

МЕТОДЫ АНАЛИЗА БИМЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Ковалев В. А., Тузиков А. В.

Объединённый институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси

Минск, Республика Беларусь

E-mail: vassili.kovalev@gmail.com, tuzikov@newman.bas-net.by

Данная работа посвящена одному из новых и многообещающих направлений компьютерного анализа биомедицинских изображений – методам анализа трехмерных (объемных) и цветных текстур. Указанные методы базируются на использовании многосортных матриц совместной встречаемости, комбинирующих яркостные, цветовые, градиентные и ориентационные свойства изображений. Использование предлагаемых методов иллюстрируется на примере реальных задач количественного анализа цифровых изображений различных типов.

ВВЕДЕНИЕ

Бурное развитие современных систем медицинской диагностики приводит к постоянному увеличению количества цифровых изображений, получаемых в различных медицинских учреждениях. Для эффективного использования в диагностическом процессе, эти изображения должны быть оперативно проанализированы, количественно оценены и проинтерпретированы. В докладе рассматриваются оригинальные методы, алгоритмы и программные средства решения указанных задач на основе многосортных матриц совместной встречаемости, комбинирующих яркостные, цветовые, градиентные и ориентационные свойства изображений.

I. ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ ДОКЛАДА И ИХ СОДЕРЖАНИЕ

Первая часть доклада является базовой и служит ключом к пониманию всего остального материала. В ней вводится понятие многомерных матриц (гистограмм) совместной встречаемости определенных характеристик пар вокселей трехмерных изображений. Обсуждаются инвариантные свойства таких матриц по отношению к ряду геометрических преобразований изображений, включающих поворот, зеркальное отражение и масштабирование. Даются практические советы по вычислению матриц совместной встречаемости различных видов и их использованию при решении практических задач. Возможности предложенного подхода демонстрируются на достаточно сложных задачах классификации трехмерных МРТ изображений и сегментации патологических изменений белого вещества головного мозга пожилых людей.

Во второй части доклада подробно рассматривается, как аппарат расширенных матриц совместной встречаемости может быть использован для решения такой фундаментальной проблемы как оценка структурной асимметрии мозга человека и ее зависимости от пола, возраста и наличия патологических изменений.

На большом фактическом материале, включающем сотни МРТ изображений высокого разрешения, показано, что асимметрия мозга увеличивается в лобно-затылочном направлении, начиная с его центральной области. Кроме того, было установлено, что мужской мозг более асимметричен, чем женский, а так же были определены участки мозга, в которых асимметрия статистически значимо изменяется с возрастом. Проведенные исследования показали высокую чувствительность предложенного метода к различиям в структуре изображений и подтвердили возможность его использования как нового инструмента цифровой морфологии в нейрологии.

Третья часть доклада посвящена оценке и картированию статистической значимости возрастных изменений на основе МРТ изображений мозга специально подобранной группы здоровых добровольцев. Как и в предыдущих задачах, структура трехмерных томографических изображений описывалась с помощью расширенных матриц совместной встречаемости. В результате проведенного исследования были построены карты статистической значимости возрастных изменений в системе координат атласа Талайрака.

Проведенный анализ подтвердил, что подход, основанный на описании трехмерных изображений с использованием расширенных матриц совместной встречаемости, выделении информативных признаков с помощью метода главных компонент и последующем многофакторном статистическом оценивании значимости происходящих изменений является эффективным способом анализа текстурных различий на томографических изображениях.

В четвертой части обсуждаются результаты использования многомерных матриц совместной встречаемости для построения диагностических признаков болезни Альцгеймера и деменции передних долей мозга на основе изображений, полученных с помощью СПЕКТ томографии единичных фотонов.

Результаты проведенного исследования подтверждают, что величина межполушарной асимметрии, подсчитанная путем сопоставления SPECT паттернов полушарий мозга, может служить новым диагностическим признаком болезни Алцгеймера. При этом показано, что предложенный диагностический признак обладает рядом существенных преимуществ по сравнению с традиционно используемыми признаками SPECT изображений.

Пятая часть доклада посвящена описанию метода эластичных экспоненциальных деформаций, разработанного автором для решения задач совмещения двумерных и трехмерных изображений. Данный метод представляет интерес для многих приложений, в которых требуется сравнивать или распознавать изображения, отличающиеся сложными нелинейными геометрическими изменениями, которое можно аппроксимировать последовательностью эластичных деформаций. Поскольку проблема нелинейных деформаций и совмещения изображений является достаточно новой темой для русскоязычного читателя, изложение начинается с рассмотрения упрощенной версии метода, применяемой для решения общеизвестной задачи совмещения 2D изображений лиц людей.

В шестой части рассматривается проблема поиска медицинских изображений в больших базах данных по их содержанию. Характеризуется современное состояние проблемы и возможные пути ее решения на основе использования матриц совместной встречаемости различных типов.

Приводится общая схема организации систем поиска медицинских изображений на основе матриц совместной встречаемости. Изложение иллюстрируется на широком спектре примеров с использованием баз данных реальных биомедицинских изображений. В частности, рассматривается поиск изображений по 2D форме объектов, поиск цветных изображений клеток крови и цветокодированных SPECT изображений мозга, поиск полутонных 2D изображений мозга в норме и при шизофрении, а так же поиск трехмерных МРТ изображений в условиях различных формулировок понятия близости изображений в пространстве признаков.

Кроме указанных выше конкретных прикладных задач, по ходу изложения материала дается краткое иллюстрированное описание нейроанатомического пространства Талайрака, система координат которого используется при решении задач, связанных с анализом изображений головного мозга.

Авторы будут считать свою цель достигнутой, если в результате слушания данного пленарного доклада молодые ученые и программисты заинтересуются проблемой количественного анализа биомедицинских изображений и некоторые из них будут способны сконструировать свои соб-

ственные варианты матриц совместной встречаемости для решения конкретных задач, стоящих перед ним в обучении и/или профессиональной деятельности.

II. БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают глубокую благодарность всем коллегам, с которыми им довелось сотрудничать в различные годы по указанным выше проблемам за предоставленные исходные данные, многочисленные консультации и профессиональную поддержку. В их числе профессор Мария Петроу (Лондон, Великобритания) и доктора Фритъёф Круггель (Ирвин, США), Ленарт Тёрфель (Упсала, Швеция), Марко Пагани (Рим, Италия), Джон Саклинг (Оксфорд, Великобритания), Штефан Волмер (Дармштадт, Германия), Х.-С. Ан (Сеул, Корея), Ойстайн Олсен (Берген, Норвегия), а также Г.М. Адаменко и Н.В. Мыщыку (Гомель, Беларусь).

Кроме того, Ковалев В.А. глубоко благодарен профессору Иву Фон Крамону, директору Института когнитивных нейронаук Макса Планка (Лейпциг, Германия), которого он за его огромное методологическое и мировоззренческое влияние считает одним из своих Учителей.

1. Ковалев В.А. Анализ текстуры трехмерных медицинских изображений. Минск: Белорусская наука, 2008, ISBN 978-985-08-0905-6, – 264 с.
2. Kovalev V.A. and Petrou M. Texture analysis in 3D for tissue characterization, Book chapter in Handbook of Medical Image Processing and Analysis, 2nd Edition, I.H.Bankman (Ed.), Academic Press, ISBN 978-0-12-373904-9, San Diego, CA, USA, 2009, pp. 279–292.
3. Petrou M., Kovalev V.A. and Reichenbach J.R. High order statistics for tissue segmentation, book chapter in Handbook of Medical Image Processing and Analysis, 2nd Edition, I.H.Bankman (Ed.), Academic Press, ISBN 978-0-12-373904-9, San Diego, CA, USA, 2009, pp. 245–257.
4. Kovalev V. and Kruggel F. Texture Anisotropy of the Brains White Matter as Revealed by Anatomical MRI. IEEE Transactions Medical Imaging, vol. 26, No 5, pp. 678-685, 2007.
5. Kovalev V.A., Petrou M., and Suckling J. Detection of structural differences between the brains of schizophrenic patients and controls, Psychiatry Research: Neuroimaging, Vol. 124, pp. 177-189, 2003.
6. Kovalev V.A., Kruggel F., and von Cramon D.Y. Gender and age effects in structural brain asymmetry as measured by MRI texture analysis, NeuroImage, Vol. 19, pp. 896-905, 2003.
7. Kovalev V.A., Kruggel F., Gertz H.-J., and von Cramon D.Y. Three-dimensional Texture Analysis of MRI Brain Datasets, IEEE Transactions on Medical Imaging, Vol. 20, No. 5, May, pp. 424-433, 2001.
8. Kovalev V.A., Petrou M., and Bondar Y.S. Texture Anisotropy in 3D Images, IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 8, No. 3, pp. 346-360, 1999.
9. Kovalev V., Liauchuk V., Safonau I., Astrauko A., Skrahina A., Tarasau A. Is there any correlation between the drug resistance and structural features of radiological images of lung tuberculosis patients? International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, Springer, vol. 8, supp. 1, June 2013, pp. S18–S20.