

Zbigniew Węgrzyn

UWAGI O PRZYDATNOŚCI ORTOFOTOGRAFII CYFROWEJ W URZĄDZANIU OBSZARÓW WIEJSKICH

1. Wstęp

W dobie rozwoju metod cyfrowych w fotogrametrii coraz większego znaczenia nabiera cyfrowa ortofotografia. Jako metoda pozyskania w pełni metrycznego materiału o bogatej treści informacyjnej, może znaleźć zastosowanie przy sporządzaniu i aktualizacji map oraz podkładów dla potrzeb planowania przestrzennego. Praktycznie ortofotografia może być wykorzystana jako mapa rzeczywista w postaci wydruku tonalnego lub mapy wirtualnej w postaci zbioru cyfrowego w pamięci dyskowej [2.7].

W minionym okresie w Polsce ortofotomapy, fotomapy wykonywane fotograficznie nie znalazły powszechnego zastosowania. Było to uwarunkowane różnymi względami, m.in. tajemnicą materiałów fotogrametrycznych. Obecnie czynione są starania zmierzające do pokrycia części obszaru kraju ortofotomapami sporządzanymi metodami cyfrowymi. W ostatnich dwóch latach wykonano zdjęcia w skali ok. 1:30 000 na znacznej części obszaru Polski (m.in. na południu Kraju) w celu aktualizacji map topograficznych na podstawie ortofotomap.

Celem opracowania jest przedstawienie przydatności ortofotografii cyfrowej sporządzanej ze zdjęć w średnich skalach, zarówno w postaci mapy wirtualnej (zbioru cyfrowego) jak i w postaci mapy rzeczywistej /druku rastrowego/ do urządzania obszarów wiejskich. Do analizy wykorzystano ortofotomapę udostępnioną przez Departament Głównego Geodety Kraju. Została ona opracowana na podstawie trzech zdjęć wykonanych w skali około 1: 28 000, z okolic północnej części miasta Częstochowa, o urozmaiconej infrastrukturze (tereny osiedlowe miejskie, typowe tereny rolne podmiejskie). Dla wymienionego obszaru ortofotografia cyfrowa została wygenerowana o rozdzielczości piksela w terenie 0.5m i 1.0 m, oraz wykonano jej prezentacje graficzne w skali 1: 10 000 i 1:5 000 na różnych maszynach drukujących [8].

Ze względu na brak cyfrowych kamer lotniczych o wysokiej rozdzielczości (poniżej 0.5m), do wytwarzania ortofotografii stosowane są obrazy cyfrowe uzyskane w drodze skanowania zdjęć lotniczych. Do tego celu używane są skanery o wysokiej rozdzielczości. Pozwalają one osiągnąć rozdzielczość do 4000 dpi, o dokładności geometrycznej skanowania rzędu 2 μ m. W kraju są do wykorzystania 3 skanery: Photoscan PS1 firmy ZEISS (Wojskowy Ośrodek Geodezji i Teledetekcji) i DSW 200 firmy Leica) oraz HOWTEK D4000 produkcji amerykańskiej (Centralny Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej).

Istotnym czynnikiem procesu skanowania jest dobór właściwego rozmiaru piksela w celu zachowania źródłowej informacji. Uważa się, że wielkość piksela powinna być dobrana odpowiednio do jakości fotograficznej zdjęć [12].

Duża wielkość zbioru podlegająca obróbce przy wytwarzaniu ortofotografii (dla zdjęć czarno-białego o wymiarach 24x24 cm, przy rozdzielczości skanowania 2000 dpi - zbiór wynosi 350 MB, a przy 1000 dpi - 88 MB) wymaga wysokowydajnych stacji komputerowych i komercyjnego oprogramowania [4,5]. Najczęściej stosowane są stacje graficzne SUN i Silicon Graphics pracujące w systemie operacyjnym UNIX i tylko nieliczne IBM PC w systemie DOS [2]. Obecnie w kraju znajdują się trzy stacje cyfrowe Image Station firmy Intergraph, oraz DPW 770 firmy Leica na których można wytwarzać cyfrowe ortofotografie. Wykonywane na nich opracowania są na etapie wdrożeń produkcyjnych.

2. Materiały źródłowe

Dla potrzeb niniejszego opracowania zgromadzono następujące materiały :

1/ zbiory cyfrowe ortofotografii wygenerowanej na stacji HELAWA Leica DPW 770 dla arkusza mapy topograficznej M-34-39-A-C-4 w układzie 1942, zapisane na Exabyte o gęstości zapisu 5GB. Dane te zostały skopiowane na streamer o standardzie Quick 80. Zbiory były zapisane w formacie TIFF:

- poland10.tif - ortofotografia cyfrowa o rozdzielczości terenowej piksela 1m, wielkość zbioru 22,45 MB;
- poland5.tif - ortofotografia cyfrowa o rozdzielczości terenowej piksela 0.5 m, wielkość zbioru 85,96 MB;

2/ prezentacje graficzne ortofotografii:

- 1:10 000 - obraz cyfrowy wygenerowany na stacji DPW 770 Helava - Leica, druk rastrowy na Linotype 930 laser writer (wydrukowana siatka kwadratów - biała linia) oraz na ploterze Roland Rekord (na krawędziach arkusza wykreślone są przecięcia siatki kwadratów, obraz wydrukowany w jaśniejszym tonie),
- 1:10 000 - obraz cyfrowy wygenerowany w belgijskiej firmie Eurosense - oprogramowanie Euidicort, druk na ploterze Roland Rekord (na krawędziach arkusza sekcji wykreślone przecięcia siatki kwadratów (obraz w ciemniejszym tonie),
- 1: 5 000 - obraz cyfrowy wygenerowany na stacji DPW 770 Helava - Leica, druk rastrowy na Linotype 930 laser writer część arkusza 1: 10 000 (wydrukowana siatka kwadratów - biała linia),
- mapy topograficzne w skali 1: 10 000 w układzie 65, z których sporządzono arkusz mapy topograficznej 1:10 000 z obszaru ortofotografii cyfrowej w układzie 42;
- mapy zasadnicze w skali 1:1000 w ilości 7 ark. dla wybranych fragmentów,
- mapy ewidencyjne w skali 1:2000 - 6 arkuszy dla wybranych fragmentów.

Na podstawie posiadanych materiałów i informacji odnośnie analizowanej ortofotografii wykonano analizę porównawczą jakości obrazu wygenerowanej ortofotografii oraz jej prezentacji graficznej z obrazem cyfrowym powstałym po zeskanowaniu zdjęć na skanerze Howtek D4000 z rozdzielczością 1000 dpi (wielkość zbioru około 85 MB). Piksel obrazu cyfrowego po uwzględnieniu skali oryginalnych zdjęć i rozdzielczości skanowania wynosi około 70 cm w terenie. Porównując zwizualizowany na monitorze 14" obraz ortofotografii za pomocą oprogramowania VSD, z obrazem cyfrowym zeskanowanych zdjęć z tego samego obszaru o zbliżonej wielkości

piksela terenowego, stwierdzono mniejszą wyrazistość pojedynczych szczegółów oraz struktury i tekstury powierzchni, a także mniejszą kontrastowość niż na skanowanych oryginalnych zdjęciach. Należy przypuszczać, że zmiana jakości obrazu cyfrowego ortofotografii wiąże się z czynnością przetwarzania obrazu oraz przygotowania do druku. Oprogramowanie Photostyler czy Photoshop pozwala na korekcję cyfrową jasności i kontrastu obrazu.

W opracowaniu dysponowano jedynie zbiorami cyfrowymi ortofotografii wykonanej na stacji DPW 770 Helava - Leica. Zbiór cyfrowy ortofotografii poland10.tif posiada 4872 linii po 4608 pikseli w linii a poland5.tif - 9506 linii po 9042 pikseli w linii. Po zwiualizowaniu zbiorów ortofotografii na VSD i wstępnych pomiarach potwierdzono wielkość piksela terenowego w przypadku zbioru poland10.tif - 1m, a w przypadku poland 5.tif - 0.5 m.

Prezentacje graficzne ortofotografii - ortofotomapy - były wykonane na dwóch urządzeniach: Linotype 930 laser writer i Roland Rekord (Belgia). Zauważono ich wyraźnie zróżnicowaną jakość pod względem rozdzielczości rastra, kontrastowości i związanym z tym "obrazem fotograficznym". Druk laserowy na Linotype 930 wykonany jest z rozdzielczością 150 dpi a na Roland Rekord 300 dpi. Stopień zaciemnienia druku laserowego jest większy zarówno w przypadku ortofotomapy 1:10 000 jak i 1:5000 od ortofotomapy wydrukowanej na Roland Rekord.

Dla potrzeb analizy przeprowadzono przekształcenie obrazu do układu „65” w oparciu o punkty zidentyfikowane na mapie zasadniczej w skali 1:1000. Umożliwiło to porównanie współrzędnych z digitalizacji ekranowej z pomiarami terenowymi wykonanymi tachimetrem elektronicznym.

3. Ocena jakości obrazu ortofotomap

Wartość informacyjna obrazu fotograficznego zależy przede wszystkim od cech jakościowych charakteryzujących obraz, jak: zdolność rozdzielcza (wielkość strefy nicostrości) i kontrastu obiektów. Minimalny wymiar wyróżnianego obiektu jest ściśle uzależniony od wartości kontrastu, im większy kontrast tym wymiar obiektu może być mniejszy.

Materiał wyjściowy do druku posiadał wielkość piksela 0,1 mm w skali mapy co dawało rozdzielczość obrazu około 5 /mm. Szacunkowo można podać minimalną wielkość wyróżnienia obiektów liniowych przy bezpośredniej obserwacji (bez powiększenia dla $D = 1$ około 0,2 - 0,3 mm dla obiektów powierzchniowych i około 0,15 mm dla obiektów liniowych. Te szacunkowe wielkości zostały potwierdzone w bezpośredniej konfrontacji ortofotomapy z terenem. Część dróg polnych porośniętych trawą, o słabym kontraście w stosunku do otoczenia, na ortofotomapie była niezauważalna.

W stosunku do map kreskowych wartość informacyjna ortofotomap jest znacznie większa. Szacuje się, że tylko 30% informacji zawartych na zdjęciu jest wykorzystana przy opracowaniu map kreskowych. W przypadku ortofotomap cyfrowych natomiast istnieje niewielka strata informacji w porównaniu z oryginalnym zdjęciem.

Mimo tych pewnych ograniczeń w wyróżnianiu obiektów ortofotomapy drukowane stanowią bardzo bogaty materiał informacyjny (przewyższający mapy kreskowe) i mogą być zastosowane do różnych potrzeb.

Innym zagadnieniem jest aktualność ortofotomapy. W omawianym przypadku ortofoto-mapa była sporządzona ze zdjęć wykonanych w 1993 r. Dlatego w czasie porównania terenowego zauważono zmiany minimalne.

4. Dokładność metryczna

4.1. Dokładność pomiaru na zbiorach cyfrowych

Po wprowadzeniu do ortofotografii układu terenowego VSD umożliwia pomiar współrzędnych terenowych punktów wybranym kursorem [1]. Oprócz błędów powstałych przy generowaniu ortofotografii, na dokładność określenia współrzędnych mają przede wszystkim wpływ błędy identyfikacji mierzonych punktów. Ustalono, że w rezultacie przeprowadzonych pięciokrotnych pomiarów na 30 punktach błędy identyfikacji monokularnej osiągały wielkości od 0.4m do 1.0 m dla ortofotografii o pikselu 1m i 0.1m do 0.5 m przy pikselu 0.5 m.

Z porównania pomierzonych współrzędnych na VSD i tachimetrem elektronicznym uzyskano następujące błędy w metrach:

Zbiór	mx	my	mp
poland10	1.8	1.3	2.2
poland5	0.8	0.6	1.0

W odniesieniu do skal map fotograficznych wielkość błędu położenia punktu wynosi około 0.2mm. Można przypuszczać, że sposób pomiaru bezpośredniego na zbiorach ortofotografii cyfrowej będzie miał początkowo zastosowanie tylko w nielicznych przypadkach. Wymagać to będzie pewnego przestawienia się obserwatorów na obraz cyfrowy oraz działań inwestycyjnych.

4.2. Dokładność pomiaru na mapach fotograficznych

Zagadnienie pomiaru długości ma istotne znaczenie w związku z zamierzonym wykorzystaniem ortofotomap cyfrowych (map fotograficznych) do opracowań i aktualizacji map topograficznych, prac planistycznych i projektowych. Pomiar długości na mapach fotograficznych niewiele różni się od pomiaru na mapach kreskowych. W literaturze geodezyjnej można spotkać się z różnymi wielkościami błędów pomiaru na mapach kreskowych. Większość autorów podaje wielkość 0.1 mm jako średni błąd pomiaru długości za pomocą podziałki transwersalnej. Oczywistym jest, że pomija się tu błąd kartometryczności mapy.

Dokładność pomiaru długości na mapach fotograficznych będzie dodatkowo uzależniona od błędu identyfikacji punktu, który waha się od 0.06 mm do 0.12 mm niezależnie od skali. Błąd identyfikacji uzależniony będzie od współczynnika powiększenia i jakości obrazu fotograficznego i może osiągać wielkości od 0.1 - 0.2 mm. W przypadku obrazu rastrowego stosowanie powiększeń dodatkowo utrudnia identyfikację, gdyż widoczna staje się siatka punktów. Korzystniejszym materiałem jest ortofotomapa wykonana w druku rastrowym z większą rozdzielczością dpi. (np. 300). Należy zwrócić uwagę czy zachowane zostały wymiary siatki kwadratów [8].

5. Proponowane zastosowania ortofotografii

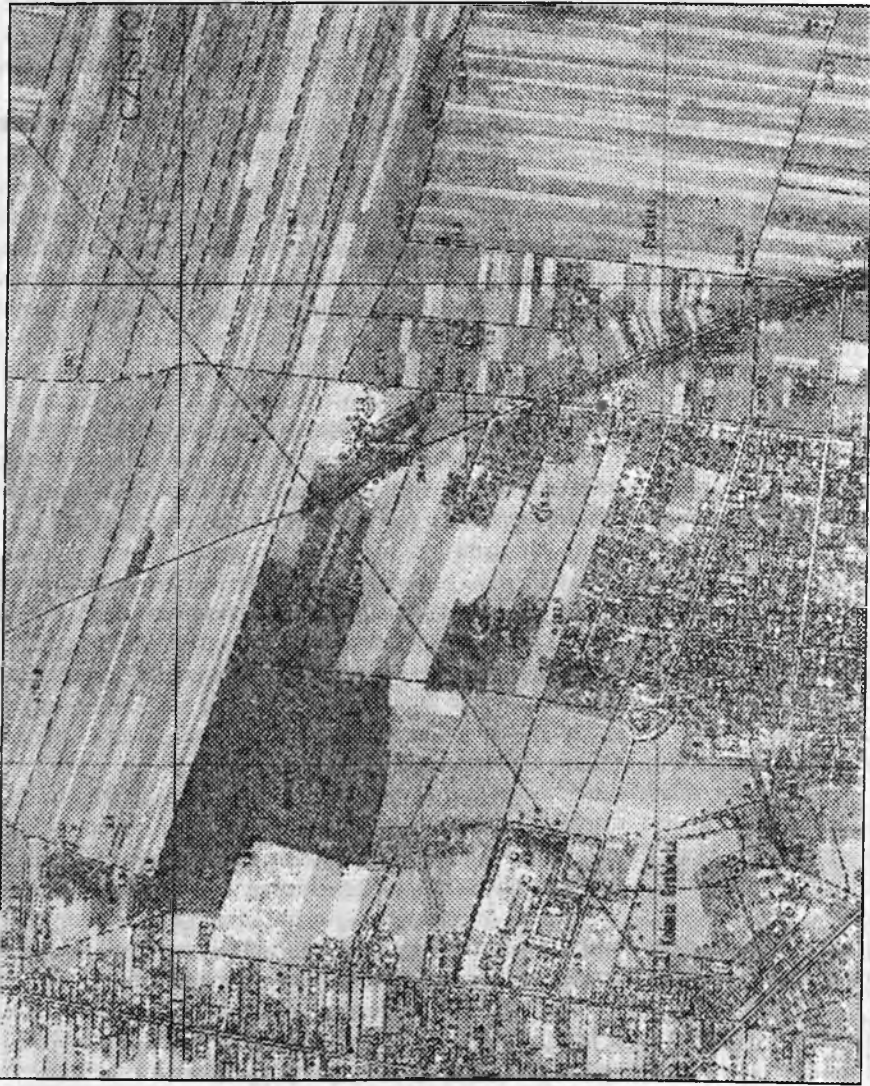
Przedstawione dotychczas zagadnienia jakości obrazu i dokładności ortofotografii w postaci cyfrowej i drukowanych map fotograficznych pozwalają na wskazanie ich potencjalnego wykorzystania. Przy wykorzystaniu zbiorów cyfrowych efektem opracowania mogą być zbiory współrzędnych lub cyfrowa mapa wektorowa [9]. Jest to szczególnie istotne przy zakładaniu SITu. Ograniczeniem jest wielkość terenowa piksela wygenerowanej ortofotografii. Autor używał niedrogiego oprogramowania VSD, który z powodzeniem nadaje się do ekranowej digitalizacji.. Daje ono możliwość praktycznego stosowania fotogrametrii w jednostkach niefotogrametrycznych. Innym przykładem może być oprogramowanie DVP firmy Leica, MapInfo 3.0, MapDatabase firmy Nucor lub typowych stacji fotogrametrycznych. Profesjonalne oprogramowanie pozwoli projektantom na opracowanie części graficznej planów z zakresu urządzania obszarów wiejskich w formie cyfrowej.

Wykorzystanie map fotograficznych drukowanych, takich jakie były przedmiotem analizy może być wielorakie. Jednoczesne połączenie treści mapy kreskowej z mapą fotograficzną (nawet w ujęciu tradycyjnym) daje doskonały podkład dla planisty przestrzennego. Przykład połączenia mapy topograficznej z ortofotomapą przedstawiono na rys.1. Możliwości wykorzystania obrazu fotograficznego w pracach związanych z urządzaniem obszarów wiejskich były już wielokrotnie sygnalizowane i są dalej aktualne, szczególnie teraz gdy mamy do wykorzystania coraz to nowe postacie materiałów fotogrametrycznych [6,11]

W kraju jest wielu planistów, którzy na pracach eksportowych nauczyli się stosować materiały fotogrametryczne w planowaniu przestrzennym. Dużej grupie specjalistów z trudnością przychodzi pokonanie bariery stosowania materiałów fotogrametrycznych. Nie można już obecnie tłumaczyć się tajemnicą materiałów i małą dokładnością. Sądzić należy, że młoda kadra szybko sobie z tym poradzi. Efekty ekonomiczne i jakościowe są tu nie bez znaczenia.

Innym przykładem zastosowań może być szybka kontrola map ewidencyjnych, szczególnie gdy są one mapami cyfrowymi. Możliwe jest to przy użyciu VSD, oprogramowania MapInfo 3.0 lub I/RAS C. W przypadku gdy mapy są w postaci kreskowej, można nałożyć matryce map na mapy fotograficzne. Łatwo można również uzupełnić mapy, czy też same warstwy informacyjne.. Na rys.2 przedstawiono przykład połączenia cyfrowej mapy ewidencyjnej powstałej w wyniku wektoryzacji zeskanowanej mapy w skali 1:2000 z analizowanego obszaru na obraz cyfrowy ortofotografii [3].

Trudno jest przeprowadzić szczegółową analizę ekonomiczną ze względu na brak informacji o składowych kosztach opracowania ortofotografii cyfrowej m.in. kosztu godziny pracy stacji fotogrametrycznej, kosztu godziny pracy obserwatora, kosztu druku. Na niekomercyjnym oprogramowaniu czas wykonania ortofotografii z jednego zdjęcia w skali 1:4500, przy pikselu 40µm wyniósł 5,3 godz., w tym 2 godz. zajęły pomiary do generacji NMT [10]. Mimo braku danych do opracowania analizy ekonomicznej należy podkreślić niewymierne korzyści jakie wiążą się ze stosowaniem ortofotografii cyfrowej. Raz poniesione koszty sporządzenia ortofotografii cyfrowej rozkładają się, biorąc pod uwagę przewidywane jej różnorakie wykorzystanie.



Rys. 1. Przykład połączenia mapy topograficznej z ortofotomapą



Rys.2 Przykład połączenia wektorowej mapy ewidencyjnej z ortofotografią cyfrową

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych analiz dostarczonego materiału należy stwierdzić całkowitą przydatność cyfrowej ortofotografii i opracowanych na jej podstawie map fotograficznych. W początkowych okresach wykorzystania opracowań cyfrowej fotogrametrii w postaci ortofotomap stosowane będą jej prezentacje graficzne - drukowane mapy fotograficzne.

Wykorzystanie drukowanych map fotograficznych, które są bardzo efektywnym materiałem kartograficznym, znajdzie w praktyce zwolenników wśród wielu specjalistów. Mogą one zastąpić tradycyjne mapy topograficzne po uzupełnieniu ich treści odpowiednio do skali, oraz być źródłem do opracowania lub aktualizacji map w tradycyjnej formie. Uzyskiwane błędy rzędu 2 pikseli w przypadku mapy 1:10000 stanowią 0.2 mm w skali mapy. Podobnie jest ze zbiorami przygotowanymi dla mapy w skali 1:5000.

Możliwość korzystania bezpośrednio ze zbiorów cyfrowych wprowadza nową jakość w zastosowaniach fotogrametrii. Dla bezpośredniego stosowania zbiorów cyfrowych korzystna jest archiwizacja z małą wielkością terenową piksela np. 0.5 m lub mniej. Ze względu na niskie koszty czytników CD-ROM warto je udostępniać na tego typu nośnikach.

Literatura

1. Jachimski J., Boroń A., Zieliński J.M., Video Stereo Digitizer i wstępna ocena dokładności pomiaru wielkoskalowych zdjęć lotniczych, Systemy informacji terenowej GIS/LIS oraz analityczne i cyfrowe opracowania w fotogrametrii i teledetekcji., Archiwum Fotogrametrii i Teledetekcji vol.1 1994.
2. Kaczyński R.:Mapy cyfrowe ze zdjęć satelitarnych i lotniczych., Systemy informacji przestrzennej dla obszarów wiejskich z wykorzystaniem danych teledetekcyjnych., Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji vol.3 1995.
3. Krzyworzeka M., Węgrzyn Z. Wirtualne mapy wektorowo-ortofotograficzne dla prac projektowych., Systemy informacji przestrzennej dla obszarów wiejskich z wykorzystaniem danych teledetekcyjnych., Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji vol.3 1995.
4. Orlińska J. Preuss R. Photogrammetry in GIS Technologies. GIS for environmental Studies Kraków 25-27.XI. 1993
5. Sikorski K., Węgrzyn Z., Wrona T.: Metody fotogrametryczne w geodezyjnym zarządzaniu terenów rolnych. 60-lecie PTF Symposium Naukowe Warszawa 1991.
6. Sitek Z. Fotogrametryczne stacje robocze. Moniterra Poczytalion nr7 Kraków 1992.
7. Węgrzyn Z.: Cyfrowa ortofotografia dla sporządzania map tematycznych. Materiały Ogólnopolskiego Seminarium nt: Opracowanie cyfrowych map dla potrzeb rolnictwa z wykorzystaniem metod fotogrametrii i teledetekcji. Komitet Geodezji PAN - AR Kraków 1993.
8. Węgrzyn Z.: Dokładność i przydatność ortofotografii cyfrowej (na przykładzie obiektu Częstochowa) 1994, maszynopis (opracowanie wykonane na zamówienie Departamentu Głównego Geodety Kraju)

9. Węgrzyn Z.: Określenie współrzędnych z ortofotografii cyfrowej przy użyciu VSD-AGH., Systemy informacji terenowej GIS/LIS oraz analityczne i cyfrowe opracowania w fotogrametrii i teledetekcji., Archiwum Fotogrametrii i Teledetekcji vol.1 1994.
10. Węgrzyn Z., Meister M.: Wykonywanie cyfrowej ortofotografii na zestawie DOW opracowanym w ETH Zürich. Zeszyt Nauk. AR w Krtakowie 288 Sesja Naukowa z.40, 1993.
11. Węgrzyn Z., Wrona T.; O celowości stosowania materiałów fotogrametrycznych w urządzaniu i ochronie gruntów rolnych, Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie Nr 255, Kraków 1991.
12. Wrona T., Węgrzyn Z., Wpływ rozdzielczości skanowania zdjęć lotniczych na dokładność odwzorowania szczegółów., Systemy informacji terenowej GIS/LIS oraz analityczne i cyfrowe opracowania w fotogrametrii i teledetekcji., Archiwum Fotogrametrii i Teledetekcji vol.1 1994.

Recenzował: Prof. dr hab. inż. Zbigniew Sitek

The Board of Education has the honor to acknowledge the receipt of the report of the Superintendent of Schools, Mr. J. H. [Name], for the year ending June 30, 1901. The report shows a steady increase in the number of pupils attending the public schools, and a corresponding increase in the amount of money expended for their education. The Board is pleased to note the progress made in the various departments of the school system, and the high quality of the instruction given. It is especially gratified to see the improvement in the physical condition of the schools, and the attention given to the health and hygiene of the pupils. The Board believes that the system of public education in this city is well managed, and that the interests of the community are being promoted by the most efficient means possible.

The Board of Education has the honor to acknowledge the receipt of the report of the Superintendent of Schools, Mr. J. H. [Name], for the year ending June 30, 1901. The report shows a steady increase in the number of pupils attending the public schools, and a corresponding increase in the amount of money expended for their education. The Board is pleased to note the progress made in the various departments of the school system, and the high quality of the instruction given. It is especially gratified to see the improvement in the physical condition of the schools, and the attention given to the health and hygiene of the pupils. The Board believes that the system of public education in this city is well managed, and that the interests of the community are being promoted by the most efficient means possible.