

Włodzimierz FIGIEL*, Ewa KAWALEC-LATAŁA**

Akademia Górniczo-Hutnicza Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki *

Akademia Górniczo-Hutnicza Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska **

Rozdzielczość syntetycznych sekcji pseudoimpedancji akustycznej formacji solnej i jej rozpoznawanie w kontekście budowy podziemnych zbiorników

Słowa kluczowe

zbiorniki podziemne, sole kamienne, pseudoimpedancja akustyczna, analiza i wizualizacja, kontaktowa i adaptacyjna transformacja obrazów, detekcja krawędzi, detekcja niejednorodności

Streszczenie

Złoża soli kamiennej o wewnętrznej jednorodnej strukturze są atrakcyjną lokalizacją dla budowy podziemnych magazynów węglowodorów. Metody powierzchniowych pomiarów sejsmicznych są ekonomicznym źródłem niezbędnych informacji geologicznych. Inwersja sekcji sejsmicznych pozwala na uzyskanie przybliżonego rozkładu impedancji akustycznej środowiska skalnego, co odwzorowuje jego budowę. Interpretacja sekcji pseudoimpedancji akustycznej przy niskich parametrach sygnału sejsmicznego i niekorzystnym stosunku sygnału użytecznego do szumu S/N (signal to noise) jest polepszana przez stosowanie metod dekonwolucji. Ze względu na wysokie wartości współczynników odbicia w utworach cechsztynu dobrych efektów można spodziewać się w wyniku wykonania dekonwolucji minimum entropii MED.

Wsparciem dla wizualnej interpretacji formacji geologicznej są metody cyfrowej obróbki obrazów. Z otrzymanych rozkładów pseudoimpedancji akustycznej, jako bazy danych, buduje się obrazy i wizualizuje przekrój środowiska geologicznego. Detekcja niejednorodności litologiczno -facjalnych w budowie pokładu rozpoznawanego jako potencjalny zbiornik węglowodorów może być uzyskana w wyniku właściwej interpretacji obrazów sekcji pseudoimpedancji akustycznej.

1. Wstęp

Budowa podziemnych zbiorników w celu magazynowania substancji użytecznych, bądź składowania odpadów nabiera coraz większej wagi. Jako podziemne magazyny najczęściej służą do przechowywania węglowodorów ciekłych tj. ropy naftowej i produktów jej przetworzenia oraz gazowych, głównie gazu ziemnego. Zbiorniki te stanowią strategiczne zabezpieczenie przed przerwaniem dostaw surowców energetycznych, a tym samym zapewniają bezpieczeństwo energetyczne i zwiększają stabilność w aspekcie ekonomicznym i politycznym. Składowiska substancji szkodliwych rozpatrywane są jako miejsca gromadzenia dwutlenku węgla CO₂ [8] lub odpadów o wysokim stopniu radioaktywności HLW [12, 9].

Magazyny zlokalizowane w strukturach geologicznych muszą spełniać podstawowe warunki [11]. Wymagana jest ich bezwzględna szczelność oraz brak reakcji paliwa ze skałą otaczającą, stosunkowo niewielka głębokość występowania oraz duża pojemność i łatwość pozyskiwania

przechowywanych substancji. W tym aspekcie w świetle światowych doświadczeń zaznacza się przewaga magazynów kawernowych zlokalizowanych w złożach soli kamiennej nad innymi formami magazynowania. Magazyny kawernowe tworzone są metodą ługowania i stanowią ok. 9% magazynów na świecie. Magazyny te, są droższe od ulokowanych np. w wyeksploatowanych złożach ropy i gazu, ale mają wiele zalet. Nie wymagają obecności medium buforowego (pobór z kawern przez zatłaczanie solanki lub naturalny odbiór gazu pod ciśnieniem), oferują bardzo szybki i pełny odbiór paliwa. Sól wykazuje obojętność chemiczną wobec magazynowanych substancji (węglowodorów), więc nie zmienia ich parametrów, posiada bardzo niską przepuszczalność i jednorodność w dużych partiach złoża. Podstawowe wady tych magazynów wynikają z relatywnie wysokich kosztów inwestycyjnych i operacyjnych. Najpowszechniejsza (ok. 75% obiektów) na świecie i stosunkowo tania forma magazynowania węglowodorów (szczególnie gazowych) to zatłaczanie ich do wyeksploatowanych formacji geologicznych. Wykorzystywana jest wówczas naturalna porowatość bądź szczelinowatość skał. O opłacalności tych inwestycji decyduje głębokość zalegania złoża i koszt gazu buforowego, koniecznego do odzyskania zatłoczonego gazu aktywnego.

Inną możliwością podziemnego magazynowania jest przystosowanie do tego celu wyrobisk nieczynnych już podziemnych kopalń węgla, rud czy soli. Jest to wyjątkowo trudne, gdyż długotrwała eksploatacja górotworu zwykle znacznie zmienia jego strukturę. Z tego względu, takie zbiorniki mają znikome znaczenie.

Możliwe jest też magazynowanie węglowodorów, głównie gazu, w wybranych poziomach zawodnionych i wodonośnych, ale jest to kosztowne i stanowi poważne zagrożenie natury ekologicznej. W powyższym kontekście najkorzystniej jest lokalizować zbiorniki w wysadach solnych i solach pokładowych. W wysadach grubość soli sięga kilkuset metrów, lecz cechuje je bardzo skomplikowana budowa wewnętrzna, utrudniająca wykonanie wielu kawern i dokładne rozpoznanie. Mniej skomplikowaną budowę geologiczną mają pokładowe złoża soli kamiennej. Korzystne warunki do budowy takich kawern oferują miększe (pow. 100 m) złoża pokładowe soli kamiennej o jednorodnej i prostej budowie. W Polsce są to cechsztyńskie złoża soli w rejonie Zatoki Puckiej i monokliny przedsudeckiej oraz kompleksy cechsztyńskich soli kamiennych w wysadach solnych [1,7]. Ługowanie kawern w celu późniejszego przeznaczenia ich na podziemne magazyny, powinno być wykonywane w partiach złoża o jednorodnej wewnętrznej strukturze i poziomym lub prawie poziomym warstwowaniu. Występujące nieregularnie strefy z brekcjami anhydrytowymi oraz partiami soli porowatych i kawernistych wypełnionych m.in. solami wielokrystalicznymi w poważnym stopniu utrudniają lub uniemożliwiają takie zagospodarowanie soli. Warunkiem powodzenia takiego przedsięwzięcia jest dokładne rozpoznanie jego budowy wewnętrznej [5].

2. Syntetyczne sekcje pseudoimpedancji akustycznej

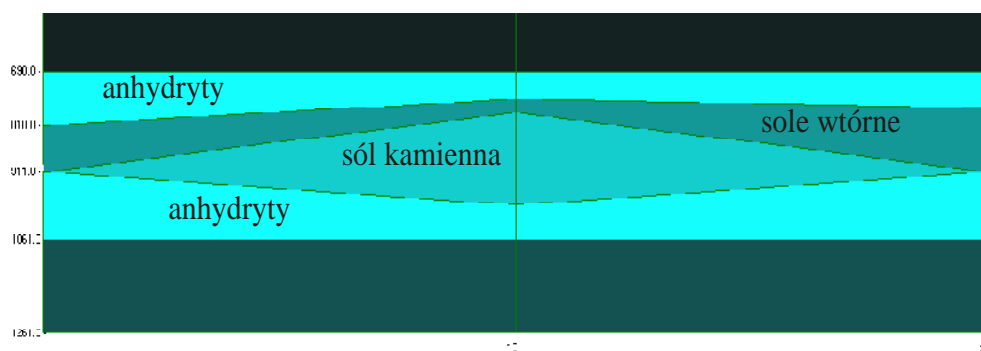
Perspektywiczne jest zastosowanie dla rozpoznawania niejednorodności budowy pokładów soli metody obliczania i interpretacji sekcji pseudoimpedancji akustycznej, nie stosowanej dotychczas w tym celu. Idea metody sięga wczesnych lat 80-dziesiątych [6]. W późniejszych latach była intensywnie rozwijana dla poszukiwań i rozpoznawania węglowodorów, gdzie okazała się być bardzo skuteczna. Parametry sprężyste, typowe dla cechsztyńskich złóż soli uzasadniają adaptację tej metody dla rozpoznawania pokładowych złóż soli. Zastosowanie metody obliczania i interpretacji sekcji pseudoimpedancji akustycznej dla rozpoznawania

niejednorodności budowy pokładów soli jest w pełni uzasadnione teoretycznie. W praktyce pojawiają się trudności wynikające z niespełnienia ściśle założeń teoretycznych związanych z ośrodkiem geologicznym, parametrami sygnału sejsmicznego [4] i szumem. Szum przypadkowy jest niezależny od czasu rejestracji. To oznacza, że jego poziom jest stały na całym czasie rejestracji, podczas gdy energia propagujących w ośrodku skalnym fal sprężystych znacznie maleje w miarę wzrostu czasu rejestracji. Sygnał użyteczny traci więc swoją energię, podczas gdy szum przypadkowy zachowuje stały poziom. Drastycznie więc w miarę wzrostu czasu rejestracji pogarsza się relacja wielkości stosunku sygnału użytecznego do zakłóceń S/N (signal to noise). Modelowania syntetycznych sekcji pseudoimpedancji akustycznej są ilustracją sposobu i jakości odwzorowywania się budowy geologicznej z uwzględnieniem wymienionych wyżej ograniczeń.

W prezentowanych modelowaniach na trasy syntetyczne opcjonalnie nakładano szum addytywny skorelowany z zakresem częstotliwości sygnału sejsmicznego oraz wykonywano dekonwolucję minimum entropii MED [14] przed procedurą inwersji syntetycznych sekcji sejsmicznych.

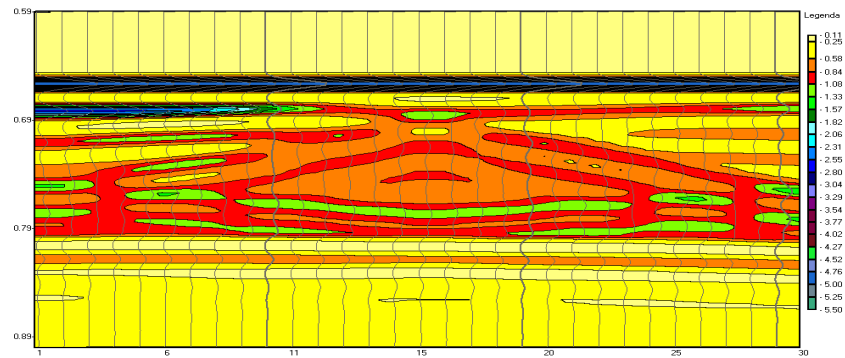
Model sejsmogeologiczny utworzono tak, aby ocenić efektywność interpretacji uwzględniając typowe zaburzenia jednorodności pokładów soli kamiennej. Występowanie soli wtórnych i anhydrytów w sąsiedztwie soli kamiennej uwzględniono poprzez wprowadzenie wartości sprężystości, typowych dla tych utworów cechsztynu.

Teoretyczny model sejsmogeologiczny formacji solnej przedstawiony jest na rysunku 1.

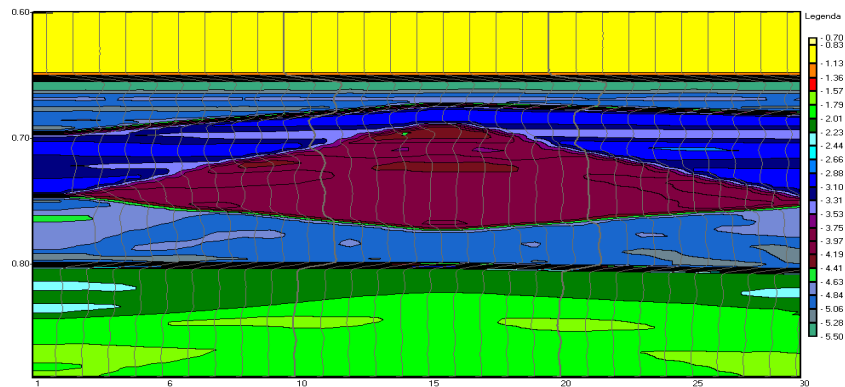


Rys. 1. Graficzna prezentacja modelu sejsmogeologicznego formacji solnej

Syntetyczne sekcje pseudoimpedancji akustycznej, generowane dla częstotliwości dominującej $f=40$ Hz i długiego sygnału ($f\beta=2$) bez uwzględnienia szumu i bez wykonanej procedury dekonwolucji MED przedstawione są na rysunku 2. Syntetyczne sekcje pseudoimpedancji akustycznej, generowane dla tych samych parametrów, ale po wykonaniu przed inwersją procedury dekonwolucji MED przedstawione są na rysunku 3.

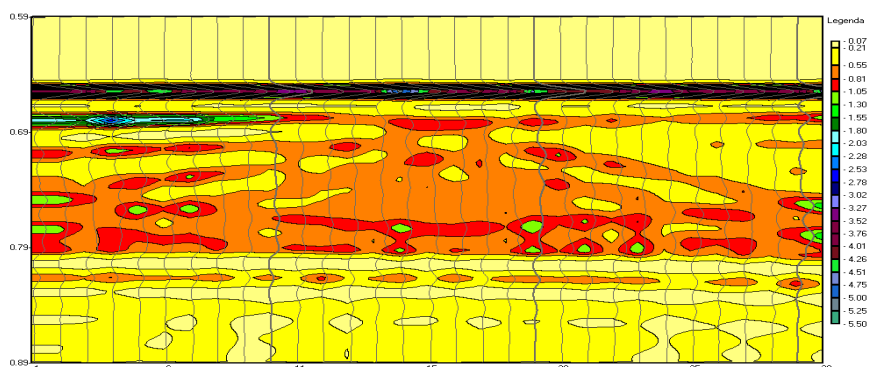


Rys. 2. Syntetyczna sekcja pseudoimpedancji akustycznej.
Parametry sygnału: $f=40$ Hz, $f/\beta=2$ (fragment)

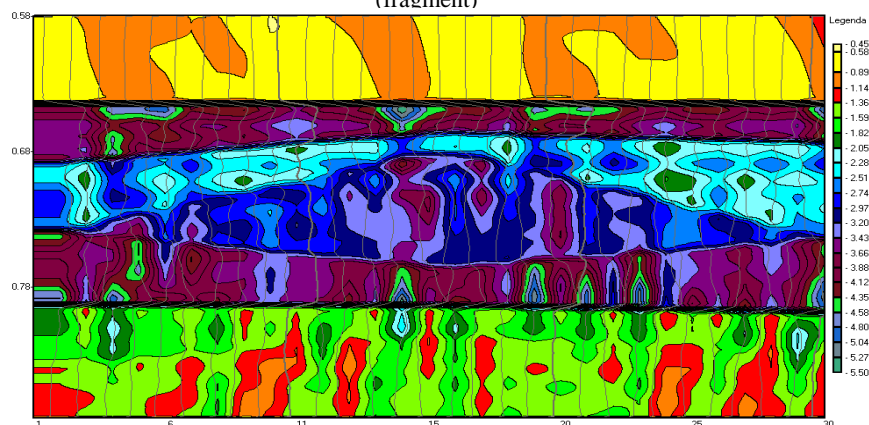


Rys. 3. Syntetyczna sekcja pseudoimpedancji akustycznej.
Parametry sygnału: $f=40$ Hz, $f/\beta=2$ dekonwolucja MED, (fragment)

Syntetyczne sekcje pseudoimpedancji akustycznej, generowane dla częstotliwości dominującej $f=40$ Hz i długiego sygnału ($f/\beta=2$) z uwzględnieniem szumu na poziomie 10% przedstawione są na rysunku 4. i rysunku 5., odpowiednio bez procedury dekonwolucji MED i po wykonaniu procedury dekonwolucji MED.



Rys. 4. Syntetyczna sekcja pseudoimpedancji akustycznej. Parametry sygnału: $f=40$ Hz, $f/\beta=2$ Szum 10% (fragment)



Rys. 5. Syntetyczna sekcja pseudoimpedancji akustycznej. Parametry sygnału: $f=40$ Hz, $f/\beta=2$ Szum 10% dekonwolucja MED, (fragment)

Formacja solna na syntetycznych sekcjach pseudoimpedancji akustycznej, dla których skalą pionową jest skala czasowa występuje w zakresie czasu 0,60 s – 0,80 s.

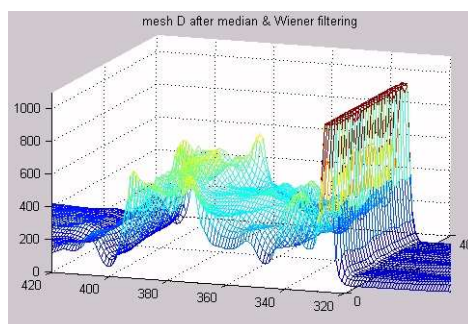
Wykonanie procedury dekonwolucji MED przed inwersją redukuje ujemne skutki długiego sygnału. Szum na poziomie 10% osłabia pozytywny wpływ wykonanej dekonwolucji MED, a w obecności wysokiego poziomu szumu efekt ten może być poważnie zredukowany. Trudności interpretacji przy niskim stosunku sygnału do zakłóceń S/N skłoniły do prób wspomagania interpretacji metodami przetwarzania i analizy obrazów [2, 3].

3. Przekształcenia macierzy obrazów syntetycznych sekcji pseudoimpedancji akustycznych

Wyniki uzyskiwane z symulacji są macierzami $[461 \times 30]$ elementowymi o wartościach typu całkowitego. Dla poszczególnych modeli mają charakter wartości względnych, czyli nie były one skalowane by interpretować wartości macierzy w postaci danych geofizycznych tj.

podwójnego czasu pionowego rejestracji fali odbitej, czy głębokości złoza oraz impedancji akustycznej.

W celu wyszukania prawidłowości, nie zakłóconych ekstremalnymi wartościami, całą macierz potraktowano, jako jeden zbiór, którego elementy posortowano w kolejności rosnącej i poddano filtracji percentylowej [2]. Ta operacja pozwala na wyszukanie w badanej macierzy elementów o wartościach ekstremalnych i odrzucenie ich by nie utrudniały tworzenia czytelnego obrazu. Elementy macierzy o wartościach przekraczające badany percentyl (5/95, 2/98 i 1/99%) zastąpiono wartościami odpowiadającymi wartości danego percentyla.



Rys. 6. Wizualizacja 3D przykładowej macierzy impedancji akustycznej, po normalizacji percentylowej dla modelu WS44s5

Dla opracowania symulowanych obrazów, wykorzystujemy przekształcenia przy pomocy filtrów kontekstowych [2, 10,13]. Polegają one na modyfikacji poszczególnych elementów obrazu w zależności od stanu ich samych i ich otoczenia. Operacje te opisywane są funkcjami splotu (3.1).

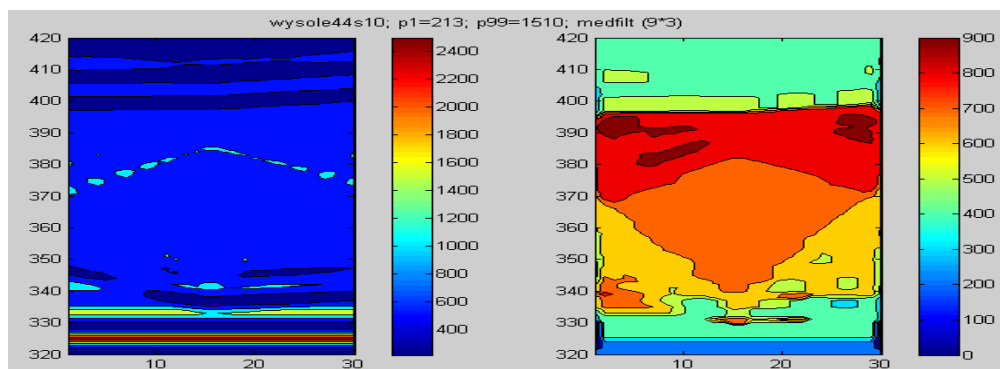
$$g(x) = f(x) * h(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x-t)h(t)dt \quad (3.1)$$

Oznacza to, że dla wyznaczenia jednego punktu obrazu przekształconego należy wykonać obliczenia dla wielu punktów obrazu źródłowego. W komputerowej analizie, reprezentacja pikselowa obrazu powoduje, że dziedzina funkcji $D(m,n)$ jest dwuwymiarowa i dyskretna. Splot funkcji ciągłych upraszcza się do formuły konwulucji (3.2) dla 2-wymiarowego dyskretnego obrazu.

$$D'(m,n) = W(m,n) * D(m,n) = \sum_{i,j \in K} D(m-i,n-j)W(i,j) \quad (3.2)$$

W naszym przypadku, aby filtracja usuwając zakłócenia nie niszczyła drobnych szczegółów i co najważniejsze krawędzi przetwarzanych obrazów stosujemy filtrację nieliniową, jaką jest filtr medianowy.

Dla przypadków o niskiej częstotliwości podstawowej sygnału sejsmicznego i wystąpieniu zakłóceń spowodowanych obecnością szumu przypadkowego obraz oryginału staje się mało czytelny. Jakość interpretacji poprawia filtracja medianowa o optymalnych dla tych warunków parametrach [3]. Efekty działania przedstawione są na rysunku7.



Rys. 7. Obrazy konturowe oryginału modelu WS44s10 i segmentacją z efektem optymalnej filtracji medianowej

Zastosowany w obróbce obrazów filtr Wiener'a określa lokalną wartość średnią i wariancję wokół każdego piksela obrazu wg poniższych wzorów:

$$\mu = \frac{1}{N \cdot M} \sum_{n_1, n_2 \in \eta} a(n_1, n_2)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{N \cdot M} \sum_{n_1, n_2 \in \eta} a^2(n_1, n_2) - \mu^2 \quad (3.3)$$

gdzie:

η - jest $N \cdot M$ lokalnym otoczeniem (sąsiedztwem) każdego piksela obrazu A.

Nowa wartość piksela obrazu przefiltrowanego B otrzymuje wartość wg poniższego wzoru:

$$b(n_1, n_2) = \mu + \frac{\sigma^2 - v^2}{\sigma^2} (a(n_1, n_2) - \mu) \quad (3.4)$$

gdzie:

v^2 jest wariancja szumu. Jeśli wariancja szumu nie jest dana, do filtracji używa się średniej wartości wariancji wszystkich wartości lokalnych wariancji otoczenia.

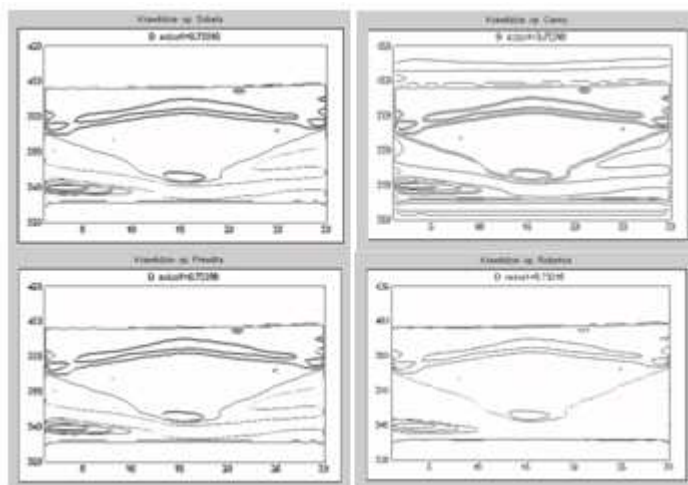
4. Segmentacja obrazów i wyszukiwanie krawędzi

Wizualna reprezentacja informacji zawartej w obrazie charakteryzuje się wysokim poziomem nadmiarowości. Zatem często przy analizowaniu treści obrazów pomija się własności pojedynczych pikseli i bada własności większych struktur złożonych z jednorodnych w jakimś sensie obszarów. Odpowiednie wydzielenie tych struktur nosi nazwę segmentacji. Identyfikowanie obszarów obrazu, których wygląd jest jednolity dla obserwatora nosi nazwę segmentacji obrazu i procesy te były stosowane w obróbce obrazów analizowanych na potrzeby opracowania.

Główny nacisk w przetwarzaniu obrazów został położony na wyszukiwanie krawędzi obrazów po procesie segmentacji. Po transformacji obrazów do postaci jednobarwnych

(czarno-białych z odcieniami szarości; 256 poziomów), krawędź identyfikowano z przejściem od obszaru ciemnego do jasnego lub na odwrót. W literaturze często możemy natknąć się na definicje krawędzi jako granicy pomiędzy dwoma obszarami o różnych jasnościach. Większość metod detekcji brzegów bazuje na wyznaczeniu lokalnych pochodnych obrazu (tzw. operatorów gradientowych). W przypadku obrazu traktowanego jako tablica liczb - gradient może być w przybliżeniu wyznaczony jako różnica wartości dwóch sąsiednich punktów. Wykonuje się to praktycznie dzięki zastosowaniu tzw. operatorów (inaczej masek), które pozwalają na wyznaczenie gradientów w wybranych kierunkach.

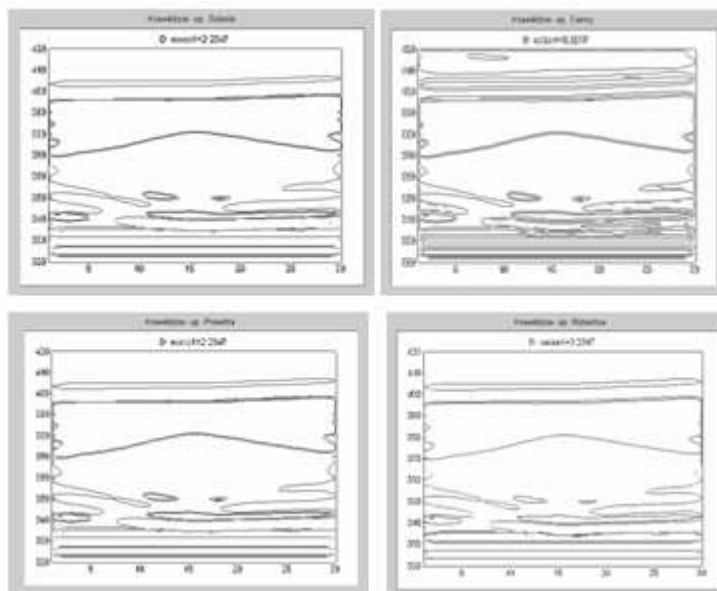
Jedną z metod wyszukiwania krawędzi jest wykorzystanie aproksymacji Sobel'a do obliczenia pochodnej. Funkcja zwraca krawędzie w punktach, gdzie gradient obrazu jest maksymalny. Po zróżniczkowaniu sygnału wystarczy wykorzystać odpowiedni próg detekcji podczas binaryzacji i otrzymujemy obraz krawędzi. Im niższa wartość progu detekcji (tzn. mniejsza różnica między poziomami szarości) tym więcej elementów zostanie zakwalifikowanych jako krawędzie. Trzeba tak dobrać ten parametr indywidualnie do każdego obrazu, aby obserwować jak najmniejszy stopień wykrywania fałszywych krawędzi. Czasami istnieje potrzeba niewykrywania wszystkich krawędzi tzn. np. interesuje nas jeden większy element rysunku a reszta to szczegóły. W takim wypadku możemy celowo podwyższyć wartość progu detekcji. Powyższe rozważania o progu detekcji odnoszą się w zasadzie do wszystkich metod gdzie występuje ten parametr. Inne wykorzystywane aproksymacje tj. Prewitt'a i Roberts'a były badane i skuteczność ich można porównać na przykładowych poniższych (rys. 8.) obrazach. W metodzie z wykorzystaniem filtru Laplaca-Gaussa znajduje się krawędzie poprzez szukanie przejść przez zero po filtrowaniu obrazu filtrem Laplaca-Gaussa.



Rys. 8. Obrazy modelu bez szumu WS44 po procesie segmentacji i wyszukiwania krawędzi przy zastosowaniu filtracji wg algorytmu Sobel'a, Canny'ego, Prewitt'a i Roberts'a

W metodzie Canny znajduje się krawędzie przez szukanie maksimum lokalnych gradientu obrazu. Do obliczenia gradientu używa się pochodnej filtru Gaussa. Metoda używa dwóch progów, żeby wykryć „silne” i „słabe” krawędzie. „Słabe” krawędzie są w obrazie wynikowym tylko wtedy, gdy są połączone z „silnymi”. Ta metoda jest odporniejsza od pozostałych na wykrywanie nieprawdziwych krawędzi, natomiast dobrze wykrywa słabe krawędzie w porównaniu z pozostałymi metodami.

Dla porównania efektów procesu segmentacji obrazu i wyszukiwania krawędzi, oprócz modelu WS44, który był modelem bez symulacji szumów, załączono obrazy ilustrujące w/w procesy dla obrazów z szumami (wybrano średni poziom szumów $s=10\%$). Przedstawia to rysunek 9.



Rys. 9. Obrazy modelu WS44s10N z szumem $s = 10\%$ po procesie segmentacji i wyszukiwania krawędzi, przy zastosowaniu filtracji wg algorytmu Sobel'a, Canny'ego, Prewitt'a i Roberts'a

5. Podsumowanie i wnioski

Wyniki, generowane z modeli, potwierdzają skuteczność procedury dekonwolucji minimum entropii MED dla eliminacji zaburzeń powodowanych długim czasem trwania sygnału. Jednakże w przypadku współistniejącego wysokiego poziomu szumu przypadkowego, efekt poprawy rozdzielczości może być niewystarczający.

Wprowadzane w modelu teoretycznym zakłócenia pogarszające warunki identyfikacji zmian litologicznych powinny podlegać rozpoznaniu pod względem rozszerzonej gamy innych rodzajów filtracji. Wyniki modelowań syntetycznych sekcji, wykonane dla danej konfiguracji geologicznej złoża soli z uwzględnieniem wtrąceń anhydrytu i soli wtórnych jest skutecznym materiałem do doboru parametrów obróbki obrazów syntetycznych sekcji pseudoimpedancji akustycznych.

Informatyczne metody wyszukiwania krawędzi mające na celu wzrost precyzji określenia przebiegu granic pomiędzy różnymi typami litologicznymi soli cechsztyńskich przy zastosowaniu filtracji wg algorytmu Sobel'a, Canny'ego, Prewitt'a i Roberts'a mają nowatorski charakter zastosowania.

Metoda Sobel'a jest czuła na tworzenie tzw. krawędzi pozornych, które są nie istotne z punktu widzenia naszej filtracji. Wprowadzenie dobieranego doświadczalnie progu detekcji rozwiązuje częściowo ten problem i pozwala wnioskować na przyszłość o poziomie czułości detekcji przy analizie obrazów z terenowych badań.

Metoda Canny wyszukuje maksima lokalne gradientu obrazu, używając pochodnej filtru Gaussa. Metoda wykrywa „silne” i „słabe” krawędzie, które są wzajemnie połączone. Algorytm Canny jest odporniejszy od pozostałych na wykrywanie nieprawdziwych krawędzi, i lepiej wykrywa „słabe” krawędzie w porównaniu z pozostałymi algorytmami.

Otrzymane wyniki sugerują przydatność narzędzi obróbki obrazów w opisanym zastosowaniu i sugerują kontynuację prac w kierunku doboru parametrów przetwarzania oraz rozszerzenia rozpoznania w zakresie innych konfiguracji złoża i formacji geologicznych.

Literatura:

- [1] Czapowski G., 2006 - Geologia permskich struktur i złóż solnych w Polsce – aktualny stan wiedzy i perspektywy zagospodarowania, *Przegląd Geologiczny*, vol 54: s. 301-302.
- [2] Figiel W., Kawalec-Latała E., 2008 - Zastosowanie analizy i przetwarzania obrazów do interpretacji syntetycznych sekcji pseudoimpedancji akustycznej. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, t. 24, z. 2/3, s. 371–385.
- [3] Figiel W., Kawalec-Latała E., 2009 - Context and adaptive transformation applied to interpretation of acoustic pseudoimpedance images of rocky surroundings., *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, t. 25, z.3, s. 273–288.
- [4] Kawalec-Latała E., 2008 - The influence of seismic wavelet on the resolution of pseudoimpedance section for construction of underground storage — Wpływ sygnału sejsmicznego na rozdzielczość sekcji pseudoimpedancji akustycznej w rejonie budowy podziemnych magazynów *Gospodarka Surowcami Mineralnymi Mineral Resources Management* 2008 t. 24 z. 2/3 s. 387–397.
- [5] Kawalec-Latała E., Markiewicz A., 2007 - Zastosowanie syntetycznych sekcji pseudoimpedancji akustycznej do odwzorowania geologii w rejonie potencjalnej budowy kawernowego magazynu węglowodorów w soli Na1 NW części LGOM. [W:] *Mater. ZSMGiG, Nr XXX, Geotechnika i Budownictwo Specjalne*, s. 315-324.
- [6] Lindseth R., 1979 - Synthetic sonic logs - a process for stratigraphic interpretation. *Geophysics*, 44, s. 3-26.
- [7] Pieńkowski G., Wagner R., 2006 - Magazynowanie węglowodorów w strukturach solnych PROJECT NATO – CCMS – oferta dla Polski, Europy i NATO, Konferencja Paliwowo-Naftowa, Uniwersytet Warszawski 22-23 marzec.
- [8] Poborska-Młynarska K., 2006 - Wstępna ocena możliwości sekwestracji CO₂ *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, tom 24 - zeszyt 3/2, s. 55-62
- [9] Pushch R., 2008 - *Geological Storage of Radioactive Waste*, Springer.
- [10] Rudnicki Z., Figiel W., 2006 - Komputerowa analiza i kompensacja zakłóceń obrazów powierzchni tarcia ślizgowego *Zagadnienia Eksploatacji Maszyn*, vol. 41 z. 2 s. 171–183.
- [11] Stopa S. Rychlicki P. Kosowski P., 2006 - Rola podziemnego magazynowania gazu w kawernach solnych CO₂ *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, tom 24-zeszyt 3/2, s. 11-22.
- [12] Ślizowski K., 2006 - Możliwości zagospodarowania podziemnych złóż i struktur solnych w Polsce na składowisko odpadów promieniotwórczych, *Przegląd Geologiczny*, 54, s. 314.
- [13] Tadeusiewicz R., Korohoda P., 1997 - Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów, WFPT, Kraków .
- [14] Wiggins R.,A. 1978 Minimum Entropy Deconvolution, *Geoexploration*, vol.16, 21-35.

Acoustic pseudoimpedance synthetic section resolution of salt formation and its recognition for construction of underground reservoir

Key Words:

underground storage, rock salts, acoustic pseudoimpedance, data analysis and visualisation, context and adaptive transformation of images, image edge detection, inhomogeneity detection

Abstract

Rocks salt deposits with homogenous inner structure are attractive localisation for hydrocarbon underground reservoir. Surface seismic measurement methods are economic source of essential geologic information. The inversion of seismic section permits to get approximate distribution of rocks environment acoustic impedance, projecting geologic formation. Interpretation of acoustic pseudoimpedance section with poor seismic signal parameters and low signal to noise ratio S/N is improved by deconvolution process. The high reflection coefficient, typical for Zechstein rocks salts, suggests good results with application of minimum entropy deconvolution method MED.

Computer methods of image processing are supporting visual interpretation of geologic formation. The images of geologic environment and their visualisation are constructed from database of acoustic pseudoimpedance distributions. The face lithology inhomogeneity detection, for stratum identification as potential underground hydrocarbon reservoir or waste storage, may be obtained in process of proper interpretation of acoustic impedance section images.