



Revisión de Artículos

Francisco Clemente*

Comité de Redacción.

Estimados amigos,

En este número contamos nuevamente con una selección de cuatro reseñas sobre trabajos científicos publicados en revistas internacionales de reconocido prestigio en los campos de la física médica y la oncología radioterápica.

En el primero de ellos, en el área de imagen, Carlos Huerga nos presenta una metodología para caracterizar la borrosidad debida al filtrado en imagen PET. El resto de los trabajos pertenecen al área de radioterapia. En el primero de esta área terapéutica, Diego Azcona presenta una nueva metodología para incluir incertidumbres en la evaluación de tratamientos de SBRT de pulmón empleando registro deformable. En el segundo, dentro de un ámbito paralelo, el de la radioterapia adaptativa, David Sevillano aborda la aplicación a la misma de la estadística de Bayes. Finalmente, Héctor Miras nos introduce en el actual campo de computación en la nube mediante un trabajo que aborda la verificación de tratamientos mediante algoritmo Monte Carlo empleando dicha tecnología.

Esperamos que los trabajos presentados sean de vuestro agrado. Muchas gracias a todos, especialmente a los autores que han ofrecido su esfuerzo para la contribuir a la presente sección.

Un fuerte abrazo.

* Correspondencia
Email: pclementegutierrez@gmail.com



Easy blur estimation in PET images including motion corrupted edges

Huerga C, Castro P, Alejo L, Huertas C, Ferrer C, Obesso A and Guibelalde E
Biomed Phys Eng Express 2019;5;DOI: 10.1088/2057-1976/aaf681.

Carlos Huerga Cabrerizo

Servicio de Radiofísica y Radioprotección, Hospital Universitario La Paz, Pº Castellana, 261, 28046 Madrid, España.
carlos.huerga@salud.madrid.org

¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

El trabajo surge al estudiar el efecto de diferentes procedimientos de filtrado en la imagen PET. Nosotros habíamos diseñado un filtro no-lineal para la imagen PET (cuya reseña apareció ya aquí: Revista de Física Médica, 18(1)) y queríamos compararlo con otros filtros comunes a este tipo de imagen. El objeto de este estudio era valorar el efecto del filtrado en la segmentación de volúmenes en la imagen PET. Algunos de estos filtros, como el filtro Gaussiano, pueden inducir un ensanchamiento de los bordes del objeto de interés y por tanto un emborronamiento.

Durante ese estudio utilizamos algunas aproximaciones para caracterizar la borrosidad debida al filtrado. Esto nos permitió una mejor caracterización del mismo, no únicamente en términos de disminución del nivel de ruido, sino también, considerando sus propiedades en la preservación de los bordes. Nos pareció que, aunque cumplía el objetivo de ese trabajo, la solución había quedado incompleta al no poder ser aplicada de manera general.

Tras este estudio precursor, nos enfocamos en la obtención de un índice que midiera el grado de emborronamiento en la imagen clínica PET. En el trabajo que ahora se reseña, se describe la manera de obtener este índice que expresa el emborronamiento de la imagen clínica, a través de una sencilla métrica, basada en el análisis de los bordes de los volúmenes de interés.

¿Cuáles fueron los principales retos y dificultades para realizar el trabajo?

La imagen PET a menudo se describe como borrosa comparada con las imágenes de CT o RMI. El emborronamiento es consecuencia de las limitaciones de resolución de la imagen. Como se sabe, se puede determinar en condiciones de "laboratorio" a través de la función de transferencia de la modulación.

Sin embargo, esta medida de la resolución (o emborronamiento) en laboratorio puede ser muy diferente del resultado final en la imagen. Esto se debe, entre otros, a factores que dependen de la reconstrucción, el procesado y el movimiento de órganos.

El reto así, consistía en obtener métricas de la falta de resolución o borrosidad en la imagen final y que fueran fáciles de obtener.

¿Cuál ha sido el hallazgo y los resultados más importantes del estudio?

El procedimiento se basa en analizar la respuesta del borde de los objetos de interés al operador derivada Gaussiana direccional. En el trabajo realizamos un análisis de esta respuesta y además bajo ciertas asunciones lo aplicamos, no sólo a bordes degradados por los filtros, sino también, a bordes degradados por movimiento. Esto último abre campos de aplicación más allá de las consideraciones iniciales.

En el trabajo se describen algunas de estas posibles utilidades. El método empleado, además de comparar el efecto en los bordes de diferentes filtros, permite tener información de la dirección y magnitud del movimiento de órganos o tumores durante la adquisición. Es posible que esta información pueda ser utilizada en las tareas de segmentación en radioterapia, por ejemplo.

¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

Creemos que este es de los pocos trabajos cuyo foco es la medida del emborronamiento de la imagen PET de manera objetiva, con imagen clínica, y que incluye tanto casos estáticos como los bordes corruptos por movimiento.

La idea inicial era obtener una solución fácil e intuitiva a esto. A pesar de tener cierto coste de computación, pensamos que esto se ha conseguido.



A novel concept to include uncertainties in the evaluation of stereotactic body radiation therapy after 4D dose accumulation using deformable image registration

Azcona JD, Huesa-Berral C, Moreno-Jiménez M, Barbés B, Aristu JJ, Burguete J
Med Phys 2019;46:4346-55.

Juan Diego Azcona Armendáriz

Servicio de Radiofísica y Protección, Clínica Universidad de Navarra, Avda. Pío XII, 31008, Pamplona, Navarra, España.

jazcona@unav.es

¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

La motivación ha sido doble. Hay un aspecto clínico, que surgió al preguntarnos por el impacto que tiene el movimiento respiratorio en la dosis que finalmente recibe el tumor durante una SBRT en pulmón. Actualmente se realiza la planificación en una sola fase del ciclo respiratorio. Por otro lado, el registro deformable de imágenes es una herramienta novedosa en su aplicación a pacientes, que permite abordar este problema clínico con una metodología muy atractiva para un físico.

¿Cuáles fueron los principales retos y dificultades para realizar el trabajo?

En primer lugar, decidir cuál era el flujo de trabajo más conveniente para hacer un trabajo que realmente tuviera impacto clínico. Hay enfoques bastante diferentes en los grupos que aplican el registro deformable en pulmón. Nos llevó bastante tiempo decidir el camino a seguir. En segundo lugar, conseguimos recursos económicos para la investigación gracias a un proyecto de investigación del Instituto de Salud Carlos III y al apoyo de la Asociación de Amigos de la Universidad de Navarra. Sin la ayuda de estas dos entidades hubiera sido imposible realizar este trabajo.

¿Cuál ha sido el hallazgo y los resultados más importantes del estudio?

Nos dimos cuenta de que el concepto de PTV, útil en la planificación sobre la fase de referencia, tiene serias limitaciones para evaluar la dosis acumulada en una distribución 4D. Para sortear estas limitaciones propusimos un concepto nuevo, que denominamos en el artículo “evaluation target volume” (ETV). Este concepto se define a partir del GTV teniendo en consideración las incertidumbres en el proceso radioterápico, incluyendo entre ellas la debida al registro deformable. El concepto se debe aplicar para evaluar dosis acumuladas 4D.

Respecto a resultados, hay que decir que trabajamos sobre una cohorte de 11 pacientes. A pesar del tamaño, vimos que en algunos casos el cubrimiento tumoral evaluado con el ETV sobre las distribuciones acumuladas 4D difería del evaluado con el PTV sobre la distribución 3D en la fase de referencia. En el caso de órganos de riesgo, las métricas calculadas a partir de las distribuciones 3D y 4D eran muy parecidas, por lo general.

¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

El concepto propuesto puede ayudar en la comprensión de las incertidumbres presentes en el proceso radioterápico en pulmón y ser útil para la planificación en 4D.



On the use of Bayesian statistics in the application of adaptive setup protocols in radiotherapy

Sevillano D, Capuz AB, Gómez A, Colmenares R, Morís R, García JD, Alonso M, Cámara M, Martínez AM, Béjar MJ, Prieto D, Sancho S, Chevalier M, García-Vicente F

Radiat Oncol 2018;13:99.

David Sevillano Martínez

Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica, Hospital Universitario Ramón y Cajal, M- 607, km. 9, 100, 28034 Madrid, España.

dsevillano@gmail.com

¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

Siempre que se realizaban estudios sobre incertidumbres geométricas se tendía a utilizar un único valor para los errores aleatorios de toda la población de pacientes (en este caso correspondería con la variación interfacción), dado que en nuestro servicio teníamos a nuestro alcance gran cantidad de datos sobre correcciones diarias basadas en Cone Beam pretratamiento, decidimos estudiar la distribución de estos errores aleatorios en nuestra población de pacientes. Una vez descubrimos que estas distribuciones podían ser caracterizadas, empezamos a pensar en cómo predecir el error de cada paciente individualmente. Esto nos llevó a investigar sobre el uso de la estadística de Bayes, que previamente había sido utilizada para la definición de PTVs en radioterapia adaptativa.

Si se podía utilizar este método para adaptar los volúmenes, intentamos modificarlo de cara a utilizarlo para un objetivo más modesto y más realista en nuestro caso, la adaptación de los protocolos de imagen y colocación de los pacientes.

¿Cuáles fueron los principales retos y dificultades para realizar el trabajo?

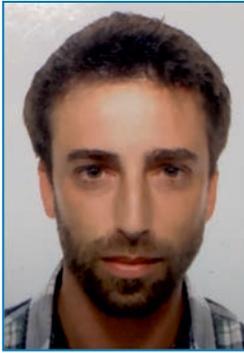
El primer reto que nos encontramos fue la propia estadística de Bayes, que tuvimos que aprender desde el principio, ya que nos era completamente desconocida. El siguiente fue conseguir, con la información que nos daba la estadística de Bayes, una forma sencilla de elegir protocolo para cada paciente en la práctica diaria, consiguiendo finalmente un indicador a partir de la varianza de las correcciones aplicadas a cada paciente los primeros días de tratamiento.

¿Cuál ha sido el hallazgo y los resultados más importantes del estudio?

Presentamos protocolos de imagen pretratamiento personalizados que permiten reducir las cargas de trabajo de imagen entre un 30% y un 40% sin menoscabo de la precisión del tratamiento. Además, estos protocolos tienen en cuenta la presencia de tendencias temporales, prediciendo cuándo un paciente ha tenido un cambio en la posición de su isocentro.

¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

Del estudio se deduce que, una vez caracterizada nuestra población, se puede optimizar el proceso de posicionamiento del paciente de manera que se llegue a un compromiso entre la precisión y la eficiencia. Consiguiendo limitar los tiempos en máquina de los pacientes y las dosis recibidas por procedimientos de imagen.



Monte Carlo verification of radiotherapy treatments with CloudMC

Miras H, Jiménez R, Perales A, Terrón JA, Bertolet A, Ortiz A and Macías J
Radiat Oncol 2018;13:99.

Héctor Miras del Río

Departamento de Física Médica, Hospital Universitario Virgen Macarena, Avda. Doctor Fedriani, 3, 41009, Sevilla, España.
hector.miras@gmail.com

¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

Los algoritmos Monte Carlo están considerados como los algoritmos de referencia para cálculos de transporte de radiación. Sin embargo, su alto coste computacional hace que aún hoy por hoy no sean empleados de forma estándar para los cálculos de tratamientos radioterápicos. Las soluciones que se habían propuesto hasta la fecha para acercar los métodos Monte Carlo a la rutina clínica pasaban, bien por una simplificación de los algoritmos, sacrificando parte de su precisión, o por una inversión en infraestructura computacional, lo cual no está al alcance de todos los centros. En una publicación anterior ya demostramos cómo la tecnología emergente de Computación en la Nube tiene la capacidad de ofrecer una solución a este problema. Para ello desarrollamos una plataforma en la Nube que permitía la paralelización de simulaciones Monte Carlo en múltiples máquinas virtuales que se montan a demanda sobre la Nube Microsoft Azure, reduciendo significativamente los tiempos de cálculo. Para nuestro último trabajo hemos desarrollado sobre la citada plataforma, CloudMC, el servicio de verificación Monte Carlo de tratamientos radioterápicos, que permite recalcular tratamientos mediante algoritmos Monte Carlo y comparar con los cálculos del sistema de planificación.

¿Cuáles fueron los principales retos y dificultades para realizar el trabajo?

El principal reto fue el aprendizaje la tecnología de la Nube. Este proyecto comenzó a desarrollarse en 2011, tan sólo un año después de que Microsoft lanzara su Nube comercial, por lo que era una tecnología totalmente nueva y que requería de conocimientos avanzados en el campo de las ciencias de la información. Afortunadamente, desde el inicio del proyecto contamos con el trabajo de un ingeniero informático que, ya por aquel entonces, tenía experiencia en este tipo de tecnologías.

Uno de los objetivos que nos impusimos es que CloudMC sea multiaplicación y no intrusiva. Es decir, que pudiera ejecutar cualquier programa de cálculo, independientemente del código MC en el que esté basado, y que no fuera necesario realizar modificación alguna en dichos programas. Esto nos obligó a desarrollar una implementación tipo Map/Reduce para la paralelización de los cálculos que permitiera parametrizar casi cualquier tipo de entrada y salida de estos programas.

Finalmente, tuvimos que desarrollar numerosos métodos para la edición de los diversos tipos de ficheros DICOM involucrados en la planificación de tratamientos de radioterapia (imágenes CT, RTPLAN, RTDOSE y RTSTRUC) e implementar diversas herramientas para la visualización y evaluación de los resultados (histogramas dosis-volumen, distribuciones de isodosis, análisis gamma, etc.).

¿Cuál ha sido el hallazgo y los resultados más importantes del estudio?

En este trabajo se muestran los resultados de un estudio de rendimiento de la aplicación CloudMC. Se presentan resultados de tiempos y costes para tres casos distintos correspondientes a tres tratamientos distintos, en distintos modelos de acelerador y calculados con distintos códigos full-MC. Los tiempos y costes son muy dependientes de diversos factores como el número de máquinas elegido para la paralelización, la incertidumbre exigida a los resultados, el tamaño y la resolución del volumen de cálculo, parámetros de simulación, el código MC, etc. Para los casos presentados se obtuvieron tiempos entre 15 y 30 minutos usando entre 200 y 400 máquinas de cálculo, con costes por consumo de recursos de la nube entre 3 y 15 €

¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

Los resultados presentados prueban que la tecnología computación en la Nube permite superar las desventajas asociadas históricamente al uso de algoritmos MC en la rutina clínica, ya que ésta consigue poner al alcance de cualquier usuario, a través de una simple conexión a la red, el acceso a recursos computacionales casi ilimitados y escalables, que se adapten a las necesidades reales, con un modelo de pago por uso con costes económicos. Por tanto, podemos afirmar que las soluciones MC basadas en Computación en la Nube son una de las soluciones más prometedoras para la introducción definitiva de los algoritmos MC en la rutina diaria del proceso de planificación de tratamientos radioterápicos.

Colección FUNDAMENTOS DE FÍSICA MÉDICA

¡YA ESTÁ COMPLETA!

Objetivos de la colección:

01

Cubrir gran parte del programa teórico de formación de la especialidad, lide RFH.

02

Uniformizar los conocimientos teóricos de base para todos los especialistas en formación.

03

Armonizar el léxico y la terminología en el ámbito de la Física Médica.



En su conjunto, los diez libros van dirigidos a especialistas en formación en la especialidad de RFH, (fundamentalmente los residentes de primero y segundo año de la especialidad), así como a titulados superiores que quieran adquirir o mejorar sus conocimientos en el área de la Física Médica.

Por medio de esta colección, se pretende además, difundir el contenido de nuestros cursos entre todos los profesionales de la Física Médica de habla hispana que deseen acercarse a nuestros textos y tener a su disposición un libro de consulta en español.

www.auladoc.com

Información y pedidos en:



+34 5428282



info@auladoc.com



Madrid