Modelowanie powierzchni z wykorzystaniem programu Petrel

I. Geometria siatki, wyszukiwanie danych, interaktywna edycja danych

Bartosz Papiernik

Katedra Surowców Energetycznych Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

AGH

KRAKÓW Kwiecień 2008

Do opracowania wykładu wykorzystano fragmenty przygotowywanej pracy doktorskiej autora W partiach dotyczących zastosowania programu Petrel wykorzystano rysunki pochodzące z elektronicznej pomocy programu Petrel2007 Wykorzystywane do przygotowania wykładu programy Petrel 2007, Eclipse 100, zostały przekazane na WGGiOŚ AGH jako darowizna przez firmę Schlumerger Logelco Inc. Materiały nie mogą być powielane bez zgody autora

Geomodelowanie

Przedstawienie zmienności geologicznej w trzech wymiarach

Do najważniejszych etapów tworzenia modelu należ**y** opracowanie osnowy stratygraficznej (*framework*) odzwierciedlającej ukształtowanie strukturalne i miąższościowe obszaru badań



Zadanie to jest osiągane w wyniku składania "komputerowych map powierzchni" (*surfaces*) mających postać regularnych siatek interpolacyjnych (tzw. grid 2D)

Geomodelowanie

Kolejny kluczowy etap modelowania to stworzenie trójwymiarowego, warstwowanego - statycznego, modelu zmienności własności litologicznych i petrofizycznych obszaru badań oraz jego nasycenia płynami złożowymi.



Także ten etap pomimo pozornie znacznie większej złożoności oparty jest na tych samych podstawach – obliczaniu regularnych siatek interpolacyjnych. Procedura ta w zasadzie odbywa się wzdłuż kolejnych wydzielonych w modelu warstw, powodując że otrzymany wynik jest w istocie zbiorem gridów 2D złożonych w grid 3D

Modelowanie powierzchni kluczem do zrozumienia Geomodelowania ?

Powyższe stwierdzenia wskazują, że aby zrozumieć metodykę przestrzennego modelowania z wykorzystaniem programu Petrel - do etapu opracowania modelu własności (*Property Model*) niezbędne a co najmniej bardzo przydatne jest zrozumienie procedur estymacji powierzchni (grid 2D)

W Petrelu 2007 narzędzie umożliwiające modelowanie powierzchni ukryte jest zakładce Utilities, panelu Process.

Procedura modelowania powierzchni jest uruchamiana poprzez wybór opcji Make/Edit Surface



Procedura "Make Surface" zakładka "Execute" Wybór danych wejściowych: Grid 2D wykonany w innych programach, np. ZMAP+, CPS-3, EarthVision, Irap

Points data (dane punktowe) -

pochodzą ze źródeł zewnętrznych lub są uzyskane w wyniku interpretacji w Petrelu (np. stropy wydzieleń stratygraficznych, miąższości, średnie porowatości, prędkości średnie itp.)

Scyfrowane kontury z map archiwalnych, zapisane jako pliki XYZ lub zapisane do pliku kontury Petrela
Dane położone wzdłuż trawersów, np. wyniki interpretacji sejsmiki 2D – 3D

Suggest method and settings

Użytkownik deklaruje używany rodzaj danych, (np. interpretacja sejsmiki 3D, scyfrowane kontury, nierównomiernie rozrzucone dane punktowe)

Wprowadzenie uskoków i granicy

Granica (Boundary) (format pliku Project Boundary)) Zamknięty wielobok!!!

Uskoki (formaty plików Fault centerlines, Fault Polygons, Other). Każda linia ma indywidualny numer (ID). Wartość Z jest opcjonalna



Geometria:

Użytkownik deklaruje rozmiar siatki interpolacyjnej (lewy dolny róg i prawy górny róg) oraz jej "gęstość" (Xinc and Yinc)

Parametry te można uzyskać z istniejących siatek lub danych wejściowych ("klawisze" Get from limits from selected lub Get all settings from selected)

Expand - Shrink powodują odpowiednio szybkie powiększenie/pomniejszenie siatki

Boundary – Pozwala automatycznie automatycznie utworzyć wielobok "graniczny" *(boundary)* dookoła siatki

Zakładka Geometry (Geometria siatki)



Schemat procedury estymacji regularnej siatki interpolacyjnej (wg. Davis 1986) A) Na zbiór nieregularnie rozprzestrzenionych dany ch wejściowych; B) nakładana jest regularna siatka interpolacyjna (NSI); C) w poszczególnych węzłach RSI na podstawie danych wejściowych z otoczenia obliczana jest wartość Z; D) procedura obliczeniowa jest powtarzana do chwili gdy wszystkie węzły RSI mają obliczoną wartość Z.

Grid 2D

Zasadnicze etapy obliczania typowej prostokątnej RSI (grida) obejmują:

Zlokalizowanie danych wejściowych w prostokątnym układzie współrzędnych **(A)**

Wyznaczenie RSI (grida) składającej się z tzw. węzłów (grid nodes) **(B).**

Siatce nadawane są podstawowe parametry geometryczne – wyznaczane naroża (Xmin, Ymin oraz Xmax, Ymax) oraz są określane odległości pomiędzy węzłami siatki, tzw. spacjowanie siatki interpolacyjnej (grid increment, grid spacing). Spacjowanie jest stałe na całym obszarze modelu, a utworzone węzły układają się w poziome rzędy (grid rows) i pionowe kolumny (grid columns).



Schemat procedury estymacji regularnej siatki interpolacyjnej (wg. Davis 1986) A) Na zbiór nieregularnie rozprzestrzenionych dany ch wejściowych; B) nakładana jest regularna siatka interpolacyjna (NSI); C) w poszczególnych węzłach RSI na podstawie danych wejściowych z otoczenia obliczana jest wartość Z; D) procedura obliczeniowa jest powtarzana do chwili gdy wszystkie węzły RSI mają obliczoną wartość Z.

Grid 2D

Zasadnicze etapy obliczania typowej prostokątnej RSI (grida)), c.d.:

W każdym z węzłów RSI na podstawie danych wejściowych z otoczenia obliczana jest wartość Z **(C)**.

Po zakończeniu obliczania RSI **(D)** można wykreślić mapę (w formie mapy konturowej z wypełnieniem barwnym bądź mapy przedstawiającej zmienność w formie grafiki rastrowej (*mosaic*) (Davis 1986, Swan, Sandilands 1996).

Grid - rozdzielczość

Rozdzielczość map opartych na RSI jest ściśle uzależniona od:

- ich skali,
- ilości i przestrzennej dystrybucji danych wejściowych
- oczekiwanej zgodności modelu z danymi wejściowymi.

Wymienione czynniki decydują jak duże spacjowanie RSI, należy dobrać dla konkretnej siatki (małe spacjowanie /gęsty grid/ = mapa szczegółowa, duże spacjowanie /rzadki grid/ = mapa trendu).

Teoretycznie, zadowalającą zgodność modelu z danymi może zapewnić spacjowanie nie większe niż ¹/₂ odległości pomiędzy najbliżej położonymi danymi wejściowymi. W praktyce jednak tak dobrane spacjowanie jest na ogół zbyt małe.

Grid - rozdzielczość

W przypadku danych punktowych, ze względu na nierównomierne, często skupione rozkłady wierceń zastosowanie zbyt gęstej RSI może "dezintregrować" mapę zaciemniając jej geologiczną treść, kosztem pozornej (statystycznej) dokładności



Grid – rozdzielczość (cd)

W przypadku **danych ułożonych wzdłuż trawersów** zastosowanie zbyt gęstej RSI również może prowadzić do niskiej jakości modelu



J 3. Porównanie map wycinków map czasowych horyzontu wiązanego ze stropem jury (niecka Miechowska), obliczonych z zastosowaniem algorytmu Line Gridding. A) Standardowe (default) parametry grida (spacjowanie 50 x 50m); B.) Zoptymalizowane parametry grida (m.in spacjowanie 200 x 200m).

Ćwiczenie -1 Gęstość siatki interpolacyjnej, a jakość modelu (wizualizacja w oknie 3D)

Dane: Wyniki interpretacji sejmiki *kreda1-niezgodnosc-N.DAT* uskoki : *USKOKI-CENOMAN.DAT*.

- W celu zrobienia pierwszej wersji ćwiczenia zastosować standardowe ustawienia algorytmu *Convergent Intrepolation*
- W zakładce Geometria, pobrać rozmiary z danych wejściowych i ustawić grid increment na:
 - A) 50 m Surface 50 (Copy-->paste). Wstępnie ocenić wynik i poprawić ustawienia uskoków w zakładce (Algorytm)
 - *B)* 500m Surface 500 (Copy-->paste)
 - C) 200 m Surface 500 (Copy-->paste)

Nie dowiązywać sejsmiki (b. czasochłonne) Porównać wyniki interpretacji

D) Zastosować nierówny **increment np** 50 * 200. Co się stanie??

Techniki wyszukiwania a wynik modelowania Wyszukiwanie N najbliższych punktów

Wyszukiwanie promieniem R

Wyszukiwanie N punktów w n sektorach

Wyszukiwanie promieniem **R** w **n** sektorach

Wyszukiwanie metodą Naturalnego Sąsiada (*Natural Neighbour*) wyszukiwanie i zarazem technika obliczania (*algorytm*)

Wyszukiwanie kierunkowe i odległościowe (wstęp do *obliczenia semiwariogramu eksperymentalnego*)



Techniki wyszukiwania, a wynik modelowania

Ponadto w procedurze obliczeniowej programy mogą brać pod uwagę także brać pod uwagę wszystkie dane wejściowe – *Global Searching* (np. *Polynominal trend, Weighted Average*) lub tylko punkty położone najbliżej węzła RSI (*Closest*). Do procedury wyszukiwania można również wprowadzić tzw. wspłóczynik



Techniki wyszukiwania, a wynik modelowania

Ćwiczenie 2 <u>Promień wyszukiwania - wpływ na</u> <u>wynik interpolacji</u>

Dla stropu cenomanu (dane typu Well Tops: Cenoman.csv)w domenie głębokościowej lub czasowej policzyć grida wykorzystując algorytm Moving Average
A) Bez określenia Max Search Radius
B) Max search radius 2000 m
C) Max search radius 10000 m
D) Max search radius 50000 m
Jakie widzisz różnice ??

Ćwiczenie 3 - Anizotropia

Dla stropu cenomanu (dane typu *Well Tops: Cenoman.csv*) w domenie głębokościowej lub czasowej policzyć grida wykorzystując algorytm **Moving Average** (ustawienia standardowe)

Zmień parametry Orientation i Range, dezaktywując parametr Max Search Radius

A) Wybierz orientację - 45 i Major/Minor ratio ok 2

B) Wybierz orientację 45 Major/Minor ratio ok 2

C) Wybierz orientację- 45 Major/Minor ratio ok 5

Zakładka Algorithms (algorytmy)

Method:	Convergent interpolation
Seti	Isochore interpolation Minimum curvature interpolation Minimum curvature using dip and azimuth Moving average interpolation
🗶 ZA 🎓 Fa Influ	Kriging interpolation Kriging by Gslib Cos expansion interpolation Functional interpolation Sequential Gaussian simulation Assign to closest point Artificial algorithms Surface resampling Neural net
🧼 Dip Se	and azimuth data o None

Ćwiczenie 4 Ocena możliwości wprowadzenia dyslokacji

- Dla stropu cenomanu (dane typu Well Tops: *Cenoman.csv*) i uskoki USKOKI-CENOMAN.DAT), siatki o spacjowaniu 200m x200m liczymy mapy stosując różne algorytmy
- A) Proszę ocenić wpływ dyslokacji dla poszczególnych algorytmów
- B) Proszę wykonać mapę stropu cenomanu w domenie czasowej z wykorzystaniem algortymu Convergent Grider z uskokami i bez. Ocenić różnicę

Zakładka Algorithms (algorytmy)

Istnieje wiele odmian algorytmów m.in. wyróżniamy tzw. algorytmy dokładne i przybliżone, stochastyczne i deterministyczne, wykorzystujące triangulację (*Triangle based methods*), oparte na pomiarze odległości (*Distance based methods*), czy też dopasowaniu funkcji (*Fitted function methods*);



Zakładka Pre-processing

Stosowana do wstępnego przygotowania danych wejściowych zapisanych jako poligony z określoną wartością Z, np. scyfrowane kontury





Częściej stosowaną procedurą pre-procesingu jest wykorzystanie "powierzchni trendującej" (Trend Surface) . Wykorzystanie trendu jest szczególnie przydatne w przypadku obliczania mapy na podstawie danych o małej liczebności. Jednakże poprawne merytorycznie rozwiązanie można w ten sposób osiągnąć tylko wtedy gdy kartowany parametr wykazuje związek z parametrem trendującym, np. sterowanie rozkładu porowatości pogrążeniem stropu warstwy może pomóc wychwycić poprawne trendy kompakcyjnej utraty porowatości.

Zakładka Post-processing.



Smooth (gładzenie)

Zakładka umożliwia wygładzenie obliczonej powierzchni filtrem. Istnieje wiele odmian filtrów gładzących. Ich działanie jest zbliżone lub identyczne jak działanie filtrów stosowanych do obróbki fotografii. W zakładce *Post-processing* nie można zadeklarować "szerokości,, filtra tylko ilość iteracji gładzenia (więcej iteracji bardziej gładki model)

Clipping

Użytkownik decyduje czy wartości Z modelu będą niezmienione (Unchanged), ograniczone (Truncated) do określonych wartości Min i Max. Istnieje również możliwość wyeliminowania węzłów (Eliminate), w których Z przekracza Min - Max

Przykład interaktywnego filtrowania Powierzchni (*Surface/Horizon*) z wykorzystaniem filtra o średnicy 3 węzłów grida





A) Seen from above

Zakładka Well Adjustment

🤧 Well tops: 🔿	🐼 Top Tarbert (*	Well Tops)	Wykor	zystany pl
S Attribute:	zĮ Z		💟 kolun	nna Z
Settings ———			=#	
🔘 None				
🔘 The cell penetr	ated by the wells onl	,		
Clabel adjusters	🔲 Use influ	ence radius:	899 22	
🕑 Giobal adjustine	ent 🖸 Coo mila	onee radius.		
Residual su	rface by: Converger	nt	× ?	
Residual su	rface by: Converger ting: Inverse dia	nt tance square	✓ ?	
Residual su Point weigh	rface by: Converger ting: Inverse di ells penetrated by a	nt Itance square well accurate	✓ ?	
Point weigh	rface by: Converger ting: Inverse di ells penetrated by a ents for missing well I	nt Itance square well accurate ops here.	d v ?	
Residual su Point weigh Correct all c No adjustme	rface by: Converger ting: Inverse di ells penetrated by a ents for missing well I Md inc:	nt tance square well accurate ops here. 10 Thre	2 d 2 shold: 25	
Residual su Point weigh Correct all c No adjustme	rface by: Converger ting: Inverse dia ells penetrated by a ents for missing well I Md inc: gs: I Use radius:	tance square well accurate ops here. 10 Thre 400 Tole	shold: 25]

Idea estymacji regularnej siatki sprawia, że model taki nigdy nie odpowiada w 100 % wartości danych . Zwiększenie dokładności dowiązania profili otworów do danych wymaga zastosowania procedury *Well adjustment*

Ustawienia (settings)

Pozwalają określić sposób dowiązania otworów: Żaden

Tylko komórki penetrowane przez odwierty

Globalne dopasowane (opcjonalnie można określić promień oddziaływania)

Narzędzia umożliwiające interaktywną edycję (*Edit surface*)







Narzędzia umożliwiające interaktywną edycję (Edit surface)

Narzędzia widoczne z prawej strony ekranu po wybraniu procesu Edit surface

Smooth area- gładzenie obszaru Æ,

K

₹⁄

K.

- Peak Remover- usuwanie struktur lokalnych
- Drag Z-value- umożliwia interaktywne przeciąganie wartości grida 2D
- =/ : Set Z-value- przypisanie do węzłów wartości Z wpisanej w edytorze
- Add Z-value dodanie wyspecyfikowanej wartości do węzłów grida 2D
- Subtract Z-value- odjęcie wyspecyfikowanej wartości od węzłów grida 2D -/

Narzędzia umieszczone na dole ekranu:

- Z-value- wartość aplikowana po wybraniu narzędzi Set Z-value, Add Z-value and Subtract Z-value Z= 3 Decreases the Z-value zmniejszanie wartości Z-Value o wielkość ustawioną w oknie Inc 0 Increases the Z-value zwiększanie wartości Z-Value o wielkość ustawioną w oknie Inc Ø
 - Increment- ustawia przedział wzrostu lub zmniejszenia wartości Z value. 1
 - -Influence radius- promień oddziaływania narzędzi edycji (ilość węzłów grida 2D)
 - Smooth Profile- granice wprowadzonych zmian są wygładzone
- ⊼ ¦t × Linear Profile wprowadzone wartości liniowo wtapiają się w otoczenie
 - Box Profile- wprowadzone wartości w ostry sposób odcinają się od otoczenia.
 - Full Tension- bardziej lokalny sposób gładzenia
 - Minimum Curvature- szersze (biharmoniczne) gladzenie powierzchni

Grid 2D - Regularna Siatka Interpolacyjna Podsumowanie

Wydaje się, że o powszechnym wykorzystaniu RSI w kartografii naftowej decydują przede wszystkim następujące ich cechy:

- zastosowanie odpowiednio dobranych algorytmów estymujących w trakcie obliczania RSI
- umożliwia zastosowanie nie tylko interpolacji wartości ale także ich ekstrapolację na obszary nie kontrolowane danymi;
- w zależności od wykorzystanej techniki przetwarzania wynik modelowania może odwzorowywać szczegółowo zmienność lokalną, bądź przybliżać zasadnicze cechy rozkładu kartowanego parametru (trendy);
- modele RSI o takiej samej geometrii mogą być poddawane złożonym wielostopniowym operacjom arytmetycznym obejmujących nawet kombinacje wielu modeli;
- na podstawie RSI można w łatwy sposób dokonać obliczeń obejmujących cały model (grid statistic) lub jego wskazane wycinki (volumetrics).

Ćwiczenie 5 Interaktywna edycja

- Wczytaj na ekran mapę otrzymaną w ramach ćwiczenia 4,
- W zakładce procesy wybierz Utilities-→ Make/edit surface
- Spróbuj lokalnie wygładzić strukturę
- Usunąć strukturę lokalną
- Spróbuj wprowadzić na mapę strukturę dodatnia lub ujemna kształcie napisu AGH