

*Izabela Piech*

**OPRACOWANIE NUMERYCZNEGO MODELU  
POKRYCIA TERENU DLA POTRZEB MIEJSCOWEGO  
PLANU ZAGOSPODAROWANIA PRZESTRZENNEGO**

---

***PREPARATION OF DIGITAL SURFACE MODEL  
FOR THE PURPOSE OF THE LOCAL PLAN  
OF SPATIAL DEVELOPMENT***

**Streszczenie**

Praca przedstawia przebieg opracowania Numerycznego Modelu Pokrycia Terenu. Zawiera ona opis wykonania poszczególnych etapów na fotogrametrycznej stacji cyfrowej Delta, m.in. orientację i stereodigitalizację, a także wizualizację przy pomocy programów Microstation i Surfer. Ponadto pokazuje sposób zastosowania Modelu dla potrzeb planowania przestrzennego, a dokładniej zobrazowania Miejscowego Planu Zagospodarowania Przestrzennego na NMPT. Dodatkowe informacje zawarte w pracy dotyczą metod i procedur pozyskiwania danych o terenie i ich zastosowania oraz ogólnej wiedzy na temat planowania przestrzennego. Charakterystyka obszaru badań została wzbogacona o wnioski pochodzące z analizy NMPT.

**Słowa kluczowe:** Numeryczny Model Pokrycia Terenu, Miejscowy Plan Zagospodarowania Przestrzennego, stereogram, wizualizacja

***Summary***

*The paper presents the course of preparation of the Digital Surface Model. It contains a description of the performing of the individual stages on the digital photogrammetric station Delta, including orientations and stereodigitalization and visualization using Microstation and Surfer programs. In addition, the paper shows how to apply the Model for purposes of local planning and in particular how to illustrate the Local Plan of Spatial Development on the DSM. In the paper*

*there are additional informations about methods and procedures of acquisition of terrain details and the use of them as well as general knowledge of spatial planning. The characteristics of the research area has been enriched with the conclusions from analysis of the DSM.*

**Key words:** *Digital Surface Model, Local Plan of Spatial Development, stereogram, visualization*

## WPROWADZENIE

Postęp techniczny obserwuje się obecnie w każdej dziedzinie życia. Również w fotogrametrii i planowaniu przestrzennym zachodzą ciągłe zmiany, dzięki którym coraz łatwiej, taniej i szybciej wykonuje się odpowiednie opracowania.

Rozpowszechnienie wykonywania i analizy zdjęć lotniczych umożliwiło obserwację zjawisk i procesów zachodzących w przestrzeni oraz dynamikę zmian, metodami fotogrametrycznymi. Przewyższają one tradycyjne metody polegające na długotrwałych i często fragmentarycznych pracach terenowych i analizie map topograficznych.

Z kolei w planowaniu przestrzennym działania zmierzają do zrównoważonego rozwoju, a więc zagospodarowania przestrzeni tak, aby zaspokajać potrzeby ludzi wykorzystując jednocześnie w rozsądny sposób zasoby przyrody oraz chroniąc naturalne wartości krajobrazu. Dzięki temu, możliwa jest racjonalna działalność gospodarcza i prawidłowy rozwój każdego z regionów kraju, przez wskazanie odpowiedniego przeznaczenia i sposobu wykorzystania poszczególnych terenów.

Planowanie przestrzenne obejmuje obszary, których charakterystyka fizjograficzna i gospodarczo-przestrzenna wyróżnia je z otoczenia. Jego podstawą są materiały kartograficzne, a aktualne zdjęcia lotnicze doskonale je uzupełniają, dając informacje o warunkach przyrodniczych, zainwestowaniu i osadnictwie na danym terenie [Kafka, 2003].

Celem pracy było przedstawienie jednego z licznych zastosowań Numerycznego Modelu Pokrycia Terenu opracowanego na podstawie zdjęć lotniczych. Ukazuje zalety tego modelu umożliwiające prezentację na nim Miejscowego Planu Zagospodarowania Przestrzennego.

## METODYKA BADAŃ

Opracowywanie Numerycznego Modelu Pokrycia Terenu, zostało poprzedzone zebraniem niezbędnych materiałów fotogrametrycznych i kartograficznych, udostępnionych przez Centralny Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej, w postaci map topograficznych oraz barwnych zdjęć lotniczych fragment obszaru miasta Opoczno (rys. 1 i 2). Ze zdjęć lotniczych utworzono stereogram.



Źródło: opracowanie własne, na podstawie zdjęć z CODGiK  
Source: own elaboration based on photos of CODGiK

**Rysunek 1.** Lewe zdjęcie stereogramu  
**Figure 1.** Left stereogram photo



Źródło: opracowanie własne, na podstawie zdjęć z CODGiK.  
Source: own elaboration based on photos of CODGiK.

**Rysunek 2.** Prawe zdjęcie stereogramu  
**Figure 2.** Right stereogram photo

Do opracowywania Numerycznego Modelu Pokrycia Terenu, wykorzystano fotogrametryczną stację cyfrową Delta.

Pierwszym etapem pracy było założenie projektu, który obejmował wprowadzenie parametrów kamery lotniczej na podstawie metryki kamery: nazwa kamery RC 20, ogniskowa kamery: 153,17 mm, baza fotografowania: 80 mm, przesunięcie punktu głównego:  $X_0 = 0,003$  mm,  $Y_0 = -0,002$  mm.

### ORIENTACJA WEWNĘTRZNA

Wykonanie orientacji wewnętrznej zdjęć polega na pomiarze znaczków tłowych. W wyniku tej orientacji osiągnięto maksymalny błąd dla współrzędnych  $x = 1,78$   $\mu\text{m}$  i dla współrzędnych  $y = -2,51$   $\mu\text{m}$ . Tabela 1 przedstawia wyniki orientacji wewnętrznej.

**Tabela 1.** Wyniki orientacji wewnętrznej  
**Table 1.** Results of interior orientation

| Table | Report                 |                        |                         |                         |  |
|-------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|--|
| $\xi$ | Left DX, $\mu\text{m}$ | Left DY, $\mu\text{m}$ | Right DX, $\mu\text{m}$ | Right DY, $\mu\text{m}$ |  |
| 1     | 0.39                   | 0.61                   | 1.47                    | -0.33                   |  |
| 2     | -0.07                  | 0.13                   | -0.19                   | -2.05                   |  |
| 3     | -0.63                  | 0.36                   | 1.61                    | 0.56                    |  |
| 4     | -1.51                  | 0.30                   | -1.23                   | 0.70                    |  |
| 5     | -0.59                  | -0.59                  | -0.92                   | 1.01                    |  |
| 6     | 0.11                   | 0.05                   | -0.91                   | 2.21                    |  |
| 7     | 1.78                   | -0.51                  | -0.06                   | -2.51                   |  |
| 8     | 0.51                   | -0.35                  | 0.23                    | 0.41                    |  |
| SX,SY | 0.999888               | 0.999994               | 0.999932                | 0.999955                |  |

Źródło: opracowanie własne.  
Source: own elaboration.

### ORIENTACJA WZAJEMNA

Kolejnym etapem orientacji modelu jest wykonanie orientacji wzajemnej (relative orientation). Orientacja wzajemna polega na poszukiwaniu identycznych punktów na lewym i prawym zdjęciu stereogramu, czyli takich, dla których gęstość optyczna jest maksymalnie skorelowana. Wielkość paralaksy jest oceną dokładności pomiaru. Maksymalna uzyskana wartość błędu wynosi 0,3  $\mu\text{m}$ . Raport z orientacji wzajemnej przedstawia tabela 2.

**Tabela 2.** Wyniki orientacji wzajemnej  
**Table 2.** Results of relative orientation

| Table | Layout                  | Report                |        |
|-------|-------------------------|-----------------------|--------|
| q     | Parallax, $\mu\text{m}$ | Weight, $\mu\text{m}$ | Status |
| 1     | 0.1                     |                       | On     |
| 2     | -0.3                    |                       | On     |
| 3     | 0.1                     |                       | On     |
| 4     | -0.1                    |                       | On     |
| 5     | 0.3                     |                       | On     |
| 6     | -0.2                    |                       | On     |
| RMS   | 0.2                     |                       |        |

Źródło: opracowanie własne.  
 Source: own elaboration.

### ORIENTACJA BEZWZGLĘDNA

Orientacja bezwzględna (absolute orientation) - polega na doprowadzeniu przestrzennego modelu do położenia właściwego, w przyjętym układzie współrzędnych geodezyjnych. Proces ten wykonywany jest na podstawie fotopunktów.

W celu wykonania poprawnej orientacji bezwzględnej, wymagane są, co najmniej 4 fotopunkty rozmieszczone na całej powierzchni stereogramu.

Tabelę błędów orientacji bezwzględnej przedstawia tab. 3. Ostateczny osiągnięty błąd wynosi dla współrzędnych  $X = 0,07$  m, dla współrzędnych  $Y = 0,14$  m oraz dla współrzędnych  $Z = 0,02$  m.

**Tabela 3.** Wyniki orientacji bezwzględnej  
**Table 3.** Results of absolute orientation

| Table | Report         |               |                |
|-------|----------------|---------------|----------------|
| ID    | DX, m          | DY, m         | DZ, m          |
| 1     | 0.02 ( 0.11)   | 0.14 ( 0.15)  | -0.02 ( 0.01)  |
| 2     | -0.05 ( 0.09)  | 0.03 ( 0.15)  | 0.02 ( 0.01)   |
| 3     | 0.07 ( 0.05)   | -0.13 ( 0.07) | 0.02 ( -0.01)  |
| 4     | -0.04 ( -0.01) | -0.04 ( 0.01) | -0.01 ( -0.02) |
| RMS   | 0.05           | 0.10          | 0.02           |

Źródło: opracowanie własne.  
 Source: own elaboration.

## STEREODIGITALIZACJA I UTWORZENIE NUMERYCZNEGO MODELU POKRYCIA TERENU

W trakcie wektoryzacji obiektów topograficznych, możliwe jest redagowanie geometrii obiektów, przemieszczanie punktów oraz operacje z zaznaczonymi punktami i liniami. Po zarejestrowaniu wszystkich obiektów, na utworzonych warstwach, zaznaczono całe pokrycie terenu i manualnie wygenerowano DTM. Siatka, z niewielkimi odchyleniami, dopasowała się do utworzonych obiektów. Podana wielkość oczka siatki kwadratów w terenie to 25 m. Wartość ta została wybrana dla skali zdjęć 1:26000, na podstawie wytycznych technicznych K-2.8.

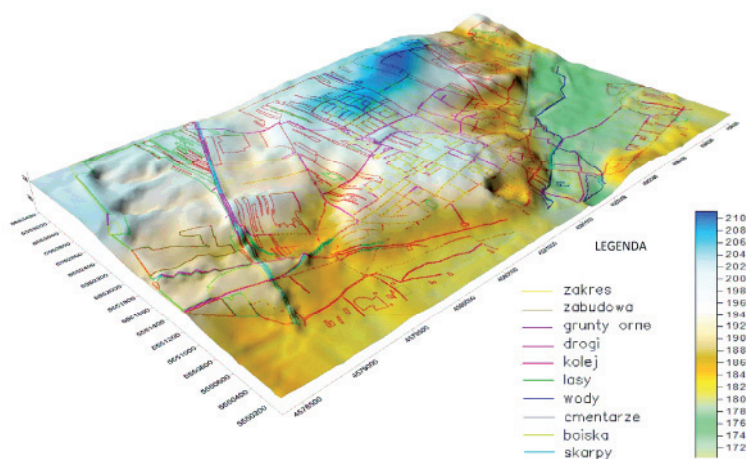


Źródło: opracowanie własne.  
Source: own elaboration.

**Rysunek 3.** Numeryczny Model Pokrycia Terenu po wygenerowaniu warstw  
**Figure 3.** The Digital Surface Model after generating the contour lines

Na podstawie wygenerowanej siatki kwadratów oraz wszystkich wektoryzowanych obiektów utworzono siatkę trójkątów, tzw. model TIN. Ostatnim etapem opracowania NMPT było utworzenie warstw głównych, co 5 m oraz dodatkowych, co 2,5 m. Warstwy nie mogą przecinać budynków, zbiorników wodnych i dróg, dlatego zostały one w tych miejscach wycięte, a pozostałe wygładzono (rys. 3).

Przestrzenne przedstawienie Numerycznego Modelu Pokrycia Terenu (rys. 4), umożliwia między innymi program Surfer. Taka wizualizacja pozwala na bezpośrednią obserwację wysokościowego uformowania terenu.



Źródło: opracowanie własne.  
Source: own elaboration.

**Rysunek 4.** Numeryczny Model Pokrycia Terenu  
**Figure 4.** The Digital Surface Model

#### OPRACOWANIE CZĘŚCI GRAFICZNEJ MPZP NA NMPT

W wyniku wektoryzacji obiektów topograficznych, przy zastosowaniu zdjęć lotniczych, powstało zobrazowanie pokrycia terenu północnej części miasta Opoczno.

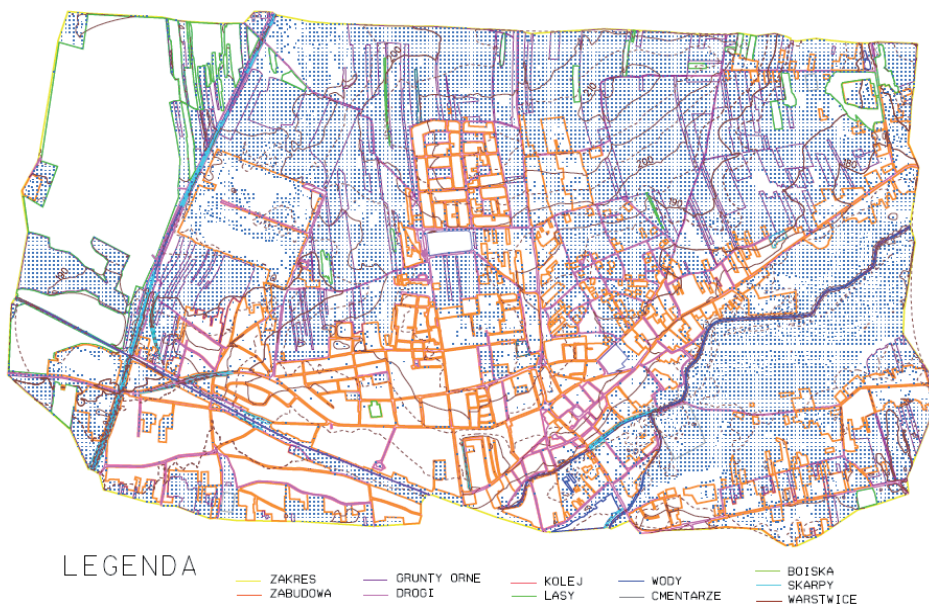
Jeden z miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, uchwalonych dla fragmentu miasta dotyczy części osiedla Milenijnego.

Opracowując plan osiedla Milenijnego, oparto się na wykonanym Numerycznym Modelu Pokrycia Terenu oraz wykorzystano wyżej wymieniony Miejskowy Plan Zagospodarowania Przestrzennego. Rysunek wykonano w programie Microstation. Efekty widoczne są na rysunku 5 i 6.

## PODSUMOWANIE

Numeryczny Model Pokrycia Terenu, poza przedstawieniem dokładnej lokalizacji obiektów topograficznych, linii ich przebiegu i załamania, zawiera również informację o ich wysokościowym usytuowaniu. Czynności zmierzające do opracowania NMPT, a więc przede wszystkim orientację i stereodigitalizację, wykonano na fotogrametrycznej stacji cyfrowej Delta. Dodatkowo wygenerowano warstwicę ilustrującą rzeźbę terenu. Linie wyznaczające poszczególne obiekty zobrazowano w programie Microstation. Natomiast do trójwymiarowej wizualizacji fragmentu obszaru Opoczna posłużył program Surfer.

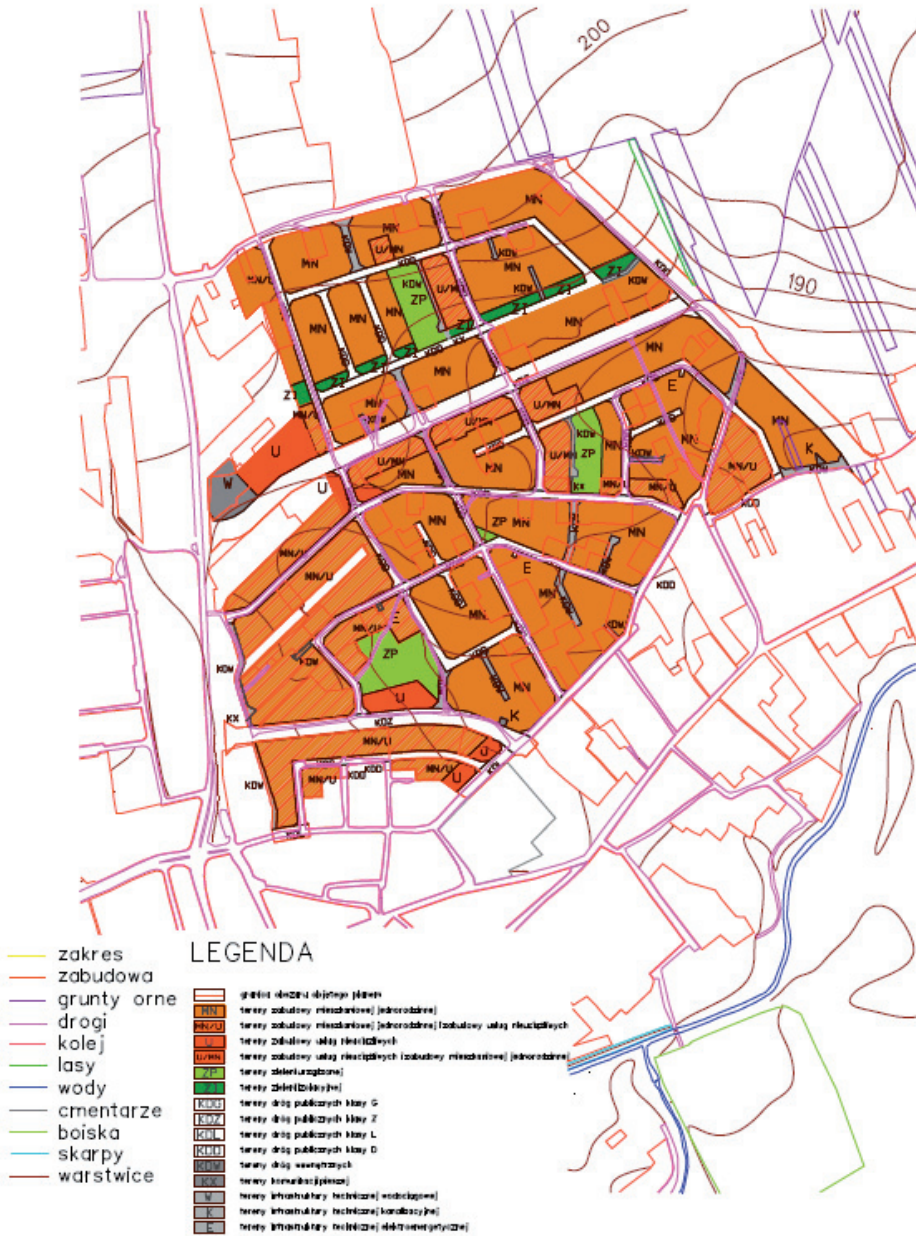
Opierając się na wszystkich wykonanych opracowaniach można stwierdzić, że ukształtowanie badanego obszaru ma charakter równinny, a w niektórych miejscach falisty. Znajdują się na nim jednak małe wzniesienia i zagłębienia terenu, które urozmaicają jego rzeźbę. Poza tym, część analizowanego terenu jest w przeważającym stopniu wykorzystywana rolniczo, o czym świadczą liczne grunty orne. Pozostała część jest z kolei intensywnie zabudowana i zurbanizowana. Tereny użytków zielonych to te, których zasięg nie został określony w sposób bezpośredni, ale wyznaczają go linie pozostałych terenów, wektoryzowanych na poszczególnych warstwach.



Źródło: opracowanie własne.  
Source: own elaboration.

**Rysunek 5.** Numeryczny Model Pokrycia Terenu  
**Figure 5.** The Digital Surface Model





Źródło: opracowanie własne.  
Source: own elaboration.

Rysunek 6. Lokalizacja MPZP na NMPT  
Figure 6. Location of LPSD on DSM

Numeryczny Model Pokrycia Terenu pozwala, z wystarczająco dużą precyzją, określić granice obszarów wykorzystywanych w określony sposób. Stanowi idealny podkład uzupełniający różnego rodzaju mapy.

NMPT można wzbogacić o szereg dodatkowych informacji, zaczerpniętych z opracowań kartograficznych, dotyczących np. klasyfikacji gleboznawczej, ewidencji gruntów i budynków. Pozwala to zebrać wszystkie dane dla jak najbardziej precyzyjnego oraz prawidłowego, z punktu widzenia racjonalnej gospodarki przestrzenią, określenia funkcji terenu i sposobu jego wykorzystania. Fotogrametria, również dzięki ciągłemu rozwojowi, daje ogromne możliwości dla szybszej, tańszej oraz łatwiejszej prezentacji zjawisk, które otaczają każdego człowieka, a które często bardzo szybko ulegają zmianie.

### **BIBLIOGRAFIA**

- Kafka K. 2003. *Planowanie i zagospodarowanie przestrzenne w świetle nowych przepisów*. Wydawnictwo Gall, Katowice.  
Ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym z 27 marca 2003 r. art. 10 ust. 2 pkt.8.

Dr inż. Izabela Piech  
tel: (12) 662-45-31  
rmpiech@cyf-kr.edu.pl  
Katedra Geodezji Rolnej, Katastru i Fotogrametrii  
30-149 Kraków, ul.Balicka 253a