

NIEPEWNOŚĆ W REPREZENTACJI ZJAWISK PRZESTRZENNYCH

Andrzej Kusz, Andrzej Marciniak

Katedra Podstaw Techniki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. W artykule omówiono problem niepewności związany z przetwarzaniem danych czasoprzestrzennych związanych z produkcją rolniczą z wykorzystaniem systemów GIS. Scharakteryzowano źródła niepewności na każdym etapie budowy aplikacji. Przeprowadzono przykładowe obliczenia powierzchni pola oraz wysokości plonu ilustrujące niepewność wynikającą z przetwarzania danych w systemie GIS. Do obliczeń wykorzystano wyniki eksperymentu polowego.

Słowa kluczowe: modelowanie zjawisk przestrzennych, niepewność, system GIS

Wstęp

Złożoność środowiska przyrodniczego sprawia, że przestrzenno-czasowy opis tego systemu nie może być wykonany z dowolnie dużą dokładnością. Naszej wiedzy towarzyszy niepewność. Niepewność ta może mieć charakter stochastyczny (aleatoryjny), związany z takim właśnie charakterem zjawiska lub epistemiczny, wynikający z niepełnej wiedzy.

W przypadku systemów GIS, problem niepewności epistemicznej jest ściśle związany z faktem, że pomiary wykonywane są tylko w wybranych miejscach i z ograniczoną dokładnością. Sposób, w jaki postrzegamy zjawiska przyrodnicze, dyktuje w bardzo dużym stopniu metodę zbierania danych i ich obrazowanie. Schemat umiejscowienia pomiarów, natura mierzonych wielkości i dokładność pomiarów określają z kolei sposób przetwarzania danych w systemach GIS.

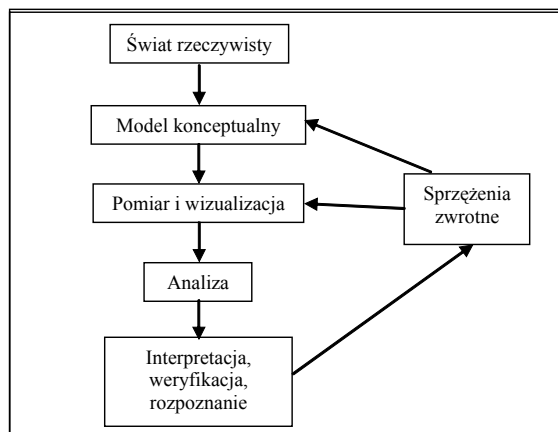
Źródła niepewności

Na rysunku 1 przedstawiono kolejność działań związanych z wykonaniem aplikacji w systemie GIS. Na każdym etapie istnieje konieczność redukcji informacji. Prowadzi to do uproszczenia a zarazem pewnego zdeformowania obrazu świata rzeczywistego, który ostatecznie zostaje zarejestrowany w celu poddania go analizie w systemie GIS.

Niepewność na etapie konceptualizacji

Specyfika danych przestrzenno-czasowych związanych z produkcją rolniczą sprawia, że sposób ich zbierania i rejestrowania jest odmienny niż w wielu innych naukach empirycznych. W tym przypadku mamy do czynienia z problem braku wyraźnych granic przedmiotu badań i zasięgu pomiarów. Niezwykle trudno jest np. zdefiniować i wyznaczyć

granicę między typami czy też klasami bonitacyjnymi gleb, ponieważ przestrzenne obiekty przyrodnicze nie mają wyraźnych granic.



Źródło: [Longley i in. 2006]

Rys. 1. Źródła niepewności
Fig. 1. Sources of uncertainty

Budując model pojęciowy obiektów przestrzennych posługujemy się uproszczeniem, w którym zakładamy, że są one obiektami dyskretnymi lub polami [Longley i in. 2006]. W modelu środowiska przyrodniczego reprezentowanym przez obiekty dyskretne przestrzeń jest wypełniona obiektami o apriori zdefiniowanych granicach. Pole natomiast jest ciągłą reprezentacją środowiska przyrodniczego wyrażoną przez zmienne, których wartości mogą być określone w dowolnym punkcie pola.

Niepewność wyników pomiaru i ich reprezentacji cyfrowe

W systemach GIS, do cyfrowej reprezentacji danych przestrzennych (obiektów i pól), stosuje się dwie metody: rastrową i wektorową. Model wektorowy umożliwia wykonanie wielu analiz, ale jego utworzenie wymaga już na etapie konceptualizacji wydzielenia granic jednostek przestrzennych. Model rastrowy opisuje strukturę środowiska przestrzennego za pomocą małych elementów, które nie mają odniesienia do jednostek przestrzennych. W celu rozpoznania struktur zapisanych w modelu rastrowym konieczna jest interpretacja wykonana przez człowieka, niekiedy wspomagana przez odpowiednie oprogramowanie.

W obrazach rastrowych nie definiuje się obiektów *a priori* - konieczna jest do tego klasyfikacja, która przyporządkowuje każdy piksel do odpowiedniej klasy. W przypadku pikseli mieszanych, należących do więcej niż jednej klasy, właściwości spektralne takiego piksela nie są jednoznaczne. Powstaje trudność w jednoznacznym określeniu jego przynależności tylko do jednej klasy. Zwiększenie rozdzielczości obrazów prowadzi do poprawy wyników klasyfikacji, ale problem mieszanych pikseli będzie się pojawiał na każdym po-

ziomie szczegółowości. W odróżnieniu od modelu pola, model dyskretnych jednostek przestrzennych zakłada, że istnieje konieczność wydzielenia granic i podziału przestrzeni według pewnego kryterium. Podział taki podyktowany jest racjonalnymi przesłankami a w wielu zagadnieniach jednostki przestrzenne są dobierane w sposób dowolny, podyktowany dostępnością danych.

Niepewność odnośnie danych przenosi się na niepewność wyników ich analizy. Model konceptualny, schemat pomiarowy oraz obrazowanie wyników, mogą zniekształcić obraz zmienności środowiska przyrodniczego. Zbieranie danych przestrzennych jest zwykle bardzo kosztowne i ze względów praktycznych dokonujemy uproszczeń poprzez odpowiednie metody pobierania prób, agregację danych, dobór skali w jakiej badane są obiekty przestrzenne. Aby zminimalizować ryzyko takiej sytuacji, programy GIS pozwalają weryfikować uzyskany wynik przez porównanie z danymi niezależnymi.

Przykład obliczeń ilustrujący niepewność wynikającą z cyfrowego przetwarzania danych

Przykładowe obliczenia wykonano wykorzystując dane eksperymentu polowego [Strzałkowski 2003]. W pliku tekstowym zgromadzono wyniki 68 pomiarów wysokości plonu na polu o powierzchni ponad 16 hektarów. Utworzono wektorowy model (mapę) pola, w obrębie którego wyróżniono obiekty przestrzenne (wieloboki) reprezentujące klasy bonitacyjne występujące na danym polu (rys. 2). Korzystając z modelu wektorowego obliczono powierzchnię pola oraz powierzchnie odpowiadające poszczególnym klasom bonitacyjnym. Dane te zestawiono w tabeli 1.

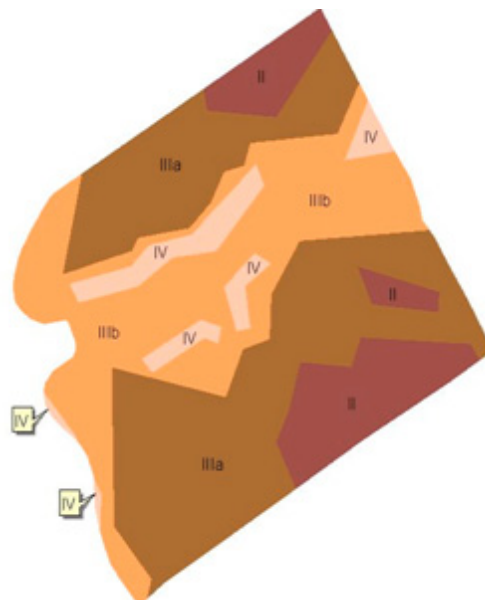
Tabela 1. Powierzchnia pola oraz powierzchnie jego fragmentów odpowiadające występującym tam klasom bonitacyjnym obliczone z modelu wektorowego mapy plonu

Table 1. Field area and areas of its fragments corresponding to soil valuation classes occurring there, computed using crop map vector model

Obiekt przestrzenny	Pole	Klasy bonitacyjne					
		II	IIIa	IIIb	IVa	IVb	V
Powierzchnia w m ²	168611	25778	80281	53079	6898	1099	1476

Źródło: obliczenia własne

Przetwarzanie danych dla potrzeb strefowych analiz przestrzennych takich jak: wyznaczanie wysokości plonu w poszczególnych fragmentach pola, wyznaczanie wysokości plonu w zależności od klasy bonitacyjnej, interpolacja wysokości n.p.m., określanie wysokości plonu w zależności: od wysokości n.p.m., spadku terenu, ekspozycji itp., wymaga przekształcenia modelu wektorowego w model rastrowy. W reprezentacji rastrowej odwzorowywany obiekt przestrzenny (pole) jest podzielony na uporządkowane wiersze i kolumny - pola podstawowe, zwykle kwadratowe komórki. Zmienność przestrzenną zjawisk reprezentują przypisane tym polom atrybuty.



Źródło: opracowanie własne

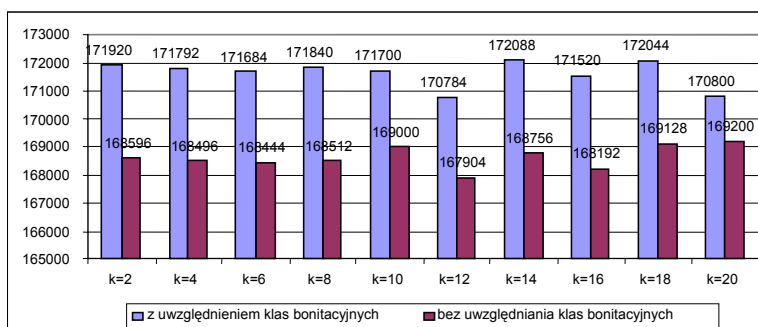
Rys. 2. Wektorowa mapa pola z klasami bonitacyjnymi
 Fig. 2. Vector field map with soil valuation classes

Obliczenia przeprowadzono dla 10 różnych wartości boku kwadratowych komórek podstawowych. Do interpolacji wysokości plonu zastosowano jedną z najczęściej stosowanych metod krigingu - metodę odwrotnych odległości. W metodzie tej wartość zmiennej w punkcie interpolacji jest wyznaczana jako średnia wagowa z otaczających punktów pomiarowych. Wartość wagi jest odwrotnie proporcjonalna do odległości między punktem interpolacji a punktem pomiarowym. Oznacza to, że wpływ punktu pomiarowego maleje wraz z odległością w p -tej potęgze, zanikając zupełnie po przekroczeniu pewnej odległości granicznej. Zaletą takiego podejścia jest możliwość odzwierciedlenia miejscowego zróżnicowania atrybutów interpolowanej powierzchni. W obliczeniach bierze udział tylko pewna ograniczona liczba punktów pomiarowych znajdujących się w zadanym otoczeniu punktu interpolacji, algorytm zyskuje możliwość przetwarzania dużych zbiorów danych. Przeprowadzając interpolację wysokości plonu wyniki obliczeń są zapisywane w formie rastra. Pole powierzchni w tym przypadku oblicza się jako sumę pól elementarnych komórek rastra o znanej powierzchni.

Na rysunkach 3, 4, 5 osi rzędnych reprezentuje pole powierzchni w m^2 , na osi odciętych przedstawiono wartość boku kwadratowej komórki elementarnej rastra w metrach. Przeprowadzono obliczenia pola powierzchni w przypadku modelu rastrowego i różnej wielkości komórki podstawowej. Analogiczne obliczenia przeprowadzono uwzględniając klasy bonitacyjne. W tym przypadku wykorzystano narzędzie *Histogram w strefach*, które klasyfikuje podstawowe komórki rastra do poszczególnych klas bonitacyjnych. Na tej podsta-

wie można wyznaczyć pole powierzchni poszczególnych klas bonitacyjnych, całego pola oraz wysokość plonu na obszarach poszczególnych klas bonitacyjnych. Wyniki obliczeń powierzchni pola bez i z uwzględnieniem klas bonitacyjnych przedstawiono na rys.3. Uwzględnienie klas bonitacyjnych przy interpolacji plonu powoduje wzrost błędu poprzez zawyżenie całkowitej powierzchni pola. Pole powierzchni obliczone na podstawie modelu wektorowego wynosi 168611m² (tab. 1).

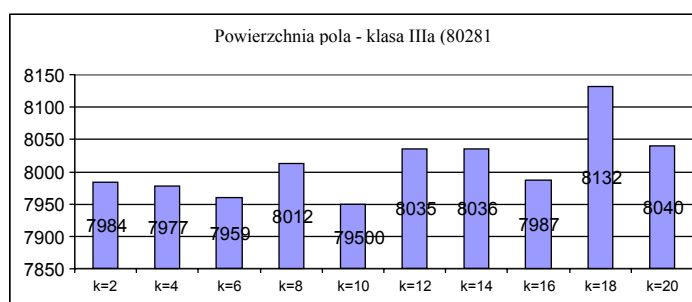
Podobne obliczenia pola powierzchni w zależności od rozdzielczości modelu rastrowego przeprowadzono dla dwóch wybranych klas bonitacyjnych. Wyniki obliczeń przedstawiono na rysunkach: 4 i 5. Wyznaczone na podstawie modelu wektorowego pola powierzchni odpowiadające analizowanym klasom bonitacyjnym wynoszą odpowiednio: 80281 m² (klasa IIIa) i 53079 m² (klasa IIIb). W przypadku klasy IIIb wyniki obliczeń pola powierzchni na podstawie modelu rastrowego są wyraźnie zawyżone w stosunku do obliczeń na podstawie modelu wektorowego.



Źródło: obliczenia własne autorów

Rys. 3. Wyniki obliczeń pola powierzchni obiektu przestrzennego w reprezentacji rastrowej w zależności od boku podstawowej komórki rastra

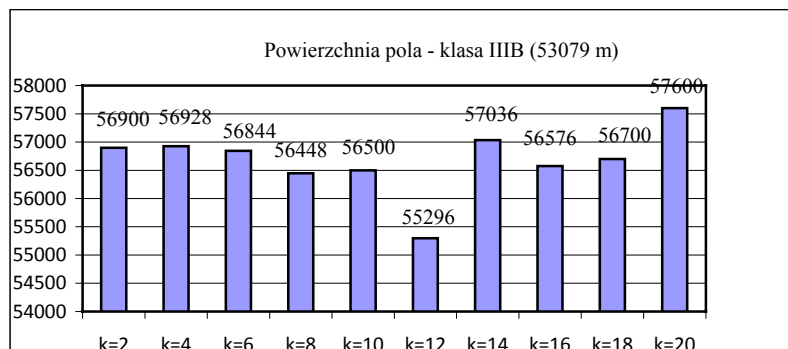
Fig. 3. The results of area computation for spatial object in raster representation depending on side of basic raster cell



Źródło: obliczenia własne autorów

Rys. 4. Wyniki obliczeń pola powierzchni obiektu przestrzennego reprezentującego klasę IIIa w reprezentacji rastrowej w zależności od boku podstawowej komórki rastra

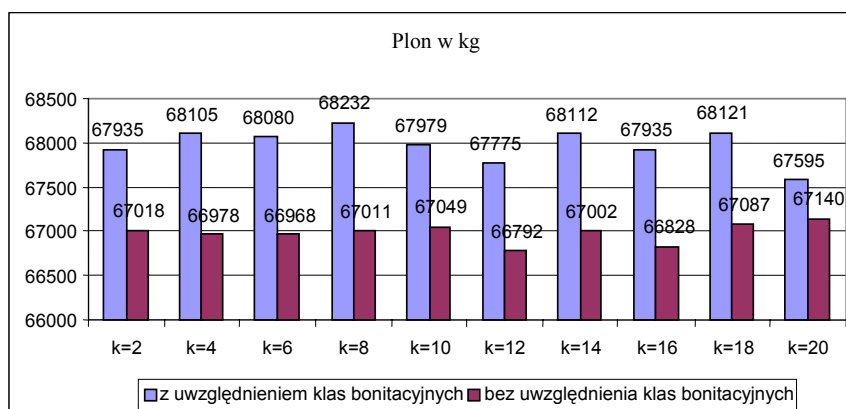
Fig. 4. The results of area computation for spatial object representing class IIIa in raster representation depending on side of basic raster cell



Źródło: obliczenia własne autorów

Rys. 5. Wyniki obliczeń pola powierzchni obiektu przestrzennego reprezentującego klasę IIIB w reprezentacji rastrowej w zależności od wartości boku podstawowej komórki rastra
 Fig. 5. The results of area computation for spatial object representing class IIIB in raster representation depending on side of basic raster cell

Na rysunku 6 przedstawiono wyniki obliczeń plonu (w kg). Obliczenia przeprowadzono na podstawie modelu rastrowego o zmiennej wartości boku kwadratowej komórki podstawowej (oś odciętych) bez uwzględnienia klas bonitacyjnych i z uwzględnieniem tych klas.



Źródło: obliczenia własne autorów

Rys. 6. Wyniki obliczeń wysokości plonu w zależności od wartości boku komórki podstawowej rastra, które przeprowadzono bez uwzględniania i z uwzględnieniem klas bonitacyjnych
 Fig. 6. Results of crop volume computations depending on basic raster cell side value, carried out with soil valuation classes not taken and taken into account

Podsumowanie

Wykonując opracowanie w technice GIS należy zdawać sobie sprawę, że nie istnieją doskonałe, pozbawione błędów dane a zatem każdy wynik ich przetwarzania jest obciążony niepewnością. Zaniedbanie wpływu błędów na wynik analiz niesie ze sobą spore ryzyko, które przekłada się np. na ekonomicznie nieuzasadnione decyzje technologiczne.

Przedstawione wyniki obliczeń nie miały na celu ilościowej oceny błędów. Wskazują jedynie na potrzebę dokładnej analizy każdego przypadku stosowania systemu GIS do przetwarzania danych pochodzących z eksperymentów polowych.

Nasuwa się jednocześnie pytanie o formalny sposób opisu niepewności w procesie modelowania z wykorzystaniem technologii GIS. W przypadku niepewności stochastycznej można do jej opisu wykorzystać aksjomatyczny rachunek prawdopodobieństwa, ale ten sposób traktowania niepewności nie pasuje do opisu niepewności epistemicznej dominującej w systemach GIS. Można w tym przypadku zastosować bayesowską teorię niepewności, gdzie niepewność traktowana jest jako atrybut obserwatora i jest miarą stopnia jego niewiedzy o obserwowanym zjawisku. Niepewność mierzona w kategoriach prawdopodobieństwa bayesowskiego maleje jeśli uzyska się nowe informacje potwierdzające i rośnie w przypadku przeciwnym. Schemat obliczeniowy oparty na teorii bayesowskiej sprawdza się także w sytuacji gdy otrzymujemy informacje sprzeczne (potwierdzające i zaprzeczające). Nawet w takiej sytuacji następuje logiczna modyfikacja aposteriorycznego rozkładu prawdopodobieństwa [Jansen 1996].

Bibliografia

- Jensen F. V.** 1996. An introduction to Bayesian Networks. Springer Verlag. New York. ISBN:03-87-91502-8.
- Longley P.A., Goodchild M.F., Maguire D.J., Hind. D.W.** 2006. GIS Teoria i praktyka. PWN. Warszawa. ISBN-13:978-83-11-14904-8.
- Strzałkowski K.** 2003. System informacyjnego wspomagania rolniczych procesów produkcyjnych. Praca doktorska. AR w Lublinie.

UNCERTAINTY IN REPRESENTING SPATIAL PHENOMENA

Abstract. The article discusses the issue of uncertainty connected with processing of space and time related data concerning farm production using GIS systems. Sources of uncertainty at each application construction stage have been characterised. The research involved example computations on field area and crop volume illustrating uncertainty resulting from data processing in the GIS system. Field experiment results have been used in computations.

Key words: modelling of spatial phenomena, uncertainty, GIS system

Adres do korespondencji:

Andrzej Marciniak; e-mail: andrzej.marciniak@up.lublin.pl
Katedra Podstaw Techniki
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Doświadczalna 50A
20-280 Lublin