

Model symulacyjny podziału na działki w zabudowie mieszkaniowej jednorodzinnej

The simulation model for automated land subdivision
in single-housing development

Jan Janusz

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy,
Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, Katedra Architektury

Słowa kluczowe: podział na działki, modelowanie rozwoju przestrzennego, symulacje urbanistyczne

Keywords: parcel subdivision, modelling of spatial development, urban simulation

Wstęp

Problem badawczy i zakres pracy

Planowanie przestrzenne zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju zakłada, oprócz realizacji bieżących zadań, kształtowanie spójnej, długofalowej polityki. W takim ujęciu dane dotyczące stanu obecnego stają się niewystarczające w procesie decyzyjnym, lecz konieczne jest ich przetworzenie do wyższego stopnia organizacji, co wymaga wdrożenia procedur analitycznych zarówno pod względem ewaluacji, jak i prognozyki, szczególnie istotnej dla efektywnego planowania działań (Duhr, Colomb, Nadin, 2010). Doświadczenia związane z tworzeniem systemów wspomagania decyzji przestrzennych (SDSS – *spatial decision support system*) jako narzędzia komputerowego FAST (Janusz, Wardeński, 2014; Barełkowski, 2015) wskazują na specyfikę podstawowego obszaru badań, zabudowy mieszkaniowej, polegającą na kluczowym znaczeniu przewidywanej liczby mieszkań w przeważającej większości elementów analizy, nawet tak podstawowym jak prognozowany bilans zużycia mediów. Najbardziej fundamentalny podział tego typu zabudowy wyróżnia budynki wielorodzinne i jednorodzinne, dla których to typów przytoczyć można bardziej szczegółową taksonomię. Sposób kształtowania zabudowy, a co z tym związane, liczba potencjalnych mieszkań powstałych przy całkowitym wykorzystaniu przestrzeni przewidzianej na zabudowę w obszarze planowanego osiedla, jest mocno zależna od stopnia regulacji aktów normatywnych, w szczególności miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, które dość precyzyjnie określać mogą parametry zabudowy. W przypadku domów jednorodzinnych

zarówno w systemie developerskim, jak i indywidualnym, zaobserwować można określone wzorce lub faktyczne ograniczenia związane z warunkami przestrzennymi, które determinują możliwą do wydzielenia liczbę działek na określonym terenie. W odpowiedzi na to zjawisko prezentowana praca proponuje autorski algorytm dokonujący podziału na działki budowlane o parametrach określonych przez planistę. Aktualnie narzędzie ogranicza się do zabudowy jednorodzinnej, pozostawiając osiedla wielorodzinne na późniejszy etap. Równocześnie system nie aspiruje do poszukiwania w tym podziale optymalnego rozwiązania planistycznego, ale do udoskonalenia operatu szacunkowego przy obliczaniu liczby mieszkań możliwych do zrealizowania na danym obszarze przy określonych założeniach co do sposobu parcelacji, w hipotetycznej sytuacji wykorzystania całego terenu opracowania przeznaczonego na funkcję mieszkaniową, co stanowi punkt odniesienia do późniejszych analiz, w tym prognostycznej.

Środowisko implementacji

W odpowiedzi na opisane zapotrzebowanie informacyjne, opisujące rozwój przestrzenny na osi czasu, tworzone są algorytmy modeli prognostycznych. W swojej pracy Pettit (2005) proponuje ich najogólniejszy podział na niedeterministyczne, wśród których na szczególną uwagę zasługuje bogato opisywana w literaturze metoda komórkowa (CA – *cellular automata*) (White, Engelen, 2000) oraz na metody deterministyczne, budowane także z uwzględnieniem wariantowych regulacji planistycznych. Równocześnie działania projektowe realizowane są w różnej skali, zarówno lokalnej związanej ze sporządzaniem miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, jak i opracowań obejmujących funkcjonowanie całej jednostki terytorialnej, dla której szczegółowe opracowanie nie jest dostępne we wczesnych etapach. Skłania to do poszukiwania rozwiązań zautomatyzowanych, pozwalających na symulację przed wykonaniem szczegółowego projektu. Nadmienić można, że w ujęciu deterministycznym podjęcie odpowiedniej decyzji co do przeznaczenia terenu, a w skali lokalnej także szczegółowych warunków zabudowy, wiąże się z rozważeniem różnych scenariuszy rozwoju, dla których opis w formie jednej prognozy staje się niemożliwy (Kocyla, 2011). Rozległe cele analityki przestrzennej skłaniają do poszukiwania modelu przetwarzania informacji, który w uporządkowany sposób opisywałby proces analityczny. Otwiera to problematykę SDSS, których ogólna definicja przedstawiona jest w pracy Denshama (1991), jako narzędzi do przetwarzania informacji przestrzennej w procesie decyzyjnym. W proponowanej przez Sugumaran`a i DeGroote (2011) obszernej taksonomii systemy te różnią się znacząco pod względem skali, funkcji i zasady działania, a ponadto koncepcji obsługi i elastyczności.

Próba realizacji takiego systemu wspomaganie w formie aplikacji FAST służy obecnie do lokalnych symulacji na potrzeby planistyczne związane z zabudową mieszkaniową. Powiązanie oprogramowania komputerowego wykorzystywanego do tworzenia wektorowych rysunków na cele planowania przestrzennego z językiem programowania wysokiego stopnia, stwarza szerokie możliwości rozwoju. Z jednej strony pozwala na budowanie obiektowego modelu informacji i przeprowadzenie na nim szeregu operacji obliczeniowych, z drugiej natomiast zapewnia dostęp do serwerów GIS. Spośród wielu możliwych rozwiązań, w przedstawianym studium przypadku implementacja realizowana była w języku VBA powiązany z programem Autocad. Niektóre programy, między innymi wspomniany Autocad w wersji 3D Map, dedykowane są planowaniu i analizie przestrzennej, w związku z czym mają zintegrowane moduły do obsługi serwerów GIS. Aplikacje o bardziej ogólnym zastosowaniu pozwalają na dostęp do takich serwerów przez odpowiednio określone dodatki lub modyfi-

kacje (np. ArcGIS for Autocad). Uproszczoną procedurę funkcjonowania FAST jako narzędzia dedykowanego prognostyce obszarów mieszkaniowych opisać można przez wyszczególnienie kluczowych etapów. Pierwszy z nich to symulacja sytuacji, w której obszar podzielony został na działki budowlane i na wszystkich zrealizowana została zabudowa przy określonych założeniach planistycznych. Dla takiej ewentualności dokonywane jest oszacowanie podstawowych danych i parametrów, w tym odpowiednio liczby mieszkańców oraz zapotrzebowania na infrastrukturę i media na podstawie danych lokalnych. Kolejne etapy to prognoza wypełnienia na przestrzeni lat oraz narzędzie ewaluacyjne pozwalające na ocenę wpływu na wybrane elementy zrównoważonego rozwoju. Ten właśnie początkowy etap, wizualizacja podziału na działki i związanej z nim liczby budynków mieszkalnych stanowi temat badawczy prezentowanej pracy.

Kontekst i stan badań

Przy dużym zaokrągleniu, liczba działek oszacowana może być na podstawie ilorazu powierzchni obszaru przez planowaną, uśrednioną wielkość działki, powiększoną o potrzebną część wspólną związaną z komunikacją. Wprowadzanie takich modeli szacunkowych, wspomaganych ogólnymi formułami matematycznymi, w tym współczynnikiem kształtu, jest zwykłym elementem wymiarowania obszarów mieszkaniowych (Chmielewski, 1996). Takie przybliżenia, użyteczne z praktycznego punktu widzenia, dostarczają bardzo uogólnionych odpowiedzi w kwestiach, których szczegółowa ocena potrzebna jest już we wczesnym etapie projektowania, w tym inwestycji drogowych i infrastrukturalnych w zależności od lokalnych czynników. Równocześnie naukowy potencjał wprowadzania scenariuszy podziału zauważyć można w kontekście analiz i symulacji w wielu aspektach, w tym zarządzania ruchem kołowym (Brzuchowka, Ossowicz, 2008; Czogalla, Herrmann, 2013) lub modeli ewaluacyjnych (Müller-Eie, Bjorno, 2014). W literaturze, w zakresie podziału obszaru na działki proponowano wiele algorytmów, podkreślając przy tym doniosłe znaczenie takiej implementacji. Część prac ograniczała się do podziału fragmentów wyznaczonych przez istniejący szkielet ulic bez wprowadzania nowych dróg i kwartałów, stosując algorytmy teselacji w sposób bezpośredni (Vanegas i in., 2012) lub implementując operacje genetyczne. Alternatywne podejście zaprezentował Janssen i Kaushnik (2014), ograniczając się do stworzenia sieci dróg, która wyznacza obszary zabudowy. W zakresie badań odnoszących się do obu tych aspektów Wickramasuriya (2010) wraz z zespołem badawczym zaproponował sposób podziału obszaru o regularnym kształcie zbliżonym do prostokąta, który w późniejszych pracach zaadoptowany został do innych kształtów przez procedurę wpisania prostokąta na obrysie terenu, przeprowadzeniu na nim podziału, a następnie wycięcie obrysu obszaru w wygenerowanych działkach (Wickramasuriya i in., 2011). Rozwiązanie takie pozostawia bardzo wiele niewymiarowych działek, często niezdatnych nawet do zabudowy. Inny, bardziej złożony algorytm zaimplementowany w środowisku ArcGIS opracowany i przedstawiony został przez Dahal i Chow (2014). Pozwała on na podział nieregularnych kształtów na parcele, a następnie na pojedyncze działki z uwzględnieniem obrysu obszaru i połączeń drogowych. Niewątpliwie poziom tej aplikacji jest niezwykle wysoki, jednak sami autorzy zaznaczają konieczność rozwoju w celu lepszej adaptacji, w szczególności w zakresie rozpoznawania kształtu obrysu. Zaproponowana metoda pozostawia część działek, a często cały rząd, niezdatnych do zagospodarowania, co możliwe byłoby do zniwelowania przez lekkie

rozciągnięcie działek blisko centrum obszaru. Co więcej, żadna z przytoczonych metod w żaden sposób nie odnosi się do aktualnego podziału własności, która bywa kluczowa przy wszelkich podziałach. Na podstawie tego postawić można hipotezę, że budowanie alternatyw dla istniejących systemów jest wciąż obszarem istotnym i perspektywnym. Zaproponowanie nowego modułu aplikacji nie jest aktem konkurencji z istniejącymi systemami, lecz próbą rozwiązania zauważonych problemów i przyczynkiem do dalszego rozwoju.

Założenia i działanie autorskiego algorytmu

Na podstawie przytoczonych wyżej opracowań referencyjnych, a także diagnozowanego zapotrzebowania dla zastosowań analitycznych, ustalone zostały poniższe założenia, postulaty i wytyczne:

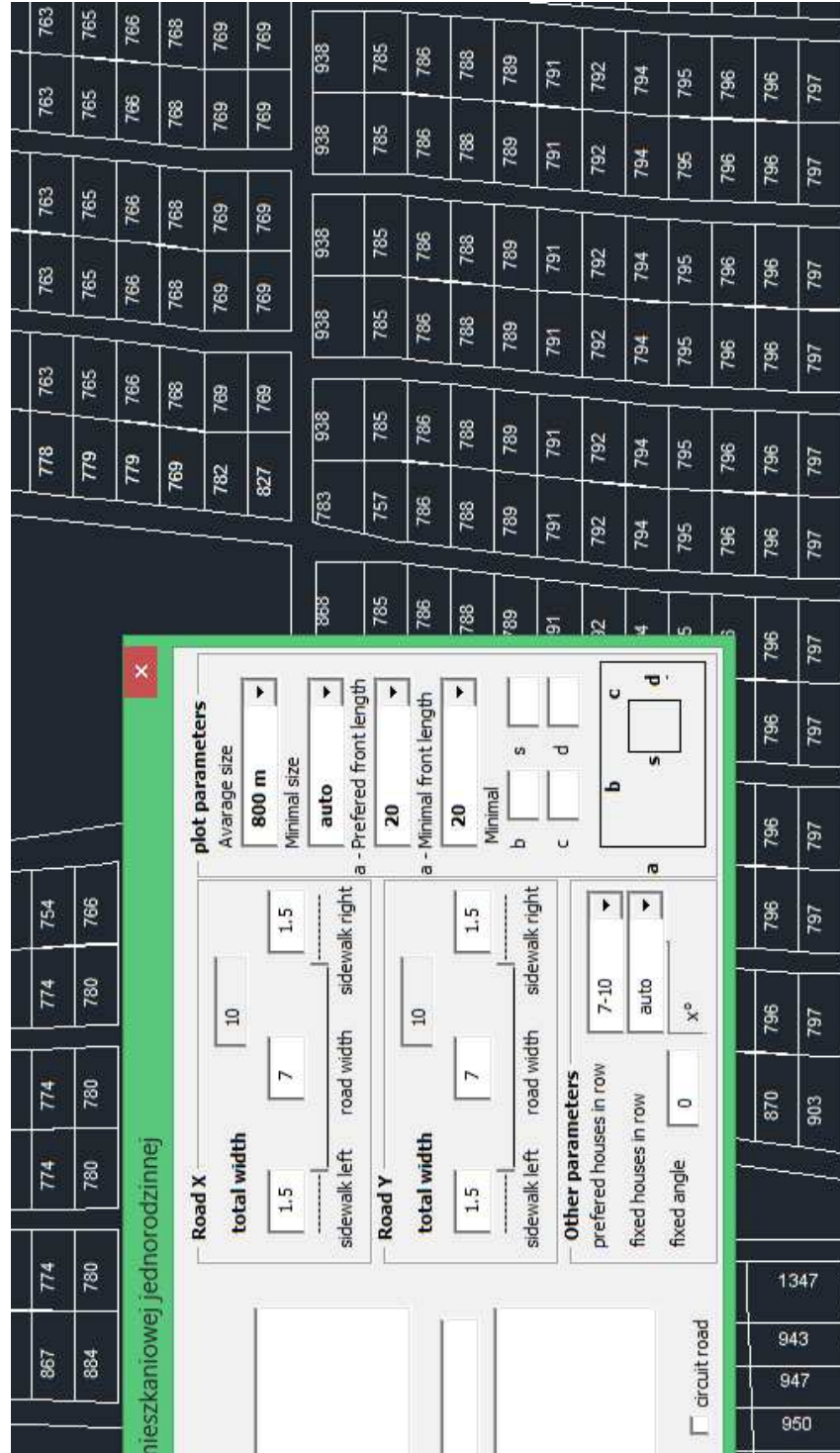
- eliminacja działek niezdatnych do zabudowy,
- redukcja działek niewymiarowych,
- elastyczne dopasowanie do kształtu obszaru zabudowy,
- redukcja nieprawidłowych rozwiązań urbanistycznych (działki nieregularne, drogi po frontowej i tylnej stronie działki itp.),
- wprowadzenie algorytmów szukających najbardziej efektywnego wypełnienia terenu według wybranych założeń (minimalizacja dróg, maksymalizacja liczby działek itp.),
- uwzględnienie podziału własnościowego,
- duża efektywność obliczeniowa (zastosowania na dużym obszarze, wariantowanie zabudowy),
- kontrola nad ułożeniem działek względem stron świata,

Proponowany sposób podziału wymaga wybrania obszaru lub wielu obszarów oraz określenia założeń co do parametrów działek (rys. 1). Oznacza to proporcje, wymiary oraz areal w odniesieniu do średniej oraz do wartości granicznych. Możliwe jest także zdefiniowanie preferowanego ułożenia działek względem stron świata. Oczywiście konfiguracji podlegają także wymiary drogi oraz odległości między skrzyżowaniami (mierzone w metrach lub liczbie domów w rzędzie). Jako rezultat obliczeń generowany jest podział na działki w formie grafiki wektorowej oraz zestawienie ponumerowanych działek z możliwością dalszego ich przetwarzania i eksportu danych do programu Excel.

Propozycja nowej metody obliczeniowej

W celu realizacji założonych postulatów adaptacji do kształtu obszaru oraz maksymalnego pod względem liczby działek wypełnienia terenu, metoda obliczeniowa podzielona została na etapy, dla których przewidziano pętle szukające optymalnego rozwiązania w myśl przyjętych parametrów. Metodyka ich budowania oparta była na zasadach i normatywach występujących w praktyce projektowania osiedli mieszkaniowych. Adaptacja procedury do informacji przestrzennej bazuje na metodologii komputerowego przetwarzania informacji przestrzennej przedstawionej przez Malczewskiego i Rinnera (2015), w której na szczególną uwagę zasługuje warunek, który można sformułować w następujący sposób:

$if f(x_i) \geq f(x^n), x \in \langle 0; n \rangle then a = x_p$ gdzie: a – szukany parametr przestrzenny



Rysunek 1. Interfacc: Wprowadzenie danych

1. W związku z rastrowym charakterem podziału, pierwszym etapem jest ustalenie relatywnego układu współrzędnych. W tym celu dokonywany jest wirtualny obrót. Dla późniejszych obliczeń rozważane są trzy warianty kątów obrotu.

a – kąt najdłuższej linii regionu względem globalnej osi *x*
b – kąt najdłuższej linii łączącej krzywe, w którym łączana suma kontów nie przekracza 30°
c – obrót funkcji spełniający warunek najmniejszego prostokąta opisanego na regionie
 dla $\alpha = \{a, b, -c\}$
 obrót regionu = $(-\alpha)$,
 'a może być także dostosowana do stron świata, uproszczony schemat kodowania

2. Etap, stanowiący sedno metody, polega na przeprowadzeniu wirtualnych prostych równoległych do osi *x* i wyznaczeniu punktów przecięcia z funkcją regionu. Prowadzenie linii to tylko opis geometryczny, odczyt osi *x* dla odpowiedniego *y* krzywych tworzących region jest znacznie efektywniejszy obliczeniowo. Zapis punktów przecięcia tych linii z obrysem terenu pozwala na klasyfikację kształtu i wprowadzenie odpowiedniego układu ulic. Odległość linii wynosi około dwie szerokości działek, ale adaptuje się ona w zależności od wielkości projektu (rys. 2a).

*y*_{max}, *y*_{min}, *x*_{max}, *x*_{min} – maksymalne i minimalne wartości funkcji opisujących region
 liczba prostych = $\frac{y_{max} - y_{min}}{\text{odległość linii}}$, odległość prostych = 2 · szerokość działek
 dla *z* = 0 do *z* = liczba prostych
 $p_n = (p_{nx}, p_{ny})$ = punkt przecięcia krzywych wyznaczających region z prostą *y*:
 $y = y_{min} \cdot z \cdot \text{odległość linii} + 10$.
 Pozwala to na zapis: $P = \begin{bmatrix} p_{0x} & p_{0y} \\ p_{1x} & p_{1y} \\ \vdots & \vdots \\ p_{nx} & p_{ny} \end{bmatrix}$, gdzie: $y_1 = y_{min} + 10$, *n* = liczba przecięć – 1, *n* ∈ *N*
 Analogicznie zapis przecięć z liniami podziału własności to tablica *R*,
 'rysowanie linii nie jest konieczne. Wystarczy odczytanie z krzywych regionu wartości *x* dla $y_{max} \cdot z \cdot \text{odległość linii} + 10$ dla kolejnych *z*, uproszczony schemat kodowania

3. Dla zebranych w tablicy punktów stwierdzić można generalną zasadę, że dla każdego kolejnego *n* od 0 do połowy liczby przecięć linii z obwiednią regionu, minus jeden, każdy odcinek $(p_{(2n)x}; p_{(2n)y}; p_{(2n+1)x}; p_{(2n+1)y})$ znajduje się wewnątrz regionu, a jego punkty znajdują się na krzywych regionu, przy czym $p_{2ny} = p_{2n+1y}$. Kolejność zapewniona opisanym powyżej procesem wewnętrznej pętli pozwala na ustalenie warunków granicznych podziału, a także wprowadzenie pętli szukających optymalnego rozwiązania. Proces ten polega na dzieleniu

odcinków $(p_{(2n)x}; p_{(2n)y}; p_{(2n+1)x}; p_{(2n+1)y})$ na proporcjonalne odcinki zbliżone do dwukrotności modelowej długości działek. Punkty wyznaczone w ten sposób stanowią podstawę do wyznaczenia dróg zbliżonych do osi Y zwanych dalej drogami wertykalnymi (rys. 2b).

Metoda podziału pozwalająca tworzyć drogi zbliżone do osi X (drogi poziome, horyzontalne) ma charakter warunku przekroczenia ustalonej wartości poprzez sumowanie wag poszczególnych akcji tworzących drogę pionową, co ma za zadanie wprowadzić drogę poziomą w korzystnym miejscu.

'Nadrzędne pętle szukające optymalnego rozwiązania wprowadza się przez wariantowanie: część zmiennych pozyskiwane jest z poprzedniego procesu, dla zwiększenia czytelności stare zmienne oznaczone zostaną indeksem dolnym 0, czego nie stosuje się w języku VB.

dla $a \in A$, dla $b \in B$, dla $K_i \in C$, $q \in Q$.

długość działki_{brutto} = modelowa długości działki + $\frac{1}{2}$ szerokości drogi + a

szerokość działki_{brutto} = model. szerokość działek + $\frac{1}{\text{liczba działek w rzędzi}}$ szerokości drogi + b

K_i - wartość krytyczna wykorzystywana przy tworzeniu podziałów poziomych. Wartość ta oznacza liczbę działek, po której zawsze, nawet w najbardziej korzystnych warunkach, występuje droga. Użytkownik może określić zbiór testowy C, zbiór Q modyfikuje wagi poszczególnych akcji będących odpowiedzią na lokalny kształt regionu.

'Określenie dwóch pętli wewnętrznych tworzących sieć ulic o charakterze rastra w osi x i y

dla $j = 0$ do $j = (\frac{X_{max} - X_{min}}{\text{długość działki}_{brutto}} + 2)$ zaokrąglone do liczb całkowitych, $j \in N'$ pętla

dla $n = 0$ do $n = (\text{liczba punktów} / 2 - 1)$, $n \in N'$ pętla

K - odliczanie punktów wartości krytycznej

Jeśli $(n = 0)$ to $(K = K_i + 1)$

Liczba lokalnych podziałów - $t = \lfloor \frac{p_{(2n+1)x} - p_{(2n)x}}{2 \cdot \text{długość działki}_b} \rfloor$, zaokrąglona do liczb naturalnych

długość lokalnych podziałów - $d = \frac{p_{(2n+1)x} - p_{(2n)x}}{t}$

' poniższe zmienne l, p, przewidziane są dla wariantu drogi obwodowej, występuje także wariant braku drogi odwodowej i zewnętrznych dróg przylegających w wybranych fragmentach.

l, p - zmienne wprowadzające drogę pionową ($r = \text{szerokość_drogi} / 2$, $l = 0,01$)

jeśli $(j = 0$ lub j jest parzyste) to $(l = \text{szerokość_drogi} / 2$, $r = 0,01$)

g - zmienna wprowadzająca drogę poziomą,

$g = \text{szerokość_drogi}$, jeśli $(n = 0)$ to $g = -30$

$A(x_a, y_a)$, $B(x_b, y_b)$, $C(x_c, y_c)$, $D(x_d, y_d)$ - bieżące punkty wyznaczające odcinki AB i CD

' poziomy odcinek AB zaczynający kwartał zabudowy

jeśli $(K > K_i)$ to $(x_a = (p_{(2n)x} + d \cdot j - l)$, $y_a = p_{(2n)y} + g$, $x_b = (p_{(2n)x} + d \cdot (j + 1) - l)$, $y_b = y_a$

wstaw.(AB)

' Dociągnięcie do obrysu regionu. Podlega pewnym zmianom, ale zasadniczo działa według poniższego schematu. Dalej nazywane będzie w skrócie jako funkcja SNAP.

jeśli $(|x-p_{(2n)x}| < d/2)$ to $(x=p_{(2n)x})$, jeśli $(|x-p_{(2n+1)x}| < d/2)$ to $(x=p_{(2n+1)x})$

' Dociągnięcie do linii podziałów własności. Dalej nazywane będzie w skrócie jako funkcja PROP.

jeśli $\forall r_{ix} (|x-r_{ix}| < d/2)$ i $r_{ix} < r_{(i-j)x}$ to $(x=r_{ix})$, jeśli $\forall r_{ix} (|x-r_{ix}| < d/2)$ i $r_{ix} < r_{(i-j)x}$ to $(x=r_{ix})$

' Pierwsze odcinki AB, CD zaczynające kwartał zabudowy w układzie wertykalnym.

$x_a = (p_{(2n)x} + d \cdot j - 1)$, $y_a = p_{(2n)y} + g$, $x_b = x_a$, $y_b = p_{(2n+1)y}$, SNAP, PROP, wstaw.(AB)

$x_c = (p_{(2n)x} + d \cdot (j + 1) - 1)$, $y_c = y_a$, $x_d = x_a$, $y_d = y_b$ SNAP, PROP, $K = 2$, wstaw.(AB))

' Następne linie w układzie wertykalnym AB, CD

jeśli $(K < K_0)$ to (

' Gdy pochylenie bocznych linii jest zbyt duże, co powodowałoby duże zdeformowanie działek, podział następuje ortogonalnie. Opisuje to kluczowy dla aplikacji warunek zamieszczony poniżej:

jeśli $|p_{(2n+2)x} - p_{(2n+1)x}| > 30 + 0.01|p_{(2n+2)x} - p_{(2n+2)x}|$ lub $|p_{(2n+2)x} - p_{(2n+1)x}| > 45$ lub $|p_{(2n+2)x} - p_{(2n)x}| > 30 + 0.01|p_{(2n+2)x} - p_{(2n+1)x}|$ lub $|p_{(2n+2)x} - p_{(2n)x}| > 45$ to (

$x_a = x_{b0}$, $y_a = y_{b0}$, $x_b = x_{b0}$, $y_b = p_{(2n)y}$, $x_c = x_{d0}$, $y_c = y_{d0}$, $x_d = x_{d0}$, $y_d = p_{(2n)y}$ SNAP, PROP, $e = e_0 - 1$, $K = K_0 + 2$, wstaw.(AB))

' w przypadku nie spełnienia warunku, następuje proces elastycznej adaptacji kształtu

inaczej $(x_a = x_{b0}$, $y_a = y_{b0}$,

$$x_b = x_a + \frac{(|x_a - p_{(2n+2)x}|)(p_{(2n+2)x} - p_{(2n+1)x}) + (|x_a - p_{(2n+2)x}|)(p_{(2n+2)x} - p_{(2n)x})}{p_{(2n+2)x} - p_{(2n+2)x}}$$

SNAP, PROP, $K = K_0 + 2 + q$, $e = e_0 - 1$, wstaw.(AB))

' Następnie warunek pozwalający na wprowadzenie drogi w przypadku lokalnego uskoku.

jeżeli $(p_{(2n+2)y} \neq p_{(2n+4)y}$ i $(|p_{(2n+4)x} - p_{(2n+2)x}|) - (|p_{(2n+2)x} - p_{(2n)x}|) > 70$ i $K > 1/8 K_0$ i $e < 1$) to

$(K = K_0 + 1, e = 5)$

' Zamknięcie kwartału

Jeżeli $K > K_0$ lub $n = \text{liczba punktów}/2 - 1$ to (wstaw.(DB))

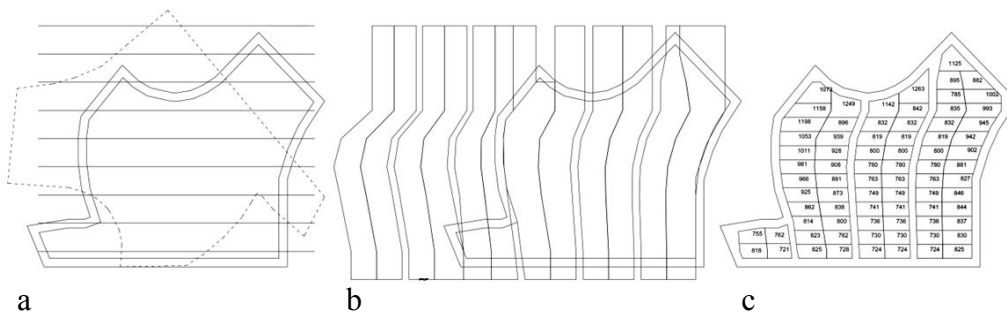
' po zakończeniu pętli j ze wszystkich zamkniętych odcinkami obszarów tworzony jest zbiór regionów H z regionami h, następnie dla każdego regionu h znajdowana jest część wspólna z regionem obszaru opracowania W.

Wstaw.zbiór_regionów(odcinki)

$\forall h \in H. \text{część_wspólna}(\text{region}W)$

' W ten sposób tworzony jest układ dróg oraz przestrzeń przeznaczona na działki, uproszczony schemat kodowania

4. Ostatnim krokiem jest dokonanie podziału na poszczególne działki i ich walidacja pod względem przydatności pod zabudowę mieszkaniową (rys. 2c). Zasadniczo jest to etap mniej skomplikowany, przez co jego szczegółowy opis jest zbędny. Obszar pomiędzy drogami, zwany roboczo kwartałem, ma wstępny podział na dwa wertykalne pasy, z których wycina się działki. W momencie, kiedy działka nie spełnia niezbędnych warunków, jest zbyt mała i nieforemna lub nie można na niej umieścić kwadratu o boku 10 z zachowaniem odstępu 4 od krawędzi, jest ona łączona z sąsiadującą, najmniejszą i najmniej foremną działką. Foremność zdefiniowana jest jako iloraz działki i obrysowanego na niej prostokąta. W podziale uwzględnione mogą być granice własności przez dociągnięcie punktów analogicznie do etapu piątego.



Rysunek 2. Schemat działania algorytmu dla obszaru z drogą zewnętrzną: a – obrót obszaru i „przeprowadzenie” wirtualnych linii, b – stworzenie układu ulic i parcel, c – podział na działki

5. Ostatni etap to automatyczne porównanie wyników dla wszystkich pętli i pozostawienie modelu, który jest najlepiej oceniony według wprowadzonych założeń. W tym zakresie poszukiwanie właściwych parametrów jest sprawą zależną od założeń i preferencji. Zmienne wymienione są w tabeli.

Zmienna		Zastosowywany mnożnik*
Liczba działek	Każda działka – (-1p)	0,2
Powierzchnia dróg	Każde 400 m ² – 1 p	0
Foremność działek	Iloczyn działki i najmniejszego prostokąta na niej obrysowanego. Suma punktów wszystkich działek według skali: 0,9-0,8 – 1 p; 0,8-0,7 – 3 p; 0,7-0,6 – 6 p; 0,6-0,5 – 6 p, -10	2
Niewymiarowe działki	Różnica między modelową wielkością 0-50 m ² – 0 p; 50-100 m ² – 1 p; 100-200 m ² – 2 p; 200-300 m ² – 4p; 300-500 m ² – 8 p; 'działki nie mniejsze niż A – 100 m ²	0,2

*Ustawienia mogą ulegać zmianie, powyższe mnożniki zastosowane zostały w przedstawionym przykładzie implementacji.

Walidacja

Jednym z założeń metodycznych była walidacja algorytmu na serii przypadków reprezentujących różne warianty obszarów, począwszy od prostokąta a kończąc na kształtach nieregularnych. Kluczowe było także porównanie z innymi systemami podziału opisanymi wcześniej, w szczególności z zaproponowanym przez Chow i Dahal (2014) (rys. 3), który reprezentuje niezwykle trudny, lecz wciąż prawdopodobny przypadek kształtu nieregularnego.

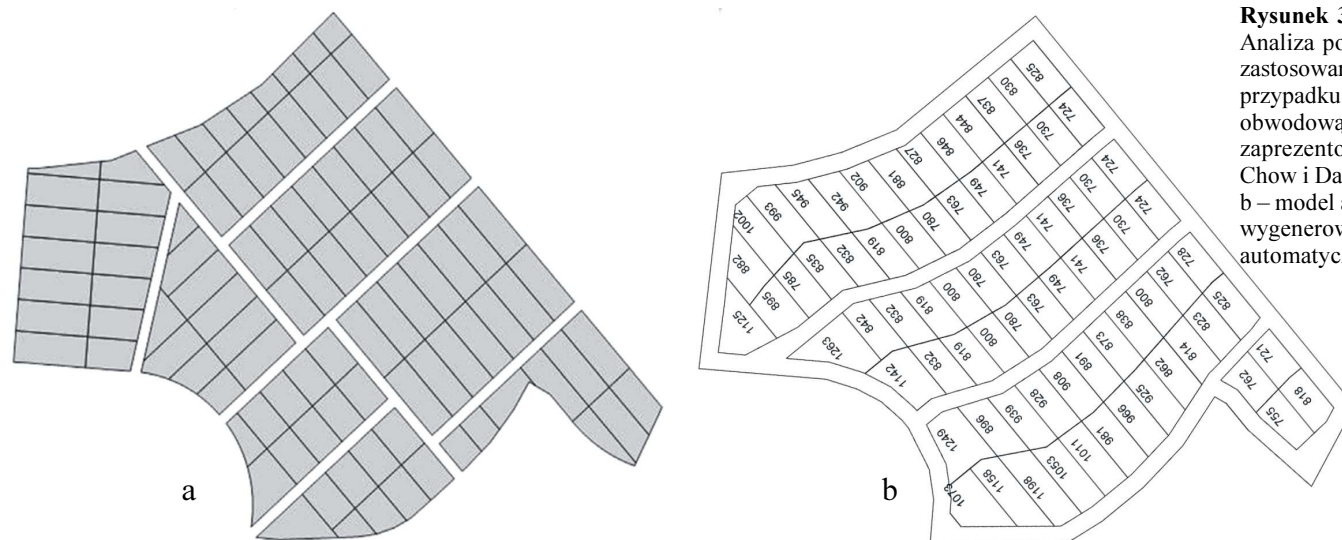
Przedstawiony przykład pokazuje, że w autorskim wariacie (rys. 3b) różnice między wielkościami działek są znacznie mniejsze – dla 102 wygenerowanych działek odchylenie standardowe wynosi 14,03%, przy czym odchylenie w kierunku działek mniejszych od średniej jest minimalne (rys. 4). W dodatku nie pojawiają się żadne działki niezdatne do zabudowy. W alternatywnym przypadku (rys. 3a), w związku z brakiem wymiarowania w cytowanej pracy, pomiar ilościowy jest bardzo utrudniony, lecz informacje wynikające z bilansu jakościowego są bardziej istotne. W cytowanym przykładzie liczba działek to 98 z czego najprawdopodobniej (szacując po szerokości drogi) niezdatnych do zabudowy jest 12. W tym wariacie różnice wielkości działek są bardzo duże, szczególnie w kierunku działek bardzo małych. Odchylenie standardowe wynosi 25,5%. Nie sposób wykluczyć, że przez inną konfigurację urządzenia uzyskać można lepszy wynik, jednak posłużenie się przykładem z pracy, więc poniekąd sztandarowym, odsuwa podejrzenie manipulacji. Niemniej jednak liczba działek „niepoprawnych urbanistycznie”, to znaczy takich, które nie pozwalają na prawidłowe strefowanie, w tym na wygenerowanie prywatnej strefy ogrodu, jest bardzo duża i oszacować ją można na ponad 21%.

Na rysunku 5 zilustrowane jest działanie narzędzia na różnych rodzajach i skalach bardziej foremnych obrysów. Obliczeniowa wydajność jest bardzo duża. Dla największego z prezentowanych obszarów proces trwał krócej niż minutę.

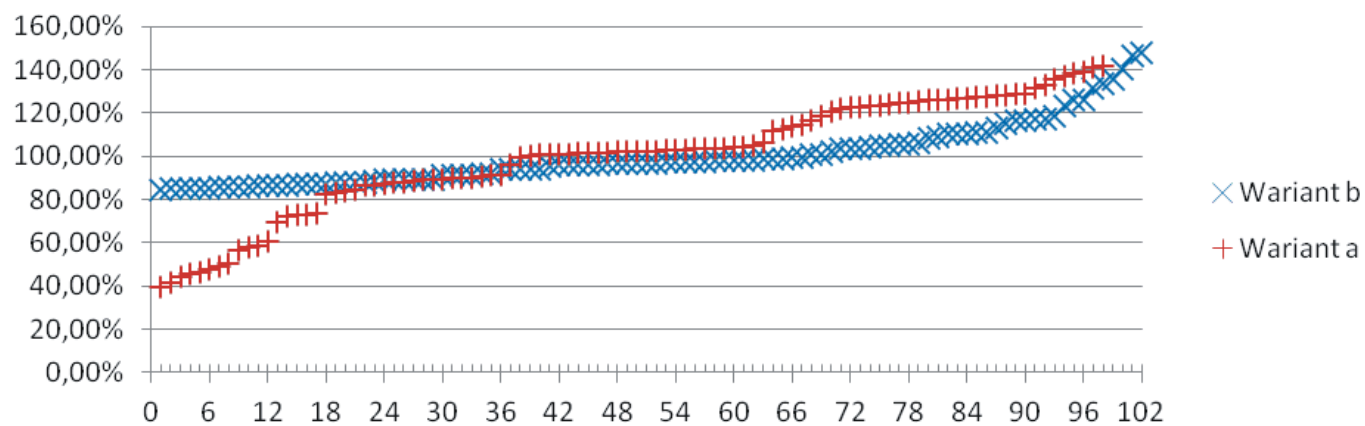
Podsumowanie

Wnioski

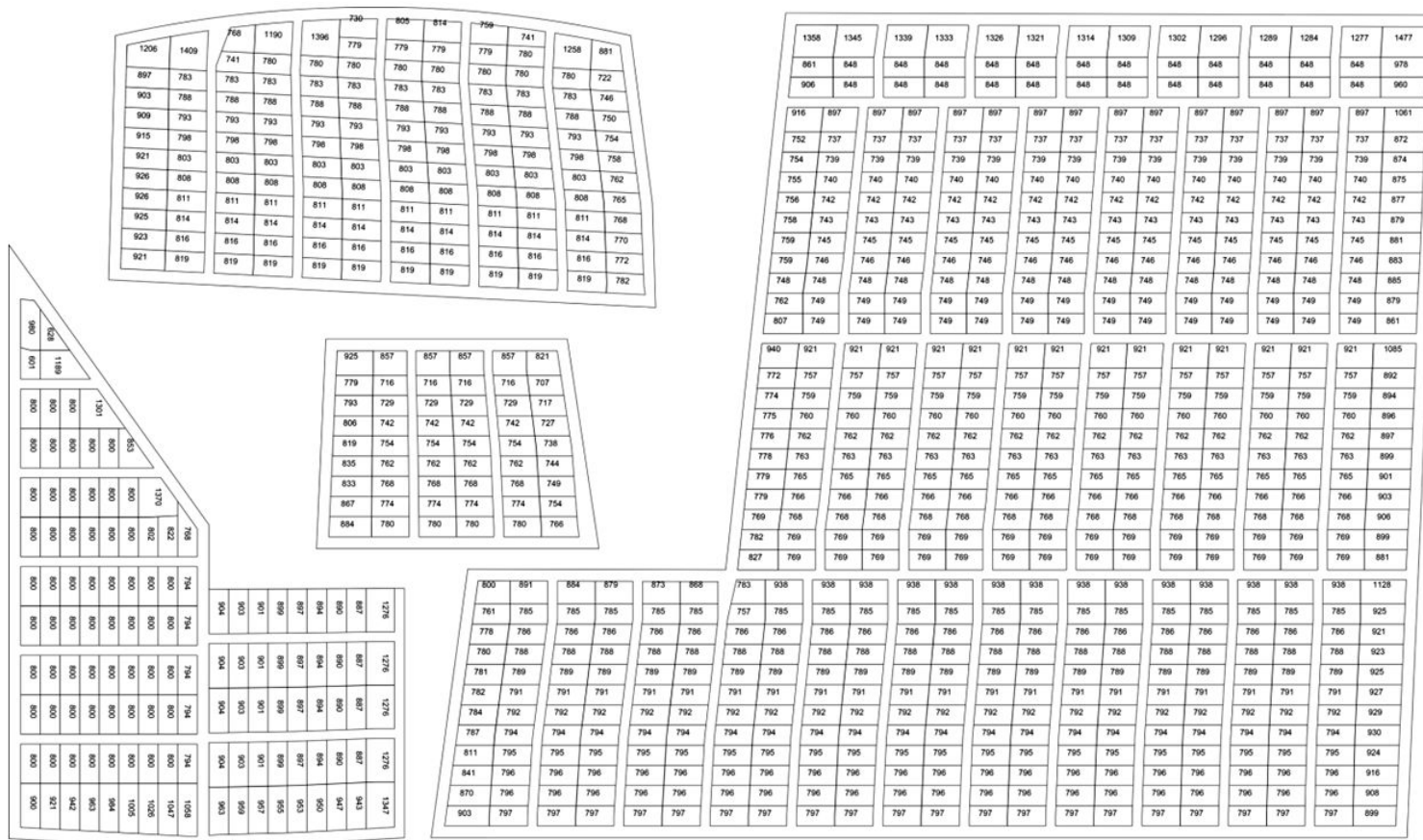
Aktualne doświadczenia implementacyjne, zaprezentowane w miarę możliwości w pracy, przedstawiają alternatywę dla istniejących rozwiązań symulacji podziału na działki, która wykorzystuje inną metodę i generuje zupełnie inny rezultat. Prezentowany model wykorzystany może być bezpośrednio jako wstępny szacunek liczby działek oraz pośrednio jako narzędzie wspomagające pracę projektanta. Podstawowym założeniem była skuteczność narzędzia w przeprowadzaniu symulacji na różnych kształtach obszaru badania, w tym bardzo nieregularnych. Opisane w poprzednim rozdziale porównanie z istniejącymi narzędziami potwierdza zasadność poszukiwań. Cechą szczególną opracowania jest duży nacisk na bieżącą walidację, oprócz danych ilościowych także jakości generowanych działek i poszukiwanie przez algorytm rozwiązania optymalnego wobec założonych kryteriów. Wraz z możliwością wykluczenia rozwiązań zawierających działki niezdatne do zabudowy czyni to prognozę ilościową bardziej przydatną. W połączeniu z rozbudowanym systemem wprowadzania parametrów przez użytkownika, narzędzie pozwala na ścisłe powiązanie symulacji z regulacjami planistycznymi.



Rysunek 3. Analiza porównawcza zastosowania do przypadku z drogą obwodową: a – model zaprezentowany w pracy Chow i Dahal (2014), b – model autorski wygenerowany w pełni automatycznie



Rysunek 4. Wykres – wielkość działek od najmniejszej, wyrażona w procentach (100% – średnia arytmetyczna)



Rysunek 5. Przykłady implementacji na obszarach o różnej wielkości i geometrii

Perspektywy rozwoju

Zaprezentowana praca stanowi przyczynek do dalszego rozwoju, gdyż efektywne wykorzystanie zarówno w badaniach naukowych, jak i praktyce planowania przestrzennego wymaga opracowania określonych kwestii. Przede wszystkim oznacza to ulepszenie metody kształtowania sieci ulic z propozycją ich hierarchizacji i wariantowania. Dodatkowo owocny rezultat przynieść może zwiększenie puli zmiennych przestrzennych uwzględnianych w obliczeniach, w tym ukształtowania terenu, istniejącej zabudowy i struktury zieleni. Najbliższym krokiem jest wprowadzenie do narzędzia mechanizmu współdziałania z istniejącymi drogami na terenie objętym badaniem oraz opracowanie metody ewentualnego uwzględniania funkcji dodatkowej, w tym między innymi obiektów usługowych, koniecznych przy dużej powierzchni osiedla. Dla poszczególnych stadiów implementacji nowych funkcji i elementów symulacji przewidziane są obszerne badania porównawcze zarówno z referencyjnymi narzędziami, jak i z dużą pulą zrealizowanych osiedli mieszkaniowych, a także projektów koncepcyjnych. W dalszej perspektywie planowane jest także przygotowanie procedury dla zabudowy wielorodzinnej.

Literatura

- Barełkowski R., 2015: FAST Matrix: Depicting The Time-related Aspect Of Urban Development, The Sustainable City X. Transactions on Ecology and the Environment. Brebbia C.A. Florez-Escobar W.F. (red.), WIT Press, Southampton & Boston: 3-9.
- Brzuchowska J., Ossowicz T., 2008: Wykorzystanie systemów geoinformacyjnych do potrzeb symulacji i optymalizacji przekształceń systemów transportowych i zagospodarowania przestrzennego. *Roczniki Geomatyki* t. 6, z. 3: 48-51, PTIP, Warszawa.
- Chmielewski J., 1996: Teoria urbanistyki. Wybrane zagadnienia. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa: 109-113.
- Czogalla O., Herrmann A., 2013: Estimation of Vehicle Emissions of improved Traffic Management Performance using Micro-simulation. 20th ITS World Congress. Supangkat S.H. (red), Tokyo, Japan: 3-6.
- Dahal K.R., Chow T.E., 2014: A GIS toolset for automated partitioning of urban lands. *Environmental Modelling & Software* vol. 55, issue C: 222-234.
- Densham P.J., 1991: Spatial decision support systems. Proceedings of Geographical Information Systems: principles and applications, Maguire D.J., Goodchild M.F, Rhind D. (red.), Longman Scientific & Technical, London: 405-408.
- Duhr S., Colomb C., Nadin V., 2010: European Spatial Planning and Territorial Cooperation. Routledge, New York: 70-80.
- Janssen P., Kaushik V., 2014: PLOT PACKING, A procedure for generating well-formed street networks. Gu N., Watanabe S., Erhan H., Hank Haeusler M., Huang W., Sosa R. (eds.), Rethinking Comprehensive Design: Speculative Counterculture. Proceedings of the 19th International Conference on ComputerAided Architectural Design Research in Asia CAADRIA 2014: 533-542.
- Janusz J., Wardeski L., 2014: FAST: instant verification of the results of planning decisions. The Sustainable City IX. Urban Regeneration and Sustainability. Marchettini N., Brebbia C. A., Pulselli R., Bastianoni S. (red.), WIT Press, Southampton & Boston: 691-700.
- Kocyla J., 2011: Systemy wsparcia decyzyjnego w problematyce katastru nieruchomości i planowania przestrzennego. *Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania* vol. 36, issue 1: 75-77.
- Malczewski J., Rinner C., 2015: Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science. *Advances in Geographic Information Science*, Springer, New York: 145-153.
- Müller-Eie D., Bjorno L., 2014: Urban sustainability as social innovation. The Sustainable City IX Urban Regeneration and Sustainability. Marchettini N., Brebbia C.A., Pulselli R., (red.), WIT Press, Siena: 98-99.
- Petit C.J., 2005: Use of a collaborative GIS-based planning-support system to assist in formulating a sustainable-development scenario for Hervey Bay, Australia, *Environment and Planning B: Planning and Design* vol. 32: 527-529.

- Sugumaran R., DeGroot J., 2011: Spatial Decision Support Systems. Principles and Practices, Taylor & Francis Group, New York: 193-199.
- Vanegas C.A., Kelly T., Weber B., Halatsch J., Aliaga D., Müller P., 2012: Procedural Generation of Parcels in Urban Modeling. Eurographics, Cignoni P. (eds.), vol. 31, issue 2: 3-7.
- White R., Engelen G., 2000: High-resolution integrated modelling of the spatial dynamics of urban and regional systems. *Computers, Environment and Urban Systems* vol. 24, issue 5: 383-400.
- Wickramasuriya R., Chisholm L., Puotinen M., Gill N., Klepeis P., 2010: Parcel subdivision automation for agent-based land use modelling. International Congress on International Environmental Modelling and Software, Swaine D., Yang W., Voinov A., Rizzoli A., Filatova T. (eds.), Ottawa: 5-7.
- Wickramasuriya R., Chisholm L.A., Puotinen M., Nicholas Gill N., Klepeis P., 2011: An automated land subdivision tool for urban and regional planning: concepts, implementation and testing. *Environmental Modelling & Software* vol. 26, issue 12: 1675-1684.

Streszczenie

Praca przedstawia badania nad zagadnieniem symulacji podziału na działki obszarów przeznaczonych na zabudowę mieszkaniową jednorodzinną. Jest to jeden z elementów autorskiego systemu wspomagania planowania przestrzennego FAST w formie narzędzia komputerowego służącego bilansowi, ewaluacji i prognostyce zabudowy mieszkaniowej. Zamieszczone w artykule studium literatury ma na celu przybliżenie stanu badań w tym zakresie, a także potencjału oraz perspektyw wykorzystania takiego algorytmu zarówno w projektowanym narzędziu IT oraz w szerszym ujęciu w przetwarzaniu danych GIS w kierunku pełniejszego zobrazowania prognozy rozwoju obszarów mieszkaniowych. Zarówno część studyjna, jak i projektowa odnoszą się do oceny dotyczącej słabych i mocnych stron aktualnych systemów podziału, dokonując analizy porównawczej wybranych elementów uznanych za najtrudniejsze do automatycznego przetwarzania. W przedstawionym opisie proponowanego algorytmu podziału na działki budowlane odzwierciedlona jest metoda badawcza polegająca na przełożeniu na język programowania warunków logicznych opisanych przez założenia i regulacje planistyczne dotyczące zabudowy, a także dodatkowych danych, w tym struktury własności, istniejących obiektów i kształtu parceli.

Abstract

The paper presents the research on the algorithm for automated parcel division in single-housing development. It is an element of the original planning support system FAST: The IT tool for the estimation of crucial parameters, evaluation and prediction of residential areas development and performance. The study of reference works aims at presenting the current state of research as well as the potential and prospects for the usage of the algorithm both, in the proposed IT tool and broadly in GIS data processing towards a more complete visualisation and forecast for residential areas. The study assesses strengths and weakness of existing division systems in analytic and implementation phases, particularly using comparative analysis of selected, the most difficult cases. The implemented parcel division algorithm reflects the research method: the translation of the logical conditions included in spatial development guidelines and regulations, as well as additional data (such as the ownership structure, the existing facilities and shapes of lots) into the mathematical description programming language.

mgr inż. arch. Jan Janusz
jjanusz88@wp.pl