

DetECCIÓN DE PATOLOGÍAS DE LA MAMA MEDIANTE FILTROS *multirresolución*

María G. Pérez¹, Marco Benalcazar¹, Aura Conci², Carlos Fiallos³

¹ Facultad de Ingeniería de Sistemas, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón y Guevara E11-253, Quito, Ecuador, P.O. Box 17-01-2759.

² Dep. Ciência Computação, Instituto de Computação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil.

³ Universidad Técnica de Ambato, Campus de Huachi, Ambato, Ecuador.

Autores para correspondencia: {maría.perez, marco.benalcazar}@epn.edu.ec, aconci@ic.uff.br, spacarlos@hotmail.com

Fecha de recepción: 19 de junio del 2016 - Fecha de aceptación: 24 de julio del 2016

ABSTRACT

Mammography is considered as the gold standard examination for early detection of breast cancer. However, in the techniques of medical image analysis 3 aspects are yet an issue: noise removal, segmentation of images, and extracting the region of interest (ROI). This work presents a survey of breast mammography and the preliminary results corresponding to a method for the automatic detection of breast anomalies in mammography images using histogram transformation, contrast enhancement and Quadrature Mirror Filter (QMF) banks. The QMF filters are preceded by an advanced tree structured nonlinear filter for noise suppression. Several multiresolution methods are reported for feature extraction in breast cancer using digital mammography. The initial approach is directed to malignant diseases, such as microcalcification clusters, present in mammograms, using initially two or three channels for the multiresolution decomposition.

Keywords: Breast cancer; mammography; histogram transformation, contrast enhancement, ROI, Quadrature mirror filter-QMF; filter banks.

RESUMEN

La mamografía es el *Gold* estándar de referencia y el método más utilizado en la actualidad para su detección. Sin embargo, en las técnicas de análisis de imágenes médicas, tres aspectos son aún cuestionados: eliminación de ruido, segmentación de las imágenes y la extracción de la región de interés (ROI). Este trabajo presenta una revisión de la mamografía y los resultados preliminares de un método para la detección automática de anomalías en dichas imágenes, mediante el uso de la transformación del histograma, el realce de contraste y el banco de filtro espejo en cuadratura (QMF). Los filtros QMF están precedidos por una estructura en árbol avanzada, no lineal para la supresión de ruido. Varios métodos multiresolución han sido propuestos para la extracción de características del cáncer de mama usando mamografía digital. Una primera aproximación, está centrada en la detección de grupos de microcalcificaciones presentes en los mamogramas, utilizando inicialmente dos y tres subbandas en la descomposición multiresolución.

Palabras clave: Cáncer de mama; mamografía; transformación de histograma, realce de contraste, ROI, filtro espejo en cuadratura-QMF; bancos de filtros.

1. INTRODUCCIÓN

Las tasas de cáncer de mama en las últimas décadas han aumentado más rápidamente en los países ricos que en los pobres (Boletín de la Organización Mundial de la Salud, 2013). Este tipo de cáncer puede ser

de dos tipos: carcinoma ductal y carcinoma lobulillar. El segundo, se presenta en los lobulillos que producen la leche (Figura 1), siendo poco frecuente en otras regiones de la mama (Cáncer de mama, *MedlinePlus*). En las mujeres es la segunda causa de muerte (*American Cancer Society*). La detección temprana aumenta la tasa de supervivencia (Ghosh *et al.*, 2004). La mamografía es la técnica más eficiente, efectiva y actualmente el protocolo más utilizado por los radiólogos para detectar el cáncer de mama en sus distintas etapas. El uso de sistemas de ayuda en la detección y el diagnóstico están siendo cada vez más utilizados por la mayoría de los radiólogos para la detección de patologías mamarias (Sahakyan & Sarukhanyan, 2012). Varios estudios se han desarrollado en este sentido y las contribuciones abarcan, la detección de lesiones, la clasificación de las regiones (tumores, calcificaciones, ...), y la búsqueda de casos similares en las bases de datos.

Uno de los problemas más frecuentemente encontrados en las imágenes de mamografía son las microcalcificaciones, especialmente en mujeres postmenopáusicas. Aunque, la mayoría de las microcalcificaciones son una patología benigna, existen patrones (agrupaciones específicas) que pueden ser malignos. Las microcalcificaciones en algunos casos son difíciles de detectar debido a su pequeño tamaño y bajo contraste, sobre todo si se encuentran superpuestos en un tejido glandular denso. Por ello, las computadoras son la mejor herramienta para la detección de estas pequeñas regiones brillantes y con bordes bien definidos.

Los diferentes métodos y algoritmos automatizados que se han propuestos para detectar las patologías presentes en las mamografías, se basan en mejorar el contraste, en técnicas de morfología matemática, segmentación, filtrados y análisis en el dominio de la transformada wavelet.

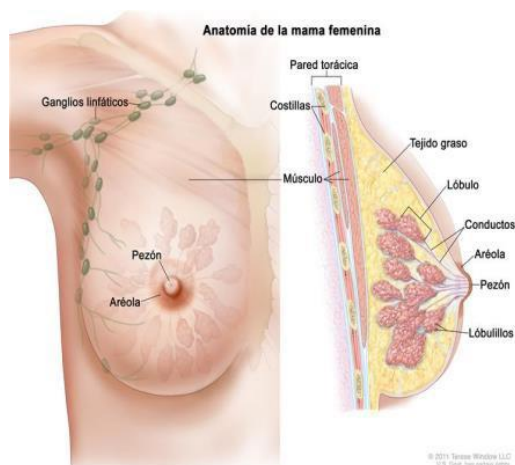


Figura 1. Estructura anatómica de la mama femenina (Instituto Nacional del Cáncer, EEUU).

Trabajos como los propuestos en Qian *et al.* (1994) y Chen & Lee (1997 & 1998) usan técnicas de análisis multiresolución en el dominio wavelet y los campos aleatorios de *Markov* para la extracción de características de este cáncer a través de cribado de mamografía digital para detectar grupos de microcalcificaciones mediante bancos de filtro espejo en cuadratura (QMF), utilizando dos y tres subbandas para la descomposición multiresolución y su reconstrucción. Los métodos de QMF multiresolución los comparan con dos transformadas *wavelets*.

Juárez *et al.* (2006) presentan un esquema para la detección de grupos de microcalcificaciones en imágenes mamográficas utilizando transformada wavelet que consta de cuatro pasos: obtención del negativo de la imagen, descomposición del negativo de la imagen usando la transformada wavelet, estimación de la imagen binaria de los coeficientes de aproximación y detección previa de microcalcificaciones, y finalmente la identificación de los grupos de píxeles aplicando un umbral. Para la descomposición de cada imagen utilizaron la familia de *wavelets Daubechies*.

Guo *et al.* (2016) proponen un método que consta tres etapas principales: 1) Eliminar la etiqueta y el musculo pectoral, tomando la región conectada más grande marcada y el método de crecimiento de región, y realce de las microcalcificaciones mediante combinación de una doble transformada *top-hat*

y la función de ajuste de niveles de gris; 2) quitar el ruido y otra información de interferencia y guardar la información significativa mediante la modificación de los coeficientes *contourlet* usando una función no lineal; y 3) utilizar una red neuronal *non-linking simplified* de pulso acoplado para detectar las microcalcificaciones. En otros trabajos se proponen el uso de técnicas tradicionales para detectar los tumores basándose en técnicas de segmentación por bordes las cuales usan el operador de bordes Canny (Shrivastava & Kirar, 2014). Khehra & Pharwaha (2016) proponen un método para clasificar los grupos de microcalcificaciones usando una red neuronal multicapa *Feed Forward Backpropagation* y SVM.

Bose *et al.* (2012) proponen un método de detección y clasificación de microcalcificaciones, que consta de 4 etapas: el pre-procesamiento para la eliminación del ruido y la normalización de la imagen, la segunda etapa es la segmentación *Fuzzy*, la tercera etapa consta de dos transformadas wavelet discretas. Finalmente, las características extraídas son utilizadas como entrada a una red neuronal que las clasifica en imágenes normales o anormales.

En este trabajo, se propone en una primera aproximación el uso de técnicas de realce por transformación del histograma (Fiallos *et al.*, 2015), transformación de intensidad y la aplicación de bancos de filtro espejo en cuadratura (del inglés *Quadrature mirror filter*, QMF) basados en un proceso de diezmado (Matlab2014a, 2014; Alberti, 2010), para permitir visualizar correctamente la zona de interés afectada.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En este apartado, se revisa algunas técnicas de mejora de las imágenes mamográficas y técnicas que tratan sobre la detección y extracción de los regiones donde se presenta alguna patología mamarias (grupos de microcalcificaciones, nódulos, ..). El método propuesto consta de las siguientes etapas: la adquisición de las imágenes, el procesamiento para mejorar el realce de la imagen, filtrado de ruido y artefactos; la segmentación de las regiones de interés (ROI), la detección de la patología en la ROI. En la etapa del preprocesamiento, el objetivo es mejorar la calidad visual de los mamogramas para un mejor reconocimiento por parte del especialista.

2.1. Etapa del preprocesamiento

Esta etapa busca mejorar la calidad de la imagen para asegurar un buen desempeño de su posterior procesamiento. En primer lugar, se procede a la eliminación de las partes no relacionadas y objetos que no forman parte de la región de ROI a ser estudiada. Entre los problemas más destacados que se pueden observar en las mamografías utilizadas en este análisis se pueden listar: las inhomogeneidades, artefactos de cintas, baja resolución, etc. En la Figura 2, Se muestra la imagen mdb248.pgm, utilizada en los experimentos (MIAS data base) y en la que se puede observar la presencia de artefactos.

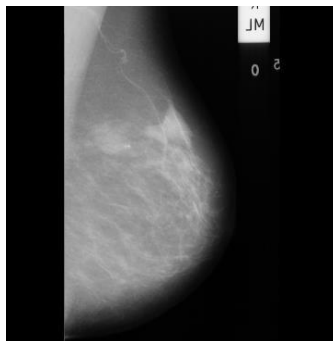


Figura 2. Tipos de ruido y artefactos observados en las mamografías (mdb248.pgm).

Adquisición y análisis de las imágenes

Las imágenes mamográficas utilizadas para experimentar los algoritmos propuestos se bajaron de la

base de datos MI-AS (MIAS data base.). Este es un banco de imágenes disponible para ser usado por cualquier investigador, pero con licencia de uso, que cuenta con un total de 322 imágenes, de tamaño de 1024 x 1024 píxeles y en formato .pgm.

2.2. Etapas de la segmentación

Esta etapa comprende la segmentación de la imagen en sus regiones de interés (ROI) y el fondo. Consiste en la división o partición de la imagen en regiones homogéneas y disjuntas a partir de sus características. En las imágenes mamográficas es usada para la clasificación de la imagen en varias regiones que incluye la frontera de la mama (Chandrasekhar & Attikiouzel, 2000), el pezón (Chandrasekhar & Attikiouzel, 1997) y el músculo pectoral.

Existen varias técnicas clásicas para la segmentación automática de las regiones de las mamografías, tales como la segmentación basada en umbralización, la segmentación basada en contornos, la segmentación basada en regiones, la segmentación basada en crecimiento de regiones y la segmentación basada en morfología matemática entre otras. Para la extracción de la ROI, se ha utilizado el método propuesto en un trabajo previo de los autores Fiallos *et al.* (2015) y la aplicación de bancos de filtro espejo en cuadratura (QMF) para la detección de las patologías presentes en esta serie de imágenes.

2.3. Mejora del contraste

Tal como se mencionó anteriormente, para mejorar los bordes y la información de detalles de la imagen se aplicó un filtrado con una máscara *Unsharp* (Fiallos *et al.*, 2015). Además de ello, se experimentó con distintos tipos de realce del contraste para evaluar el desempeño de estas técnicas en la detección de lesiones mamarias. Los resultados se pueden observar en las Figuras 3 y 4.

A continuación, se obtiene el perímetro de los objetos de la imagen binaria seguido del proceso de dilatación, tal como en el paso de la segmentación y después se concentran las coordenadas de los puntos blancos (Fiallos *et al.*, 2015). Para realizar todas estas tareas, se ha utilizado la herramienta (Matlab2014a, 2014).

2.4. Transformación del histograma

El histograma de una imagen representa la frecuencia relativa de ocurrencia de los niveles de gris en la imagen. Los niveles de gris están codificados entre 0 que representa el color negro y 255 representa el color blanco. Se ajustó el rango de valores mediante prueba y error, de acuerdo a las características observadas en las imágenes, y al método propuesto en (Triana & Cerquera, 2013; Fiallos *et al.*, 2015).

2.5. Detección de anomalías

Para detectar las patologías presentes en el banco de imágenes usado, en una primera aproximación se ha trabajado sobre el histograma modificado, y varias técnicas de mejora de contraste básicas, para después realizar un filtrado multiresolución, descomponiendo la imagen en dos y tres canales, mediante el banco de filtro QMF (Figura 4d).

Filtro espejo en cuadratura

En el análisis multiresolución de las señales o de las imágenes, se realiza un proceso de diezmado, que permite representar eficazmente señales. Se basa en una descomposición de la imagen en subbandas frecuenciales mediante un banco de filtros, cada una de las cuales se codifica por separado. Debido a que la mayor parte de la información de la imagen está contenida en las bajas frecuencias, en estas bandas se requiere una mayor resolución y en las bandas de mayor frecuencia menor resolución, de tal manera que la suma de las ganancias de los dos filtros a cada frecuencia da un valor constante y no se tiene ninguna banda frecuencial más escalada o atenuada respecto a las demás. Este tipo de filtros se conocen como filtros de imagen (o de espejo) en cuadratura, QMF (Alberti, 2010). Un filtro espejo en cuadratura (del inglés *Quadrature mirror filter*, QMF) es un filtro que divide la señal de entrada en bandas que posteriormente suelen ser submuestreadas (Kuldeep *et al.*, 2015; Le, 2012).

Los resultados obtenidos al aplicar QMF, se muestran en las Figuras 4d y 4h. Con ello, se intenta explorar y comparar cuan efectivas son estas operaciones para nuestros objetivos, así como su evaluación cualitativa por el experto. Para el desarrollo de estos algoritmos se ha utilizado las bibliotecas de Matlab (Matlab2014a, 2014).

3. RESULTADOS

Las imágenes que se muestran en las Figuras 2, 3 y 4, fueron adquiridas del repositorio de imágenes de la base de datos pública MIAS (MIAS Database). Las pruebas realizadas sobre este conjunto de imágenes aplicando las técnicas propuestas pueden revelar una adecuada localización de la patología. El uso de la transformación del contraste, ha permitido observar de una mejor forma ciertas anomalías presentes en dichas imágenes (en especial microcalcificaciones). La transformación del histograma y los filtrados, en este caso ha permitido mejorar la visualización de la textura de la imagen, tal como se puede ver en la Figura 4, cuya imagen ha sido procesada con filtrado laplaciano (usando la función *imfilter* de Matlab). Así mismo, la técnica de filtrado QMF, ha permitido la detección adecuada de las regiones de la patología. Además, el escalado efectuado en el dominio de la frecuencia ha aumentado el rendimiento de los algoritmos.

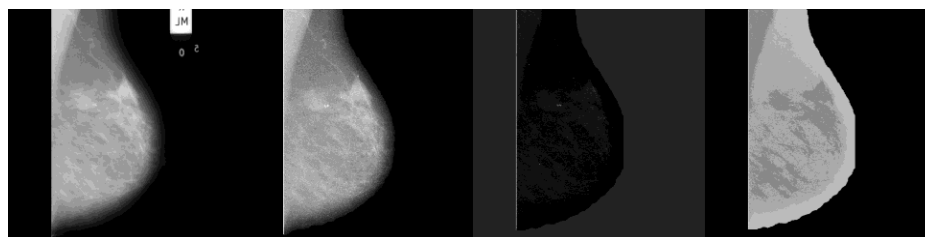


Figura 3. Algunas imágenes con los resultados obtenidos al aplicar los métodos propuestos a) imagen original, b) filtro laplaciano, c) y d) transformación del histograma.

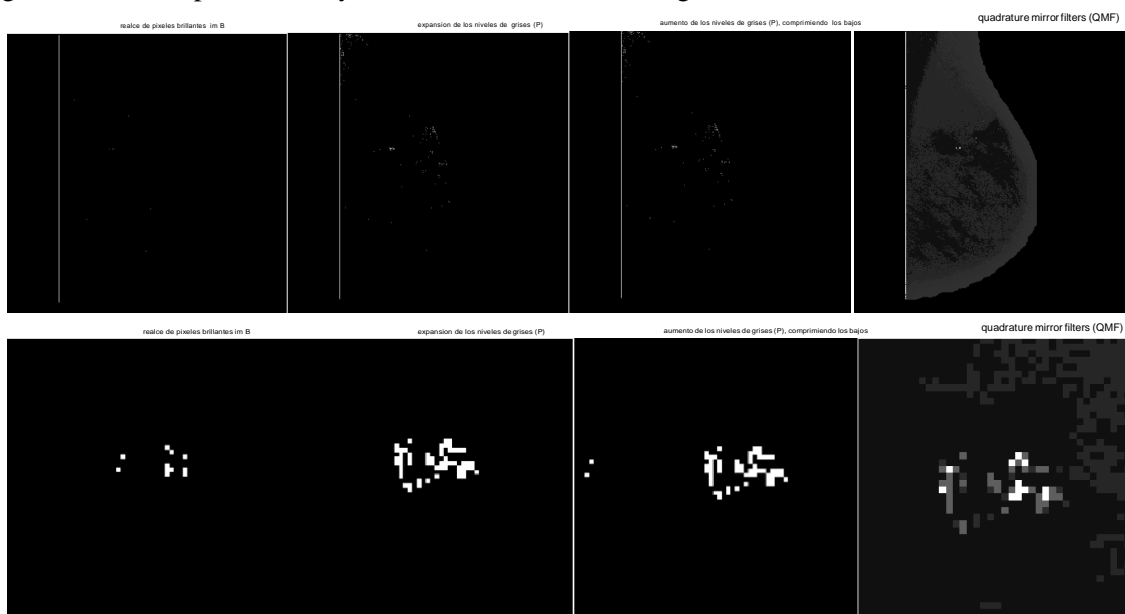


Figura 4. Resultados obtenidos al aplicar los métodos propuestos a) Realce de los píxeles brillantes, b) expansión de los niveles de grises, c) aumento del rango dinámico y compresión de los niveles bajos, d) filtro espejo en cuadratura. Y en la e), f), g) y h) las patologías en zoom de las imágenes a), b), c) y d), respectivamente.

4. CONCLUSIONES

Los resultados preliminares obtenidos, evidencian que la aplicación de las técnicas propuestas, detectan adecuadamente las zonas afectadas (Figuras 3 y 4), pero es necesario hacer pruebas con más imágenes y confrontar estos hallazgos con el conocimiento del experto médico.

Las técnicas utilizadas en el presente trabajo le permitirán al especialista localizar con mayor precisión la región afectada. Además, las técnicas propuestas demuestran la capacidad del método para suprimir el ruido y los artefactos presentes en las imágenes mamográficas, redundando en una mejor visualización de las zonas donde se encuentra la lesión y, sobretodo, le ayudarán al radiólogo en un mejor diagnóstico. Así, como también una adecuada y futura clasificación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento otorgado por la Escuela Politécnica Nacional para la realización de los proyectos PII-DICC-001-2016, “Análisis de imágenes mamográficas mediante técnicas de visión computacional para la detección y clasificación de patologías de la mama” y PII-DICC-002-2016, “Generar el Log de Eventos Sísmicos y Vulcanológicos aplicando técnicas de minería de procesos”.

REFERENCIAS

- American Cancer Society*. [En línea]. Disponible en: <http://www.cancer.org>. Fecha de consulta: 17 de junio de 2016.
- Alberti, E.B., 2010. *Procesado digital de señales: fundamentos para comunicaciones y control*. Cataluña. [en línea]. Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/handle/2099.3/36546> y https://books.google.com.ec/books/about/Procesado_Digital_de_Seales_2.html?id=mjjQuPWwNS8C&redir_esc=y.
- Boletín de la Organización Mundial de la Salud, 2013. Disponible en <http://www.who.int/bulletin/volumes/91/9/13-020913.pdf>, 91 (pp. 626-627).
- Bose, S.C., K. Kumar, M. Karnan, 2012. Detection of microcalcification in mammograms using soft computing techniques. *European Journal of Scientific Research*, 86(1), 103-122.
- Cáncer de mama, *MedlinePlus*. [En línea]. Disponible en: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/000913.htm>. Fecha de consulta: 18 de junio de 2016.
- Chandrasekhar, R., Y. Attikiouzel, 2000. *Automatic breast border segmentation by background modeling and subtraction*. In: 5th International Workshop on Digital Mammography (IWDM), (Yaffe M. Ed.), Medical Physics Publishing, Madison, USA (pp. 560-565).
- Chandrasekhar, R., Y. Attikiouzel, 1997. A simple method for automatically locating the nipple on mammograms. *IEEE transactions on medical imaging*, 16(5), 483-494.
- Chen, C.H., G.G. Lee, 1997. Image segmentation using multiresolution wavelet analysis and expectation-maximization (EM) algorithm for digital mammography. *International Journal of Imaging Systems and Technology*, 8(5), 491-504.
- Chen, C.H., G.G. Lee, 1997. On digital mammogram segmentation and microcalcification detection using multiresolution wavelet analysis. *Graphical Models and Image Processing*, 59(5), 349-364.
- Fiallos, C.B., M.G. Pérez, A. Conci, V.H. Andaluz, 2015. *Automatic detection of injuries in mammograms using image analysis techniques*. In: 2015 International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP) (pp. 245-248). IEEE.
- Ghosh, R., M. Ghosh, J. Yearwood, 2004. *A modular framework for multi category feature selection in digital mammography*. In: Proceedings of the 12th European Symposium On Artificial Neural

- Networks-ESANN, pp. 175-180.
- Guo, Y.N., M. Dong, Z. Yang, X. Gao, K. Wang, C. Luo, ..., J. Zhang, 2016. A new method of detecting micro-calcification clusters in mammograms using contourlet transform and non-linking simplified PCNN. *Computer methods and programs in biomedicine*, 130, 31-45.
- Instituto Nacional del Cáncer, EEUU. Fecha de consulta: 18 de junio de 2016. [En línea]. Disponible en <http://www.cancer.gov/espanol/pdq/tratamiento/senomasculino/patient>.
- Juarez, L.C., V. Ponomaryov, R.J.L. Sanchez, 2006. *Detection of microcalcifications in digital mammograms images using wavelet transform*. In: Proceedings of the Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference-Volume 02 (pp. 58-61). IEEE Computer Society
- Khehra, B.S., A.P.S. Pharwaha, 2016. Classification of clustered microcalcifications using MLFFBP-ANN and SVM. *Egyptian Informatics Journal*, 17(1), 11-20.
- Kuldeep, B., A. Kumar, G.K. Singh, 2015. Design of quadrature mirror filter bank using Lagrange multiplier method based on fractional derivative constraints. *Journal of Engineering Science and Technology*, 2(18), 235-243.
- Le, T.K., 2012. *Automated method for scoring breast tissue microarray spots using quadrature mirror filters and support vector machines*. In: Information Fusion (FUSION), 2012 15th International Conference on (pp. 1868-1875). IEEE.
- Matlab2014a, 2014. [en línea]. Disponible en <http://es.mathworks.com/help/wavelet/ref/qmf.html>.
- MIAS data base, *DataBase of Mammograms*. [En línea]. Disponible en <http://peipa.essex.ac.uk/info/mias.html>.
- Qian, W., L.P. Clarke, H.D. Li, R. Clark, M.L. Silbiger, 1994. Digital mammography: M-channel quadrature mirror filters (QMFs) for microcalcification extraction. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 18(5), pp. 301-314.
- Sahakyan, A., H. Sarukhanyan, 2012. Segmentation of the breast region in digital mammograms and detection of masses. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 3(2), 102-105.
- Shrivastava, P., K.G. Kirar, 2014. Detection of tumor in mammograms using canny edge detection technique. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 14(5), 213-216.
- Triana, N., A. Cerquera, 2013. *Computer-aided detection of microcalcifications in digital mammograms to support early diagnosis of breast cancer*. In: International Work-Conference on the Interplay Between Natural and Artificial Computation (pp. 293-302). Springer Berlin Heidelberg.