

**ZASTOSOWANIE ZAAWANSOWANYCH REGUŁ  
TOPOLOGICZNYCH W PROCESIE BUDOWANIA  
BAZ DANYCH PRZESTRZENNYCH  
WSPOMAGAJĄCYCH WYCENĘ NIERUCHOMOŚCI<sup>1</sup>**

**APPLICATION OF ADVANCED TOPOLOGICAL RULES  
IN THE PROCESS OF SPATIAL DATABASES CREATION  
TO SUPPORT REAL ESTATE VALUATION**

**Piotr Cichociński**

Katedra Geomatyki, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza

**Słowa kluczowe: reguły topologiczne, wycena nieruchomości, bazy danych przestrzennych**  
Keywords: topological rules, real estate valuation, spatial databases

## **Wstęp**

Istotną cechą nieruchomości, wpływającą na ich wartość katastralną jest lokalizacja, a co za tym idzie sąsiedztwo, zarówno innych nieruchomości, jak też innych obiektów. Celem sprawnego przeprowadzenia wyceny informacje przestrzenne na temat tych obiektów powinny zostać zgromadzone w odpowiedniej bazie danych (Cichociński, Parzych, 2005). Mogłyby one pochodzić między innymi z tworzonych w coraz większej liczbie baz danych GIS obejmujących zarówno ewidencję gruntów i budynków, geodezyjną ewidencję sieci uzbrojenia terenu, obiekty topograficzne z numerycznym modelem rzeźby terenu, miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego, jak i różnorodne zagadnienia środowiskowe. Można oczekiwać, że konieczność integracji tych zbiorów danych wystąpi również w ramach budowy krajowych infrastruktur danych przestrzennych. Będzie ona polegała zarówno na łączeniu w większe całości zbiorów sąsiadujących ze sobą obiektów tego samego typu (w poziomie) jak i uzgadnianiu zawartości różnych zbiorów obejmujących te same fragmenty przestrzeni (w pionie). Dotychczasowe doświadczenia użytkowników z funkcjonującymi w Polsce kilkoma rodzajami topograficznych baz danych wykazały jednak możliwość wystąpienia pomiędzy nimi znacznych niespójności o charakterze zarówno geometrycznym jak i atrybutowym, spowodowanych zróżnicowaniem okresów czasowych i metod pozyskania, a także źródeł danych. Należy przypuszczać, że nie inaczej będzie z danymi o charakterze wielkoskalowym. W rozwiązaniu tego problemu może pomóc topologia – opis przestrzennych związków pomiędzy obiektami geograficznymi.

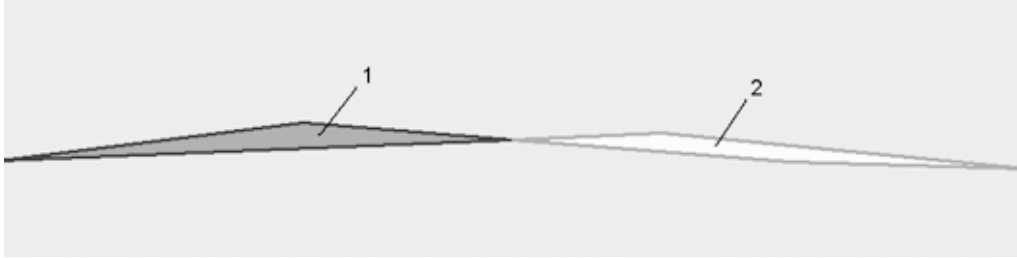
<sup>1</sup> Artykuł powstał w ramach realizacji badań własnych na Wydziale Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska AGH w Krakowie.

## Topologia – rys historyczny

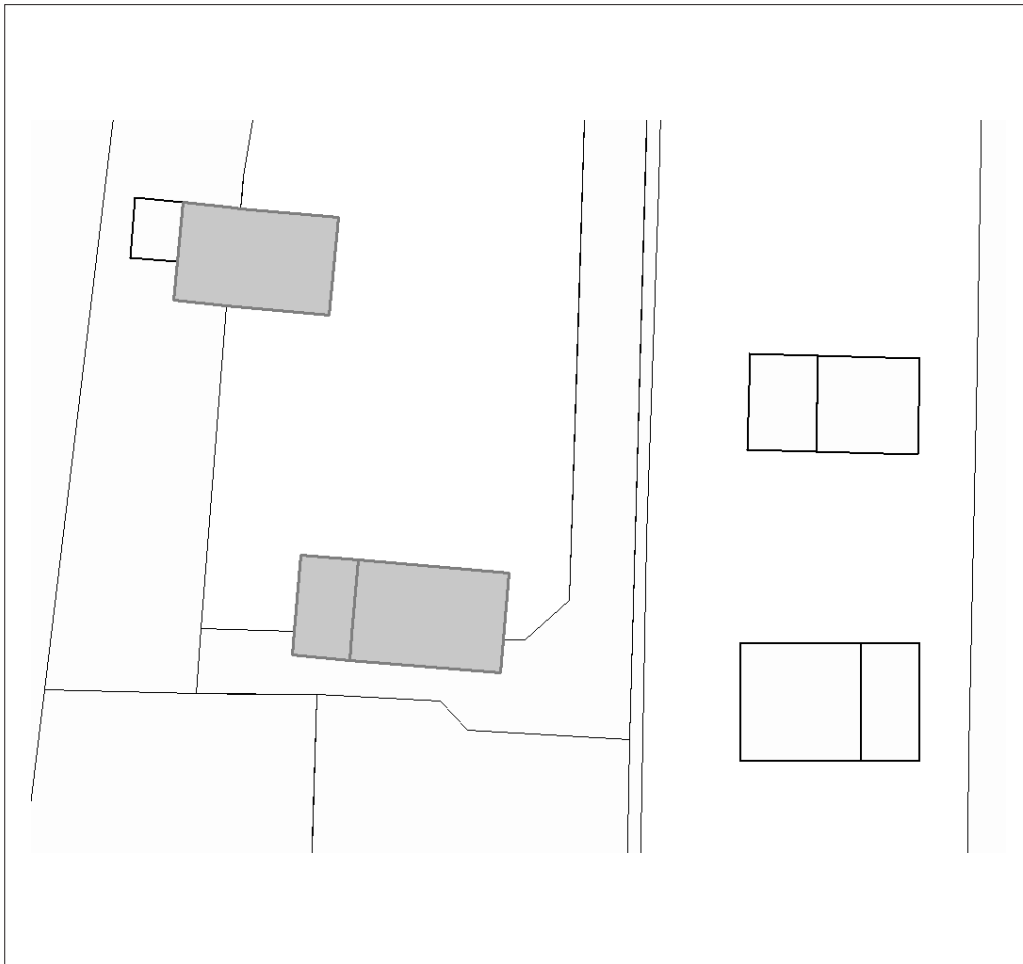
Pierwotnie i w szerszym znaczeniu pojęcie topologii odnosiło się do działu matematyki zajmującego się właściwościami figur geometrycznych, które nie podlegają zmianom pod wpływem transformacji geometrycznych (Magnuszewski, 1999). Natomiast w dziedzinie systemów informacji geograficznej (GIS) topologia rozumiana jest jako opis związków przestrzennych pomiędzy sąsiadującymi lub znajdującymi się w pobliżu obiektami (Theobald, 2001). Pionierem na polu zastosowania topologii do ograniczania ilości błędów popełnianych w procesie gromadzenia dużych zbiorów danych był na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych ubiegłego wieku Urząd Statystyczny Stanów Zjednoczonych (*Unites States Census Bureau*). Duże osiągnięcia w zakresie zastosowań topologii ma również firma ESRI. Opracowany przez nią na początku lat osiemdziesiątych format warstwy informacyjnej (ang. *coverage*) umożliwiał przechowywanie dużych zbiorów danych oraz sprawne przeprowadzanie analiz przestrzennych przy ograniczonych pojemnościach nośników danych oraz relatywnie niewielkich możliwościach przetwarzania ówczesnych komputerów (ESRI, 2005). Zasada funkcjonowania tego formatu opierała się na przechowywaniu tylko informacji o elementach składowych obiektów oraz ich związkach (czyli właśnie topologii) i konstruowaniu tych obiektów „na żądanie” dla celów prezentacji i analiz. Oczywistym jest, że zapisanie danych w takim formacie było jednoznaczne z weryfikacją ich poprawności topologicznej. Zakłada ona, że obiekty znajdują się na płaszczyźnie i są reprezentowane przez węzły (ang. *node*, zerowymiarowe), krawędzie, zwane także lukami (ang. *edge*, *arc*, jednowymiarowe) oraz wieloboki (ang. *polygon*, dwuwymiarowe). Z faktu występowania na płaszczyźnie wynika, że luki nie mogą się przecinać, lecz muszą się łączyć ze sobą końcami reprezentowanymi przez punkty węzłowe, formując ostatecznie nienakładające się, a wypełniające cały obszar wieloboki.

Rozwój sprzętu komputerowego pod względem mocy przetwarzania oraz pojemności nośników danych w latach dziewięćdziesiątych XX w. spowodował jednak zmianę poglądu co do sposobu gromadzenia danych wektorowych. Okazało się, że prościej jest przechowywać obiekty w „gotowej” postaci tak zwanych prostych obiektów (ang. *simple feature*), co szczególnie istotne jest w przypadku obiektów powierzchniowych, pozwalając sobie na redundantny dwukrotny zapis tych samych punktów granicznych. Powstały wtedy takie formaty danych jak Shapefile (ESRI, 1998), hołdujące tej zasadzie. Szczególnie istotne takie podejście do zapisu prostych obiektów okazało się pod koniec tej dekady, gdy podjęto pierwsze próby przechowywania danych geograficznych (zarówno geometrycznych, jak i atrybutowych) w strukturach relacyjnych baz danych (Zeiler, 1999). Zrezygnowano jednak w ten sposób z zapisu topologii wraz z danymi. Łatwiejsze i sprawniejsze okazało się wygenerowanie czy też sprawdzenie topologii „na żądanie”, niż tworzenie w ten sposób obiektów. Musiały się też pojawić nowe reguły topologiczne. „Stare” ograniczały się do obiektów liniowych: „linie nie mogą się przecinać i nakładać na siebie”, „linie muszą się stykać ze sobą wyłącznie końcami”; teraz trzeba było uwzględnić wzajemne relacje pomiędzy obiektami powierzchniowymi poprzez reguły: „nie mogą się nakładać” i „nie mogą mieć luk” (rys. 1).

Prawdopodobnie niejako „przy okazji” postanowiono rozszerzyć listę reguł topologicznych tak, aby obejmowała również wzajemne relacje pomiędzy obiektami pochodzącymi z różnych warstw tematycznych. Znacząco poszerzyło to funkcjonalność tego mechanizmu i umożliwiło jego zastosowanie do celów zaprezentowanych w dalszej części tego artykułu. Trzeba mieć jednak świadomość, że wykryte odstępstwa od reguł topologicznych niekoniecznie są błędami, co doskonale ilustruje rysunek 2 prezentujący budynek położony na dwóch działkach. W Polsce czasami taka jest po prostu rzeczywistość (Eckes, 2002).



**Rys. 1.** Przykład symbolizacji nakładających się obszarów (1) i luk pomiędzy nimi (2)



**Rys. 2.** Przykład wyniku weryfikacji reguły topologicznej „obiekty z klasy A (budynki) muszą się w całości znajdować wewnątrz obiektów z klasy B (działek)”

## Wykrywanie błędów

Coraz szersze możliwości pozyskiwania i wymiany danych cyfrowych powodują konieczność dokonania wzajemnych uzgodnień zbiorów danych i tym samym doprowadzenia do spójności. Najczęściej omawianym w chwili obecnej zagadnieniem jest zgodność modeli pojęciowych pomiędzy bazą źródłową i docelową. Natomiast prawie wcale nie są poruszane problemy zgodności przestrzennej samych danych geometrycznych. A nie są to problemy błahe (Berus i in., 2007). Autorzy koncepcji jednolitego modelu danych georeferencyjnych (Pachół, Zieliński, 2006) przewidują na przykład konieczność uzgadniania na poziomie województwa styków dla baz danych prowadzonych na poziomie powiatowym. Również dla poprawnego przeprowadzania analiz przygotowujących odpowiednie dane do wykonania powszechnej taksacji, konieczne będzie między innymi zapewnienie (oczywiście w miejscach gdzie taka jest intencja planistów) zgodności przebiegu granic działek i stref planu zagospodarowania przestrzennego. Rysunek 3 pokazuje jak dużo tego typu błędów zostało wykrytych w przeanalizowanym, jednym tylko niewielkim obrębie ewidencji gruntów.

Na uwagę w zakresie rozwiązywania problemów związanych z topologiczną poprawnością zbiorów danych zasługuje oprogramowanie Java Conflation Suite (JCS). Dodatkową, oprócz funkcjonalności, zaletą jest jego przynależność do grupy wolnego oprogramowania, co umożliwi nie tylko bezpłatne użytkowanie, ale również modyfikację kodu źródłowego i dopasowanie go do swoich potrzeb (Michalak, 2007). Jest to zbiór narzędzi umożliwiających kontrolę poprawności topologicznej zbiorów danych i w pewnym zakresie ich automatyczne usuwanie. Został opracowany przez kanadyjską firmę Vivid Solutions na zlecenie rządu prowincji Kolumbia Brytyjska, poszukującego wydajnego, wysoko zautomatyzowanego oprogramowania do przetwarzania danych przestrzennych.

Nie jest to jednak samodzielnie działający program, lecz raczej zestaw funkcji operujących w środowisku Java Unified Mapping Platform (JUMP), oprogramowania służącego do wizualizacji, edycji i szeroko pojętego analizowania danych przestrzennych, jednocześnie przewidzianego do łatwej rozbudowy poprzez specjalizowane moduły przeznaczone do rozwiązywania różnorodnych zagadnień. Program JUMP obsługuje zbiory danych zapisane w języku GML zgodnie ze specyfikacją prostych obiektów (PN-EN ISO 19125-1, 2004) oraz format Shapefile. Nie daje zatem możliwości zapisywania informacji o topologii razem z obiektami, lecz wylicza ją w miarę potrzeb.

Opierając się chociażby na dwóch powyższych przykładach można wyróżnić dwie grupy przedstawionych poniżej problemów.

**Uzgodnienie (w poziomie) granic sąsiadujących ze sobą obiektów (obszarów) pochodzących ze zbiorów danych o takiej samej zawartości tematycznej.** Przykładem takiej sytuacji może być tworzenie ciągłych zbiorów danych z połączenia mniejszych fragmentów, takich jak na przykład arkusze map. Zagadnienie to można rozwiązać na dwa sposoby. Pierwszym z nich jest połączenie zbiorów w jeden, do którego obiektów można będzie zastosować reguły topologiczne badające jego wewnętrzną poprawność: „nie mogą się nakładać” i „nie mogą mieć luk”. Efektem ich działania będzie wyróżnienie obszarów nie spełniających tych reguł (rys. 1). Drugim rozwiązaniem jest znalezienie różniących się, a odpowiadających sobie zewnętrznych linii granicznych w porównywanych zbiorach. Można do tego celu wykorzystać na przykład opisaną szerzej poniżej funkcję *Find Misaligned Segments* z pakietu JCS;

**Wzajemne uzgodnienie (w pionie) położenia obiektów pochodzących z różnych warstw tematycznych**, ale zajmujących to samo miejsce w przestrzeni (czyli uzgodnienie różnych podziałów tego samego fragmentu przestrzeni). Przykładem tego typu działania może być uzgodnienie wybranych odcinków granic działek z wybranymi odcinkami granic różnych form użytkowania terenu. W odróżnieniu od uzgadniania „w poziomie” rozwiązanie tego przypadku nie jest jednoznaczne, ponieważ nie wszystkie granice muszą się pokrywać. Bezużyteczna jest w tym przypadku topologiczna reguła „granice obiektów z klasy A muszą się pokrywać z granicami obiektów z klasy B”, ponieważ sprawdza zgodność wszystkich bez wyjątku granic, co z założenia nie może być spełnione. Konieczne jest zatem wyróżnienie tych odcinków granic, które powinny być zgodne, od pozostałych, dla których ta zgodność nie jest wymagana. Można się w tym przypadku posłużyć dwoma kryteriami wynikającymi z przyjętego założenia, że rozbieżności w położeniu obiektów nie przekraczają pewnych wartości progowych. Miarami takiej rozbieżności są wielkość odsunięcia od siebie dwóch obiektów oraz kąt pomiędzy nimi. Na zasadzie porównywania obiektów, z uwzględnieniem dwóch powyżej opisanych parametrów, których wartość ma być mniejsza od zadanej, działa funkcja *Find Misaligned Segments* z pakietu JCS. Wynikiem jej działania są odcinki linii granicznych w obu porównywanych zbiorach znajdujące się względem siebie nie dalej niż określona przez użytkownika wartość i o kącie pomiędzy nimi mniejszym niż podana wartość. Dodatkowo „zmaterializowana” w postaci obiektu w odpowiedniej roboczej warstwie tematycznej i jednocześnie zapisana w postaci atrybutu tego obiektu wielkość odchyłki (ang. *gap size*) pozwala na ocenę każdego błędu przez operatora (rys. 4). Oczywiście, jak to widać na rysunku, funkcja ta nie działa bezbłędnie, ale właśnie szczególnie w przypadku zaprezentowanej niezgodności stref planów zagospodarowania przestrzennego (linia kreskowa) z działkami (linia ciągła), subtelne intencje planistów mogą uniemożliwić poprawne zadziałanie automatu.

## Usuwanie błędów

Oprócz mechanizmów wychwycenia tych nieścisłości istnieją również narzędzia pozwalające na ich usunięcie. Znajduje tutaj zastosowanie technika opisywana angielskim terminem *conflation*. Obejmuje ona łączenie co najmniej dwóch różnych, sąsiadujących ze sobą w przestrzeni zbiorów danych, celem utworzenia nowego zbioru. Konieczne jest w tym celu dokonanie odpowiedniej modyfikacji obiektów z obu zbiorów. Dla wykonania tego działania na większą skalę wymagane jest zastosowanie mechanizmów automatyzujących ten proces w jak największym stopniu tak, aby udział operatora ograniczyć do interwencji w nielicznych nietypowych sytuacjach. Pakiet JCS udostępnia do tego celu dwa narzędzia: *Boundary Match* i *Coverage Alignment*. Pierwsze z nich, przy założeniu stałości (niezmienności) granic jednego ze zbiorów, dokonuje dopasowania do nich granic ze zbioru drugiego położonych w odległości nie większej niż określona wartość progowa. Natomiast funkcja *Coverage Alignment*, działając z uwzględnieniem dwóch parametrów tolerancji opisanych powyżej, po pierwszym uruchomieniu powoduje tylko częściową poprawę błędów poprzez modyfikację kształtu obiektów jednej tylko warstwy tematycznej. Konieczne jest kolejne uruchomienie, lecz tym razem uwzględniające drugi, nie poprawiony jeszcze zbiór oraz poprawioną wersję zbioru pierwszego, co ostatecznie powoduje usunięcie już wszystkich błędów. Różnica w wyniku działania tych dwóch poleceń polega na tym, że pierwsze z nich zachowuje przebieg granic jednej wybranej warstwy, natomiast drugie powoduje modyfikację dwóch warstw.

## Podsumowanie

Autor tego artykułu w pełni popiera autorów opracowania (Pachół, Zieliński, 2006) proponujących utworzenie Publicznego Rejestru Danych Przestrzennych – rządowej referencyjnej bazy danych przestrzennych w Polsce. Widzi jednak konieczność wzajemnego uzgodnienia nie tylko modeli pojęciowych, lecz również charakterystyk geometrycznych obiektów pochodzących z istniejących na różnych poziomach Państwowego Zasobu Geodezyjnego i Kartograficznego zbiorów danych, zanim będzie możliwe ich scalenie. Podobny problem dostrzega przy tworzeniu spójnych zbiorów danych dla potrzeb powszechnej taksacji nieruchomości (Cichociński, 2005). Dlatego dokonał w tym opracowaniu przeglądu funkcjonalności dostępnego oprogramowania GIS w zakresie weryfikacji wzajemnej poprawności topologicznej różnych zbiorów obiektów sąsiadujących ze sobą lub obejmujących jeden fragment przestrzeni. Przegląd ten pokazał, że technicznie (posiadając odpowiednie narzędzia i metody) jesteśmy przygotowani do stojących przed nami zadań – pora teraz na działania o charakterze prawnym i administracyjnym.

## Literatura

- Berus T., Kołodziej A., Olszewski R., 2007: Koncepcja harmonizacji baz danych tematycznych SOZO i HYDRO z referencyjną bazą VMap L2 drugiej edycji. *Roczniki Geomatyki*, Tom V, Zeszyt 2, PTIP, Warszawa.
- Cichociński P., 2005: Pozyskiwanie danych dla wyceny nieruchomości z wykorzystaniem systemów informacji geograficznej. *Roczniki Geomatyki*, Tom III, Zeszyt 1, PTIP, Warszawa.
- Cichociński P., Parzych P., 2005: Zastosowanie baz danych Systemów Informacji Geograficznej do wyceny nieruchomości. IV Krajowa Konferencja Naukowa „Infobazy 2005 – Bazy danych dla nauki”. Gdańsk, 25-27 września 2005 r.
- Eckes K., 2002: Logika obrazu mapy jako podstawa do budowy systemu ekspertowego. XII Konferencja Naukowo-Techniczna Systemy Informacji Przestrzennej. Warszawa, 17 maja 2002 r.
- ESRI, 1998: ESRI Shapefile Technical Description White Paper. Environmental Systems Research Institute, Redlands.
- ESRI, 2005: GIS Topology. An ESRI White Paper. Environmental Systems Research Institute, Redlands.
- Magnuszewski A., 1999: GIS w geografii fizycznej. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.
- Michalak J., 2007: Otwarte oprogramowanie i otwarte dane w geomatyce. *Roczniki Geomatyki*, Tom V, Zeszyt 2, PTIP, Warszawa.
- Pachół P., Zieliński J., 2006: Koncepcja jednolitego modelu danych georeferencyjnych jako podstawy Publicznego Rejestru Danych Przestrzennych w Polsce. *Roczniki Geomatyki*, Tom IV, Zeszyt 2, PTIP, Warszawa.
- PN-EN ISO 19125-1, 2004: Informacja geograficzna – Środki dostępu do obiektów prostych – Część 1: Wspólna struktura.
- Theobald D. M., 2001: Understanding Topology and Shapefiles. Arc User, April-June. Environmental Systems Research Institute, Redlands.
- Zeiler M., 1999: Modeling our World. The ESRI Guide to Geodatabase Design. ESRI Press, Redlands.

### **Summary**

*An essential attribute of real estates, having influence on their cadastral value, is their location, and thereby the neighbourhood, both of other real estates and other objects. In order to efficiently carry out the valuation, spatial information on these objects should be collected in an appropriate database. This information could come from GIS databases, encompassing land and buildings cadastre, spatial registration of utility infrastructure, topographical objects with digital terrain model, as well as various environmental elements.*

*It can be assumed that the necessity of integration of these data sets will also appear during the creation of national spatial data infrastructures. This will include both aggregation of neighbouring data sets of the same object types („horizontal”) and adjustment of the content of different data sets describing the same part of the space („vertical”). Previous experiences of users working in Poland with different kinds of topographical databases showed, however, the possibility of considerable inconsistencies among them of both geometrical and attribute character, due to different temporal periods and methods of data acquisition, and also due to different data sources. It is likely that the same problem will happen with large scale data.*

*This can be resolved by the use of topology—description of spatial relationships between geographical objects. Originally, this term referred to such simple rules describing the internal correctness of data sets as: „lines shall not intersect and must not overlap”, „line shall only touch other lines at endpoints”, „polygons shall not overlap and shall not have gaps”, necessary to carry out any spatial analyses.*

*However, in last few years the term of topology was extended and now includes also description of relationships between objects coming from different object classes. The list of available rules was considerably extended. Among other things it now contains the following statements: „boundaries of polygon features in feature class A shall be covered by boundaries of polygon features in feature class B”, „objects of feature class A shall be contained within polygons of feature class B”, „objects of feature class A shall be covered with objects of feature class B”.*

*The paper presents the use of these topological rules available in advanced GIS software to describe the required mutual spatial relationships between objects coming from different, mentioned above databases and to analyse occurring violations of these rules. Besides methods of detection of these inaccuracies, the methodology of their removal was also proposed, using analytical and data processing GIS tools. The technology called conflation can also be used here. It refers to joining of at least two different data sets to create a new data set. It is necessary to make suitable modifications of objects from both data sets. To carry out this operation on a wider scale it is required to use tools automating this process to the greatest degree possible in order to reduce the participation of the operator to the interventions in few non-typical cases.*

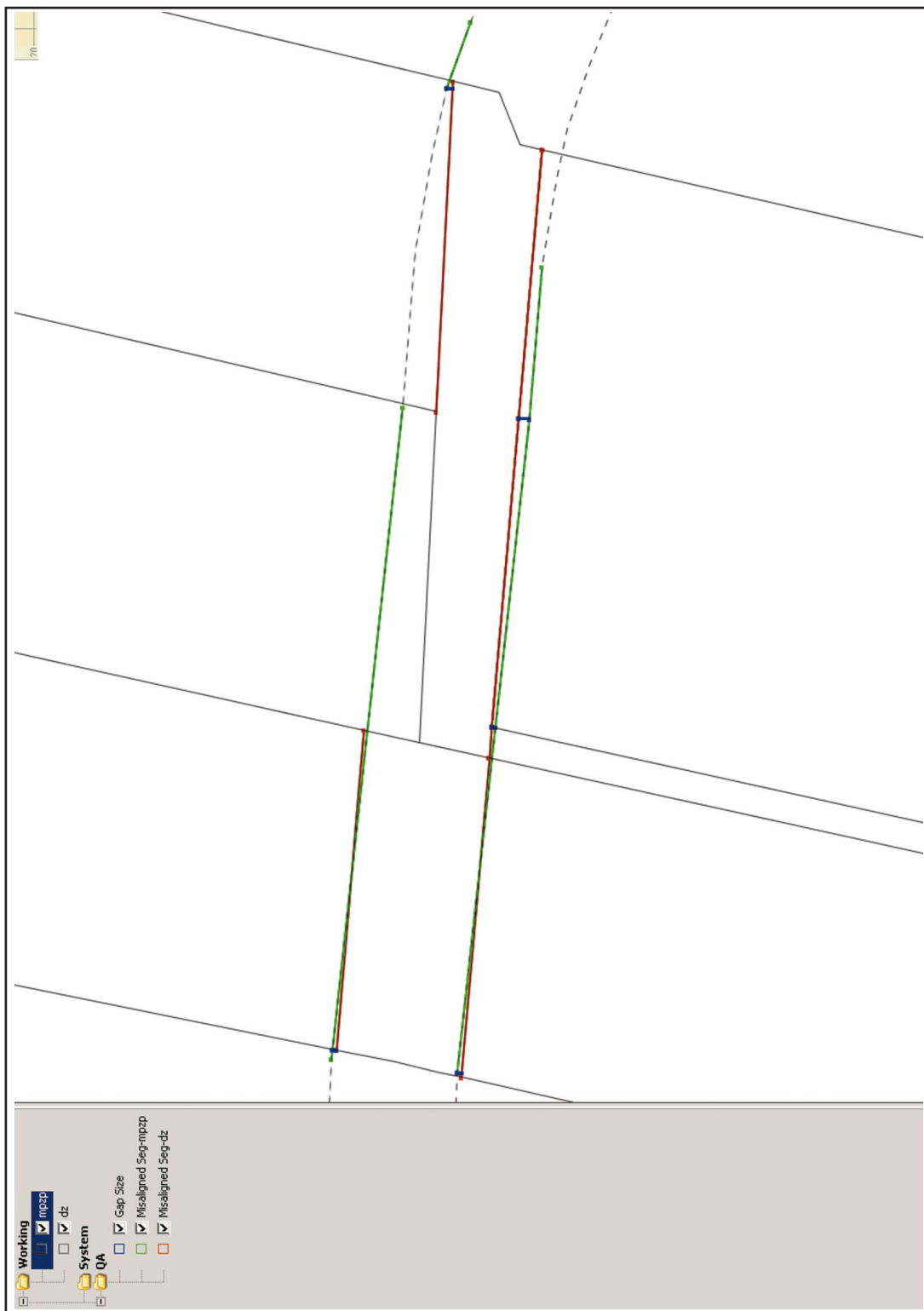
*It is expected that the results of conducted works will be applicable not only to the valuation of real estates, but in every case when the use of many potentially inconsistent sources of geographical data is required*

dr inż. Piotr Cichociński  
Piotr.Cichocinski@agh.edu.pl  
tel. (012) 617 34 31



Rys. 3. Wykryte błędy niezgodności przebiegu granic działek i stref planu zagospodarowania przestrzennego na obszarze jednego obrębu ewidencji gruntów





Rys. 4. Wynik działania funkcji Find Misaligned Segments