

## MODEL AGREGACJI DZIAŁEK – WSTĘPNE WYNIKI

### MODEL OF PARCELS AGGREGATION PRELIMINARY RESULTS

**Kamil Grudzień, Norbert Kurpiel**

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

**Słowa kluczowe: przetwarzanie danych przestrzennych, scalenia gruntów, GIS**  
Keywords: spatial data processing, land consolidation, GIS

### Wstęp

Porządkowanie przestrzeni jest niezwykle ważne w wielu dziedzinach życia. Brak porządku powoduje negatywny wpływ na rentowność gospodarki rolnej, ochronę środowiska, lub planowanie przestrzenne. W rolnictwie oddziałuje negatywnie na jakość produkcji rolnej.

W Polsce, jak również w innych krajach, szczególnie duży wpływ na niekorzystny ład przestrzenny ma rozdrobnienie działek rolnych. Niepoprawny kształt rozłogu pola użytku zielonego jest przyczyną wzrostu kosztu uprawowego, związanego z rozłogiem tego pola (Mielewczyk, 2012). Problem ten można rozwiązać przez przeprowadzanie procesu scaleń gruntów. Jednak proces przeprowadzany w klasyczny sposób jest przedsięwzięciem niezwykle pracochłonnym, czasochłonnym oraz kosztownym.

Dlatego tak ważnym i nadal aktualnym zagadnieniem jest problem automatyzacji procesu scaleń gruntów. W literaturze światowej pojawiły się już rozwiązania tego problemu między innymi za pomocą systemów ekspertowych (Tayfun, Fatih, 2011a, 2011b) lub narzędzi GIS (Martínez i in., 2013). Autorzy artykułu prezentują nowe podejście do tematu scaleń gruntów, próbując dostosować się do polskich realiów. Przedstawione zostały dwa podejścia do problemu pół-automatyzacji procesu scaleń gruntów. Pierwsze, bazujące na działaniach na wektorach i wielobokach, drugie zaś na metodzie grupowania działek na podstawie ich reprezentacji rastrowej.

## Scalania gruntów

W Polsce podstawowym aktem prawnym, regulującym proces scalania gruntów, jest Ustawa z dnia 26 marca 1982 r. o scalaniu i wymianie gruntów (tekst jednolity z 2014 roku; Ustawa, 2014). Według niej *Celem scalenia gruntów jest tworzenie korzystniejszych warunków gospodarowania w rolnictwie i leśnictwie poprzez poprawę struktury obszarowej gospodarstw rolnych, lasów i gruntów leśnych, racjonalne ukształtowanie rozlogów gruntów, dostosowanie granic nieruchomości do systemu urządzeń melioracji wodnych, dróg oraz rzeźby terenu.*

Jak podają (Malina, Kowalczyk, 2011) można wyodrębnić następujące etapy scalenia:

- 1) wszczęcie postępowania scaleniowego,
- 2) przygotowanie obiektu do scalenia,
- 3) ogólny projekt scalenia,
- 4) szacunek porównawczy gruntów, obliczenie wartości gruntów i ułożenie rejestru przed scaleniem,
- 5) szczegółowy projekt scalania gruntów,
- 6) wyznaczenie projektu scalania na gruncie,
- 7) okazania projektu scalenia,
- 8) kompletowanie i przekazanie dokumentacji scaleniowej.

W artykule przedstawiono wstępną propozycję półautomatycznych metod ułatwiających wykonanie szczegółowego projektu scalania gruntów. Wykonanie powyższego projektu, między innymi przez konieczność podania kilku alternatywnych propozycji, jest zadaniem drogim i czasochłonnym. Przedstawiona metoda wspiera opracowanie przez geodetę tak zwanej rozstawki gruntów. Jak podaje (Malina, Kowalczyk, 2011) rozstawka gruntów polega na zaprojektowaniu, przy wykorzystaniu mapy ewidencyjnej, nowej racjonalnej lokalizacji działek poszczególnych uczestników scalenia, zgodnie z zasadą ekwiwalentu scaleniowego i możliwie jak najbliżej ich siedlisk gospodarczych.

## Algorytm ogólny

W procesie tworzenia koncepcji algorytmu, pierwszą rozważaną kwestią była analiza dostępnych rodzajów danych wejściowych oraz ich jakości, rozumianej jako poprawność pod względem topologicznym i geometrycznym. W wyniku prac nad tym problemem autorzy zdecydowali, iż powstaną dwie metody, jedna bazująca na rastrach, a druga na wektorach. Pozostałe rozważania skupiły się na algorytmie półautomatyzacji procesu scalań gruntów. W przedstawionym algorytmie wykorzystuje się pojęcie wartości obliczeniowej. Należy przez nią rozumieć iloczyn pola powierzchni działki i współczynników dotyczących: klasy bonitacyjnej gleby, ukształtowania terenu, aspektów krajobrazowych oraz aspektów środowiskowych (Sobolewska-Mikulska, Wójcik, 2012).

Algorytm podzielony jest na następujące etapy:

- 1) selekcja działek podlegających procesowi scalenia gruntów,
- 2) obliczenie sumarycznej wartości obliczeniowej działek przynależnych każdemu właścicielowi,
- 3) agregacja działek w kompleksy i ustalenie wartości obliczeniowej każdego kompleksu,
- 4) przydział położenia nowych działek, które powstaną w wyniku scalenia gruntów, do konkretnych obszarów,

- 5) utworzenie nowej struktury działek,
- 6) w miejscach, gdzie jest to wymagane, utworzenie nowej sieci dróg dojazdu,
- 7) korekta poszczególnych wartości obliczeniowych właścicieli o odpowiednie wartości obliczeniowe dróg dojazdu,
- 8) ponowny przydział położenia działek w obszarach i powtórne utworzenie nowej struktury działek.

W pierwszym etapie wybór działek dokonywany jest z uwzględnieniem granic obszaru objętego procesem przynależności działek do poszczególnych klasoużytków, a także zabudowy działek. Autorzy na podstawie (Ustawa, 2014, art. 11 ust. 1) uznali, iż należy wprowadzić możliwość zmiany wyboru aspektów wpływających na wartość obliczeniową obszarów. W algorytmie przyjęto, że jest ona obliczana jako suma wartości działek położonych w danym kompleksie. Następnie ustalono, że przydzielanie działek do konkretnych obszarów powinno uwzględniać wiele czynników: odległość do działki zabudowanej danego właściciela, odległości pomiędzy obszarami, do których przypisane zostaną działki, liczby nowych działek oddawanych właścicielowi, a także minimalnej powierzchni nowych działek. Zastępowano, że odległości o których mowa powyżej, powinny być odległościami pomiędzy centroidami obiektów. Rozważane jest również zastosowanie innych rodzajów odległości (odległości pomiędzy środkami geometrycznymi obiektów, minimalne odległości pomiędzy granicami obiektów). Wybranie najlepszej opcji wymaga jednak dalszych badań.

W kolejnym etapie, w którym tworzone są nowe działki, należy uwzględnić następujące warunki:

- uczestnicy scalenia muszą otrzymać działki o wartości obliczeniowej odpowiadającej wartości działek posiadanych przed scaleniem, z różnicą nieprzekraczającą 3% (Ustawa, 2014, art. 8),
- nowo tworzona działka musi mieć odpowiedni kształt, przy czym za najkorzystniejszy uznano kształt zbliżony do prostokąta.

Następnym krokiem po utworzeniu nowych działek, powinna być kontrola ich dostępu do dróg publicznych. Przy stwierdzeniu braku takiego dostępu nastąpić musi utworzenie odpowiedniej drogi dojazdowej, gdyż jest to jeden z najważniejszych aspektów użytkowych działki. Tworzone drogi powinny jednak zajmować możliwie najmniejszą powierzchnię. Należy również wziąć pod uwagę sposób dostępu do dróg (jedno- i dwustronny), gdyż jak zaprezentowano w (Harasimowicz i in., 2012) ma on znaczny wpływ na kształt nowotworzonych dróg. Ponieważ w poprzednim etapie nastąpiła zmiana układu sieci dróg oraz, w opisanym powyżej przypadku, zmiana wartości obliczeniowej przynależnych właścicielom, musi nastąpić ponowne wykonanie etapu czwartego i piątego. Czynnością końcową jest kontrola dostępu nowych działek do dróg dojazdu i przy stwierdzeniu braku takiego dostępu – kolejne wykonania etapów, poczynając od etapu czwartego. Do ostatecznej postaci sieci drogowej przedstawiony algorytm dochodzi w sposób iteracyjny.

## Metoda obiektów powierzchniowych

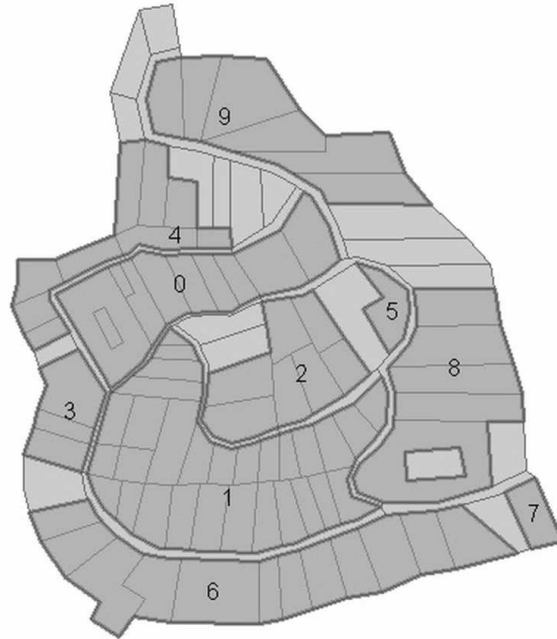
Metoda opisana poniżej skupia się na danych w postaci obiektów powierzchniowych (wieloboków) i ich przetwarzaniu. Główną korzyścią z wyboru tego typu danych jest szybkość przetwarzania informacji, natomiast wadą jest złożoność algorytmu przetwarzającego.

Metoda zakłada działanie na danych wejściowych zawierających następujące warstwy: działki ewidencyjne, klasoużytki, bonitację, budynki oraz granice obszaru objętego procesem

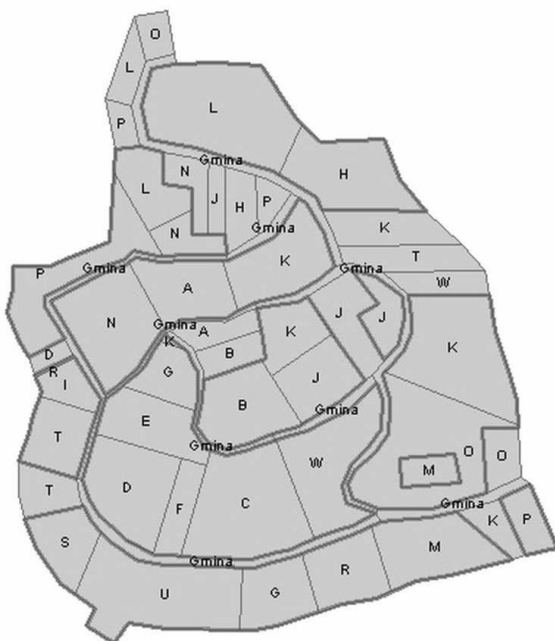


Następnie obliczana jest sumaryczna wartość obliczeniowa wszystkich działek podlegających procesowi dla poszczególnych właścicieli. Wartość obliczeniowa działki ustalana jest na podstawie klasy bonitacyjnej gruntów. Oblicza się ją na podstawie powierzchni przecięt pomiędzy poszczególnymi wielobokami, przemnożonych przez odpowiednie współczynniki. Po ustaleniu wartości obliczeniowych dla wszystkich właścicieli, wybrane wcześniej działki łączone są w kompleksy (obszary) (rys. 2), dla których również ustalane są wartości obliczeniowe.

W kolejnym etapie, na podstawie wartości obliczeniowych przynależnym właścicielom, wartości przypisanym do utworzonych obszarów oraz odległości pomiędzy działkami zabudowanymi właścicieli a utworzonymi obszarami oraz



**Rysunek 2.** Obszary powstałe po agregacji działek podlegających scaleniu



**Rysunek 3.** Nowo utworzone działki przez podział obszaru podlegającego scaleniu; na rysunku zaznaczone zostały obszary, które podlegały agregacji i nowe działki (etykiety-właściciele)

odległościami pomiędzy samymi obszarami, następuje wydzielenie z kolejnych obszarów wartości obliczeniowych odpowiadających wartości przynależnym właścicielom. Innymi słowy ustalana jest przynależność nowych działek do poszczególnych obszarów.

W następnym kroku dzieli się obszary na przydzieloną im liczbę działek, z uwzględnieniem odpowiednich wartości obliczeniowych. Przy podziale tym ważną rolę odgrywa kierunek wydłużenia obszaru. Wychodzi się z założenia, że obszar wydłużony korzystniej dzielić na działki prostopadłe do kierunku wydłużenia (rys. 3). Kierunek prostopadły do wydłużenia wyznaczany jest przy wykorzystaniu algorytmu *Minimum-Area Enclosing Rectangle* (Stojmenović, Zunić, 2008). Pozwala on wyznaczyć prostokąt o mi-

**Tabela 1.** Porównanie struktury działek przed i po agregacji

Nazwa właściciela	Liczba wszystkich działek		Liczba działek podlegających scaleniu	
	przed agregacją	po agregacji	przed agregacją	po agregacji
A	5	2	4	1
B	6	2	5	1
C	5	1	5	1
D	5	2	4	1
E	5	1	5	1
F	3	1	3	1
G	2	2	2	2
Gmina	9	9	0	0
H	7	2	6	1
I	2	1	2	1
J	6	4	4	2
K	7	6	5	4
L	10	3	9	2
M	3	2	2	1
N	7	3	6	2
O	8	3	6	1
P	5	4	3	2
R	2	2	2	2
S	1	1	1	1
T	5	3	3	1
U	3	1	3	1
W	4	2	3	1
Suma	110	57	83	30

rezentowanym przykładzie uległa znacznej poprawie. Liczba wszystkich działek została zmniejszona o około 48%, a liczba działek wchodzących do procesu scalenia została zmniejszona o prawie 64%. Czas wykonania algorytmu, to niespełna 2 sekundy. Należy zaznaczyć, iż prezentowany wynik nie jest jedyną możliwością agregacji działek z wykorzystaniem przedmiotowej metody. Po zmianie kolejności podziału obszarów, który zależy od użytkownika, możliwe jest otrzymanie różnych układów działek. W gestii użytkownika leżeć ma wybór optymalnej konfiguracji.

nimalnej powierzchni dowolnego wieloboku. Kierunek takiego prostokąta wydłużenia jest również kierunkiem wydłużenia wieloboku, na którym utworzono prostokąt ograniczający.

Po wyznaczeniu kierunku pierwszego podziału, lista działek przypisanych do obszaru dzielona jest na dwie części (starając się zachować równość co do sumy wartości obliczeniowych obu części). Po czym następuje podział obszaru według zadanego kierunku, z uwzględnieniem podziału na części o odpowiedniej wartości obliczeniowej. Dla każdej z powstałych części powtarzany jest proces wyznaczenia kierunku wydłużenia, rozdzielania przypisanych im działek oraz podziału na części. Proces ten powtarzany jest aż do uzyskania pożądanej struktury działek.

Biorąc pod uwagę różnorodność kształtów tworzonych obszarów należy zwrócić uwagę na szczególne przypadki kształtów obszarów, jak na przykład kształt podkowy. Przypadki takie wymagają opracowania innej koncepcji podziału oraz metody ich wykrywania, gdyż proponowana metoda może zwracać błędne wyniki podziału obszarów tego typu.

Jak widać na rysunku 3, a także w tabeli 1 struktura działek w pre-

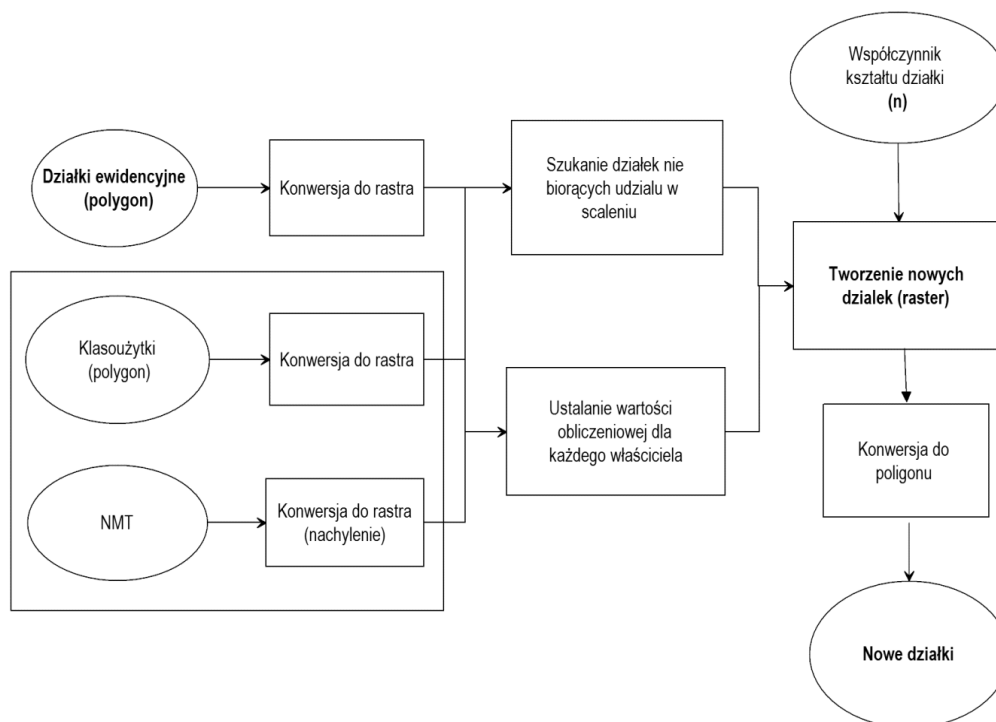
## Metoda rastrowa

Zaprezentowana metoda grupowania działek opiera się o ich reprezentację rastrową. Wykorzystuje ona rastry powstałe w wyniku konwersji z obiektów powierzchniowych. Jako dane wejściowe wykorzystuje się dwie warstwy, a do każdego piksela przypisane są informacje odpowiednio o właścicielu i wartości obliczeniowej dla danego obszaru. Warstwa niosąca informację o wartości obliczeniowej może być generowana automatycznie na podstawie obrazów rastrowych, reprezentujących klasoużytki i nachylenie terenu w procentach. Proces obliczeniowy można podzielić na trzy podstawowe etapy:

- 1) wyszukiwanie działek nie biorących udziału w scaleniu,
- 2) zliczanie wartości obliczeniowej dla każdego właściciela,
- 3) tworzenie nowych działek, aż do wyzerowanie wartości obliczeniowej dla każdego właściciela (począwszy od pierwszego).

Etapy te wykonywane są metodą przetwarzania obrazu cyfrowego bazującą na pojedynczych punktach (Tadeusiewicz, Korohoda, 1997).

Przedstawioną na schemacie metodę (rys. 4) zaimplementowano w środowisku programistycznym *Python*. Wykorzystano bibliotekę do obliczeń numerycznych *NumPy* oraz do przetwarzania rastra *GDAL*. Na tym etapie aplikacja wykorzystywana jest do testowania proponowanych rozwiązań pod względem ich poprawności, użyteczności i wydajności (czasu obliczeń). Tworzy ona nowe działki o kształcie zbliżonym do prostokąta. Działki nie podlegające scaleniu nie ulegają zamianie.



Rysunek 4. Schemat blokowy rastrowej metody agregacji działek

Użytkownik może wpływać na wynik obliczeń głównie przez definiowanie współczynnika  $n$ , ograniczającego maksymalną długość jednego z boków działek po scaleniu, a tym samym na ich kształt. Maksymalna długość jednego z boków działki wyliczana jest ze wzoru:

$$d_{\max} = n\sqrt{W_{\text{wlas}}}$$

gdzie:

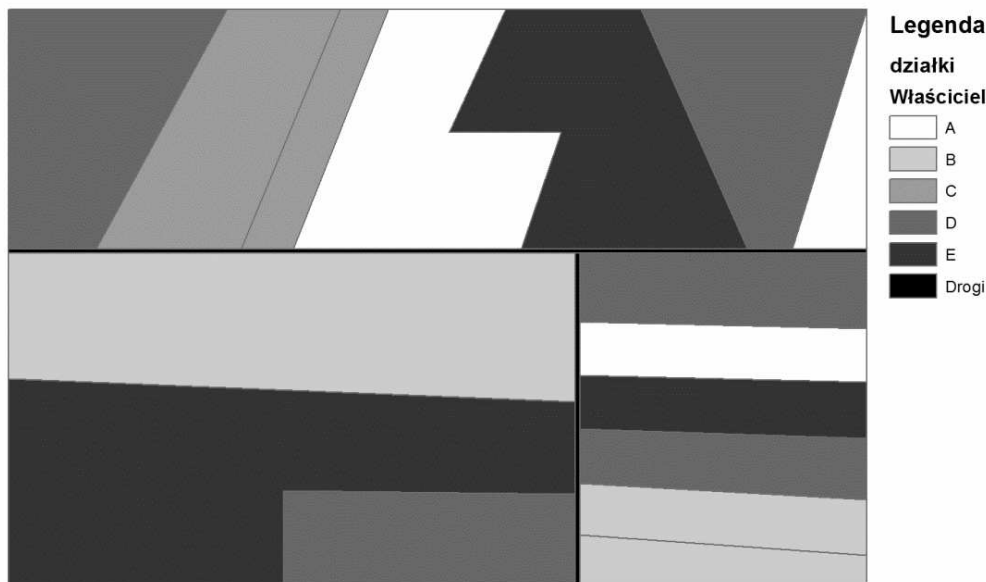
- $d_{\max}$  – maksymalna długość jednego z boków działki,  
 $n$  – współczynnik kształtu,  
 $W_{\text{wlas}}$  – wartość obliczeniowa dla danego właściciela.

Wpływ współczynnika  $n$  na liczbę nowoutworzonych działek zaprezentowano w tabeli 2. Z danych zestawionych w tej tabeli wynika, że dla danych testowych ograniczono liczbę działek o około 50%.

Na podstawie poniższych sztucznie wygenerowanych danych testowych (rys. 5) przedstawiono wyniki działania aplikacji. Wizualizacje wyników działania aplikacji dla współczynników kształtu  $n$  wynoszących odpowiednio 0,6 i 1,6 przedstawiono na rysunkach 6 i 7. Można zauważyć, że ostateczny efekt zależy w dużej mierze od użytkownika. Metoda, ze względu na czas wykonywania obliczeń przy przetwarzaniu dużych plików, wymaga optymalizacji. Dla rastra o rozdzielczości 1,5 Mpix czas generowania nowych działek wynosi około 46 sekund.

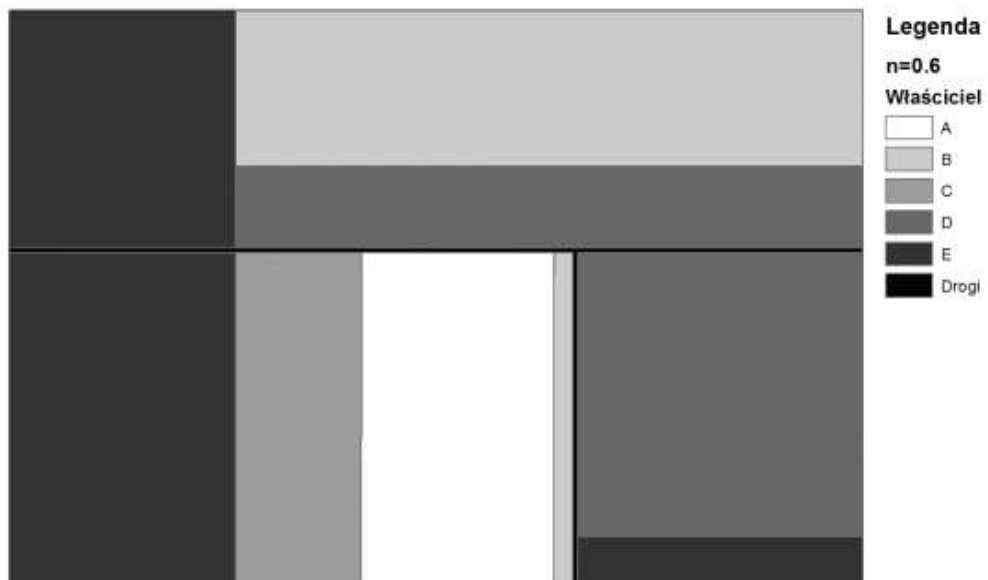
**Tabela 2.** Wpływ współczynnika  $n$  na liczbę działek

Współczynnik kształtu $n$	Liczba działek po agregacji	Stosunek liczby działek przed i po agregacji [%]
0,6	9	56
1,2	8	50
1,6	8	50



**Rysunek 5.** Dane testowe przed agregacją





**Rysunek 6.** Dane testowe po agregacji dla współczynnika  $n=0,6$



**Rysunek 7.** Dane testowe po agregacji dla współczynnika  $n=1,6$

## Wnioski

Proces scalenia gruntów, przeprowadzany w klasyczny sposób, wymaga zaangażowania znacznego nakładu środków i czasu. Dlatego podjęte zostały próby opracowania półautomatycznych metod wspomagających ten proces. W artykule zaprezentowano dwie metody: metodę obiektów powierzchniowych i metodę rastrową. Przy odpowiednim przygotowaniu danych wejściowych, rezultaty działania obu metod mogą być pomocne dla geodetów przeprowadzających proces scalenia. Wyniki na poziomie 50% zagregowanych działek dla danych testowych potwierdzają ich przydatność w procesie scalenia gruntów. W przypadku przetwarzania dużych zbiorów danych, zgodnie z przewidywaniami, wydajniejsza jest metoda bazująca na przetwarzaniu obiektów powierzchniowych. Obie metody znajdują się we wczesnym etapie rozwoju, przez to kilka kluczowych kwestii nadal jest nierozwiązanych. Problemy takie jak udoskonalenie tworzenia nowych dróg dojazdu, uwzględnianie preferencji uczestników scalenia, czy pytanie o możliwość pełnej automatyzacji tego procesu przez całkowite wyeliminowanie czynnika ludzkiego, pozostawiają szeroki obszar dla dalszych badań.

## Literatura

- Harasimowicz S., Janus J., Ostrągowska B., 2012: Wpływ długości działek na ich dostępność z dróg i jego wykorzystanie do korekty dróg rolniczych. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, PAN, Oddział w Krakowie: 169-179.
- Malina R., Kowalczyk M., 2011: Geodezja Katastralna, Wydawnictwo Gall, Katowice: 317, 330.
- Martínez R., Solla M., Arias P., Armesto J., 2013: Semi-automatic land consolidation software based on geographic information system. *Computers and Electronics in Agriculture* 97: 1-5.
- Mielewicz S., 2012: Wymierna ocena efektu scalenia gruntów gospodarstw rolnych spowodowanego poprawą kształtu pól użytku zielonego. *Acta Scientiarum Polonorum* 11: 5-16.
- Ustawa z dnia 26 marca 1982 r. o scaleniu i wymianie gruntów, tekst jednolity. Dz.U. 2014 poz. 700, stan na dzień 27 czerwca 2014 r.
- Sobolewska-Mikulska K., Wójcik J., 2012: Aspekty środowiskowe i krajobrazowe rolnictwa w opracowaniu założeń do projektu scalenia gruntów. *Acta Scientiarum Polonorum* 11: 27-38.
- Stojmenović M., Zunić, J., 2008: Measuring Elongation from Shape Boundary. *Journal of Math and Imaging Vision* 30: 73-85.
- Tadeusiewicz R., Korohoda P., 1997: Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów. Wydawnictwo Fundacji Postępu Telekomunikacji, Kraków.
- Tayfun C., Fatih I., 2011a: Fuzzy expert system for land reallocation in land consolidation. *Expert System With Applications* 38: 11055-11071.
- Tayfun C., Fatih I., 2011b: Land consolidation software algorithm for agricultural reform in Turkey. *Asian Journal of Rural Development* 1: 70-86.

## Streszczenie

Znaczne rozdrobnienie działek wpływa negatywnie na gospodarkę rolną, ochronę środowiska oraz planowanie przestrzenne. Łączenie działek w większe kompleksy jest przedsięwzięciem kosztownym, czasochłonnym i pracochłonnym. W niniejszej pracy poruszony jest problem pół-automatyzacji procesu upraszczania struktury działek rolnych. Zaprezentowane zostały dwa podejścia do rozwiązania tego problemu. W pierwszym podejściu przedstawiona została metoda grupowania działek w oparciu o ich reprezentację rastrową. W metodzie tej każdemu pikselowi przypisana jest informacja o właścicielu oraz wartości obliczeniowej danego obszaru. Natomiast w drugim podejściu pokazana została metoda bazująca na wektorach. Zaprezentowano rezultaty obu metod na podstawie danych testo-

wych. W pracy zostały przedstawione także kwestie: rozmieszczenia nowo powstałych działek, ich dostępu do istniejącej sieci drogowej, problemu tworzenia nowych dróg dojazdu oraz problemu weryfikacji otrzymanych wyników przez człowieka. Dla powyższych metod wykonano implementacje w środowisku programistycznym Python. Otrzymane wyniki, dla danych testowych, dowodzą przydatności obu metod w rozwiązywaniu problemu upraszczania struktury działek rolnych.

### **Abstract**

*Fragmentation of agricultural land parcels adversely affects agricultural economy, environmental protection and spatial planning. Aggregation of agricultural land parcels into a larger complex is an expensive, time-consuming and labour-intensive project. This paper describes the process of semi-automatic simplification of the structure of agricultural land parcels. Two approaches to the solution of this problem are presented. In the first one, the method of grouping agricultural land parcels based on their raster representation is presented. In this method, information about the owner and calculated value of area was assigned to each pixel. The second approach is based on the vector representation. This paper also presents the issues of distribution of newly created parcels, their access to the existing road network, creating new access roads and verification of the results obtained. Implementations of these methods were performed in Python software environment. The results of the test data proved usefulness of both methods in solving the problem of simplifying the structure of agricultural parcels.*

Doktoranci AGH w Katedrze Geomatyki:

Kamil Grudzień  
grudzień@agh.edu.pl

Norbert Kurpiel  
nkurpiel@agh.edu.pl