

Алгоритм идентификации очагов диффузно-аксонального повреждения у больных с черепно-мозговой травмой

Петрайкин А.В.¹ /petrai@rambler.ru/, Ахадов Т.А.¹ /akhadov@mail.ru/,
Сенюкова О.В.² /osenyukova@graphics.cs.msu.ru/,
Крылов А.С.² /kryl@cs.msu.ru/

¹ НИИ Неотложной Детской Хирургии и Травматологии,
Москва, Россия

² МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Черепно-мозговая травма (ЧМТ) у детей и взрослых – частая причина госпитализации в нейрохирургические и неврологические стационары. В частности, у детей заболеваемость ЧМТ составляет около 1% в США. В Московском регионе данный показатель составляет 0.75%. Из этого числа госпитализации подлежат около 75% пациентов. От общего числа обратившихся пациентов у порядка 11% выявляется тяжелая ЧМТ, сопровождающаяся морфологически значимыми повреждениями (переломы костей черепа и интракраниальные повреждения). Диффузно-аксональное повреждение (ДАП) встречается в 20% случаев тяжелой ЧМТ.

ДАП разделяют на три типа: очаги ДАП в полушариях головного мозга; очаги ДАП в мозолистом теле; очаги ДАП на уровне среднего мозга и ствола головного мозга. Такое деление обусловлено особенностями формирования очагов ДАП (воздействия сил скручивания и линейного ускорения), а также грубо отражает вовлеченность структур головного мозга в патологический процесс в зависимости от их функциональной значимости. Очаги, поражающие ствол головного мозга и средний мозг, приводят к длительному нахождению пациента в коме, формированию комплекса очаговых расстройств в соответствии с морфологической организацией структур данной области.

Эффективная морфологическая детализация ушиба головного мозга и ДАП – залог успешного лечения данного контингента больных на всех этапах, включая госпитализацию и последующую реабилитацию. Описание врача-рентгенолога, как прави-

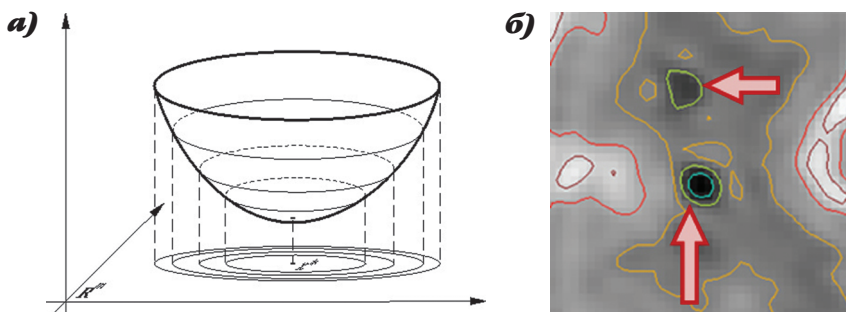


Рис. 1. **а)** пример изолиний функции от двух переменных; **б)** изолинии функции интенсивности: контуры очагов ДАП показаны стрелками.



ло, носит общий характер с указанием типа очагов ДАП. С точки зрения детализации анатомо-функционального поражения головного мозга этого недостаточно.

Предлагаемая в рамках настоящей работы система позволяет в полуавтоматическом режиме высокоэффективно идентифицировать очаги ДАП и в перспективе проводить их классификацию в соответствии с принадлежностью к функционально-значимым участкам коры головного мозга, подкорковых и стволовых структур.

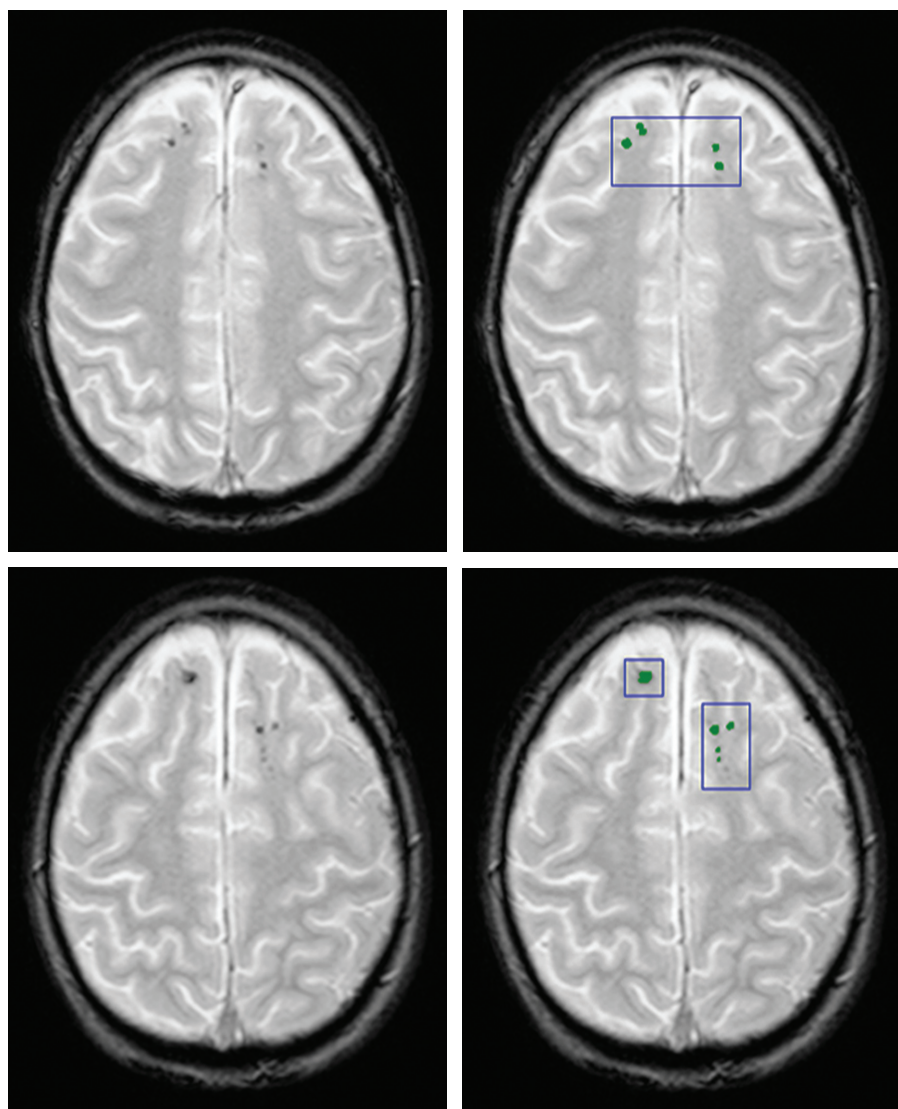


Рис. 2. Результаты работы предложенного алгоритма.

Подобный подход идентификации очаговых поражений головного мозга, в перспективе, возможно, найдет применение в идентификации очагов рассеянного склероза, а также ишемических участков при сосудистом поражении головного мозга. Особую значимость подобный подход приобретает в оценке течения мультиочагового поражения головного мозга, когда описание единичного очага нецелесообразно, но составление совокупной картины заболевания без этого невозможно.

Разработанная программная система позволяет загружать изображения в формате DICOM и выделять очаги ДАП на каждом срезе T2*-взвешенной магнитно-резонансной томографии (МРТ). Врач-рентгенолог указывает прямоугольные регионы, где предполагается наличие ДАП. Внутри указанных регионов интереса очаги идентифицируются автоматически.

Алгоритм выделения очагов ДАП использует машинное обучение и основан на классификации изолиний функции интенсивности, которые строятся для каждого региона интереса. Изолиния функции интенсивности на изображении – геометрическое место пикселей одинаковой интенсивности (см. рис. 1).

Среди построенного набора изолиний для заданного диапазона интенсивностей отбираются замкнутые изолинии, т.к. только они могут быть контурами очагов ДАП. Далее, для каждой фигуры, ограниченной замкнутой изолинией, рассчитывается набор характеристик (признаков), по которым предварительно обученный классификатор определяет, является ли изолиния контуром очага ДАП. Рассматриваются морфологические характеристики и характеристики, основанные на интенсивности.

Процедура обучения классификатора, в отличие от существующих аналогов, характерна тем, что не требуется вручную отмечать все пиксели, относящиеся к очагам ДАП, а необходимо лишь указать, какие из автоматически построенных замкнутых изолиний являются контурами очагов. Алгоритм обладает высокой чувствительностью (>90%) за счет анализа вложенных друг в друга изолиний, что значительно снижает вероятность пропустить нужный объект, и высокой избирательностью (>88%) за счет использования глобальных признаков фигуры, а не признаков отдельных пикселей. В настоящее время ведется работа по сопоставлению изображений T2*-взвешенной МРТ с изображениями ангиографии с целью уточнения результатов идентификации очагов ДАП посредством проверки, не является ли потенциальный очаг кровеносным сосудом.

Литература

1. Senyukova O., Galanine V., Krylov A., Petraikin A., Akhadov T., Sidorin S. Diffuse Axonal Injury Lesion Segmentation Using Contouring Algorithm // Proceedings of GraphiCon, pp. 84–87, 2011
2. Потапов Л.А., Лихтерман Л.Б., Касумова С.Ю. и др. Диффузное аксональное повреждение // Руководство по черепно-мозговой травме. М.: Антидор, том 2, с. 426-449, 2001
3. Xie Y., Tao X. White Matter Lesion Segmentation Using Machine Learning and Weakly Labeled MR Images // Proceedings of SPIE, vol. 7962, pp. 79622G, 2011
4. Al-Zubi S., Toennies K. D., Bodammer N., Hinrichs H. Fusing Markov random fields with anatomical knowledge and shape-based analysis to segment multiple sclerosis white matter lesions in magnetic resonance images of the brain // Bildverarbeitung fur die Medizin, pp. 185–188, 2002