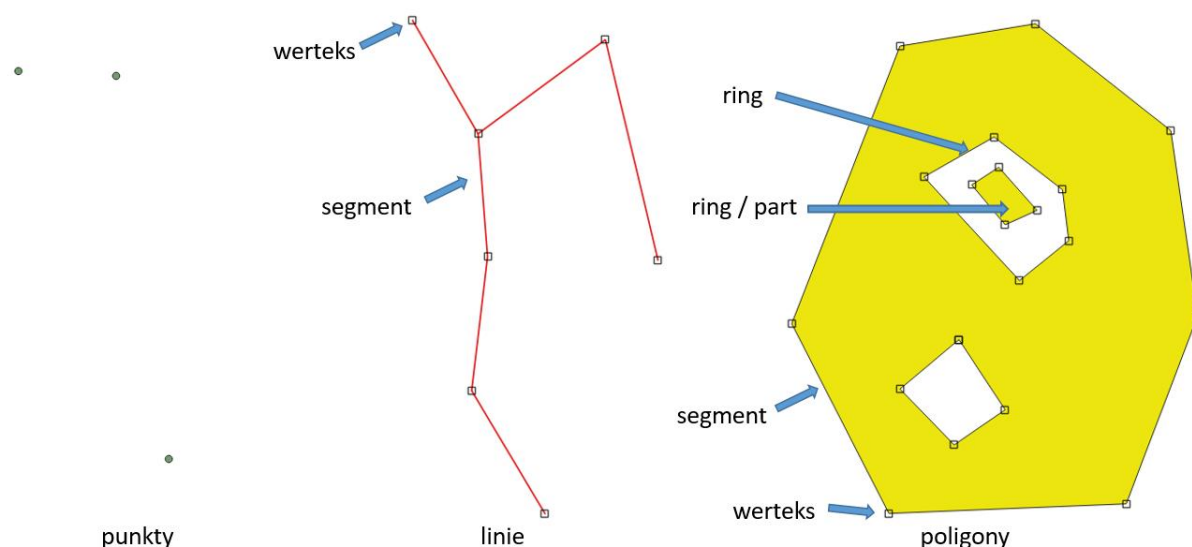


4.5 Tworzenie i edycja danych wektorowych

Tworzenie i edycja danych wektorowych obejmuje szereg typowych scenariuszy postępowania, których celem jest otrzymanie potrzebnych warstw danych, przygotowanych do analizy. Te scenariusze mogą być przedstawione jako sekwencja (workflow) stosowania różnego rodzaju metod i narzędzi służących do tworzenia, usuwania lub modyfikowania geometrii danych wektorowych czyli punktów, linii i poligonów. Jakkolwiek te narzędzia są specyficzne dla danego rodzaju oprogramowania to realizują działania prowadzące do podobnych rezultatów, niezależnie od platformy GIS.

Geometria wszystkich trzech typów obiektów oparta jest na punktach o określonych współrzędnych. Najczęściej będziemy mieli do czynienia z danymi dwuwymiarowymi, w których każdy punkt (werteks) tej geometrii będzie miał dwie współrzędne **X** i **Y**. Coraz częściej wykorzystuje się jednak dane trójwymiarowe o współrzędnych **X**, **Y** i **Z**.

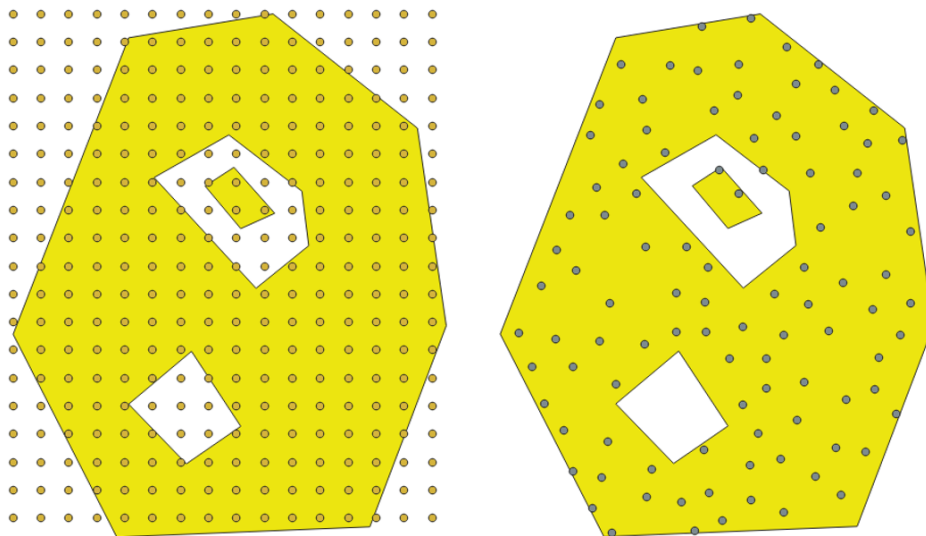


Rysunek 4.22 Podstawowe elementy konstrukcyjne danych wektorowych.

Tworzenie i modyfikowanie danych wektorowych opiera się o ich elementy konstrukcyjne. Zwykle wykonujemy te czynności w tzw. **trybie edycyjnym**, co umożliwia po ich zakończeniu albo zapisanie dokonanych zmian, albo powrót do stanu przed edycją. Podstawowymi elementami konstrukcyjnymi są **werteksy**, **segmenty** i **ringi**. Werteksy czyli punkty o określonych współrzędnych są podstawowym elementem geometrycznym wszystkich konstrukcji. Połączone dwa werteksy tworzą segmenty (odcinki), które tworzą linie, a właściwie polilinie. Zamknięte łańcuchy segmentów tworzą ringi, które są podstawowym

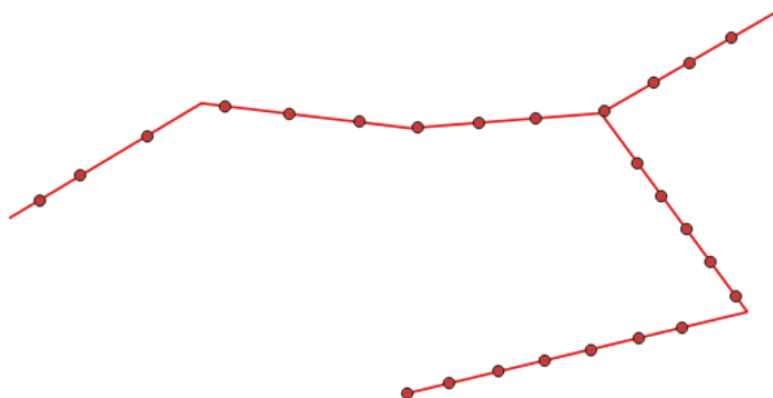
elementem konstrukcyjnym poligonów. Na rysunku 4.22 pierwszy ring tworzy obrys poligonu. Następne dwa ringi tworzą dwie dziury w poligonie. Wyspa w jednej z dziur może być zależnie od implementacji kolejnym ringiem, albo kolejną częścią (part) obiektu.

Najprostszym rodzajem danych są punkty. Podstawowe operacje na punktach to ich tworzenie, przesuwane i usuwanie. Mogą istnieć różne odmiany tych trzech operacji, na przykład przesuwane jako kopiowanie (przesunięty punkt jest kopią oryginalnego, który zostaje zachowany). W przypadku tworzenia warstw punktowych często istnieje potrzeba generowania punktów o położeniu regularnym lub losowym. Na Rysunku 4.23 przedstawiono oba sposoby. Po lewej stronie punkty zostały utworzone w sposób regularny na obszarze zdefiniowanym przez obrys warstwy poligonów (pojedynczy poligon). Podstawowym parametrem narzędzi do tego służących jest odległość pomiędzy punktami. Po prawej stronie przedstawiono punkty wygenerowane jako losowe wewnątrz poligonu. Dwa najważniejsze parametry w tym przypadku to liczba punktów i minimalna dozwolona odległość pomiędzy punktami.



Rysunek 4.23 Regularny i losowy sposób tworzenia punktów.

Punkty mogą być także generowane losowo wzdłuż linii z zachowaniem minimalnej dozwolonej odległości (parametry to liczba punktów i dozwolona odległość).



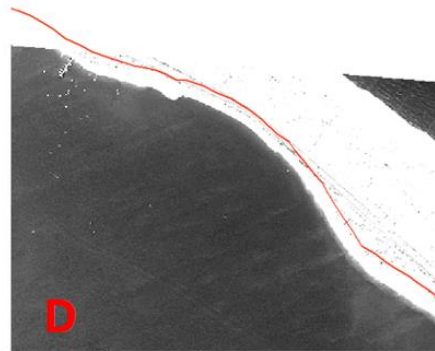
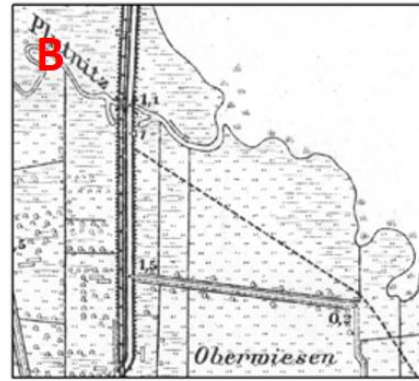
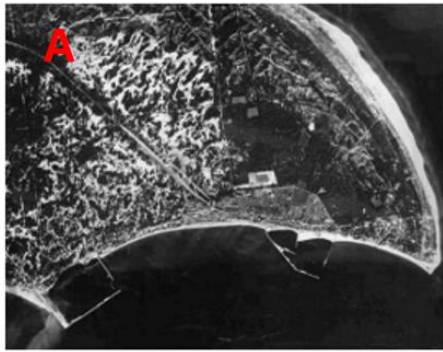
Rysunek 4.24 Punkty rozmieszczone losowo wzdłuż linii.

Losowe generowanie punktów jest często wykorzystywane w planowaniu miejsc prowadzenia badań terenowych. Często dodatkowym warunkiem jest aby punkty (w odpowiedniej liczbie) znajdowały się w każdym rodzaju pokrycia terenu, reprezentowanego przez atrybuty warstwy poligonów. Tego typu losowanie nazywamy stratyfikowanym.

4.6 Georeferencja i rejestracja rastra

Najczęściej pozyskane dane przestrzenne posiadają informację o układzie współrzędnych w którym określone są ich współrzędne (współrzędne punktów, lub środków komórek rastrowych). Ta informacja w przypadku formatu **SHP** danych wektorowych znajduje się w pliku o rozszerzeniu **.prj**. W formacie rastrowym **GeoTIFF** i **GeoJP2** (rastry o rozszerzeniu **.tif** i **.jp2**) informacja znajduje się wewnątrz pliku rastrowego. Innym rozwiązaniem jest umieszczenie jej w pliku tekstowym zwanym **World File**. Jest to dodatkowy plik referencyjny z tą samą nazwą co raster i rozszerzeniem kończącym się dodatkową literą **w** (np. **raster.jpg** i tekstowy plik **raster.jpgw** lub **raster.tif** i **raster.tifw**).

W przypadku pozyskiwania danych rastrowych można spotkać się z sytuacją braku informacji o lokalizacji rastra na powierzchni Ziemi.



Rysunek 4.25 Przykłady rastrów nie posiadających informacji o lokalizacji na powierzchni Ziemi.

Z taką sytuacją spotkamy się przy wykorzystywaniu starych zdjęć lotniczych na papierze fotograficznym po ich zeskanowaniu (Rysunek 4.25A), zeskanowaniu starych map (Rysunek 4.25B) lub map zawartych w książkach (Rysunek 4.25C) oraz wykorzystaniu cyfrowych zdjęć satelitarnych z niedokładną lokalizacją (Rysunek 4.25D). Widoczna na Rysunku 4.25D czerwona linia będąca wektorową warstwą brzegu powinna zgadzać się ze skokiem wartości na zdjęciu pomiędzy morzem a lądem (zdjęcie w podczerwieni - morze ciemne, ląd jasny).

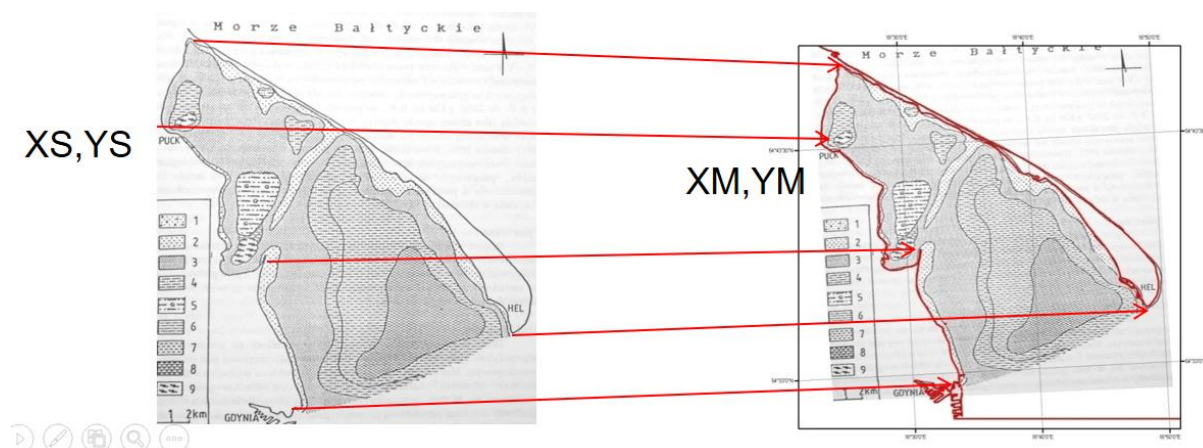
Podstawą nadania **georeferencji** warstwie rastrowej skanu jest określenie **geometrycznej transformacji** pozwalającej na przeliczenie współrzędnych lokalnych każdej komórki rastra na współrzędne odpowiadające jej położeniu na powierzchni Ziemi. Przez współrzędne lokalne rozumie się współrzędne prostokątne skanu w cm lub pikselach (lewy dolny róg skanu ma zwykle współrzędne 0,0). Transformacje te mogą mieć różną postać, ale reprezentatywnym ich przykładem może być wielomian pierwszego, drugiego lub trzeciego stopnia postaci,

$$x_m = x_s + A_1 x_s + A_2 y_s + A_3 x_s y_s + A_4 x_s^2 + A_5 y_s^2 + A_6 x_s^2 y_s + A_7 x_s y_s^2 + A_8 x_s^3 + \dots$$

$$y_m = y_s + B_1 y_s + B_2 x_s + B_3 x_s y_s + B_4 x_s^2 + B_5 y_s^2 + B_6 x_s^2 y_s + B_7 x_s y_s^2 + B_8 x_s^3 + \dots$$

gdzie: x_s współrzędna x skanu y_s współrzędna y skanu
 x_m współrzędna x mapy y_m współrzędna y mapy

Powyższy układ równań może być rozwiązany (wyznaczenie nieznanych współczynników A_1, B_1, A_2, \dots) za pomocą par współrzędnych (skanu i mapy) dla szeregu odpowiadających sobie punktów na skanie i mapie (**punktów kontrolnych**).



Rysunek 4.26 Tworzenie punktów kontrolnych - zbioru par współrzędnych opisujących współrzędne skanu i mapy dla odpowiadających sobie punktów wskazujących na ten sam element terenu.

Współrzędne par punktów kontrolnych są zwykle organizowane w tablicy, a odpowiednie narzędzia umożliwiają ich usuwanie lub dodawanie nowych punktów. Na podstawie punktów kontrolnych określone jest uniwersalne (dla danego skanu) wyrażenie transformacji geometrycznej służące do wyznaczenia nowych współrzędnych dla każdej komórki rastrowej. Różnica pomiędzy współrzędnymi na mapie danego punktu kontrolnego (x_m, y_m), a współrzędnymi punktu skanu otrzymanymi z wyrażenia transformacji geometrycznej (x_{st}, y_{st}) nosi nazwę rezydium,

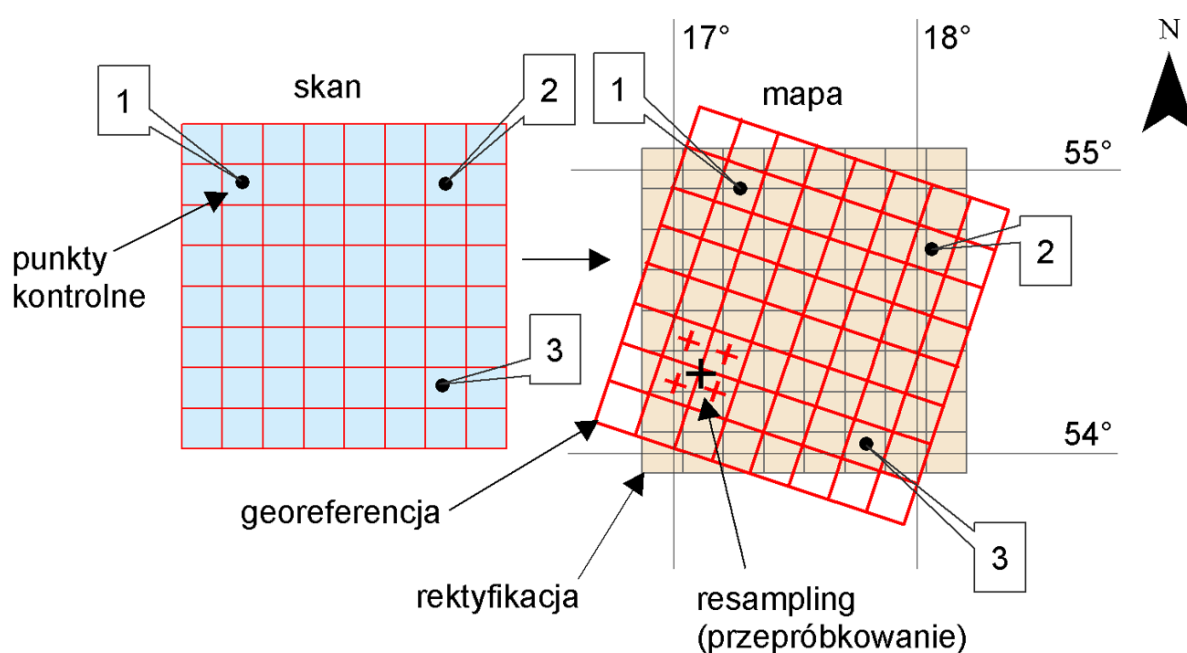
$$D = \left[(x_{st} - x_m)^2 + (y_{st} - y_m)^2 \right]^{1/2}$$

a dokładność całego procesu transformacji geometrycznej skanu opisuje błąd RMS,

$$\text{RMS} = \left\{ \sum \left[(x_{st} - x_m)^2 + (y_{st} - y_m)^2 \right] / n \right\}^{1/2}$$

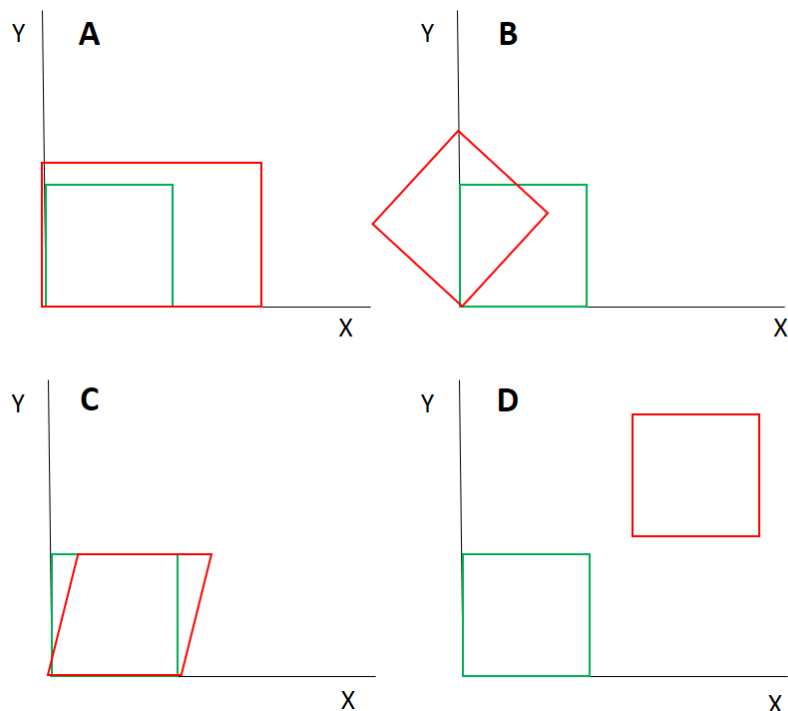
będący pierwiastkiem sumy kwadratu rezydiów podzielonej przez liczbę punktów kontrolnych (RMS ma taką samą jednostkę jak nasze dane).

Podsumowanie procesu georeferencji i rektyfikacji zostało przedstawione na Rysunku 4.27.



Rysunek 4.27 Podsumowanie procesu georeferencja i rektyfikacji.

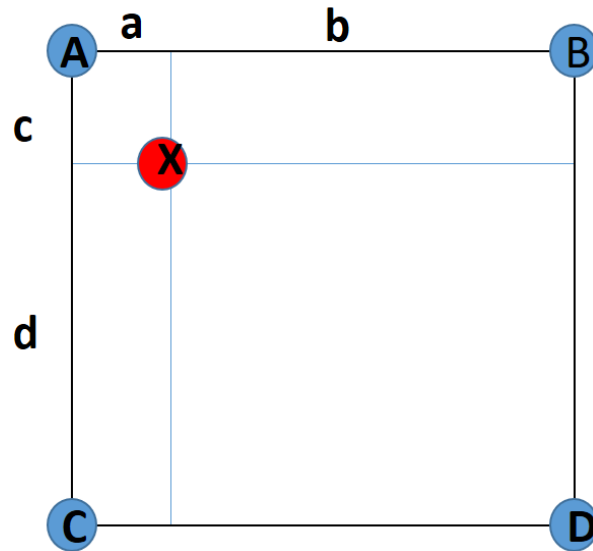
Pierwszy krok polega na wyznaczeniu zbioru punktów kontrolnych, a ściślej ich współrzędnych na skanie i mapie. Na podstawie tych punktów definiowana jest transformacja geometryczna, która służy do obliczenia położenia komórek rastrowych w przestrzeni mapy (czerwona siatka). Istnieją różne metody transformacji różniące się stopniem i sposobem przekształcania geometrii. Jedną z podstawowych metod jest transformacja afiniczna (w postaci wielomianu pierwszego stopnia) pozwalająca na cztery rodzaje przekształceń geometrii przedstawionych na Rysunku 4.28. Innymi metodami stosowanymi w systemach GIS są wielomiany różnego stopnia, metoda splajnów, elastycznego dopasowania (Adjust) lub metody projekcji. Generalna zasada polega na wyborze metody, która daje najniższy błąd RMS.



Rysunek 4.28 Cztery rodzaje przekształceń geometrii w transformacji afinicznej: A – niezależne skalowanie na osiach YX; B – obrót; C – pochylanie; D - przesuwanie.

Transformacja afiniczna charakteryzuje się między innymi zachowaniem równoległości linii na mapie. Wracając do rysunku 4.27, to zastosowanie transformacji pozwala na poprawne pod względem lokalizacji przedstawianie (wyświetlanie) rastra względem innych warstw (czerwona siatka rastra).

Aby utworzyć nowy raster, który będzie określony w danym układzie współrzędnych (boki każdej komórki rastra będą równoległe do osi współrzędnych) należy przeprowadzić **rejestrację** lub **rektyfikację** (praktycznie oba terminy oznaczają to samo). Operacja ta polega na utworzeniu nowego rastra (zaznaczonego piaskowym kolorem), w którym wartości w komórkach (ich środkach geometrycznych) są obliczane na podstawie wartości komórek rastra po georeferencji. Na rysunku 4.27 nowa wartość komórki zlokalizowana w miejscu czarnego krzyżyka jest obliczana z otaczających ją komórek (czerwone krzyżyki). Obliczanie nowych wartości nosi nazwę **przepróbkowania** (resamplingu). W rastrach jakościowych stosuje się metodę najbliższego sąsiedztwa (Nearest Neighbor), natomiast ilościowych najczęściej interpolację bilinearną - Bilinear Interpolation (w oparciu o cztery punkty) lub Cubic Convolution (w oparciu o szesnaście punktów). Zasada interpolacji bilinearnej została przedstawiona na Rysunku 4.29.



$$X = (D * ac + C * bc + B * ad + A * bd) / ((a+b)*(c+d))$$

Rysunek 4.29 Metoda interpolacji bilinearnej. Wartość X w środku komórki nowego rastra jest obliczana z czterech wartości ją otaczających.

