

Rozdział 5

Metodologia badań

5.1. – Materiały i procedury metodologiczne

Aby osiągnąć cele, określone w tych badaniach, wykorzystano następujące dane:

- Zdjęcia satelitarne: 5 zdjęć Landsat-7 ETM + oraz 8 zdjęć SPOT-4 XS HRV;

- Mapy topograficzne w skali 1: 50.000 i trzy w skali 1: 200.000 udostępnione z Narodowego Instytutu Kartografii;

Mapa SA-32-XVIII. Ndendé. Plik cyfrowy,

Mapa SA-32-XXIII. Mayumba. Plik cyfrowy,

Mapa SA-33-XIII. Malinga. Plik cyfrowy,

- Dwie mapy geologiczne (1: 1.000.000 / 1: 200.000) i trzy mapy gleb (1: 200.000). Oprogramowanie:

ERDAS wersja 8.5,

Arcview wersja 3.2a,

ArcGIS 9.3,

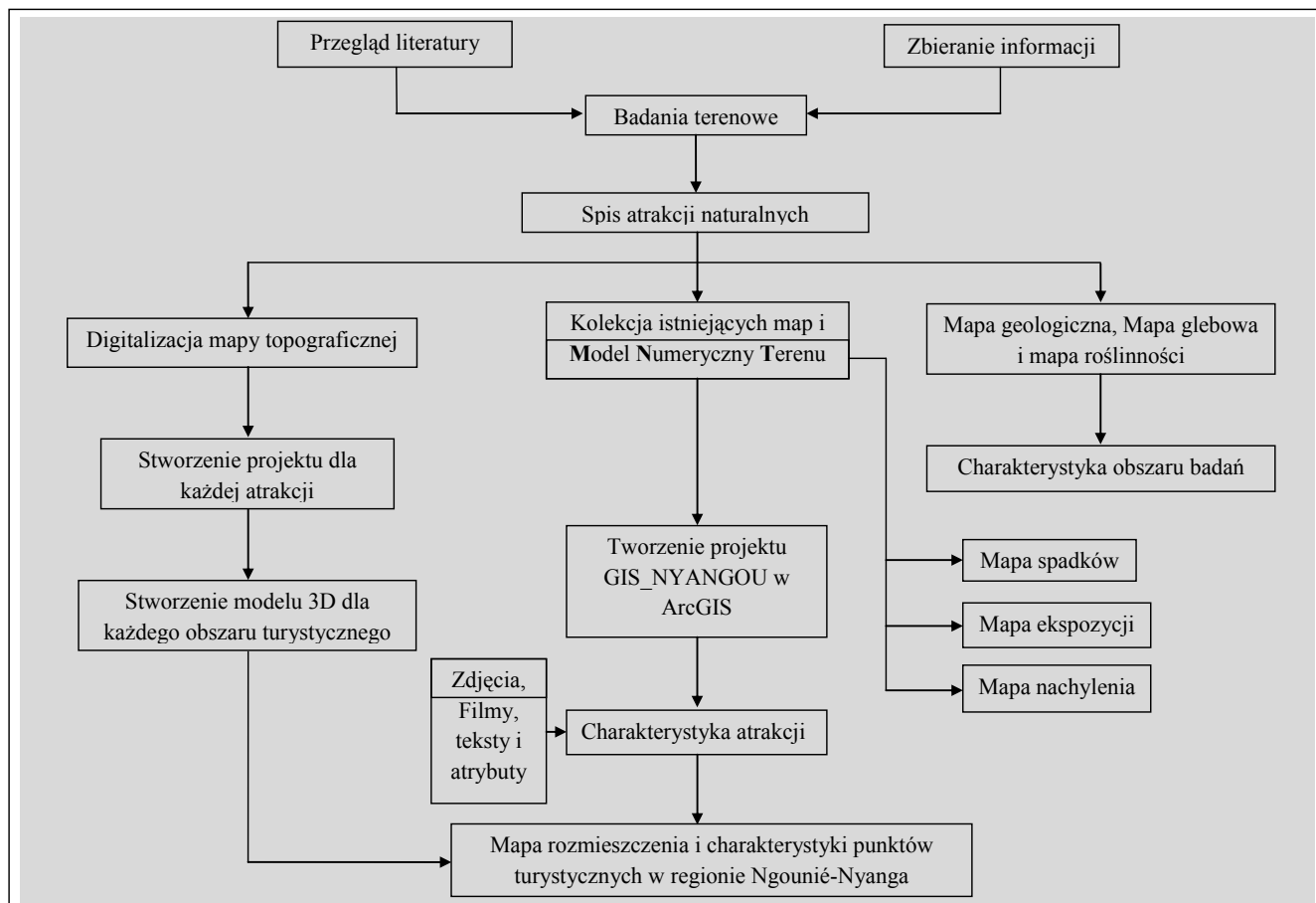
CorelDraw w wersji 11.

Jak już wspomniano we wcześniejszym rozdziale, starano się opracować pierwszy Bank Danych geograficzno-ekoturystycznych, dla południowo-zachodniego Gabonu oparty na zasobach geoinformatycznych, z naciskiem na identyfikację punktów ekoturystycznych. Na podstawie adaptacji metodologii FAO-LCCS (*Land Cover Classification System*, Di Gregorio i Jensen, 2000), niniejsza praca próbuje zdefiniować w tym samym czasie regionalne jednostki krajobrazowe, odwołując się do podziału terytorialnego na regiony fotomorficzne które są, zgodnie z Olędzkim (2004), prawdziwymi regionami geograficznymi. Ta geogra-

Tabela 13. Optyczne obrazy satelitarne nabyte i przetwarzane w tych badaniach.

Table 13. Optical satellite images acquired and processed in these studies.

Sensor / Orbita / Punkt obrazu (WRS: P/R)	Data nabycia	Kanały / Format
Landsat 7 ETM + 185-061	02.04.2003	1, 2, 3, 4, 5, 61, 62, 7, 8 / BSQ
Landsat 7 ETM +185-062	08.06.2000	1, 2, 3, 4, 5, 61, 62, 7, 8 / Geotiff
Landsat 7 ETM + 184-061	13-02-2003	1, 2, 3, 4, 5, 61, 62, 7, 8 / BSQ
Landsat 7 ETM +184-062	27-03-2001	1, 2, 3, 4, 5, 61, 62, 7, 8 / Geotiff
Landsat 7 ETM +184-063	14-07-2000	1, 2, 3, 4, 5, 61, 62, 7, 8 / Geotiff
SPOT 4 HRV 085-356	24-03/1996	1, 2, 3 / Tiff
SPOT 4 HRV 086-356	20-03/1996	1, 2, 3 / Tiff
SPOT 4 HRV 087-356	26-04/1998	1, 2, 3 / Tiff
SPOT 4 HRV 087-357	10-04/1998	1, 2, 3 / Tiff
SPOT 4 HRV 088-354	21-03/1998	1, 2, 3 / Tiff
SPOT 4 HRV 088-355	21-03/1999	1, 2, 3 / Tiff
SPOT 4 HRV 088-356	21-03/1999	1, 2, 3 / Tiff
SPOT 4 HRV 088-357	21-03/1999	1, 2, 3 / Tiff



Ryc. 48. Schemat procedur przyjętych w badaniach.
 Fig. 48. Diagram of adopted procedures in the research.

ficzna baza danych będzie narzędziem, które służy do wspomagania inicjatyw planowania i rozwoju ekoturystyki w regionie. Rysunek 48 przedstawia schemat metodologiczny badań w celu uszczegółowienia podjętych czynności podczas wykonywanych badań.

5.2. Metoda obserwacji terenowych

Prace w terenie w celu zebrania danych bazowych zostały wykonane w sposób opisany poniżej.

Pierwszy wyjazd terenowy odbył się w listopadzie i grudniu 2006 roku i trwał trzy tygodnie. Była to wizyta miejsca mająca na celu poznanie regionu oraz polegająca na zbieraniu danych punktów odniesienia w terenie (PRS), identyfikacji typu flory (formacje roślinności) i obserwacji użytkowania różnego rodzaju gleb. Te działania miały na celu wykonanie klasyfikacji obrazu, zbieranie informacji do aktualizacji elementów map tematycznych. Wszystkie obserwacje i badania terenowe zarejestrowano i zapisano w formie fotograficznej.

Planowanie badań terenowych rozpoczęto od wykonania mapy terenu, a także od poprawy wizualnej obrazów satelitarnych (korekcji geometrycznej), z wcześniejszą identyfikacją punktów, na podstawie których obrazom zostały nadane georeferencje. Za

pomocą współrzędnych uzyskanych za pomocą aparatu GPS Garmin 60 CSX, zebrano punkty i uzyskano niemal dokładne współrzędne.

Realizacja prac terenowych została podzielona na etapy. Najpierw przeprowadzono badania wzdłuż rzeki Ngounié, aż do ujścia do Ogooué, czyli części obszaru badań, w której praca była często utrudniona przez intensywne opady deszczu uniemożliwiające wyjścia do lasu, czy poruszanie się samochodem terenowym. Tak było również w przypadku poruszania się wzdłuż rzeki Nyanga w zachodniej części badanego obszaru. Mając na uwadze konieczność zebrania danych turystycznych zapoznano się z istniejącą infrastrukturą wzdłuż całego wybrzeża Atlantyku.

Drugi wyjazd terenowy odbył się w okresie od połowy września do początku października 2008 r. (około trzydziestu dni). W czasie tych badań w terenie potwierdzono klasyfikację pokrycia terenu i użytkowania gruntów na obszarach, na których były wątpliwości lub, odnośnie do których nie posiadano wiedzy. Odwiedzono również gospodarstwa rolne, które nie zostały ujęte podczas poprzedniego pobytu z powodu problemów logistycznych, wykonano georeferencję za pomocą GPS i zrobiono zdjęcia (Canon EOS 500), a także gromadzono dane na temat innych istotnych zagadnień wymienionych i uwzględnionych na mapie terenu. Podczas tego pobytu, zebrano informacje doty-

czące lokalizacji punktów częstych obserwacji dzikich zwierząt. Jeżeli chodzi o infrastrukturę turystyczną, to podczas tego wyjazdu zebrano wiele praktycznych informacji na przykład dotyczących dojazdu do jaskiń w pobliżu Tchibanga, hoteli w regionie. Wszystko to zarejestrowano na zdjęciach i filmach.

Ostatni wyjazd terenowy miał miejsce w drugiej połowie kwietnia i w maju 2010 roku i miał na celu zbadanie terenu wzdłuż rzek i strumieni znajdujących się w badanym obszarze. Podczas tego pobytu zebrano informacje na temat historii regionu Ngounié-Nyanga, spotykając się z szefami wiosek, rdzenną ludnością i badaczami z Departamentu Historii i Geografii Uniwersytetu Omar Bongo. W odniesieniu do danych turystycznych, zapoznano się z ofertą hotelarską sektora turystycznego Mayumba.

Zdjęciom fotograficznym z trzech wyjazdów terenowych zostały nadane georeferencje i zostały zgrupowane, tworząc archiwum fotografii regionu Ngounié-Nyanga. Na dołączonej do niniejszej pracy płycie CD, znajduje się mapa przestrzenna punktów mających potencjał ekoturystyczny.

5.2.1. Badania geologiczne i geomorfologiczne

Prace terenowe związane z geologią i geomorfologią przeprowadzono w interdyscyplinarnym zespole geologów i geomorfologów. Początkowo przebyto samochodem (nawierzchnią przejezdną), a następnie pieszo, główne drogi komunikacyjne badanego obszaru. Przepłynięto również łodzią lub pirogą rzeki, które mają potencjał ekoturystyczny. Wybierając taką formę podróżowania można zaobserwować wodospady, formy rzeźby terenu, główne struktury klifów granitowych, które służą jako korytarze dla strumyków (kaniony), a które prowadzą przede wszystkim do rzek Ngounié i Nyanga oraz jezior i lagun w badanym regionie.

Dla niektórych z tych punktów, dokonano pomiaru upadu warstw geologicznych i zarejestrowano ich współrzędne oraz przygotowano schematy na podstawie zdjęć satelitarnych Landsat-7 ETM+) i mapy geologicznej Gabonu (Chevalier L. i inni 2002). Zebrane informacje zostały wykorzystane jako podstawa do interpretacji stereoskopowych zdjęć lotniczych w laboratorium, a następnie były usystematyzowane w Banku Danych.



Ryc. 49. Praca w terenie: badanie próbek gleby i warunków pracy naukowców. Źródło: (D. Moukétou-Tarazewicz – autor zdjęć, De Groot i Boldrachi na zdjęciu).

Fig. 49. Working in the field: the study of soil samples and working conditions of researchers. Source: (D. Moukétou-Tarazewicz – author photos, de Groot and Boldrachi in the picture).

5.2.2. – Badanie formacji roślinnych, pokrycia i użytkowania ziemi

W zbieraniu informacji na temat roślinności w regionie badań posługiwano się: Sprzętem do nawigacji satelitarnej GPS Garmin – GPSMAP 60CSx, aparatami fotograficznymi, a do przemieszczania się korzystano z pirogi i samochodu terenowego.

Początkowo analizowano obrazy satelitarne i zdjęć lotnicze, obejmujące wybrane sektory w celu opracowania tras ekoturystycznych dla badanego obszaru. Następnie w terenie zidentyfikowano współrzędne geograficzne za pomocą GPS. To pozwoliło scharakteryzować rodzaje formacji roślinnych dominujących w różnych obszarach ekoturystycznych i wzdłuż dróg komunikacyjnych, które przemierzono podczas badań terenowych. Dokonano charakterystyki wizualnej i wzięto pod uwagę następujące cechy: zasięg (wysokość) i gęstość roślinności, topografię, obecność cieków wodnych, obecność gleby bez roślinności lub skał, obecność traw typowych lub dominujących gatunków i/lub stopień antropizacji krajobrazu. W proponowanej metodologii niniejszej pracy, kolekcja botaniczna została zebrana na szlakach dostępnych samochodem lub pieszo. Unikano okazów nieurodzajnych czy wysokich, ze względu na trudność ich identyfikacji (ryc. 49).

Stopniowo, poruszając się ścieżkami regionalnymi, zaobserwowano okazy roślin reprezentatywne dla lokalnej flory. W niektórych przypadkach gatunki roślin zostały zebrane na obszarach poza drogami i o niskim wpływie działalności człowieka. Gatunki typowe, które nie zostały zidentyfikowane na miejscu, zostały zabezpieczone i zabrane do późniejszej analizy. Gatunki roślin zostały zidentyfikowane przez porównanie z literaturą. Po tej analizie, botaniczny materiał został zasuszony, aby służył na dłuższy czas. Zachowano ten materiał jako zielnik regionu Ngounié-Nyanga w siedzibie ONG-Muyissi (Organizacji pozarządowej zajmującej się ochroną środowiska wspieranej przez autora tej pracy). Wszystkie zebrane okazy zidentyfikowano taksonomicznie, określając rodzinę botaniczną, typ, i jeśli to możliwe gatunek.

Wspólne nazwy poszczególnych gatunków otrzymano również od mieszkańców regionu. Przeprowadzono dokumentację fotograficzną typów roślinności i gatunków interesujących dla obszarów ekoturystycznych, w celu opracowania fotograficznego banku danych flory regionalnej, co zostanie omówione w następnym rozdziale pracy.

5.2.3. Inwentaryzacja punktów mających potencjał ekoturystyczny

Inwentaryzacja punktów o potencjale ekoturystycznym została przeprowadzona poprzez naniesienie współrzędnych GPS i robienie zdjęć w tych miejscach. Dla wielu atrakcji, wykonano również szkice lokalizacyjne, które pomogą później w identyfikacji i klasyfi-

kacji dokładnych punktów podczas interpretacji zdjęć satelitarnych i zdjęć lotniczych.

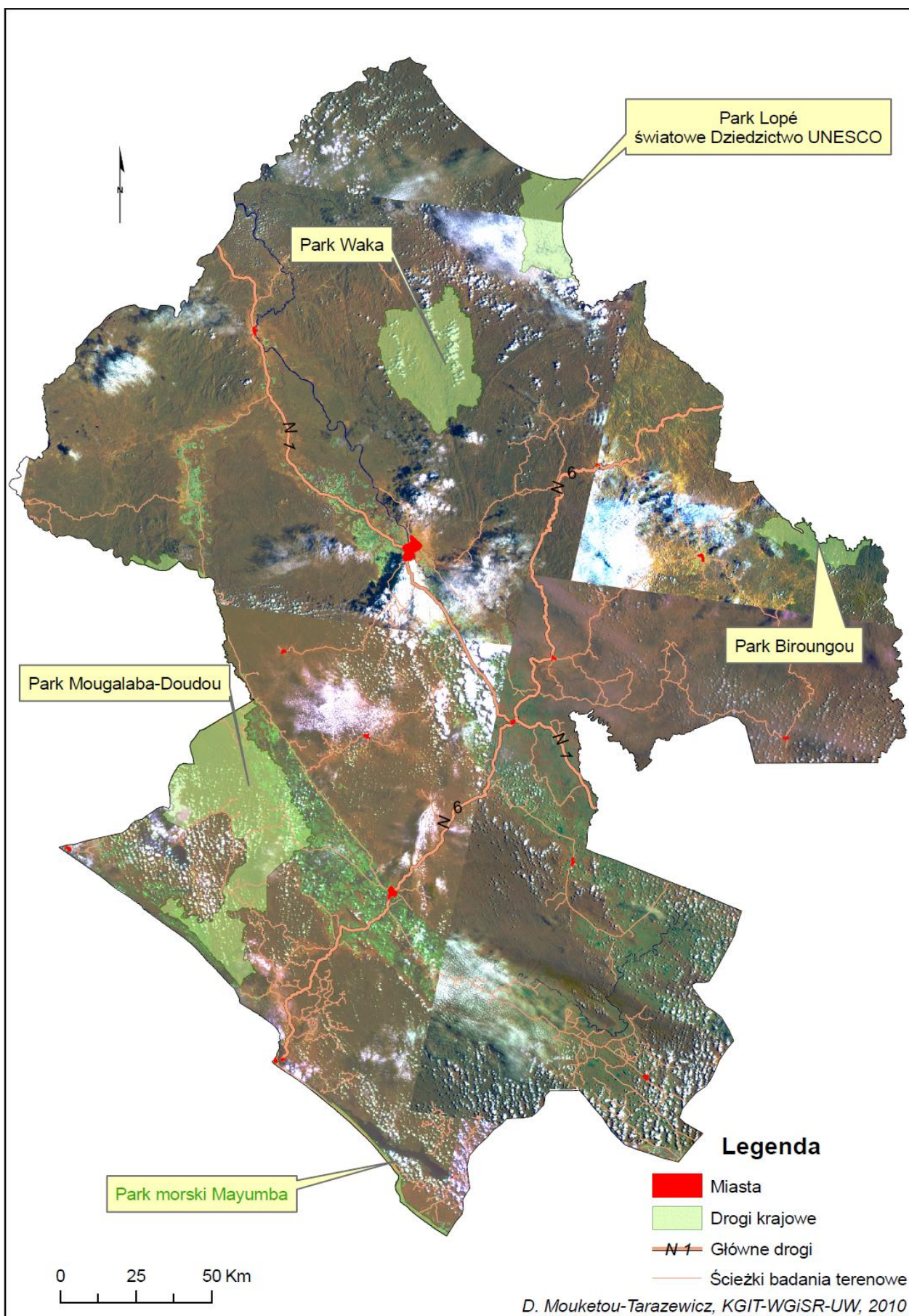
Na podstawie zdjęć satelitarnych, zebranie punktów zaczęło się od miejsc, które już miały infrastrukturę dla rozwoju turystyki, tj. wzdłuż głównych dróg, następnie w oparciu o informacje uzyskane od Dyrekcji Generalnej ds. Turystyki w Gabonie i rdzennych mieszkańców. Badanie to zostało stopniowo rozszerzone na inne atrakcje przyrodnicze i na niektóre punkty interesujące dla turystyki. Ryc. 51 pokazuje (w kolorze zielonym) wszystkie punkty zbadane podczas prac terenowych w całym regionie Ngounié-Nyanga.

Zebrano łącznie 70 atrakcji turystycznych (w tym 5 parków) jako potencjał turystyczny w pięciu wybranych obszarach (sektorach) w regionie Ngounié-Nyanga, mianowicie 50 naturalnych i 15 kulturowych. Wyniki pokazują, że istnieje duży potencjał dla rozwoju przemysłu, takiego jak ekoturystyka, turystyka przygodowa i sportowa (jak rower górski, wędkarstwo i sporty wodne), rekreacyjna (słońce i piasek) oraz turystyka kulturowa, w szczególności tradycyjna (poznawanie historii), geologiczna i geospeleologiczna.

W obszarze Ngounié 1 (NG1), zwiększenie potencjału turystycznego pozwoliło na wyróżnienie 13 potencjalnych atrakcji turystycznych, 6 naturalnych i 7 kulturalnych. Wśród atrakcji przyrodniczych można wymienić: Park naturalny Lope, Park krajowy Waka, wodospady Tsamba i Magotsi, plaże nad rzeką Ngounié, źródła górskie (góra Chad), leśne szlaki łańcucha górskiego Koumounabouali i całe jego dziedzictwo naturalne. Wśród potencjału kulturowego można wymienić: kolonialne budynki, kościoły Sindara i Mandji-Ndolou, historyczne zabytki, rzemiosło artystyczne, rytuały i tradycyjne obrzędy, takie jak Bwiti.

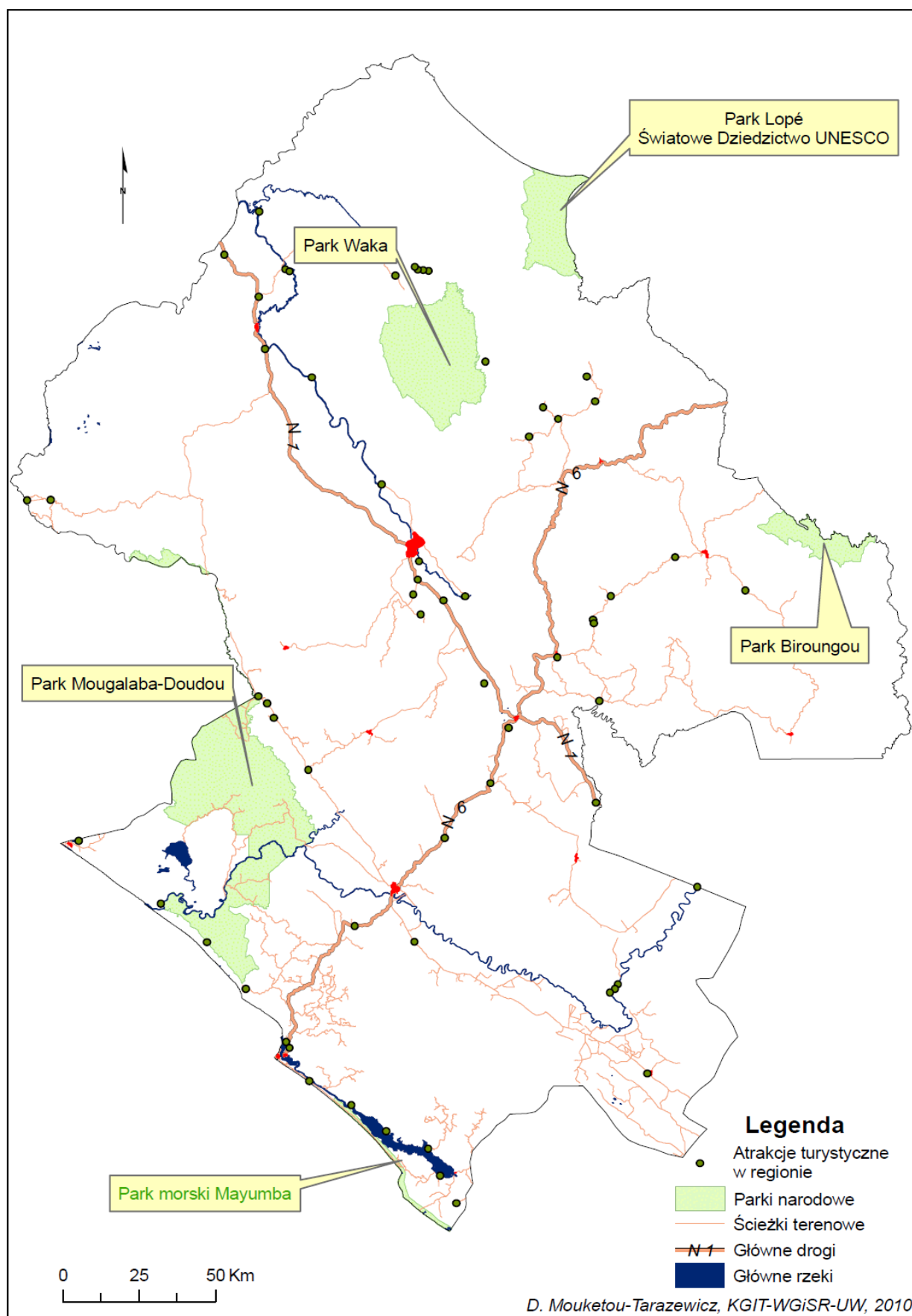
W obszarze Ngounié 2 (NG2), zidentyfikowano 11 potencjalnych atrakcji turystycznych, 3 naturalne i 7 kulturalnych. Wśród atrakcji przyrodniczych wyróżniamy: niebieskie jeziora otaczające miasto Mouila, projektowane trasy rowerowe (rower górski) do wiosek rybackich, rzeka Ngounié i jej bystrza, mistyczny las Mangondo i dzikie zwierzęta (woły, antylopy, dzikie świny, jeżozwierze, kaczki, gęsi, łuskowce) i roślinność na sawannach Toungoutiti, Moutassou i Maramba. Wśród potencjalnych atrakcji kulturowych można wymienić: zabytkowy kościół św. Marcina z Apindji, biskupstwo Val Marie, rytuały i tradycyjne wydarzenia kulturalne plemienia punu, obserwowanie wydobycia piasku na drewnianych pirogach w rzece Ngounié, a także kluby nocne, gdzie turysta nauczy się tańca afrykańskiego.

We wschodniej części regionu Ngounié-Nyanga w obszarze NG3, zidentyfikowano 12 potencjalnych atrakcji turystycznych, w tym 8 związanych z kulturą i 4 atrakcje przyrodnicze. Atrakcje przyrodnicze prezentujące potencjał turystyczny skupione są wokół parku krajobrazowego Waka: słynne jaskinie Bongolo z Ngouanga i Kanda, kaskady i wodospady. Wśród potencjału turystyki związanej z odkrywaniem kultury można wymienić: kościoły Dibwangui Mouyanama,



Ryc. 50. Na mozaice obrazów Landsat7 – ścieżki obserwacji fitokrajobrazowego regionu.

Fig. 50. The mosaic images Landsat7 – path follow phyto landscape of the region.



Ryc. 51. Trasa i punkty (oznaczone kolorem zielonym na zdjęciu Landsat 7) zebrane podczas wszystkich etapów badań terenowych.

Fig. 51. Route and points (marked in green in the picture Landsat 7) collected during all stages of field testing.

warsztat tkania rafii Makongonio, miejsce wydobywania złota Etéké, stawy rybne Lébamba, amerykański szpital Bongolo, most z liany Mimongo, drogi i środki transportu na obszarach wiejskich w lesie masywu Chaillu.

Od miejsca zwanego „au tonneau” na trasie Tchibanga-Mayumba w kierunku Gamba, w obszarze NY1, zidentyfikowano 10 potencjalnych głównych atrakcji w tym 4 atrakcje przyrodnicze i 6 atrakcji kulturowych. Wśród atrakcji przyrodniczych znajduje się Park krajobrazowy Mougala-ba-doudou, lokalna flora i fauna, laguna Ndogo pomiędzy plażami nad oceanem między Panga i Sette-Cama. Wśród potencjału kulturowego znajdują się: przeprawa barką na rzece Nyanga do Mougagara-Mayonami na rzece Douigni, miasta wydobywania ropy naftowej Gamba, pochodnie z platform wiertniczych na morzu, biura i pomieszczenia Shell-Gabon, pole golfowe dla pracowników Shell-Gabon i naturalne plantacje Iboga (roślina używana w tradycyjnych obrzędach).

W obszarze NY2 na południe od trasy Mayumba Tchibanga i w okolicach nadmorskiego parku Mayumba, zidentyfikowano 38 potencjalnych atrakcji turystycznych, w tym 5 naturalnych i 28 kulturowych. Wśród atrakcji przyrodniczych wyróżniamy: lagunę Banio, piaszczyste plaże i fale Oceanu Atlantyckiego, zbieranie muszli w lagunie, potoki i strumienie. Wśród potencjału kulturowego można wymienić: ekologiczną stację badawczą (WCS), kościół katolicki Mayumba, wioskę rybacką (rybacy z Beninu i Togo), cmentarz osadników niemieckich, coroczny wyścig kajakowy, Centre de Réception Satellitaire (CRS), centralny plac miasta i warsztaty rzemiosła artystycznego.

Wykonano w ramach niniejszej pracy mapy tematyczne na podstawie danych zebranych na temat potencjału turystycznego regionu Ngounié-Nyanga. Mapy klasyfikacji atrakcji turystycznych (ryc. 51a) reprezentują rozkład geoprzestrzenny potencjału w danym badanym obszarze i ich identyfikację jako atrakcji przyrodniczej lub kulturowej. Mapy charakteryzujące atrakcje turystyczne (ryc. 51b) pokazują rozmieszczenie przestrzenne potencjału, reprezentowane przez odpowiednie symbole.

5.3. Opracowanie Banku Danych w ArcGIS

Projekt obejmujący obszar zlewni Ngounié i Nyanga oraz Departament Ndougou został utworzony w całości w ArcMap 9.3 ArcGIS (ArcGIS Desktop Applications).

Kontury warstwowe i inne dane, takie jak sieć hydrograficzna, drogi, granice zlewni i gminy nanie-siono jako punkty. W końcu kompletny plik stworzono w programie AutoCAD DXF i następnie został on eksportowany do ArcGIS 9.3, na podstawie, którego oddzielono różne poziomy informacji oraz dalsze dokumenty i mapy tematyczne.

Zastosowanie tych warstw w ArcGIS pozwoliło na opracowanie projektu wraz z tabelami danych zde-

finiowanych w układzie współrzędnych, które będą dostępne na każdym etapie pracy.

Czasochłonna praca w ArcGIS, wizualizacja regionu oraz lokalizacja na mapie, pozwalają na ogólną charakterystykę na przykład szczytu i jego lokalizacji w gminie, dróg dojazdowych, istniejącego oznakowania, infrastruktury, kształtu koryta rzeki, etc. Te informacje służą do późniejszego określenia typów aktywności turystycznej w danych miejscach.

Po utworzeniu projektu w programie ArcGIS, można wykonać wyszukiwanie interaktywne według słów kluczowych, identyfikację miejsc istniejących w tej lokalizacji, co pozwala również na otworzenie zdjęć, legend, grafiki w 3D, filmów, etc. Można również rozszerzyć interaktywne zapytania, nie tylko przez słowa kluczowe, ale także przez „promień działania”, tzn. z danej lokalizacji, pytający może zapytać o listę atrakcji przyrodniczych znajdujących się na przykład w promieniu 30 km.

Efekty pracy wytwarzane za pomocą modeli trójwymiarowych wskazują na znaczną poprawę wizualizacji i interpretacji danych fizjograficznych, podkreślając jednocześnie czynniki hydrograficzne, rzeźbę terenu.

W końcu, użyto programu CoreDRAW, aby nadać formę graficzną i przedstawić wersję ostateczną mapy.

Aby utworzyć projekt, zdefiniowano pole, które odnosi się do obszaru geograficznego badań i odwzorowano je kartograficznie. W przypadku naszej pracy, wartości są następujące:

Pole w granicach (w układzie współrzędnych):

$X1 = 594,722.293$ $X2 = 892,240.243$ / $Y1 = 9,958,205.483$ $Y2 = 9,559,546.196$

Czas (strefa): 32

Odwzorowanie kartograficzne: UTM / Universal Transverse Mercator

Meridian pochodzenia: 9° 00' 00 Wschód.

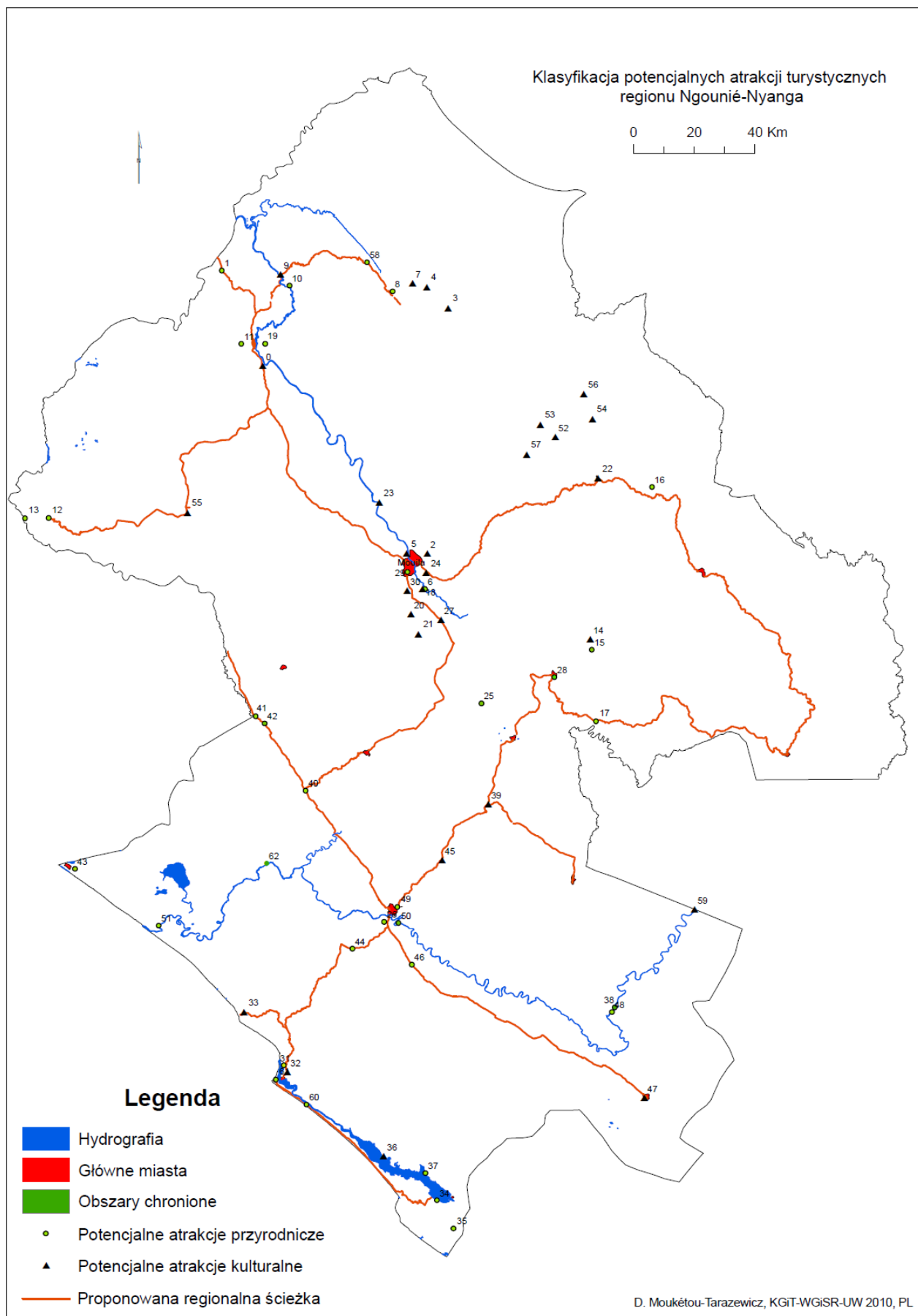
Po utworzeniu projektu i banku danych w ArcGIS, następnym krokiem było stworzenie podstawowej bazy danych. Dane te powinny być wykorzystywane do Systemu Informacji Geograficznej (SIG-NYANGOU) jako dane wejściowe: dane takie jak obrazy alfanumeryczne, mapy tematyczne i dane zebrane w terenie.

5.4. Przetwarzanie zdjęć satelitarnych

Zastosowano przetwarzanie zdjęć satelitarnych i numeryczny model terenu (NMT) o dokładności 90 metrów, obejmujących cały obszar badań. W odniesieniu do przetwarzania obrazów, to użyto cztery obrazy Landsat-7 ETM+ i osiem obrazów SPOT-4 XS HRV. Częściowo przetwarzano obrazy z Landsat-5 TM. Jak zaznaczono w tabeli 3.1 te czynności zostały wykonane za pomocą oprogramowania Erdas w wersji 8.5.

Powyższe czynności zostały wykonane w trzech etapach: zapis, przetwarzanie i klasyfikacja obrazu.

Do zapisu obrazów użyto wcześniejszej wiedzy na temat regionu, a także dla punktów otrzymanych w terenie nadano współrzędne X, Y. Raz zapisane punk-

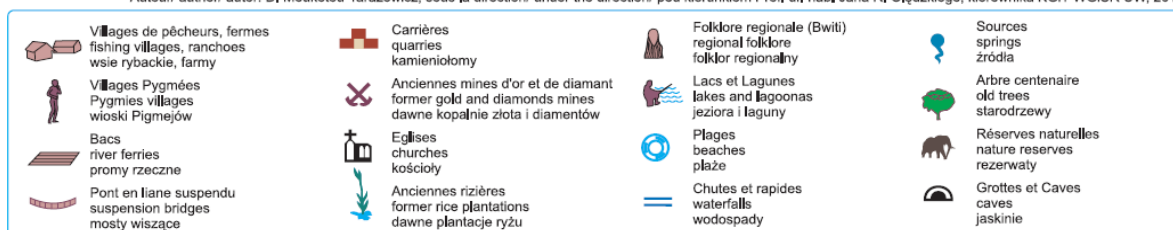


Ryc. 52. Klasyfikacja potencjalnych atrakcji turystycznych regionu Ngounié-Nyanga.

Fig. 52. Classification of potential attractions of the Ngounié-Nyanga region.

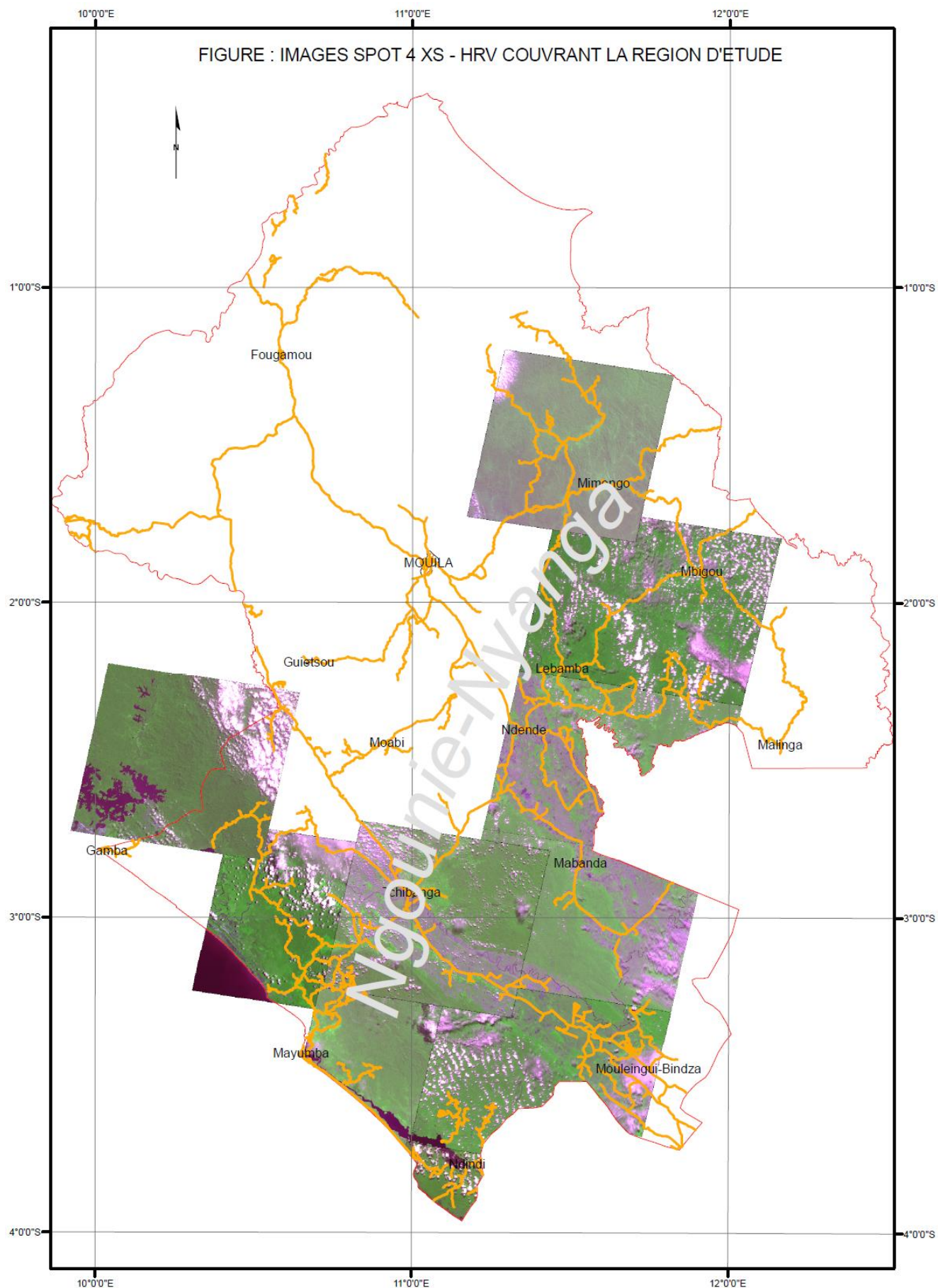


Auteur/ author/ autor: D. Moukétou-Tarazewicz, sous la direction/ under the direction/ pod kierunkiem Prof. dr, hab. Jana R. Olędzkiego, kierownika KGIT WGISR UW, 2012



Ryc. 53. Charakterystyka potencjalnych atrakcji turystycznych regionu Ngounié-Nyanga.

Fig. 53. Characteristics of the potential attractions of the Ngounié-Nyanga region.



Ryc. 54. 9 zdjęć Spot-4 XS-HRV zebranych podczas kolekcji danych satelitarnych.

Fig. 54. 9 pictures spot-4 xs-hrv collected during the collection of satellite data.

ty, będą wprowadzane do ArcGIS z klawiatury. Po wprowadzeniu punktów i przeanalizowaniu wartości błędów, można było zastosować transformację wielomianową drugiego stopnia, co stworzyło związek między współrzędnymi obrazu i współrzędnymi stosowanego systemu odniesienia, w tym przypadku współrzędne punktów. Dla procesu korekty geometrycznej używano techniki przepróbkowania pikseli.

W odniesieniu do przetwarzania obrazu, wykonano je w oprogramowaniu ERDAS według następujących procedur: transformacja kanałów z rozdzielczością od 30m X 30m do 20m X 20m pochodzących z satelity Landsat 7, ujednoczenie rozdzielczości spektralnych wszystkich scen, połączenie obrazów w celu wykonania mozaiki regionu i stosowanie środków kontrastowych poprzez funkcję transferu „wyrównania histogramu”.

Przetwarzanie obrazów pozwoliło osiągnąć następujące produkty: mapę pokrycia i użytkowania terenu, fitokrajobrazy, kompozycje kolorów (RGB), fuzję obrazów, mapy przestrzenne, mapę sieci hydrograficznych, zwłaszcza zbiorników wodnych.

Numeryczny Model Terenu wykonano również w oprogramowaniu ERDAS Imagine 8.5, do którego został zaimportowany w formacie geotiff, a następnie używany dzięki modułowi Digital Ortho tego oprogramowania. W ArcMap, na podstawie narzędzia hydrologia dostępnego w rozszerzeniu Spatial Analyst, budowa Numerycznego Modelu Terenu zawierała m.in.: wytwarzanie mozaiki, weryfikacja obecności wartości

wysokości ujemnych i nieobecność wartości wysokości (otwory) następnie konwersja projekcji. Po zakończeniu opisanej procedury Numeryczny Model Terenu był gotowy, aby wygenerować produkty takie jak mapa hipsometryczna, mapa spadków i mapa położenia.

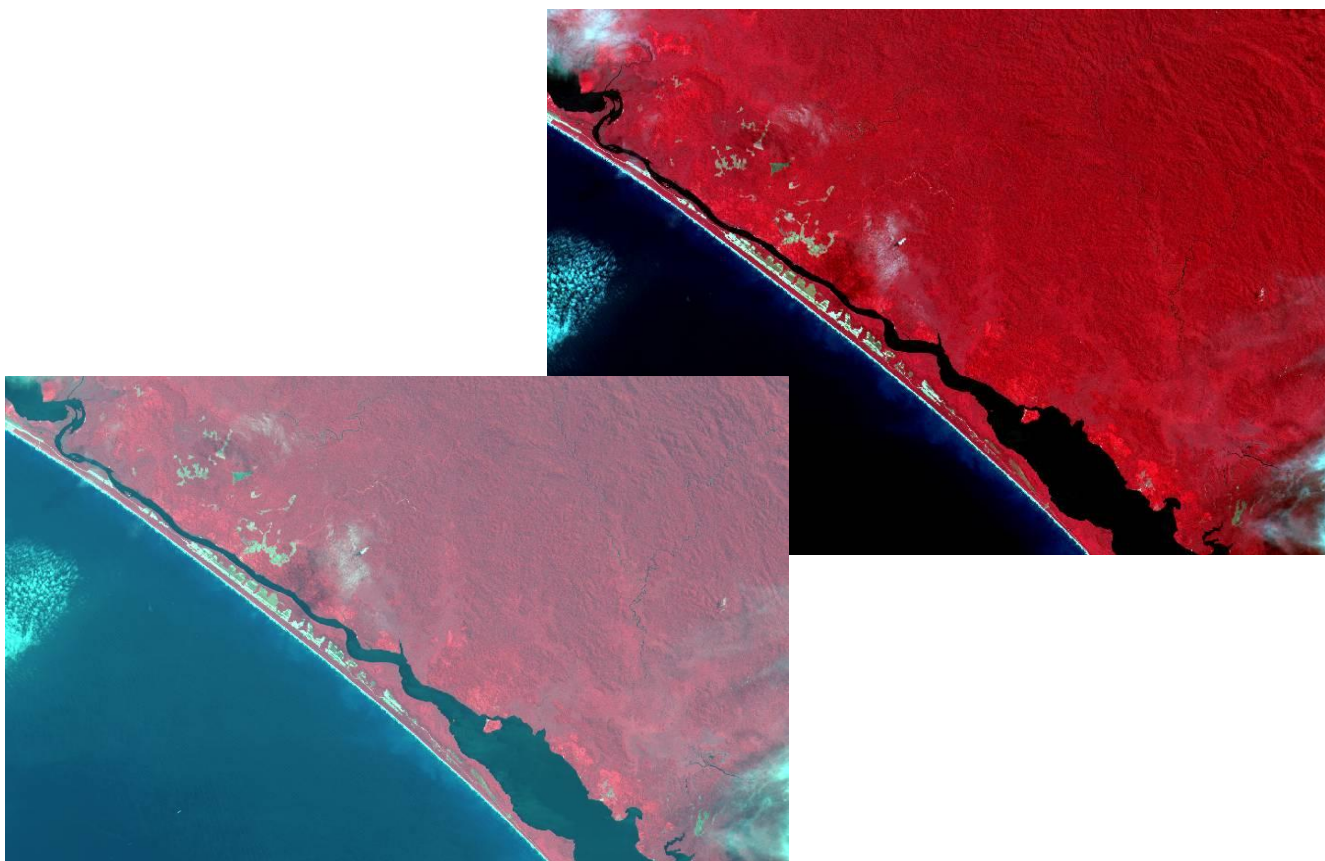
Poniżej opisano wykonywane procedury w celu uzyskania większości map, które prezentowane są w tych badaniach.

5.4.1. – Zapis, mozaika i korekta obrazów

Początkowo zdecydowano się na georeferencję scen panchromatycznego obrazu Landsat-7 ETM+ i Spot-4 XS-HRV na podstawie jednego punktu, ponieważ ich geometria była wiarygodna. Zapis obrazów, w tym przypadku, uwzględnił korektę systemu ERDAS.

Zdefiniowano w terenie punkt kontrolny, jako odniesienie do ArcGIS. Wybrany punkt to skrzyżowanie dróg N-1 i N-6, czyli drogi z Mayumba (Ocean Atlantycki) do Koulamoutou, którego współrzędne zostały przeniesione do ArcGIS na klawiaturze.

Po zapisaniu obrazów wygenerowano mozaikę na podstawie pięciu obrazów obejmujących większą część regionu. Następnie mozaika została wizualnie poprawiona i przycięta do granic badanego obszaru. Wyeksportowano ją z programu ERDAS i importowano do Bazy Danych Geograficznych (BDG) w ArcGIS. W końcu wykorzystano aktualizację i generowano mapy tematyczne.



Ryc. 55. Wynik korekty atmosferycznej obrazu SPOT 4 XS-HRV na lagunie Banio.
Fig. 55. The atmospheric correction of image of SPOT 4 XS-HRV on Banio lagoon.

5.4.2. Połączenie obrazów przekształcając barwy metodą IHS-RGB

Przeprowadzono połączenie między kanałami spektralnymi i panchromatycznymi w wyniku transformacji RGB → IHS w oprogramowaniu ERDAS. Komponent intensywności został zastąpiony przez kanał 8 Landsat-7 ETM+ (rozdzielczość 15 m). W rezultacie uzyskano obraz barwny o rozdzielczości przestrzennej 15 metrów odpowiadającej kanałowi panchromatycznemu i rozdzielczości spektralnej obrazów wielospektralnych. To działanie pozwoliło uzyskać lepszą jakość kształtów /konturów. Uzyskany obraz wykorzystano do przygotowania mapy przestrzennej oraz aktualizacji i generowania map tematycznych (ryc. 53).

5.5. – Regionalna kartografia tematyczna

Ten etap polegał na przetwarzaniu informacji i wybraniu pochodzenia wtórnych źródeł dostępnych na badanym obszarze. Przeprowadzono systematyzację dla tematów opisanych poniżej. W zakresie tworzenia nakładek, w skali 1:600.000, użyto usystematyzowanego projektu opartego na łączeniu arkuszy topograficznych.

5.5.1. – Opracowanie map topograficznych

W badaniach, obraz sieci hydrograficznej oraz poziomicy, wykonano na podstawie różnych danych teledetekcyjnych. Następnie porównano uzyskane dane z mozaiką map topograficznych Mouila, Tchibanga, Ndendé, Mayumba i Bongo w skali 1:200.000. Mozaika została wykonana w oparciu o warstwę zawierającą sześć map topograficznych, to znaczy, że zarejestrowano osobno w programie ERDAS każdą mapę topograficzną na jednej warstwie. Po zarejestrowaniu i połączeniu, zaczęto wizualizować te elementy sieci hydrograficznej i poziomicy bezpośrednio na ekranie. Następnie poprzez narzędzie do edycji (wektorowej) z programu ERDAS, ten moment podwójnego montażu do danych GPS, użyto jako punkt odniesienia dla obszarów, których nie można było kartografować ze zdjęć satelitarnych.

5.5.2. – Mapa sieci hydrograficznej

Dla opracowania mapy hydrograficznej użyto czterech obrazów satelitarnych w kompozycji kolorowej kanałów 3, 4 i 5 mozaiki obrazu Landsat-7 ETM+ nieprzetwarzanego, które przeszły przez proces generowania map tematycznych. W fazie próbkowania, próbki podzielono na dwie kategorie: *woda* i *nie woda*, a następnie zastosowano inne fazy kartografii tematycznej. Powstały produkt był używany do aktualizacji mapy bazowej w stosunku do hydrografii, pokazany na mapach topograficznych Instytutu Narodowego Kartografii (INC) wykazał, że nie odzwierciedla obecnej sytuacji.

Można obserwować wynik tego działania na ryc. 54 i dostrzec różnicę między liniami sieci hydrograficznych według map topograficznych i obrazów satelitarnych oraz tych uzyskanych na podstawie Numerycznego Modelu Terenu, przez obliczanie nachyleń.

Ważne jest, aby zanotować, że podczas opracowania mapy systemu hydrograficznego używano wiele razy stereoskopowych zdjęć lotniczych w celu wyjaśnienia wątpliwości w przypadku systemu rzecznej gdy obrazy nie nadawały się do wykorzystywania i nie były zgodne z istniejącymi mapami topograficznymi. Jednak nie wszystkie małe rzeki hydrografii regionalnej można zobaczyć na podstawie NMT, nie były one odpowiednio wszystkie przełożone na warstwę o tej tematyce *nyahydro*.

Oznaczenie granic hydrograficznych zlewni Ngo-unié, zlewni Nyanga oraz laguny Banio zostało wykonane na podstawie nienadzorowanej klasyfikacji w połączeniu z obliczeniem spadków terenu NMT. Do klasyfikacji użyto klasyfikatora ISODATA w celu klasyfikacji obrazu. Było konieczne dokonanie drobnych korekt, na niektórych liniach brzegu laguny, gdzie były pewne niedokładności dotyczące obszarów zagrożonych powodzią i wynikające z niedokładności obrazów satelitarnych obciążonych chmurami. Korekty te zostały naniesione ręcznie i przetworzone cyfrowo na ekranie za pomocą narzędzi do edycji wektorów w ERDAS 8.5.

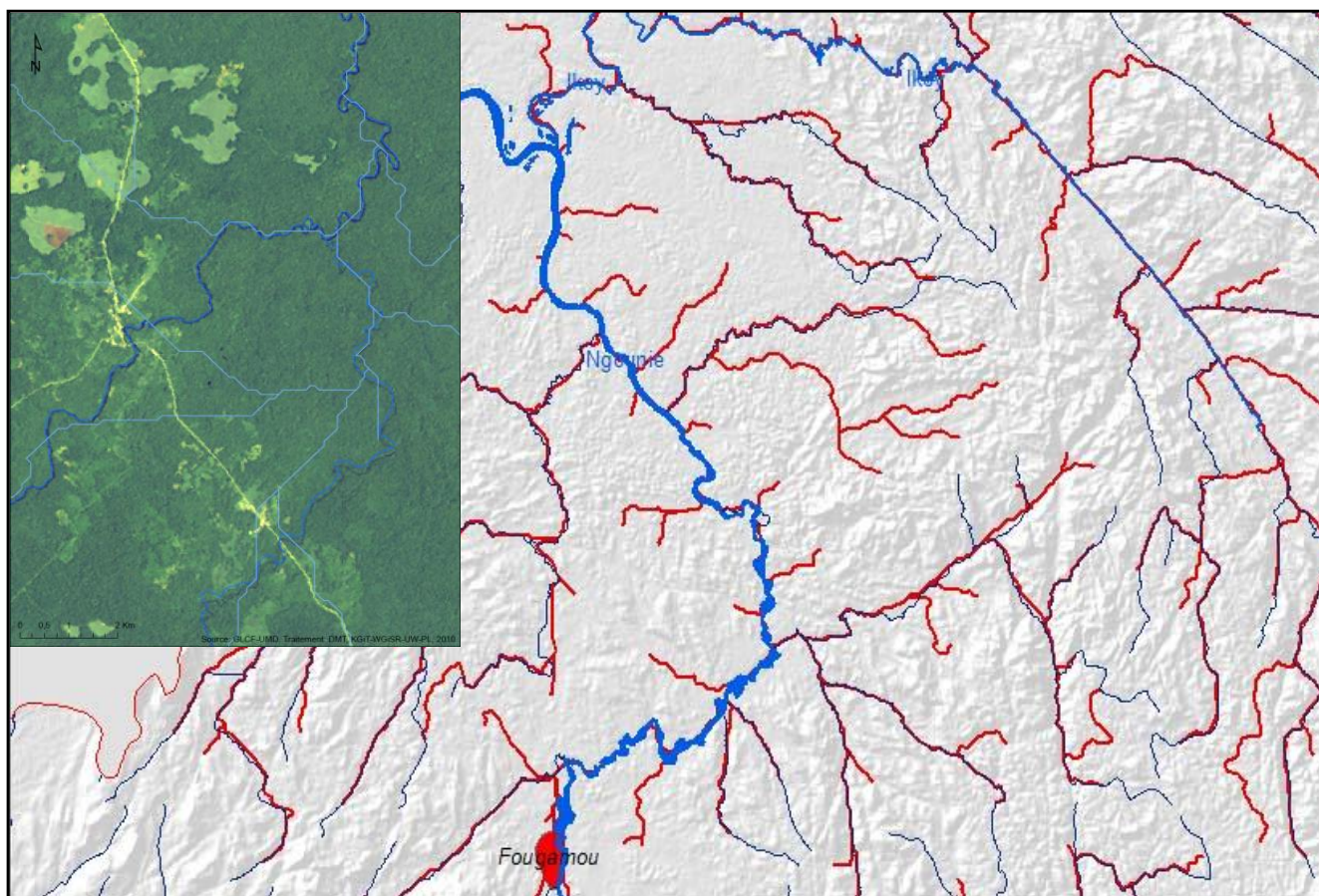
5.5.3. – Dane wysokościowe

W celu opracowania map hipsometrycznych i nachyleń terenu w badanym regionie, zaimportowano rastrowy MNT z misji SRTM, z którego wyodrębniono kontury poziomicy. Następnie nałożono je na mapy topograficzne w skali 1: 200.000 z INC, również z wykorzystaniem archiwów punktów zapisanych wektorowo sieci hydrograficznej, aby skorygować niejasności powstałe podczas opracowania mozaiki.

W ten sposób udało się zachować spójność pozycjonowania sieci hydrograficznej opracowanej na podstawie różnych źródeł danych. Jednocześnie zdjęcia lotnicze skorygowane geometrycznie służyły często jako rzetelne źródło informacji o terenie w skali 1: 50.000.

5.5.4. – Numeryczny Model Terenu i dane pochodne

Ze względu na konieczność dysponowania, dokładniejszymi i obejmującymi duże obszary, numerycznymi modelami terenu, została zapoczątkowana przez agencje kosmiczne Stanów Zjednoczonych (NASA), Niemiec (DLR) oraz Włoch (ASI) międzynarodowa misja Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Misja SRTM trwała 11 dni, a rozpoczęła się w lutym 2000 roku i zebrała informacje o 80% powierzchni znajdującej się pomiędzy 56° szerokości geograficznej południowej, a 60° równoleżnikiem szerokości geograficznej północnej (DLR, 2004; Thompson, 2004). Misja



Ryc. 56. Linie sieci hydrograficznych na podstawie map topograficznych INC w kolorze niebieskim i dane satelitarne (Landsat-7ETM+ i SPOT-4) w kolorze czerwonym.

Fig. 56. Lines of hydrographic networks based on topographic maps INC in blue and satellite data (Landsat-7 ETM + and SPOT-4) in red.

ta umożliwiła wygenerowanie numerycznego modelu terenu (NMT) o wysokiej rozdzielczości.

Numeryczny Model Terenu dla badanego regionu został przecięty przez maskę Ngounié-Nyanga za pomocą narzędzia klipu znajdującego się w ArcToolbox. W ArcScene (moduł ArcGIS) NMT został opracowany w 3D i nanoszony przez kolorową kompozycję RGB mozaiki Landsat-7 ETM+. Czynności te pozwoliły na zidentyfikowanie w obszarze badań wyodrębnionych wzgórz oraz dwóch powierzchni penneplen. Powyższe informacje zostały następnie wykorzystane do opracowania regionalnej mapy geomorfologicznej.

Dane te były bardzo ważne, ponieważ dały ogólne pojęcie o regionalnym krajobrazie z punktu widzenia ekoturystyki.

5.5.4.1. – Mapa hipsometryczna

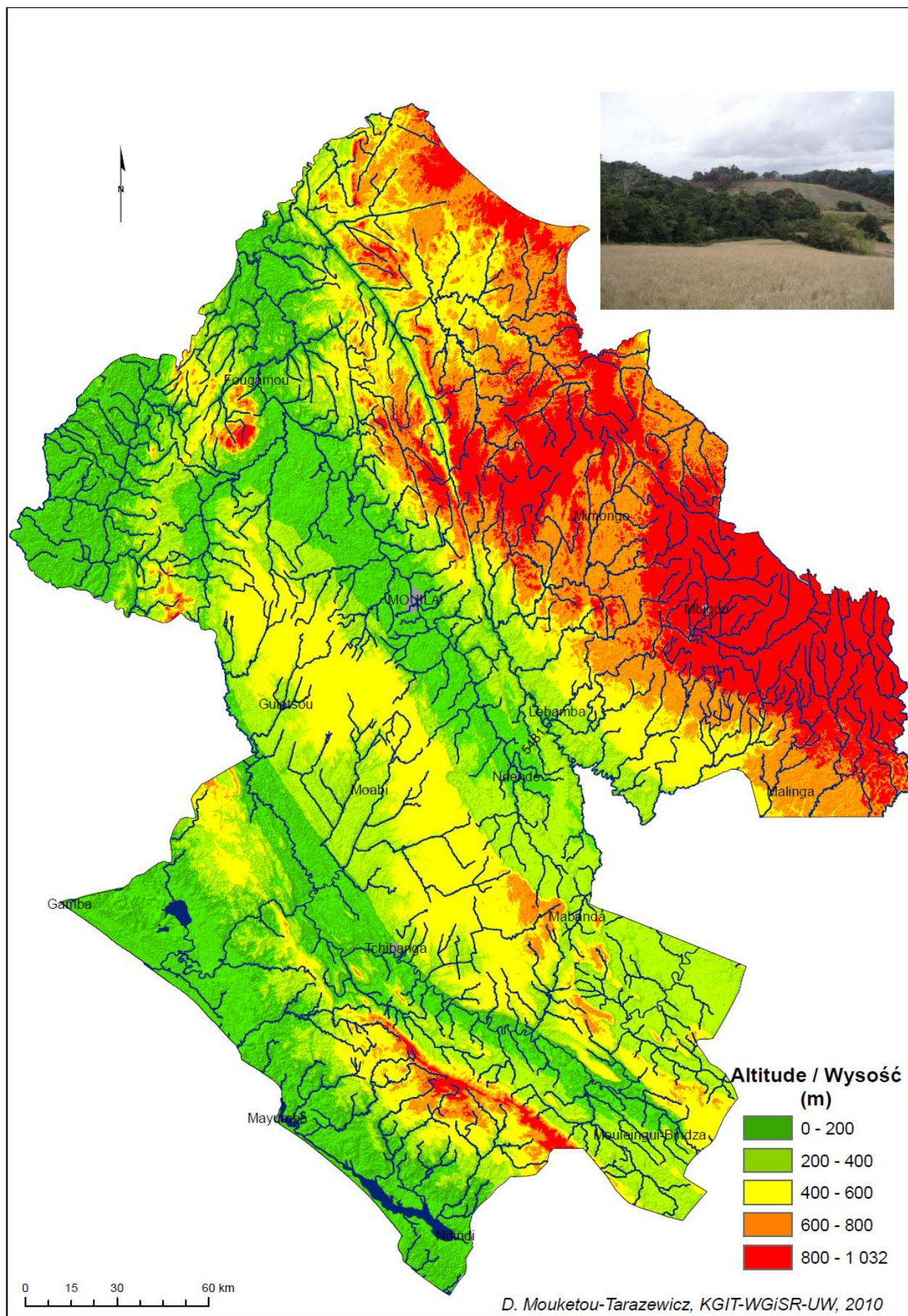
Numeryczny Model Terenu regionu Ngounié-Nyanga został utworzony w ArcMap za pomocą narzędzia powierzchnia/poziomice w rozszerzeniu Spatial Analyst dostępnym w ArcToolbox, aby wygenerować poziomicę do 100 metrów (akceptowalne według specjalistów z INC). Wyróżniono następujące wysokości: 0 – 200 metrów, 201 – 400 metrów, 401 – 600 metrów, 601 – 800 metrów, 801 – 1032 metrów.

Na podstawie tych działań otrzymano regionalną mapę topograficzną, którą porównano z tymi wygenerowanymi przez digitalizację poziomic map topograficznych. Porównanie rezultatów wykazało, że Numeryczny Model Terenu pochodzący bezpośrednio z SRTM przedstawia bardziej szczegółową formę w stosunku do uzyskanego poprzez digitalizację poziomic map topograficznych. Ten produkt był pomocny w opracowaniu regionalnej mapy geomorfologicznej.

5.5.4.2. – Mapa spadków

Mapa spadków została wykonana na podstawie Numerycznego Modelu Terenu badanego regionu w oprogramowaniu ArcMap, przy użyciu narzędzia Powierzchnia/Nachylenie w ArcToolbox w rozszerzeniu 3D w Spatial Analyst w formacie rastrowym. Następnie wykonano cięcie warstwowe przez wybranie właściwości layer/reclassify, co pozwoliło na stworzenie sześciu klas nachyleń w następujący sposób: < – 3%, 3,1 – 6%, 6,1 – 9%, 9,1 – 12%, 12,1 – 15%, 15,1 – 18%, 18,1 – 21%, > – 23%.

W celu zakończenia przygotowania mapy, wykonano konwersję do formatu rastrowego przy użyciu funkcji w rozszerzeniu Spatial Analyst.



Ryc. 57. Rzeźba regionu Ngounié-Nyanga.

Fig. 57. The sculpture of the Ngounié-Nyanga region.

5.5.4.3. – Mapa ekspozycji

Mapa pokazująca ekspozycję stoków względem stron świata została wygenerowana na podstawie NMT regionu Ngounié-Nyanga, poprzez wykorzystanie narzędzi powierzchnia/orientacja w rozszerzeniu 3D ArcToolbox, zdefiniowano odstępy poprzez opcję we właściwościach Symbolika/przeklasyfikowanie: 0,0 – 48,8 °, 48,8 – 88,1 °, 88,1 – 133,4 °, 133,4 ° – 178,7 °, 178,7 – 224,3 °.

5.5.5. – Mozaika zdjęć lotniczych

Aby ułatwić interpretację szczegółów obrazu, a także lepiej zdefiniować, co zaobserwowano i zebrano w terenie, odniesiono się do zdjęć lotniczych danego obszaru. Przykładem jest miasto Ndendé, dla którego uzyskano zdjęcia lotnicze z INC, i które zostały wykonane w związku z badaniami IGN-FI dla ORSTOM. Dla celów pracy najlepiej byłoby gdyby zdjęcia zostały ortorektyfikowane, ale wykonano mozaikę niekontrolowaną użytkownika ziemi dla miasta Ndendé za pomocą aplikacji Photoshop Wersja 7.

Początkowo oddzielono pięć kanałów zdjęć lotniczych, które pokrywały sektor testowy Ndendé. Następnie wybrano kilka zdjęć poprzez kanały, w zależności od koncentracji punktów GPS zebranych w terenie. Każde zdjęcie zostało zeskanowane i zapisane w pliku. Wykonano mozaikę zdjęć, zgodnie z ich numeracją i rozpoznanymi obiektami geograficznymi (ryc. 58).

5.5.6. – Mapa geologiczna

Mapa geologiczna została wykonana na podstawie korekt jednostek geologicznych skartowanych przez Bassota (1988) oraz Chevalliera, Makanga i Thomasa (2002). Wybrano obraz Landsat-7 ETM+, kompozycję 5-4-3 RGB z dnia 16 lipca 2003, jako obraz testowy dla danego sektora. Jako kryterium wyboru tego obrazu wzięto pod uwagę kąt wysokości słońca 18° (w zależności od cienia), co pozwala lepiej odróżniać obiekty rzeźby terenu. Przy wyborze obrazu ważny również był rok jego nabycia, preferując obraz najstarszy, ponieważ wykazuje on najmniej zakłóceń spowodowanych intensyfikacją obecnego użytkowania gruntów (wybrana data przedstawia użytkowanie ziemi w okresie dziesięciu lat). Kryteria te ułatwiają interpretację obiektów geologicznych i geomorfologicznych na obrazach. Opracowanie tematycznej mapy geologicznej wykonano w dwóch etapach. Pierwszym krokiem było przekształcenie istniejących map geologicznych regionu, opracowanych przez Bassota (1988,) na format cyfrowy. Drugim krokiem było dostosowanie na obrazach regionu granic obiektów każdej klasy geologicznej map Bassota (1988) i DGMG (2002). Poniżej opisano szczegółowo czynności pierwszego etapu.

1 – Najpierw skanowano i digitalizowano wszystkie mapy geologiczne regionu (Chevallier, Makanga i Thomas (2002)) za pomocą skanera w bibliotece Wydziału Geografii Uniwersytetu Warszawskiego.

2 – Po zeskanowaniu i w formacie rastrowym, przekształcono je na format wektorowy, aby następnie zaimportować i zapisać je w formacie macierzowym w ArcGIS.

3 – Za pomocą narzędzia edycji wektoralnej ArcGIS wykonano ręcznie wektoryzację bezpośrednio na ekranie, tworząc nową warstwę projektu.

4 – Po digitalizacji, warstwa została przekształcona na liczne wielokąty i była klasyfikowana w stosunku do mapy geologicznej Bassota i DGMG (2003).

Gdy mapa w formacie wektorowym była gotowa, rozpoczęto drugi etap. Korekta granic każdego wielokąta tematycznego została wykonana bezpośrednio na ekranie, za pomocą zdjęć satelitarnych, a także przy użyciu narzędzia do edycji wektorowej ERDAS. Kroki w tym etapie są następujące:

1 – Na ekranie 1 ArcGIS narysowano główne linie geologii regionalnej na podstawie zdjęć satelitarnych (SPOT-4 i Landsat-7 ETM+, RGB 543, 16-07-2003).

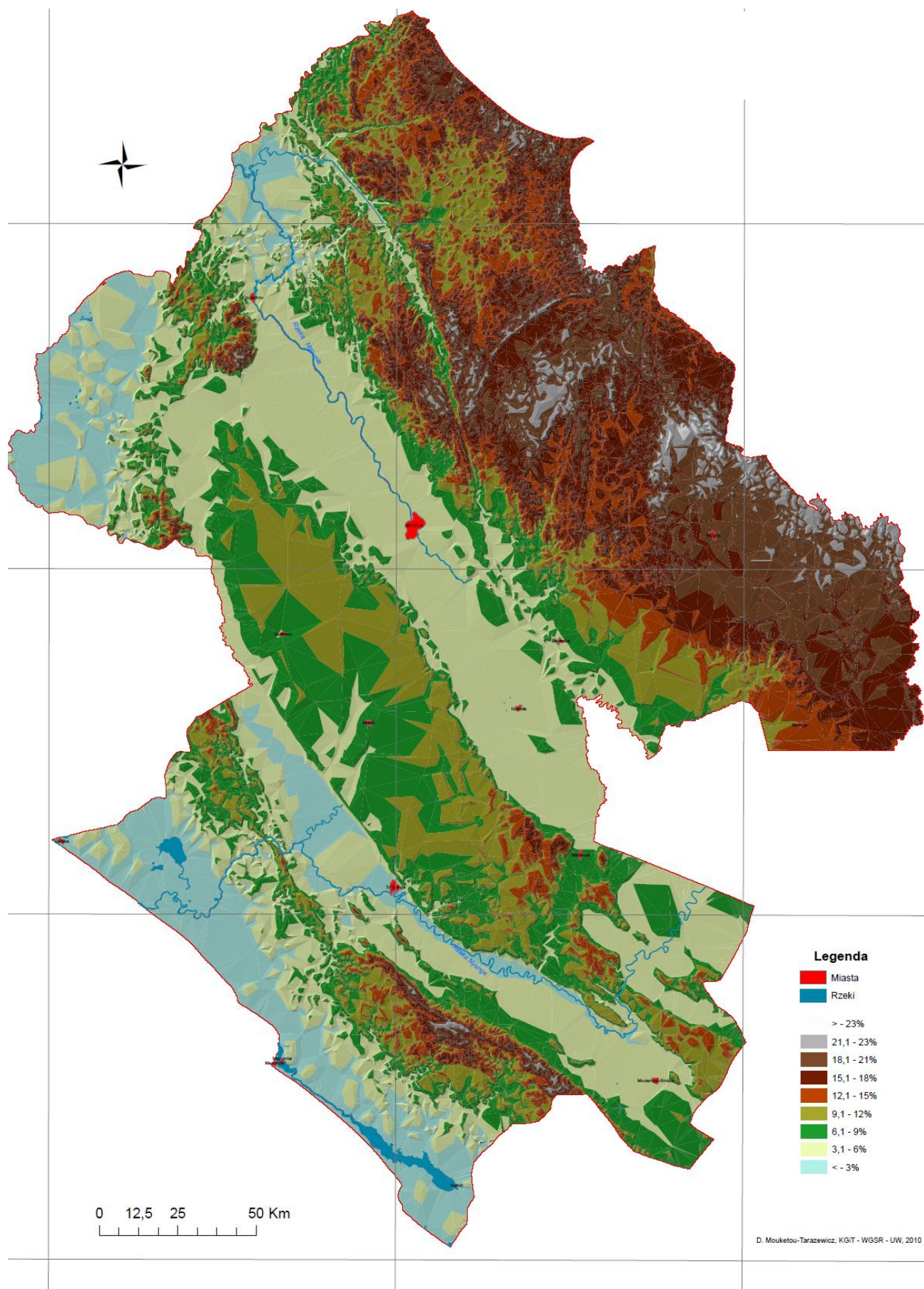
1 – Po połączeniu do ekranu 2 warstwy poziomic, przeprojektowano lub dostosowano punkt po punkcie linie geologiczne na obrazie. Interpretacja została wykonana zawsze poprzez analizę trzech następujących aspektów: linia z poprzedniej mapy, obraz sektora i poziomic.

Po opracowaniu mapy geologicznej, rozpoczęto fazę bardzo specjalistycznej interpretacji regionalnych struktur geologicznych. Na tym etapie, badanie zostało oparte na opracowaniach i na współpracy z geologiem z francuskiej instytucji BRGM: Jean-Pierre PRIAN'em, który jest geologiem specjalizującym się w dziedzinie badań tego regionu. Potwierdzono korekty opracowywanej mapy płaskowyżu Makongonio, Gór Ikoundou i Mayombe na obrazie na formę analogową (papierową). Struktury narysowane na papierze poliestrowym, zostały zeskanowane, a następnie zapisane i digitalizowane ręcznie za pomocą narzędzia do edycji wektorów w ArcGIS.

W opisany powyżej sposób opracowano mapę geologiczną obszaru Ngounié-Nyanga wraz ze strukturami zgodnymi z obrazami regionu i ze skalą niniejszej pracy.

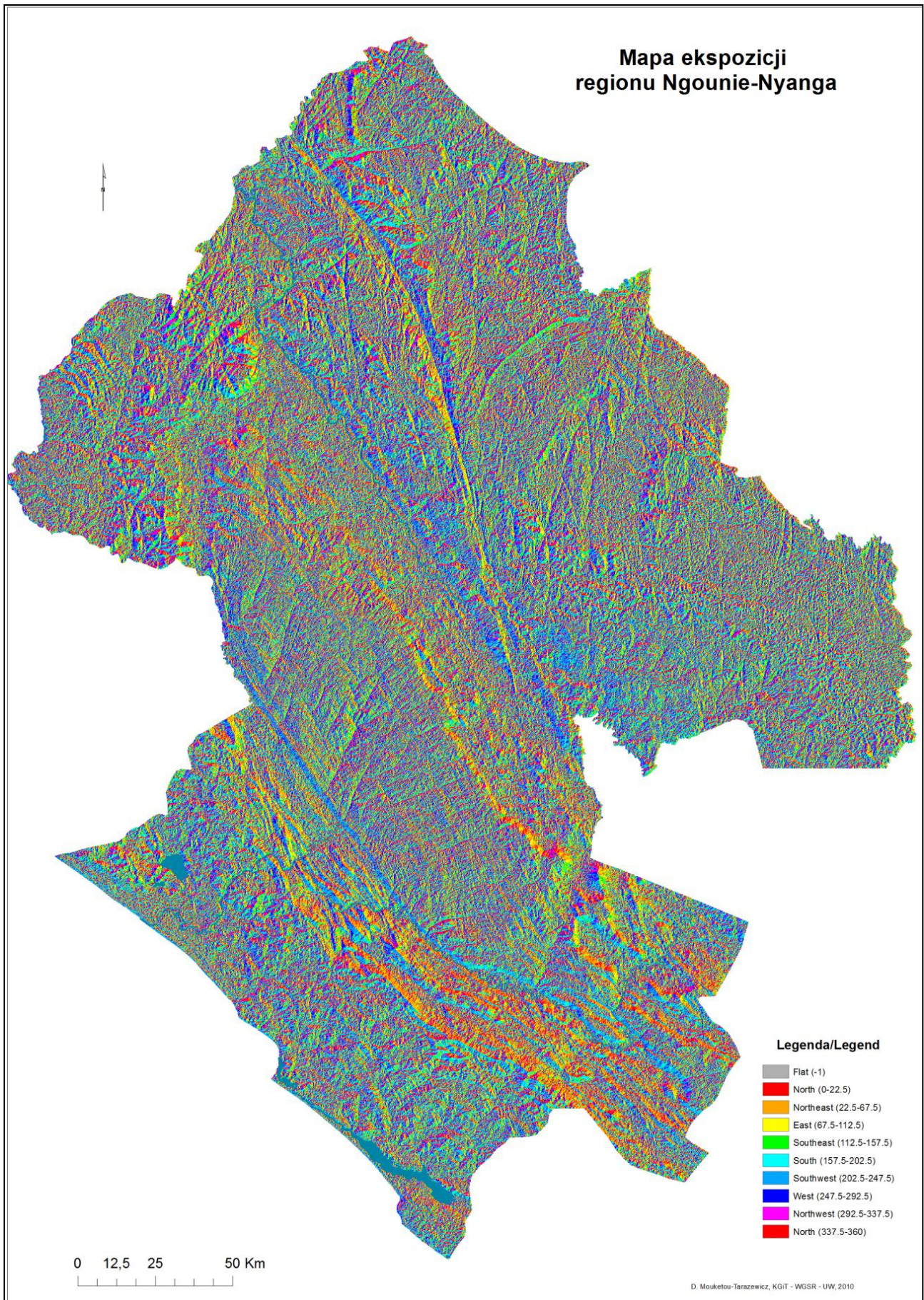
5.5.7. – Mapa geomorfologiczna

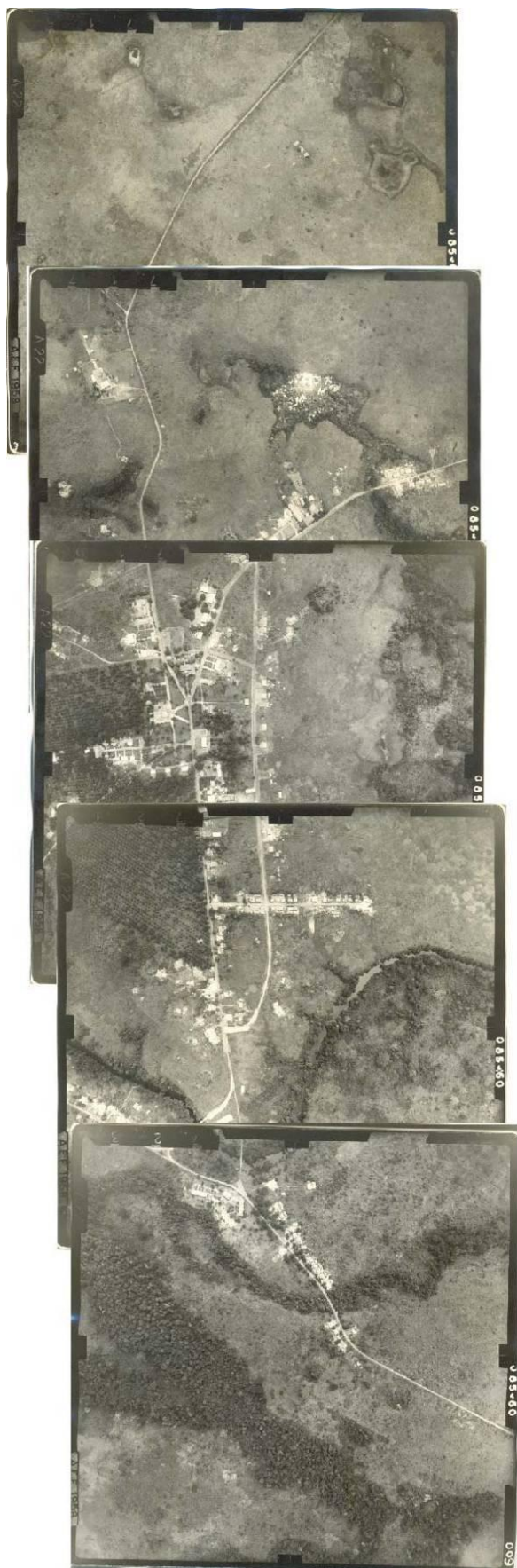
W celu realizacji mapy geomorfologicznej w pierwszym etapie wykonano podział rzeźby terenu na podstawie numerycznego modelu terenu (NMT) oraz wykorzystano pochodne dane, o których pisano wcześniej oraz interpretację i analizę obrazów satelitarnych. Używano zdjęć satelitarnych Landsat 7 ETM + w kompozycji kanałów ETM 457. Indywidualizacja poszczególnych części rzeźby terenu dokonana została poprzez digitalizację na ekranie, łącząc jednorodne obszary i dzieląc na niejednorodne klasy za pomocą mapy hipsometrycznej. Nałożenie mapy spadków na rzeźbę pozwoliło na rozdzielenie powierzchni o mniej nachylonych szczytach i dna doliny, oraz powierzchni najbardziej stromej (bardzo strome zbocza). Uży-



Ryc. 58. Mapa spadków regionu Ngounié-Nyanga.

Fig. 58. Map of declines of the Ngounié-Nyanga region.





Ryc. 59. Mozaika niekontrolowana na podstawie zdjęć lotniczych dla miasta Ndendé.

Fig. 59. Mosaic uncontrolled based on air photos for the city Ndendé.

to mapę poziomą do klasyfikacji kształtu stoków. Po przecięciu rzeźby terenu, wykonano klasyfikację zgodnie z genezą i przygotowano ostateczną legendę, według metodologii opracowanej przez Tricarta (1992). Wydobyte morfometryczne informacje zostało wykonane na podstawie NMT. W końcu, zaznaczono procesy erozyjne rozpoznane podczas badań terenowych.

5.5.8. – Mapa gleb

Mapa gleb regionu Ngounié-Nyanga powstała z kompilacji map glebowych Gabonu, w tym dotyczących arkuszy Fougamou, Mouila. Zostały one konwertowane do formatu cyfrowego, a później zmontowane i edytowane w programie ArcMap.

Zachowano jednostki glebowe i nomenklaturę używaną w badaniach ORSTOM. Do odróżnienia klas gleby wykorzystano diagnostyczne atrybuty takie jak: kolor, zawartość gliny, właściwości sodowe, zawartości soli, dystroficzne, nagłe zmiany ziarnistości, klasy ziarnistości (piaszczysta, średnia, gliniasta, bardzo gliniasta), formację makro-klastyczną.

W wyznaczaniu jednostek utworów glebowych, dokonano korekty na podstawie map topograficznych ORSTOM w skali 1:200.000, kompozycji kolorowych 3 (B), 4 (G) i 5 (R), i innych map, dostępnych w skali 1:1.000.000 i 1:50.000, opracowanych w ramach projektów badawczych ORSTOM (1982) i FAO. Jeśli chodzi o profile i próbki, wykorzystano obserwacje wykonane przez Guicharda i Vignerona (1954-1956) oraz zebrane podczas badań terenowych.

5.5.9. – Mapa roślinności i użytkowania ziemi

Jak już wspomniano w rozdziale dotyczącym roślinności, region badań zaliczany jest do strefy ekologicznej transformacji. Przedstawia kilka formacji roślinności, w tym otwarte przestrzenie sawann z enklawami lasów galeriowych i zamkniętych obszarów lasów tropikalnych. Opracowanie map tego środowiska przyrodniczego to nie jest tylko kwestia skali, ale także możliwości rozgraniczenia i interpretacji elementów na obrazach. Występują sytuacje, w których zetknięcie między różnymi formacjami roślinności o podobnych strukturach fizjonomicznych jest często niezauważalne i w związku z tym wyznaczenie klas roślinności poprzez fotointerpretację jest niemożliwe.

Biorąc pod uwagę wielkość badanego obszaru (59.300 km²), zrealizowano szczegółową mapę wyznaczającą wszystkie formacje roślinności występującej w regionie, które zostały już opisane w literaturze, a także obszary zetknięcia się lasów galeriowych i sawann krzewiastych. W wyniku tych trudności, zdecydowano się na syntetyczne ujęcie kartograficzne roślinności oraz generalizowanie cech jej wyglądu na podstawie obserwacji w terenie. Należy zaznaczyć, że praca w terenie miała charakter ogólny, gdyż polegała na porównywaniu form roślinności z tymi opisanymi wcześniej w literaturze.

Aby ułatwić zrozumienie przyjętych kryteriów kartograficznych, w Tabeli 14 przedstawiono podsumowanie w zakresie pokrycia terenu roślinnością na podstawie wykorzystanej literatury, gromadzonych wyników z prac terenowych, oraz interpretacji danych teledetekcyjnych w zależności od skali pracy.

Jeśli chodzi o użytkowanie ziemi, to utrudnione jest szczegółowe wyróżnienie niezliczonych małych form istniejących kultur, które mieszają się z sawannami antropicznymi (zmienionymi), jak również odróżnienie pastwisk czy różnych typów pól uprawnych opisanych w literaturze, ponieważ obie mają podobne dane spektralne na użytych obrazach satelitarnych.

W celu dokładniejszego rozgraniczenia rodzajów użytkowania ziemi w obrębie badanego obszaru wy-

brano zindywidualizowanie warstwy informacyjnej, szukając odpowiedniejszej techniki klasyfikacji. Następnie zrobiono mozaikę ze wszystkich warstw informacyjnych, aby uzyskać ostateczną mapę użytkowania ziemi. Tabela 15 przedstawia kryteria rozróżnienia każdego rodzaju użytkowania ziemi, wykonane na podstawie technik geoinformacyjnych, w zależności od wrażliwości spektralnej i skali pracy.

Jak pokazano w tabeli 15, każda klasa pokrycia/ użytkowania została określona w danym rodzaju przetwarzania i w innej warstwie informacji. Dla niektórych klas, przed klasyfikacją, wykonano segmentację obrazu.

Tabela 14. Podsumowanie i zależności między jednostkami roślinności opisanymi w literaturze, rozpoznanymi w terenie i kartowanymi na podstawie danych teledetekcyjnych.

Table 14. Summary and dependence between vegetation units described in the literature, identified in the field and mapped on the basis of remote sensing data.

Jednostki środowiska przyrodniczego zgodnie z literaturą	Jednostki zaobserwowane podczas prac terenowych	Jednostki kartograficzne na podstawie danych satelitarnych
Las wiecznie zielony strefy przybrzeżnej (Z1)	Typ Okoume i Ozouga	Roślinność naturalna
Las wiecznie zielony strefy centralnej (Z2)	Typ Okoumé, Alep i Ozigo	
	Typ Okoumé, Alep, Ozigo i Andoungs	
	Typ Okoumé, Béli, Sorro, Ilomba i Engona	Roślinność antropiczna
	Typ przejścia od półliściastych do Sorro, Ilomba, Limba i Okoumé	
Las podmokły i bagna	Las galeriowy	Roślinność sawanny
Sawanna drzewiasto-krzewiasta		
Sawanna trawiasta	Sawanna trawiasto-krzewiasta	
Step litoralny	Sawanny trawiaste (niskie)	

Tabela 15. Cyfrowe techniki przetwarzania przyjęte do rozgraniczenia klas użytkowania ziemi i pokrycia jej roślinnością w regionie badań.

Table 15. Digital processing techniques adopted for the land use classes separation and its vegetation cover in the research region.

Klasa pokrycia/użytkowania	Przyjęta technika
Rolnictwo	Interpretacja wizualna wraz z digitalizacją i edycją rastrową
Obszary antropiczne (intensywna kultura)	Interpretacja wizualna wraz z digitalizacją i edycją rastrową
Obszary antropiczne (pastwiska)	Interpretacja wizualna wraz z digitalizacją i edycją rastrową
Plantacje górskie	Edycja rastrowa
Sawanny	Klasyfikator ISODATA
Mosty i tamy	Wizualna interpretacja i digitalizacja z rastrowej edycji
Zabudowania miejskie	Wizualna interpretacja i digitalizacja z rastrowej edycji
Kamieniołomy	ISODATA klasyfikator
Zalesienia	Interpretacja wizualna wraz z digitalizacją i edycją rastrową
Zbiornik / zbiornik retencyjny	Klasyfikator ISODATA i kilka interpretacji wizualnych
Roślinność „naturalna”	Klasyfikator ISODATA
Lasy podmokłe	Edycja rastrowa

5.5.10. – Mapa dróg

Infrastruktura komunikacyjna została przedstawiona na podstawie obrazów satelitarnych Landsat, Spot i wykorzystano również GPS. Uzyskano, w różnych warstwach informacyjnych, następujące regionalne linie komunikacyjne: drogi krajowe N1 i N6 (główne drogi dojazdowe łączące poszczególne miejscowości ze stolicą i sąsiadującym Kongo); kilka nieutwardzonych dróg drugorzędnych (zapewniają dostęp do różnych zasobów w regionie, na przykład do zapory Bongolo, czy do miasteczka Lebamba; nieutwardzone drogi drugorzędne (zapewniają dostęp do wybrzeża Atlantyku) i pozostałe regionalne drogi dojazdowe do atrakcji turystycznych zarejestrowanych za pomocą GPS.

Proces digitalizacji został przeprowadzony przy użyciu narzędzi do edycji wektorowej w programie ERDAS, na podstawie następujących obrazów: 3 kanały wielospektralne SPOT-4 z kontrastem linearnym, obrazy powstałe z połączenia IHS-RGB i kanału panchromatycznego Landsat-7 ETM+ z poprawą histogramu.

5.5.11. – Mapy punktów i obszarów o potencjale ekoturystycznym

Opracowanie mapy punktów i obszarów o potencjale ekoturystycznym w regionie Ngounié-Nyanga zostało wykonane w dwóch etapach: pierwszy etap polegał na poszukiwaniu i zapisaniu symboli reprezentujących różne atrakcje (piktogramy) zaobserwowane podczas badań regionu, a następnie, w drugim etapie zaproponowano kilka tras ekoturystycznych.

Symbole / Piktogramy dla ekoturystyki

Symbole lub piktogramy dla ekoturystyki, zastosowane na mapach podczas tych badań, zostały wybrane na dwa sposoby. Po pierwsze, wzięto pod uwagę istniejące 76 piktogramów oficjalnych (Polkart, 2001) i wybrano te, które najlepiej opisują atrakcje znajdujące się w regionie i mogą być wykorzystane jako punkt odniesienia dla ekoturystyki. Dlatego też tylko kilkanaście piktogramów reprezentuje atrakcje i działalność ekoturystyczną, którą zaobserwowano w regionie. Uwzględniono również miejsca, które mogą być traktowane jako potencjalnie atrakcyjne dla rozwoju ekoturystyki (działania, które mogą być rozwijane w regionie). Jednak pewne aktywności turystyczne zwane turystyką przygodową nie są włączone do systemu piktogramów. Dlatego starano się je uzyskać od grup i firm specjalizujących się w realizacji tego typu działalności oraz dostosować piktogramy celem umożliwienia pewnej komunikacji wizualnej z odbiorcą (ekoturystą) na przygotowywanych mapach. Gdy wszystkie symbole zdefiniowano, zostały one kolejno zdigitalizowane za pomocą skanera i wektoryzowane (ręcznie digitalizowane) w oprogramowaniu CorelDRAW.

Należy dodać, że piktogramy zapisano w formacie cyfrowym, w plikach o rozszerzeniu dxf. Pliki te

zostały zaimportowane do katalogu symboli Banku Danych ArcGIS i wykorzystywane w pracy do symbolizacji punktów i sektorów istotnych dla ekoturystyki (PIE). Każdy punkt tej warstwy informacji utworzony jako model tematyczny w Banku Danych, został sklasyfikowany według odpowiedniego piktogramu. Idealny byłby moduł konsultacji ArcGIS, który pozwala bezpośrednio konsultować geo-obiekt na podstawie każdego piktogramu (lub po prostu klikając na ikonę, aby pokazała się tabela atrybutów tego symbolu). Wizualizacja każdego symbolu, nawet na tym samym modelu tematycznym, ułatwia użytkownikowi konsultację, kiedy jest nałożony na warstwę informacji gdzie każdy punkt ekoturystyczny jest faktycznie geo-obiektem wraz z atrybutami dostępnymi bezpośrednio w ArcGIS.

Definicja i przebieg tras

Określenia każdej trasy dokonano zgodnie z rozmieszczeniem zgromadzonych punktów i dróg dojazdowych, a także biorąc pod uwagę czas podróży i piękno krajobrazu. Początkowo nałożono na obraz wszystkie punkty wynikające z połączenia IHS-RGB zebrane podczas badań terenowych oraz warstwę tematyczną dróg i ścieżek komunikacyjnych. Na podstawie ogólnego oglądu punktów, zdecydowano się na podział regionu na cztery sektory lub obszary, które obejmują główne atrakcje regionu. Prostokąt, który wyznacza każdy sektor na mapie, został narysowany i przedstawiony w diagramie w programie CorelDRAW. Na podstawie definicji wartości współrzędnych, które wykazują najwyższą koncentrację punktów o korzyściach dla ekoturystyki. Następnie te dane zostały wyeksportowane do formatu dxf i następnie importowane do ArcGIS.

Po uzyskaniu współrzędnych granic tras, wyprodukowano w module wektoryzacji ERDAS dla każdej trasy, mapę zawierającą plan informacji: obraz wynikający z połączenia IHS-RGB, sieć hydrograficzną, główne drogi, drogi drugorzędne, zebrane punkty. Następnie, utworzono archiwum każdej trasy w formacie post-script. W tym formacie, archiwum jest importowane do programu CorelDRAW i w tym oprogramowaniu wykonano wszystkie niezbędne edycje, a mianowicie: nazwy rzek, wartości współrzędnych, wartości wysokości, rodzaje piktogramów ekoturystycznych, teksty wyjaśniające, legendy, etc., gdzie każda warstwa oryginalna jest zapisywana oddzielnie.

Chociaż ArcGIS posiada moduł, który umożliwia edycję map, zdecydowano się opublikować aplikację w programie CorelDRAW ze względu na jego większą elastyczność, kolory, tło wypełnienia, zarządzanie warstwami, typy linii etc. Zasoby skartowanej komunikacji są ważne, aby przyciągnąć i utrzymać uwagę użytkownika, który ma dostęp do tych map ekoturystycznych.

5.5.12. – Mapa jednostek krajobrazowych

Mapa jednostek krajobrazowych została utworzona z warstw tematycznych, które były przewidziane

jako dane wejściowe. Warstwami wejściowymi były: mapa geologiczna, mapa geomorfologiczna, mapa gleb, mapa roślinności i mapa pokrycia/użytkowania ziemi. Czynności wykonywane są dosyć proste: wystarczy podać w interfejsie narzędzi systemu, że są to dane wejściowe warstwy tematycznej, nazwę warstwy tematycznej wyjścia i nazwę geobiekту, który zostanie wygenerowany automatycznie. Po dostarczeniu danych, przeprowadzono operację przecięcia warstwy tematycznej wejścia. Wynikiem prac w ArcView jest mapa dostępnych obiektów geograficznych gdzie atrybutami obiektów są opisy klas map tematycznych.

Jak pisano wcześniej, czynności są proste, jednak wynik będzie spójny jeśli wprowadzone dane tematyczne są wykonane z dostosowaniem linii dokładnych, na przykład integracji jednostek krajobrazowych według metodologii LCCS/FAO oraz metodologii Olędzkiego i Richlinga (2004). W przeciwnym razie będą generowane jako geo-obiekty, co jest uważane w języku GIS jako „fałszywe wielokąty”. Należy podkreślić, że w niektórych przypadkach, bez względu na jakość wykonanych czynności, powstają „fałszywe wielokąty” ze szkodą dla operatora i w zależności od tego, jak jest wykonana architektura warstwy wektorowej przez system.

Aby postępować zgodnie z powyższym opisem jako przykład wybrano trasę w obszarze badań, dla której została opracowana mapa jednostek krajobrazowych po korekcie fałszywych wielokątów. Wybraliśmy obszar 2 ze względu na jego wielkość. Utworzono oddzielnie projekt jako test. Okazało się, że takie podejście może być stosowane do wszystkich innych tras w regionie, a nawet regionu jako całości, bez potrzeby tworzenia odrębnego projektu i bez szkody dla niniejszych badań. Zdecydowano się na takie podejście, ze względu na czas przetwarzania a także dlatego, że eksperymentem jest sama procedura metodologiczna, a nie ilość powtórzeń procesu.





5.5.13. – Mapa punktów o potencjale ekoturystycznym

Mapa punktów o potencjale dla ekoturystyki została opracowana na podstawie danych zebranych w terenie. Najpierw utworzono w systemie warstwę tematyczną, na której zostały skopiowane wszystkie zebrane punkty, które zostały już przeniesione na warstwy tematyczne i nazwane jako „punkty”. Następnym krokiem było zaimportowanie do tabeli z atrybutami każdego punktu. Ta procedura została przeprowadzona w programie Excel, w którym tak skonstruowano tabelę, że każde pole (kolumna) jest atrybutem, który zawiera informacje na temat danego geo-obiektu. W przypadku tych badań, każdy geo-obiekt reprezentuje punkt obserwowany w terenie wraz ze współrzędnymi UTM. Poniższy rysunek przedstawia niektóre wyniki przeprowadzonej procedury.

Po zdefiniowaniu atrybutów, następnym krokiem było eksportowanie tabeli Excel do oprogramowania ArcGIS. Używano jako generatora Bazy Danych aplikacji ArcMap, konieczne jest, aby pliki były zachowane w rozszerzeniu „xls” przed eksportem do ArcGIS. Po tym kroku łączono tabele z plikiem shape, system tworzy połączenie z podanym identyfikatorem dla geo-obiektów i ich atrybutów. W tym przypadku są to zebrane punkty i opis wykonany podczas obserwacji terenowych ze zdjęciami odpowiadającymi każdemu punktowi.

5.6. – Zakończenie opracowania banku danych

Od momentu zdefiniowania problematyki pracy do jej zakończenia, bank danych został skonstruowany tak, jak pokazano poniżej (ryc. 60).

A	B	C	D	E	F	G
Lp.	X	Y	Atrakcje turystyczne	Opis miejsca	Ilustracje	
1	10°29'27" E	0°59'38" S	Źródło Mont Tchad	Znajduje się na trasie Lambaréné-Fougamou, liczni podróżnicy zatrzymują się przy tej majestatycznej skale, aby zaspokoić pragnienie wodą ze źródła		
2	10°40'16" E	1°02'19" S	Kościół Notre-Dame des Trois Epis w Sindara	Kościół znajduje się w miejscowości, w której w 1899 została założona misja katolicka.		
3	11°03'59" E	1°55'34" S	Jezioro Lac-bleu w Mouila	Miejsce bardzo atrakcyjne, nie tylko ze względu na naturalne piękno. Artystyczny wymiar tego miejsca przyciąga odwiedzających: jezioro o szafirowym kolorze otoczone lasem i sawanną wydają się tworzyć szkic wykonany przez człowieka.		
4	10°41'09" E	3°24'25" S	Kościół Saint-Esprit w Mayumba	Bardzo stary kościół, wybudowany w 1888, położony nad brzegiem laguny Banio		

Ryc. 60. Arkusz Excel przedstawiający organizację pól i atrybutów każdego punktu zebranego w terenie.

Fig. 60. Excel sheet depicting organizations, fields and attributes of each point collected in the field.

Tabela 16. Kluczowe elementy banku danych NYANGOUE_GIS.

Table 16. Key elements of the NYANGOUE_GIS database.

GIS PROJECT NYANGA-N GOUNIE SIG_NYANGOUE System Informacji Geograficznej Dla Regionu Ngounié-Nyanga - Południowo-Zachodni GABON	Modele	Kategorie	Główne warstwy tematyczne	Dodatkowe uwagi
	Tematyczny	Wysokości	Hypso_90	Mapa hipsometryczna z poziomiami
	Mapy	Veg_Mayaux_2000		
	tematyczne	Veg		
	Spadki tematyczne			
	Hydrografia			
	Drogi	Drogi_krajowe	Główne drogi	
		Drogi_regionalne	Drogi średnie i lokalne	
		W zznaczone_trasy		
	Ekoturystyka	Punkty kontroli		
		Punkty_GPS	Zbieranie danych w terenie	
	Geologia	Dostosowanie mapy		
	Geomorfologia	Geomorfologia_Saut		
	Gleby	Mapa gleby	Mapa ORSTOM	
	Użytkowanie ziemi	Africover-EA, 2002		
Obrazy	Landsat	Synteza PAN_RGB		
		Synteza PAN-IHS	Wynik połączenia IHS- RGB	
		Synteza rgb453		
	Obrazy SPOT	Synteza regionalna mozaika	Regionalna mozaika SPOT 4	
	Topografia	mozaika	Mozaika map topograficznych	
Numeryczny	Nachylenie			
	Numeryczny Model Terenu			
Administracyjny	Ekoturystyka		Mapa wszystkich zebranych punktów	
	Roślinność	Roślinność miejsc – testów	Mapa z typami roślinności	