

Andrzej Świątkiewicz

PROPOZYCJA TYPOLOGICZNEJ ANALIZY WYBRANYCH TREŚCI OBRAZÓW TELEDETEKCYJNYCH

Streszczenie

W pracy podano pięcioletni przebieg postępowania typologicznego wraz ze skrótowym omówieniem przykładu w zastosowaniu do wykrywania sieci drenarskich ze pomocą zdjęć lotniczych.

Wprowadzenie

Występowanie dużej i stale rosnącej liczby obrazów teledetekcyjnych tego samego obszaru powoduje możliwość pozyskiwania informacji o wybranych (poszukiwanych) treściach znajdujących się na tych obrazach. Dotyczy to szczególnie obrazów satelitarnych o wysokim stopniu powtarzalności (cykle parogodzinne lub kilkudniowe), ale może to także odnosić się do serii zdjęć lotniczych lub naziemnych wykonanych w różnych terminach.

Większość obrazów teledetekcyjnych charakteryzuje redundancja. Nadmiar informacji zawartych w obrazach — w stosunku do informacji służącej określonej celowi — jest zbędny i nie powinien brać udziału w analizowaniu obszaru pod kątem pozyskania treści docelowej. Zabieg wyróżniający w obrębie analizowanego obrazu elementów (przedmiotów) stanowiących poszukiwaną treść oraz porównanie poszczególnych przedmiotów (na różnych obrazach) z przedmiotem obranym za typ — nazywany jest zabiegiem typologicznym [2].

Systematyka typologiczna polega na grupowaniu i porządkowaniu logicznym według wyodrębnionych typów. W odróżnieniu od klasyfikacji, typologia nie musi być rozłączna ani też zupełna. Wyodrębnienie jednego lub

wielu typów przedmiotów stanowiących element treści obrazów, służy opisowi szeregującemu rozpatrywany zbiór przedmiotów. W przypadku zastosowania typologii do analizy wybranych treści obrazów teledetekcyjnych, pozyskujemy narzędzie metodologiczne pozwalające na uzyskanie opisu „zjawisk” — pojawiających się w serii obrazów. Seria ta powinna być dostatecznie duża, a wyrazistość elementów na poszczególnych obrazach serii może stanowić podstawę do wnioskowania o stanie przedmiotu lub intensywności występowania zjawiska.

Warunki wstępne

Zastosowanie systematyki typologicznej wymaga posiadania dostatecznie dużej liczby obrazów (zdjęć) tego samego obszaru. Ilość ta powinna być większa od 30, co zapewnia, że błąd średniego błędu nie przekracza 3% jego wartości. Im większa będzie liczba obrazów, tym systematyka typologiczna będzie bardziej wiarygodna. Oczywiście, obrazy poddawane opracowaniu powinny zawierać treści będące celem badania typologicznego, a więc przedmioty lub zjawiska, których rozpoznanie i systematyczne uporządkowanie stanowić będzie istotę działania.

Obrazy pierwotne mogą mieć dowolną postać zapisu (analogowa, cyfrowa). Dla dalszego postępowania dogodnie jest — po zlokalizowaniu badanych przedmiotów (zjawisk) — przekształcenie obrazu do postaci cyfrowej z odpowiednią rozdzielczością.

Postępowanie

Pierwszym etapem postępowania typologicznego jest zestawienie tabelaryczne obrazów i cech charakterystycznych przedmiotów (zjawisk) występujących na tych obszarach. Cechy charakterystyczne analizowanych przedmiotów (zjawisk) pozyskiwane są z innych aniżeli obrazy źródeł i logicznie przypisywane liczbowo tym przedmiotom (zjawiskom). W zależności od rzeczywistych powiązań przedmiotów (zjawisk) z ich cechami, np. biologicznymi, chemicznymi, fizycznymi, glebowymi, hydrologicznymi, meteorologicznymi, rolniczymi, teledetekcyjnymi, itp. dobierane są odpowiednie — najbardziej charakterystyczne, dla występowania badanego przedmiotu (zjawiska) cechy. Właściwy dobór cech diagnostycznych jest warunkiem poprawności tworzenia typologicznego modelu rzeczywistości.

Drugim etapem jest unormowanie danych początkowych. Celem unormowania jest uniknięcie w dalszej pracy różnorodnych miar oraz dokonanie transformacji danych początkowych do przedziału $<0; 1>$. Wartości liczbowe wszystkich elementów tabeli danych początkowych (i — wierszy =

obrazów; j — kolumn = cech przedmiotów/zjawisk) można unormować według reguły:

$$\bar{x}_i = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (1)$$

gdzie:

- \bar{x}_i — obliczona po unormowaniu wartość elementu tabeli danych początkowych,
- x_i — wartość tego samego elementu przed unormowaniem,
- $x_{\min} = 0$ — najniższa wartość elementu w danej kolumnie cech przed unormowaniem,
- $x_{\max} = 1$ — największa wartość elementu w danej kolumnie cech przed unormowaniem.

W rezultacie działania według powyższej reguły powstanie tabela danych początkowych unormowanych.

Trzecim etapem jest analiza korelacji w grupach cech. Tworzenie grup cech następuje w oparciu o założenie logicznego związku cech w danej grupie. Analiza korelacji w grupach cech oraz poszczególnych cech polega na:

- obliczeniu współczynników korelacji między poszczególnymi cechami;
- określeniu istotności związków korelacyjnych;
- wyłączeniu z dalszego postępowania cech o określonym poziomie zależności, to jest zastąpieniu kilku skorelowanych cech jedną reprezentującą.

Obliczenie współczynników korelacji następuje według znanego wzoru:

$$r = \frac{c_{i,j}}{s_i \cdot s_j}, \quad (2)$$

gdzie:

- $c_{i,j}$ — kowariancja cech i, j ;
- s_i, s_j — odchylenia standardowe cech i, j .

Obliczone wartości współczynników korelacji — zestawione w trzeciej z kolei tabeli — pozwalają na wstępne wnioskowanie o zależnościach pomiędzy poszczególnymi cechami. W badaniach przyrodniczych (a takim celem służy wiele działań teledetekcyjnych) przyjęto za [1, 3, 4, 7], że współczynnik korelacji do 0,3 wskazuje na brak zależności; współczynnik w przedziale 0,3 do 0,5 na możliwość (tendencję) związku; w przedziale 0,5 do 0,7 na związek; w przedziale 0,7 do 0,9 na wysoką zależność. W oparciu o wymienione wyżej kryteria może być przeprowadzona analiza wstępna związków poszczególnych cech lub braku tych związków.

W celu określenia istotności związków korelacyjnych powinno się przeprowadzić test. Jednym z często stosowanych jest test t-Studenta, który polega na obliczeniu istotności związków korelacyjnych na przyjętym poziomie. Według testu t-Studenta należy wykonać obliczenia zgodnie z wzorem:

$$t_{\text{obl}} = [r^2(n-2) / (1-r^2)]^{1/2}, \quad (3)$$

gdzie:

r — badany współczynnik korelacji (z tabeli trzeciej);

$(n-2)$ — liczba stopni swobody (ilość badanych przedmiotów/zjawisk minus 2).

Rezultaty obliczeń wartości t_{obl} ustawia się w kolejnej tabeli i porównuje z wartością krytyczną t_{α} (t-Studenta). Wiadomo, że korelacja jest istotna wtedy, kiedy:

$$t_{\text{obl}} > t_{\alpha} \quad (4)$$

i nie jest istotna, gdy:

$$t_{\text{obl}} \leq t_{\alpha}. \quad (5)$$

Wartość krytyczną t_{α} stosuje się w zależności od przyjętego poziomu istotności α .

Przy zastosowaniu reguły „trzech sigma”, trzy poziomy istotności (α) związków korelacyjnych ($\alpha = 0,01; 0,05; 0,32$), pozwalają na przeprowadzenie badania istotności korelacji w czterech przedziałach ufności (u): powyżej 99%, między 99% a 95%, między 95% a 68% oraz poniżej 68% ufności. Z porównania odpowiadających sobie elementów tabeli współczynników korelacji i tabeli badania istotności korelacji wynikają wskazania co do wyłączenia z dalszego postępowania cech zależnych na określonym (przyjętym) poziomie istotności.

Czwartym etapem postępowania jest obliczenie odległości taksonomicznych dla całego pozostałego zbioru cech, z zachowaniem układu grup cech. Odległości taksonomiczne można wyznaczyć zgodnie z pracami [5, 6, 8] w oparciu o wzór:

$$\delta_{i,j} = 1 - C_{i,j}, \quad (6)$$

gdzie:

$\delta_{i,j}$ — odległość taksonomiczna (metryka),

$C_{i,j}$ — „miara zgodności” (podobieństwa, odpowiedniości, przylegania), obliczona jako:

$$C_{x,y} = \frac{X \cdot Y}{X + Y}, \quad (7)$$

przy czym:

$X \cdot Y$ oznacza część wspólną zbiorów $\sum_{i=1}^i x_i y_i$,

$X + Y$ oznacza sumę zbiorów $\sum_{i=1}^i x_i + \sum_{i=1}^i y_i - \sum_{i=1}^i x_i y_i$.

Jako rezultat obliczeń według wzoru (6) powstają n -wymiarowe tablice odległości taksonomicznych $i \times i$ (zredukowanych elementów/cech), gdzie n oznacza liczbę grup cech.

Odległości taksonomiczne wielocechowych „obiektów” — metryki — można obliczyć na podstawie zależności:

$$\delta_{i,j}^w = \left[\frac{1}{n} \left(I\delta_{i,j}^2 + II\delta_{i,j}^2 + \dots + n\delta_{i,j}^2 \right) \right]^{1/2}, \quad (8)$$

w której $1/n$ występuje dla zachowania warunku:

$$0 \leq \delta_{i,j} \leq 1 \quad (9)$$

Sposób ustalenia wag można dostosować do zróżnicowanej siły oddziaływania elementów. Według wzoru (8) proponowany model ma charakter addytywnego równoważonego traktowania cech.

W rezultacie obliczeń według wzoru (8) powstaje kolejna tabela, stanowiąca zbiór wypadkowych odległości taksonomicznych w n -wymiarowej przestrzeni cech.

Piąty etap polega na uporządkowaniu według wartości metryk badanych obiektów całego zbioru odległości taksonomicznych. Uporządkowany zbiór daje podstawę do systematyki (podziału na klasy), czyli typologię. Granice przedziałów poszczególnych klas można wyznaczyć stosując metodę Jenksa [9], w ujęciu „rav” (relative average value) — przyjmując założenie, że:

$$\text{rav} = \frac{|\sigma|}{x_{\text{sr}}} \leq 3\%, \quad (10)$$

gdzie:

σ — odchylenie standardowe,

x_{sr} — średnia arytmetyczna wartości metryki taksonomicznej przedmiotów (zjawisk) w danej grupie cech.

Uporządkowane dane unormowane według wartości metryk poszczególnych obiektów należy zestawić w kolejnej tabeli. Jest to pierwszy rezultat postępowania typologicznego. Następną czynnością jest obliczenie współczynników korelacji w klasach (typowych) przedmiotów (zjawisk). Tutaj może okazać się, że różne (nie zawsze spodziewane) cechy mogą mieć wpływ na tworzenie obrazu przedmiotu (zjawiska). Należy zatem uzyskane związki korelacyjne

poddać badaniu istotności przy pomocy testu t–Studenta, według postępowania opisanego wzorami (3), (4) i (5). Dopiero po porównaniu odpowiadających sobie elementów kolejnych tabel zawierających współczynniki korelacji i ich istotności należy wnioskować o uzyskanych rezultatach typologicznej analizy obrazów. Na tym etapie dogodne jest — dla dalszego wnioskowania — sporządzenie tabeli rankingowej uporządkowanej według wybranej cechy lub cech analizowanego przedmiotu (zjawiska).

Podsumowanie

Wnioskowanie o przedmiocie (zjawisku) występującym na szeregu obrazów w oparciu o metryki oraz wybrane cechy (lista rankingowa) może być różne. Jednakże służy to lepszemu poznaniu powiązań przedmiotu (zjawiska) z przyjętymi do przeprowadzenia analizy cechami (przyrodniczymi, technicznymi, antropologicznymi, itp.). Wydzielenie typów przedmiotów (zjawisk) służy ich systematyce w przyjętych przedziałach oraz pozwala na wysunięcie przypuszczenia, że przy zaistnieniu podobnych warunków na innych obrazach innych obszarów analiza typologiczna tych przedmiotów (zjawisk) da podobne (zbliżone) rezultaty.

Przykład zastosowania typologicznej analizy obrazów dla celu wykrywania sieci drenarskich na zdjęciach lotniczych znajduje się w pracy [10]. Podano tam (m.in) opis 20 obiektów badawczych, z których wyróżniono 78 pól o zmiennych cechach. Dla każdego pola wydzielono 6 grup cech, a mianowicie:

- cechy glebowe (typ, rodzaj i gatunek gleby);
- cechy topograficzne (syntetyczna liczbowa informacja o urzeźbieniu każdego pola — promień korelacji pola);
- cechy melioracyjne (wiek sieci drenarskiej obliczony jako różnica dat wybudowania sieci i wykonania zdjęć lotniczych);
- cechy rolnicze (pokrycie pola roślinnością — skala od 1 do 10);
- cechy hydrometeorologiczne (suma wartości opadów atmosferycznych dobowych w sześciu różnych interwałach czasu przed dniem wykonania zdjęć lotniczych danego pola; były to interwały 1,3, 5, 10, 20, 30-dniowe);
- cechy teledetekcyjne (data wykonania zdjęć lotniczych, wysokość Słońca nad horyzontem w czasie wykonania zdjęć, procent odfotografowania sieci drenarskiej na danym polu oraz jakość obrazu sieci w skali od 0 do 3).

Tak więc każde pole (z hipotetycznie lub rzeczywiście widoczną siecią drenarską) zostało opisane osiemnastoma wskaźnikami (16 wyżej wymienionych cech oraz powierzchnia pola i jego numer porządkowy). Zastosowano postępowanie typologiczne opisane wyżej. Cechami zależnymi w grupach cech okazały się: typ gleby, opady jedno- i trzydziestodobowe; w grupie cech teledetekcyjnych pozostawiono wysokość Słońca nad horyzontem. W ten sposób

do dalszego opracowanie weszło 10 cech dla każdego pola. Wydzielono cztery typy pól o liczebnościach: 37, 20, 11, 10. W każdym typie pól przeprowadzono postępowanie korelacyjne oraz badanie istotności; doprowadziło to do kolejnej eliminacji elementów skorelowanych na określonym poziomie ufności.

Opracowanie wniosków wynikających z przeprowadzonych badań typologicznych nastąpiło po uporządkowaniu danych i ich metryk według:

- wartości malejących procentów odfotografowania sieci drenarskich na poszczególnych polach;
- wartości ocen jakości obrazów sieci drenarskich na zdjęciach lotniczych poszczególnych pól.

Konkluzja ogólna, z przeprowadzonego postępowania typologicznego, wskazuje na lepsze odfotografowanie sieci drenarskich położonych na glebach gliniastych i gliniasto—piaszczystych, pól o małym pokryciu roślinnością lub bez roślinności w większości przypadków fotografowanych wiosną po znaczących opadach w okresie 10 i 20—dobowym. Wiek (sprawnych) sieci drenarskich nie wywierał zdecydowanego wpływu na ich odfotografowanie na panchromatycznych zdjęciach lotniczych.

Dla potrzeb prowadzenia systemów informacji przestrzennej (GIS/LIS) typologiczna analiza obrazów może mieć zastosowanie, szczególnie w przypadkach bogatych ilościowo zbiorów obrazów teledetekcyjnych tego samego obszaru.

Literatura

1. Antrop M.: The natural way of visual image interpretation for land classification and landscape planing, Actes du Symposium International de la Commision VII de la Societe Interationale de Photogrammetrie et de Teledetection, 13/17 Septembre 1982, vol. 1, Toulouse.
2. Encyklopedia Powszechna PWN, t. 4, s. 569, Warszawa 1987.
3. Góralski A.: Metody opisu i wnioskowania statystycznego w psychologii. PWN, Warszawa 1976.
4. Gregory R. L.: Oko i mózg, psychologia widzenia, PWN, Warszawa 1971(przekład z ang., 1969, Eye and brain the psychology of seeing).
5. Krzywicka—Blum E.: Analiza legend map J. W. Wielanda i M. Schubartha w „Atlasie Silesiae”, Geod. i Kart., t. XXXVIII, Warszawa 1989.
6. Krzywicka—Blum E., Bac—Bronowicz J., Iwaniak A., Klimczak H.: Analiza istniejących i projektowanych map związanych z produkcją rolną, cz. I, Zesz. Nauk AR Wrocław, 229, Monografie III, 1992.
7. Lindsay P. H., Norman D. A.: Procesy przetwarzania informacji u człowieka, PWN, Warszawa 1984.
8. Muehreke Ph. C.: Map use, Reading analysis and interpretation, Madison JP Publications, Wisconsin 1978.

9. Robinson A., Sale R., Morrison J.: Podstawy kartografii, PWN, Warszawa 1998.
10. Świątkiewicz A.: Zdalne rozpoznawania rolniczych sieci drenarskich za pomocą zdjęć lotniczych, Zesz. Nauk. AR Wrocław, 242, Rozprawy CXVII, 1994.

***THE PROPOSAL OF THE TYPOLOGICAL ANALYSIS OF
SELECTED CONTENTS OF REMOTE SENSING IMAGES***

Summary

The five-etap typological procedure and short description of example referred to drainage networks detection using aerial photos is presented in this paper.

Recenzowała: Prof. dr hab. Ewa Krzywicka-Blum