

ВЫБОР МЕТРИКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТОМОГРАФИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ

Булдыгин Р.А.

Научный руководитель: Цапко С.Г.

Томский Политехнический Университет, Институт кибернетики
buldo@tpu.ru

Введение

Томография позволяет получать информацию о внутренней структуре объектов без нарушения их целостности. Существуют различные виды томографии, основанные на различных физических принципах и применяемых в различных областях – неразрушающем контроле, биологии, археологии, медицине и пр. В данной работе рассматриваются вопросы, связанные с рентгеновской компьютерной томографией с параллельной геометрией пучка.

Получаемые в процессе сканирования образца данные не подходят для исследования внутренней структуры. Сначала необходимо произвести реконструкцию объекта. При использовании параллельной геометрии пучка происходит реконструкция срезов. Все срезы восстанавливаются независимо друг от друга.

Существуют различные методы томографической реконструкции. Их можно разделить на несколько классов. Самые значимые из них – аналитические и итерационные. Первые промышленные томографические установки использовали итерационные методы реконструкции, моделирующие процесс прохождения рентгеновских лучей через исследуемых объект. Однако с ростом разрешающей способности томографических установок стало не хватать вычислительной мощности компьютеров того времени, что привело к созданию аналитических методов реконструкции на основе преобразования Радона и теоремы о центральном сечении. Аналитические методы не требовательны к ресурсам и на данный момент являются наиболее используемыми. Однако они крайне чувствительны к полноте исходных данных и их качеству. В последнее десятилетие благодаря развитию компьютерной техники в общем и вычислениям общего назначения на графических картах в частности стало возможно применять итерационные методы на практике. Это в свою очередь привело к активному развитию данных методов.

В процессе прототипирования и сравнения результатов работы различных итерационных методов реконструкции возникла проблема выбора метрик для оценки качества восстановленных срезов. Изначально используемая метрика пиковое отношение сигнала к шуму – PSNR была признана неприменимой, из-за несоответствия оценке эксперта. Поэтому было принято решение о необходимости поиска метрик, результаты работы

которых соответствовали бы экспертной оценке. Подобная проблема уже вставала перед разработчиками алгоритмов сжатия изображений. Ими были разработаны различные метрики, учитывающие, в отличие от PSNR, MSE и пр., особенности восприятия визуальной информации человеком.

Для оценки применимости в области томографической реконструкции были отобраны следующие метрики: индекс структурного сходства(SSIM), комплексный-вейвлет индекс структурного сходства(CW-SSIM), индекс точности визуальной информации(VIF).

SSIM

Одна из первых метрик, построенных на сравнение разницы в структурной информации образца и исследуемого изображений. В данной метрике происходит отдельное сравнение яркости, контрастности и структурной информации двух изображений.

CW-SSIM

Метрика, основанная на SSIM. Однако для оценки структурных различий используется вейвлет преобразование.

VIF

Данная метрика определяется как отношение информации, содержащейся в исходном изображении к информации в восстановленном изображении.

Методология тестирования

Для оценки точности работы метрик была проведена томографическая реконструкция фантома Forbild Head Phantom с помощью различных методов реконструкции: filtered back projection(FBP); simultaneous iterative reconstruction technique(SIRT); метод сопряжённых градиентов с минимизацией вариации функции (CGTV); два варианта метода Split-Bregman – с регуляризацией в домене вейвлетов(SBWW) и с одновременной регуляризацией в домене вейвлетов и минимизацией вариации функции(SBTWW). При этом для каждого метода реконструкция проводилась на 1134, 567, 284, 142, 71, 36 проекциях. Качество восстановления ожидаемо снижалось при уменьшении числа проекций. После этого было проведена оценка качества всех реконструкций всеми вышеперечисленными метриками, а также с помощью метрики PSNR.

Результаты сравнения

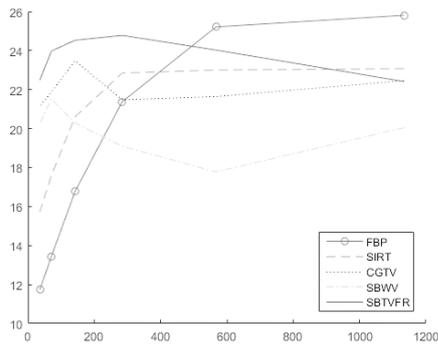


Рисунок 2 - PSNR

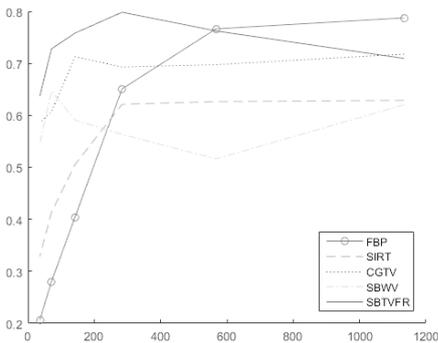


Рисунок 3 - VIF

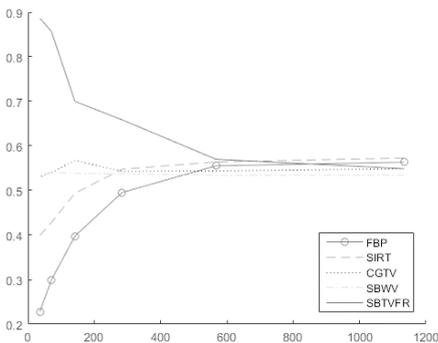


Рисунок 4 - SSIM

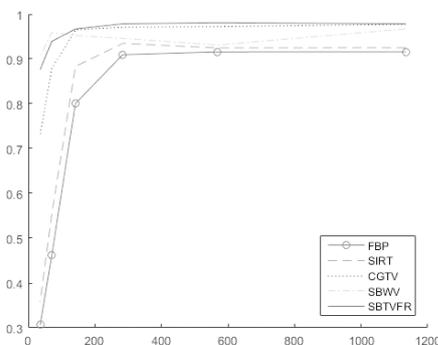


Рисунок 5 - CW-SSIM

По экспертной оценке, качество работы метода FBP уступает итерационным методом на любом числе проекций. Однако метрики PSNR и VIF (Рисунки 1 и 2), показывают превосходство FBP при большом числе проекций. Поэтому метрики PSNR и VIF нельзя считать достоверными. Метрика SSIM показывает аномальные значения при оценке работы метода SBTVWV. При действительном ухудшении качества значение метрики возрастает. Результаты метрики CW-SSIM соответствуют экспертной оценке.

Выводы

Для оценки качества томографической реконструкции выбран индекс CW-SSIM, как наиболее точно совпадающий с оценкой эксперта.

Список использованных источников:

1. Hamid R. Sheikh and Alan C. Bovik A Visual Information Fidelity measure for image quality assessment [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://live.ece.utexas.edu/research/quality/VIF.htm>. – 29.10.2015
2. Xiaoli Yang, Ralf Hofmann, Robin Dapp, Thomas van de Kamp, Tomy dos Santos Rolo, Xianghui Xiao, Julian Moosmann, Jubin Kashef, Rainer Stotzka TV-based conjugate gradient method and discrete L-curve for few-view CT reconstruction of X-ray in vivo data // Optics Express. – 2015. Т. 23. – С. 5368-5387.
3. Zhou Wang, Alan C. Bovik, Hamid R. Sheikh and Eero P. Simoncelli Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity // IEEE Transactions on Image Processing. – 2004. Т. 13. – № 4. С. 600–612.
4. Emil Y Sidky and Xiaochuan Pan Image reconstruction in circular cone-beam computed tomography by constrained, totalvariation minimization // Phys. Med. Biol. – 2008. – №53. – С. 4777–4807.
5. Tom Goldstein, Stanley Osher The Split Bregman Method for L1-Regularized Problems // SIAM J. Imaging Sciences. – 2009. Т. 2. – № 2. – С. 323-343.
6. The Bregman Cookbook [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www-rohan.sdsu.edu/~jegilles/BregmanCookbook.html>. – 15.05.2015
7. Mehul P. Sampat, Zhou Wang, Shalini Gupta, Alan Conrad Bovik and Mia K. Markey Complex Wavelet Structural Similarity: A New Image Similarity Index IEEE Transactions on Image Processing. – 2009. Т. 18. – № 11. С. 2385–2401.