

## شناسایی مرزهای کانال‌ها در داده‌های لرزه نگاری با استفاده از تبدیل کرولت و فیلترهای مورفولوژی

بهاره بoustani<sup>۱</sup>, عبدالرحیم جواهیریان<sup>۲</sup>, مجید نبی‌بیدهندی<sup>۳</sup>, سیاوش ترابی<sup>۴</sup>, حمیدرضا امین داور<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی نفت دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

<sup>۲</sup>استاد بازنشسته زئوفیزیک، مؤسسه زئوفیزیک دانشگاه تهران و استاد دانشکده مهندسی نفت دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران،

[javaherian@aut.ac.ir](mailto:javaherian@aut.ac.ir), [javaheri@ut.ac.ir](mailto:javaheri@ut.ac.ir)

<sup>۳</sup>استاد گروه فیزیک زمین مؤسسه زئوفیزیک دانشگاه تهران، تهران، ایران

<sup>۴</sup>شرکت زئوفیزیک دانا، تهران، ایران

<sup>۵</sup>استاد دانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

### چکیده

کانال‌ها پدیده‌های مهم زمین‌شناسی در اکتشاف نفت و گاز هستند از آن جهت که می‌توانند ماهیت مخزنی یا مخرب داشته باشند. در این تحقیق از تبدیل کرولت برای بهبود کیفیت کانال‌ها در داده‌های لرزه‌نگاری استفاده شده است. بدین منظور توسط عملگر top-hat مورفولوژی، بیشینه محلی ضرایب کرولت در هر زیرباند استخراج شده است. در مرحله‌ی بعد با اعمال گرادیان مورفولوژی با استفاده از اجزاء ساختاری به طول‌ها و جهت‌های مختلف، مرزهای کانال‌ها شناسایی شده‌اند. ترکیب تبدیل کرولت و گرادیان مورفولوژی، بسیاری از لبه‌های دروغین حاصل از گرادیان مورفولوژی را حذف می‌کند. در نهایت روش پیشنهادی در این تحقیق بر یک داده‌ی واقعی حاوی کانال اعمال و نتایج آن با نتایج حاصل از الگوریتم‌های لبه‌یابی معروف مانند سوبل و Laplacian of Gaussian مقایسه شده است. روش کرولت و گرادیان مورفولوژی توانسته به خوبی لبه‌های کانال‌ها را استخراج نماید ضمن اینکه در مقایسه با روش‌های متداول نووفه‌های بسیاری را تضعیف نموده است.

**واژه‌های کلیدی:** کانال‌ها، تبدیل کرولت، عملگر top-hat، گرادیان مورفولوژی، اجزاء ساختاری چندجهتی.

## Channel edge detection in seismic section using curvelet transform and morphological gradient

Bahareh Boustani<sup>1</sup>, Abdolrahim Javaherian<sup>1,2,\*</sup>, Mjid Nabi-Bidhendi<sup>2</sup>, Siyavash Torabi<sup>3</sup>, Hamid Reza Amindavar<sup>4</sup>,

<sup>1</sup>Department of Petroleum Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran

<sup>2</sup>Institute of Geophysics, University of Tehran, Tehran, Iran

<sup>3</sup>Dana Geophysics Company, Tehran, Iran

<sup>4</sup>Department of Electrical Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran

\*Corresponding author: [javaherian@aut.ac.ir](mailto:javaherian@aut.ac.ir), [javaheri@ut.ac.ir](mailto:javaheri@ut.ac.ir)

### Abstract

Channels are important geological phenomena in the exploration of oil and gas because they can have a reservoir or destructive nature. In this research, the curvelet transform has been used to improve the quality of the channels in seismic data. For this purpose, by the top-hat morphological operator, the local maxima of the curvelet coefficients in each subband were extracted. In the next step, using the morphological gradient algorithm with the multi-lengths and multi-directions structuring elements, the channel boundaries were extracted. The combination of the curvelet transform with the morphological gradient eliminates many of the false edges generated by the morphological gradient from data. Finally, the proposed method in this study is applied on a real data containing channels and its results were compared with the results of known edge detection algorithms such as Sobel and Laplacian of Gaussian.

**Keywords:** channels, curvelet transform, top-hat operator, morphological gradient, multi-direction structuring elements.

### ۱ مقدمه

با کشف اکثر مخازن هیدروکربوری ساختمنی، تمایل به اکتشاف تله‌های چینه‌ای کانالی در سال‌های اخیر افزایش یافته است. تفسیر کانال‌ها در مقاطع قائم داده‌های لرزه نگاری سه بعدی بسیار دشوار است، در مقاطع افقی یا عرضی هم اگر ساختار زمین شناسی پیچیده باشد تفسیر کانال‌ها کار ساده‌ای نیست و باید از ابزار جانبی با عنوان نشانگرهای لرزه‌ای کمک گرفت. برخی

نشانگرهای رایج در تفسیر کانال‌ها عبارتند از تشابه، همدوسي، انحنا، هدايت شيب، فاز و فرکانس لحظه‌اي، نشانگر بافت و تجزيه طيفي. امروزه با پيشرفت علوم نشانگرهای لرزه‌اي جديد برای شناسايی کانال‌ها در حال معرفی هستند. ليو و مارفورت (۲۰۰۷) يك حجم ترکيبي از فرکانس اوج، دامنه اوج و نشانگر همدوسي بوجود آورده‌اند تا علاوه بر لبه‌های کانال، بتوانند خاصمت کانال را هم استخراج کنند. چوپرا و همکاران (۲۰۱۴) از ترکيب نشانگر همدوسي نسبت انرژي و عملگر سوبيل برای آشكار نمودن کانال‌ها استفاده نموده‌اند. مردان و همکاران (۲۰۱۶) از روش‌های الگوشناسی مانند الگوريتم k-ميانگين و تحليل مؤلفه‌ي اصلی (PCA) برای شناسايی کانال‌ها و تحليل رخساره‌ي آنها استفاده نموده‌اند. كريلاعلي و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از تبديل شيرلت لبه‌های کانال را در داده‌ي لرزه‌نگاري از جنوب دريای خزر به خوبی استخراج نموده‌اند.

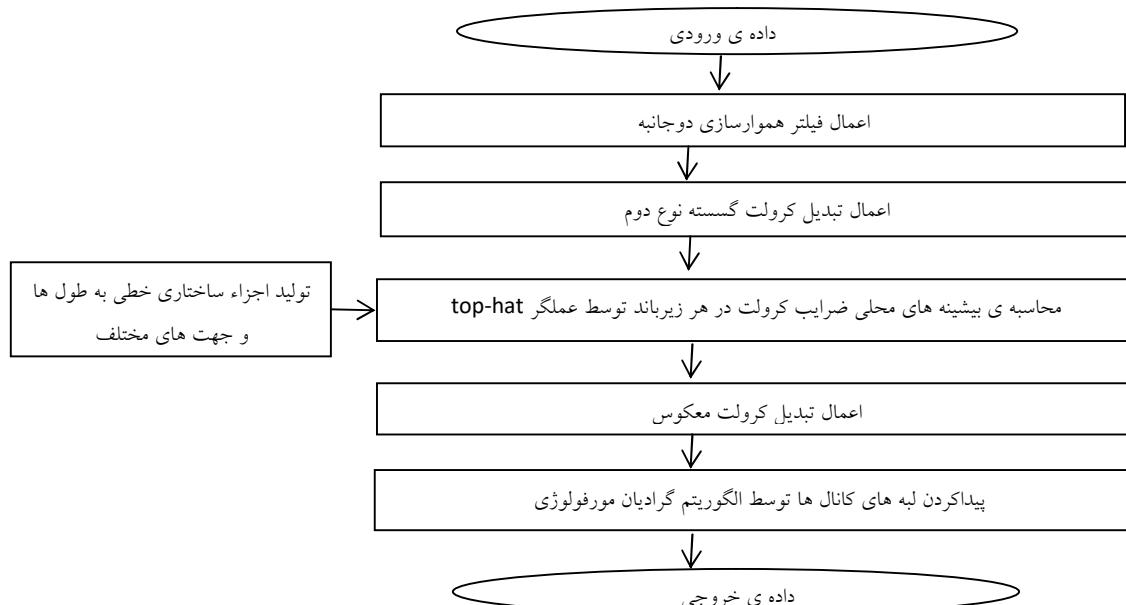
در اين مقاله ابتدا از عملگر top-hat در حيطه‌ي کرولت برای بهبود کيفيت کانال‌ها و سپس از گراديان مورفولوژي با استفاده از اجزاء ساختاري به طول‌ها و جهت‌هاي متفاوت برای استخراج لبه‌های کانال‌ها استفاده شده است. در نهايت روش پيشنهادي بر يك داده‌ي واقعي حاوي کانال اعمال و نتایج حاصل از آن با روش‌های متداول لبه‌يابي در پردازش تصوير مانند سوبيل و Laplacian of Gaussian مقاييسه شده است.

## ۲ روش تحقيق

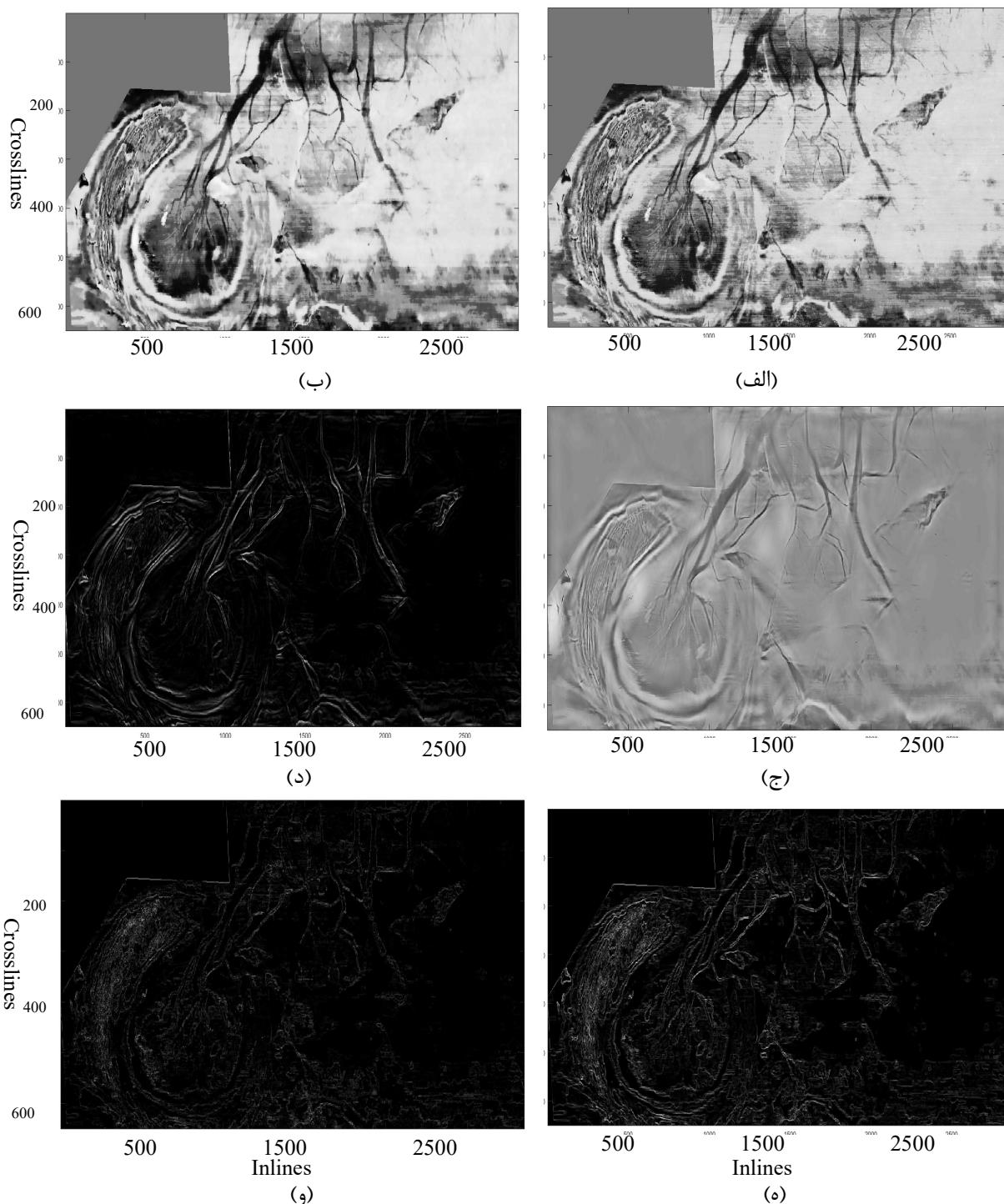
در اين تحقيق در مرحله‌ي پيش پردازش از فيلتر دوجانب (bilateral) برای هموارسازی تصوير استفاده شده است. سپس برای بهبود کيفيت کانال‌ها در تصوير، عملگر top-hat بهبوديافته (ميري و مهلوجي فر، ۲۰۱۱) در حيطه‌ي کرولت به کار گرفته شده است. به وسیله‌ي اين عملگر، بيشينه‌های محلی ضرائب کرولت در هر زيرباند حاصل می‌شود و نوافه‌ها تا حد زيادي تضعيف می‌شوند. در مرحله‌ي بعد از رابطه‌ي گراديان مورفولوژي (زاو و همکاران، ۲۰۰۵) با اجزاء ساختاري خطی به طول‌هاي ۵، ۷، ۹، ۱۱ و ۱۳ پикسل و جهت‌هاي ۰ تا ۱۸۰ درجه با نرخ تغيير ۱۵ درجه برای استخراج لبه‌های کانال‌ها استفاده شده است. در شکل ۱ طرحواره روش پيشنهادي در اين مقاله نشان داده شده است.

## ۳ بحث

طرحواره‌ي ارائه شده در اين مقاله در قالب MATLAB تدوين و بر داده‌ي واقعي حاوي کانال اعمال شده است. داده‌ي واقعي برش زمانی ۱۲۸ ميلي ثانие از يك مكعب لرزه‌نگاري مربوط به تنگه‌ي هرمز است (شکل ۲-الف). اين برش حاوي کانال‌هايي با طول‌ها و عرض‌های متفاوت، دارای ساختار خطی-منحنی می‌باشد. در شکل ۲-ب حاصل هموارسازی اين برش توسط فيلتر دوجانب و در شکل ۲-ج نتیجه‌ي بهبود کيفيت توسط تبديل کرولت نشان داده شده است. شکل‌هاي ۲-۱ و ۲-۲ و نتایج لبه‌يابي با استفاده از فيلترهای کرولت و مورفولوژي، سوبيل و Laplacian of Gaussian را نشان می‌دهند.



شکل ۱. طرحواره روش تبديل کرولت و گراديان مورفولوژي.



شکل ۲. (الف) برش زمانی از یک داده‌ی لرزه نگاری واقعی، پس از اعمال (ب) فیلتر هموار سازی دوجانبه (ج) بهبود کیفیت کانال هاتوسط تبدیل کرولت (د) گرادیان مورفولوژی (ه) فیلتر سوبیل و (و) فیلتر Laplacian of Gaussian

#### ۴ نتیجه‌گیری

کانال‌ها در داده‌های لرزه‌نگاری دارای ساختار خطی-منحنی با عرض‌های متفاوت هستند، لذا تبدیل چندمقیاسی و چند جهتی کرولت می‌تواند برای شناسایی آنها گزینه مناسبی باشد. همچنین مورفولوژی ریاضی ابزاری قدرتمند برای استخراج پدیده‌های تصویر براساس شکل آنها است. ترکیب تبدیل کرولت و فیلترهای مورفولوژی سبب تضعیف بسیاری از لبه‌های دروغین حاصل از گرادیان مورفولوژی شده است. روش ارائه شده در این مقاله و روش‌های متداول لبیابی مانند سوبیل و Laplacian of

بر داده‌ی واقعی حاوی کانال اعمال شده‌اند. روش کرولت و گرادیان مورفولوژی توانسته به خوبی لبه‌های کانال‌ها را استخراج نماید ضمن اینکه در مقایسه با روش‌های متداول لبه یابی، نویفه‌های بسیاری را تضعیف نموده است.

#### منابع

- Chopra, S., Kumar, R., and Marfurt, K. J., 2014, "Seismic discontinuity attributes and Sobel filtering", 84th Annual International Meeting, SEG, Denver, Colorado, 1624-1628.
- Karbalaali, H., Javaherian, A., Dahlke, S., Torabi, S., 2017, "Channel boundary detection based on 2D shearlet transformation: An application to the seismic data in the South Caspian Sea", Journal of Applied Geophysics, 67–79.
- Liu, J., Marfurt, K., 2007, "Multicolor display of spectral attributes": THE LEADING EDGE, 268-271.
- Mardan, A. H., Javaherian, A., Mirzakhani, M., 2016, "Channel detection using unsupervised learning algorithms", The 17th Iranian Geophysical Conference, 1-4.
- Miri, M., S., and Mahloojifar, A., 2011, Retinal Image Analysis Using Curvelet Transform And Multistructure Elements Morphology by Reconstruction: IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 58, 1183-1192.
- Zhao, Yq., Gui, Wh., Chen, Zc, Tang, Jt., Li Ly., 2005, Medical Images Edge Detection Based on Mathematical Morphology: Proceeding of IEEE, Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference, China, 6492-6495.