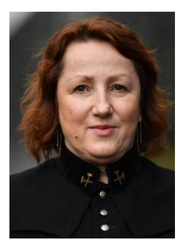
IV Akademia Kartografii i Geoinformatyki
„Modelowanie czasoprzestrzenne”
Wrocław 22-24 maja 2024 r.

Badanie zmian pokrycia terenu wynikających z eksploatacji odkrywkowej na mapach historycznych z zastosowaniem GIS

Kinga Romańczukiewicz[1]



Justyna Górniak-Zimroz[1]

[1] Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Politechnika Wrocławska, 50-370 Wrocław, Polska,
e-mail: kinga.romanczukiewicz@pwr.edu.pl, justyna.gorniak-zimroz@pwr.edu.pl

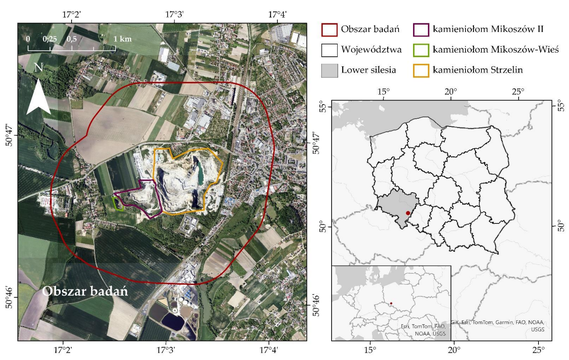
WPROWADZENIE

Zmiany w użytkowaniu gruntów i pokryciu terenu (LULC) są kluczowym aspektem monitorowania środowiska i planowania urbanistycznego, które na przestrzeni lat pozwalają na zrozumienie zachodzących zmian środowiskowych, ekologicznych czy społecznych. Aby zrozumieć kluczowe zmiany form LULC, konieczna jest perspektywa długoterminowa, która pozwoli oddzielić trendy od zmienności rocznej. Szczególnym przypadkiem są zmiany zarówno w pokryciu terenu, jak i rzeźbie zachodzące pod wpływem działalności górniczej. Prowadzenie działalności górniczej wpływa na najbliższe otoczenie powodując zmiany w krajobrazie, w środowisku naturalnym oraz ma znaczący wpływ na jakość życia mieszkańców w sąsiedztwie obszarów górniczych. Może prowadzić do wyginięcia gatunków roślin i zwierząt, a także w sposób pośredni wpływa na bezpieczeństwo człowieka poprzez liczne deformacje terenu. Dlatego też niezbędne jest monitorowanie zmian jakie zachodzą pod wpływem szeroko rozumianej działalności górniczej w perspektywie długoterminowej. Obecnie historycznym źródłem informacji o zachodzących zmianach są głównie analogowe mapy historyczne, zdjęcia z nalotów lotniczych czy dokumentacje z pomiarów. W badaniu na podstawie materiałów historycznych przeanalizowano zmiany LULC w latach 1884-1997, zachodzące na terenie trzech kamieniołomów powiatu strzelińskiego: Strzelin: Mikoszów i Mikoszów-Wieś.

OBSZAR BADAWCZY

Obszar badawczy zlokalizowany jest na terenie miasta Strzelin i wsi Mikoszów w południowo-zachodniej Polsce. Działalność górnicza na tym terenie została rozpoczęta w XIII wieku. Jednak największy wzrost gospodarczy przypada na II połowę wieku XIX oraz XX wiek ze względu na rozbudowę kamieniołomów, w których zaczęto wydobywać granit na skalę przemysłową. Kamieniołomy działające na tym obszarze funkcjonowały do wybuchu II wojny światowej, w wyniku której zostały w znacznym stopniu zniszczone, a samo wyrobisko wypełniono wodą. Po wojnie, w 1946 roku wznowiono działalność wydobywczą i przetwórczą.

Eksploatacja surowców ze złoża *Strzelin* odbywa się obecnie w kamieniołomie Strzelin I (granit) i Strzelin II (granit i gnejs). Od zachodu kamieniołom Strzelin I i II graniczy z kamieniołomem „Mikoszów”. Okresowo systemem ścianowym wydobywa się w nim gnejs i granit. Dodatkowo, na południowym zachodzie od kamieniołomu Strzelin, znajduje się kamieniołom granitu „Mikoszów Wieś”, w którym prowadzona jest okresowa działalność wydobywcza. Obszar badań dobrano na podstawie granic terenu górniczego analizowanych zakładów górniczych. Ze względu na sposób prowadzenia zakładu oraz rodzaj wydobywanej kopaliny największe niedogodności oraz zmiany zachodzą bezpośrednio przy zakładzie oraz terenie wpływów działalności górniczej.



Rys. 1. Położenie kamieniołomów Strzelin, Mikoszów II oraz Mikoszów-Wieś

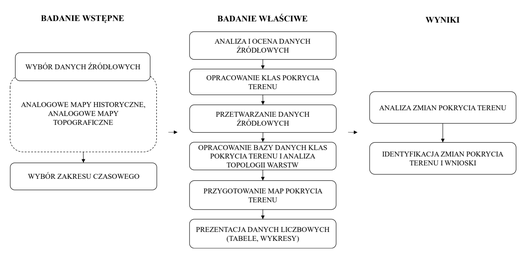
Dodatkowym czynnikiem, który jest znaczną niedogodnością pod kątem bezpieczeństwa pracowników i okolicznych mieszkańców oraz hałasu są używane materiały wybuchowe. Zatem obszar badań został oparty o granice terenu górniczego oraz maksymalnego zasięgu strefy zagrożenia rozrzutem odłamków skalnych wywołanej używaniem środków strzałowych podczas eksploatacji o wielkości 500 metrów.

DANE I METODY

Analiza zmian pokrycia terenu to proces badania i oceny zmian zachodzących w krajobrazie i jego składnikach w określonym czasie. Polega na porównaniu różnych źródeł informacji o pokryciu terenu, takich jak zdjęcia satelitarne, skanowanie laserowe terenu (LiDAR), mapy analogowe, raporty i pomiary terenowe czy też techniki systemów informacji geograficznej (GIS) w celu zidentyfikowania i opisania zmian, które nastąpiły. Wykorzystanie GIS pozwala na kompleksowe zrozumienie procesów urbanizacyjnych, włączając w to analizę migracji ludności, rozmieszczenia infrastruktury, wzorców zagospodarowania terenu czy zmian w użytkowaniu gruntów. Poprzez modelowanie przestrzenne oraz symulacje, GIS umożliwiają prognozowanie potencjalnych zmian w przyszłości, co jest kluczowe dla planowania zrównoważonego rozwoju miast i obszarów wiejskich.

Ze względu na brak odpowiedniego opracowania zawierającego niezbędne informacje opisowe i graficzne do sporządzenia analizy zmian pokrycia terenu wywołanych działalnością górniczą w obrębie miasta Strzelin i terenów bezpośrednio graniczących z miastem posłużono się ogólnodostępnymi źródłami danych należących do zasobów państwowych oraz zasobów zakładu górniczego. Wizualizacja pokrycia terenu na mapach analogowych z różnych okresów czasu znacząco różni się od reprezentacji odpowiadających im obszarów w bazach danych przestrzennych. Jednak dzięki wspólnym cechom możliwe jest zidentyfikowanie i analiza zmian pokrycia terenu zachodzących na analizowanym terenie. Do wspólnych cech można zaliczyć obszar opracowania, sposób prezentacji obiektów i zjawisk za pomocą symboli czy użytej skali barw.

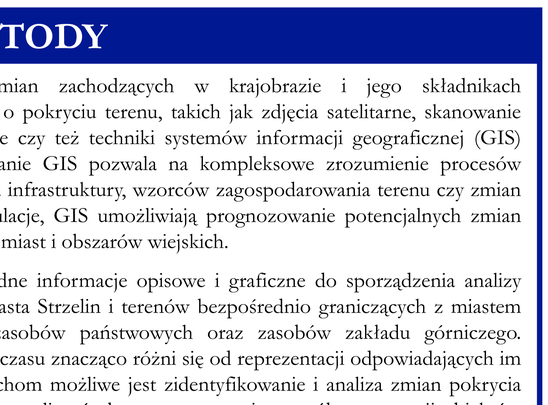
Pomimo rozwoju technologicznego, zmiany narzędzi i technik wytwarzania map oraz wprowadzenie baz danych przestrzennych, każde źródło danych pozwala na przedstawienie w formie graficznej stanu badanego terenu w wybranym zakresie czasowym. Współcześnie istotnym krokiem w procesie analizy historycznych materiałów kartograficznych, który determinuje użyteczność naukową pozyskanych map, jest procedura konwersji starych map z formy papierowej do formy cyfrowej. W celu poprawnej identyfikacji zmian z materiałów kartograficznych zaproponowano metodykę przedstawioną na rysunku 2.



Rys. 2. Schemat zaproponowanej metodyki

Ze względu na zróżnicowane podejścia oraz techniki stosowane przy tworzeniu tych map, należy się spodziewać występowania różnorodnych błędów i trudności w korelacji kartograficznej zebranych materiałów. Te różnice wynikają z odmiennych zasad opracowań, przyjętych odwzorowań, metod ilustrowania treści oraz stopnia generalizacji, -czyli sposobu przedstawiania wybranych obiektów uznanych za nieistotne z punktu widzenia celu opracowania elementów środowiska geograficznego.

Pozyskane dane (rys. 3) oceniono pod kątem jakości, w celu wyselekcjonowania tych zbiorów, które wykazują największą użyteczność w dalszych badaniach. Oceny dokonano zgodnie z przepisami zawartymi w normie ISO *Informacja geograficzna – Jakość danych – Część 1: Wymagania ogólne* (PN-EN ISO 19157-1). Dane przeanalizowano pod kątem pięciu podstawowych elementów, czyli kompletności, spójności logicznej, dokładności położenia, dokładności czasowej i dokładności tematycznej. Kolejno na podstawie zawartości map dokonano georeferencji map na punkty stałe tj.: punkty osnowy, punkty sieci kolejowej oraz drogowej, budynki lub siatkę krzyży i przystąpiono do wektoryzacji treści map.



Rys. 3. Wykorzystane materiały kartograficzne

REZULTATY

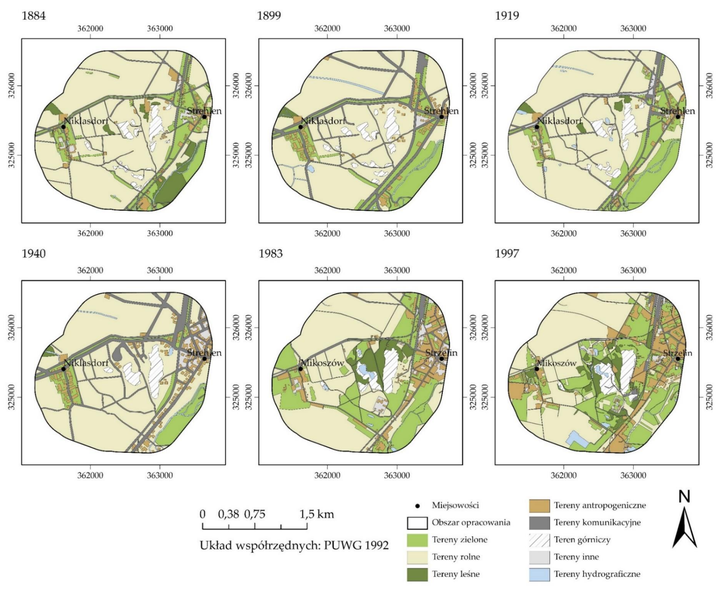
Wektoryzacja jest złożonym procesem konwersji informacji z danych w formie analogowej, takich jak mapy papierowe, przez kalibrację oraz przetworzenie informacji do postaci wektorowej. Proces ten polega na identyfikacji i graficznej reprezentacji obiektów z mapy za pomocą obiektów o geometrii punktów, linii i poligonów w postaci warstw tematycznych. W zależności od skali, sposobu reprezentacji oraz rozdzielczości wykonanego skanu mapy, treść map różni się od siebie. Symbole na mapach historycznych często mają bardziej ozdobne i artystyczne formy, zdobienia, kaligraficzne czcionki, a także ręcznie rysowane detale. Również stan oraz sposób przechowywania map ma kluczowe znaczenie na poprawność odczytywania symboli na mapie. W badaniach treść map została poddana procesowi wektoryzacji uwzględniającej podział danych na 8 klas pokrycia terenu: tereny antropogeniczne, tereny rolne, tereny komunikacyjne, tereny leśne, tereny zielone, tereny hydrograficzne, tereny górnicze i tereny inne. Charakterystykę obiektów w poszczególnych klasach pokrycia terenu oparto na specyfikacji i opisach zawartych w bazie BDOT10k dla grupy warstw *Pokrycie terenu*. W opracowaniu ze względu na różne skale czy stopień generalizacji nadzwyczaj trudne było odczytanie wszystkich symboli oraz znaków. W tabeli 1 przedstawiono przykładowe różnice w formach pokrycia terenu zidentyfikowane w historycznych materiałach kartograficznych. W badaniach, do wektoryzacji wykorzystano metodę digitalizacji ręcznej, polegającą na ręcznym nanoszeniu początków, końców, punktów załamań obiektów. Klasyfikacja obiektów z map historycznych została opracowania na podstawie zbiorów symboli z wielu źródeł literaturowych. Przykładowe zestawienie przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Zestawienie rozbieżności w symbolizacji pokrycia terenu na mapach historycznych

Obiekt	Forma pokrycia terenu w pracy badawczej	Opracowanie		
		Mapa 5268 Strehlen Army Map Service (1952) symbole w skali 1:25 000	Zestawienie Znaków Topograficznych map austriackich, niemieckich i rosyjskich (1925) dla skali 1:25 000	Opracowanie Lewakowski w skali 1:100 000 (1920)
Las	Tereny leśne			
Łąki i pastwiska, ogrody, zarośla	Tereny zielone			
Tereny zabudowane, domy wraz z ogródkami	Tereny antropogeniczne	Brak opisu i graficznego przedstawienia klasy		Brak opisu i graficznego przedstawienia klasy
Kamieniołom, dół, skarpa	Tereny górnicze			
Fabryka, tereny przemysłowe	Tereny antropogeniczne			Brak opisu i graficznego przedstawienia klasy
Wody powierzchniowe, cieki	Tereny hydrograficzne			Brak opisu i graficznego przedstawienia klasy
Tereny uprawne, pola, ogródki warzywne	Tereny rolne		Brak opisu i graficznego przedstawienia klasy	

Na podstawie wykonanych analiz stwierdzono, że działalność górnicza znacznie wpływa na zmiany w pokryciu terenu co wiąże się również ze zmianami środowiskowymi, jak i społeczno-gospodarczymi. Nie można jednak zaprzestać prowadzenia działalności górniczej, ponieważ surowce skalne są jednymi z podstawowych materiałów wykorzystywanych w wielu gałęziach przemysłu i odgrywają znaczą rolę w przychodach powiatu. Można jedynie monitorować zachodzące zmiany w celu ich kontroli.

W tabeli 2 przedstawiono powierzchnię pokrycia terenu w wybranych do analizy klasach, a na rys. 4 przedstawiono zachodzące w nich zmiany. Wyliczono, że ogólna powierzchnia terenu opracowania wnosi 473.616 ha. Na podstawie wyników można zidentyfikować duże różnice w wartościach w 1899 i 1940 roku. Wynika to ze stopnia generalizacji treści map, ze względy na niejednolitości zastosowanej skali materiałów kartograficznych. Wpłynęło to negatywnie na ilość i szczegółowość przekazywanych informacji, a w konsekwencji na wyniki badania.



Rys. 4. Mapy pokrycia terenu 1884-1997

Tab. 2. Zestawienie powierzchni poszczególnych klas pokrycia terenu

Warstwy pokrycia terenu	1884 [ha]	1899 [ha]	1919 [ha]	1940 [ha]	1983 [ha]	1997 [ha]
Tereny hydrograficzne	2,70	6,94	5,34	5,29	5,14	8,89
Tereny antropogeniczne	18,94	17,38	14,03	26,10	42,46	66,78
Tereny komunikacyjne	39,85	61,71	44,20	78,17	37,23	31,68
Tereny zielone	56,14	68,58	74,01	36,89	110,19	119,55
Tereny leśne	25,00	2,39	5,94	1,77	21,21	23,61
Tereny górnicze	15,53	16,91	16,08	16,66	16,78	19,83
Tereny rolne	311,58	297,85	308,13	299,48	227,69	194,84
Tereny inne	3,89	1,83	5,86	9,24	12,90	8,44
Suma	473,61	473,59	473,59	473,60	473,60	473,61
Powierzchnia obszaru badań	473.616					
Różnica	0,00	≈ 0,02	≈ 0,03	≈ 0,02	≈ 0,02	≈ 0,00

WNIOSKI

Pokrycie terenu jest determinowane przez wiele czynników antropogenicznych, środowiskowych czy geologicznych. Obecnie działalność człowieka jest głównym aspektem warunkującym zmiany pokrycia i użytkowania terenu. Znaczącym typem działalności antropogenicznej jest prowadzona działalność górnicza. Mapy pozwalają w graficzny sposób przedstawić zmiany zarówno społeczne jak i środowiskowe, jakie zachodziły przez prowadzenie działalności górniczej w Strzelinie na skalę przemysłową od XIX wieku. Działalność górnicza bezpośrednio wpływa na czynniki środowiskowe oraz komfort życia i pracy mieszkańców, zarówno w przeszłości jak i obecnie. Uzupełnieniem identyfikacji zmian jakie zachodzą na danym terenie mogą być ekspertyzy oraz pomiary środowiskowe, a także mapy wykonane na podstawie wyników takich pomiarów. Jednak na obszarze Strzelina, ani pobliskich miejscowości nie umiejscowiono żadnych punktów pomiarowych oraz stacji monitorujących zmiany w środowisku naturalnym. Jedynym obszarem chronionym znajdującym się w granicach obszaru badań jest zespół przyrodniczo-krajobrazowy „Wzgórza Strzelińskie”. Wyniki przeprowadzonego badania pozwoliły ukazać długoterminowe zmiany pokrycia terenu wywołane prowadzoną działalnością górniczą w kamieniołomach strzelińskich, będących jednym z największych producentów granitu i gnejsu na Dolnym Śląska. Tereny kamieniołomów z biegiem lat przeszły znaczne przeobrażenie i powiększyły swoje rozmiary o ok. 30%. Zmiany zaszły również na terenach bezpośrednio graniczących z terenami górniczymi. Do lat ‘80 XX wieku głównie tereny rolne graniczyły z terenami należącymi do zakładów górniczych. Od 1983 roku były to tereny zielone, tereny leśne oraz w znacznie mniejszym stopniu tereny rolne. Rozwinęła się również w znaczny sposób sieć osadnicza, która zwiększyła swoją powierzchnie ponad 3-krotnie.

Obecnie w badaniach monitorowania zmienności LULC na obszarach górniczych wykorzystuje się metody oparte na zastosowaniu danych satelitarnych. Są to metody efektywne kosztowo i zapewniające możliwość uzyskania rzetelnych wyników w stosunkowo krótkim czasie. Dane te posiadają odpowiednią rozdzielczość przestrzenną, radiometryczną, czasową i obejmują najczęściej analizę dla dużych obszarów. Stanowią one podstawę walidacji zebranych danych, a także narzędzie do wykonywania analiz dotyczących powierzchni ziemi czy produkcji roślinnej za pomocą wskaźników spektralnych, jednak analizując zmiany LULC w perspektywie długoterminowej niezbędne jest wykorzystanie materiałów historycznych.. Skala produktów użytych do analizy umożliwia dokładną charakterystykę zmian w pokryciu terenu na przestrzeni lat. Porównanie wykazało wiele elementów, które wpływają negatywnie na poprawność identyfikacji form pokrycia terenu w produktach historycznych, do których zalicza się: brak ujednoliconego stopnia generalizacji, symbolika elementów kartograficznych czy sposób przechowywania i wykonania mapy. Każdy z czynników wpływa na późniejszą interpretację zawartości mapy. Perspektywy przyszłych badań nad LULC w przypadku terenów górniczych można rozwinąć o wykorzystanie nowocześniejszych metod, łącząc je z automatyczną digitalizacją materiałów kartograficznych na podstawie RGB lub na podstawie zbudowanej bazy danych z polami testowymi dla różnych typów map historycznych charakterystycznych dla regionu, bądź czasu ich utworzenia