

ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ АЛГОРИТМА РЕКОНСТРУКЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ МАЛОДОЗНОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

А. Б. Коновалов, В. В. Власов

ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина», Снежинск, Россия

В последние годы для решения задач диагностики и мониторинга рака молочной железы все чаще стал применяться цифровой томосинтез груди (digital breast tomosynthesis, DBT) [1], который реализует метод рентгеновской компьютерной томографии и решает проблему наложения теней, свойственную традиционной рентгеновской маммографии. Разработка технологии управляемого пучка [2] и поликапиллярных рентгеновских источников [3] принципиально позволяет вывести DBT на качественно новый уровень и реализовать геометрию плоского слоя, согласно которой грудь мягко зажимается между двумя пластинами, на которых располагаются источники и детекторы субмиллиметрового размера. При этом технология управляемого пучка и поликапиллярная технология позволяют направить узкий луч из любого источника в любой детектор. Таким образом, для решения важнейшей в DBT задачи оптимизации дозы, которую получает пациент, требуется минимизировать не число ракурсов съемки, как в случае веерной или конусной компьютерной томографии, а число лучей.

В настоящей работе нами поставлена цель разработать алгоритм реконструкции изображений, который бы позволил сократить число лучей в несколько раз по сравнению с полным набором лучей и при этом получить приемлемое качество томограмм. На данном этапе исследований мы ограничились 2D геометрией, реконструкцией бинарных изображений, а также минимальным размером неоднородности (опухоли), равным 1 мм. Представленный алгоритм реконструкции включает три стадии. На первой стадии определяется минимальный набор лучей, необходимый для решения задачи начальной локализации неоднородности. Для этого применяется генетический алгоритм [4]. В докладе подробно представлены разработанные операторы скрещивания и мутации. На второй стадии решается задача локализации неоднородностей, для чего применяется алгебраический алгоритм реконструкции ART [5] в сочетании с медианной фильтрацией [6]. На третьей стадии выполняется дополнение минимального набора лучей лучами, проходящими через локализованные неоднородности, и уточненная реконструкция с использованием гибридного алгоритма. Этот алгоритм реализует итерационную схему, в рамках которой работает ART и выполняется фильтрация промежуточных результатов с применением сверточной нейронной сети архитектуры U-Net [7] для регуляризации и повышения точности воспроизведения структур.

Эффективность предложенного алгоритма продемонстрирована численными экспериментами по реконструкции фантомов, содержащих модели раковых опухолей молочной железы: карциномы протоков и инвазивной карциномы. Показано, что в случае реконструкции двух–трех опухолей удается сократить число лучей в 3–5 раз и при этом достаточно точно воспроизвести форму опухолей. В заключении обсуждаются возможные пути модернизации алгоритма.

Литература

1. **Fornvik, D.** Effect of resolution on the accuracy of tumor size measurement in digital breast tomosynthesis [Text] / D. Fornvik, S. Zackrisson, O. Ljungberg et al. // Acta Radiol. – 2010. – Vol. 51, No. 7. – P. 736–742.
2. **Alvare, G.** CT Brush and CancerZap!: Two video games for computed tomography dose minimization [Text] / G. Alvare, R. Gordon // Theor Biol Med Modell. – 2015. – Vol. 12, No. 1. – Article ID 7.
3. **Hampai, D.** Shaped X-ray beams by channeling in polycapillary optics [Text] / D. Hampai, V. Guglielmotti, A. Marcelli et al. // Radiat Phys Chem. – 2020. – Vol. 174, No. 5. – Article ID 108965.
4. **Goldberg, D. E.** Genetic Algorithms in Search, Optimization & Machine Learning [Text]. – Reading : Addison-Wesley, 1989.