

PRZEMYSŁAW WOLSKI

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
— Akademia Rolnicza
Warszawa

**FOTOINTERPRETACYJNA METODA OPRACOWYWANIA
MAP WYSOKOŚCI PRZEDMIOTÓW TERENOWYCH
I PRZEPROWADZANIA ANALIZ WIDOKOWYCH
NA POTRZEBY PLANOWANIA KRAJOBRAZU***

Jednym z problemów rozwiązywanych przez architekta krajobrazu jest takie rozmieszczenie projektowanych elementów, które zapewnią poprawę warunków widokowych planowanego obszaru. Wykonanie tego zadania powinny poprzedzać specjalne studia widokowe. Przeprowadza się je bezpośrednio w terenie lub na podstawie analizy map topograficznych i materiałów opracowywanych podczas badań terenowych. W wyniku tego planista uzyskuje informacje w postaci rysunków perspektywicznych i aksonometrycznych, zdjęć fotograficznych, wyznaczonych zasięgów widoczności na mapach i odwzorowań wewnątrz krajobrazowych [1, 3].

Przedmioty terenowe wpływają nie tylko na właściwości przestrzenno-wizualne terenu. Powodują także zmiany warunków przyrodniczych panujących na zajmowanych przez nie obszarach. Dotyczy to przede wszystkim znacznych modyfikacji warunków klimatu lokalnego. Wpływy te zaznaczają się dość wyraźnie, rzadko jednak można spotkać się z opracowaniami z zakresu planowania przestrzennego, w których zwraca się uwagę na zmiany klimatyczne powstające pod wpływem wysokich przedmiotów terenowych. Główną przyczyną takiego stanu rzeczy jest brak informacji określających wysokości zabudowy, urządzeń inżynierskich i szaty roślinnej. Podstawowym źródłem wiedzy o strukturze przestrzennej wybranego fragmentu terenu jest, jak dotychczas, mapa topograficzna.

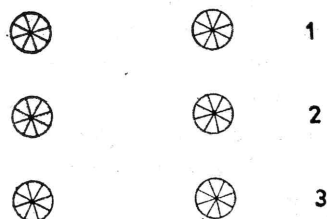
Mapy topograficzne w skalach średnich i małych, poniżej skali

* Termin „planowanie krajobrazu” został tu użyty jako odpowiednik niemieckiego — *Landschaftsplanung* oraz angielskiego — *landscape planning*. Pojęcia te odnoszą się do dziedziny planowania przestrzennego, której przedmiotem jest komponowanie w jedną całość wszystkich elementów powłoki krajobrazowej Ziemi [1].

1 : 25 000, dają jedynie orientację w rozmieszczeniu przedmiotów terenowych. Pominięty jest natomiast trzeci wymiar — ich wysokość. Ta sama uwaga odnosi się do map wykonywanych w dużych skalach. Informacje, których brak na mapach topograficznych, mogą być uzyskiwane w wyniku stereoskopowej analizy panchromatycznych zdjęć lotniczych.

Opisana dalej metoda pomiaru wysokości przedmiotów terenowych na zdjęciach lotniczych, uwzględniając łatwość wykonywania pomiarów i dostępność panchromatycznych zdjęć lotniczych, może znaleźć powszechne zastosowanie w analizach widokowych i studiach z zakresu planowania przestrzennego. Znany jest sposób pomiaru wysokości na zdjęciach lotniczych za pomocą stereomikrometru [2], jednak pomiary wykonywane tą metodą wymagają dużych nakładów pracy.

Pomiary wysokości przedmiotów terenowych do celów planowania przestrzennego nie muszą być wykonywane z dużą dokładnością. Podstawowym kryterium wyboru odpowiedniej metody powinna być w tym przypadku nie tyle dokładność, co szybkość wykonywania pomiarów. Warunki takie spełnia metoda pomiaru za pomocą stereonomogramu opracowanego według wzoru podanego przez Ch.I. Millera [4]. Stereonomogramem jest przezroczysta klisza z rysunkiem trzech kół, które oglądane pod stereoskopem kieszonkowym dają trzy przestrzenne obrazy odwróconych stożków o różnej wysokości i różnym pochyleniu ścian (rys. 1). Opis sporządze-



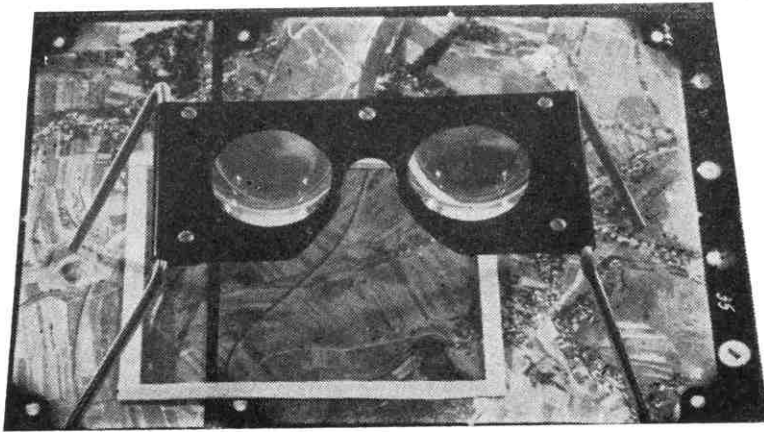
Rys. 1. Stereonomogram Ch. I. Millera. Wartości tangensów nachylenia ścian stożków wynoszą kolejno: 0,3, 0,6, 0,9 (skala 1:2).

nia stereonomogramu zamieszczony został w dalszej części opracowania. Tangens kąta nachylenia ścian stożka 1=0,3; stożka 2=0,6; stożka 3=0,9. Porównując obraz przestrzenny oglądany pod stereoskopem kieszonkowym z obrazem przestrzennym odwróconych stożków (fot. 1), z łatwością możemy określić kąty nachylenia poszczególnych fragmentów terenu, posługując się wzorem:

$$T = \frac{T_s}{6,25 (P/f)}$$

gdzie:

- T — tangens nachylenia terenu przedstawionego na zdjęciu lotniczym,
- T_s — tangens nachylenia ścian stożka umieszczonego na stereonomogramie,



Fot. 1. Przygotowanie stereografu do pomiaru na zdjęciach lotniczych

- 6,25 — średnia wartość pozornej wysokości obiektu w obrazie przestrzennym oglądanym pod stereoskopem kieszonkowym, określona przez Ch. I. Millera [4],
- P — paralaksa punktów głównych zdjęć lotniczych, podana w mm (odległość pomiędzy punktami głównymi zdjęć ułożonych pod stereoskopem),
- f — ogniskowa kamery fotograficznej, którą wykonano zdjęcie lotnicze, podana w mm.

Wartości rzeczywistych kątów nachylenia terenu dla trzech stożków i dla określonego zestawu zdjęć lotniczych obliczyć można we wstępnej fazie pomiaru. Nie zachodzi bowiem konieczność wykonywania każdorazowych obliczeń kąta nachylenia terenu w przypadku, gdy pomiary przeprowadzamy na zdjęciach lotniczych pochodzących z jednego lotu. Dzięki przedstawionej wyżej właściwości stereonomogramu Millera możemy sporządzić z dużą dokładnością i przy niewielkim nakładzie pracy mapę nachyleń badanego obszaru.

Drugą istotną cechą stereonomogramu jest możliwość wykonania pomiaru wysokości przedmiotów terenowych. Wzdłuż jednego z promieni prowadzących od wierzchołka do podstawy stożka odmierzamy pięć odcinków, zaznaczonych krzyżykami. Jeden odcinek jest jednostką miary stożka. Wysokość przedmiotu terenowego mierzymy, układając stereonomogram na stereogramie zdjęć lotniczych w taki sposób, aby wierzchołek jednego ze stożków, najlepiej środkowego, znalazł się na jednej płaszczyźnie horyzontalnej z podstawą mierzonego obiektu. Uzyskujemy to zsuwając powoli i rozsuwając zdjęcia. Porównujemy wysokość mierzonego przedmiotu terenowego z odpowiadającą mu liczbą jednostek wyznaczonych na ścianie stożka. Jednostkę miary obliczamy ze wzoru:

$$z_1 = 2 \frac{Z (dP)}{P + dP},$$

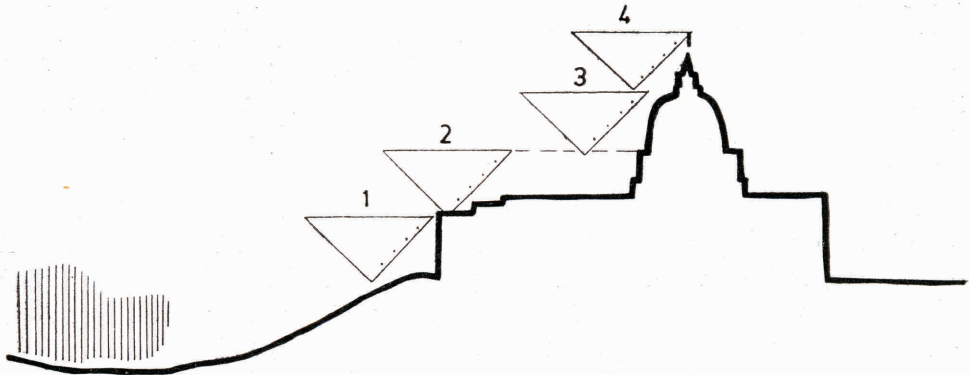
gdzie:

- z_1 — wielkość jednostki miary, podana w m,
- Z — wysokość lotu samolotu podczas fotografowania, podana w m,
- P — odległość pomiędzy punktami głównymi zdjęć ułożonych pod stereoskopem (paralaksa punktów głównych zdjęć lotniczych), podana w cm,
- dP — różnica paralaks między wierzchołkiem i bazą stożka, która dla stożka 1 $dP=0,0028$ cm, dla stożka 2 $dP=0,0053$ cm, dla stożka 3 $dP=0,0081$ cm; są to wartości tak niewielkie, że mogą być pominięte w mianowniku wzoru.

Jeżeli wzdłuż promienia stożka odmierzone zostanie 10, a nie jak w podanym tu przykładzie 5 jednostek, wzór przyjmie postać:

$$z_1 = \frac{Z (dP)}{P + dP}$$

Podobnie jak podczas pomiaru kątów nachylenia terenu, tak i w tym przypadku możemy obliczyć wielkość jednostki miary dla określonego zestawu zdjęć. Gdy mierzony obiekt ma wysokość większą od wysokości stożka, zaznaczamy na obiekcie punkt leżący na wysokości krawędzi podstawy stożka. Następnie, zsuwając lub rozsuwając zdjęcia, „podnosimy” stożek do góry tak, aby jego wierzchołek znalazł się na wysokości wyznaczonego wcześniej punktu (rys. 2). Cyframi: 1, 2, 3, 4 oznaczono kolejne pozycje stożka podczas pomiaru wysokiego obiektu.



Rys. 2. Pomiar wysokości obiektów wysokich na zdjęciach w dużych skalach

Opisany sposób pomiaru przedmiotów terenowych może być wykorzystany do przeprowadzenia analizy warunków widokowych bezpośrednio na zdjęciach lotniczych lub do opracowania mapy wysokości przedmiotów terenowych.



Fot. 2. Stereogram zdjęć lotniczych z naniesionymi fragmentami izolacji określających graniczne odległości usytuowania przedmiotów terenowych o różnych wysokościach

ANALIZA WARUNKÓW WIDOKOWYCH NA ZDJĘCIU LOTNICZYM

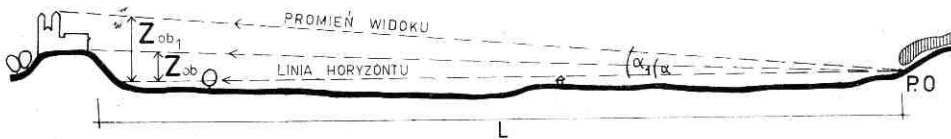
Przykładem zastosowania stereonomogramu Millera jest wyznaczenie na zdjęciu lotniczym izolinii określających dopuszczalne wysokości projektowanych elementów, usytuowanych na kierunku promienia widoku biegnącego od punktu widokowego do wyeksponowanego w terenie obiektu architektonicznego. Wysokości poszczególnych przedmiotów terenowych i form rzeźby terenu zmierzono za pomocą stereonomogramu. Zostały one wpisane bezpośrednio na zdjęciu lotniczym (fot. 2).

Już w wyniku pobieżnej obserwacji zdjęć lotniczych pod stereoskopem można się zorientować, że żaden z przedmiotów terenowych ani też żadna forma rzeźby terenu nie przysłaniają wzgórze i usytuowanego na nim klasztoru (fot. 2). Mając dane dotyczące wysokości położenia punktu obserwacji (P.O.), wysokości wzgórza, wysokości klasztoru oraz wszystkich przedmiotów terenowych leżących na kierunku promienia widoku, możemy ustalić dopuszczalną odległość lokalizowania projektowanych elementów od punktu obserwacji (P.O.). Przyjmujemy, że warunkiem lokalizacji obiektów jest zachowanie dobrej widoczności wzgórza i klasztoru. Założymy, że jedną z przesłanek projektanta jest zlokalizowanie na planowanym obszarze grup drzew i krzewów o wysokości: 15 m, 10 m i 5 m. W celu określenia prawidłowych odległości usytuowania projektowanych grup drzew od punktu widokowego (P.O.) należy posłużyć się prostym wzorem trygonometrycznym:

$$X = z \cdot \text{ctg } \alpha,$$

gdzie:

- X — szukana odległość,
- z — wysokość projektowanego elementu,
- α — kąt zawarty pomiędzy płaszczyznami przechodzącymi przez promień widoku i linię horyzontu (rys. 3).



Rys. 3. Przekrój terenu wykonany na podstawie pomiarów przeprowadzonych na zdjęciach lotniczych

$$\text{ctg } \alpha = \frac{L}{Z_{ob}},$$

gdzie:

- L — odległość pomiędzy punktem obserwacji a podstawą obiektu obserwowanego,
- Z_{ob} — wysokość obiektu obserwowanego.

W rozpatrywanym przez nas przykładzie

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{720 \text{ m}}{22 \text{ m} - 6 \text{ m}} = \frac{720 \text{ m}}{16 \text{ m}} = 45.$$

Ponieważ zróżnicowanie terenu pomiędzy punktem obserwacji a podstawą obiektu widokowego jest stosunkowo nieduże, przyjmujemy, że jest to płaszczyzna pozioma. Graniczne odległości usytuowania projektowanych grup drzew i krzewów o wysokościach 15 m, 10 m, 5 m obliczamy podstawiając do wzoru odpowiednie wartości:

$$X = z \cdot \operatorname{ctg} \alpha$$

$$X_1 = 15 \cdot 45 = 675 \text{ m}$$

$$X_2 = 10 \cdot 45 = 450 \text{ m}$$

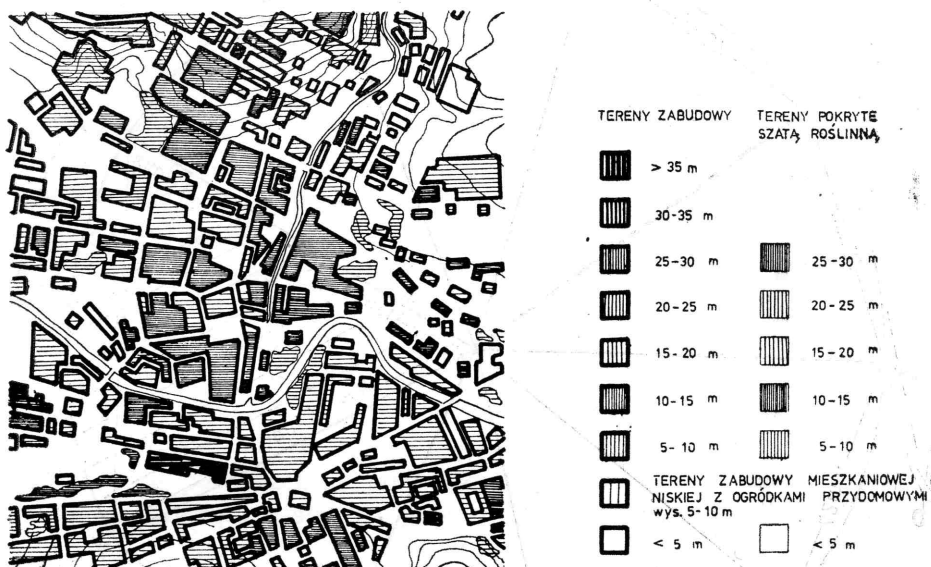
$$X_3 = 5 \cdot 45 = 225 \text{ m}$$

Uzyskane wartości odmierzamy od punktu P.O. na promieniu widoku. Przez punkty te przebiegają izoliny określające dopuszczalne odległości usytuowania przedmiotów terenowych o wysokościach: 15 m, 10 m i 5 m.

Obliczając w sposób podobny do opisanego graniczne odległości usytuowania projektowanych elementów od innych punktów widokowych leżących na trasie spacerowej, uzyskamy odpowiednie zagęszczenie punktów pozwalające na wykreślenie izoliny.

OPRACOWANIE MAPY WYSOKOŚCI PRZEDMIOTÓW TERENOWYCH

W warunkach dużego zróżnicowania struktury przestrzennej, a taki stan charakterystyczny jest dla krajobrazu zurbanizowanego, pożądane byłoby opracowanie mapy wysokości przedmiotów terenowych (rys. 4). Mapa taka może być uzupełnieniem informacji potrzebnych nie tylko do analiz widokowych, ale także do studiów klimatycznych terenów miejskich. Na jej podstawie można określić: zakres widoczności dla wybranych punktów położonych w obrębie miasta, granice wewnątrz krajobrazowych, zasięg cienia rzucanego przez bryły budowli i grupy drzew, zniekształcenia kierunków wiatrów przepływających nad terenami zabudowanymi. Tak sporządzona mapa może być również dobrym narzędziem kontroli dla służby urbanistycznej. Dzięki niej można ocenić trafność lokalizacji projektowanych obiektów. Opracowanie mapy wysokości przedmiotów terenowych z wykorzystaniem stożków Millera nie wymaga dużego nakładu czasu. Orientacyjny czas pomiaru zwartej zabudowy pokrywającej powierzchnię 1 km² na zdjęciach w skali 1 : 5 000 wynosi około 30 minut.



Rys. 4. Fragment mapy wysokości przedmiotów terenowych

OPIS WYKONANIA STERONOMOGRAMU (według Ch. I. Millera [4])

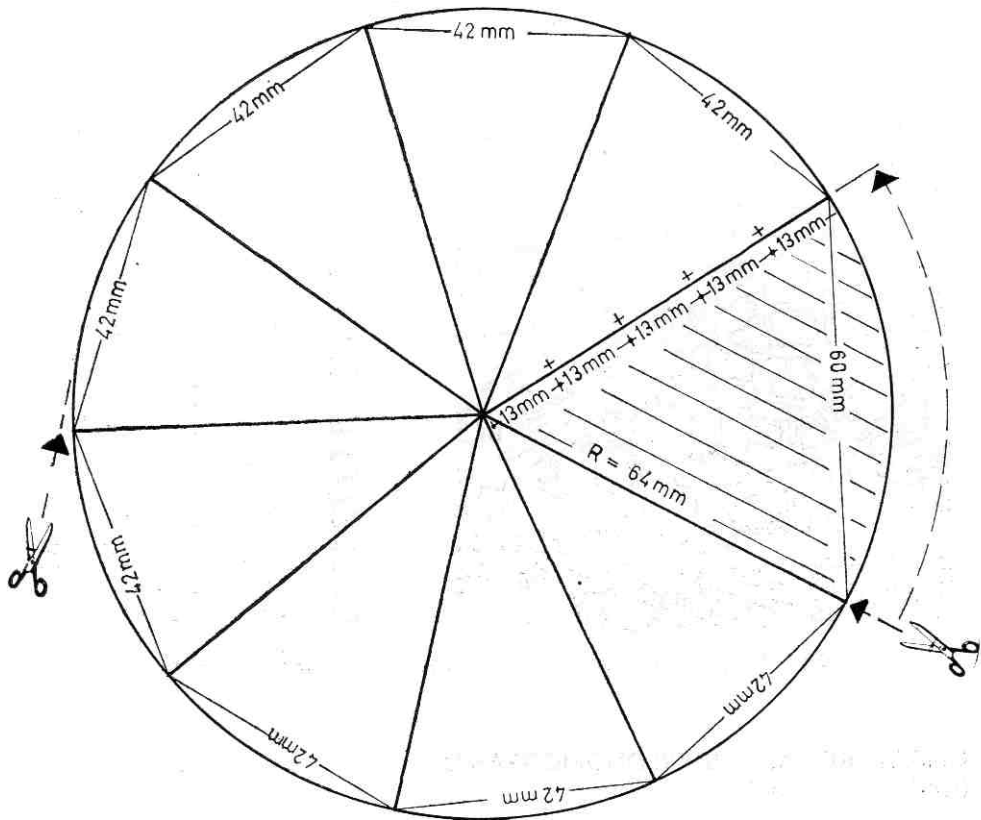
1. Na sztywnym białym kartonie (z bloku technicznego) wykreślamy okrąg o promieniu 64 mm. Rysujemy promień okręgu, od którego odmierzymy cięciwę o długości 60 mm, a następnie cięciwy krótsze o długości 42 mm (rys. 5).

Zaznaczone na okręgu punkty łączymy ze środkiem koła. Następnie wzdłuż jednego z promieni nanosimy punkty w odległości 13 mm. Wycinamy narysowane na kartonie koło i przecinamy je wzdłuż promienia ograniczającego zakresowany wycinek koła. Łącząc odciętą krawędź kartonu z najbliższym położonym promieniem koła, otrzymujemy model odwróconego i otwartego stożka. Przyklejamy taśmą klejącą krawędź kartonu do zewnętrznej powierzchni stożka.

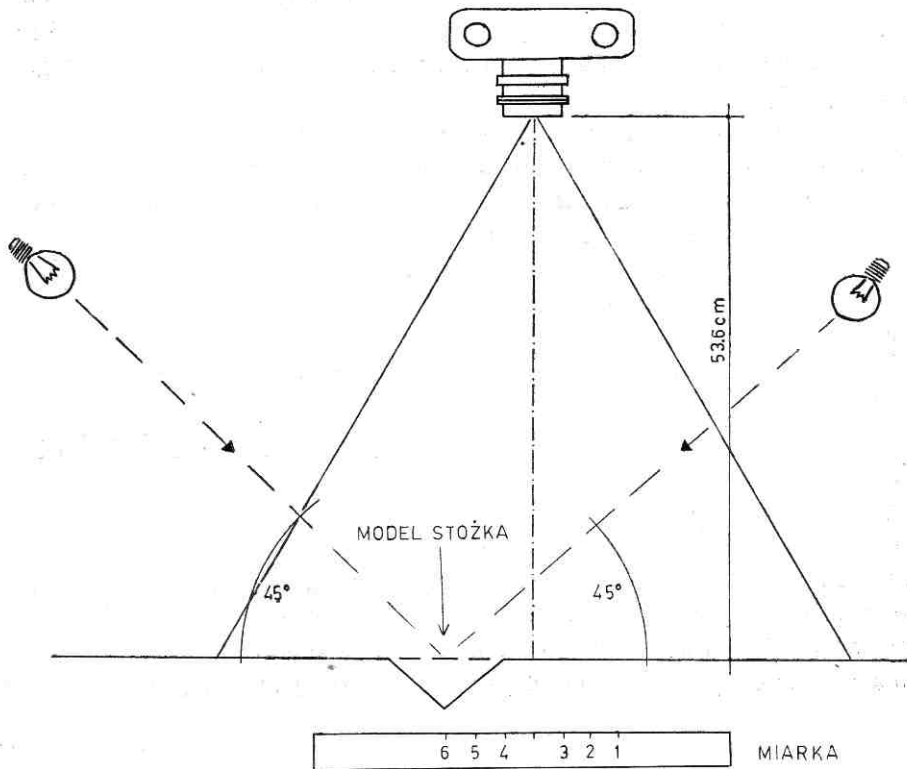
2. W kawałku tektury oklejonej białym papierem wycinamy otwór o średnicy 11 cm, w którym umieszczamy model stożka.

3. Na pasku papieru rysujemy miarkę, przyjmując za jednostkę podstawową skali odcinki o długości 22,7 mm. Miarkę opisujemy według podanego wzoru (rys. 6).

4. Model stożka umieszczamy na stole reprodukcyjnym lub pod statywem małoobrazkowego aparatu fotograficznego o ogniskowej 50 mm w odległościach podanych na rysunku. Do wykonania zdjęć należy użyć filmu wysokokontrastowego. Oś obiektywu aparatu fotograficznego powinna być prostopadła do płaszczyzny, na której jest umieszczony model.



Rys. 5. Sposób przygotowania modelu stożka



Rys. 6. Zasada fotografowania modelu stożka

5. Model oświetlamy dwiema lampami fotograficznymi, umieszczonymi po obu jego stronach pod kątem 45° .

6. Wykonujemy zdjęcia stożka kolejno w pozycjach 6, 5, 4, 3, 2, 1. Należy zapewnić takie same warunki oświetlenia, wielkość przesłony i czas naświetlenia dla wszystkich ekspozycji.

7. Otrzymane negatywy łączymy ze sobą następująco: negatyw 3 z 4, 2 z 5, 1 z 6. Wcześniej usuwamy taśmę perforacyjną z negatywów. Negatywy układamy na białym papierze emulsją do góry tak, aby odległości pomiędzy wierzchołkami stożków wynosiły około 5,3 cm. Odległości pomiędzy trzema zestawami stożków powinny wynosić około 2,5 cm (porównaj ze stereonomogramem przedstawionym na rys. 1).

8. Sprawdzamy ustawienie stożków podczas obserwacji pod stereoskopem kieszonkowym. W obrazie przestrzennym wierzchołki wszystkich stożków powinny się znaleźć w jednej płaszczyźnie.

9. Wolne powierzchnie pomiędzy negatywami wypełniamy czarnym papierem. Krawędzie styków papieru z kliszą fotograficzną łączymy za pomocą taśmy klejącej.

10. Otrzymany zestaw sześciu negatywów kopiujemy na filmie negatywowym metodą stykową. Po wywołaniu filmu otrzymujemy gotowy stereonomogram.

LITERATURA

- [1] BOGDANOWSKI J., ŁUCZYŃSKA-BRUZDA M., NOVÁK Z., 1973: *Architektura krajobrazu*, Warszawa—Kraków, PWN.
- [2] CIOŁKOSZ A., KĘSIK A., 1969: *Podstawy geograficznej interpretacji zdjęć lotniczych*, Lublin.
- [3] FLAGOROWSKA L., 1972: *Podstawowe zasady wyznaczania zakresu widoczności w krajobrazie*, „Czasopismo Techniczne”, s. 54—60.
- [4] MILLER CH.I., 1973: *Stereo models for measuring the space scene*, „Photogrammetric Engineering” 1973, nr 6, s. 599—604.

PRZEMYSŁAW WOLSKI

A PHOTOINTERPRETATION METHOD OF PREPARING MAPS OF HEIGHTS OF LANDMARKS AND BUILDINGS AND CONDUCTING VIEW ANALYSES FOR LANDSCAPE PLANNING PURPOSES

S u m m a r y

In Poland almost no use is made of information setting out the heights of landmarks and buildings either in spatial planning in general or in landscape planning in particular. The heights of structural or natural elements in the landscape are important items in the schemes for spatial planning, affecting the conditions of visibility in the panorama and also modifying the local climate conditions.

The purpose of this article is to present a method for measurement of the height of such landscape elements from aerial photographs using Miller cones. Examples are given of the application of this measurement method for preparing a view analysis of a landscape and also for preparing maps of the heights of landscape elements.

PRZEMYSŁAW WOLSKI

**LA MÉTHODE DE PHOTOINTERPRÉTATION DE L'ÉLABORATION
DES CARTES DE HAUTEUR DES OBJETS EN TERRAIN ET DES
ANALYSES DE VUE POUR L'AMÉNAGEMENT DU PAYSAGE**

R é s u m é

En Pologne, dans le domaine de l'aménagement du territoire, y compris l'aménagement du paysage, on n'exploite presque pas du tout les informations déterminant la hauteur des objets en terrain. Les hauteurs des objets en terrain sont les éléments essentiels de la structure d'aménagement du territoire influant sur la formation des conditions de visibilité dans le territoire ainsi que sur la modification des conditions du climat local.

Le but de l'article est la présentation de la méthode de levé altimétrique des objets en terrain sur les vues aériennes, au moyen des cônes de Miller. On a présenté les exemples de l'application de cette méthode de mesurage pour l'analyse de vue du paysage et pour la préparation des cartes altimétriques des objets en terrain.