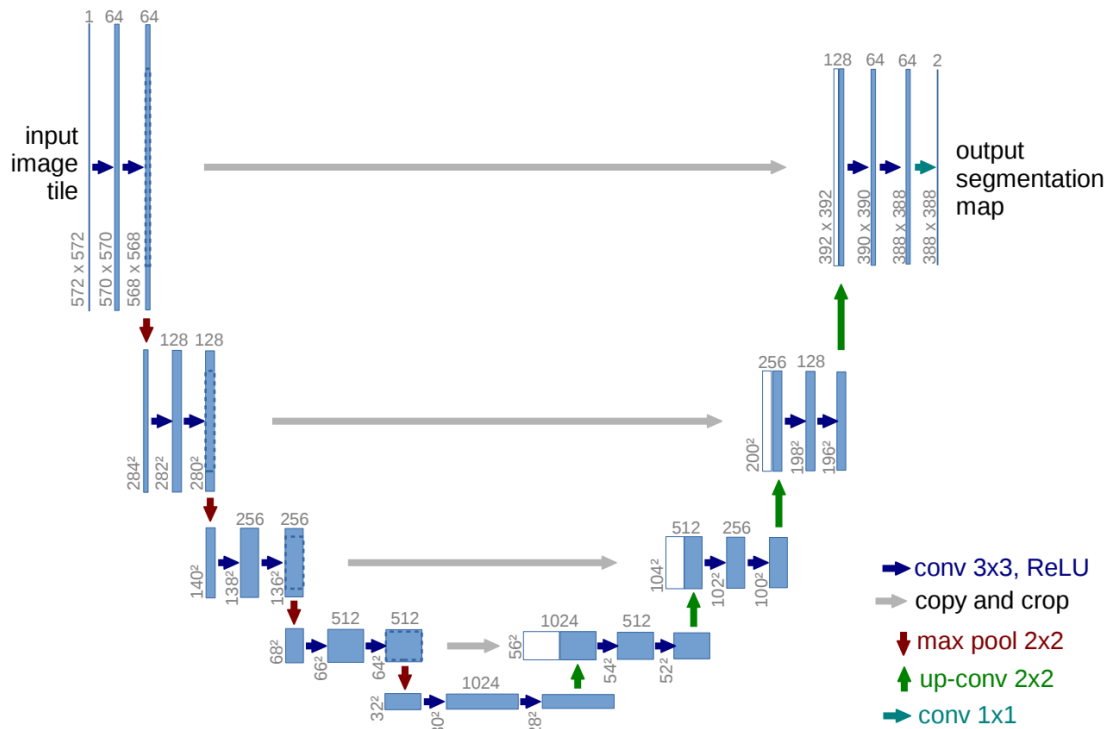


Рисунок 1. Схема зорової нейронної мережі архітектури U-Net

Авторами роботи [7], були розроблені алгоритми сегментації УЗ знімків легень різними нейронними мережами: FCN, Tiramisu та U-Net. З метою навчання нейронної мережі використовується відкритий набір даних «Breast ultrasound images». Цей набір даних включає в себе ультразвукові знімки МЗ у 600 жінок у віці від 25 до 75 років та складається з 780 знімків. Вони поділяються на три групи: нормальні, доброякісні та злоякісні пухлини.

На рис. 2 показані результати сегментації – відокремлення новоутворення у легенях. Порівнюючи зображення, можна зробити висновок, що найбільш якісно задачу виконала нейромережа U-Net, точно передавши форму і розмір об'єкту. В результаті навчання мережа показала долю правильних відповідей на рівні 84,6% на тестових даних, що виявився найкращим результатом. Такий рівень достовірності не може бути прийнятним для постановки остаточного діагнозу. Тому запропонована нейромережева модель може використовуватись лише в якості системи підтримки прийняття рішень. Остаточний діагноз має бути встановлено кваліфікованим спеціалістом на основі результатів комплексного дослідження стану здоров'я пацієнта.

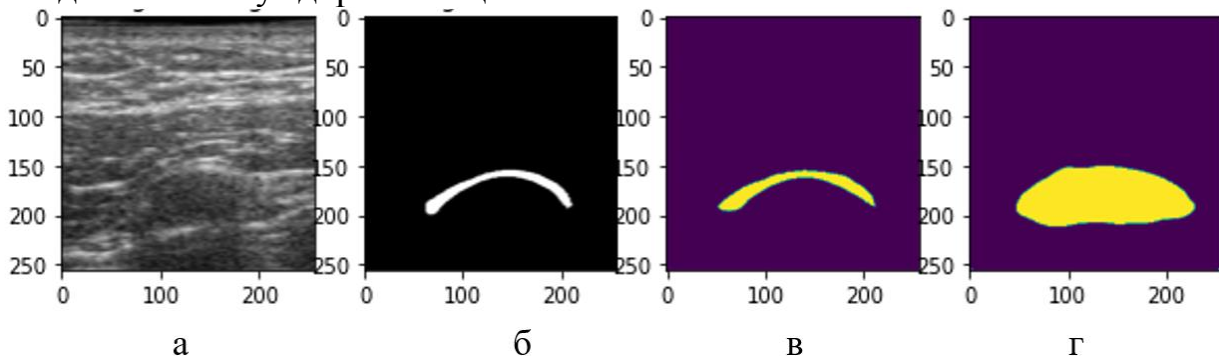


Рисунок 2. Результат сегментації реального ультразвукового зображення легень: а – вихідне зображення, б – сегментація нейромережею FCN, в – Tiramisu, г – U-Net

ВИСНОВКИ

Використання у медицині нейронних мереж має великий потенціал. Запровадження автоматизованої системи для сегментування ультразвукових знімків може спростити працю лікарів та збільшити точність у постановці діагнозу. Розглянута модель нейромережі U-Net успішно застосовується для сегментації зображень. Проаналізувавши результати, U-Net виявилась найкращою моделлю для вирішення задач сегментації у медицині. Основним завданням для подальших досліджень є розроблення алгоритму сегментації ультразвукових зображень із використанням обраної моделі в якості ядра автоматизованої системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Momot A. Automation of ultrasound breast cancer images classification using deep neural networks / A. Momot, R. Galagan, M. Zaboluiieva // Sciences of Europe. — 2022. — №96. — pp. 38–41.
- [2] Alireza Norouzi, Mohd Shafry Mohd Rahim, Ayman Altameem, Tanzila Saba, Abdolvahab Ehsani Rad, Amjad Rehman & Mueen Uddin // Medical Image Segmentation Methods, Algorithms, and Applications, IETE Technical Review — 2014. — pp. 199–213.
- [3] Momot A. Deep Learning Automated System for Thermal Defectometry of Multilayer Materials / A. Momot, R. Galagan, V. Gluhovskii. // Devices and Methods of Measurements. — 2021. — №12. — pp. 98–107.
- [4] Xie X. et al. Breast ultrasound image classification and segmentation using convolutional neural networks // Pacific rim conference on multimedia. — Springer, Cham. — 2018. — pp. 200–211.
- [5] Al-Dhabyani W, Goma M, Khaled H, Fahmy A. Dataset of breast ultrasound images. Data in Brief. 2020 Feb; 28:104863.
- [6] Zhou, Xiangrong, et al. // Deep learning of the sectional appearances of 3D CT images for anatomical structure segmentation based on an FCN voting method // Medical physics, — 2017. — pp. 5221-5233.
- [7] Ronneberger, Olaf, Philipp Fischer, and Thomas Brox. // U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation // International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention. — Springer, Cham, — 2015. — pp. 155–170. [0]

Наук. керівник – доктор філософії, ст.викл. Момот А.С