

Instytut Geografii
Uniwersytetu Warszawskiego
Warszawa

Jan R. Olędzki, Małgorzata Mycke

FOTOINTERPRETACYJNA METODA BADANIA STRUKTURY PRZESTRZENNEJ MIASTA

Pomimo, że obszary zurbanizowane są terenami rozwijającymi się stosunkowo dynamicznie w porównaniu z terenami sąsiednimi, a więc szczególnie predystynowanymi do ciągłego ich śledzenia na zdjęciach lotniczych, literatura fotointerpretacyjna na ten temat jest dość uboga. Wśród nielicznych artykułów jakie się dotychczas ukazały należy wymienić opracowanie R. C h e v a l l i e r a /1966/. Zwraca on uwagę na możliwość wykrywania na zdjęciach lotniczych miejsc gdzie znajdowały się w starożytności pojedyncze budowle lub nawet całe osiedla. Wskutek zaburzenia wierzchniej warstwy gleby, na zdjęciach wykonanych przy odpowiednich warunkach fizyczno-geograficznych można uzyskać stosunkowo dokładne plany tych osiedli. Autor ten uważa, że zdjęcia lotnicze pozwalają na bardziej wnikliwe badanie historycznego rozwoju miasta niż to jest możliwe na podstawie planów geodezyjnych. Na podstawie zdjęć można odtworzyć kierunek i nasilenie rozwoju miasta, jak również określić typ osiedla. Nie wyklucza to oczywiście korzystania, przy tego rodzaju analizie z innych materiałów ułatwiających określenie zależności istniejących między obszarem zasiedlonym a środowiskiem przyrodniczym. Kolejnym zagadnieniem jakim zajmuje się R. Chevallier jest przydatność zdjęć lotniczych do określania funkcji pełnionych przez poszczególne obszary miasta. Za najłatwiejsze do identyfikacji uważa on tereny przemysłowe. Przy odpowiedniej znajomości cech rozpoznawczych możliwe jest również określenie rodzaju zakładów przemysłowych a także ich wieku, ilości zatrudnionych pracowników i wysokości ich zarobków. Z kolei obszary zajęte przez budownictwo mieszkaniowe charakteryzują się względną jednorodnością. Wy -

różnia się tu z reguły budownictwo blokowe oraz zabudowę jednorodzinną. Na tle tak użytkowanej powierzchni wyróżniają się jedynie ze względu na swój kształt i wielkość budynki użyteczności publicznej, szpitale, świątynie, szkoły, koszary, tereny handlowe. R. Chevallier sugeruje także możliwość wnioskowania na podstawie obrazu fotograficznego dzielnic mieszkaniowych o sytuacji społeczno-ekonomicznej mieszkańców zamieszkujących daną dzielnicę. Rozważania R. Chevalliera pomimo pewnej powierzchowności wskazują stosunkowo szeroki zakres możliwości wykorzystania zdjęć lotniczych w badaniach problematyki miejskiej, a zwłaszcza w urbanistycznym planowaniu przestrzennym. Pozwalają one spojrzeć szerzej na aktualny stan miasta oraz perspektywy i kierunki jego rozwoju.

Podobnymi problemami zajmuje się K. V o n V o g l e r /1969/. Pozytywnie ocenia on zastosowanie zdjęć lotniczych do rozwiązywania wielu zagadnień z zakresu planowania przestrzennego zagospodarowania obszarów miejskich. Są one doskonałą pomocą przy sporządzaniu map użytkowania ziemi w miastach. Autor podaje siedem grup użytkowania powierzchni możliwych do określenia ze zdjęć lotniczych. Są to: powierzchnie zabudowane; ulice, place i inne tereny komunikacyjne; parki, tereny sportowe i zieleńce; tereny użytkowane rolniczo; obszary leśne; wody, oraz tereny o użytkowaniu specjalnym. Tego rodzaju mapy są według niego materiałem pośrednim między mapami tematycznymi opracowywanymi w oparciu o dane statystyczne a mapami topograficznymi.

Wielu autorów podkreśla przydatność zdjęć lotniczych do inwentaryzowania różnego rodzaju obiektów infrastruktury miasta, łącznie z zastosowaniem termowizji do ustalania przebiegu podziemnych urządzeń ciepłych / W. A d a m s , L. L e p l e y , C. W a r r e n , S. C h a n g ; 1970/.

Jak więc z wyżej przedstawionego przeglądu wynika, zdjęcia lotnicze traktowane były na ogół jako fotografia ilustrująca stan miasta w ściśle określonym momencie. Dopiero skompletowanie zdjęć z kilku terminów umożliwia śledzenie rozwoju miasta. Badania takie przeprowadził D.M. R i c h t e r /1969/ dla miasta Janesville w stanie Wisconsin, USA. Obserwując zdjęcia z lat 1940, 1950, 1956, 1963, analizował on rozwój przemysłu, terenów zajętych przez budownictwo mieszkaniowe i ochronnych stref zieleni, na tle warunków przyrodniczych. W wyniku przeprowadzonej analizy zauważył on również hamujący dla rozwoju miasta wpływ terenów wykorzystywanych rolniczo oraz oddziaływanie na rozwój miasta wahań cen gruntów prywatnych.

Innym zagadnieniem, które może być rozwiązywane z pomocą zdjęć lotniczych jest wyznaczanie granicy między poszczególnymi strefami miejskimi. Problematyką tą zajmował się W. S c h ä r e r /1956/ badający podmiejską strefę Złrichu. Wykonał on klucz interpretacyjny obejmujący trzynaście grup cech rozpoznawczych, na podstawie których wyznaczył strefę podmiejską. Ilościowym wskaźnikiem poszczególnych stref jest według niego tzw. "graniczna wartość zagęszczenia cech miejskich" zaś miarą gęstości jest odległość między poszczególnymi działkami. Podobne badania prowadzili G.W. C o l l i n s i A. H. E l - B e i k /1971/, zestawiając na przykładzie Leeds klucz interpretacyjny składający się z 28 pozycji. Interpretacja prowadzona w oparciu o taki klucz charakteryzowała się niewielkim błędem wynoszącym poniżej 5%.

Do osiągnięcia optymalnych wyników funkcjonalnego podziału miasta konieczne jest posiadanie zdjęć lotniczych w różnych skalach. Możliwe jest wówczas śledzenie zarówno szczegółów w samym mieście jak również możliwa jest wtedy orientacja w zależnościach między miastem a otaczającymi je terenami. Ze zdjęć wielkoskalowych można uzyskać informację o poszczególnych budowlach, ich wysokości, pokryciu dachów, szerokości ulic, odległościach między budynkami itp. Cechy te noszące nazwę "strukturalnych cech rozpoznawczych" służą jako wskaźniki do określania funkcjonalnego znaczenia danej dzielnicy miasta lub nawet całego miasta.

Odrębnym zagadnieniem w problematyce badania miast jest wypracowanie odpowiednich metod dla oceny na podstawie zdjęć lotniczych sytuacji demograficznej w miastach. Chodzi tu głównie o określenie statusu majątkowego ludności zamieszkującej poszczególne dzielnice miasta jak również ocenę liczby ludności oraz gęstości zaludnienia na obszarach zurbanizowanych. Potrzeba oceny liczby ludności zamieszkującej konkretny obszar jest znana od dawna, co znalazło swój wyraz w przeprowadzanych co dziesięć lat powszechnych spisach ludności. Dla niektórych jednak obszarów wymagane są czasami szacunki ludności w krótszych odstępach czasu. Dotyczy to zwłaszcza terenów szybko rozwijających się pod względem gospodarczym lub niedostępnych bezpośrednim badaniom ze względów politycznych lub ekonomicznych. Konieczność otrzymania szybkich szacunkowych ocen liczby ludności i gęstości zaludnienia spowodowała zainteresowanie się demografów zdjęciami lotniczymi i potraktowanie ich jako źródła mogącego dostarczyć odpowiednich informacji. Nie bez znaczenia jest również możliwość poczynienia pewnych oszczędności, wynikających z zastosowa-

nia zdjęć lotniczych przy przeprowadzaniu powszechnych spisów ludności.

Dopiero przed kilku laty podjęto wysiłki mające na celu opracowanie odpowiedniej metody szacunków ludności miejskiej na podstawie zdjęć lotniczych. Polega ona na ustaleniu związku jaki zachodzi między liczbą ludności a powierzchnią zabudowanych obszarów w miastach / D.E. A n d e r s o n , P h . N . A n d e r s o n ; 1973/. C h . E . O g r o s k y /1975/ uważa, że teren zabudowany powinien być analizowany bardziej szczegółowo, z wyróżnieniem obszarów mieszkalnych, przemysłowych, handlowych, parków, wód itp. Przy analizie tego rodzaju należy uwzględnić również drogi i odległości do sąsiednich miejscowości. Ustalenie stopnia korelacji między tymi cechami a liczbą ludności pozwoli na późniejsze szacunki ludności dla obszarów, dla których brak jest aktualnych danych.

Opracowań na ten temat jest dotychczas jeszcze niewiele, a te które są publikowane, obarczone są licznymi błędami. Błędy te wywodzą się na ogół z różnic w wyznaczaniu powierzchni zabudowanych, którym należy przypisać odpowiednią liczbę ludności. Tak więc, konieczne są dalsze badania i uściślenia. Podejmowane były również próby zastosowania zdjęć lotniczych S h i n - y i H s u /1971/ do określania gęstości zaludnienia i jej zmian w okresach między powszechnymi spisami ludności. Opracowania tego rodzaju wykorzystywane są z powodzeniem w Stanach Zjednoczonych przy sporządzaniu planów regionalnych.

Odmiernym zagadnieniem demograficznym, które próbuje się badać na podstawie zdjęć lotniczych jest określanie struktury społeczno-ekonomicznej ludności miasta lub jego poszczególnych dzielnic. Studia tego rodzaju zapoczątkowali socjologowie. Kontynuowali je L. M u m - b o w e r i J. D o n g h u e /1967/. W opracowaniu swoim zajęli się oni analizą dzielnic miasta zamieszkałej przez ludność ubogą. Na podstawie danych statystycznych, ankiet oraz zdjęć lotniczych opracowali wskaźniki klasyfikacji społecznej ludności miasta. W oparciu o powyższe materiały, możliwe jest poszukiwanie zależności między cechami zabudowy a wysokością dochodów i statusem majątkowym i społecznym ludności zamieszkującej dany obszar miasta. Podobne badania przeprowadzali J. D o d d /1969/ i D. V o n B a d e w i t z /1971/. Zauważyli oni, że odczytana ze zdjęć lotniczych struktura osiedla może świadczyć o strukturze społecznej jej mieszkańców. Przy ocenie tej struktury uwzględnia się dwie grupy cech rozpoznawczych. W jednym wypadku ocenia się stan domów, jego użytkowanie, przyległe po-

mieszczenia oraz całą działkę, w drugim zaś położenie działki w stosunku do działek sąsiednich oraz całego miasta. Badania te wykazały wysoką korelację między wartością danej działki a wysokością czynszu, zarobkami oraz pozycją zawodową i społeczną jej mieszkańców. Studia takie są istotne zwłaszcza dla miast lub ich dzielnic charakteryzujących się szybkimi zmianami ludności. Konieczne jest wówczas szybkie uzyskanie danych o warunkach społeczno-ekonomicznych tych części miasta. R.M. McCoy i E.D. Metivier [1973/ szukali zależności między gęstością zabudowy a takimi cechami jak średni dochód rodziny, przeciętny czynsz i przeciętna wartość domu. Badaniami objęto jedynie obszary położone wokół centrum Lexington, USA, charakteryzujące się występowaniem domów jednorodzinnych. Wartość korelacji między gęstością zabudowy a przeciętnym dochodem rodziny wyniosła $r = -0,875$; między gęstością zabudowy a przeciętnym czynszem $r = -0,801$; między gęstością zabudowy a wartością domu $r = -0,787$. Z powyższego wynika, że gęstość zabudowy domami jednorodzinnymi jest użytecznym i obiecującym wskaźnikiem warunków społeczno-ekonomicznych. Wskaźniki te mogą się zmieniać regionalnie jak również i w czasie. Trudniejszym do rozwiązania zagadnieniem jest opracowanie podobnych wskaźników dla zabudowy domami wielorodzinnymi. Autorzy przypuszczają, że może zachodzić pewna korelacja między zabudową wielorodzinną a odległością od centrum miasta lub procentem powierzchni przeznaczonyj na parkingi.

Z przeglądu literatury fotointerpretacyjnej zajmującej się problematyką miejską wynika więc, że zdjęcia lotnicze stanowią istotne źródło informacji koniecznych przy opracowywaniu map użytkowania ziemi w miastach, na różnym poziomie szczegółowości, jak również mogą szacunkowo określać liczbę ludności i jej sytuację społeczno-ekonomiczną. Oczywiście dane uzyskiwane tymi pośrednimi metodami nie są tak szczegółowe jak dane ze spisów ludności, ale przy dalszym udoskonalaniu metody ich wartość polegająca na szybkości otrzymywania potrzebnych danych dla dowolnego okresu czasu może znacznie wzrosnąć. Świadomie pominięto tu omówienie zastosowania zdjęć lotniczych do sporządzania opracowań geodezyjnych terenów miejskich. Należy wspomnieć tylko, że są one wykorzystywane przy opracowywaniu szczegółowych map i planów różnego rodzaju miejskich urządzeń inżynierskich. Są również istotnym źródłem dostarczania danych do opracowywanych w Stanach Zjednoczonych "Miejskich Systemów Informacyjnych", mających ułatwić planowanie i zarządzanie miastem. [K.J. Duker, F.E. Horton, 1972; B.S. Weller, 1973/]. Są one także je-

dynym z ekonomicznego punktu widzenia materiałem do badań ruchu ulicznego w miastach.

Pomimo istnienia wielu opracowań na wyżej wymienione tematy większość z nich charakteryzuje się raczej ujęciami jakościowymi niż ilościowymi. Poza tym wszystkie wyżej cytowane opracowania odnoszą się do miast kapitalistycznych, rządzących się innymi prawami rozwoju niż miasta w krajach socjalistycznych. Biorąc pod uwagę powyższe argumenty, podjęto w Pracowni Fotointerpretacji Geograficznej Instytutu Geografii Uniwersytetu Warszawskiego próbę opracowania na podstawie zdjęć lotniczych map struktury przestrzennej miasta.

Postępując się prostymi cechami rozpoznawczymi wykonano mapę zróżnicowania przestrzennego Gdańska, Sopotu i Gdyni. Dysponowano przy tym opracowaniu zdjęciami z roku 1964 w skali 1:23 000. Na mapie zostały wyróżnione: zabudowa miejska wielokondygnacyjna; zabudowa willowa i podmiejska, tereny przemysłowe; portowe; linie kolejowe, tereny sportowe i wypoczynkowe; tereny zieleni, łąki; grunty orne i wody. Jest to przykład prostej interpretacji jakościowej, który jednak pozwala na zorientowanie się w układzie przestrzennym miasta jak również jego lokalizacji na tle warunków naturalnych.

Z wyżej przedstawionych poglądów wynika, że zdjęcia lotnicze umożliwiają nie tylko jakościową charakterystykę analizowanego terenu, ale także stwarzają możliwość ilościowej oceny badanych zjawisk. Próbę takiego ilościowego opracowania struktury przestrzennej miasta wykonano dla Warszawy, Łodzi i Białegostoku. Chodziło o to, aby opracować taką mapę, która byłaby podkładem zarówno do badań z zakresu geografii fizycznej, a konkretnie wpływu typu zabudowy jej intensywności na mikroklimat miasta, a także aby mogła służyć jako podstawa do opracowania niektórych zagadnień z zakresu struktury społeczno-ekonomicznej miasta. Mapa "stopnia przestrzennej zawartości zabudowy Warszawy" została opracowana na podstawie zdjęć lotniczych w skali 1:10 000 z roku 1965, mapa Łodzi w oparciu o zdjęcia w skali 1:13 000 z roku 1966, zaś mapa Białegostoku na zdjęciach w skali 1:15 000 z roku 1967. Przedmiotem analizy ilościowej były: zabudowa, tereny zieleni, place i jezdnie, grunty orne i wody, a w przypadku Łodzi również różnego rodzaju wyrobiska. Przy analizie zabudowy zwrócono uwagę zarówno na wysokość poszczególnych budynków jak też zajmowaną przez nie powierzchnię. Ponieważ kryterium ilości kondygnacji okazało się wieloznaczne jeśli chodzi o wysokość budynków, konieczne było określanie ich według wysokości rzeczywistej. Wyróżniono więc pięć klas wysokościowych:

- 1 - budynki do 7 m wysokości,
- 2 - budynki do 15 m wysokości,
- 3 - budynki do 20 m wysokości,
- 4 - budynki do 30 m wysokości,
- 5 - budynki powyżej 30 m wysokości.

Wysokość budynków ustalano na podstawie pomiarów stereomikrometrem paralaks podłużnych szczytu i podstawy poszczególnych obiektów a następnie przeliczano uzyskane wartości na wielkości rzeczywiste, stosując znany wzór:

$$\Delta z = \frac{Z_o \Delta p}{b_o} ,$$

gdzie: Δz - wysokość budynku w metrach,
 Z_o - wysokość fotografowania w metrach,
 Δp - różnica paralaks w mm,
 b_o - baza fotografowania w skali zdjęcia /paralaksa punktu głównego/.

W celu określenia dokładności obliczania wysokości budynków zróżniczkowano powyższy wzór i otrzymano

$$d \Delta z = \frac{Z_o}{b_o} d \Delta p .$$

Utożsamiając różniczki z wartościami błędów średnich można napisać:

$$m \Delta z = \frac{Z_o}{b_o} m \Delta p , \quad m \Delta z = \frac{\Delta z \cdot b_o}{Z_o} m \Delta p .$$

Stąd wniosek, że dokładność określania wysokości budynków jest tym większa im budynek jest niższy oraz im większa jest skala zdjęcia.

Przy zdjęciach lotniczych w skali 1:10 000 wykonanych z wysokości $Z_o = 2130$ m, przy $b_o = 70$ mm i przy pomiarze różnicy paralaks z dokładnością $m \Delta p \approx \pm 0,05$ mm:

$$m \Delta z = \pm 1,5 \text{ m} .$$

Jeżeli przyjąć, że wysokość budynków powinna być pomierzona z dokładnością 1 m / $m \Delta z = \pm 1$ m/ to można określić z jaką dokładnością należy mierzyć paralaksy szczytów budynków w stosunku do po-

ziomu odniesienia. Utrzymując poprzednie założenia: $Z_o = 2130$ m, $b_o = 70$ mm oraz $m \Delta z = 1$ m, otrzymamy:

$$m \Delta p \frac{m \Delta z \cdot b_o}{Z_o} = \frac{1 \text{ m} \cdot 70 \text{ mm}}{2130 \text{ m}} = 0,032 \text{ mm}$$

a zatem dokładność pojedynczego pomiaru paralaksy wynosi:

$$m \Delta p = \frac{0,032 \text{ mm}}{\sqrt{2}} \approx \pm 0,023 \text{ mm} .$$

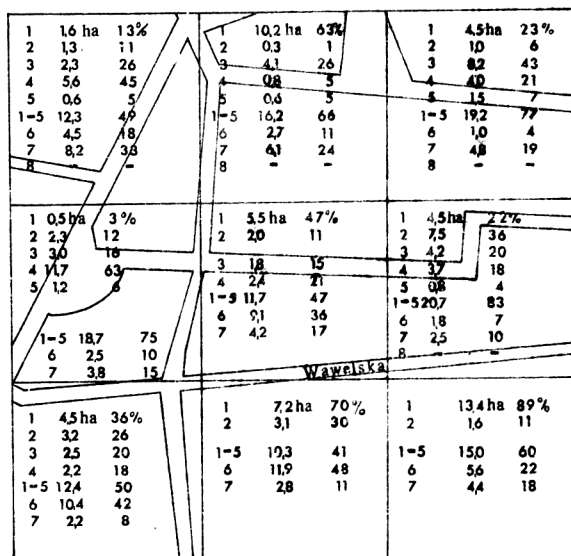
W wyniku doświadczeń uzyskanych przy prowadzeniu wyżej wymienionych pomiarów okazało się że najbardziej optymalną skalą jest 1:10 000 natomiast skala 1:15 000 jest już wartością skrajną jaką można było przyjąć przy opracowywaniu powyższych map.

W stosunku do pozostałych użytków to analizowano je jedynie pod względem powierzchniowym. W tym celu badany obszar miasta podzielono siatką kwadratów o bokach 0,5 x 0,5 km. Następnie w każdym z kwadratów obliczano powierzchnię zajęta przez budynki o określonej wysokości, z kolei obliczano procent powierzchni zajętej przez te budynki, teren zabudowany traktowano przy tym jako 100% /wskaźniki 1 do 5/. Przy obliczaniu powierzchni zabudowanych kierowano się następującymi zasadami. Dla domów jednorodzinnych wolnostojących, oprócz budynku do powierzchni zabudowanej, w ramach generalizacji, zaliczano również wewnętrzne podwórka wraz z niemożliwymi do pomiarzenia ze względu na małe rozmiary budynkami gospodarczymi. Podobnie przy dużych budynkach wielokondygnacyjnych do terenów zabudowanych włączano podwórza i przestrzenie między budynkami. Kierowano się tu generalną zasadą, aby do powierzchni zabudowanej włączyć te przestrzenie między budynkami, których szerokość jest mniejsza od szerokości budynków. Drugi rodzaj obliczeń wykonano dla wszystkich użytków występujących w danym kwadracie, traktowanym jako 100%. Pomiary wyżej wymienionych powierzchni wykonywane były na zdjęciach lotniczych za pomocą planimetru siatkowego z dokładnością 1 mm^2 co przy skali 1:10 000 odpowiada w terenie powierzchni 1 ara. Wyniki pomiarów zapisane zostały w obrębie poszczególnych kwadratów z dokładnością do 0,1 ha. W efekcie otrzymano szereg charakterystyk ilościowych poszczególnych użytków dla pojedynczych kwadratów, /rys.1/.

Mapa taka spełniała wprawdzie pierwotnie postawione założenia ilościowej charakterystyki strukturalnego zróżnicowania obszaru miasta,

to jednak jest ona słabo czytelna i nie zapewnia szybkiej orientacji w tym względzie. W celu graficznego przedstawienia otrzymanych danych liczbowych, uogólniono je, wyróżniając tereny zabudowane /budynki, place i jezdnie/ oraz tereny niezabudowane /tereny zieleni, parki, grunty orne i wody/. Przyjęto przy tym czterostopniową skalę, wyrażającą odpowiednio procent terenów zabudowanych i pozostałych:

1. 0 - 10% terenów zabudowanych; 100 - 90% terenów pozostałych
2. 10 - 30% terenów zabudowanych; 80 - 70% terenów pozostałych
3. 30 - 60% terenów zabudowanych; 70 - 40% terenów pozostałych
4. 60 -100% terenów zabudowanych; 40 - 0% terenów pozostałych.



rys.1. W A R S Z A W A - Stopień przestrzennej zwartości zabudowy /fragment/.

1 - zabudowa parterowa do 7 m wys., 2 - zabudowa piętrowa 15 m wys., 3 - zabudowa piętrowa 20 m wys., 4 - zabudowa piętrowa 30 m wys., 5 - zabudowa piętrowa powyżej 30 m wys., 1-5 łącznie zabudowa, 6 - tereny zielone, 7 - place i jezdnie, 8 - pola orne, 9 - wody

Fig.1. W A R S Z A W A - degree of spatial compactness of the built over area.

1 - Buildings up to 7 m of heights, 2 - Buildings from 7 to 15 m heights, 3 - Buildings from 15 to 15 m heights, 4 - Buildings from 20 to 30 m heights, 5 - Buildings higher than 30 m, 1-5 total buildings, 6 - Greenlands, 7 - Streets, 8 - Cultivated lands, 9 - Watersurfaces

Mapy tak skonstruowane dają już pewne wyobrażenie o strukturze przestrzennej miasta. W wypadku Warszawy wyraźnie wyróżnia się lewo - brzeżne śródmieście, charakteryzujące się najwyższym stopniem zabudowy, podobnie oddzielona Wisłą Praga, zwracają również uwagę strefy intensywnej zabudowy ciągnące się wzdłuż głównych arterii wylotowych. Uwidoczniły się także, wyspowo rozmieszczone obszary intensywnej zabudowy dzielnic takich jak Bielany, Raków, Służewiec, Bródno, Saska Kępa. Podobnie w przypadku Białegostoku wyraźnie wyróżnia się w centrum i stosunkowo regularny układ stref o coraz słabszej zabudowie.

Ponieważ założono, że opracowywane mapy powinny charakteryzować miasto zarówno pod względem ilościowym jak i jakościowym, a dotychczasowe opracowania czyniły to jeszcze w sposób nie dość precyzyjny, przystąpiono do kolejnego opracowania, które łączyłoby w sobie możliwie pełną charakterystykę jakościową jak i ilościową. Jeszcze raz w oparciu o proste cechy rozpoznawcze zinterpretowano zdjęcia lotnicze i wyróżniono następujące użytki: ulice przelotowe, ulice drugorzędne, drogi gruntowe, przesieki, linie kolejowe, bocznice, zabudowę mieszkaniową niską - do 15 m, zabudowę mieszkaniową wysoką powyżej 15 m, zabudowę przemysłową, tereny kolejowe i składy, tereny w zabudowie, cmentarze, parki, place i skwery, stadiony i boiska, grunty orne, łąki, sady i ogrody przydomowe, ogródki działkowe, nieużytki, lasy, pojedyncze krzaki i kępy drzew, wyrobiska. Uzyskano w ten sposób względnie dokładne opracowanie użytkowania ziemi w mieście. Mapę tę potraktowano jako podkład do nałożenia i rozmieszczenia na niej charakterystyk ilościowych, znanych już z mapy "Stopnia przestrzennej zwartości zabudowy". Pola podstawowe z tej ostatniej mapy podzielono na dwadzieścia pięć części każde - nowe jednostki odpowiadają powierzchni jednego hektara. Przypisano im odpowiednią barwę reprezentującą jeden z niżej wymienionych użytków: Zabudowa wysoka, zabudowa niska, tereny zielone, grunty orne i łąki, tereny komunikacyjne, wody.

Lokalizacja tych elementów na mapie odpowiada mniej więcej miejscu, w którym występują one w rzeczywistości. Wydaje się, że mapa ta już w sposób dość dokładny charakteryzuje miasto pod względem jakościowym i ilościowym.

Mapa taka pozwala na poczynienie pewnych spostrzeżeń odnośnie rozwoju miasta. Widoczne są dzielnice peryferyjne tworzące jakby odrębne jednostki osiedleńcze, a także subcentra w dzielnicach śródmiej-

skiej. Daje się zauważyć rozwój zabudowy wzdłuż dróg wylotowych. Na uwagę zasługuje również linia kolejowa otaczająca miasto łukiem od północy, tworząca wyraźną barierę dla rozwoju osadnictwa. Rozwija się ono poza linią kolejową tylko w tych miejscach gdzie kolej przecinają drogi wylotowe. Z mapy takiej można również odczytać grunty rezerwowe, na których może rozwijać się budownictwo. Powyższe uwagi nie wyczerpują oczywiście całości zagadnienia analizy przestrzennej miasta, wskazują jedynie pewne możliwości w tym względzie.

Zaletą takiej mapy jest możliwość procentowego określania powierzchni zajmowanej przez w/w użytki, w dowolnych figurach, składających się z dowolnej liczby jednostek elementarnych. Ujęcie takie stwarza możliwość poszukiwania związków między zewnętrznymi fizjonomicznymi cechami miasta a pewnymi cechami jego struktury społeczno-gospodarczej.

W tym też kierunku idą dalsze opracowania wykonywane w Pracowni Fotointerpretacji Geograficznej Instytutu Geografii Uniwersytetu Warszawskiego.

L I T E R A T U R A

1. S c h ä t t e r W., 1956, Die suburbane zone von Zürich, Geo - graphica Helvetica, Bd.11.
2. C h e v a l l i e r R., 1966, Les multiples applications de la photointerpretatio a l'urbanisme, Société Française de photo - grammétrie, Bulletin No. 23.
3. M u m b o w e r L., D o n g h u e J., 1967, Urban poverty study, Photogrammetric Engineering, vol.33, No. 6.
4. R i c h t e r D.M., 1969, Sequential Urban Change, Photogram - metric Engineering, vol. 25, No. 8.
5. V o n V ö l g e r K., 1969, Ermittlung sozio-ökonomischer Da - ten für die Stadt und Regionalplanung durch Luftbild-Interpreta - tion, Bildmessung und Luftbildwesen, H. 4.
6. A d a m s W., L e p l e y L., W a r r e n C., C h a n g S., 1970, Coastal and Urban Surveys with IR, Photogrammetric Engineering, vol. 26, No. 2.
7. B a d e w i t z D., 1971, Sozialräumliche gliederung als Erge - bnis stadtgeographischer Luftbildinterpretation, Bildmessung und Luftbildwesen, H. 6.
8. C o l l i n s G.W., E l - B e i k A.H., 1971, The Aquisition of Urban Land Use Information from Photographs of the city of Leeds, Photogrammetria, vol. 27, No. 2.
9. D o d t J., 1971, Innerstädtisches Sozialgefüge im Luftbild, dar - gestellt anhand einer Beispielaufnahme aus dem Ruhrgebiet, Archiv für Photogrammetrie, Bd. 18, Leipzig.

10. H s u S., 1971, Population Estimation, Photogrammetric Engineering, vol. 27, No. 5.
11. D u e k e r K.J., H o r t o n F.F., 1972, Urban-change detection systems: Remote sensing inputs, Photogrammetria, vol.28, No. 3.
12. A n d e r s o n D.E., A n d e r s o n Ph.N., 1973, Population Estimates by Humans and Machines, Photogrammetric Engineering, vol. 39, No. 2.
13. M c C o y R.M., M e t i v i e r E.D., 1973, House Density vs. Socioeconomic Conditions, Photogrammetric Engineering, vol. 39, No. 1.
14. W e l l e r B.S., 1973, Remote sensing and Urban Information Systems, Photogrammetric Engineering, vol. 39, No. 10.
15. O g r o s k y Ch.F., 1975, Population Estimates from Satellite Imagery, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 41, No. 6.

Jan R. Olędzki, Małgorzata Mycke

METHODS OF PHOTOINTERPRETATION IN INVESTIGATIONS OF THE
SPATIAL STRUCTURE OF A TOWN

S u m m a r y

From a survey of the relevant literature it appears, that airplane photographs are particularly valuable in investigations of the overall picture of a town, and many studies have been published dealing with this topic. However, in most cases the airplane photographs were used for presenting features of a rather qualitative, not a quantitative character.

The authors made their attempt of studying quantitatively the spatial structure of urbanized areas, taking into consideration the three towns of Warszawa, Łódź and Białystok. The object of their quantitative analyses were: density of built-over areas, greenlands, public squares and streets, cultivated land, and water surface. The built-over areas were analyzed both as to heights of particular structure and to the areas they occupy; the remaining elements were only analyzed with regard to their surface areas. The heights of particular buildings were determined by stereometric measurements of the longitudinal parallaxes of tops and bases of the particular structures, and then by reducing the values obtained to true values, applying the well-known formula:

$$\Delta z = \frac{z_o \cdot \Delta p}{b_o}$$

In these studies the authors distinguished five classes of building heights: up to 7 m, from 7 to 15 m, from 15 to 20 m, from 20 to 30 m, and higher than 30 m. After identifying and classifying the remaining

elements they calculated the surfaces they occupy. In order to accomplish this, they divided the area under investigation by a grid of squares of 0,5 x 0,5 km each, and in each square they determined the surface area jointly occupied by buildings of particular heights. Next they calculated the per-cent surface of buildings of the different classes, assuming the total area covered by buildings to be 100%. The authors now passed on to the second step in calculations, determining the surface areas of the remaining forms of land use, and here again their sum total within each square was taken to be 100%.

The result of this procedure was a number of quantitative characteristic data /Fig.1/; for presenting them graphically, these data had to be to some extent generalized. In this way were distinguished, on the one hand, objects created by expensive investments /buildings, public squares, streets/ and, on the other, greenlands taken in a wide sense /parks and gardens, cultivated land, water surfaces/. In this distinction the authors applied a four-degree scale, expressing the pertinent per-cent figures of the investment objects and the greenlands as follows:

- | | | | |
|----|-----------|-----|------------|
| 1. | 0 - 10% | and | 90 - 100%; |
| 2. | 10 - 30% | and | 70 - 90%; |
| 3. | 30 - 60% | and | 40 - 70%; |
| 4. | 60 - 100% | and | 0 - 40%. |

This sort of map /Fig.1/ illustrates fairly accurately the spatial structure of a town showing, in the case of Białystok, the concentric arrangement of zones differing in the degree of investments. However, it would be futile to use this map for determining the relation between the general picture of a town and its socio-economic structure. For also gaining some information in this respect, the authors compiled another map based on the former map as far as numerical data are concerned, but supplemented by a qualitative characteristic of the investigated area. The basic squares of the original map were subdivided into 25 parts each. This enabled them to prepare a cartogramme in which every element of 1 ha surface is marked by a definite colour signifying one of the distinguished forms of land use. The place assigned on the map to each of the elements indicates its actual location in the field - obviously allowing for a certain approximation. The advantage of this kind of a map lies in the chance of defining by per-cent values the surfaces occupied by the above distinguished patterns of land use, marked by differences in colouring.

Undoubtedly this sort of procedure does not lack drawbacks. Yet, it seems to supply a suitable basis for discerning the above discussed relations between the spatial structure of a town and its socio-economic structure.