

HERONIM OLENDEREK, KRZYSZTOF BĘDKOWSKI

Badanie dokładności digitalizacji leśnych map gospodarczych

Исследования точности дигитализации лесных хозяйственных карт

Examination of the accuracy of digitalization of forest economic maps

1. WSTĘP

Digitalizacja jest to przetwarzanie wyników pomiarów z postaci analogowej (najczęściej graficznej) na cyfrową (1). Może być ona wykonywana w sposób automatyczny (digitalizacja automatyczna) przy pomocy „digimetrów”, zwanych również „przetwornikami graficzno-cyfrowymi”, „koordynatometrami” lub „digitizerami”. Rozróżnia się trzy podstawowe rodzaje digitalizacji:

1) digitalizacja powierzchniowa (tzw. skanowanie) — rejestracja zaczerpniętych prostokątnych lub kwadratowych elementów obrazu, połączona z przejściem całego rysunku według ustalonego schematu,

2) digitalizacja liniowa — rejestracja przebiegu linii w interwale czasowym lub odległościowym; operator przesuwając wskaźnik po wybranej linii rysunku rejestruje położenie punktów,

3) digitalizacja punktowa — operator ustawia wskaźnik odczytowy na zadany punkt i rejestruje jego położenie.

Jednym ze sposobów uzyskiwania danych źródłowych do sporządzania leśnej mapy numerycznej, mającej w przyszłości zastąpić obecną mapę gospodarczą, jest digitalizacja punktowa istniejących materiałów kartograficznych (5). Materiałami tymi są przeważnie mapy gospodarcze w skali 1:5000 wykonane w układzie obrębowym, na planszach aluminiowych, foliach kreślarskich lub na zwykłym papierze kreślarskim. Mapy te, zgodnie z obowiązującą instrukcją urządzania lasu są, aktualizowane w cyklu dziesięcioletnim. Ponieważ zmiany jakie zachodzą w położeniu leśnych szczegółów sytuacyjnych w okresie 10 lat nie są duże, przeto istniejące mapy będą zawsze stanowiły główne źródło danych niezbędnych do opracowania mapy numerycznej nadleśnictwa. Pozostałe dane będą otrzymywane na podstawie pomiarów terenowych, wykonywanych głównie metodą busolową, lub na podstawie opracowań fotogrametrycznych. Należy przyjąć, że dane dotyczące szczegółów będących treścią

mapy zasadniczej, zebrane dla jej numerycznej wersji, będą wykorzystane również dla numerycznej mapy gospodarczej.

Digitalizacja map gospodarczych może być wykonana przy pomocy digimetrów automatycznych, np. Codimat B firmy Contraves lub też przy pomocy koordynatografów zwykłych, z których na pierwszym miejscu należy wymienić precyzyjny koordynatograf firmy Zeiss Jena.

2. DOKŁADNOŚĆ DIGITALIZACJI

Niniejszy artykuł ma na celu przedstawienie wyników badań nad dokładnością digitalizacji leśnych map gospodarczych prowadzonych w Zakładzie Geodezji i Fotogrametrii Leśnej SGGW-AR. Digitalizację wykonano przy pomocy koordynatografu Zeissa nr 225 751.

W procesie digitalizacji zasadnicze znaczenie ma wyznaczenie współrzędnych punktów granicznych obrębów, uroczysk, załamania granic oddziałów i granic pododdziałów (wyłączeń). W tym celu poddano analizie arkusz mapy gospodarczej Uroczyska Zimna Woda wchodzącego w skład Leśnego Zakładu Doświadczalnego SGGW-AR w Rogowie. Po umieszczeniu mapy na stole koordynatografu wyznaczono współrzędne x , y wybranych losowo 177 załamania granic oddziałów i wyłączeń. Odczyty współrzędnych powtórzono bez zmiany układu mapy na stole koordynatografu. Oznaczając odpowiednio przez x_1 , y_1 współrzędne serii pierwszej i przez x_2 , y_2 współrzędne serii drugiej wyznaczono dla każdego punktu różnice odczytów $d_x = x_1 - x_2$ oraz $d_y = y_1 - y_2$. Pomiaru potraktowano jako pary spostrzeżeń jednakowo dokładnych. Określono błąd średni pomiaru współrzędnej x :

$$m_x = \sqrt{\frac{[d_x d_x]}{2n}}, \text{ gdzie } n \text{ — ilość digitalizowanych załamania granic,}$$

oraz błąd średni pomiaru współrzędnej y :

$$m_y = \sqrt{\frac{[d_y d_y]}{2n}}$$

Średni błąd digitalizacji załamania granicy określono ze wzoru:

$$m_d = \sqrt{m_x^2 + m_y^2}$$

Uzyskano następujące wyniki:

$$m_x = \pm 0,19 \text{ m}$$

$$m_y = \pm 0,30 \text{ m}$$

$$m_d = \pm 0,36 \text{ m}$$

Podobnej analizie poddano digitalizację punktów granicznych Uroczysk: Zimna Woda i Wilczy Dół. Na podstawie podwójnego odczytania

par współrzędnych obliczono średnie błędy określenia współrzędnych punktów granicznych:

$$m'_x = \pm 0,16 \text{ m}$$

$$m'_y = \pm 0,18 \text{ m}$$

i błąd określenia położenia punktu granicznego

$$m'_d = \pm 0,24 \text{ m}$$

Analogiczną digitalizację wykonał drugi obserwator uzyskując:

$$m_x = \pm 0,22 \text{ m}$$

$$m_y = \pm 0,27 \text{ m}$$

$$m_d = \pm 0,35 \text{ m}$$

$$m'_x = \pm 0,15 \text{ m}$$

$$m'_y = \pm 0,22 \text{ m}$$

$$m'_d = \pm 0,26 \text{ m}$$

We wszystkich seriach nie stwierdzono błędów systematycznych. Można na tej podstawie wnioskować o braku wad koordynatografu mogących powodować tego rodzaju błędy oraz stałości położenia map w czasie całego procesu digitalizacji.

Dokładność określenia położenia digitalizowanych szczegółów zależy od:

- 1) charakteru szczegółów
- 2) używanego sprzętu
- 3) umiejętności i aktualnej dyspozycji obserwatora.

W prowadzonych pracach doświadczalnych uzyskano mniejsze dokładności digitalizacji w kierunku osi y niż w kierunku osi x. Dla wyjaśnienia tego faktu przeprowadzono dodatkowe obserwacje przy różnym położeniu oka w stosunku do lupki nastawczej koordynatografu, nie stwierdzając istotnych różnic w odczytach. Można wnioskować, że na zróżnicowany rozkład błędów dla osi x i osi y mają wpływ inne czynniki, nie związane z osobą obserwatora. Wynikają one z niedoskonałości konstrukcyjnych koordynatografu oraz z charakteru digitalizowanych szczegółów. Dla digitalizowanego obiektu układ linii granicznych wyłączeń był w większości przypadków zgodny z osią y, co stwarzało korzystniejsze warunki dla digitalizacji współrzędnych x niż współrzędnych y.

Dokładność określenia punktów granicznych nadleśnictwa jest większa niż dokładność określenia załamów granic oddziałów i wyłączeń. Związane to jest z charakterem digitalizowanych szczegółów. Punkty graniczne są zaznaczone na mapach gospodarczych specjalnymi znakami konwencjonalnymi, których identyfikacja i ustawienie w systemie digitalizującym mogą być bardziej precyzyjne niż w przypadku przecinających się pod różnymi kątami linii granicznych wyłączeń lub oddziałów. Jest oczywiste, że w procesie digitalizacji bardzo duże znaczenie ma techniczna strona wykonania mapy jako wynik pracy kreślarza i reprodukcji kartograficznych.

3. WPŁYW BŁĘDU DIGITALIZACJI NA BŁĄD OKREŚLENIA POWIERZCHNI ODDZIAŁU I WYŁĄCZENIA

W. Wilkowski (6) analizując mapę gospodarczą lasów państwowych jako materiał źródłowy do opracowań z zakresu inżynierii leśnej

ustalił następujące wielkości średniego błędu położenia punktu sytuacyjnego należącego do grupy I (m. in. punkty załamania granic oddziałów): $m'_s = \pm 1,80$ m, zaś do grupy II (m. in. punkty załamania granic wyłączeń): $m''_s = \pm 2,46$ m. Uwzględniając błąd digitalizacji załamania granic oddziałów i wyłączeń równy $m = \pm 0,36$ m, średni błąd położenia załamania granicy oddziału można określić jako

$$m'_{s,d} = \sqrt{(m'_s)^2 + m^2} = \sqrt{1,80^2 + 0,36^2} = \pm 1,84 \text{ m}$$

a błąd położenia granicy wyłączenia jako

$$m''_{s,d} = \sqrt{(m''_s)^2 + m^2} = \sqrt{2,46^2 + 0,36^2} = \pm 2,49 \text{ m}$$

Przy takim określeniu błędów $m'_{s,d}$ i $m''_{s,d}$ odpowiednie błędy powierzchni obliczone wg wzoru:

$$m_p = \frac{m_{s,d} \sqrt{P M}}{100000} \sqrt{\frac{1+k^2}{2k}} \quad (2)$$

gdzie: $m_{s,d}$ — średni błąd położenia punktu (mm),
 P — powierzchnia (ha),
 M — mianownik skali mapy,
 k — współczynnik wydłużenia figury,

przyjmą wartości zestawione w tabelach: 1 i 2, a odpowiednie błędy względne — wartości zestawione w tabelach: 3 i 4.

W pracy (4) podano spodziewane błędy średnie określenia powierzchni oddziału i wyłączenia spowodowane błędami położenia załamania granic na mapie. Z porównania tych błędów z błędami podanymi w tabelach 1—4 wynika, że wpływ niedokładności digitalizacji na określenie powierzchni metodą analityczną nie przekracza 0,06%.

Tabela 1

Średnie błędy określenia powierzchni oddziału m'_p (m²)

k \ P (ha)	1	2	3	4	5	10	15	20	30	40
1	184	260	318	368	412	581	712	823	1008	1163
2	206	290	356	412	461	650	798	922	1129	1303
3	238	335	410	473	532	749	919	1061	1300	1501
4	268	379	464	538	601	847	1041	1202	1471	1698
5	296	418	512	593	664	935	1147	1325	1623	1873

Tabela 2

Srednie błędy określenia powierzchni wyłączenia m_p'' (m²)

k \ P (ha)	P (ha)										
	1	2	3	4	5	10	15	20	30	40	
1	249	351	430	498	558	785	965	1113	1364	1574	
2	279	393	482	558	624	880	1080	1248	1527	1763	
3	321	452	555	642	720	1014	1244	1436	1759	2030	
4	363	513	628	727	814	1148	1408	1626	1991	2299	
5	401	566	693	802	899	1265	1552	1793	2196	2534	

Tabela 3

Błędy względne określenia powierzchni oddziału M_p' (%)

k \ P (ha)	P (ha)										
	1	2	3	4	5	10	15	20	30	40	
1	1,84	1,30	1,06	0,92	0,83	0,58	0,47	0,41	0,34	0,29	
2	2,06	1,45	1,19	1,03	0,92	0,65	0,53	0,46	0,38	0,33	
3	2,38	1,68	1,37	1,19	1,06	0,75	0,61	0,53	0,43	0,38	
4	2,68	1,90	1,54	1,34	1,20	0,85	0,70	0,60	0,49	0,42	
5	2,96	2,09	1,71	1,48	1,33	0,94	0,77	0,66	0,54	0,47	

Tabela 4

Błędy względne określenia powierzchni wyłączenia M_p'' (%)

k \ P (ha)	P (ha)										
	1	2	3	4	5	10	15	20	30	40	
1	2,49	1,76	1,44	1,25	1,11	0,79	0,65	0,56	0,46	0,39	
2	2,79	1,96	1,61	1,40	1,25	0,88	0,72	0,63	0,51	0,45	
3	3,21	2,27	1,84	1,60	1,44	1,01	0,83	0,72	0,59	0,51	
4	3,63	2,57	2,10	1,81	1,63	1,14	0,94	0,81	0,66	0,58	
5	4,01	2,82	2,31	2,00	1,80	1,27	1,03	0,90	0,73	0,64	

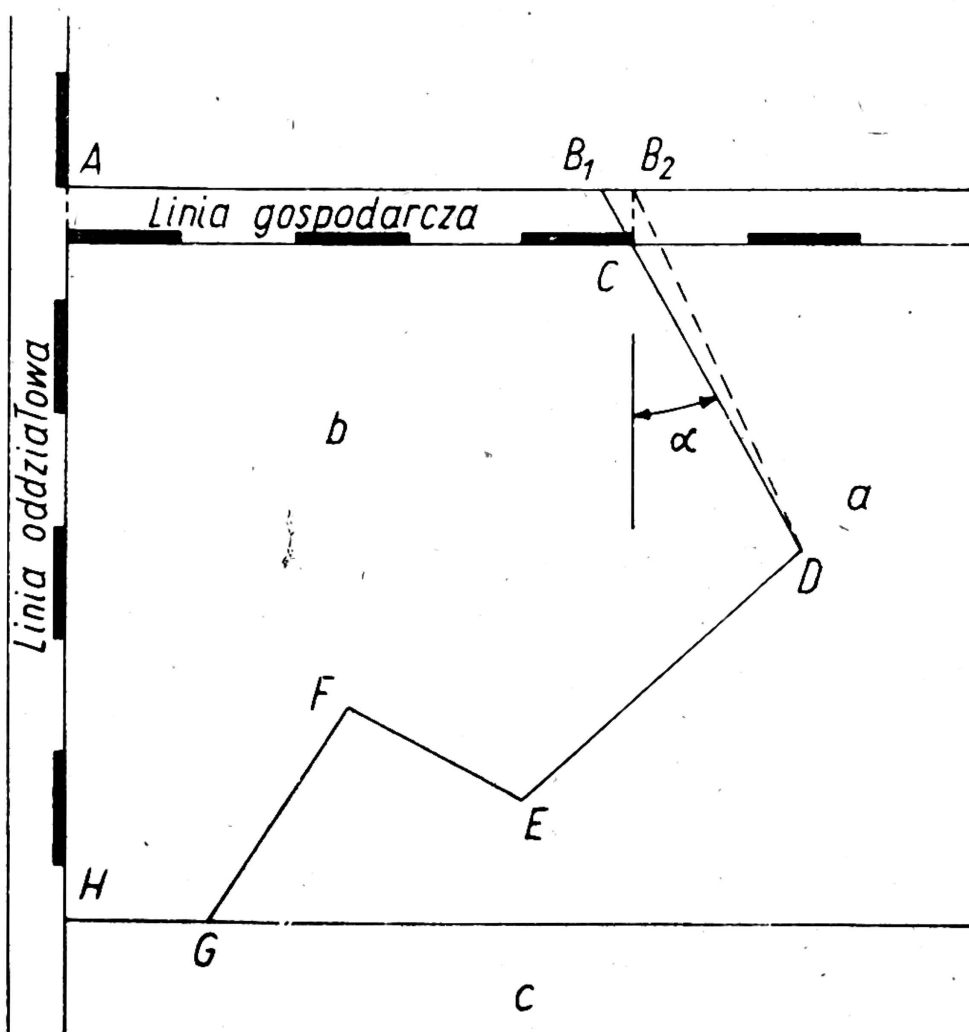
4. PRACOCHOŁONNOŚĆ DEGITALIZACJI

Przeprowadzone obserwacje wykazały, że przy wykorzystaniu koodynatografu precyzyjnego Zeissa jedna osoba może wykonać digitalizację 1 punktu przeciętnie w czasie od 20 do 50 s w zależności od ogólnej ilości punktów, charakteru szczegółów i wprawy obserwatora. W czasie tym mieszczą się również czynności przygotowawcze oraz zapisywanie wyników.

5. OBLICZANIE POWIERZCHNI WYŁĄCZEŃ SĄSIADUJĄCYCH Z LINIĄ ODDZIAŁOWĄ, LINIĄ GOSPODARCZĄ, DROGĄ LUB ROWEM

W skład powierzchni ogólnej typowego oddziału leśnego wchodzi powierzchnie: wyłączeń (pododdziałów), linii oddziałowych i gospodarczych, dróg i rowów.

„Instrukcja urządzenia lasu” (3) podaje, że powierzchnie dróg, rowów, potoczków, strumyków itp., których szerokość na gruncie nie przekracza 2 m, nie należy obliczać. Wchodzi w skład tych pododdziałów, przez które przechodzą”. W pozostałych przypadkach powierzchnie te „należy obliczać w granicach każdego oddziału przez przemnożenie odcinków o jednakowej szerokości przez ich długość wziętą graficznie z mapy i wyłączyć z powierzchni pododdziałów”. Dla uniknięcia błędów systematycznych z tytułu niedokładnego wykreślenia elementów liniowych (dróg,



Wybór punktu granicznego na linii gospodarczej

Powierzchnie trójkąta B_1B_2C w $[m^2]$ oraz długości boku CD w $[m]$

α	B_2C [m]	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10°	P [m^2]	0,4	0,8	1,4	2,2	3,2	4,3	5,6	7,1	8,8
	1 [m]	2,0	3,0	4,1	5,1	6,1	7,1	8,1	9,1	10,2
20°	P [m^2]	0,7	1,6	2,9	4,6	6,6	8,9	11,6	14,7	18,2
	1 [m]	2,1	3,2	4,3	5,3	6,4	7,5	8,5	9,6	10,6
30°	P [m^2]	1,2	2,6	4,6	7,2	10,4	14,1	18,5	23,4	28,9
	1 [m]	2,3	3,6	4,6	5,8	6,9	8,1	9,2	10,4	11,5
40°	P [m^2]	1,7	3,8	6,7	10,5	15,1	20,6	26,9	34,0	42,0
	1 [m]	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1	10,4	11,7	13,1
50°	P [m^2]	2,4	5,4	9,5	14,9	21,5	29,2	38,1	48,3	59,6
	1 [m]	3,1	4,7	6,2	7,8	9,3	10,9	12,4	14,0	15,6
60°	P [m^2]	3,5	7,8	13,9	21,7	31,2	42,4	55,4	70,1	86,6
	1 [m]	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0
70°	P [m^2]	5,5	12,4	22,0	34,3	49,4	67,3	87,9	111,3	137,4
	1 [m]	5,8	8,8	11,7	14,0	17,5	20,5	23,4	26,3	29,2
80°	P [m^2]	11,3	25,5	45,4	70,9	102,1	138,9	181,5	229,7	283,6
	1 [m]	11,5	17,3	23,0	28,8	34,6	40,3	46,1	51,8	57,6

P [m^2] — pole trójkąta B_1B_2C 1 — wartość CD , dla której pole trójkąta B_1B_2C jest równe polu trójkąta B_2CD

linii, rowów) powierzchnię pododdziałów obliczamy łącznie z przylegającymi fragmentami dróg, linii i rowów, odejmując później ich powierzchnię obliczoną graficznie. Przyjęte jest, że granice oddziałów stanowią północne i wschodnie krawędzie linii oddziałowych. Te granice będą również przedmiotem digitalizacji w procesie tworzenia mapy numerycznej nadleśnictwa.

Rozpatrzmy wyłączenie b (rycina) wyznaczone przez punkty: A, B, C, D, E, F, G, H. Powierzchnia obliczona na podstawie współrzędnych tych punktów obejmuje, zgodnie z przyjętymi zasadami, część linii gospodarczej. Położenie punktów: A, D, E, F, G i H jest bezsporne. Zastanówmy się, gdzie należy przyjąć położenie punktu B. Można rozpatrywać dwa warianty:

1) punkt B leży na przedłużeniu boku CD (na rycinie oznaczony jako B_1)

2) punkt B leży na przecięciu się prostopadłej, poprowadzonej z punktu C do linii gospodarczej, z zewnętrzną krawędzią tej linii (na rycinie oznaczony jako B_2). Powierzchnię wyłączenia b, w wariantcie 1, możemy obliczyć rezygnując ze współrzędnych punktu C. Powierzchnia trójkąta B_1B_2C nie będzie wchodziła w skład powierzchni wyłączenia. Jest ona zależna od wielkości kąta α zawartego między bokiem CD i prostopadłą do krawędzi linii oraz do szerokości B_2C samej linii. W wariantcie 2, po odrzuceniu punktu C, do powierzchni wyłączenia „doliczamy” powierzchnię trójkąta B_2CD .

Powierzchnia trójkąta B_1B_2C w (m^2) dla danych wartości α i B_2C oraz długości boku CD w (m), dla których powierzchnia trójkątów B_1B_2C i B_2CD (przy danych α i B_2C) są sobie równe, zostały podane w tab. 5. Dla przypadków podanych w tabeli powyżej linii przerywanej powierzchnia trójkąta B_1B_2C nie przekracza $40 m^2$. Ponieważ wielkość ta nie wpływa w istotny sposób na obliczaną powierzchnię, nie jest konieczna digitalizacja punktu C. Należy stosować wariant pierwszy, a wariant drugi tylko w ograniczonym zakresie (dla $CD < 13 m$). Dla przypadków podanych w tabeli pod linią przerywaną należy dokonać digitalizacji punktu C. Digitalizacja ta powinna być poprzedzona porównaniem szerokości linii lub drogi wykreślonej na mapie z rzeczywistą szerokością pomierzoną w terenie. W przypadku stwierdzenia rozbieżności należy wprowadzić poprawkę określając współrzędne punktu C w sposób analityczny.

6. WNIOSKI

Analiza dokładności i pracochłonności digitalizacji leśnej mapy gospodarczej wykazała, że:

1) ten sposób uzyskiwania danych może być przydatny w procesie sporządzania leśnej mapy numerycznej,

2) błędy digitalizacji nie wpływają w istotny sposób na dokładność określenia powierzchni oddziałów i wyłączeń,

3) koordynatograf precyzyjny firmy Zeiss Jena umożliwia prawidłowe wykonanie digitalizacji leśnej mapy gospodarczej i przy obecnych możliwościach technicznych resortowej służby geodezyjnej może w tego rodzaju pracach spełniać podstawową rolę.

Z Instytutu Organizacji
Gospodarstwa Leśnego SGGW-AR
w Warszawie

LITERATURA

1. Gaździcki J.: Informatyka w geodezji i kartografii, Warszawa: PPWK, 1975.
2. Hopfer A., Urban M.: Geodezyjne urządzenia terenów rolnych. Warszawa, Wrocław: PWN 1975.
3. Instrukcja Urządzenia Lasu. Warszawa: PWRiL 1970.
4. Olenderek H.: Dokładność leśnej mapy gospodarczej na przykładzie wybranych arkuszy mapy gospodarczej Leśnego Zakładu Doświadczalnego SGGW-AR w Rogowie. Przegląd Geodezyjny (w druku).
5. Olenderek H.: Leśna mapa numeryczna. Sylwan (w druku).
6. Witkowski W.: Mapa gospodarcza lasów państwowych jako materiał źródłowy do opracowań z zakresu inżynierii leśnej. Przegląd Geodezyjny 1974 nr 10.

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 26 lutego 1981 r.

Краткое содержание

Одним из способов получения источниковых данных для разработки лесной численной карты, которая в будущем заменит настоящую хозяйственную карту является балловая дигитализация существующих картографических материалов. В статье представлен анализ точности и трудоемкости дигитализации при использовании точного координатографа фирмы Цайсс. Установлено влияние ошибки дигитализации на ошибку определению площади квартала и выдела, а также проведен анализ разных вариантов расчета площади и выделов расположенных при квартальной и хозяйственной просеке, дороге или канаве.

Summary

Point digitalization of the existing cartographic materials in one of ways of obtaining source data for the preparation of a forest numerical map, which in future will replace the present economic map. The article presents the analysis of the accuracy and labour consumption of digitalization with the use of precise Zeiss digital plotter. The impact of digitalization error upon that of the determination of the area of compartment and sub-compartment was determined and various variants of the calculation of area of sub-compartments adjoining compartment line, sectional line, road or ditch have been analyzed.