

Казначеева Анна Олеговна

ВЛИЯНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ФАЗОВО-ЧАСТОТНОГО ПРОСТРАНСТВА НА КАЧЕСТВО ТОМОГРАММ

В статье рассмотрены фазово-частотное распределение сигналов при формировании изображений в магнитно-резонансной томографии, виды частотной фильтрации, влияние на характеристики изображения. Проанализирован способ снижения шума и времени исследования на основе низкочастотной фильтрации k-пространства. Оценка качества изображений (сохранение деталей изображения) выполнена для экспериментальных и эталонных томограмм фантома по изменению интенсивности сигнала. Определена степень заполнения k-пространства, позволяющая сократить время исследования без ухудшения разрешения и качества томограмм.

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2016/1/12.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2016. № 1 (103). С. 51-54. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2016/1/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

EXPERIENCE OF USING PSYCHOLOGICAL-DIDACTIC REGULARITIES IN MATHEMATICS TEACHING AT THE MILITARY INSTITUTE

Igoshina Nadezhda Mikhailovna, Ph. D. in Pedagogy, Associate Professor
*Novosibirsk Military Institute of the Internal Troops named after the General
of the Army I. K. Yakovlev of the Ministry of the Interior of the Russian Federation*
igoshina_mail@mail.ru

The article suggests for consideration some aspects of teaching experience on the organization and conducting of the individual components of educational process in a military educational institution. The use of psychological-didactic approach to training in the practice of academic disciplines teaching and its combination with a methodological aspect allow solving the problem of improving the practice of teaching Mathematics to the cadets of military institutes more efficiently. The author gives a list of some of the psychological-pedagogical conditions and techniques contributing to the activation of the processes of the assimilation, memorization and preservation of the received information.

Key words and phrases: psychological regularities; motive; attention; memorization; stimulating links; emotions.

УДК 004.932.4

Технические науки

В статье рассмотрены фазово-частотное распределение сигналов при формировании изображений в магнитно-резонансной томографии, виды частотной фильтрации, влияние на характеристики изображения. Проанализирован способ снижения шума и времени исследования на основе низкочастотной фильтрации k -пространства. Оценка качества изображений (сохранение деталей изображения) выполнена для экспериментальных и эталонных томограмм фантома по изменению интенсивности сигнала. Определена степень заполнения k -пространства, позволяющая сократить время исследования без ухудшения разрешения и качества томограмм.

Ключевые слова и фразы: томография; обработка изображений; частотная фильтрация; шум; разрешение.

Казначеева Анна Олеговна, к.т.н., доцент
ООО «НМЦ-Томография», г. Санкт-Петербург
a_kazn@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ФАЗОВО-ЧАСТОТНОГО ПРОСТРАНСТВА НА КАЧЕСТВО ТОМОГРАММ

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 14-04-00622.

Качество исследований в магнитно-резонансной (МР) томографии, высокие соотношение сигнал/шум и разрешение достигаются подбором параметров сканирования, контролем технического состояния сканера, корректным использованием опций постобработки [3]. Достаточно часто это приводит к существенному увеличению времени сканирования, что объясняется физическими принципами построения изображений и неприемлемо для оценки быстротекущих процессов [2], определяя актуальность задачи оптимизации длительности и качества конкретного исследования.

МР-томограмма является рассчитанной картой распределения излучаемых РЧ-сигналов по осям кодирования фазы и частоты; каждая строка данных соответствует оцифрованному сигналу с уникальным уровнем кодирования фазы. Данные в матрице k -пространства комплексно сопряжены, и, в зависимости от прикладываемых градиентов, существуют различные алгоритмы его заполнения: по строкам, спиральный, радиальный [7]. Центральная часть k -пространства (частоты, близкие к резонансной) содержит основную информацию об объекте и определяет общий контраст изображения (Рис. 1, а). Внешние ряды матрицы k -пространства соответствуют высокочастотной (ВЧ) составляющей и несут информацию о границах изображения или отдельных структур, определяют разрешение деталей. Помимо полезного сигнала, k -пространство содержит шум, нарушающий его симметрию и увеличивающийся к краям матрицы, т.е. ВЧ-области [5]. Высокая зашумленность данных может затруднить выявление текстурных признаков [1], используемых в диагностике.

Некоторые артефакты изображений и шум можно устранить путем коррекции k -пространства, одним из способов которой является фильтрация [6; 8]. Чаще всего применяют низкочастотный (НЧ) фильтр, удаляющий высокие частоты и сохраняющий значительную часть информации об объекте. В этом случае снижается шум изображения, лежащий в ВЧ-области, но вместе с тем теряются мелкие детали изображения, структуры становятся размытыми (Рис. 1, в). Высокочастотный фильтр, наоборот, удаляет центральную часть данных k -пространства, формируя низкоконтрастное изображение, не позволяющее оценить внутреннюю структуру объекта, а только его границы (Рис. 1, г).

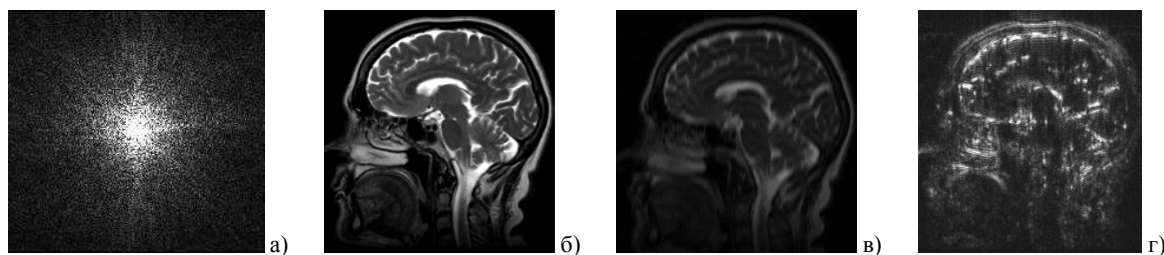


Рис. 1. Томограмма головного мозга: а) k -пространство данных; б) изображение; в) НЧ-фильтрация; г) ВЧ-фильтрация

Теоретически для симметричного Фурье-преобразования достаточно половины регистрируемых данных; однако на практике сдвиг резонансной частоты, эффекты потока и движение объекта приводят к появлению ошибок при кодировании фазы сигнала. В результате частичные реконструкции k -пространства всегда требуют некоторой фазовой коррекции [10]. В случае возникновения движения при заполнении центральной части k -пространства качество МР-изображения ухудшится существенно, чем при движении в момент заполнения внешних строк [4]. Снизить проявление артефакта на изображении можно, уменьшая количество участвующих в реконструкции данных. Если объем данных k -пространства сократить до 20% (только центральные строки), то теряется информация о границах структур и мелких деталях, содержащаяся в ВЧ-области. Увеличение рассматриваемой области до 80% и более будет давать вполне качественное изображение.

Один из способов уменьшения времени сканирования основан на свойстве симметрии k -пространства и состоит в сокращении в 2 раза объема сырых данных (половина матрицы), участвующих в реконструкции изображения [11]. Заполнение второй половины k -пространства происходит путем копирования соответствующих элементов. Теоретически для реконструкции изображения можно использовать одну четверть k -пространства, но на практике сопряженная симметрия – не совершенна, поэтому такой способ невыполним.

Реконструкция изображения по неполному набору данных называется частичным преобразованием Фурье (ПФ), для проведения которого требуется получить как минимум 50% строк k -пространства и еще дополнительно несколько строк, определяющих контраст изображения и используемых сканером для выполнения фазовой коррекции. Полученное с помощью частичного ПФ изображение имеет большую зашумленность (Рис. 2), т.к. при копировании данных случайный шум, содержащийся в них, копируется вместе с полезным сигналом в заполняемую область. Теперь обе половины k -пространства содержат одинаковый по амплитуде шум, приводящий к аддитивному эффекту при реконструкции. Поэтому на практике для качественной реконструкции изображения с помощью частичного ПФ требуется накопление как минимум 60% данных k -пространства.

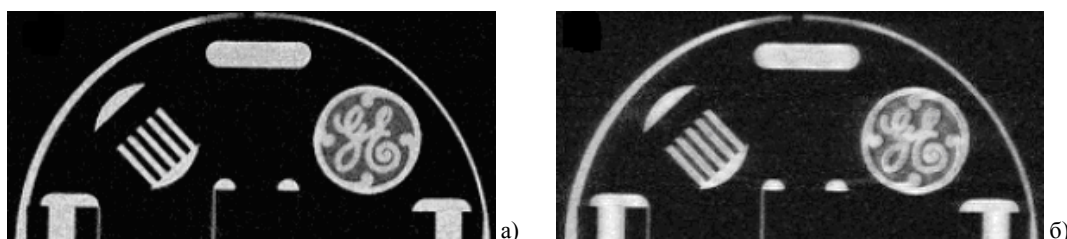


Рис. 2. Фрагмент томограммы, полученной с помощью: а) полного и б) частичного преобразования Фурье

Поиск оптимального размера НЧ-фильтра, позволяющего снизить уровень шума и не приводящего к увеличению погрешности измерения, был выполнен для МР-томограмм тестового объекта, полученных на сканере LX EchoSpeed (1,5 Тл). Фантом содержал набор элементов, предназначенных для контроля качества измерений (точность передачи длин, углов, контроль толщины среза, пространственного разрешения) и расположенных во взаимоперпендикулярных направлениях в плоскости среза. Расстояния между тестовыми элементами, предназначенными для контроля геометрических размеров, известны и составляют 100 мм, ширина каждого из группы параллельных элементов – 2 мм. Томограммы получены с помощью спин-эхо последовательности (время эхо $TE=20$ мс, время повторения $TR=340$ мс) с толщиной среза 1 мм, матрицей 512×512 , областью сканирования 130 мм. Были рассмотрены шесть фильтров k -пространства, отличающихся размером окна (70-95%), количественная оценка сигнала рассчитана на основе статистического анализа 30-ти изображений; процент заполнения k -пространства указан от первой строки матрицы (Табл. 1). Оценка качества изображения после фильтрации выполнялась сравнением среднего значения интенсивности пиксела обработанного изображения $\bar{x}_{ij}$ со средней интенсивностью пиксела при 100% заполнении данных. Вторым критерием выбрано среднее квадратическое отклонение σ интенсивности пиксела. Эталонное изображение получено из томограммы фантома с 9 усреднениями сигнала путем отсечения шума фона по порогу.

Таблица 1.

Качество томограмм при использовании НЧ-фильтра k -пространства [5]

Заполнение k -пространства, %	Исходная томограмма		Эталонное изображение	
	$\delta(\bar{x}_{ij})$, %	$\delta(\sigma)$, %	$\delta(\bar{x}_{ij})$, %	$\delta(\sigma)$, %
100	–	–	62,7591	6,4427
95	09,86	0,3246	62,9204	6,7467
90	11,48	0,5530	62,9461	6,9604
85	12,52	0,8185	62,9651	7,2085
80	13,46	1,0964	62,9783	7,4683
75	15,35	1,4602	62,9191	7,8096
70	14,64	1,7824	57,4996	8,1110

НЧ-фильтрация эталонного изображения приводит к уменьшению средней интенсивности сигнала (при сравнении относительно эталонного изображения при 100% заполнении данных), характер зависимости близок к линейной (Рис. 3). Оценка результата фильтрации экспериментальных изображений выполнена для разности фильтрованной и исходной томограмм относительно экспериментальной томограммы, полученной при 100% заполнении k -пространства. С увеличением количества отфильтрованных частот исходной томограммы её зашумленность снижается (откорректированное изображение приближается к эталонному), но в то же время увеличивается погрешность измерений и ухудшается визуальное качество.

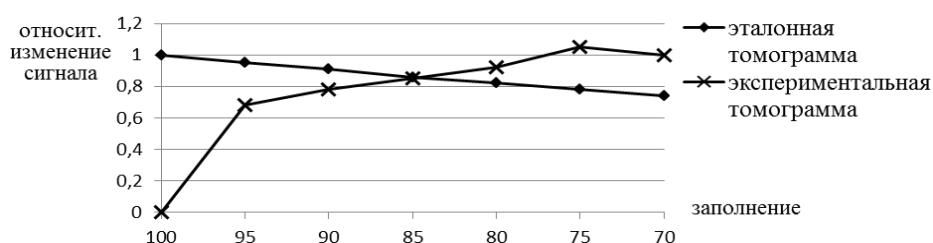


Рис. 3. Изменение сигнала при НЧ-фильтрации томограмм

Использование НЧ-фильтрации томограмм без дополнительных фильтров в большинстве случаев оказывается неэффективным. Оптимальное снижение шума, не вызывающее заметных фазовых ошибок, достигается при заполнении примерно 85% данных k -пространства.

Соотношение сигнал/шум SNR фильтрованного изображения рассчитано как отношение среднего значения интенсивности сигнала анализируемой области к среднеквадратическому отклонению шума фона. Измерения проводились для томограмм фантома с однородной плотностью, полученных по вышеописанному протоколу. Для исходных и фильтрованных томограмм SNR составил 8,92, для эталонного — 27,29.

Таким образом, использование частотной фильтрации для исследований, требующих высокого пространственного разрешения, например, при отображении микроструктур, поиске скрытых дефектов [9], анализе низкоконтрастных объектов, может привести к потере значимой информации, что необходимо учитывать на этапе планирования эксперимента.

Список литературы

1. Гайдель А. В., Первушкин С. С. Исследование текстурных признаков для диагностики заболеваний костной ткани по рентгеновским изображениям // Компьютерная оптика. 2013. Т. 37. № 1. С. 113-119.
2. Казначеева А. О. Молекулярная визуализация в магнитно-резонансной томографии с помощью методики EPI-отображения // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. 2009. № 1 (59). С. 56-61.
3. Казначеева А. О. Обеспечение качества исследований в магнитно-резонансной томографии // Альманах современной науки и образования. 2015. № 5 (95). С. 75-78.
4. Казначеева А. О. Обучающий комплекс для специалистов по разработке и эксплуатации магнитно-резонансных томографов // Измерительная техника. 2010. № 4. С. 71-72.
5. Казначеева А. О. Разработка методов и средств шумоподавления в томографии: дисс. ... к.т.н. СПб., 2006. 167 с.
6. Меркурьев С. В. Методы подавления шума цифровых рентгенограмм // Биотехносфера. 2010. № 4. С. 9-15.
7. Трофимова Т. Н., Парижский З. М., Суворов А. С., Казначеева А. О. Физико-технические основы рентгенологии, компьютерной и магнитно-резонансной томографии. Фотопроект и информационные технологии в лучевой диагностике. СПб.: Издательский дом СПбМАПО, 2007. 192 с.
8. Хлесткин А. Ю. Информационные системы частотной обработки изображений // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 1-1. С. 94-96.
9. Чубинский А. Н., Тамби А. А., Теппоев А. В. и др. Физические неразрушающие методы испытания и оценка структуры древесных материалов // Дефектоскопия. 2014. № 11. С. 76-84.
10. Bydder M., Robson M. D. Partial Fourier Partially Parallel Imaging // Magnetic Resonance in Medicine. 2005. Vol. 53. P. 1393-1401.
11. Sedarat H., Kerr A. B., Pauly J. M., Nishimura D. G. Partial-FOV Reconstruction in Dynamic Spiral Imaging // Magnetic Resonance in Medicine. 2000. Vol. 43. P. 429-439.

INFLUENCE OF FILTRATION OF PHASE-FREQUENCY SPACE ON TOMOGRAMS QUALITY

Kaznacheeva Anna Olegovna, Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor
Scientific-Medical Centre "Tomography" in Saint Petersburg
a_kazn@mail.ru

The article describes the phase-frequency distribution of signals in the process of creating images in magnetic resonance tomography, the kinds of frequency filtration, influence on the image characteristics. The author analyzes a method of reducing noise and test time on the basis of the low-frequency filtration of k -space. The evaluation of the images quality (saving of the images details) is conducted for the experimental and reference tomograms of the phantom aimed at changing the intensity of the signal. The paper also determines the degree of filling k -space that enables to save the time of testing without deteriorating the resolution and quality of the tomograms.

Key words and phrases: tomography; images processing; frequency filtration; noise; resolution.

УДК 771.537.611
Технические науки

Рассматриваются задачи исследования структур головного мозга с высоким разрешением с помощью магнитно-резонансной томографии. Выполнен анализ протоколов исследований, обеспечивающих необходимую точность морфометрии; показана возможность отображения микрополостных образований, атипичных вариантов строения, сопоставления с результатами гистологии. Отдельное внимание уделено отображению строения гиппокампов и значению морфометрии для выявления причин эпилепсии.

Ключевые слова и фразы: томография; высокоразрешающее МРТ; воксельная морфометрия; МРТ головного мозга; качество исследований.

Казначеева Анна Олеговна, к.т.н., доцент
ООО «НМЦ-Томография», г. Санкт-Петербург
a_kazn@mail.ru

ВОЗМОЖНОСТИ ТОМОГРАФИИ С ВЫСОКИМ РАЗРЕШЕНИЕМ
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 14-04-00622.

Одной из актуальных задач развития метода магнитно-резонансной (МР) томографии является обеспечение высокого разрешения и соотношения сигнал/шум. В этом случае качество исследований существенно зависит от технических возможностей оборудования, соответствия характеристик заявленным значениям, соблюдения оператором методики исследования [8]. В большинстве случаев высокое пространственное разрешение достигается в технических задачах, где исследуемый объект не является источником помех, связанных с происходящими в нем процессами (например, с пульсацией жидкостей). Таким примером являются исследования древесины [13], в достаточном количестве содержащей протоны водорода, где МР-томография позволяет выявить скрытые внутренние дефекты, участки измененной плотности и оценить прочность будущих пиломатериалов.

Наиболее известной клинической задачей, требующей высокого разрешения, является отображение процессов на молекулярном уровне, включающее оценку диффузии жидкости вдоль трактов головного мозга [7]. Одновременно такие исследования требуют высокого временного разрешения, что часто сопровождается снижением соотношения сигнал/шум. Большинство протоколов для оценки диффузии головного мозга используют прямоугольное поле сканирования (FOV) 32 см при матрице изображения 192×160, что обеспечивает пространственное разрешение около 2 мм при времени сканирования 28-30 с. На МР-сканерах со скоростью нарастания градиентов 200 мТл/м/с используют квадратное поле FOV 26-28 см и матрицу 128×128.

Оценка морфологических характеристик патологического процесса с помощью МРТ возможна после смерти больного. В этом случае протокол исследования существенно отличается от используемого в повседневной практике [6], что связано с отсутствием пульсации жидкостей, необходимостью высокой детализации, изменением свойств тканей. МР-морфометрия позволяет более точно верифицировать патологический процесс, его распространенность, обеспечивает прицельный забор материала для гистологических исследований.

Протокол исследования включал получение изображений преимущественно в аксиальной плоскости с толщиной среза 1,6 мм и полем FOV 21 см. Для получения T2-изображений задавалось разрешение 0,4×0,8 мм (матрица 512×256) и эхо-трейн 12-14; для импульсных последовательностей инверсия-восстановление и T1 спин-эхо разрешение составляло 0,8×1,1 мм (матрица 256×192) [10].

Обеспечиваемое таким образом пространственное разрешение позволяет оценить морфологию стенки вокруг длительно стоящих шунтов, сформированный многослойный глиомезодермальный туннель, отграничивающий инородное образование от здорового мозга [5], проанализировать патологические микрополостные образования [12]. Требуемое соотношение контрастности тканей и продолжительности сканирования