

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Wydział Geodezji i Kartografii



Praca dyplomowa magisterska

Analiza funkcjonalności oprogramowania QuantumGIS
w zakresie analiz przestrzennych na przykładzie danych
topograficznych.

inż. Katarzyna Kisielińska

Praca napisana
w **Zakładzie Kartografii**
pod kierunkiem

dr inż. Pawła Kowalskiego

Warszawa, 2013 r.

Serdeczne podziękowania dla
dr inż. Pawła Kowalskiego
za poświęcony czas
i nieocenioną pomoc oraz dla
Janusza Zagrobelnego
za troskę i wsparcie.

Streszczenie pracy

W pracy przedstawiono funkcjonalność oprogramowania Quantum GIS w zakresie analiz przestrzennych. Quantum GIS to darmowy program udostępniany na licencji wolnego i otwartego oprogramowania służący do przeglądania, edycji i redakcji danych przestrzennych, wyposażony w funkcje pozwalające przeprowadzać złożone analizy przestrzenne. Analizy przetestowano w oparciu o dane topograficzne z rejonu Sanoka (dane TBD) oraz z rejonu Dukli (ortofotomapa). Analizy zostały opisane według podziału zastosowanego przez twórców programu QGIS; zaprezentowano także autorski podział analiz przestrzennych. W pracy zawarto również odpowiedzi na rozważania, na ile ten darmowy program może stać się konkurencją dla swoich komercyjnych odpowiedników.

Słowa kluczowe: QGIS, Quantum GIS, analizy przestrzenne, ArcGIS.

SPIS TREŚCI

1. Wstęp	7
2. Definicja podstawowych pojęć	9
2.1. Analizy przestrzenne	9
2.2. Oprogramowanie GIS i jego funkcje	11
2.3. Program QGIS	12
3. Historia QGIS i jego zmiany z poszczególnymi wersjami	13
4. Praca z programem QGIS 1.8.0	21
4.1. Wtyczka <i>Shapefile encoding fixer</i>	21
4.2. Wtyczki analiz przestrzennych	22
4.3. Zakładki	23
4.4. Przyciąganie do warstw (<i>ang. snapping</i>)	24
4.5. Kalkulator pól	24
5. Analizy kartometryczne	26
6. Selekcja atrybutowa	28
7. Selekcja przestrzenna - zapytanie przestrzenne	31
8. Narzędzia geoprocessingu	32
8.1. Otoczka wypukła	33
8.2. Bufor	35
8.3. Iloczyn	36
8.4. Suma	38
8.5. Różnica	39
8.6. Różnica symetryczna	40
8.7. Przytnij	42
8.8. Agreguj	43
9. Narzędzia geometrii	45
9.1. Sprawdź poprawność geometrii	46
9.2. Eksportuj/ dodaj kolumny geometrii	47
9.3. Centroidy poligonów	47
9.4. Triangulacja Delone	47
9.5. Poligony Woronoja	48
9.6. Uprość geometrię i Zagęść geometrię	49

9.7. Rozbij obiekt wieloczęściowy na jednoczęściowe oraz Połącz obiekty jednoczęściowe w wieloczęściowy	50
9.8. Poligony na linie i linie na poligony	50
9.9. Wydobądź węzły	50
10. Narzędzia analizy	51
10.1. Macierz odległości	51
10.2. Długość linii w poligonie oraz Liczba punktów w poligonie	52
10.3. Wyświetl unikalne wartości	52
10.4. Podstawowe statystyki	52
10.5. Analiza najbliższego sąsiedztwa	52
10.6. Środek ciężkości	53
10.7. Przecięcia linii	53
11. Narzędzia badawcze	54
11.1. Losowy wybór i Losowy wybór w podzbiorach	54
11.2. Losowe punkty	55
11.3. Regularne punkty	55
11.4. Siatka wektorowa	55
11.5. Wybór przez lokalizację	56
11.6. Poligon z zasięgu warstwy	56
12. Analizy rastrowe	57
12.1. Kalkulator rastra	57
12.2. Georeferencer	58
12.3. Interpolacja	58
12.4. Mapa termiczna	58
12.5. Analizy terenu	58
12.6. Statystyki strefowe	59
12.7. Odwzorowania	59
12.8. Konwersja	59
12.9. Geoprocoring	59
12.10. Analiza	60
12.11. Różne	60
13. Analizy sieciowe	61

14. Porównanie programów: QGIS i ArcGIS w zakresie analiz przestrzennych	63
14.1. Pomiary wartości kartometrycznych	64
14.2. Selekcja atrybutowa	64
14.3. Selekcja ze względu na warunki topologiczne	64
14.4. Ekwidystanty (bufor)	65
14.5. Analizy nakładania się i przecinania się obiektów i grup obiektów	65
14.6. Łączenie obiektów i grup obiektów	66
14.7. Obliczenia statystyczne	66
14.8. Generalizacja	67
14.9. Analizy sieciowe	67
14.10. Analizy z zastosowaniem sztucznych sieci neuronowych	68
14.11. Pomoc techniczna i obsługa	68
15. Wnioski i podsumowanie	70
16. Słowniczek	72
17. Bibliografia	73
18. Spis rysunków	74

1. Wstęp

Oprogramowanie systemów informacji geograficznej, określane zwykle skrótem GIS, stanowi podstawowe narzędzie pracy współczesnego kartografa. Taki stan rzeczy w naturalny sposób generuje zapotrzebowanie na rynku oprogramowania GIS, szerzej omówionego w dalszej części opracowania. Komercyjna część tego rynku jest w chwili obecnej rozdzielona pomiędzy stosunkowo nieliczny krąg producentów, wśród których dominującą pozycję niewątpliwie zajmuje firma ESRI – producent systemu ArcGIS.

Wynikający z tego stanu rzeczy rynek o cechach oligopolicznych w naturalny sposób prowadzi do zawyżania cen oferowanych produktów - obecnie cena oprogramowania ArcGIS w wariantcie ArcInfo to ok. 50.000 zł (<http://www.geostrona.pl/cena-arccgis/>; stan na wrzesień 2013).

W realiach tak ukształtowanego rynku, nie sposób nie poszukiwać alternatywy opartej na idei wolnego oprogramowania (*open source*). Przykładem takiego oprogramowania jest omawiany w niniejszej pracy program QGIS, który w kontekście niemal dziesięcioletniej historii na rynku wolnego oprogramowania może być uznany za produkt dojrzały, rozwinięty, co więcej: znajdujący ukoronowanie w opublikowanej w bieżącym roku wersji 2.0 - Dufuor.

Celem niniejszego opracowania jest analiza funkcjonalności programu QGIS, w szczególności w odniesieniu do możliwości analitycznych komercyjnych odpowiedników, jako ich realnej alternatywy.

Planowana analiza obejmuje badanie funkcjonalności i możliwości Quantum GIS w zakresie możliwych do przeprowadzenia analiz przestrzennych. Przedmiotem pierwszych rozdziałów są teoretyczne podstawy analiz przestrzennych, niezbędne do oceny omawianego oprogramowania. Obejmują one w szczególności definicje oraz stosowane klasyfikacje analiz przestrzennych. Opisano również rozwój programu QGIS poprzez porównanie poszczególnych jego wersji, czynności podjęte w celu przygotowania testów oraz realizację wybranych analiz przestrzennych, a także inne wybrane funkcje, takie jak np. zakładki.

Efektem końcowym przeprowadzonych testów oprogramowania miała być ocena możliwości programu QGIS w zakresie poszczególnych typów analiz przestrzennych – począwszy od typowych, takich jak selekcja czy bufor, kończąc na mniej oczywistych – również takich, co do których dyskusyjne jest w ogóle zaliczenie ich do kategorii analiz przestrzennych, czy też narzędzi do analiz rastrowych.

Ostatecznie, celem pracy jest również porównanie możliwości programów komercyjnych oraz *open source*'owych, których przykładami są odpowiednio: ArcGIS i QGIS, zakończone stosownymi wnioskami wynikającymi z przeprowadzonej analizy, znajdującymi odzwierciedlenie w podsumowaniu opracowania, jak również w postaci zaprezentowania autorskiej propozycji klasyfikacji analiz przestrzennych,.

2. Definicja podstawowych pojęć.

2.1. Analizy przestrzenne

Analizy przestrzenne to operacje na danych przestrzennych, skutkujące powstaniem nowych danych i informacji. Analizy przestrzenne umożliwiają modelowanie złożonych zjawisk i relacji występujących w środowisku geograficznym, służąc ich monitorowaniu i prognozowaniu. Wyniki analiz mogą także służyć pomocą w procesach decyzyjnych i poznawczych. Cechą charakterystyczną tych operacji jest to, że położenie obiektów w przestrzeni ma zasadniczy wpływ na końcowy ich wynik.

W literaturze można spotkać różny podział analiz przestrzennych - zarówno ze względu na typ wykonywanych operacji, jak i celowość analiz. Poniżej zostały przytoczone dwa główne podziały (Białołusz, 2011, str. 47 - 48 i 61), obrazujące dwa różne podejścia do klasyfikacji analiz przestrzennych.

Podział analiz przestrzennych według M. Baranowskiego:

- 1.1. Pomiar odległości, długości, powierzchni, współrzędnych
- 1.2. Buforowanie - tworzenie ekwidystant wokół punktów, linii, wieloboków, obiektów złożonych
- 1.3. Nakładanie warstw (grup obiektów)
 - 1.3.1. Kompilowanie różnych typów warstw
 - 1.3.2. Dopasowanie geometrii warstw
 - 1.3.3. Reklasyfikacja
 - 1.3.4. Dociąganie wieloboków (ang. snapping)
 - 1.3.5. Tworzenie nowych obiektów (tryb edycji)
 - 1.3.6. Selekcja podzbiorów obiektów (zarówno według tabeli atrybutów, jak i generowanie zapytań przestrzennych)
 - 1.3.7. Badanie relacji sąsiedztwa obiektów (a także przecinania, stykania, nakładania, zawierania itp.)
 - 1.3.8. Łączenie podobnych obiektów (zarówno łączenie wg atrybutów w tabeli, jak i wg zapytań przestrzennych)
 - 1.3.9. Krzyżowe analizy atrybutów i ich modyfikacja
- 1.4. Obliczenia statystyczne
 - 4.1 Suma obiektów, suma powierzchni, suma długości
 - 4.2 Analizy statystyczne

- 4.3 Selekcja obiektów o założonych kombinacjach cech
- 5. Analizy sieciowe (optymalizacja i obliczanie tras, przepływów, natężeń itp.)
- 6. Łączenie analiz z modelowaniem zjawisk i procesów
 - 6.1 Wprowadzanie reguł z modeli zjawisk do procesu analizy przestrzennej
 - 6.2 Symulacje stanów przyszłych, scenariusze
 - 6.3 Weryfikacja i wypracowywanie modeli poprzez zastosowanie analiz przestrzennych
 - 6.4 Rozpoznawanie kształtów
 - 6.5 Zastosowanie sztucznej inteligencji (Sztucznych Sieci Neuronowych)

Podział analiz przestrzennych według P. Kowalskiego:

1. Analizy kartometryczne (pomiar wielkości geometrycznych oraz oparta na tych własnościach selekcja i generalizacja)
2. Selekcja atrybutowa obiektów
3. Reklasyfikacja i agregacja obiektów na podstawie atrybutów opisowych
4. Selekcja obiektów na podstawie warunków topologicznych, bazujących na wzajemnych relacjach przestrzennych
5. Analizy własności topologicznych obiektów (zawierania, stykania, przecinania), przy stosowaniu zestawów operatorów topologicznych
6. Analizy wpływów, bazujące na konstrukcji ekwidystant (strefy buforowe)
7. Analizy geostatystyczne, prowadzące do rozwiązań zadań estymacyjnych, symulacyjnych i optymalizacyjnych, w tym modelowanie i analiza powierzchni statystycznych
8. Analizy sieciowe

Podziały te wydają się jednak nie w pełni adekwatne dla opisu analiz przestrzennych dokonywanych za pomocą oprogramowania GIS-owego z uwagi na znaczny stopień ich abstrakcyjności. Wartą sygnalizacji jest okoliczność, iż jednym z wniosków wynikających z niniejszej pracy jest próba zaproponowania autorskiej klasyfikacji analiz przestrzennych, opartej na doświadczeniach w pracy z programami typu GIS, szczególnie z zakresu analizy zgrupowania i rozmieszczenia różnych narzędzi i funkcji wykorzystywanych przy przeprowadzaniu analiz przestrzennych. Dalsza część pracy obejmuje pobieżną charakterystykę oprogramowania typu GIS, wraz ze wskazaniem modelowych funkcji pełnionych przez tego typu oprogramowanie.

2.2. Oprogramowanie GIS i jego funkcje

Do rodziny oprogramowania GIS można zaliczyć każdy program przewidujący funkcje wprowadzania, gromadzenia, przetwarzania a także wizualizacji danych przestrzennych lub geoprzestrzennych. Ogólnie rzecz ujmując, jest to zespół wyspecjalizowanych narzędzi, powiązany z bazą danych przestrzennych oraz obejmujący możliwość ich wizualizacji.

Główne funkcje programów GIS:

- Przeglądanie danych
- Tworzenie danych (budowa i rozszerzanie bazy danych)
- Edycja danych
- Gromadzenie i zapis danych
- Integracja danych z różnych źródeł
- Transformacja (np. przekształcenie układu współrzędnych)
- Zapytania atrybutowe i przestrzenne
- Analizy przestrzenne
- Tworzenie map i wizualizacji

Oprogramowanie GIS można podzielić w następujący sposób:

- Desktop GIS - programy używane do tworzenia, edycji, zarządzania, analizowania i wyświetlania danych geoprzestrzennych. Są one niekiedy sklasyfikowane w trzech kategoriach funkcjonalności: GIS Viewer, GIS Editor i GIS Analyst
- DBMS - przestrzenne systemy zarządzania bazami danych używane do przechowywania danych, ale często zawierają również analizy i narzędzia zarządzania danymi
- Serwery mapowe (WebMap) - oprogramowanie do wyświetlania i dystrybucji map w internecie
- Server GIS - oprogramowanie obejmujące takie same funkcje jak desktop GIS, z tą różnicą, że jest ono dostępne przy pomocy łącza internetowego
- WebGIS - programy służące do wyświetlania danych, a także zawierające funkcje analizy i zapytań przez przeglądarki internetowe
- Mobile GIS - oprogramowanie dla telefonów komórkowych, tabletów i rozmaitych urządzeń przenośnych

Programy GIS można podzielić także ze względu na inne kryterium: na komercyjne i niekomercyjne. Jednymi z najpopularniejszych programów komercyjnych są m.in. ArcGIS, MapInfo, Geomedia i Microstation, zaś najpopularniejszym programem GIS-owym dostępnym za darmo jest z pewnością program Quantum GIS (w skrócie QGIS).

2.3. Program QGIS (<http://quantum-gis.pl>; stan na wrzesień 2013)

QuantumGIS jest wolnym i otwartym oprogramowaniem GIS-owym opartym na licencji GPL (GNU General Public Licence), działającym w środowiskach Linux, Unix, Mac OS i MS-Windows, dostępnym w wielu wersjach językowych. Wolność oraz otwartość oprogramowania (tzw. *open source*) wynika z publicznego i nieodpłatnego udostępnienia kodu źródłowego oprogramowania, oraz skompilowanych jego wersji. Licencja GPL jest szczególnym typem licencji *open source*’owej, opartej na zasadzie tzw. licencji wirusowej – oprogramowanie pochodne, wykorzystujące oprogramowanie oparte na licencji GPL musi również być udostępnione na licencji GPL tj. w szczególności nieodpłatnie.

Nowością jest niedawne pojawienie się oprogramowania QGIS na platformę Android, co umożliwia korzystanie z niego nie tylko na komputerach, ale także i tabletach oraz smartfonach. Opisywana wersja QGIS 1.8 Lisboa jest dostępna nieodpłatnie pod adresem <http://qgis.org/>.

W Polsce QGIS jest rozwijany przez wolontariuszy w ramach Stowarzyszenia OSGEO Polska – celem kolejnego rozdziału jest krótkie przybliżenie procesu rozwoju oprogramowania QGIS pod skrzydłami rzeczzonego Stowarzyszenia.

3. Historia programu QGIS i jego ewolucja wraz z poszczególnymi wersjami

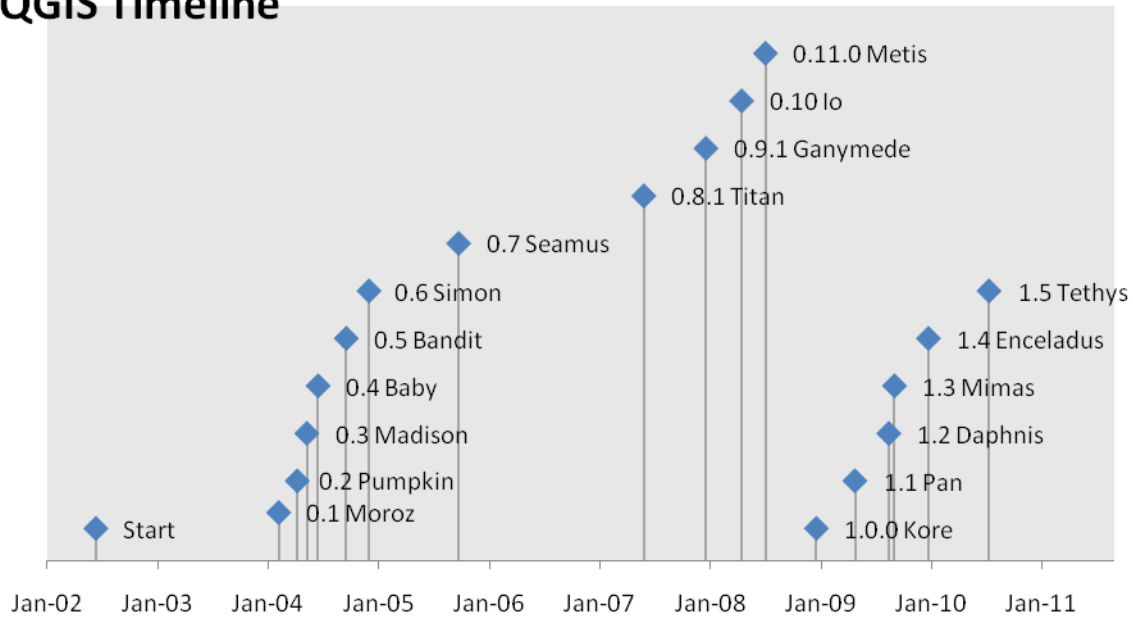
Projekt QuantumGIS oficjalnie został założony się w maju 2002 roku, gdy zaczęto pisać kod źródłowy programu. Idea zrodziła się w lutym 2002 roku, kiedy Gary Sherman poszukiwał przeglądarki GIS dla Linuksa, która byłaby szybka i wspierała szeroką gamę repozytoriów danych. To, w połączeniu z zainteresowaniem kodowaniem aplikacji GIS doprowadziło do powstania projektu. Na początku QuantumGIS powstał jako projekt na platformie SourceForge (darmowy system zarządzania i kontroli projektów typu Open Source) w czerwcu 2002 roku. Pierwszy kod został sprawdzony w CVS na SourceForge w sobotę 6 lipca 2002 roku, a pierwsza, w dużej mierze niefunkcjonująca wersja została udostępniona w dniu 19 lipca 2002 roku. Ta pierwsza wersja obsługiwała wyłącznie warstwy PostGIS.

Nazwa "Quantum GIS" w zasadzie jest pozbawiona jakiegokolwiek znaczenia, poza tym, że zaczyna się od litery "Q", a QGIS wykorzystuje Qt Toolkit wyprodukowany przez firmę Nokia (dawniej trolltech).

Wczesne wersje QGIS-a i geneza ich nazw:

0.8 Titan	księżyc Saturna
0.9 Ganymede	księżyc Jowisza
0.10 Io	księżyc Jowisza
0.11 Metis	księżyc Jowisza
1.0 Kore	księżyc Jowisza
1.1 Pan	księżyc Saturna
1.2 Daphnis	księżyc Saturna
1.3 Mimas	księżyc Saturna
1.4 Enceladus	księżyc Saturna
1.5 Tethys	księżyc Saturna

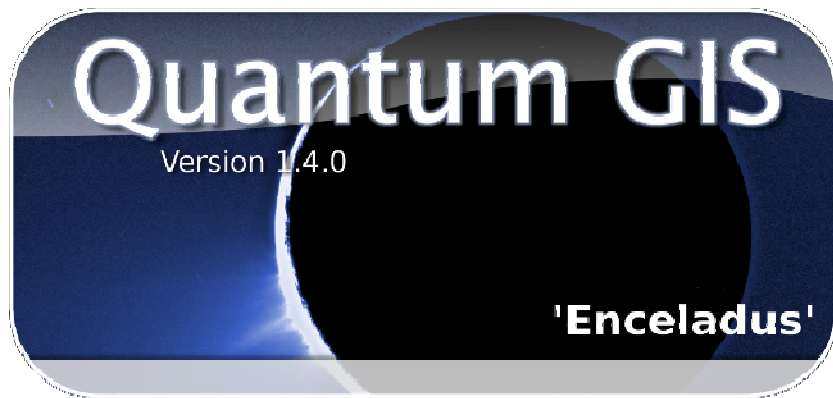
QGIS Timeline



Rys. 1 Wersje QGIS

Jako pierwszą stabilną wersję QuantumGIS-a można uznać wersję 1.0 Kore. Została do niej stworzona, a także przetłumaczona na polski (przez Milenę Nowotarską) instrukcja obsługi - "Wprowadzenie do Quantum GIS". Pierwotnie był to program przeznaczony do pracy na systemie operacyjnym Linux, z czasem jednak doczekał się też wersji na inne platformy, m.in. na Windows'a.

Kolejne wersje (1.1 Pan, 1.2 Daphnis, 1.3 Mimas) powstawały w krótkim odstępie czasu w 2010 roku, niestety nie są obecnie dostępne do ściągnięcia ze strony projektu.



Rys. 2 QGIS 1.4

Najwcześniejszą wersją udostępnioną obecnie (stan na sierpień 2013r.) do ściągnięcia jest wersja 1.4 Enceladus. Enceladus to jeden z księżyców Saturna, którego nazwa pochodzi od Enkeladosa, jednego z gigantów w mitologii greckiej przygniecionego przez Zeusa wyspą Sycylią.

Wczesne edycje QGIS-a brały w kolejnych wersjach nazwy od księżyców Jowisza i Saturna.

Główne zmiany w tej wersji:

- Nowa infrastruktura symbolizacji warstw i obiektów
- Wprowadzenie w tabeli atrybutów funkcji: kalkulator pól
- Możliwość ustalania kompozycji wydruków
- Użycie dociągania do obiektów również w pomiarach
- Szersze wsparcie zapytań do warstwy wektorowej
- Dodano analizę nakładania się obiektów
- Dodano nowe obiekty w pasku rysowania podstawowych kształtów (elipsa, prostokąt, trójkąt)
- Rozbudowano funkcję bufor



Rys. 3 QGIS 1.5

Kolejną wersją, także należącą do tych biorących nazwę od księżyców Saturna to 1.5 Tethys. Tethys to piąty co do wielkości księżyc Saturna, a jego nazwa pochodzi z mitologii greckiej od tytanydy Tethys, która była żoną i siostrą tytana Okeanosa.

Główne zmiany w tej wersji:

- Dodanie modułu analiz rastrowych - GDAL Tools, opartych o bibliotekę GDAL
- Dodano narzędzie do pomiaru kątów na mapie
- Dodano zapis i odczyt zapytań tworzonych w kreatorze zapytań
- Możliwe jest tworzenie baz SQLite z poziomu programu QGIS. Udostępniono nowe narzędzie do zarządzania bazami danych SpatiaLite (SpatiaLite Manager).
- Warstwy wektorowe mogą być zapisywane nie tylko jako Shapefile, ale również w innych formatach - CSV, GPX, GML, KML
- Udoskonalono etykietowanie
- Dodano obsługę wartości NULL w przeszukiwaniu łańcuchów tekstowych
- Dodano wtyczkę wyboru przestrzennego



Rys. 4 QGIS 1.6

Kolejna wersja to Quantum GIS 1.6 Copiapó. Wraz z nią zerwano z tradycją nadawania wersjom oznaczeń pochodzących od nazw księżyców, a zaczęto używać nazw miejsc na Ziemi, które są mało znane, lecz wiążą się z ciekawymi historiami. Wersja 1.6 czerpie nazwę od miasta Copiapó - argentyńskiego miasta, gdzie miała miejsce w 2010 r. znana katastrofa górnicza. Obrazek na ekranie startowym programu to zdjęcie satelitarne okolic kopalni.

Główne zmiany w tej wersji:

- Usprawniono moduł *Georeferencer*
- Przyciski narzędzi wyboru i pomiarów są teraz rozwijalne
- Dodano możliwość przybliżania do błędów topologicznych
- Wprowadzono wiele usprawnień i nowych operatorów do kalkulatora pól - łączenie pól, licznik wierszy, etc.
- Dodano trzy nowe metody klasyfikacji: *Natural Breaks (Jenks)*, *Standard Deviations*, oraz *Pretty Breaks*
- Dodano opcję zapisywania histogramu do pliku graficznego. Wprowadzono wizualizację aktualnych wartości pikseli na osi x histogramu warstwy rastrowej.



Rys. 5 QGIS 1.7

Wersja 1.7 Wrocław powstała 11-15 listopada 2010 r. podczas Hackfestu Quantum GIS na Instytucie Klimatologii i Ochrony Atmosfery Uniwersytetu Wrocławskiego we Wrocławiu. Hackfest jest to cykliczne spotkanie twórców programu QGIS z całego świata. Wrocławski Hackfest był czwartym z kolei. Wersja 1.7 doczekała się czterech poprawek, które usunęły mniejsze błędy, poprawiły stabilność i zwiększyły szybkość programu.

Główne zmiany w tej wersji:

- Dodano przycisk “zastosuj” w oknie etykietowania, oraz kompletnie je przebudowano, dzieląc funkcje na zakładki pod względem częstości ich używania
- Wprowadzono wsparcie dla symboli cyrylicy w metadanych rastrowych
- Nowe ikony dla narzędzi: *Merge shapefiles*; *RGB to PCT tool* i *PCT to RGB tool*
- Usprawniono narzędzie: *Intersect lines tool*
- W oknie Query Builder wprowadzono w liście przykładowych wartości wartość "NULL"



Rys. 6 QGIS 1.8

Kolejną wersją oprogramowania QGIS jest wersja 1.8 Lisboa - wersja wydana w czerwcu 2012 roku, stworzona podczas Hackfestu w Lizbonie. Jak w przypadku poprzedniej wersji - nazwa została zaczerpnięta od miejsca zlotu twórców i programistów QGIS-a.

Główne zmiany w tej wersji:

- QGIS Browser - samodzielna aplikacja i nowy panel w QGIS-ie
- DB Manager - menadżer baz danych oficjalnie stał się częścią rdzenia QGIS-a
- Action Tool - pozwala na wykonywanie zapamiętanych akcji
- MSSQL Spatial Support - umożliwia łączenie się z bazami danych przestrzennych Microsoft SQL Server za pomocą QGIS
- *Terrain Analysis Plugin* - nowa wtyczka do prowadzenia analiz terenu (przydatna w tworzeniu map rzeźby terenu)
- *Heatmap Tool* - narzędzie tworzenia map ciepła na warstwach rastrowych
- *Ellipse renderer* - nowe narzędzie digitizacji do tworzenia elips, prostokątów, trójkątów i krzyży (według określonych przez użytkownika parametrów)
- Reorganizacja panelu menu - obecnie są osobne menu Wektor i Raster, skupiające określone wtyczki i funkcje
- Nowe narzędzia w menu Wektor: Zagęść geometrię i Stwórz indeks przestrzenny



Rys. 7 QGIS 2.0

20 września 2013 roku ukazała się nowa wersja QGIS-a 2.0.1 Dufour. Nazwę wybrano podczas spotkania twórców QGIS-a w Zurichu w Szwajcarii na cześć generała Guillaume'a Henri Dufour'a, który był bardzo znanym i wpływowym szwajcarskim kartografem (Na jego cześć najwyższy szczyt w alpejskim masywie Monte Rosa, a jednocześnie najwyższy szczyt Szwajcarii, nazwano Dufourspitze).

Najnowsza wersja wprowadziła wiele zmian, nie tylko wizualnych, ale także funkcjonalnych - najbardziej widoczne jest rozszerzenie możliwości kartograficznych. Część wtyczek została wbudowana w podstawę programu, dla którego od wersji 2.0 zaleca się używać nazwy QGIS. Cały czas trwa jeszcze proces konwertowania wtyczek znanych z poprzedniej wersji do wersji kompatybilnej z formatem QGIS-a 2.0. Dodatkowo w nowej wersji oprogramowania QGIS, zmiany przeszły również QGIS Server i QGIS WebClient, a także została przebudowana strona internetowa projektu: www.qgis.org.

Jednakże, w związku z stosunkowo niedawną datą publikacji oprogramowanie nie ustrzegło się usterek (np. nie wszystkie analizy przestrzenne da się przeprowadzić na dzień oddania pracy, również część wtyczek nie została jeszcze przekonwertowana do wersji 2.0). W związku z tym podstawą dalszej części pracy została poprzednia wersja - QGIS 1.8.

Nawet tak pobieżna analiza rozwoju oprogramowania QGIS pozwala na postawienie wniosku, iż oprogramowanie to uległo znacznemu rozwojowi na przestrzeni niemal dziesięciu lat. Celem kolejnej części pracy jest przybliżenie czytelnikowi działania oraz funkcjonalności ukształtowanego w ten sposób programu.

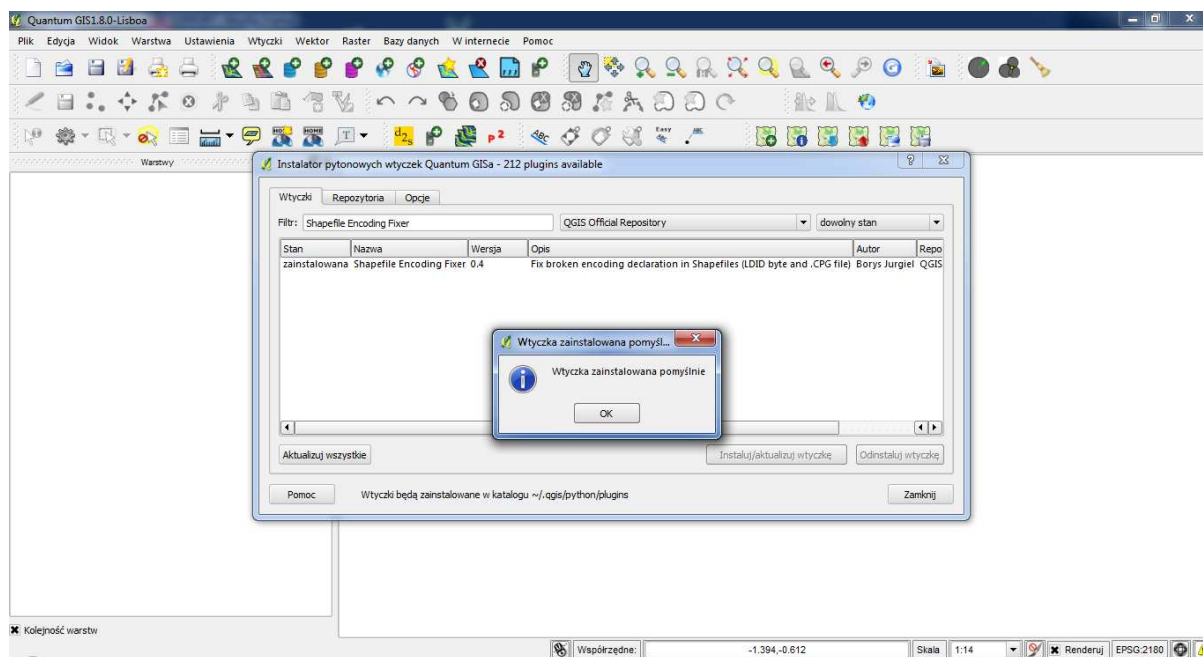
4. Praca z programem QGIS 1.8.0

Jak już było wspomniane w poprzednim rozdziale, QGIS jest otwartym darmowym oprogramowaniem GIS-owym, znajdującym liczne zastosowania. Od innych programów tego typu wyróżnia go budowa modułowa – co oznacza, że można rozbudowywać jego funkcjonalność o dodatkowe funkcje, tzw. wtyczki. Wtyczkami nazywa się dodatkowe moduły programu, które może stworzyć każdy, wzbogacające go o nowe możliwości i narzędzia. Repozytorium Wtyczek QGIS umożliwia dostęp do nich wraz z zwięzłym opisem ich funkcji, jak również – od czasu wersji 2.0 - wraz z opiniami i ocenami użytkowników. Nazwę „wtyczka” należy uznać za potencjalnie wprowadzającą w błąd – pomimo potocznego rozumienia słowa „wtyczka”, działają one w sposób inny niż wtyczki w przeglądarkach internetowych (niezbędne są one np. do odtwarzania niektórych rodzajów mediów audiowizualnych). Cechą charakterystyczną takich wtyczek jest również potrzeba samodzielnej identyfikacji zapotrzebowania na wtyczkę przez użytkownika. Wtyczki wykorzystane w analizach przestrzennych zostały opisane w rozdziałach poniżej.

4.1. Wtyczka *Shapefile encoding fixer*

Pracę zaczęto od zainstalowania wtyczki *Shapefile encoding fixer*, stworzonej przez Borysa Jurgiela, która to usuwa błędy zdarzające się podczas pracy z danymi zawierającymi polskie znaki. Aby zainstalować wtyczkę należy:

- a) pobrać ją z repozytorium,
- b) włączyć w menu *Zarządzaj wtyczkami*,
- c) użyć - wyświetla się w menu *Wtyczki* jako funkcja *Naprawa kodowania shapefile*.



Rys. 8 Shapefile encoding fixer

4.2. Wtyczki analiz przestrzennych

Po dokładnym przyjrzeniu się programowi stwierdzono, że aby przeprowadzić założone analizy przestrzenne niezbędne jest pobranie z repozytorium więcej wtyczek, które dodadzą do programu nowe funkcje. Wtyczki są dostępne w repozytoriach wtyczek - wywołuje się je przez menu: Wtyczki -> Pobierz więcej wtyczek. Oprócz oficjalnych wtyczek są dostępne tzw. wtyczki eksperymentalne - należy przy ich używaniu zachować dużą ostrożność, gdyż są one w fazie testów i mogą powodować różne błędy w programie.

Z około 227 wtyczek (<http://plugins.qgis.org/plugins/>; stan na 7.09.2013) wybrano kilka, które będą przydatne w analizach (część z nich podczytuje się automatycznie, jako składowe bazowe programu):

- CadTools - dodaje kilka narzędzi znanych z programów CAD-owskich
- Coordinate System Updater - ulepsza parametry kilku układów współrzędnych
- DB Manager - pozwala łączyć bazy danych z QGIS-em
- Field Pyculator - pozwala na użycie silnika Pythona w kalkulatorze pól
- GRASS - pozwala na korzystanie z funkcji oprogramowania GRASS

- Generalizer - generalizacja i wygładzanie linii (bazuje na takiej samej funkcji w oprogramowaniu GRASS)
- Kartodiagramy - wtyczka do tworzenia kartodiagramów
- Mapa termiczna - tworzy rastrową mapę termiczną dla punktów wektorowych
- Open Layers Plugin - pozwala podłączyć jako tło warstwy: OSM, Google Maps, Bing Maps itp.
- Optymalna droga - znajduje najkrótszą drogę
- Oracle Spatial GeoRaster - dostęp do Oracle Spatial GeoRaster
- Poligonizer - tworzy poligony z linii
- PostGIS SQL Query Editor - dodaje SQL Query Editor
- Rastrowe analizy terenu - wtyczka do rastrowych analiz terenu
- Shapefile encoding fixer - usuwa błędy z polskimi znakami z tabel atrybutów
- Statystyki Strefowe - wtyczka do obliczania statystyk (sum, średnich) z map rastrowych dla każdego z poligonów na warstwie wektorowej
- WFS 2.0 Client - klient usług OGC Web Feature Service 2.0.0
- Wtyczka interpolacji - wtyczka do interpolacji w oparciu o wierzchołki z warstwy wektorowej
- Wtyczka zapytań przestrzennych - wtyczka tworzy zapytania przestrzenne na warstwach wektorowych

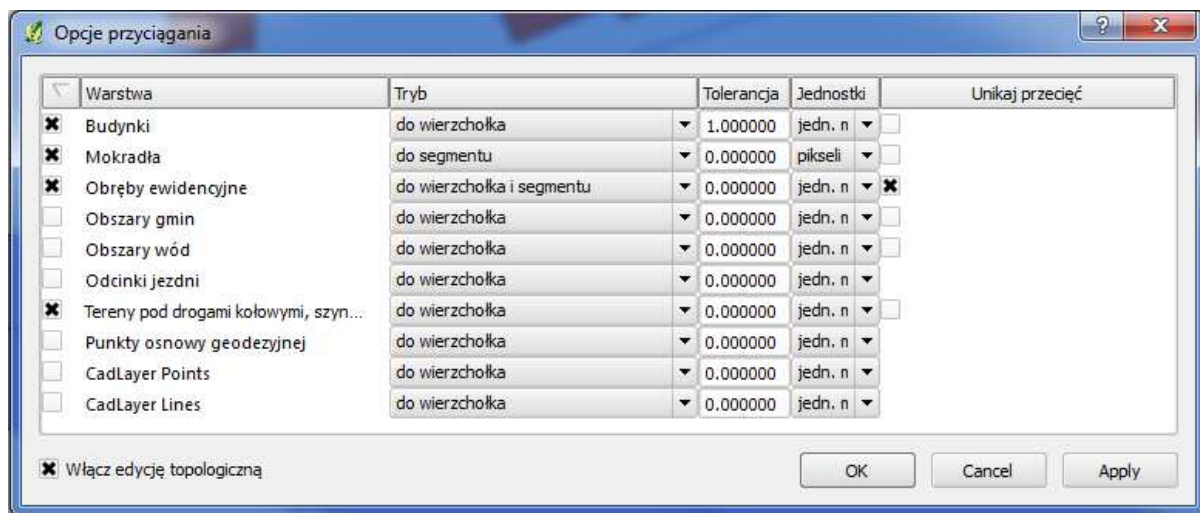
Część z tych wtyczek nie stwarza dodatkowych możliwości przeprowadzenia analiz przestrzennych, ale znacząco ułatwia współpracę z tym programem.

4.3. Zakładki

Zakładkami w QGISie nazywa się zapisane określone widoki w założonym przez nas projekcie. Jest to bardzo przydatna funkcja, umożliwiająca powrót w łatwy i szybki sposób do określonych, zapamiętanych miejsc na mapie i wyświetlenie ich w naszym oknie programu. Zakładki te są określone przez współrzędne punktów, które ograniczają dany widok: Xmin, Xmax, Ymin, Ymax. Funkcja ta umieszczona jest w pasku "Atrybuty" jako "Nowa zakładka" oraz "Pokaż zakładki".

4.4. Przyciąganie do warstw (*ang. snapping*)

Przy pracy na warstwach wektorowych dobrze jest zacząć od ustawień przyciągania do warstw (*ang. snapping*). Jak widać na poniższym rysunku (rys. nr. 9) - dla każdej z warstw istnieje możliwość ustawienia zarówno rodzaju przyciągania obiektów (do wierzchołków, do linii oraz do wierzchołków i do linii), jak i tolerancji przyciągania (do wyboru jest wartość w pikselach, bądź w jednostkach mapy). Dodatkową funkcją jest także możliwość ustalenia, by przyciąganie unikało przecięć.



Rys. 9 Przyciąganie do warstw

4.5. Kalkulator pól

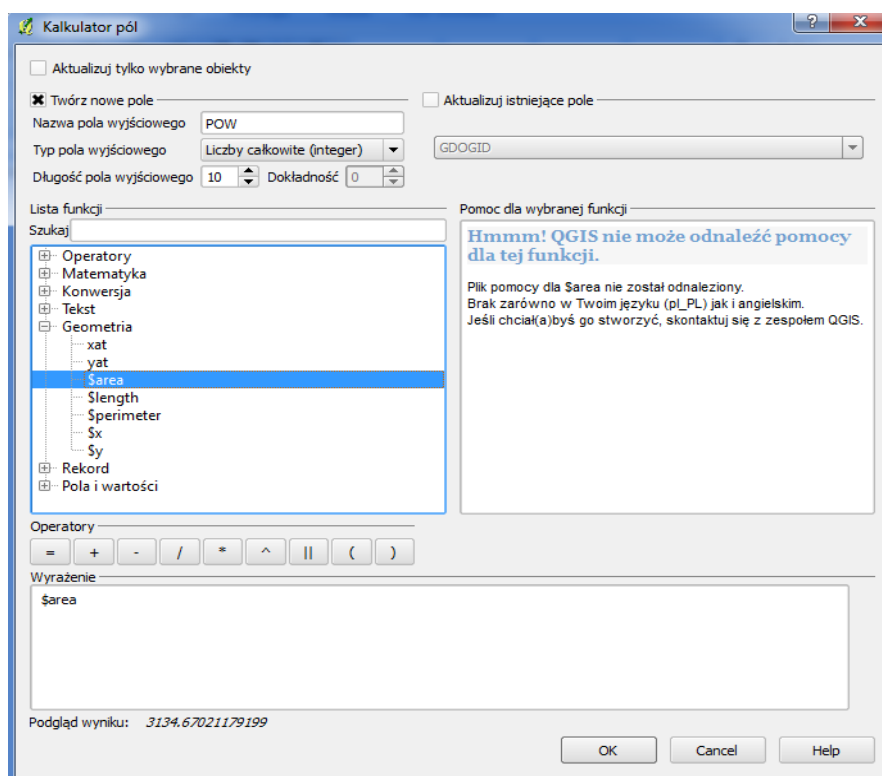
Kalkulator pól jest jedną z funkcji przydatnych przy edycji tabeli atrybutów w QGISie. Pozwala on na automatyczne wypełnianie lub aktualizację istniejących kolumn dowolnymi danymi, a także na tworzenie nowych wraz z dowolną zawartością.

W kalkulatorze pól mamy dostęp do:

- operatorów logicznych (takich jak: '+', '-', '*', '/', '%', '^', '=', '>', '<', '<>', '<=', '>=', '||', 'LIKE', 'ILIKE', 'IS', 'OR', 'AND', 'NOT');
- funkcji matematycznych (takich jak: 'sqrt', 'sin', 'cos', 'tan', 'asin', 'acos', 'atan', 'atan2', 'exp', 'ln', 'log10', 'log');

- narzędzi konwersji rekordów do innych formatów (takich jak: 'toint' - konwersja do liczb całkowitych, 'toreal' - konwersja do liczb rzeczywistych, 'tostring' - konwersja na tekst);
- narzędzi edycji tekstowych (takich jak: 'lower', 'upper', 'length', 'replace', 'regexp_replace', 'substr');
- funkcji obliczania geometrii (takich jak: 'xat', 'yat', '\$area', '\$length', '\$perimeter', '\$x', '\$y');
- funkcji wypełniania rekordami ('\$rownum', '\$id');
- wszystkich pól i wartości w edytowanej tabeli atrybutów (znajdują się tu nazwy wszystkich kolumn).

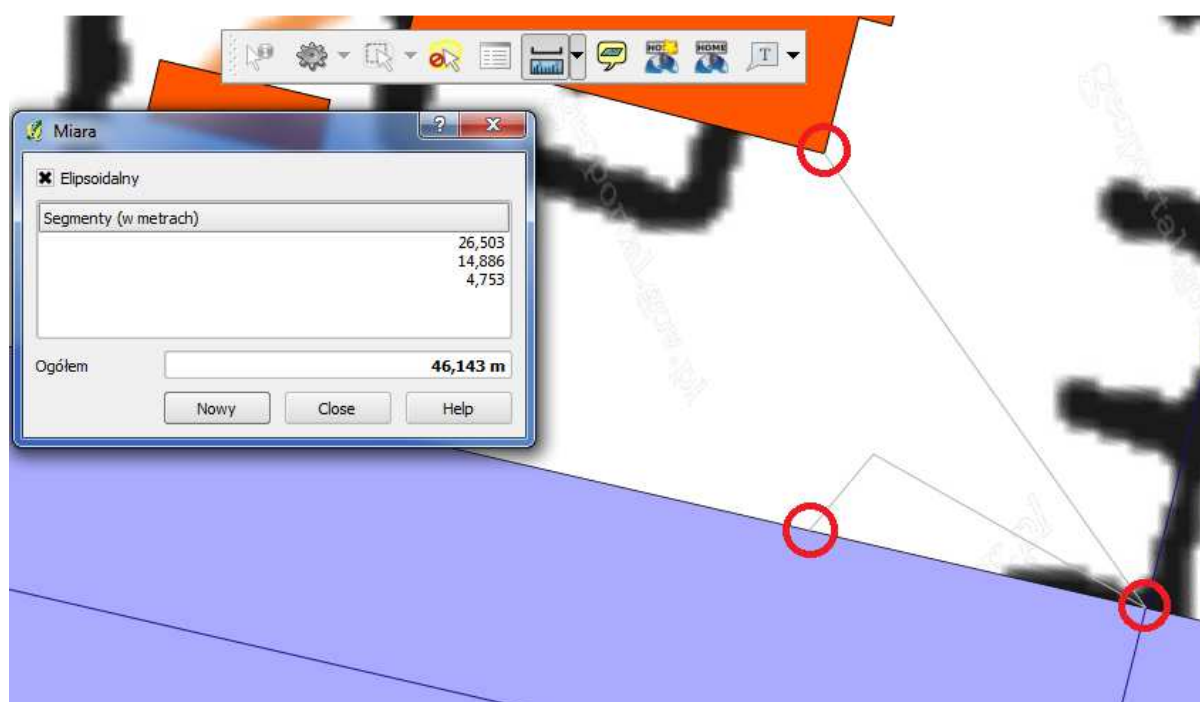
Kalkulator pól ze swoim szerokim wachlarzem parametrów pozwala na dowolną i szybką modyfikację atrybutów obiektów. Przykładem jest dodanie do warstwy "lasy" kolumny z wartością powierzchni dla każdego lasu w liczbach całkowitych (rysunek nr 10).



Rys. 10 Kalkulator pól

5. Analizy kartometryczne

Analizy kartometryczne są jednym z podstawowych komponentów programów GIS-owych, stąd QGIS również zawiera narzędzia umożliwiające ich przeprowadzenie. Możemy do nich zaliczyć pomiary: odległości, powierzchni, kątów, a także objętości. W QGIS-ie są możliwe pomiary jedynie pierwszych trzech wartości topologicznych. Bardzo przydatną cechą funkcji pomiarów jest to, że w pełni współpracuje ona z funkcją dociągania do obiektów (*ang. snapping*), co ilustruje rysunek nr 11. W pomiarze odległości przy pomiarze kilku segmentów program automatycznie oblicza ich sumę i wyświetla poniżej.



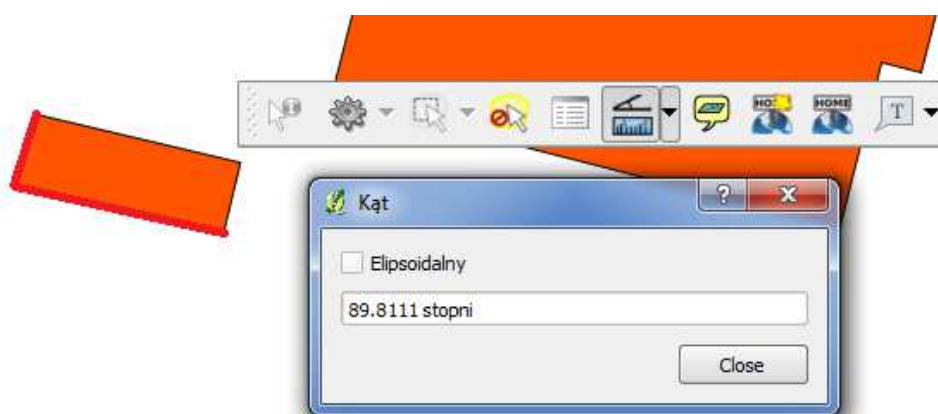
Rys. 11 Pomiar odległości

W przypadku pomiarów odległości i powierzchni mamy możliwość wybrania dwóch typów odległości: odległości elipsoidalnej i odległości na płaszczyźnie. Możemy zauważyć iż ten wybór jest bardzo istotny, gdyż w zależności od tego co wybierzemy, wyniki analizy mogą się dość znacząco różnić (rys.12).



Rys. 12 Pomiar powierzchni - różnice

Pomiar kąta w QGISie odbywa się poprzez kliknięcie wskaźnikiem myszy na trzy wybrane punkty (koniec ramienia kąta- wierzchołek- koniec ramienia kąta). Na podstawie tego program wyświetla miarę kąta wewnętrznego w stopniach (rys.13).



Rys. 13 Pomiar kąta

6. Selekcja atrybutowa obiektów

Obiekty w programie QGIS, jak w większości programów GIS-owych, składają się z dwóch części: graficznej reprezentacji obiektu oraz danych, zawartych w tabelach atrybutów. Selekcja atrybutowa pozwala na przeprowadzenie takich operacji, by poskutkowały wyborem obiektów o określonych cechach. Stopień możliwego skomplikowania zapytań do bazy danych wiele nam mówi o możliwościach programu.

Po przeanalizowaniu dwóch baz danych źródłowych (TBD - rejon Sanoka oraz VMapL2 - województwo mazowieckie) postanowiono, że ze względu na duży rozmiar bazy z województwa mazowieckiego i związane z tym znaczne spowolnienie programu praktyczniejszym rozwiązaniem będzie przeprowadzenie analiz używając do tego bazy TBD. Nie bez znaczenia będzie także fakt, iż tabele atrybutów mniejszej bazy zawierały jednocześnie więcej informacji, co umożliwiało stawianie bardziej złożonych zapytań w języku SQL.

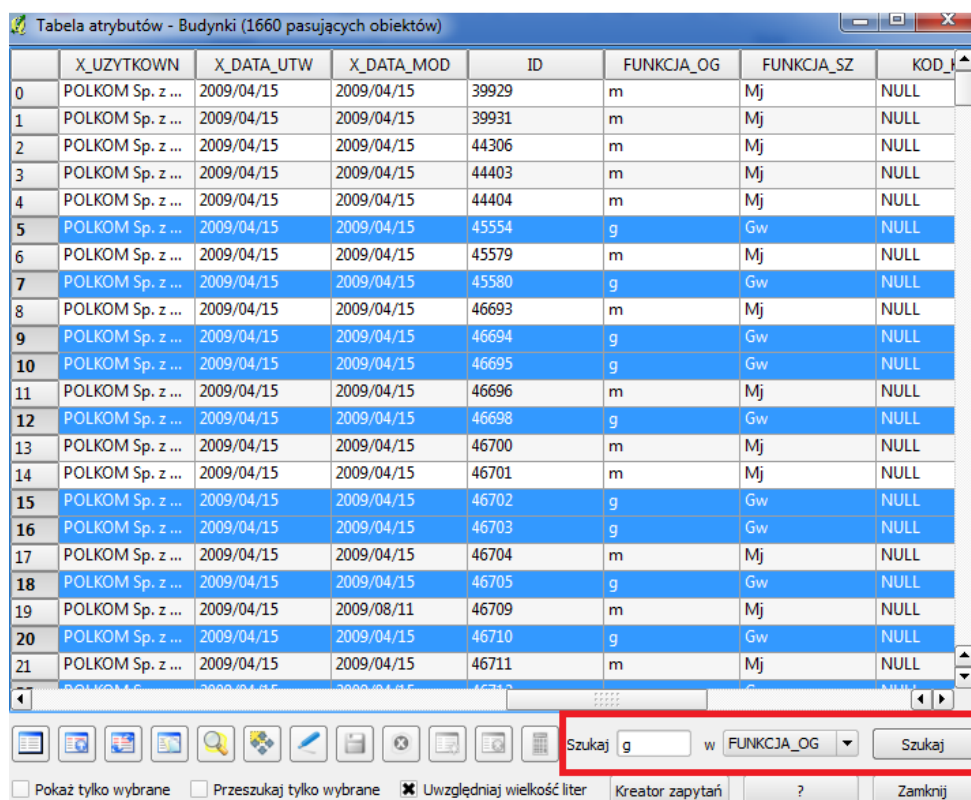
W QGISie przykładowa tabela składa się z kolumn i wierszy. Każdy wiersz reprezentuje jeden obiekt, zaś każda kolumna poszczególną cechę tego obiektu (np. Budynek nr 1 - wiersz; ilość pięter w budynku - kolumna). Przydatną funkcją jest możliwość zaznaczenia wyświetlania tylko wybranych obiektów, oraz przeszukiwanie tylko spośród wybranych obiektów. Mamy także możliwość uwzględnienia lub nie uwzględniania wielkości liter.

W QGIS-ie możemy wybierać obiekty w kilka różnych sposobów:

- Po pierwsze - poprzez wyszukanie obiektów. Algorytm wybiera wtedy wszystkie pasujące obiekty i wyświetla ich ilość powyżej.
- Po drugie - poprzez kreator zapytań w języku SQL (Rys. 6). Pozwala on na tworzenie znacznie bardziej złożonych zapytań, uwzględniających kilka parametrów. Daje również możliwość zapisywania i późniejszego wczytywania formuł, a także testowania ich przed użyciem (czyli sprawdzania błędów). Oprócz tego, kreator ma okno podpowiedzi, które wczytuje wartości występujące w danej kolumnie. To ułatwia pracę, gdyż przepisywanie konkretnych wartości można zastąpić dwukrotnym kliknięciem na interesujące nas części zapytania. Przykład: wybór budynków mieszkalnych, zarówno jedno- jak i wielorodzinnych, będących zabytkami. Zapytanie będzie wtedy wyglądać: **ZABYTEK = 1 AND FUNKCJA_OG = 'm' AND**

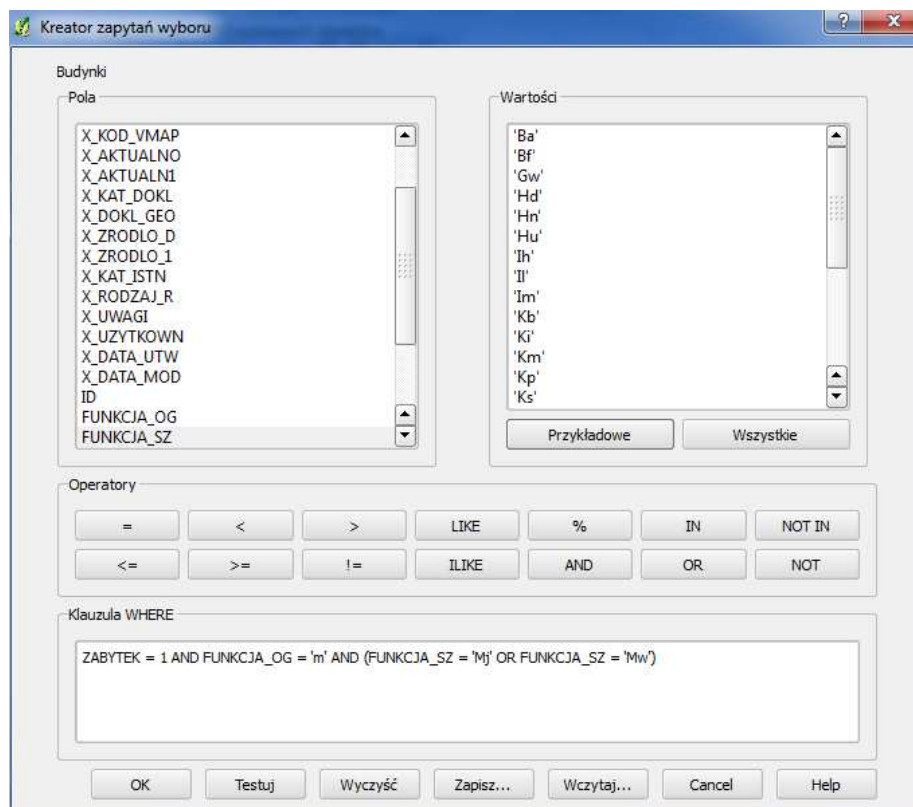
(FUNKCJA_SZ = 'Mj' OR FUNKCJA_SZ = 'Mw'). Skutkiem będzie wyselekcjonowanie interesujących nas obiektów.

- Po trzecie - wybór bezpośredni poprzez kliknięcie na wiersz w tabeli, bądź na obiekt w polu pracy. Wybór kilku obiektów z danej warstwy odbywa się poprzez wciśnięcie klawisza Ctrl. Należy przy tym pamiętać, że kliknięcie prawym klawiszem anuluje nasz ostatni wybór, a także, by wybierać obiekty z danej warstwy trzeba ją wcześniej podświetlić w liście warstw.



	X_UZYTEKOWN	X_DATA_UTW	X_DATA_MOD	ID	FUNKCJA_OG	FUNKCJA_SZ	KOD
0	POLKOM Sp. z ...	2009/04/15	2009/04/15	39929	m	Mj	NULL
1	POLKOM Sp. z ...	2009/04/15	2009/04/15	39931	m	Mj	NULL
2	POLKOM Sp. z ...	2009/04/15	2009/04/15	44306	m	Mj	NULL
3	POLKOM Sp. z ...	2009/04/15	2009/04/15	44403	m	Mj	NULL
4	POLKOM Sp. z ...	2009/04/15	2009/04/15	44404	m	Mj	NULL
5	POLKOM Sp. z ...	2009/04/15	2009/04/15	45554	g	Gw	NULL
6	POLKOM Sp. z ...	2009/04/15	2009/04/15	45579	m	Mj	NULL
7	POLKOM Sp. z ...	2009/04/15	2009/04/15	45580	g	Gw	NULL
8	POLKOM Sp. z ...	2009/04/15	2009/04/15	46693	m	Mj	NULL
9	POLKOM Sp. z ...	2009/04/15	2009/04/15	46694	g	Gw	NULL
10	POLKOM Sp. z ...	2009/04/15	2009/04/15	46695	g	Gw	NULL
11	POLKOM Sp. z ...	2009/04/15	2009/04/15	46696	m	Mj	NULL
12	POLKOM Sp. z ...	2009/04/15	2009/04/15	46698	g	Gw	NULL
13	POLKOM Sp. z ...	2009/04/15	2009/04/15	46700	m	Mj	NULL
14	POLKOM Sp. z ...	2009/04/15	2009/04/15	46701	m	Mj	NULL
15	POLKOM Sp. z ...	2009/04/15	2009/04/15	46702	g	Gw	NULL
16	POLKOM Sp. z ...	2009/04/15	2009/04/15	46703	g	Gw	NULL
17	POLKOM Sp. z ...	2009/04/15	2009/04/15	46704	m	Mj	NULL
18	POLKOM Sp. z ...	2009/04/15	2009/04/15	46705	g	Gw	NULL
19	POLKOM Sp. z ...	2009/04/15	2009/08/11	46709	m	Mj	NULL
20	POLKOM Sp. z ...	2009/04/15	2009/04/15	46710	g	Gw	NULL
21	POLKOM Sp. z ...	2009/04/15	2009/04/15	46711	m	Mj	NULL

Rys. 14 Wybór poprzez wyszukanie obiektów

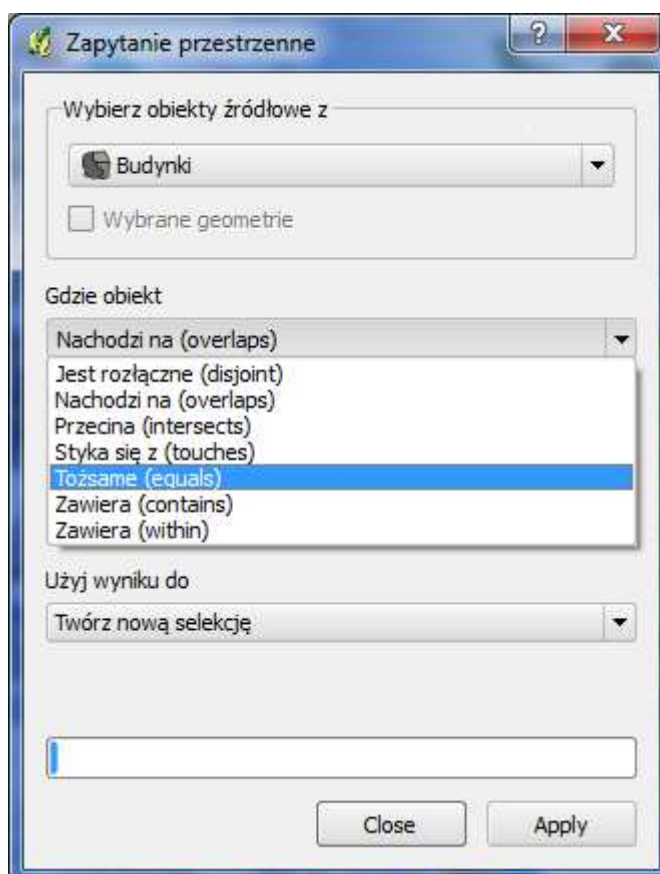


Rys. 15 Kreator zapytań SQL

7. Selekcja przestrzenna - zapytanie przestrzenne

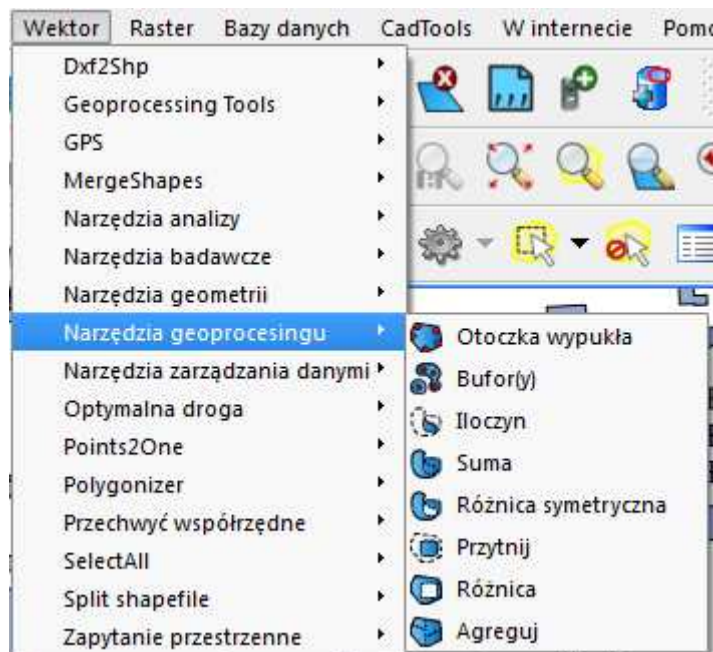
Tworzenie zapytania przestrzennego można tłumaczyć, jako wybór obiektów na podstawie pewnych określonych warunków topologicznych. W QGIS-ie mamy kilka typów takich warunków: „Jest rozłączne” (*disjoint*), „Nachodzi na” (*overlaps*), „Przecina” (*intersects*), „Styka się z” (*touches*), „Tożsame” (*equals*), „Zawiera” (*contains*) oraz „Zawiera” (*within*). Obok każdego z tych warunków w nawiasie podane jest jego angielskie tłumaczenie, ze względu na uniknięcie niejasności, a także problemy z polskimi odpowiednikami niektórych słów, tak jak w przypadku *contains* i *within*. Oba z nich znaczą "zawierać się w", lecz użycie ich ma inne skutki. *Within* można tłumaczyć jako "zawiera się w", czyli np. warunek *Lines within polygons* wybierze linie, które znajdują się wewnątrz poligonów. *Contains* natomiast oznacza "posiada wewnątrz", czyli podobny warunek: *Lines contains polygons* wybierze poligony, które zawierają w sobie linie.

Realizacja zapytań przestrzennych w tym programie odbywa się przez wtyczkę zapytań przestrzennych, która dodaje tą funkcję w menu Wektor. Ilość i rodzaj wyświetlanych funkcji zależy od typu wybranej warstwy (punkt, linia, lub poligon).



Rys. 16 Zapytanie przestrzenne

8. Narzędzia geoprocessingu

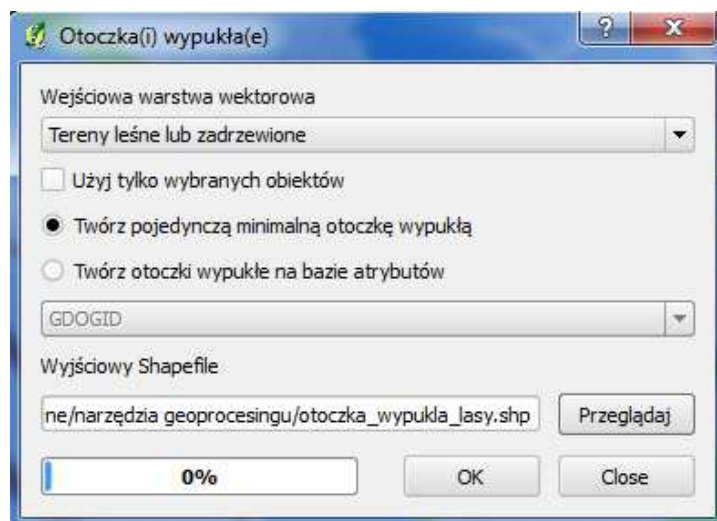


Rys. 17 Narzędzia geoprocessingu

Funkcje zawarte w pasku narzędziowym *Narzędzia geoprocessingu* są najbardziej typowymi przykładami analiz przestrzennych jakie można spotkać, zarówno w literaturze, jak i korzystając z programów typu GIS. W związku z tym zostanie im poświęcone najwięcej miejsca na szczegółowe opisanie sposobu w jaki działają.

Należy także wspomnieć, że w najnowszej wersji QGIS 2.0 do zbioru *Narzędzi geoprocessingu* dołączyła także funkcja *Eliminuj szczątkowe poligony*. Pomaga ona pozbyć się błędów topologii i jedną funkcją usunąć poligony znacznie różniące się wielkością od tych znajdujących się już na warstwie. Działa w ten sposób, że łączy miniaturowe poligony z sąsiednimi o największej powierzchni lub najdłuższej wspólnej granicy.

8.1. Otoczka wypukła



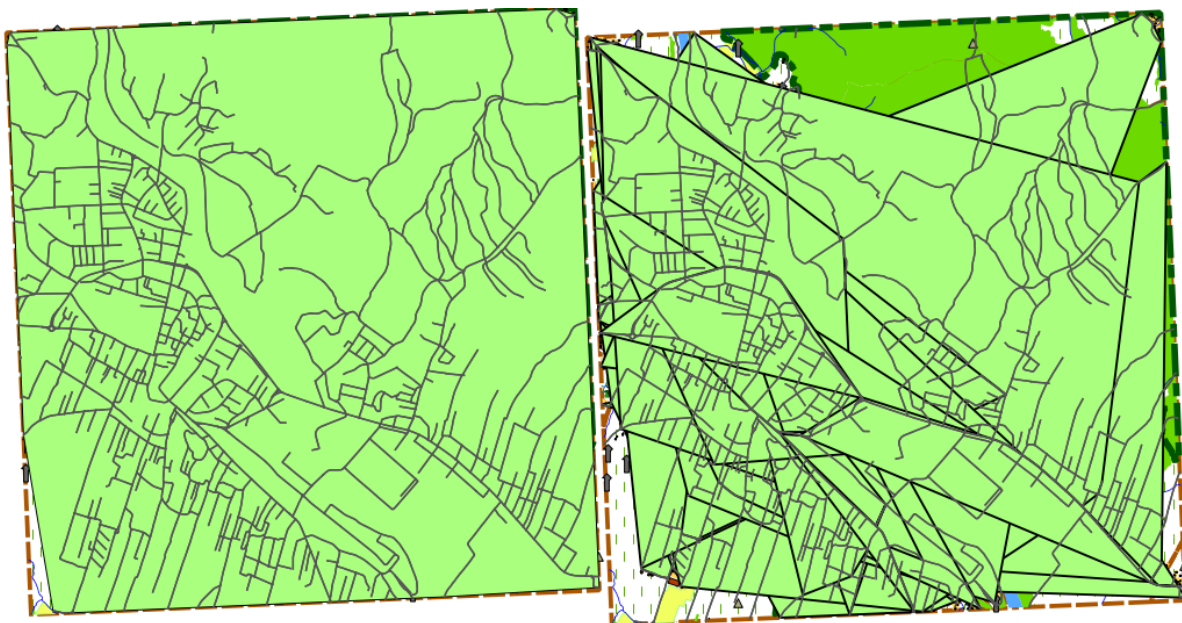
Rys. 18 Otoczka wypukła

Otoczka wypukła jest to nazwa narzędzia, które tworzy warstwę wektorową - poligon ograniczony poprzez skrajne wierzchołki obiektów znajdujących się na warstwie. Jest to bardzo przydatne narzędzie przy tworzeniu wszelkiego rodzaju masek.

Otoczki możemy tworzyć wokół obiektów na warstwach liniowych, punktowych i poligonowych. Po wybraniu narzędzia tworzącego otoczkę mamy do wyboru kilka opcji:

- tworzenie otoczki dla wszystkich obiektów z danej warstwy lub stworzenie jej tylko dla kilku wybranych wcześniej obiektów (by wybrać tą opcję musi być wybrana nowa selekcja),
- stworzenie pojedynczej minimalnej otoczki wypukłej (łączy ona ze sobą najdalsze wierzchołki obiektów), bądź stworzenie otoczki na bazie atrybutów (należy wtedy wybrać określoną kolumnę z danymi z tabeli atrybutów).

Różnica między wyborem pojedynczej minimalnej otoczki, a serii otoczek na podstawie atrybutów jest taka, że jeśli wybierzemy tą pierwszą opcję, to stworzy nam się pojedyncza otoczka łącząca graniczne punkty wszystkich obiektów, zaś gdy wybierzemy drugą opcję to otrzymamy serię otoczek, gdzie każda z nich łączy obiekty, które mają taką samą wartość w tabeli atrybutów. Dla przykładu: możemy stworzyć serię otoczek, różnicujących drogi po szerokości jezdni (rys. 19). Ciekawą rzeczą jest to, że gdy w tabeli występuje wartość "NULL", otoczka nie jest tworzona.

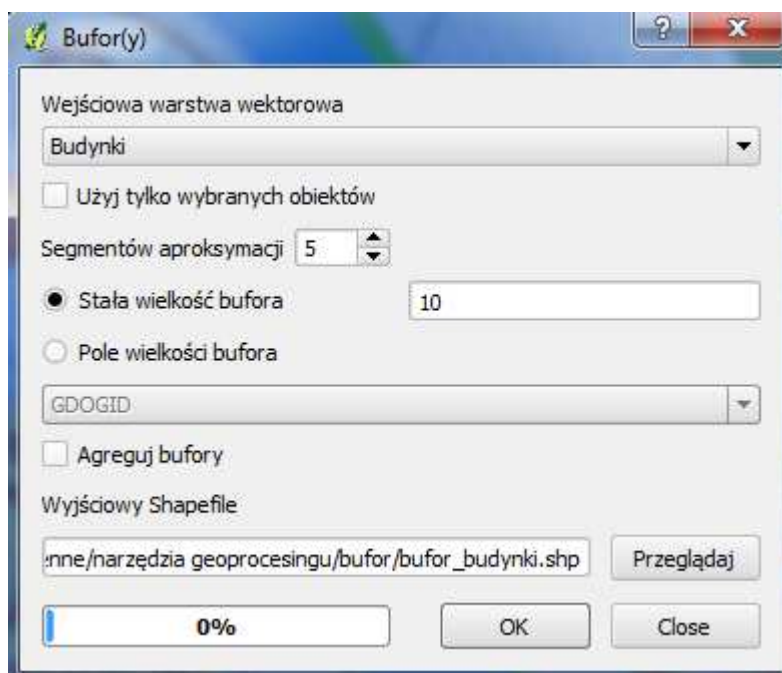


Rys. 19 Różnica między otoczką pojedynczą (po lewej), a serią otoczek stworzonych na podstawie atrybutów (po prawej).



Rys. 20 Przykłady otoczek dla warstw: osnowa geodezyjna (po lewej) i wody (po prawej).

8.2. Bufor



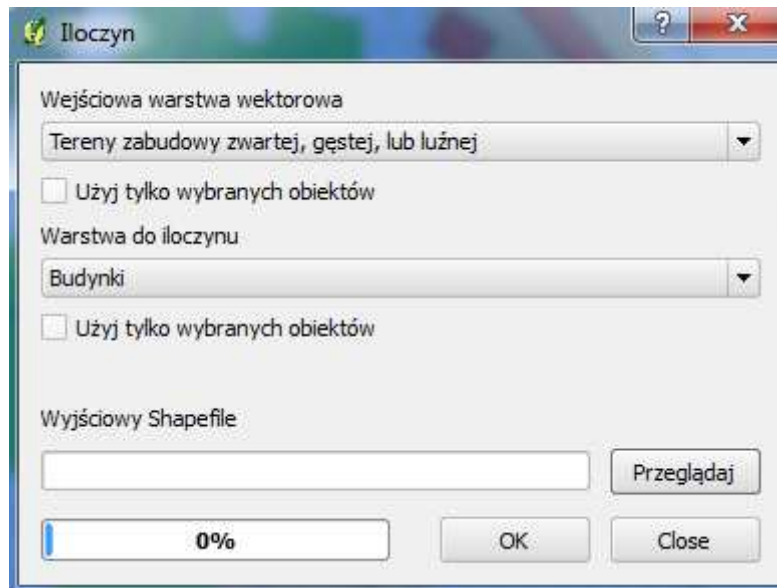
Rys. 21 Bufor

Tworzenie strefy buforowej polega na wygenerowaniu ekwidystant dla określonych obiektów (lub ich grupy), co umożliwia analizę ich wzajemnych wpływów. Bufory można tworzyć dla każdego typu warstw (punktów, linii, poligonów), a także tylko dla wybranych obiektów. Funkcjonalność programu została rozszerzona o możliwość agregowania buforów, czyli łączenia wszystkich buforów które się stykają w jedną całość (należy tylko zwrócić uwagę na to, że generowanie ich z tą funkcją zajmuje znacznie więcej czasu). Dodatkową wartością do ustawienia jest także wybór ilości segmentów aproksymacji, dzięki czemu nasze bufory będą bardziej lub mniej wygładzone. Ponadto program umożliwia nam ustawienie szerokości bufora, jako funkcji zależnej od wartości w tabeli atrybutów (należy przy tym pamiętać, że wskazana wartość musi mieć format liczbowy).



Rys. 22 Strefy buforowe bez agregacji (po lewej) i z agregacją (po prawej).

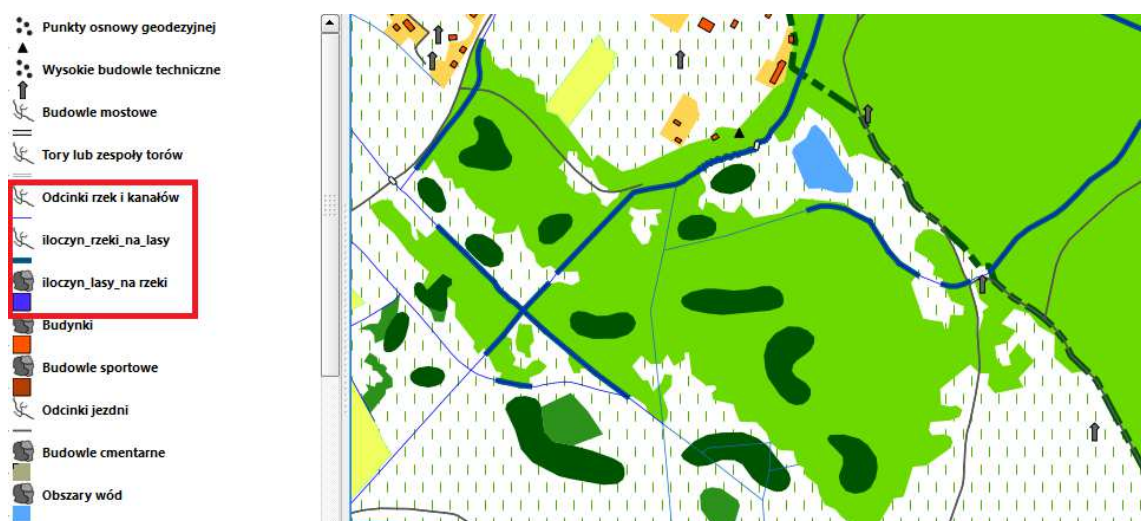
8.3. Iloczyn



Rys. 23 Iloczyn

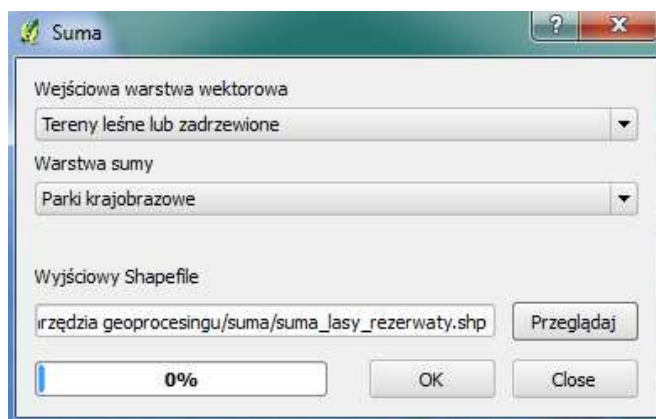
Iloczynem nazywana jest w QGIS-ie funkcja, której wynikiem jest część wspólna dwóch wziętych do analizy warstw. W tabeli atrybutów natomiast znajdą się kolumny z obu warstw biorących udział w analizie. Tej funkcji możemy używać zarówno do warstw punktowych, jak i liniowych czy poligonowych.

Najpierw wybieramy warstwę wejściową (lub wybrane z niej obiekty), a następnie warstwę do iloczynu (lub wybrane z niej obiekty). Warstwa wejściowa będzie odpowiadać formatowi warstwy wynikowej, więc należy być uważnym, którą warstwę wybieramy jako pierwszą, a którą jako drugą. Dla przykładu: gdy weźmiemy iloczyn warstwy rzek (warstwa liniowa) z warstwą lasów (warstwa poligonowa), wynikiem będą wszystkie rzeki, znajdujące się w lasach. Gdy zaś przeprowadzimy odwrotną analizę, wynikiem będzie pusta warstwa, gdyż nie ma obiektów z warstwy poligonowej, które będą się znajdować w obiektach z warstwy liniowej. Kolejną rzeczą, o której należy pamiętać jest to, że w przypadku gdy warstwy nie mają części wspólnej, na warstwie wynikowej nie będą się znajdować żadne obiekty.



Rys. 24 Wynik iloczynu warstw: odcinki rzek oraz lasy.

8.4. Suma



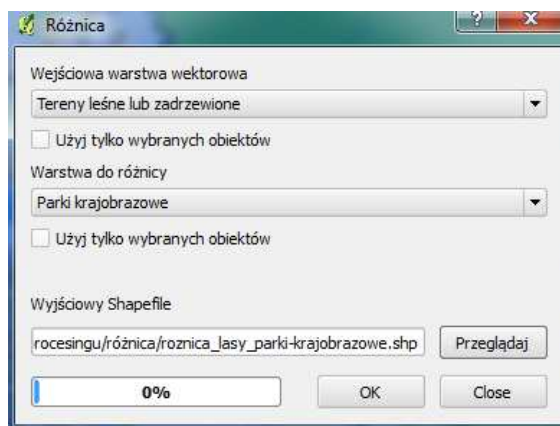
Rys. 25 Suma

Suma jest funkcją łączącą wszystkie obiekty w danej warstwie w jedną warstwę wynikową. Łączy ona nie tylko geometrię obiektów, ale także dołącza do wyniku kolumny z atrybutami z obu warstw. Użyte warstwy nakładają się tak, że wynik zawiera przecinające się i nie przecinające się obszary, czyli obiekty z warstwy wejściowej plus obiekty z warstwy do sumy plus obszary należące do obu z tych warstw. Warto zwrócić uwagę na fakt, że poprawny wynik funkcji 'suma' uzyskamy tylko wtedy, gdy użyjemy do analizy warstw o takiej samej topologii, czyli np. punktowej i punktowej, bądź poligonu i poligonu. Przykład przedstawiony jest na rysunku poniżej (rys. 26).



Rys. 26 Działanie funkcji Suma

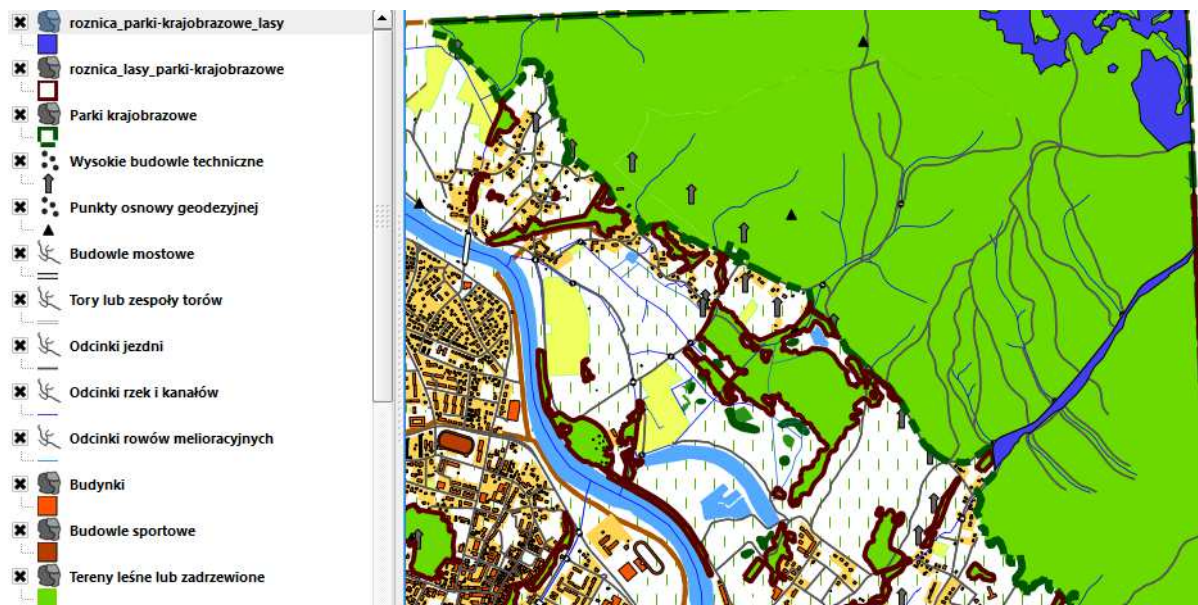
8.5. Różnica



Rys. 27 Różnica

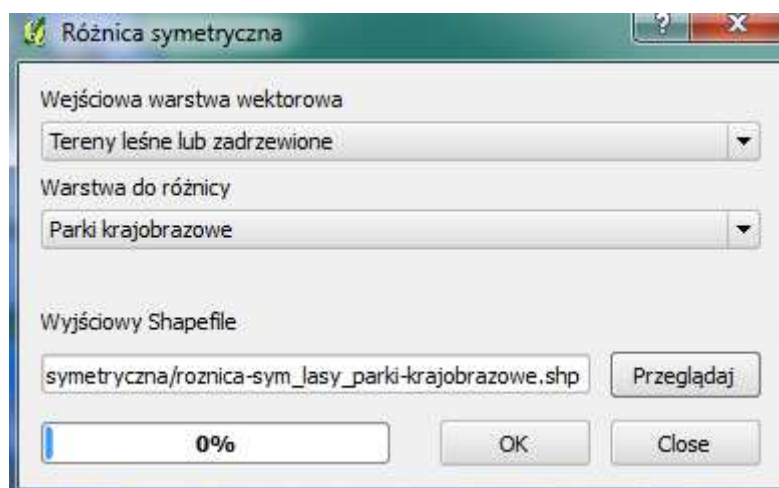
Funkcja *Różnica* działa w ten sposób, że z warstwy wejściowej i warstwy wziętej do różnicy otrzymujemy warstwę zawierającą obiekty z warstwy wejściowej, które są poza obszarem obejmowanym przez warstwę wycinającą. Zatem warstwa do różnicy działa jak maska, przycinając obiekty z warstwy wejściowej. W tabeli atrybutów znajdziemy zaś tylko kolumny z tabeli atrybutów warstwy wejściowej. Wynika stąd wniosek taki, że bardzo istotnym jest którą warstwę wybierzemy jako pierwszą, a którą jako drugą, gdyż uzyskamy wtedy zupełnie odmienne wyniki.

Wizualizuje to rysunek nr. 28, gdzie w pierwszym przypadku tereny leśne zostały przycięte warstwą parków krajobrazowych (czyli otrzymamy wszystkie lasy znajdujące się poza terenem parku krajobrazowego - przedstawione przez brązową otoczkę), zaś w drugim parki krajobrazowe zostały przycięte warstwą lasów (wynikiem będą tu wszystkie tereny parku krajobrazowego, które nie są porośnięte lasem - kolor niebieski).



Rys. 28 Działanie funkcji Różnica

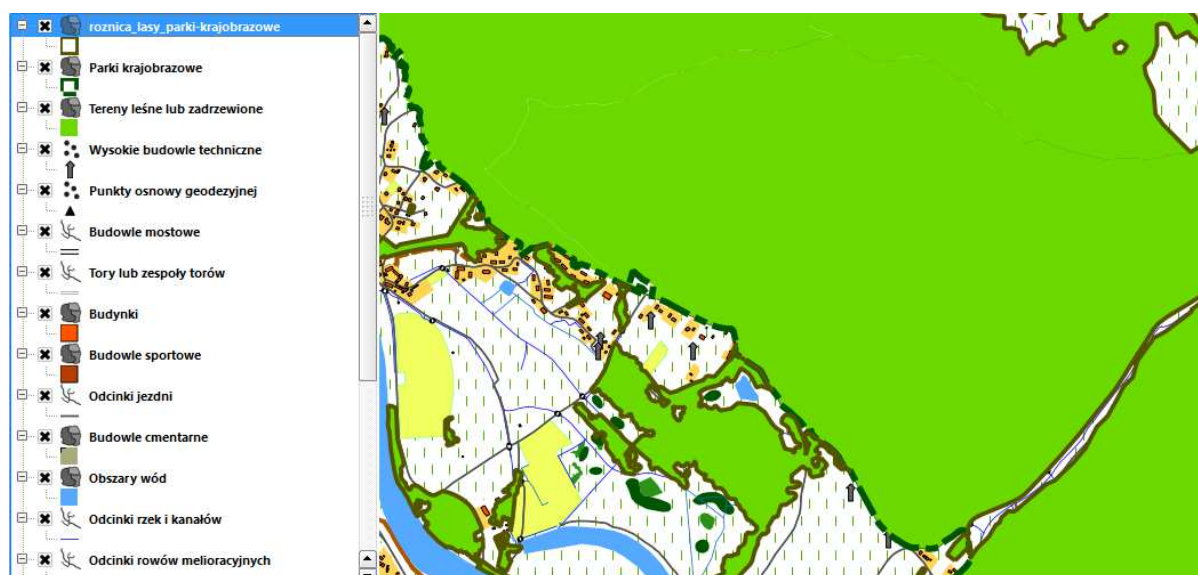
8.6. Różnica symetryczna



Rys. 29 Różnica symetryczna

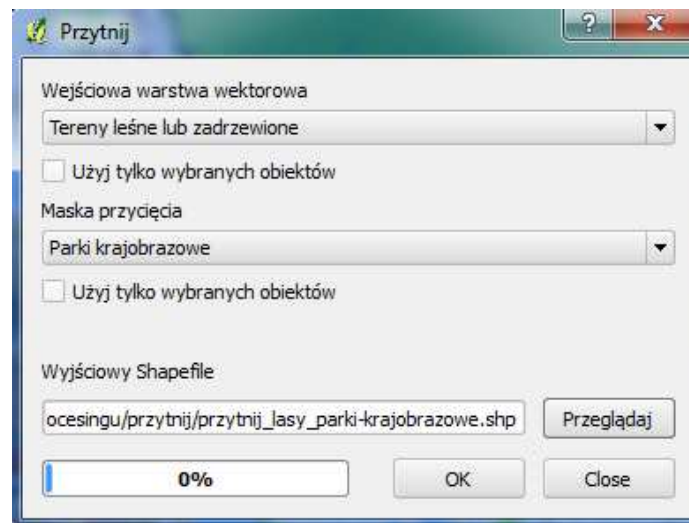
Różnica symetryczna jest funkcją, której wynik zawiera różnicę obszarów warstwy wejściowej i warstwy wziętej do różnicy. W tej funkcji nie ma znaczenia, którą warstwę weźmiemy jako pierwszą, a którą jako drugą. Zarówno w jednym jak i drugim przypadku wynik będzie taki sam, a atrybuty zostaną dołączone z obu warstw. Jediną zmianą będzie kolejność kolumn w tabeli atrybutów. Przykładem różnicy symetrycznej między warstwami jest przykład warstw: *Parki krajobrazowe* i *Tereny leśne lub zadrzewione*. Na poniższym rysunku (rys. 30 - brązowa ramka) widać, że rezultatem są wszystkie tereny należące albo do *Terenów leśnych*, albo do *Parków krajobrazowych*, wyłączając te, które należą do obu tych warstw. Analogicznie wynik analizy będzie wyglądał dla warstw typu *Punkt* lub *Linia*.

Łatwo tutaj można zauważyć, że funkcje *Różnica* i *Różnica symetryczna*, mimo podobnych nazw działają w zupełnie przeciwny sobie sposób, zaś jedynie w *Różnicy symetrycznej* tabele atrybutów będą dołączane z obu warstw.



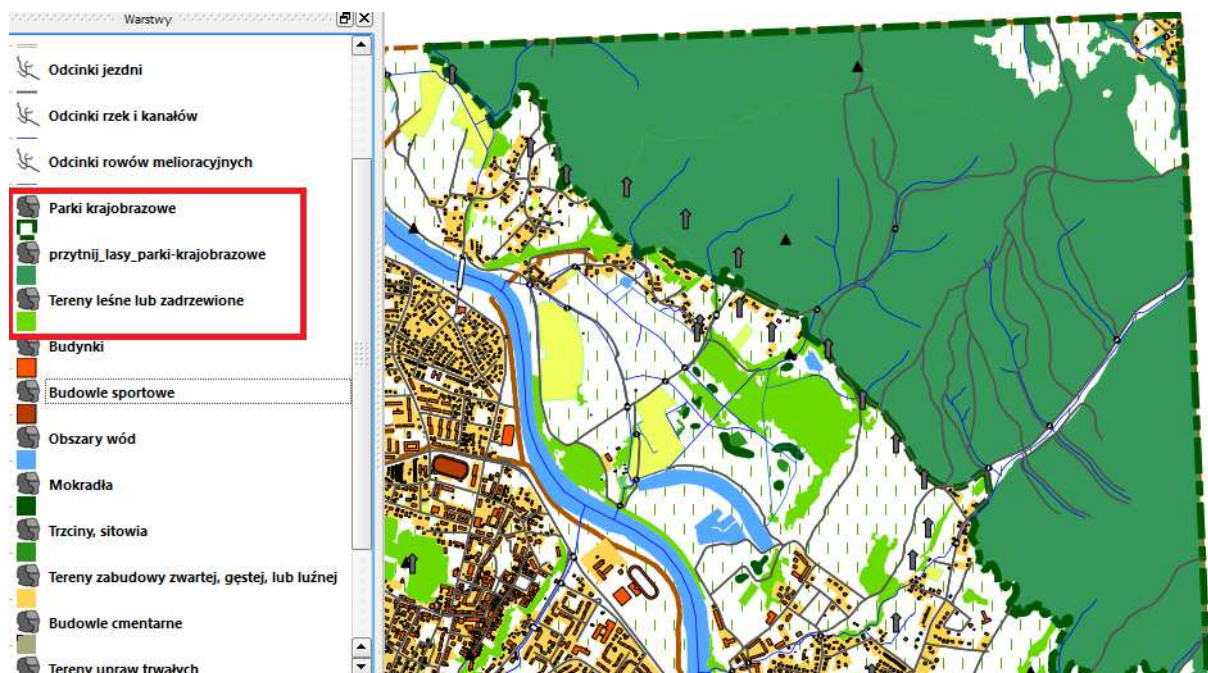
Rys. 30 Działanie funkcji Różnica symetryczna

8.7. Przytnij



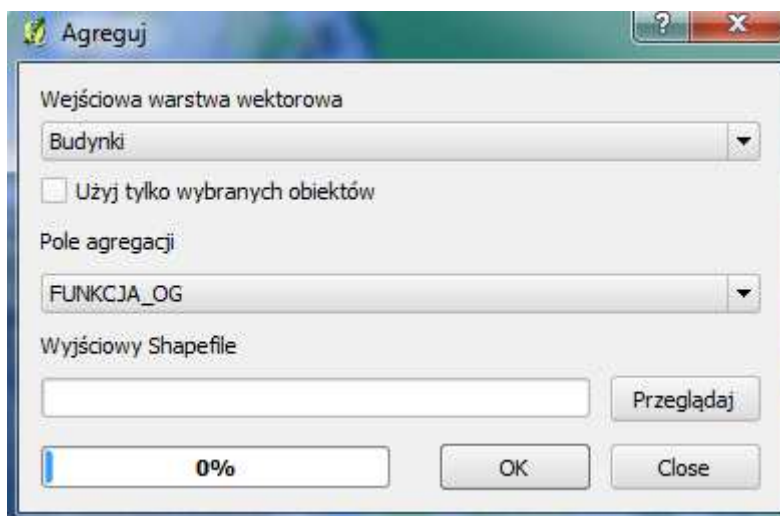
Rys. 31 Przytnij

Funkcja *Przytnij* działa w ten sposób, że przycina obiekty z jednej warstwy do zasięgu innej warstwy. Działa bardzo podobnie do funkcji *Iloczyn*, z tą różnicą, że tabela atrybutów zostaje dołączona jedynie z warstwy wejściowej, a nie z jej maski. Tak jak w przypadku *Iloczynu* funkcja działa zarówno na warstwy poligonowe, jak i liniowe czy punktowe. Stosują się też tu takie same ograniczenia, jak zostało wspomniane wyżej.



Rys. 32 Działanie funkcji Przytnij

8.8. Agreguj



Rys. 33 Agreguj

Funkcja Agreguj działa w ten sposób, że łączy ze sobą obiekty, opierając się na polu wejściowym, czyli na takich samych wartościach w tabeli atrybutów. W przypadku agregacji warstwy budynków po kolumnie FUNKCJA_OG, pojedyncze obiekty nie będą pojedynczymi budynkami, lecz grupami obiektów połączonych określoną funkcją ogólną (przykładami są grupy łączące budynki mieszkaniowe, gospodarcze, czy inne). Kolejne wartości w kolumnach (np. FUNKCJA_SZ - funkcja szczegółowa budynku) będą odpowiadały tym wartościom, na które algorytm natknie się jako pierwsze.

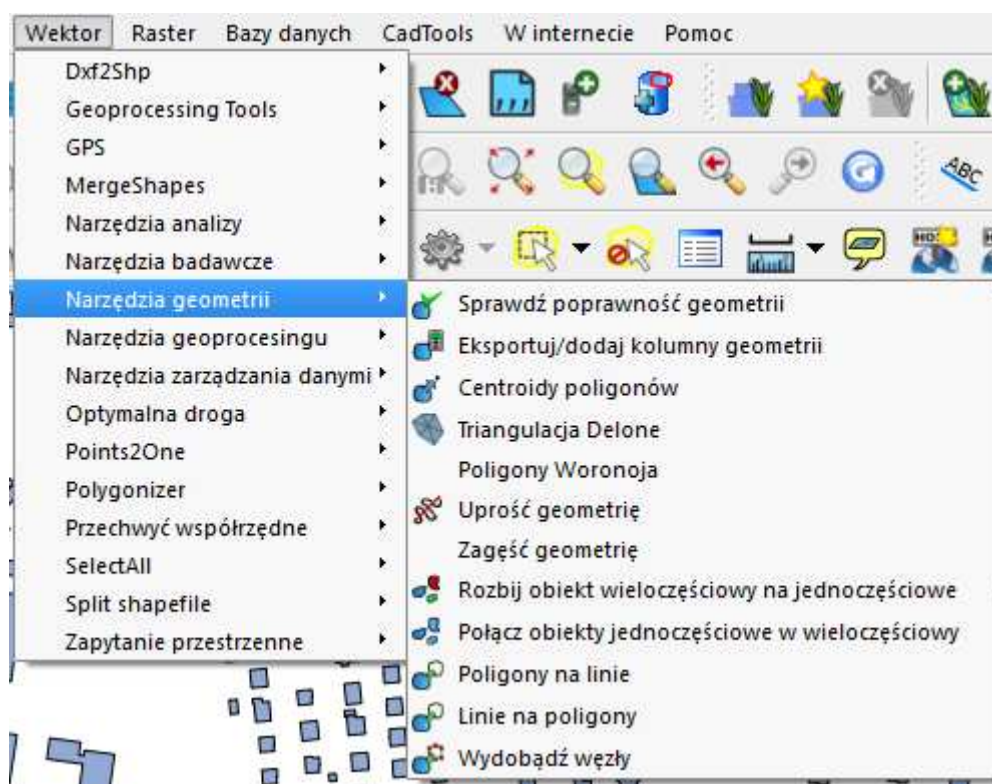
Warto tu zauważyć, że w odwrotny sposób działa Wtyczka *Split shapefile* (wtyczka eksperymentalna), która rozcina warstwę na kilka mniejszych, pod kątem tych samych wartości w kolumnie tabeli atrybutów.

Tabela atrybutów - agreguj_budynki_funkcja_OG :: 0 / 11 wybranych obiektów								
	X_DATA_MOD	ID	FUNKCJA_OG	FUNKCJA_SZ	KOD_KST	NAZWA	L_KONDYGNA	WYSOKOSC
0	2009/04/15	48160	b	Bf	NULL	NULL	NULL	N
1	2009/04/15	45554	g	Gw	NULL	NULL	NULL	N
2	2009/04/15	49475	h	Hu	NULL	NULL	NULL	N
3	2009/04/15	49416	i	Il	NULL	NULL	NULL	N
4	2009/04/15	50544	k	Ks	NULL	NULL	NULL	N
5	2009/04/15	39929	m	Mj	NULL	NULL	NULL	N
6	2009/04/15	49498	p	Pp	NULL	NULL	NULL	N
7	2009/04/15	50361	r	Rc	NULL	NULL	NULL	N
8	2009/04/15	49490	s	Sm	NULL	NULL	NULL	N
9	2009/04/15	49437	t	Tg	NULL	NULL	NULL	N
10	2009/04/15	50537	z	Zo	NULL	NULL	NULL	N

☐ Pokaż tylko wybrane
 ☐ Przeszukaj tylko wybrane
 ☒ Uwzględnij wielkość liter
 Szukaj w Szukaj

Rys. 34 Tabela atrybutów warstwy zagregowanych budynków

9. Narzędzia geometrii

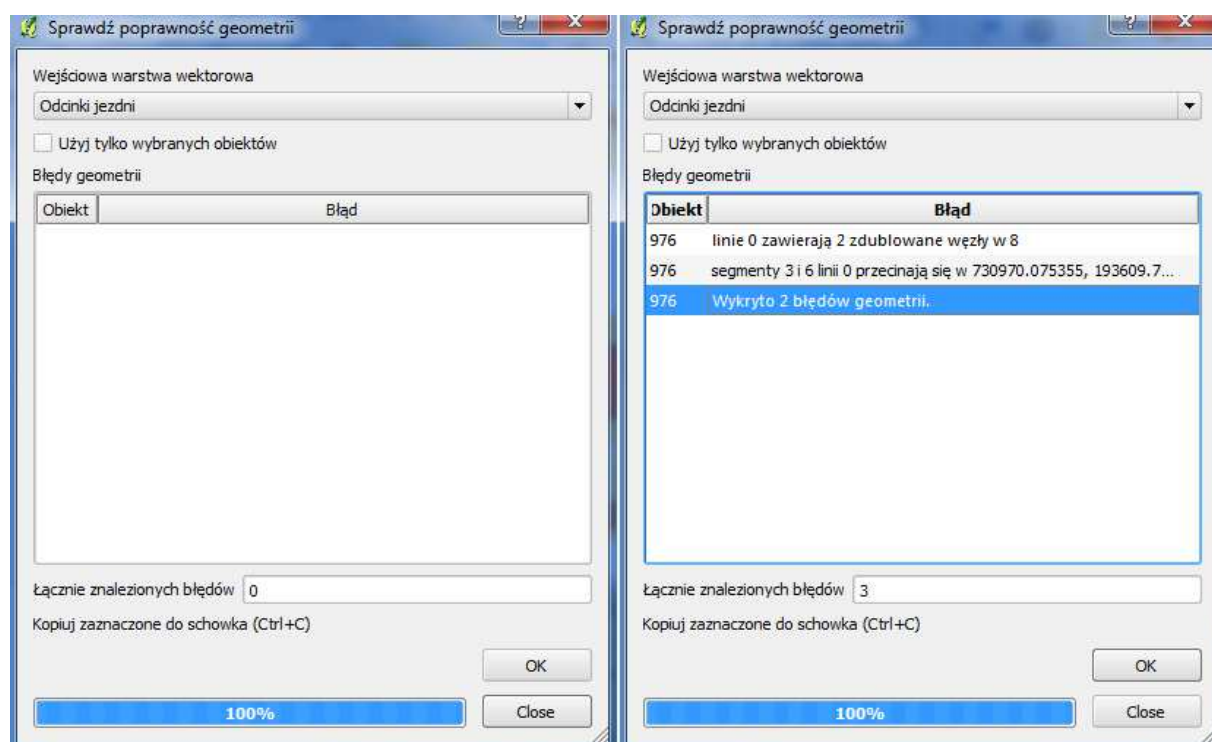


Rys. 35 Narzędzia geometrii

Narzędzia geometrii nie należą w ścisłym tego słowa znaczeniu do narzędzi pozwalających przeprowadzać analizy przestrzenne, ale mają z nimi tę wspólną cechę, że na skutek ich zastosowania również da się pozyskać dodatkową wiedzę o obiektach. Poza tym, stanowią przydatne narzędzie przy przeprowadzaniu analiz, a także przy kontroli ich poprawności.

9.1. Sprawdź poprawność geometrii

To narzędzie pozwala nam wykryć ewentualne nieścisłości lub rozbieżności powstałe w wyniku edycji obiektów na warstwach. Pozwala na kontrolę warstw liniowych i powierzchniowych pod kątem poprawności topologii, czyli nakładania się, przecinania, dublowania węzłów itp. Działanie narzędzia przedstawiono poniżej, a jako, że w pierwotnej bazie danych nie występują błędy topologii, "popsuto ją" poprzez dodanie losowego nakładającego się odcinka jezdni. Widać dzięki temu, że algorytm narzędzia wykrył i wyświetlił zaistniałe niezgodności.



Rys. 36 Sprawdzanie poprawności geometrii

9.2. Eksportuj/ dodaj kolumny geometrii

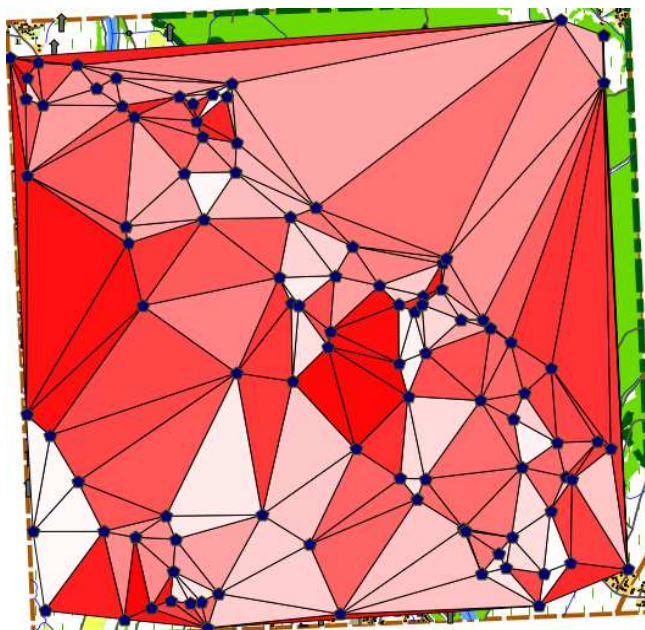
Funkcja *Eksportuj/dodaj kolumny geometrii* pozwala na dołączenie do istniejącej tabeli atrybutów kolumny z powierzchnią i obwodem każdego obiektu na warstwie. Przy dodawaniu kolumn narzędzie stwarza dwie możliwości: dodanie kolumn do określonej warstwy, albo wyeksportowanie warstwy z dodatkowymi kolumnami do oddzielnego pliku *shapefile*. Kolumny geometrii możemy obliczyć w kilku układach współrzędnych, do wyboru mamy wartości w układzie współrzędnych warstwy, w układzie współrzędnych projektu, albo wartości bezpośrednio na elipsoidzie.

9.3. Centroidy poligonów

Narzędzie *Centroidy poligonów* tworzy warstwę punktową zawierającą punkty, będące geometrycznymi centrami danych poligonów (chyba, że są wielokątami wklęsłymi - wtedy znajdują się wewnątrz obiektu, ale możliwie najbliżej jego geometrycznego środka). Tabela atrybutów zostaje dołączona do warstwy punktowej, zaś dla każdego obiektu powstaje jeden punkt, z dołączonymi takimi samymi wartościami w tabeli atrybutów. Przykładem zastosowania takiego narzędzia może być automatyczne generowanie punktów adresowych dla budynków.

9.4. Triangulacja Delone

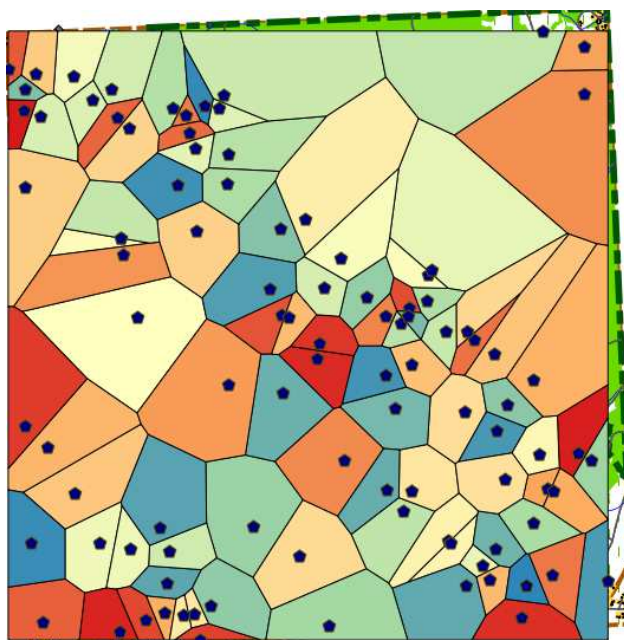
Triangulacja Delone jest narzędziem pozwalającym tworzyć poligony Delone dla określonej warstwy punktowej. Dzieli przestrzeń ograniczoną warstwą na trójkąty, gdzie punkty z wybranej warstwy stanowią ich wierzchołki. Przykład zaprezentowano poniżej (rys. 37) dla warstwy z wygenerowanymi losowymi punktami.



Rys. 37 Triangulacja Delone

9.5. Poligony Woronoja

Narzędzie *Poligony Woronoja* działa podobnie do *Triangulacji Delone*. Tworzy sieć wypukłych wieloboków wokół punktów na wybranej warstwie punktowej. Narzędzie jest jeszcze rozszerzone o możliwość ustalenia obszaru bufora dla generowanych poligonów.

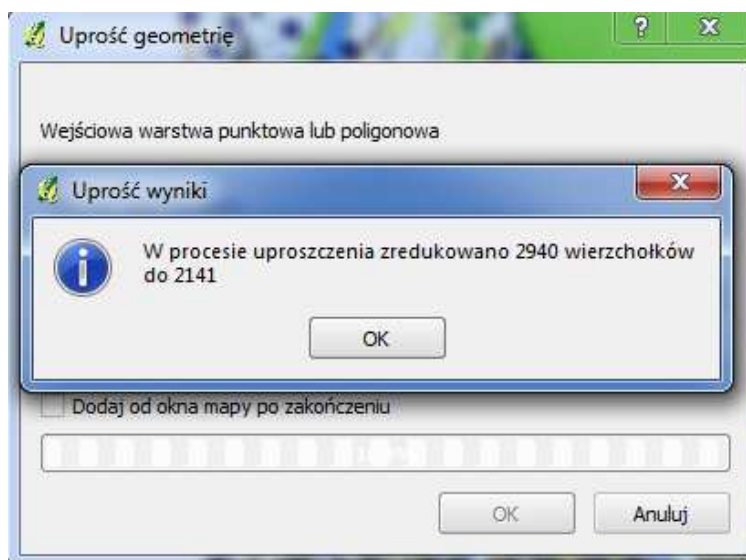


Rys. 38 Poligony Woronoja

9.6. Uprość geometrię i Zagęść geometrię

Te dwie funkcje pozwalają na zmianę geometrii obiektów liniowych lub poligonów, głównie poprzez zmianę liczby wierzchołków (ich usunięcie i uproszczenie obiektu albo dodanie nowych i jego skomplikowanie). Przy upraszczaniu zastosowano algorytm Douglas-Peucker'a. W funkcji *Uprość geometrię* oprócz wyboru warstwy (jest też możliwość zastosowania algorytmu tylko do aktualnej selekcji), należy ustalić wartość tolerancji upraszczania - zależy od niej ile wierzchołków zostanie usuniętych. Warto tu też wspomnieć, że gdy ustawi się wartość "0", algorytm usunie jedynie duplikujące się wierzchołki. Natomiast funkcja *Zagęść geometrię* działa w ten sposób, że dodaje dodatkowe wierzchołki (ustalamy ich ilość) do obiektów liniowych czy powierzchniowych. Nie przekłada się to jednak na skomplikowanie obiektów - wizualnie pozostają one bez zmian.

Warto tu przy okazji wspomnieć o wtyczce *Generalizer*. Jest to zaawansowane narzędzie do generalizacji obiektów liniowych. Stwarza ona możliwość wyboru pomiędzy licznymi opcjami edycji linii, takimi jak: generalizacja (ang. *generalization*), wygładzanie (ang. *smooth*), czy upraszczanie (ang. *simplify*). Zatem wtyczka ta jest bardziej rozbudowana, niż *Uprość geometrię*, choć ma zastosowanie jedynie do linii.



Rys. 39 Upraszczenie geometrii

9.7. Rozbij obiekt wieloczęściowy na jednoczęściowe oraz Połącz obiekty jednoczęściowe w wieloczęściowy

Obie te funkcje w przeciwieństwie do narzędzi dostępnych w zaawansowanej digitalizacji (narzędzia dostępne na pasku - odpowiednio *Rozdziel obiekty* i *Połącz obiekty*) stosuje się do całych warstw, a nie do pojedynczych obiektów. W przeciwieństwie też do nich nie wymagają do użycia włączonej edycji warstwy. Funkcje *Rozbij...* i *Połącz...* różnią się też tym, że gdy używamy drugiej funkcji, musimy wybrać pole w tabeli z unikalnym ID - dzięki któremu będzie możliwe odszukanie obiektów, które mają być połączone w jeden.

9.8. Poligony na linie i linie na poligony

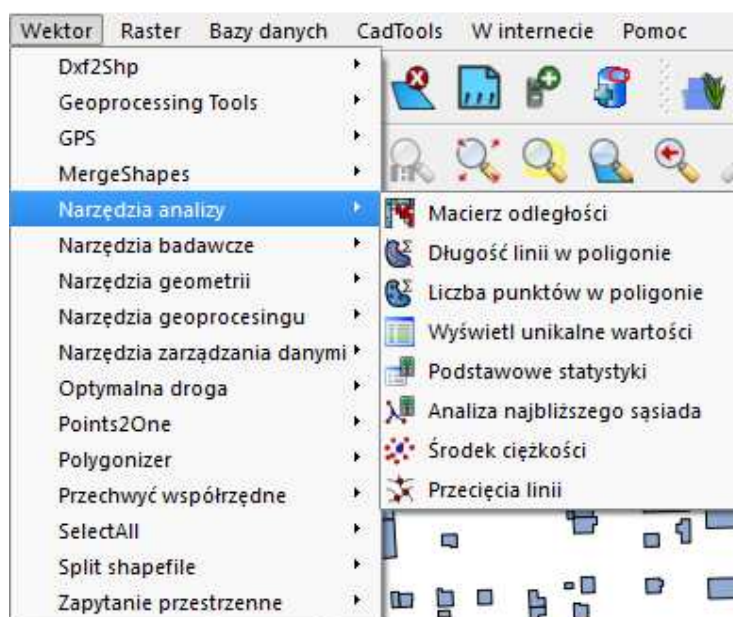
Funkcje te przekształcają warstwy liniowe na warstwy powierzchniowe. Gdy zamienimy poligony na linie, to dla każdego poligonu powstanie warstwa liniowa reprezentująca obwód, zaś tabela atrybutów zostanie dołączona do nowo powstałej warstwy. Gdy zaś używamy funkcji *Linie na poligony* to dla każdego odcinka (za wyjątkiem tych, które są liniami prostymi) otrzymamy poligon, z odpowiadającymi rekordami w tabeli atrybutów. Powstałe poligony będą wielobokami, z których wszystkie krawędzie poza jedną (tą "domykającą" wielobok) będą się pokrywać z odpowiadającymi im poliliniami.

Podobne działanie ma wtyczka *Polyginizer*, która służy do tworzenia poligonów z warstw liniowych. Stworzy jednakże jeden poligon dla każdego obszaru otoczonego ze wszystkich stron obiektami liniowymi z danej warstwy, a nie jeden poligon dla każdego łuku.

9.9. Wydobądź węzły

Narzędzie *Wydobądź węzły* przekształca warstwy liniowe lub poligony na warstwy punktowe w ten sposób, że otrzymujemy w wyniku wszystkie wierzchołki dla wszystkich obiektów (w przypadku poligonów), lub wszystkie węzły i zakończenia linii (w przypadku warstw liniowych). Dodatkowo wszystkie punkty otrzymają atrybuty w tabeli atrybutów odpowiadające obiektowi, na podstawie którego powstały.

10. Narzędzia analizy



Rys. 40 Narzędzia analizy

Narzędzia analizy stanowią zbiór funkcji, zaliczanych czasem do analiz statystycznych i geostatystycznych. Umożliwiają analizę danych wykorzystując znane formuły statystyczne i umożliwiają zaprezentowanie tak przetworzonych danych w sposób graficzny. Ich działanie i możliwe wykorzystanie zostało przedstawione poniżej.

10.1. Macierz odległości

Macierz odległości jest funkcją, która generuje macierz w formacie CSV, obejmującą znajdującą się odległości między wszystkimi punktami warstwy wejściowej, a wszystkimi punktami warstwy docelowej. Wygenerować możemy trzy typy macierzy: liniową macierz odległości (w formacie $N * k \times 3$), standardową macierz odległości ($N \times T$) oraz Zbiorczą macierz odległości (zawiera także średnią, odchylenie standardowe, wartość minimalną i maksymalną). Rezultatem jest to, że otrzymujemy świetny materiał do wszelkich analiz statystycznych bazujących na odległości. Warto przy tym pamiętać, że tę funkcję stosuje się wyłącznie do warstw typu punkt oraz, że koniecznie muszą mieć one nadany konkretny układ współrzędnych. Przykładem jest to, że przy pracy z warstwami z bazy TBD narzędzie odmawiało z tego powodu posłuszeństwa.

10.2. Długość linii w poligonie oraz Liczba punktów w poligonie

Długość linii w poligonie sumuje długości wszystkich linii z wybranej przez nas warstwy w poligonach, znajdujących się na wybranej przez nas warstwie. Wynik jest eksportowany jako nowy plik *shapefile* z dołączoną dodatkową kolumną zawierającą sumę długości. Trzeba także zwrócić uwagę na to, że program błędnie podpowiada domyślną nazwę dołączanej kolumny jako "DŁUGOŚĆ", gdyż nazwy kolumn nie mogą zawierać znaków diakrytycznych. Należy zatem, by uniknąć błędu algorytmu zmienić ją na inną np. "DLUGOSC". *Liczba punktów w poligonie* działa analogicznie, z tą różnicą, że sumuje ilość punktów, a nie długość linii.

10.3. Wyświetl unikalne wartości

Funkcja ta pozwala ona na wyświetlenie, a następnie skopiowanie do schowka wszystkich unikalnych wartości występujących w danej kolumnie w tabeli atrybutów. Funkcja zaimplementowana jest również w *Kreatorze zapytań SQL*.

10.4. Podstawowe statystyki

Podstawowe statystyki to funkcja, która pozwala na poznanie podstawowych informacji o zbiorze danych, którym dysponujemy. Wyświetla statystyki zarówno dla pól tekstowych, jak i liczbowych, które następnie możemy skopiować do schowka. Do statystyk tych zaliczamy m.in. średnią, odchylenie standardowe, czy medianę, zaś w przypadku pól tekstowych także liczebność, czy ilość rekordów pustych/wypełnionych.

10.5. Analiza najbliższego sąsiedztwa

Analiza najbliższego sąsiada wyświetla informacje o sąsiedztwie w formie tabeli ze statystykami. Stosuje się ją jedynie do warstw punktowych, a wynik działania algorytmu można skopiować do schowka.

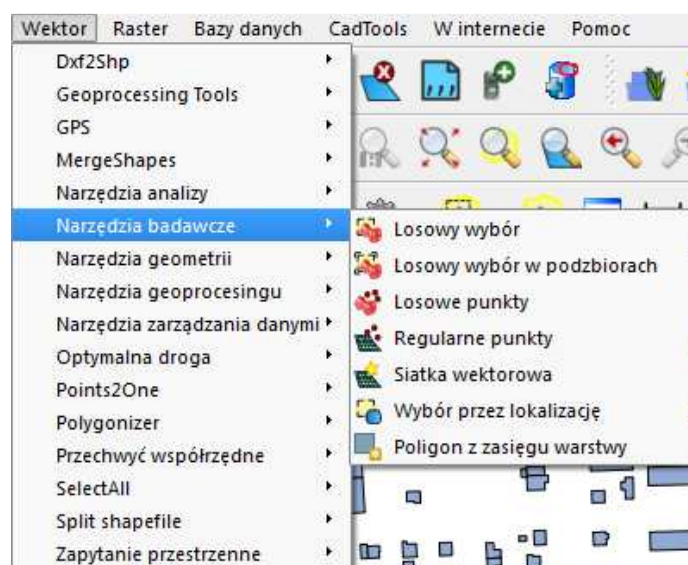
10.6. Środek ciężkości

Narzędzie to oblicza i eksportuje jako warstwę shapefile środek ciężkości (w postaci warstwy punktowej zawierającej jeden punkt - w przeciwieństwie do funkcji *Centroidy poligonów*, która zawiera po jednym punkcie dla każdego poligonu) danej warstwy. W najprostszej formie algorytm oblicza środek ciężkości ze wszystkich obiektów na danej warstwie, lecz można go skomplikować przez dodanie parametrów wag (poprzez wskazanie kolumny w tabeli atrybutów).

10.7. Przecięcia linii

Za pomocą tego narzędzia możemy w szybki sposób otrzymać warstwę punktową (w formacie pliku shapefile), otrzymaną z przecięć dwóch warstw liniowych. Powstaje ona jako wynik przecinania się linii z dwóch warstw - wejściowej i wyjściowej.

11. Narzędzia badawcze



Rys. 41 Narzędzia badawcze

W pasu narzędziowym, nazwanym *Narzędzia badawcze* znajduje się szereg funkcji, które przydają się w pracy z danymi przestrzennymi. Podobnie jak opisany już pasek *Narzędzi geometrii* dyskusyjne jest, czy użycie części z nich zalicza się do przeprowadzania analiz przestrzennych. Niezależnie od tego, nie zaszkodzi użytkownikowi wiedza, że takie funkcje istnieją, a także w jaki sposób dokładnie działają.

11.1. Losowy wybór i Losowy wybór w podzbiorach

Losowy wybór to funkcja pozwalająca stworzyć losową, przykładową selekcję. Jako pliki wejściowe mamy jakiegokolwiek warstwy wektorowe (typu punkt, linia, czy poligon), zaś wynikiem jest nowa selekcja. Parametrami do ustawienia są do wyboru: ilość obiektów albo procent obiektów, które mają być wybrane. W przypadku funkcji *Losowy wybór w podzbiorach* zawężamy jeszcze dodatkowo selekcję o pole z unikalnym ID (wybór kolumn z tabeli atrybutów danej warstwy).

11.2. Losowe punkty

Narzędzie to pozwala stworzyć punktową warstwę wektorową z losowo rozmieszczonymi punktami. Przydaje się to szczególnie w różnego rodzaju analizach statystycznych lub geostatystycznych. Do wyboru mamy dwa rodzaje próbkowania: proste i szczegółowe. W próbkowaniu prostym tworzymy punkty na obszarze ograniczonym poprzez zasięg danej warstwy, natomiast próbkowanie szczegółowe skupia się na obszarze zajmowanym poprzez poszczególne poligony. W prostym próbkowaniu wybieramy jedynie ilość punktów, które mają powstać, zaś w szczegółowym mamy do wyboru: ilość punktów, gęstość punktów lub wartość unikalna dla każdego z poligonów (wtedy musimy wskazać odpowiednią kolumnę w tabeli atrybutów). Narzędzie to stwarza więc wiele możliwości, szczególnie poprzez powiązanie z tabelami atrybutów (przykładem może być np. badanie rozkładu gęstości poprzez ilość punktów w poligonie).

11.3. Regularne punkty

Działanie tej funkcji skutkuje tym, że otrzymujemy punktową warstwę wektorową z regularnie rozmieszczonymi punktami. By ją wygenerować, potrzebujemy najpierw wybrać ograniczający ją obszar (podać maksymalne i minimalne wartości X i Y albo wybrać granicę z warstwy), a następnie skok siatki punktów (ewentualnie ustalić liczbę punktów, które mamy wygenerować). Istnieje też możliwość ustalenia odstępów punktu początkowego od górnego lewego rogu arkusza, a także zastosowania losowego, a nie regularnego wyrównania punktów.

11.4. Siatka wektorowa

Narzędzie *Siatka wektorowa* działa podobnie do funkcji *Regularne punkty*, lecz wynikiem jest warstwa liniowa lub poligonowa. Podobnie jak wyżej, ustalamy zakres wygenerowania warstwy (zasięg z warstwy, bądź maksymalne i minimalne wartości współrzędnych) - dodatkowo mamy też funkcję ustalenia zakresu według zasięgu mapy. Następnym krokiem jest ustalenie skoku siatki oraz wyjściowego formatu pliku *shapefile* (poligon lub linia) co pozwala uzyskać gotową siatkę. Jest ona użyteczna, gdy chcemy podzielić mapę na regularne sektory, bądź uzyskać punkty do kalibracji mapy.

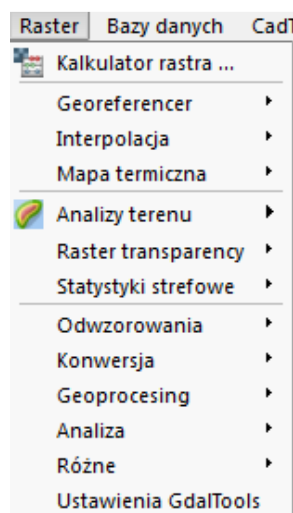
11.5. Wybór przez lokalizację

Ta funkcja pozwala wybrać obiekty z warstwy, która przecina się (ang. *intersect*) z inną, wybraną warstwą. Wynik jest identyczny jak przy zastosowaniu wtyczki *Zapytanie przestrzenne* z tą różnicą, że ta wtyczka ma większe możliwości i pozwala na bardziej złożone analizy.

11.6. Poligon z zasięgu warstwy

W wyniku działania tej funkcji zostaje wygenerowany poligon obrazujący maksymalny zasięg danej warstwy. Funkcja stosuje podobny algorytm, co funkcja *Otoczka wypukła* (w pasku Narzędzia geoprocessingu), jednak tutaj uwzględniane są jedynie maksymalne wartości współrzędnych w danym układzie, tak więc wynikiem będzie prostokąt o wierzchołkach: Xmax, Ymax, Xmin i Ymin danej warstwy, a nie wielobok ograniczony skrajnymi obiektami na warstwie.

12. Analizy rastrowe



Rys. 42 Pasek z narzędziami do pracy na warstwach rastrowych.

Analizami rastrowymi nazywamy operacje przeprowadzane na rastrach - zdjęciach lotniczych, satelitarnych, bądź zeskanowanych mapach. W QGISie nie wszystkie funkcje zawarte w menu *Raster* możemy do nich zaliczyć, gdyż okazjonalnie bazują one na warstwach wektorowych, zaś wynikiem analiz jest raster. Specyfika tego źródła informacji przestrzennej (informacje zapisane są jako zestaw pikseli, a nie obiekty z powiązanymi tabelami atrybutów) sprawia, że temat został omówiony jedynie pokrótce, streszczając co ważniejsze, możliwe do przeprowadzenia operacje w QGISie. Większość z tych funkcji zostaje dodanych po instalacji wtyczki GDAL Tools, która umożliwia bardziej zaawansowaną pracę z rastrami.

12.1. Kalkulator rastra

Kalkulator rastra pozwala przeliczać wartości pikseli na inne, używając zarówno podstawowych operacji matematycznych, jak i sformułowań w języku SQL.

12.2. Georeferencer

Jest to wtyczka, pozwalająca na nadawanie georeferencji dowolnym rastrom, korzystając z zapisanych punktów odniesienia, lub znalezienie odpowiednich na mapie. Do wyboru mamy także szereg transformacji danego rastra, bądź zastosowanie określonej kompresji.

12.3. Interpolacja

Jest to wtyczka pozwalająca interpolować wartości z warstw wektorowych i przedstawić wynik w postaci warstwy rastrowej o określonych parametrach (np. wymiar w pikselach). Do wyboru mamy dwie metody interpolacji (TIN i IDW) oraz możliwość ustawienia wag. Niestety jest to funkcja, która w znacznym stopniu obciąża program, a także obniża jego stabilność.

12.4. Mapa termiczna

Mapa termiczna jest wtyczką pozwalającą na graficzną wizualizację zmiany poszczególnej wartości poprzez jej wielkość i stopień natężenia. Oznacza to, że za jej pomocą możemy wygenerować na podstawie punktów wraz z przypisanymi każdemu z nich określonej wartości warstwę rastrową pokazującą natężenie zjawisk. Nazwa wzięła się od popularnej w meteorologii metody przedstawienia rozkładu temperatur na określonym terenie (na podstawie jej pomiaru w określonych punktach).

12.5. Analizy terenu

Do analiz terenu zaliczamy tu: spadek, ekspozycję, cień, relief i indeks szorstkości. Funkcje te pozwalają na wygenerowanie pliku rastrowego, korzystając z informacji zawartych w Numerycznym Modelu Terenu (NMT). Dodatkowo możliwe jest ustawienie mnożnika wartości "Z", przez co otrzymany efekt będzie bardziej widoczny.

12.6. Statystyki strefowe

Wtyczka statystyk strefowych pozwala na analizowanie wyników klasyfikacji tematycznej. Inaczej mówiąc, pozwala obliczyć wartości pikseli na warstwie rastrowej ograniczonej zasięgiem przez poligonową warstwę wektorową. Statystyki możliwe do obliczenia to: suma, średnia wartość i ogólna liczba pikseli. Wynikiem są dodane kolumny atrybutów do warstwy wektorowej.

12.7. Odwzorowania

Ten zestaw funkcji pozwala na kolejno: zmianę, przypisanie lub odczytanie układu współrzędnych z warstwy rastrowej. W przypadku wykorzystania funkcji *Odczytaj odwzorowanie* powstaje nam zarówno plik z rozszerzeniem .prj, jak i .wld (zawierające informacje o wybranym odwzorowaniu).

12.8. Konwersja

W zestawie funkcji *Konwersja* zawarte są takie narzędzia jak *Rasteryzuj* (wektor na raster), *Poligonizuj* (raster na wektor), *Konwertuj raster*, *RGB na PCT*, *PCT na RGB*. *Rasteryzuj* pozwala na przekształcenie obiektów na warstwach wektorowych, na piksele na warstwie rastrowej. *Poligonizuj* tworzy poligony z grup pikseli, które posiadają takie same wartości (wartość piksela jest później dodawana jako atrybut). *Konwertuj raster* jest narzędziem pozwalającym na zmianę formatu rastra, jego przepróbkowanie, bądź przeskalowanie pikseli. Funkcje *RGB na PCT* i *PCT na RGB* pozwalają na konwersję rastra między tymi dwoma formatami.

12.9. Geoprocessing

Nazwa jest ładząco podobna do paska narzędziowego *Narzędzia geoprocessingu* w menu *Wektor*, jednak po porównaniu obydwu widać, że nie mają ze sobą nic wspólnego, zaś zbieżność nazw, to najprawdopodobniej błąd przy tłumaczeniu.

Geoprocessing obejmuje dwie funkcje: *Generuj warstwice* i *Kadruj*. Warstwice generuje się w formacie pliku wektorowego shapefile, na podstawie rastrowego pliku z modelem terenu (ang. raster elevation model - DEM). *Kadruj* pozwala na wyodrębnienie części rastra przy użyciu wybranego zakresu, bądź maski.

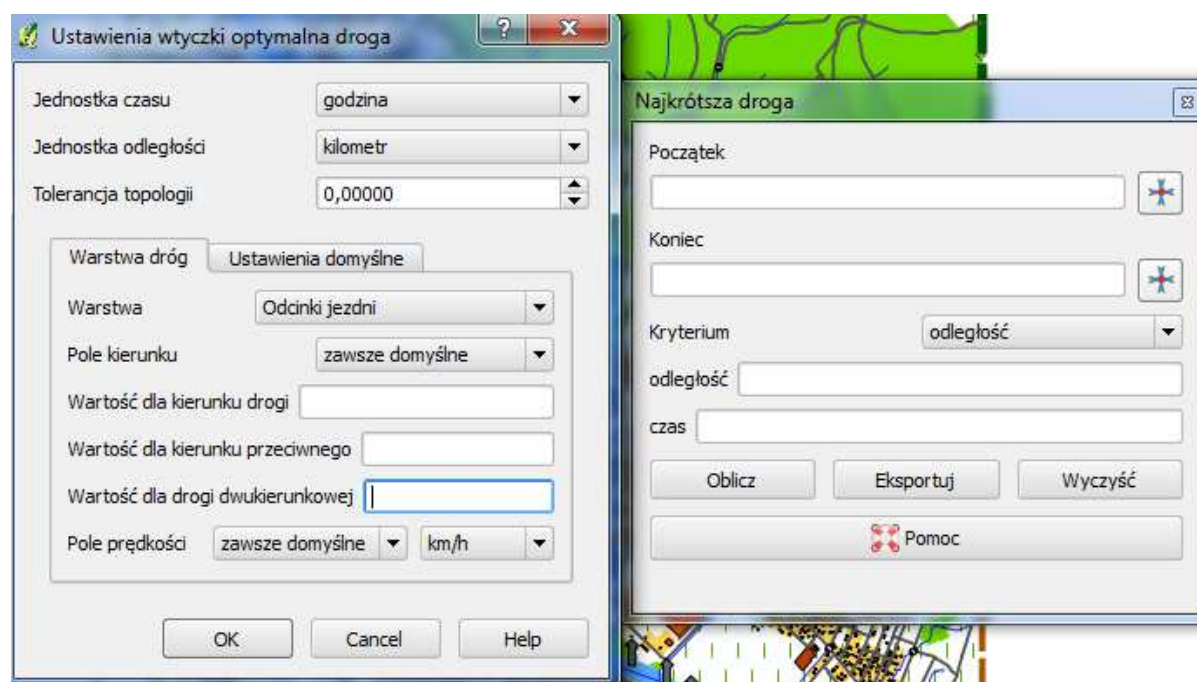
12.10. Analiza

Do zbioru narzędzi *Analiza* w menu *Raster* zaliczamy: *Generalizuj raster*, *Usuń szumy*, *Wypełnij brak danych*, *Rastrowa mapa sąsiedztwa*, *Interpoluj raster z wektora*, *Numeryczny Model Terenu*. *Generalizuj* pozwala na m.in. generalizację rastra poprzez połączenie pikseli metodą najbliższego sąsiada (ang. *nearest neighbour*). *Usuń szumy* odszukuje i zamienia wszystkie piksele "prawie białe" i "prawie czarne" na białe i czarne. *Wypełnij brak danych* wypełnia regiony bez danych metodą interpolacji pikseli wokół krawędzi obszaru. *Rastrowa mapa sąsiedztwa* generuje mapę wzajemnych odległości jednych pikseli od drugich. *Interpoluj raster z wektora* (ang. *Grid*) tworzy regularną siatkę rastrową na podstawie danych rastrowych (dane wejściowe mogą być poddane jednej z wybranych metod interpolacji). *Numeryczny Model Terenu* służy do analizy i wizualizacji NMT. Zawiera prawie identyczne funkcje jak zbiór narzędzi *Analizy terenu* (czyli m.in. spadek, ekspozycję, indeks szorstkości).

12.11. Różne

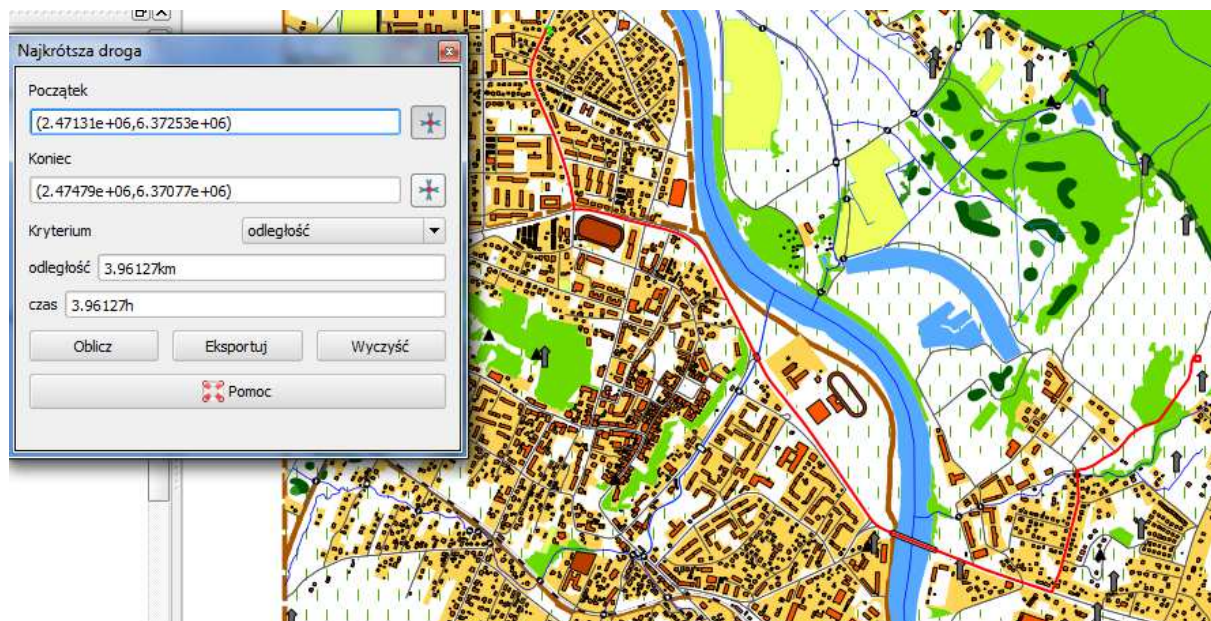
Ostatnia zakładka z narzędziami zawiera przydatne funkcje do pracy z rastrami, które nie zostały przyporządkowane do żadnego z powyższych zbiorów z funkcjami. W wersji 1.8 zawiera funkcje: *Twórz wirtualny raster*, *Złącz rastry*, *Wyświetl info o rastrze*, *Generuj piramidy*, *Indeks kafli*.

13. Analizy sieciowe



Rys. 43 Ustawienia najkrótszej drogi (na lewo) oraz okno wykonywania poleceń (na prawo).

Program QGIS umożliwia stosowanie analiz sieciowych. Służy do tego wtyczka *Najkrótsza droga* - służy do obliczania najkrótszej drogi między dwoma punktami na warstwie liniowej. Niestety, otrzymane dane nie do końca się nadają do zastosowania w analizach sieciowych - brak w nich oznaczenia dróg jednokierunkowych, a także ograniczeń prędkości. W ustawieniach wtyczki przewidziana jest bowiem możliwość podczytania określonej kolumny w tabeli atrybutów jako źródła kierunku danego odcinka oraz innej - jako źródła dopuszczalnej prędkości (w km/h lub m/s). Domyślnie wtyczka będzie traktować wszystkie drogi jako dwukierunkowe bez ograniczeń prędkości, tj. algorytm weźmie pod uwagę jedynie długość trasy. Wybór punktu początkowego oraz końcowego odbywa się poprzez wskazanie myszą - w przypadku kliknięcia obok algorytm automatycznie dociąga do najbliższego punktu na drodze.



Rys. 44 Najkrótsza droga między dwoma punktami.

14. Porównanie programów: QGIS i ArcGIS w zakresie analiz przestrzennych

Niewątpliwie, oprogramowanie QGIS umożliwia względnie wszechstronne dokonywanie zdecydowanej większości czynności oczekiwanych od programu GIS-owego.

Celem niniejszego rozdziału jest zatem rozstrzygnięcie, czy darmowy program QGIS może rzeczywiście stanowić dobrą alternatywę dla programów komercyjnych, takich jak ArcGIS. Ze względu na temat pracy, porównanie zostało przeprowadzone tylko w zakresie analiz przestrzennych. Pominięto także analizy rastrowe, jako że praca skupia się głównie na analizach wektorowych. Zmiany, które zaszły w nowej wersji QGIS-a - 2.0 opisane zostały w odpowiednich akapitach, zaś nazwy niektórych narzędzi zostały podane również w języku angielskim, ze względu na różnorodną praktykę ich tłumaczenia.

Po przeanalizowaniu literatury przedmiotu oraz funkcji obu programów, postanowiłam zaproponować także własny, autorski podział analiz przestrzennych, będący w istocie kompromisem między podziałami przytoczonymi w rozdziale pierwszym.

Analizy przestrzenne:

1. Pomiary wartości kartometrycznych
2. Selekcja atrybutowa
3. Selekcja ze względu na warunki topologiczne
4. Ekwidystanty (bufor)
5. Analizy nakładania się i przecinania się obiektów i grup obiektów
6. Łączenie obiektów i grup obiektów
7. Obliczenia statystyczne
8. Generalizacja
9. Analizy sieciowe
10. Analizy z zastosowaniem sztucznych sieci neuronowych

14.1. Pomiary wartości kartometrycznych

QGIS umożliwia pomiary kartometryczne, przedstawione na stronie 26, tj. pomiar: odległości, powierzchni i kąta. Dodatkowo, program odróżnia wartości na elipsoidzie od tych w odwzorowaniu oraz umożliwia dociąganie do obiektów. W ArcGISie natomiast istnieje możliwość zmierzenia: odległości, powierzchni, a także obiektu (wyświetla wówczas obwód i pole poszczególnego poligonu). Dociąganie do obiektów działa identycznie, natomiast w rodzajach pomiarów mamy do wyboru wartości: płaskie, geodezyjne, eliptyczne oraz loksodromę (najkrótszą drogę między dwoma punktami - tzw. linię geodezyjną). Zatem pod tym względem ArcGIS zapewnia więcej możliwości.

14.2. Selekcja atrybutowa

W przypadku selekcji atrybutowej w obu porównywanych programach jest to funkcja do której można dostać się przez menu tabeli atrybutów. Mechanizm selekcji w QGISie został przedstawiony na stronie 28, zaś w ArcGISie wygląda on niemal identycznie. W obu wyrażenie SQL można zapisać, a następnie wczytać, choć ArcGIS oferuje więcej możliwości w zakresie tego co można z wynikiem selekcji zrobić, czyli: dodać do istniejącej selekcji, usunąć z istniejącej selekcji oraz wybrać z już istniejącej selekcji. Należy jednakże dodać, że wszystkie te różnice zostały zniwelowane w wersji 2.0 QGISa i obecnie obie selekcje atrybutowe nie różnią się zupełnie niczym.

14.3. Selekcja ze względu na warunki topologiczne

Tutaj mamy do czynienia z nieco inną sytuacją, gdyż w ArcGISie do selekcji mamy do dyspozycji jedno narzędzie (nazwane po prostu *Select by Location*), zaś w QGISie mamy dwa: wtyczkę *Zapytanie przestrzenne* oraz funkcję *Wybór przez lokalizację*. Wtyczka *Zapytanie przestrzenne* oferuje nam więcej funkcji niż *Wybór przez lokalizację*, choć i tak miażdżąca przewaga jest po stronie ArcGISa. Zawiera on bowiem ponad 15 różnych, możliwych do wybrania warunków topologicznych (w tym dwa do selekcji 3D), podczas gdy QGIS zawiera jedynie 7 najbardziej podstawowych. Pozwala to na wniosek, że ArcGIS stwarza w tym względzie znacznie większe możliwości.

14.4. Ekwidystanty (bufor)

Opcja tworzenia buforów (ang. *buffer*) przewidziana jest w menu *Wektor w Narzędziach geoprocessingu*. Jest to najbardziej typowy przykład analizy przestrzennej - zapewne także najczęściej używany. Bufory w QGISie szerszej zostały opisane na stronie 35. W ArcGISie również znajduje się opcja tworzenia buforów, jest ona także bardziej rozbudowana. Oprócz tych funkcji, które zawiera także QGIS, istnieje także możliwość: wybrania zakończenia buforu (okrągłe, bądź kwadratowe), wybrania tworzenia buforu tylko po jednej ze stron linii (po lewej, prawej, po obu lub tylko po zewnątrz obiektów) oraz agregacji tylko tych buforów, które znajdują się na liście. Nie mamy jednakże możliwości wybrania segmentów aproksymacji, co znajduje się w QGIS-ie.

14.5. Analizy nakładania się i przecinania się obiektów i grup obiektów

Iloczyn (ang. *intersect*)

Funkcja *Iloczyn* występuje w obu programach, w obu nazywa się także identycznie. W ArcGISie została rozbudowana o funkcje: przecinania ze sobą więcej niż jednej warstwy na raz; wyboru, które atrybuty przejdą do warstwy wynikowej (wszystkie, tylko FID, wszystkie oprócz FID); wyboru typu warstwy wynikowej (co zależy już jakiego typu warstwy ze sobą przecinamy). W obu przypadkach jest zachowane sedno funkcji czyli część wspólna, jednak ArcGIS przeważa w funkcjach dodatkowych.

Różnica (ang. *difference*)

W przypadku tej funkcji - analogicznie jak w przypadku Różnicy, oba odpowiadające sobie narzędzia działają identycznie. W tym wypadku nawet nazwa jest prawie identyczna (ang. *symmetrical difference*).

Różnica symetryczna (ang. *symmetrical difference*)

Różnicy (ang. *difference*) w QGISie, odpowiada w ArcGISie funkcja *Erase*. Nie ma między nimi żadnej różnicy poza nazwą oraz tym, że w QGISie jest łatwiej dostępna w menu (brak konieczności wyszukiwania jej wśród ogromu innych narzędzi).

Przytnij (ang. clip)

Funkcji *Przytnij* odpowiada w ArcGISie funkcja *Clip*. Tak jak w powyższych przypadkach, również i tutaj brak jest różnicy między programami, co zwraca uwagę na bardzo dynamiczny rozwój QGIS-a w ostatnich latach.

14.6. Łączenie obiektów i grup obiektów

Suma (ang. union)

Zarówno w ArcGISie, jak i w QGISie, odpowiadające sobie funkcje *Suma* i *Union* działają identycznie. W ArcGISie mamy tylko dodatkową opcję do włączenia pozwalającą na unikanie "dziur" w nakładających się poligonach.

Agreguj (ang. dissolve)

Funkcja *Agreguj* łączy ze sobą obiekty, które mają identyczne wartości w tabeli atrybutów. ArcGIS ma pod tym względem więcej funkcji do ustawienia (np. blokada tworzenia obiektów wieloczęściowych i dodatkowe statystyki), choć w QGISie mamy możliwość przeprowadzenia tej funkcji na wszystkich lub na tylko wybranych obiektach.

14.7. Obliczenia statystyczne

Dodaj kolumny geometrii i kalkulator pól

W QGIS-ie niezależnie od istnienia *Kalkulatora pól* kolumny geometrii możemy dodać jednym kliknięciem. W ArcGISie procedura jest podobna, z tym, że uzupełniamy już istniejące kolumny. Tak więc w tym zakresie nie ma różnicy między programami.

Narzędzia podstawowych statystyk

Do podstawowych statystyk możemy zaliczyć całe multum funkcji, zatem omówię tylko te najważniejsze. W QGISie są one zebrane w polu *Narzędzia analizy* i wszystkie funkcje zostały opisane wyżej (strona 51). W ArcGISie natomiast są one umiejscowione w *ToolBox'ie* w zestawie narzędzi nazwanym *Geostatistical Analyst Tools*. Krótkie przyjrzenie się listom obu narzędzi pozwala stwierdzić, że ArcGIS ma tutaj ogromną przewagę i pozwala przeprowadzać znacznie bardziej skomplikowane analizy.

14.8. Generalizacja

Jeśli chodzi o generalizację to w QGISie służą do tego dwa podstawowe narzędzia: narzędzie *Uprość geometrię* oraz wtyczka *Generalizer*. W ArcGISie istnieje zestaw narzędzi *Generalization* (w zakładce *Cartography tools* z Toolboxie, pod warunkiem, że posiadamy ten dodatkowy moduł) oraz narzędzie *Generalize* (w zakładce *Editing Tools*). Po szczegółowej analizie stwierdziłam, że nie ma tu zbyt wiele różnic - może poza tym, że *Generalizer* działa identycznie jak kilka połączonych narzędzi w ArcGISie. Nawet algorytmy generalizacji, które są możliwe do wykorzystania są takie same - zatem nie ma tu różnicy między programami.

14.9. Analizy sieciowe

W ArcGISie analizy sieciowe są zawarte w dodatkowym module *Network Analyst*, zaś w QGISie jako wtyczka *Najkrótsza Droga*. Już na pierwszy rzut oka widać, że ArcGIS stwarza tutaj o wiele większe możliwości niż QGIS, w którym można obliczyć tylko najkrótszą trasę między dwoma punktami (a nie np. "Zadanie komiwojażera" lub "Zadanie listonosza"). Trzeba jednakże zauważyć, że te rozbudowane możliwości ArcGISa są dostępne dopiero po zakupieniu dodatkowego modułu.

14.10. Analizy z zastosowaniem sztucznych sieci neuronowych

Wbrew moim wcześniejszym przekonaniom - zarówno ArcGIS, jak i QGIS wykorzystuje narzędzia pozwalające na wykonywanie analiz z zastosowaniem sztucznych sieci neuronowych (ang. Artificial Neural Network - ANN) oraz zasad logiki rozmytej. W QGISie zostały zaimplementowane we wtyczce o nazwie MOLUSCE (skrót od Modules for Land Use Change Evaluation), która służy do pomiarów i modelowania terenu na podstawie klasyfikacji obrazów rastrowych. Niestety ze względu na niedawne wydanie wersji QGIS 2.0 trwa dopiero jej konwersja do nowego formatu. W ArcGIS-ie mamy natomiast zestaw narzędzi *Spatial Analyst* - zakładka *Overlay*, gdzie mamy do wyboru kilka narzędzi do analiz z zastosowaniem logiki rozmytej (np. *Fuzzy Overlay*, *Fuzzy Membership*). Służą one do analizy sąsiedztwa oraz nakładania się rastrów. W tym wypadku ze względu na problemy techniczne nie uda mi się odpowiedzieć na pytanie o porównanie obu programów.

14.11. Pomoc techniczna i obsługa

Zarówno QGIS jak i ArcGIS nie należą do programów skomplikowanych w obsłudze. W sposób charakterystyczny dla oprogramowania GIS-owego, oba programy cechują się stosunkowo łagodną krzywą uczenia się (ang. *learning curve*) co oznacza przede wszystkim łatwość opanowania podstaw, zaś w stosunku do zdolności zaawansowanych oznacza konieczność znajomości najbardziej podstawowych pojęć z określonej dziedziny (np. wiedza o układach współrzędnych). W mojej ocenie oba programy są tak samo proste do opanowania przez przeciętnego użytkownika.

W odniesieniu do kwestii ewentualnej pomocy technicznej, wartym wspomnienia jest, iż oba te programy tworzone były w zupełnie odmienny sposób, według innej filozofii oraz w innym celu. ArcGIS stanowi program komercyjny, co pociąga za sobą konieczność działania w realiach rachunku ekonomicznego. QGIS natomiast jest efektem pracy otwartej społeczności programistów, kartografów oraz innych sympatyków idei wolnego oprogramowania pozbawionych odpowiednich, często zbyt drogich narzędzi do pracy, którym przyświecał cel w postaci stworzenia ich nieodpłatnej alternatywy.

Rzutuje to bezpośrednio na metodologię rozwiązywania problemów z obsługą oprogramowania. W przypadku trudności z programem ArcGIS, sugerowaną opcją jest zgłoszenie się do Biura Obsługi Klienta firmy ESRI, zaś w przypadku problemów w programie QGIS - napisanie na forum twórców i użytkowników QGIS z prośbą o pomoc

w rozwiązaniu problemu. Na chwilę obecną w obu programach działają także programy służące zautomatyzowanemu zgłaszaniu błędów. Nie ulega natomiast wątpliwości, iż bardziej skuteczną pomoc techniczną oferują twórcy oprogramowania ArcGIS.

15. Wnioski i podsumowanie

Podsumowując, stwierdzam, że QGIS jest w pełni funkcjonalnym i dobrze wyposażonym programem w zakresie analiz przestrzennych. Pozwala on na wykonywanie wszystkich typowych (jak i kilku nietypowych) analiz przestrzennych. O wysoką jakość oprogramowania dba ogromna społeczność kontaktujących się ze sobą użytkowników i twórców wolnego oprogramowania. Analiza oprogramowania QGIS wykazała jednakże kilka istotnych braków (np. stosunkowo mała ilość możliwych warunków topologicznych w zapytaniach, czy niewielka ilość narzędzi statystycznych, lub służących do analiz sieciowych), jednakże mając na uwadze jego dynamiczny rozwój z każdą kolejną wersją uważam, iż problemy te mają charakter przemijający.

Praca z programem QGIS pozwoliła mi także uporządkować i zaproponować również autorski podział analiz przestrzennych, skategoryzowanych pod kątem implementowania ich w programach GIS:

Analizy przestrzenne:

1. Pomiary wartości kartometrycznych
2. Selekcja atrybutowa
3. Selekcja ze względu na warunki topologiczne
4. Ekwidystanty (bufor)
5. Analizy nakładania się i przecinania się obiektów i grup obiektów
6. Łączenie obiektów i grup obiektów
7. Obliczenia statystyczne
8. Generalizacja
9. Analizy sieciowe
10. Analizy z zastosowaniem sztucznych sieci neuronowych

Analiza porównawcza obu programów prowadzi do wniosku, że QGIS dysponuje mniejszym zakresem możliwości niż ArcGIS. Równocześnie widocznym jest, że ta różnica maleje z każdą kolejną wersją programu QGIS. Stabilność obu programów i łatwość ich obsługi, moim zdaniem jest zbliżona. W obydwu porównywanych programach zdarzały się sytuacje skutkujące zawieszeniem programu - zwłaszcza przy pracy z dużymi ilościami danych. Obsługa każdego z tych programów nie jest skomplikowana, w Internecie są dostępne różnego rodzaju podręczniki i przewodniki do obu programów. Ponadto, wiele firm

organizuje szkolenia z zakresu obsługi tych programów (np. firma ESRI i grupa OSGEO Polska). Oprogramowanie QGIS cechuje się jednak jedną niemożliwą do przecenienia cechą: brak określonej, indywidualnie wymaganej funkcjonalności w programie QGIS może być samodzielnie uzupełniany przez użytkownika dysponującego wiedzą z zakresu programowania. Stwarza to więc użytkownikowi programu QGIS swobodę niedostępną użytkownikom programów komercyjnych - gdy okaże się, że dotychczasowa funkcjonalność programu QGIS jest niewystarczająca dla potrzeb użytkownika, staje on przed jednym z dwojga wyborów: zakup oprogramowania komercyjnego, albo stworzenie własnego rozszerzenia do już istniejących programów (których przykładem jest QGIS). Każdy potencjalny użytkownik zapewne dojdzie do innego wyniku tej ekonomicznej analizy, ale warto zaznaczyć, że istnieją różnorodne alternatywy.

Najistotniejszym zwięzłym podsumowaniem niniejszej pracy powinna być jednak teza, iż wszystkie typowe analizy przestrzenne można z równym powodzeniem przeprowadzić za pomocą oprogramowania tak komercyjnego, jak i opartego na wolnych licencjach.

16. Słowniczek

- Dane przestrzenne stanowią dane o obiektach i zjawiskach występujących w otaczającym nas środowisku, znajdujące się w przyjętym układzie współrzędnych. Jednym z typów danych przestrzennych są dane topograficzne.
- Dane topograficzne są to dane pozyskane z baz danych przestrzennych, zawierające informacje o obiektach i zjawiskach występujących na powierzchni oraz pod powierzchnią Ziemi, a które są gromadzone w bazach danych topograficznych (za przykład może posłużyć tutaj BDOT). Dane znajdujące się w tych bazach mogą być analizowane i przekształcane w rozmaitych formach oprogramowania GIS.
- Informacja przestrzenna jest to jeden lub wiele różnych zbiorów danych przestrzennych dla danego obszaru. Na informację przestrzenną składają się także dane o tych danych, czyli metadane.
- GIS (*Geographic Information System*, tłum. System Informacji Geograficznej), polski odpowiednik - SIP (System Informacji Przestrzennej) - jest to system informatyczny, wspomagający procesy decyzyjne. Służy on do gromadzenia, wizualizacji, a także przetwarzania danych przestrzennych. Jego komponentami są: baza danych geograficznych, oprogramowanie GIS wraz ze sprzętem komputerowym, a także użytkownicy tego systemu. W literaturze przedmiotu, najczęściej spotykaną definicją GIS jest: *"System pozyskiwania, przetwarzania i udostępniania danych zawierających informacje przestrzenne oraz towarzyszące im informacje opisowe o obiektach wyróżnionych w części przestrzeni objętej działaniem systemu."*

17. Bibliografia

Literatura:

1. Białousz Stanisław prof. dr hab. inż. (red.), "INSPIRE i Krajowa Infrastruktura Informacji Przestrzennej. Podstawy teoretyczne i aspekty praktyczne. Skrypt dla uczestników Szkolenia Podstawowego.", GUGiK 2011.
2. Medyńska- Gulij Beata, "Kartografia i geowizualizacja", PWN 2011.
3. Żyszkowska Wiesława, Spallek Waldemar, Borowicz Dorota, "Kartografia tematyczna" PWN 2012

Witryny internetowe:

1. <http://quantum-gis.pl/>, (wrzesień 2013)
2. http://quantum-gis.pl/czytelnia/o_qgis, (wrzesień 2013)
3. http://www.quantum-gis.pl/_media/czytelnia/wprowadzenie_do_quantum_gis.pdf, (wrzesień 2013)
4. <http://www.qgis.org/en/about-qgis.html>, (wrzesień 2013)
5. <http://www.qgis.org/en/about-qgis/qgis-releases.html>, (wrzesień 2013)
6. http://hub.qgis.org/projects/quantum-gis/wiki/Release_Naming, (wrzesień 2013)
7. <http://qgis.osgeo.org/index.php>, (wrzesień 2013)
8. <http://www.gis-support.pl/shapefile-encoding-fixer/>, (wrzesień 2013)
9. <http://gisplay.pl/gis/oprogramowanie-gis.html>, (wrzesień 2013)
10. http://holmes.iigw.pl/~rszczepa/dyplomy/PW_r_GIS_WKrasowski.pdf, (wrzesień 2013)
11. http://holmes.iigw.pl/~rszczepa/publikacje/R.Szczepanek_M.Nowotarska_2011_Wykorzystanie_wolnego_oprogramowania.pdf, (wrzesień 2013)
12. http://suw.biblos.pk.edu.pl/resources/i1/i2/i3/i4/i8/r12348/SzczepanekR_QuantumGis.pdf, (wrzesień 2013)
13. <http://www.geostrona.pl/cena-arccgis/>, (wrzesień 2013)

18. Spis rysunków

Rys. 1 Wersje QGIS	14
Rys. 2 QGIS 1.4	15
Rys. 3 QGIS 1.5	16
Rys. 4 QGIS 1.6	17
Rys. 5 QGIS 1.7	18
Rys. 6 QGIS 1.8	19
Rys. 7 QGIS 2.0	20
Rys. 8 Shapefile encoding fixer	22
Rys. 9 Przyciąganie do warstw	24
Rys. 10 Kalkulator pól	25
Rys. 11 Pomiar odległości.....	26
Rys. 12 Pomiar powierzchni - różnice	27
Rys. 13 Pomiar kąta	27
Rys. 14Wybór poprzez wyszukanie obiektów	29
Rys. 15 Kreator zapytań SQL	30
Rys. 16 Zapytanie przestrzenne.....	31
Rys. 17 Narzędzia geoprocessingu.....	32
Rys. 18 Otoczka wypukła.....	33
Rys. 19 Różnica między otoczką pojedynczą (po lewej), a serią otoczek stworzonych na podstawie atrybutów (po prawej).	34
Rys. 20 Przykłady otoczek dla warstw: osnowa geodezyjna (po lewej) i wody (po prawej). .	34
Rys. 21 Bufor	35
Rys. 22 Strefy buforowe bez agregacji (po lewej) i z agregacją (po prawej).	36
Rys. 23 Iloczyn.....	36
Rys. 24 Wynik iloczynu warstw: odcinki rzek oraz lasy.	37
Rys. 25 Suma.....	38
Rys. 26 Działanie funkcji Suma	38
Rys. 27 Różnica.....	39
Rys. 28 Działanie funkcji Różnica	40
Rys. 29 Różnica symetryczna	40
Rys. 30 Działanie funkcji Różnica symetryczna.....	41
Rys. 31 Przytnij	42

Rys. 32 Działanie funkcji Przytnij	42
Rys. 33 Agreguj.....	43
Rys. 34 Tabela atrybutów warstwy zagregowanych budynków	44
Rys. 35 Narzędzia geometrii	45
Rys. 36 Sprawdzanie poprawności geometrii	46
Rys. 37 Triangulacja Delone	48
Rys. 38 Poligony Woronoja	48
Rys. 39 Upraszczanie geometrii.....	49
Rys. 40 Narzędzia analizy	51
Rys. 41 Narzędzia badawcze.....	54
Rys. 42 Pasek z narzędziami do pracy na warstwach rastrowych.	57
Rys. 43 Ustawienia najkrótszej drogi (na lewo) oraz okno wykonywania poleceń(na prawo).	61
Rys. 44 Najkrótsza droga między dwoma punktami.....	62