

Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie

# Geostatystyka – modelowanie prawdopodobieństwa przekroczenia wartości krytycznej

Zastosowanie GIS w badaniach przyrodniczych, Ćwiczenie 15

Na podstawie materiałów szkoleniowych ESRI.  
Wyłącznie do użytku wewnętrznego AGH.

2021-10-26

## Wprowadzenie

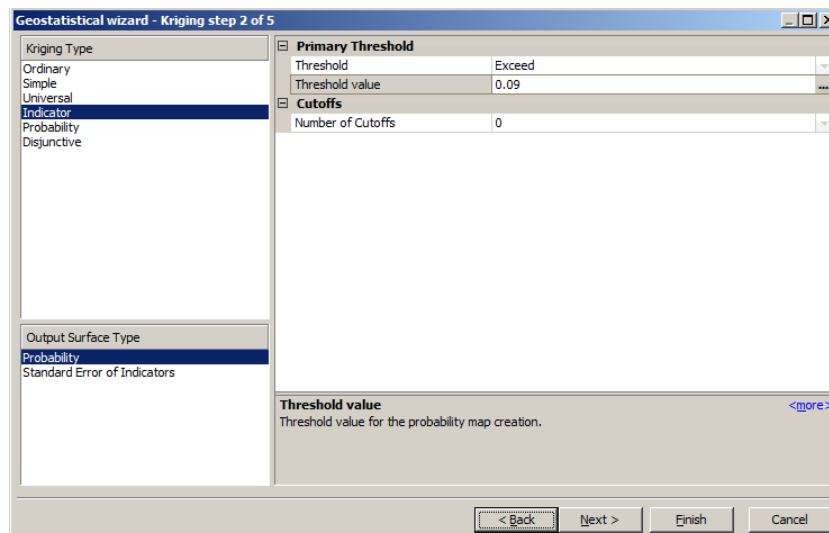
Jeśli nie wykonałeś dotąd poprzednich etapów ćwiczenia z działu Geostatystyka, wróć teraz do nich.

W trakcie identyfikacji obszarów o niebezpiecznej zawartości ozonu w atmosferze, poza samą mapą prognozy zawartości ozonu, konieczne jest uwzględnienie niepewności przewidywań. Załóżmy, że krytyczna, progowa zawartość ozonu wynosi 0,09 ppm i chcemy ustalić, czy jakieś miejsca przekraczają tę wartość. W określonym miejscu przewidywana wartość może wynosić np. 0,1 ppm, ale ze względu na niepewność związaną z tą prognozą, prawdziwa wartość ozonu może wynosić 0,07-0,12 ppm. Aby ułatwić proces podejmowania decyzji, możemy użyć *Geostatistical Analyst* w celu określenia prawdopodobieństwa zdarzenia polegającego na przekroczeniu przez zawartość ozonu pewnego wyznaczonego progu.

*Geostatistical Analyst* oferuje wiele metod, które umożliwiają wykonanie tego zadania. W tym ćwiczeniu wykorzystamy **kriging wskaźnikowy** (*indicator kriging*). Jego metodyka nie wymaga, aby zbiór danych był zgodny z określonym rozkładem. Wartości danych są przekształcane do postaci binarnej (0 i 1) w zależności od tego, czy wartości danych są poniżej czy powyżej zdefiniowanego progu. Jeśli zostanie użyty próg wynoszący 0,09 ppm, lokalizacjom z zawartościami ozonu poniżej progu zostanie przypisana wartość „0”, podczas gdy miejscom z wartościami powyżej progu zostaną przypisane wartości „1”. Kriging wskaźnikowy używa następnie modelu semiwariogramu, który jest obliczany na podstawie zbioru danych z wartościami 0-1.

### 1. Kriging wskaźnikowy

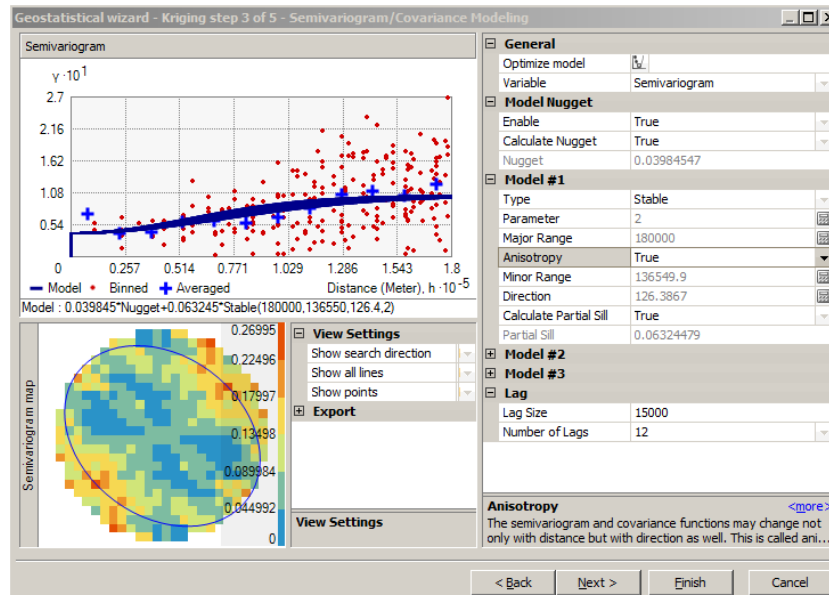
- 1.1. Jeśli zamknąłeś poprzednią sesję *ArcMap*, uruchom program ponownie i otwórz plik projektowy *Ozone Prediction Map.mxd*.
- 1.2. Na pasku narzędzi *Geostatistical Analyst* wybierz *Geostatistical Analyst > Geostatistical Wizard*.
- 1.3. W polu listy *Metody (Methods)* wybierz *Kriging/Cokriging*.
- 1.4. Z listy rozwijanej *Dane wejściowe (Input data)* wybierz warstwę *O3\_Sep06\_3pm*.
- 1.5. Z listy rozwijanej *Atrybut (Attribute)* wybierz atrybut *OZONE*.
- 1.6. Kliknij przycisk *Dalej (Next)*.
- 1.7. Wybierz opcję *Kriging Wskaźnikowy (Indicator Kriging)*. Zauważ, że jako typ wyjściowy wybrano mapę prawdopodobieństwa (*Probability*).
- 1.8. Upewnij się, że *Wartość Progowa (Threshold)* jest ustawiona na wartość *Przekroczenie (Exceed)*, a następnie ustaw wartość progu na 0.09 ([Fig. 1](#)).



**Fig. 1. Ustawienie wartości progowej dla kriginu wskaźnikowego**

- 1.9. Kliknij *Dalej (Next)*.
- 1.10. Zmień zakres odległości (*Lag size*) na 15000.
- 1.11. Aby uwzględnić kierunkowy charakter danych, zmień parametr *Anizotropia (Anisotropy)* na `True`.

Niebieskie linie na wykresie przedstawiają modele semiwariogramów w różnych kierunkach (Fig. 2).



**Fig. 2. Modele kierunkowe kriginu wskaźnikowego**

- 1.12. Kliknij przycisk *Dalej (Next)* w oknie dialogowym *Semivariogram/Covariance Modeling*.
- 1.13. Kliknij przycisk *Dalej (Next)* w oknie dialogowym *Wyszukiwanie Sąsiedztwa (Searching Neighborhood)*.

Niebieska linia reprezentuje wartość progową (0,09 ppm). Punkty znajdujące się po jej lewej stronie mają wartość transformowanego wskaźnika równą 0, natomiast punkty po prawej – mają wartość transformacji wskaźnika równą 1 (Fig. 3).

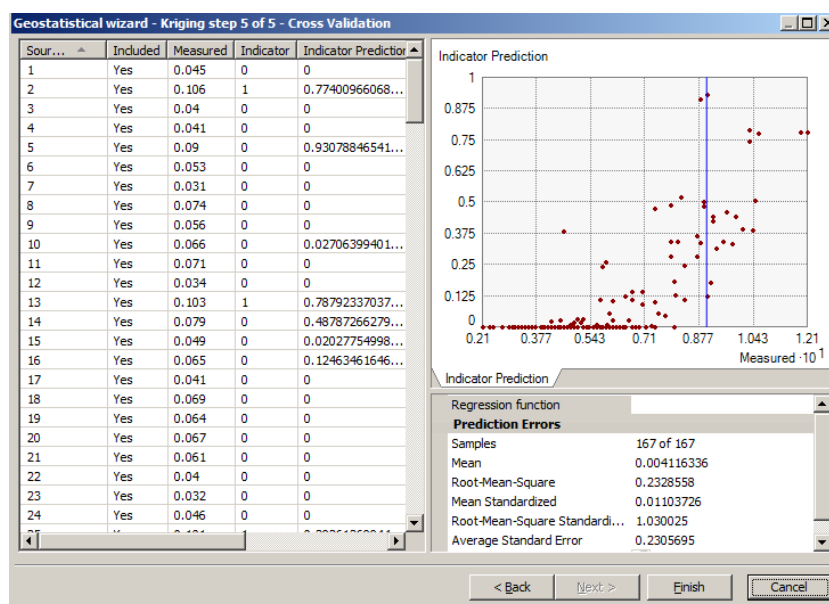


Fig. 3. Okno testu krzyżowego (Cross-validation)

- 1.14. Kliknij, aby wybrać dowolny wiersz w tabeli cross-walidacji z wartością wskaźnika równą 0. Wybrany punkt zostanie wyświetlony na zielono na wykresie rozproszenia, po lewej stronie niebieskiej linii progowej. W przypadku wybranej lokalizacji, prognoza cross-walidacji (*Indicator Prediction*) jest dokładnie taka sama jak wartość wskaźnika (*Indicator*; Fig. 4).

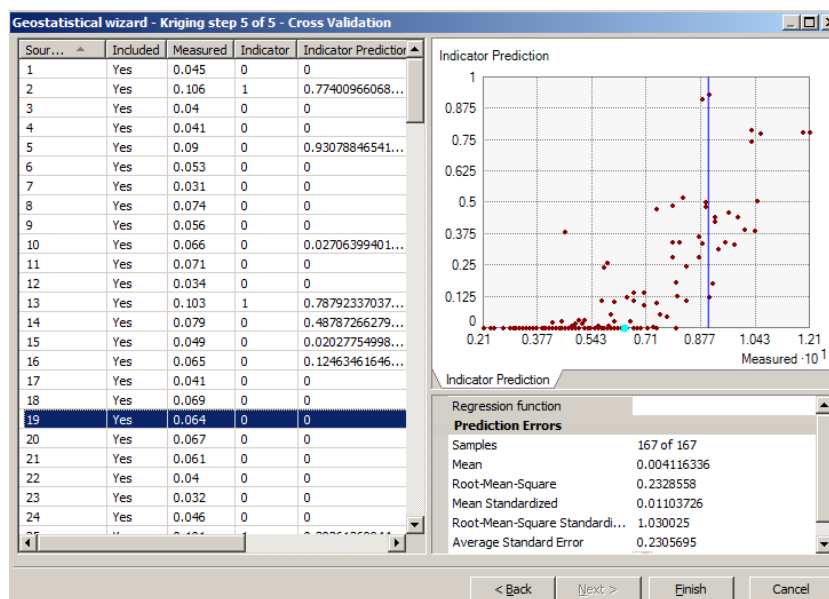
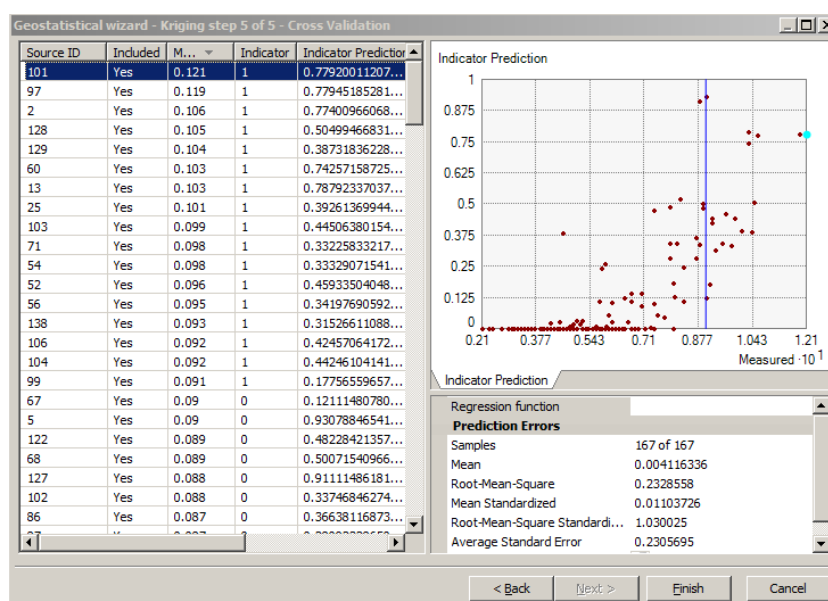


Fig. 4. Okno testu krzyżowego z zaznaczoną lokalizacją, w której predykcja wskaźnika jest równa 0

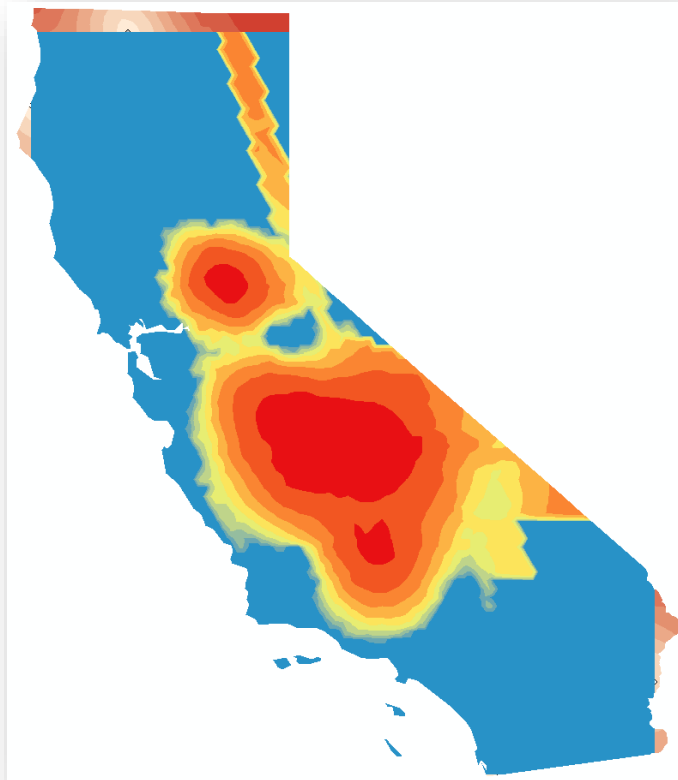
Kolumny *Measured (Pomiar)* i *Indicator (Wskaźnik)* przedstawiają rzeczywiste i przekształcone wartości analizowanego parametru dla każdej z próbek zbioru danych. Wartości z kolumny *prognoza wskaźnika (indicator prediction)* można interpretować jako prawdopodobieństwo przekroczenia progu. Są one obliczane przy użyciu modelu semiwariogramu utworzonego na podstawie danych binarnych (0, 1), pochodzących z przekształcenia oryginalnych danych. Cross-walidacja sekwencyjnie pomija punkty opróbowania i dla każdego elementu zbioru pomiarów oblicza wartości prognozy wskaźnika (*indicator prediction*). Np., najwyższa wartość mierzona ozonu wynosi 0.121. Jeśli tę wartość usuniemy ze zbioru danych, model krugingu wskaźnikowego wskazuje ok. 78% szans, że zawartość ozonu w tym punkcie była powyżej progu 0,09 ppm (Fig. 5).



**Fig. 5. Okno testu krzyżowego z zaznaczoną lokalizacją o pomierzonej najwyższej zawartości ozonu**

- 1.15. Kliknij przycisk *Zakończ* w oknie dialogowym *Cross Validation*.
- 1.16. Kliknij przycisk *OK* w oknie dialogowym *Report Metody (Method Report)*.

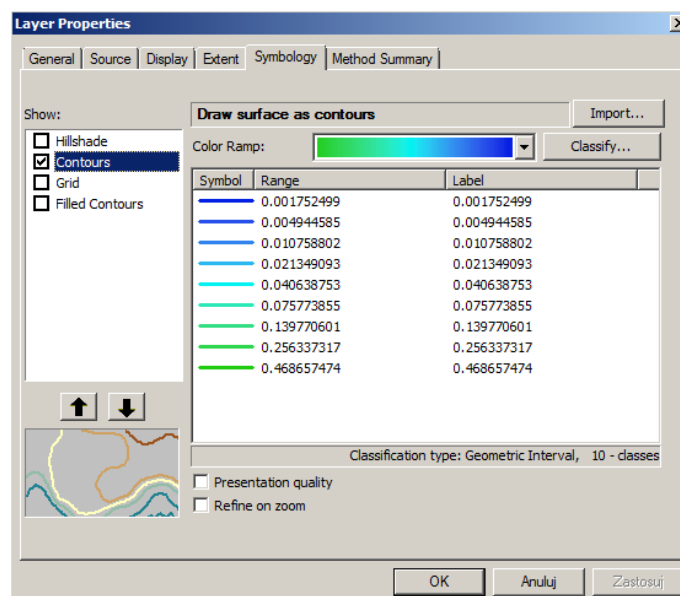
Mapa prawdopodobieństwa pojawi się w tabeli zawartości jako najwyższa warstwa. Na mapie wyświetlane są wartości prognozy wskaźnika, interpretowane jako prawdopodobieństwo przekroczenia wartości progowej wynoszącej 0,09 ppm w dniu 6 września 2007 r., pomiędzy godzinami 15:00-16:00 (Fig. 6).



**Fig. 6. Mapa prawdopodobieństwa przekroczenia wartości krytycznej ozonu 0,09 ppm**

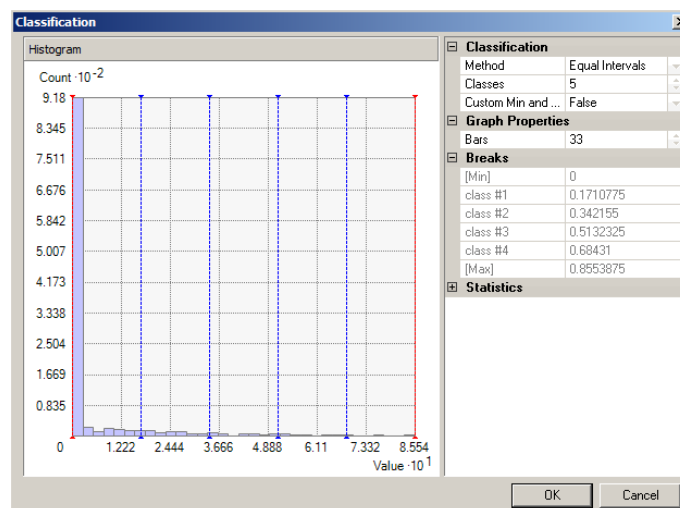
Z mapy wynika, że istnieje duże prawdopodobieństwo, że w centralnej części stanu Kalifornia wystąpienia koncentracji ozonu przekroczyły próg wynoszący 0,09 ppm.

- 1.17. Zmień nazwę warstwy na *Indicator Kriging*.
- 1.18. Przeciągnij warstwę *Indicator Kriging*, pomiędzy *O3\_Sep0\_3pm* a *Trend Removed*.
- 1.19. Kliknij ppm warstwę *Indicator Kriging* i z menu kontekstowego wybierz polecenie *Właściwości*.
- 1.20. Kliknij zakładkę *Zakres (Extent)* i ustaw zakres zgodny z zakresem prostokąta warstwy *ca\_outline*.
- 1.21. Kliknij przycisk *Zastosuj*.
- 1.22. Wybierz kartę *Symbolizacja (Symbology)*.
- 1.23. Usuń zaznaczenie opcji *Wypełnione kontury (Filled Contours)* i zaznacz opcję *Kontury (Contours)*.
- 1.24. Kliknij opcję *Kontury*, aby pojawiła się symbolika konturów (linii). Wybierz skalę kolorów zielony do niebieskiej (Fig. 7).



**Fig. 7. Symbolizacja warstwy predykcji przekroczenia wartości progowej ozonu**

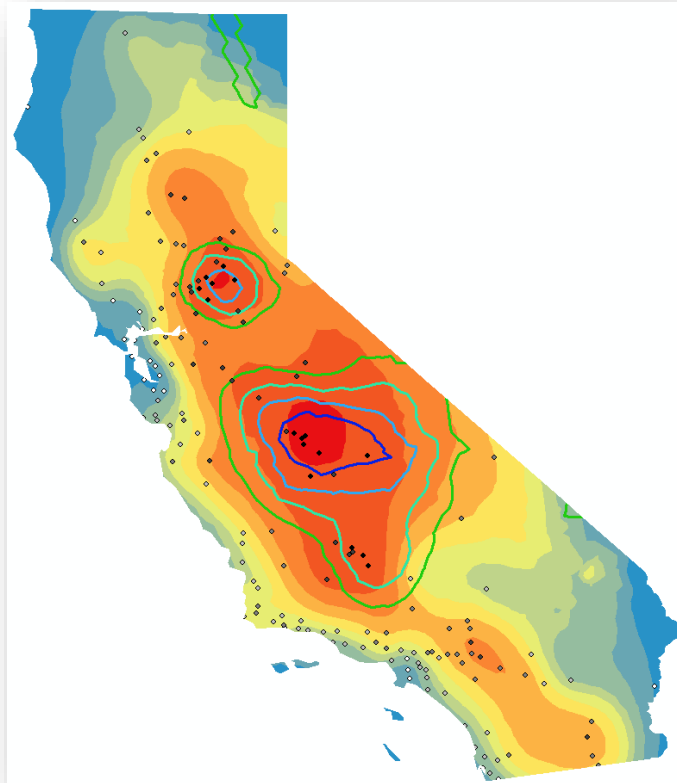
- 1.25. Jeśli paleta barw jest odwrotna, w oknie dialogowym *Właściwości Warstwy* (*Layer Properties*) zaznacz wszystkie elementy (symbole), po czym kliknij ppm i wybierz polecenie *Odwróć Symbole* (*Flip Symbols*).
- 1.26. Kliknij przycisk *Klasyfikuj* (*Classify*). W oknie dialogowym *Klasyfikacja* zmień metodę na *Równe Przedziały* (*Equal Interval*) i liczbę klas (*Classes*) na 5 (Fig. 8).



**Fig. 8. Klasyfikacja izolinii prawdopodobieństwa przekroczenia stężenia ozonu atmosferze 0,09 ppm**

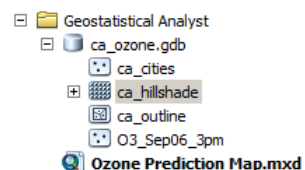
- 1.27. Kliknij przycisk *OK* i ponownie przycisk *OK*.

Na mapie pojawiły się zielone i niebieskie linie konturowe prawdopodobieństwa przekroczenia stężenia ozonu w powietrzu 0,09 ppm (Fig. 9). Warstwa przedstawia obszary o wysokich i niskich przewidywanych wartościach ozonu oraz obszary o dużym prawdopodobieństwie, że stężenia ozonu (dla jednogodzinnych pomiarów) przekraczały normę jakości obowiązującą w stanie Kalifornia.



**Fig. 9. Mapa prognozy zawartości ozonu w powietrzu z nałożoną izoliniową mapą prawdopodobieństwa przekroczenia normy ozonu 0,09ppm**

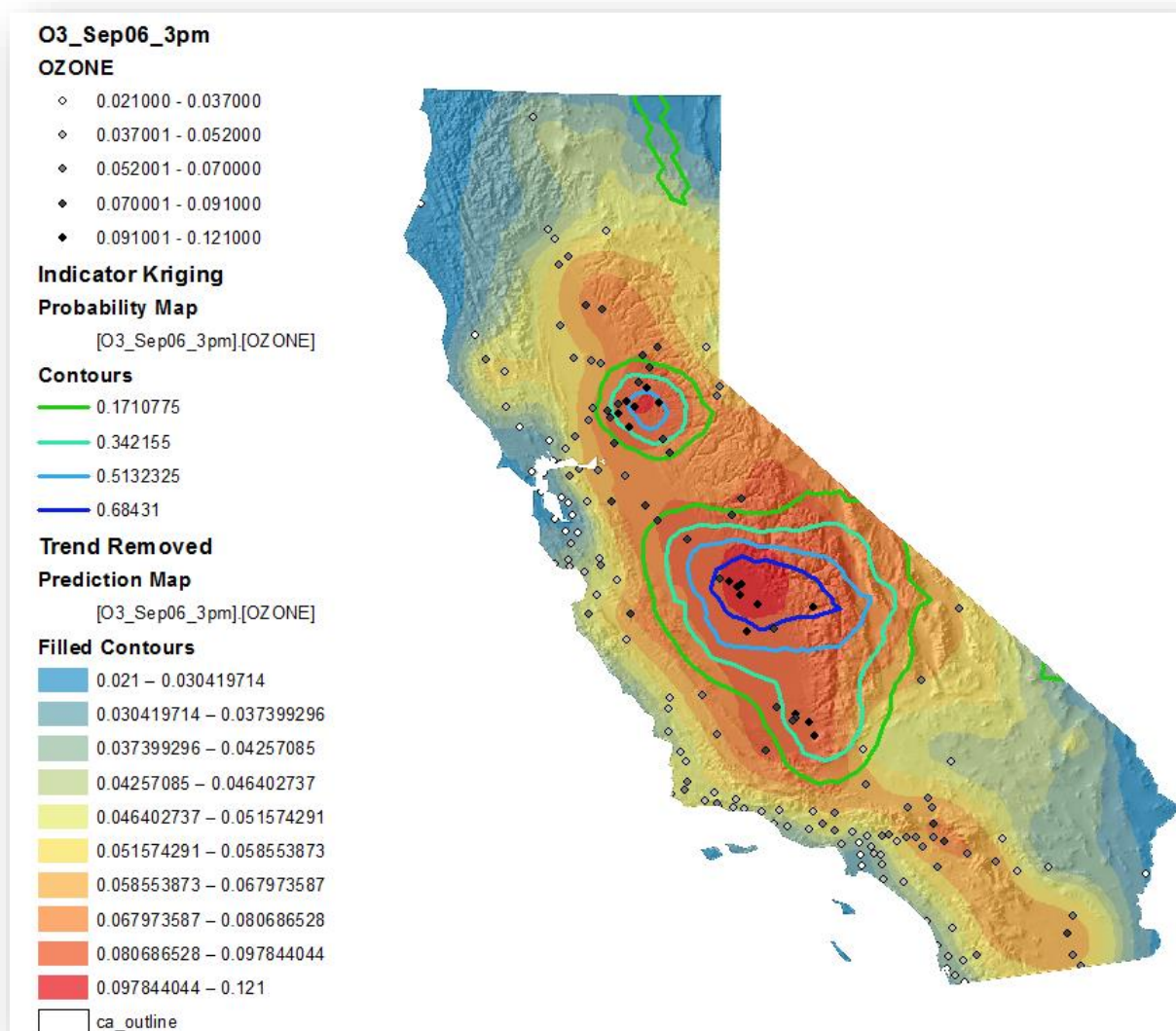
- 1.28. W ostatecznym etapie edycji mapy, w celu poprawienia jej czytelności, możemy dodać zbiór danych cieniowany relief terenu `ca_hillshade`. Zbiór grid znajduje się w geobazie projektu `ca_ozone.gdb`, w folderze projektu (Fig. 10). Należy dodać go do tabeli zawartości i wyświetlić go za pomocą skali szarości.



**Fig. 10. Lokalizacja cieniowanego reliefu terenu**

- 1.29. Kliknij ppm warstwę `Trend Removed`, z menu kontekstowego wybierz polecenie *Właściwości*, a następnie wybierz zakładkę *Wyświetl (Display)*.
- 1.30. Ustaw *Transparentność (Transparency)* na 30% i kliknij OK (Fig. 11).





**Fig. 11. Mapa stężenia zawartości ozonu w atmosferze stanu Kalifornia 6 września 2007 r., pomiędzy godz. 15:00-16:00, wraz z prawdopodobieństwem przekroczenia normy 0,09 ppm**

W ćwiczeniu została została przedstawiony wstęp do Geostatystyki, wykonano wstępne analizy z wykorzystaniem domyślnych ustawień *Kreatora Geostatystycznego*, badano dane przy użyciu narzędzi ESDA, w celu aby predykcji zawartości ozonu wykorzystywano kriging zwyczajny (przy użyciu wartości domyślnych parametrów oraz przy użyciu bardziej wyrafinowanych ustawień), aby określić prawdopodobieństwo przekroczenia krytycznej wartości progowej ozonu wykorzystywano kriging wskaźnikowy.

W Kreatorze Geostatystyki dostępne są liczne inne metody interpolacyjne, a kilka z nich jest także dostępnych w narzędziach przetwarzania danych, które mogą być użyte w *ModelBuilder*.

## 2. Bibliografia

Urbański, J., 2011. *GIS w badaniach przyrodniczych*. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 252.

Geostatistical Analyst Tutorial, Esri.