

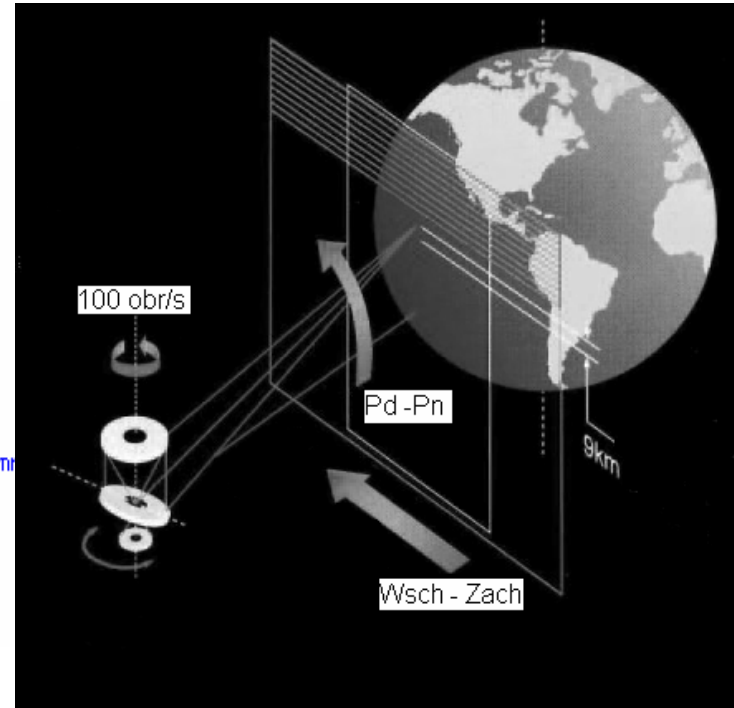
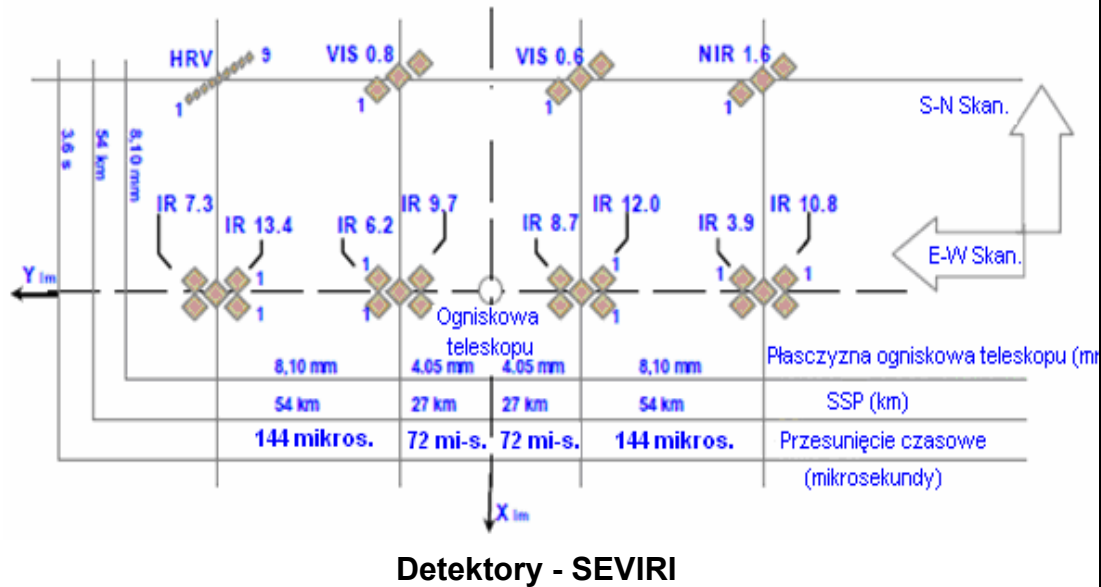
IV Konferencja naukowo-techniczna
WYKORZYSTANIE WSPÓLCZESNYCH ZOBRAZOWAN SATELITARNYCH, LOTNICZYCH
I NAZIEMNYCH DLA POTRZEB OBRONNOSCI KRAJU I GOSPODARKI NARODOWEJ

Geometryczne aspekty przekształceń zdjęć satelitarnych

J. Jasiński, K. Kroszczyński*, S. Pietrek, I. Winnicki
Zakład Geomatyki Stosowanej*, Zakład Systemów Informacji Geograficznej
Wydział Inżynierii i Geodezji, Wojskowa Akademia Techniczna.

Cel: ocena wpływu zmian wartości parametrów algorytmu zobrazowującego na dokładność przekształcanych zdjęć satelitarnych.

Zdjęcia satelitarne MSG



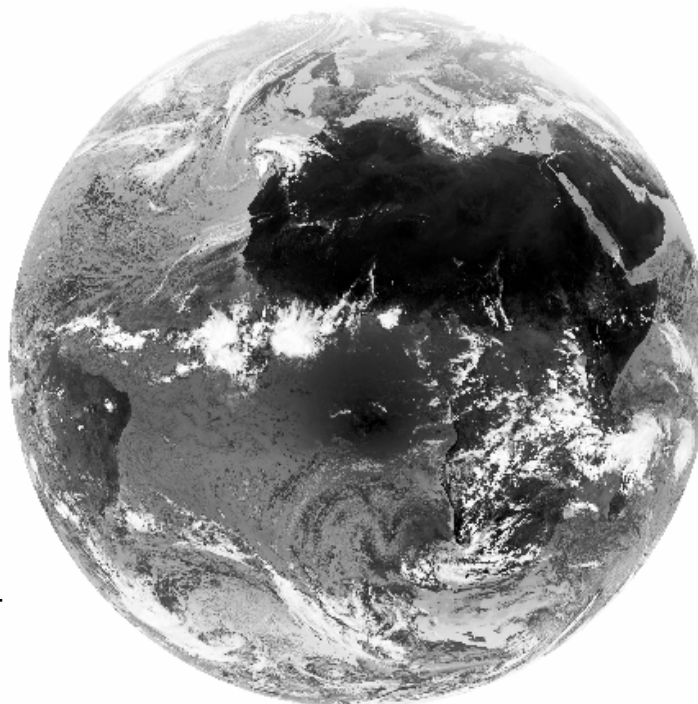
Obrazy z satelity geostacjonarnego - Meteosat Second Generaton (MSG) są wynikiem obróbki danych pomiarowych skanera SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager) wykorzystującego ruch obrotowy satelity (100 obr/min) i ruch krokowy ($125.8 \mu\text{rad}$) w kierunku południe – północ.

Skaner generuje obrazy atmosfery ziemi w 12 różnych kanałach spektralnych, tzw. podczerwonych (IR3.9, IR6.2, IR7.3, IR8.7, IR9.7, IR10.8, IR12.0, IR13.4 μm) i widzialnych: kanał HRV (High Resolution Visible), VIS0.6, VIS0.8, NIR1.6 μm .

Kanał		Pasma (μm)	
1	VIS 0.6	VIS	0.56 - 0.71
2	VIS 0.8	VIS	0.74 - 0.88
4	IR 1.6	NIR	1.50 - 1.78
5	IR 3.9	IR	3.48 - 4.36
6	IR 8.7	IR	8.30 - 9.10
7	IR 10.8	IR	9.80 - 11.80
8	IR 12.0	IR	11.00 - 13.00
9	IR 6.2	H ₂ O	5.35 - 7.15
10	IR 7.3	H ₂ O	6.85 - 7.85
11	IR 9.7	O ₃	9.38 - 9.94
12	IR 13.4	CO ₂	12.40 - 14.40
	HRV	VIS	0.6 - 0.9

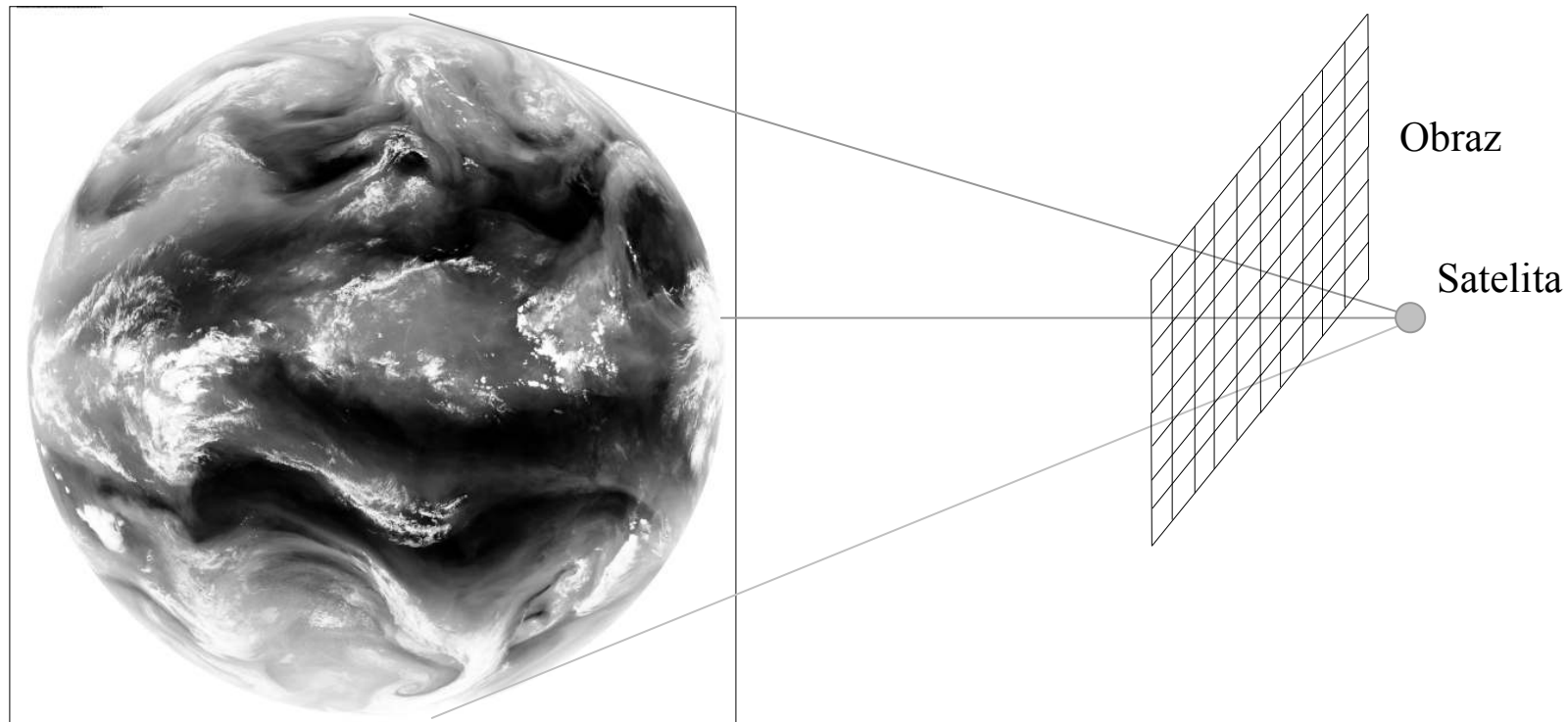
Dla kanału HRV wymiar macierzy obrazu to 11136 linii i 5568 kolumn. Rozdzielczość liniowa tych zdjęć w punkcie podsatelitarnym to 1 km.

Obrazy pozostałych kanałów mają 3712 wierszy i 3712 kolumn a odpowiadająca im rozdzielczość to 3 km w punkcie podsatelitarnym – przecięcie równika i południka Greenwich (Zatoka Gwinejska).



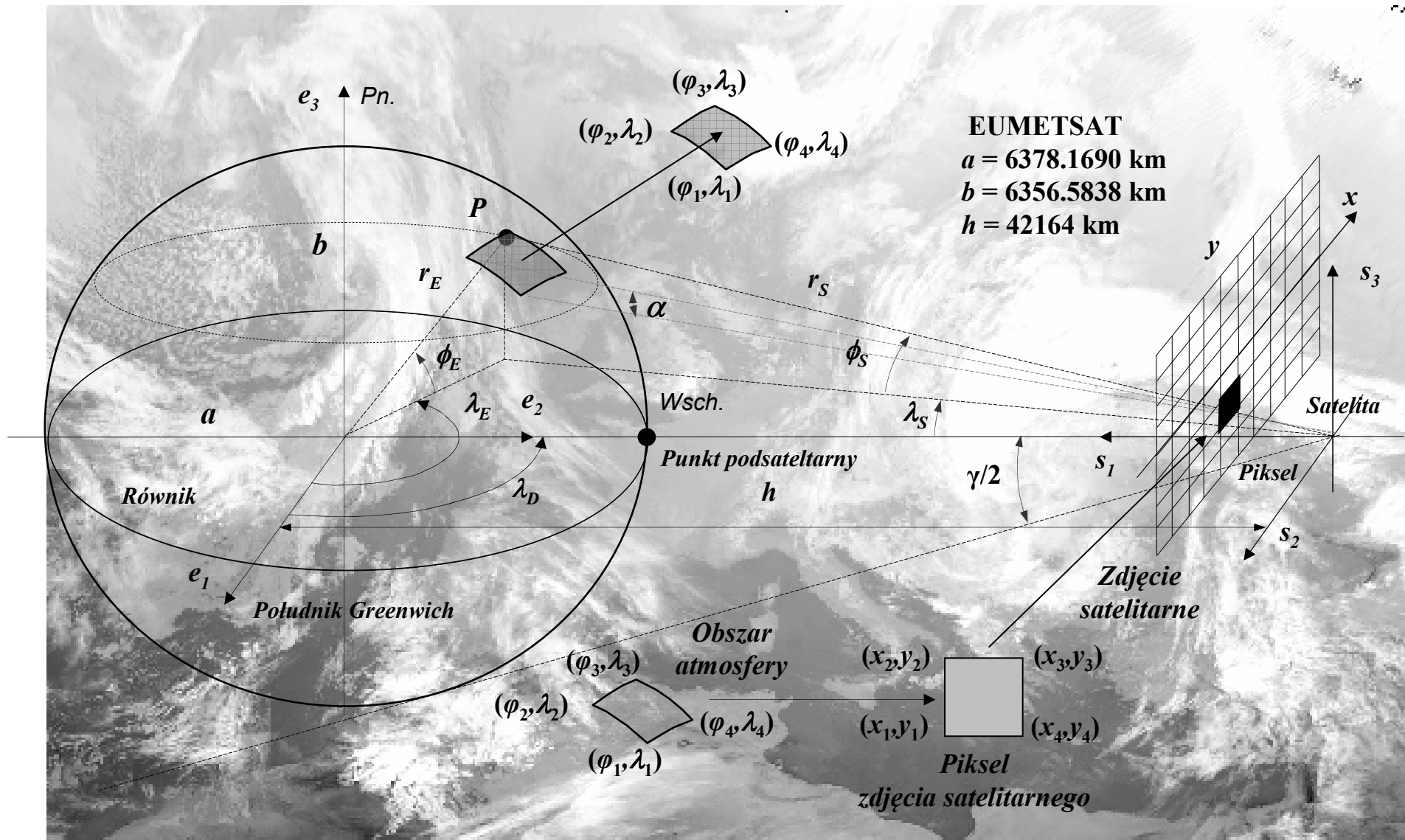
Obraz atmosfery – kanał 4

Obraz atmosfery – kanał 6



Rozważane zdjęcia przedstawiają atmosferę widzianą z pokładu satelity. Przy założeniu, że stanowi ona ciekłą warstwę elipsoidalną jej zobrazowanie jest odniesione do zewnętrznego odwzorowania rzutowego (punkt rzutowania znajduje się na zewnątrz elipsoidy) nazywanego **projekcją geostacjonarną**.

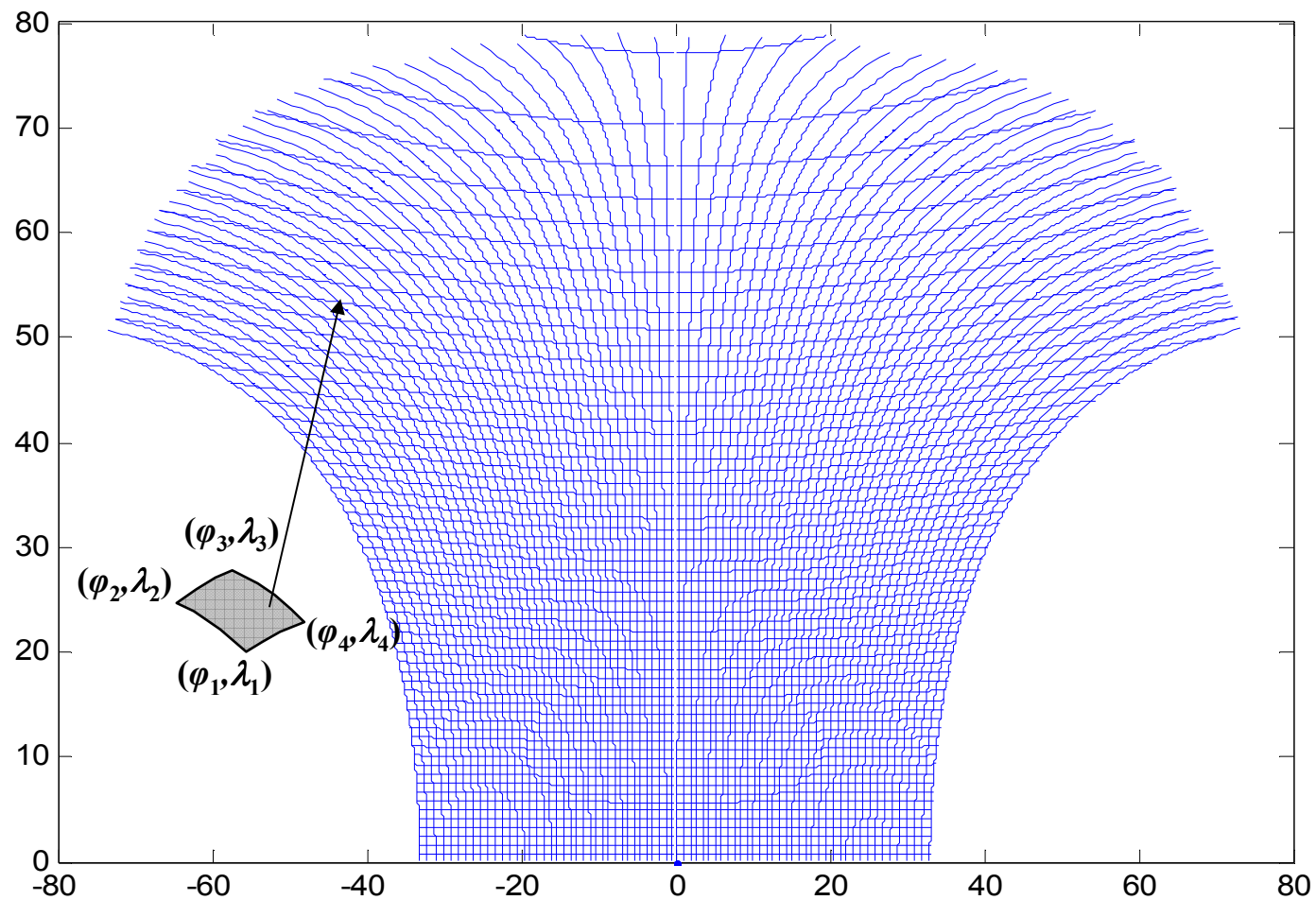
Projekcja geostacjonarna



Podstawowe parametry algorytmu zobrazującego:

α kąt obrotu skanera, a, b – długości półosi elipsoidy, h - odległość satelity od środka masy ziemi.

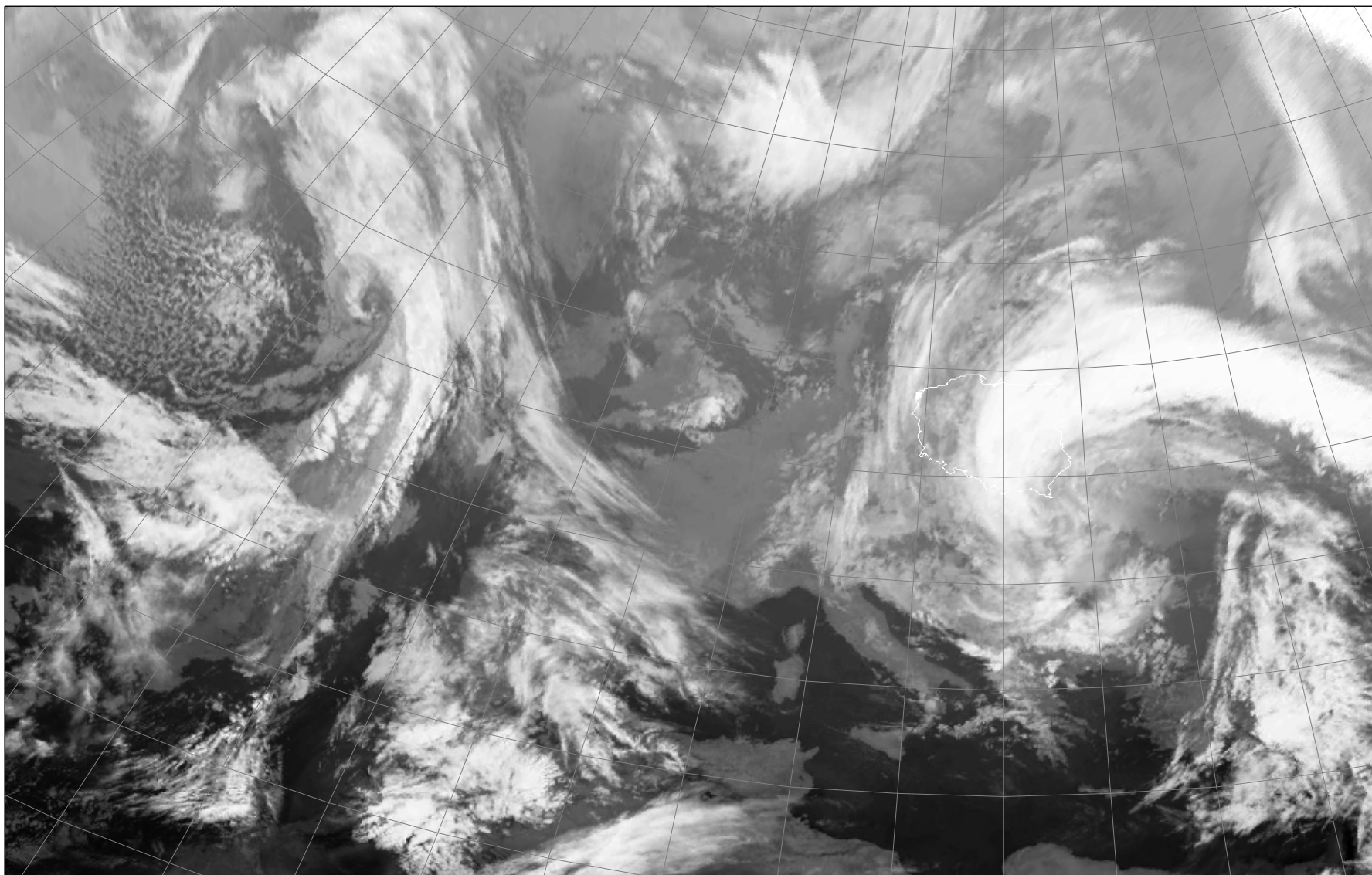
Siatka odwzorowania geostacjonarnego



Wybrana co 30 linia siatki. Skala osi – stopnie.

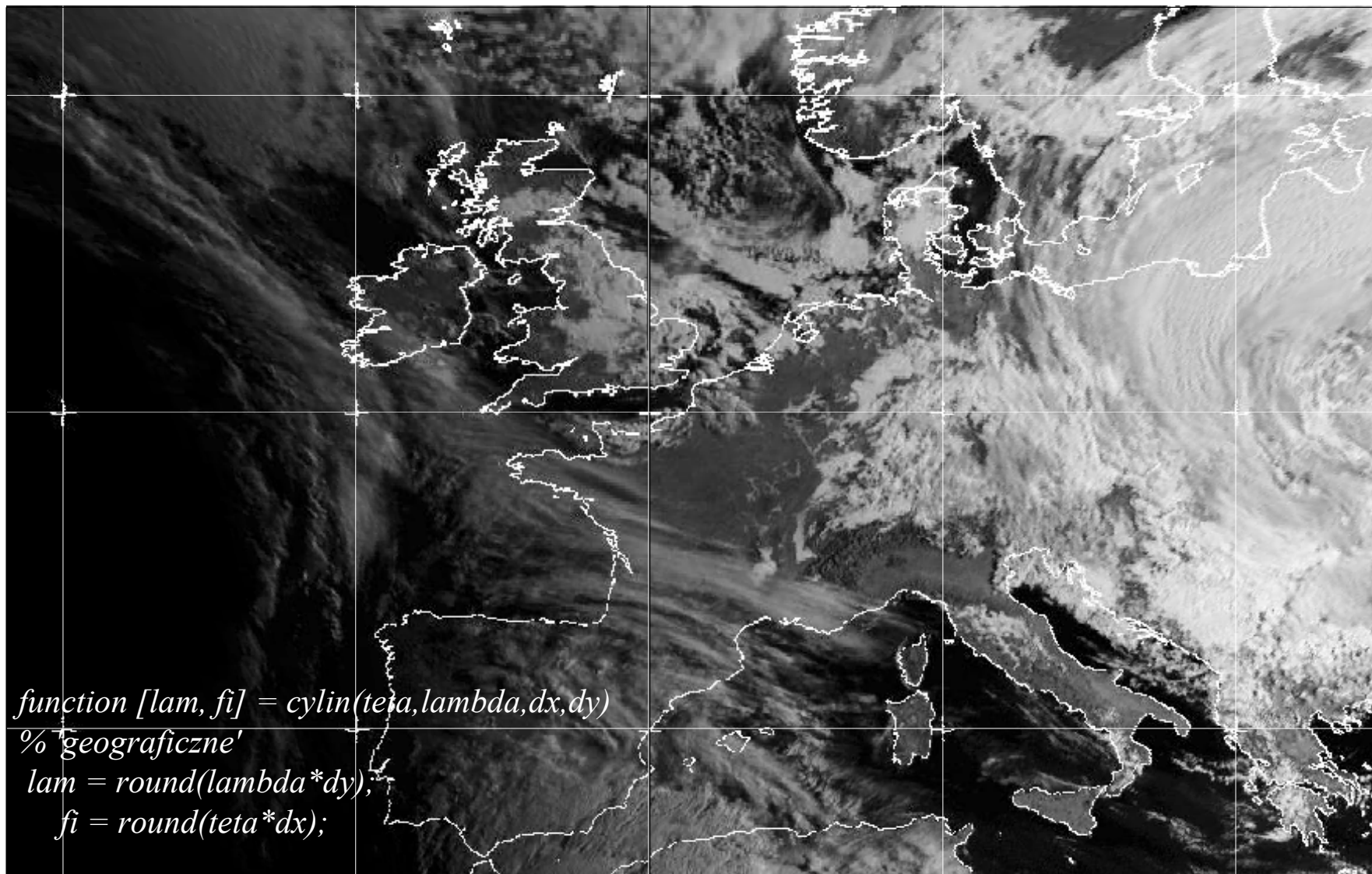
$$(\lambda_{n,m}, \varphi_{n,m}), \quad n = 1, 2, \dots, N; \quad m = 1, 2, \dots, M$$

Projekcje kartograficzne zdjęć satelitarnych



Zdjęcie satelitarne IR 9 w projekcji konforemnej stożkowej Lamberta

$$(x_{n,m}, y_{n,m}) = P(\lambda_{n,m}, \varphi_{n,m}), \quad n = 1, 2, \dots, N; \quad m = 1, 2, \dots, M$$



Zdjęcie satelitarne VIS w projekcji geograficznej (λ , φ).

Wpływ parametrów algorytmu na dokładność zobrażeń zdjęć satelitarnych

Skonstruowany algorytm przekształceń zdjęć satelitarnych opiera się na związkach:

$$(i, j) = (\text{int}(x_{n,m} \cdot c) + k, \text{int}(y_{n,m} \cdot q) + l), \quad n = 1, 2, \dots, N; \quad m = 1, 2, \dots, M$$

$$x_{n,m}, y_{n,m} = f(a, b, h, \alpha, \text{prametry dowiązania})$$

gdzie: (i, j) – współrzędne całkowite piksela obrazu,
 c, q i k, l – współczynniki skalujące i przesunięcia,
 $(x_{n,m}, y_{n,m})$ – współrzędne węzłów siatki kartograficznej,
 int – operator zaokrąglenia.

```
for j=1:nb
for i=1:na

    ikolor = uint8(kolor(i,j));

    i1 = i+1; j1 = j+1;
    ka1=lam(i,j); ka2=lam(i1,j);
    ka3=lam(i1,j1); ka4=lam(i,j1);

    kb1=nfi(i,j); kb2=nfi(i1,j);
    kb3=nfi(i1,j1); kb4=nfi(i,j1);

if class_ == 1 % KLASA KOMÓREK (0,0,0,0)

    minx = 0; maxx = max(ka4-ka1,ka3-ka1);
    miny = 0; maxy = max(kb2-kb1,kb3-kb1);

    kb1 = kb1 + nz; ka1 = ka1 + lf;

for k = minx:maxx, for l = miny:maxy

    kbk = kb1 + l; kak = ka1 + k;

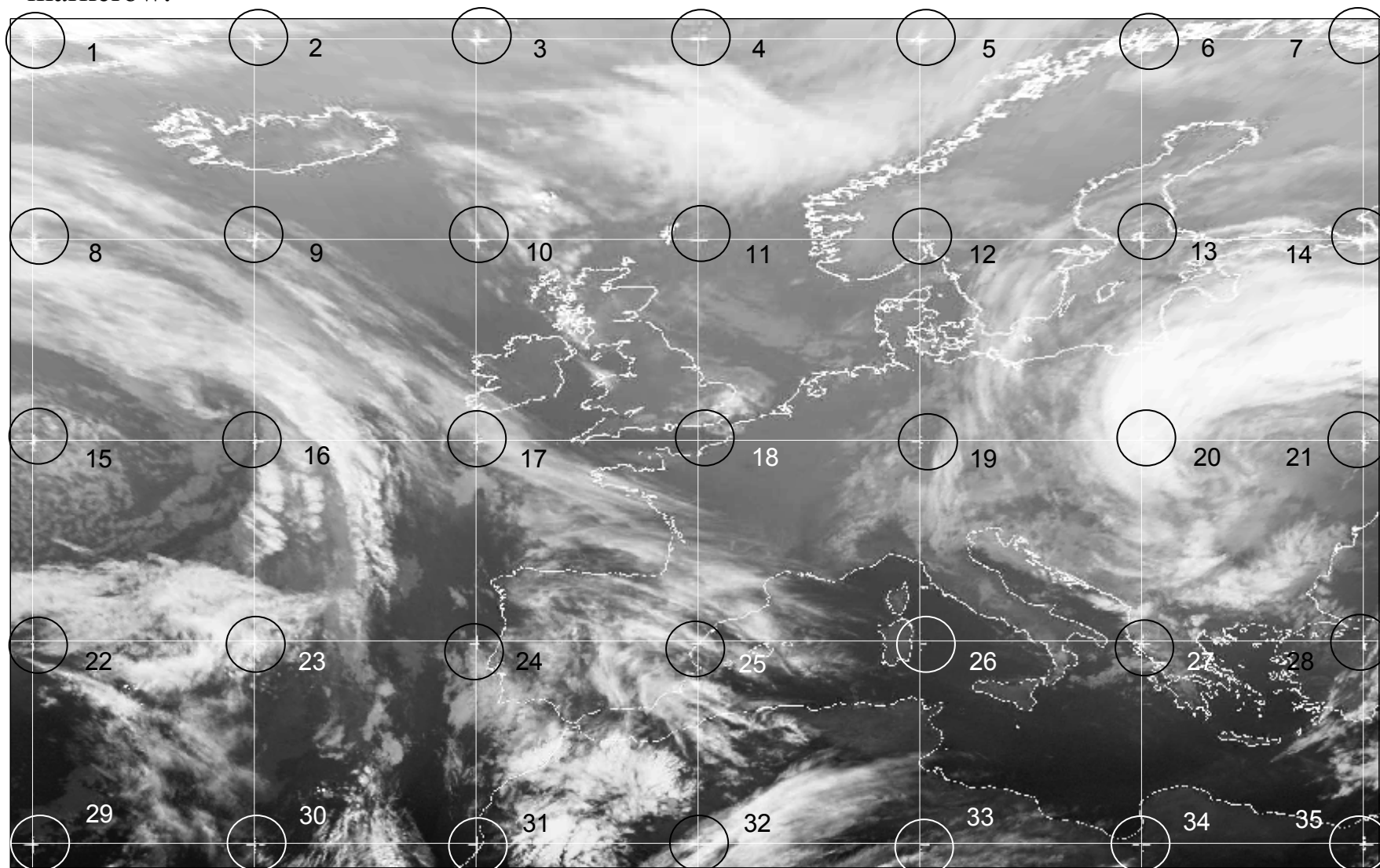
if((kak > 0 & kak < nbx)&(kbk > 0 & kbk < nby))
    obraz(kbk,kak)= ikolor;
end

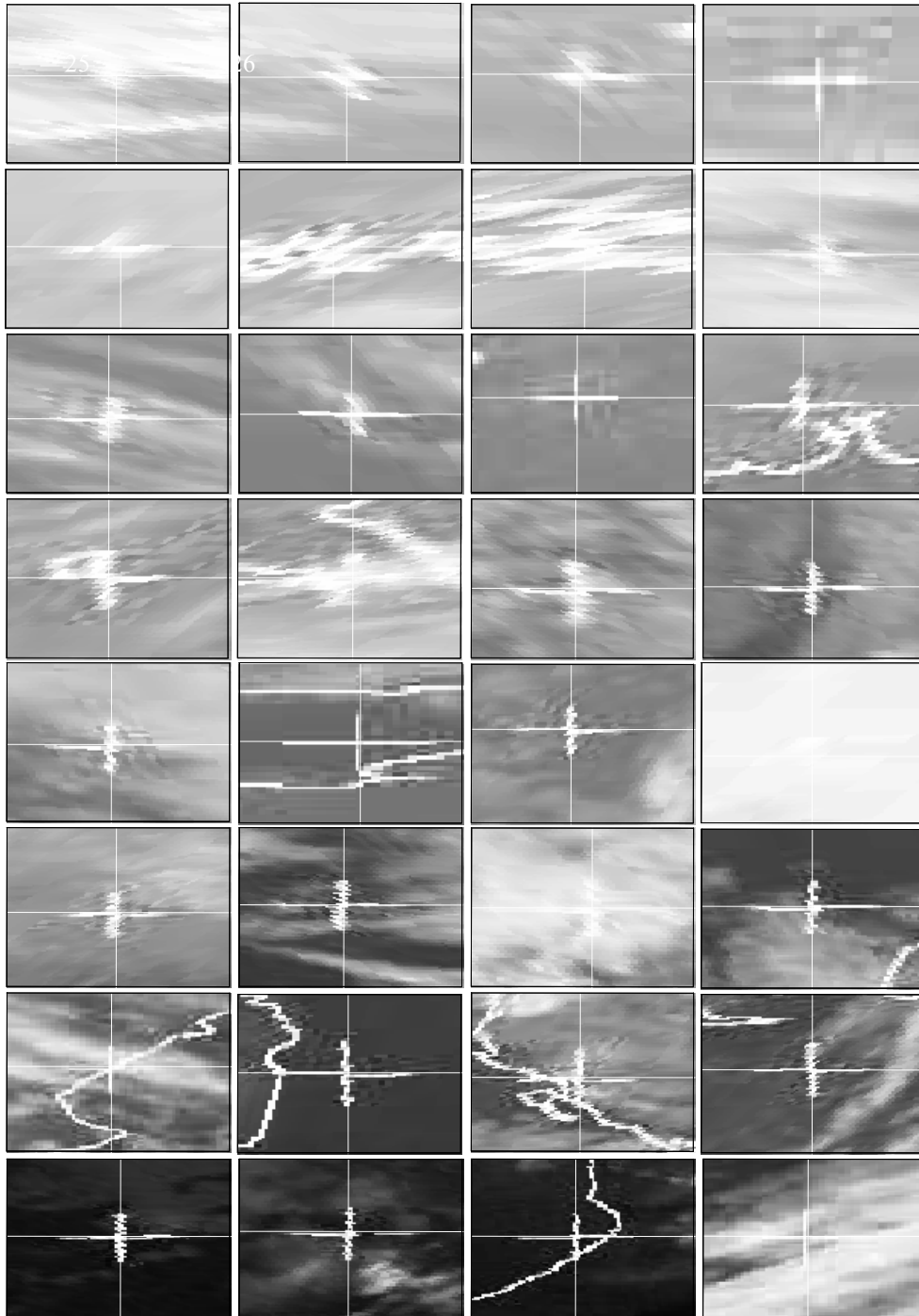
end

end % class_ == 1, KLASA KOMÓREK (0,0,0,0)
end
end
```

Testy

Do testów wybrano standardową projekcję geograficzną, prostokątną. W tym odwzorowaniu nanesione na zdjęcie testowe równoleżniki i południki są prostymi prostopadłymi. W przypadku idealnego przekształcenia powinny się one przecinać w punktach odpowiadających środkom markerów.





Jakościowy test dokładności zobrazowania (optymalne wartości parametrów ?)

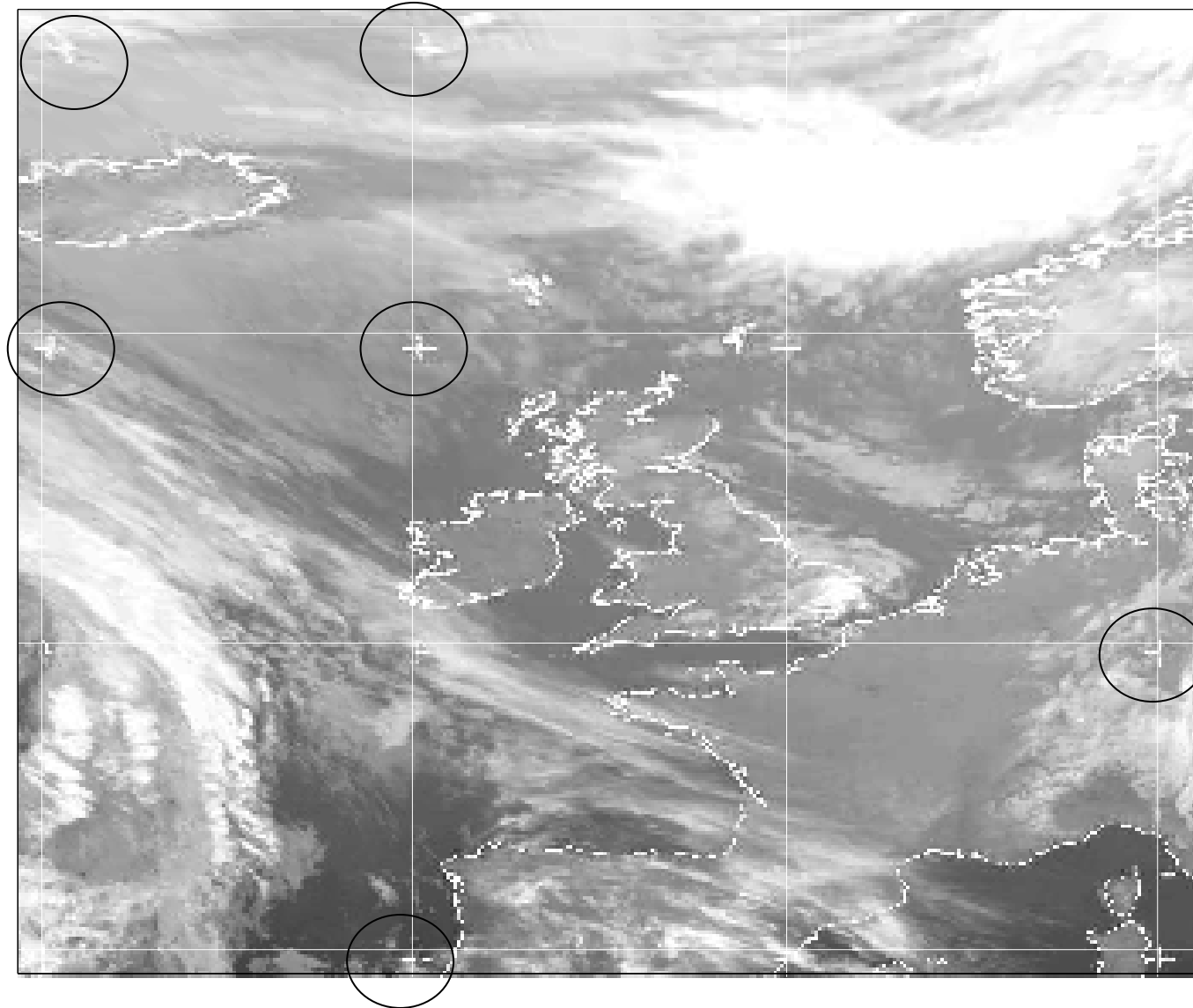
Markery od 1-36 zamieszczono w kolejnych wierszach (nanoszone są one przez EUMETSAT na zdjęcie w projekcji geostacjonarnej).

Można zauważyć, że nawet w przypadku wysokich szerokości geograficznych osiągnięto praktycznie dokładność pikselową.

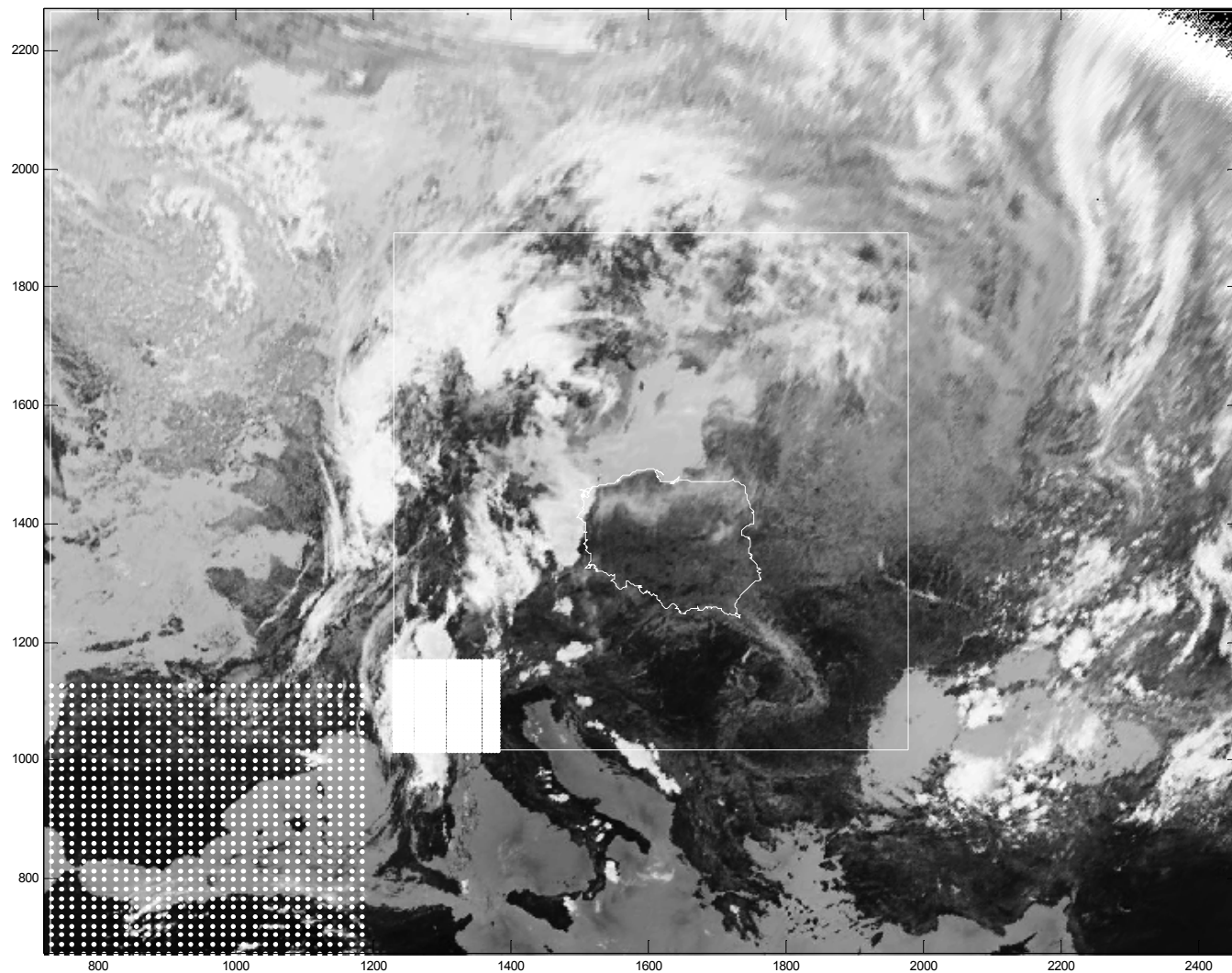
Markery są tutaj zdeformowane co jest skutkiem procesu rozciągania zdjęcia i stosowania algorytmu opartego na procedurze zaokrąglania. Dokładność pikselowa – dla obszaru Polski 8 km.

Test – dla odwzorowania modelu mezoskalowego

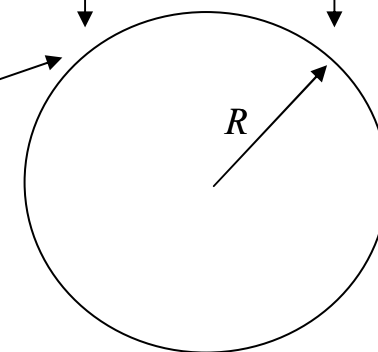
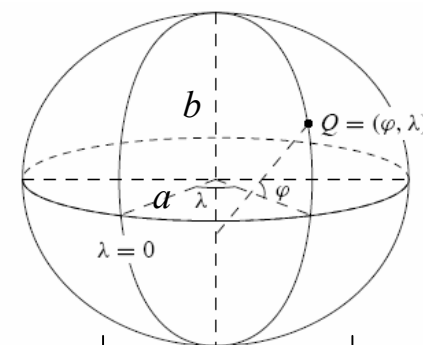
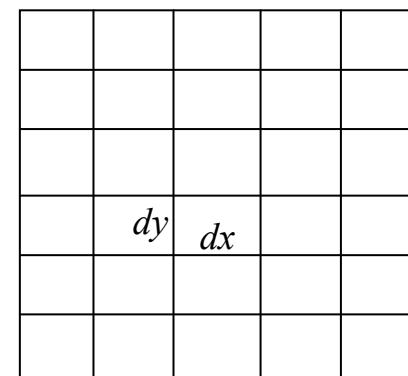
Coupled Ocean/Atmosphere Mesoscale Prediction System (COAMPS), Naval Research Laboratory (NRL)



Projekcja geograficzna sfery o promieniu 6371,2290 km – model COAMPS.
Kilku pikselowe przemieszczenie markerów – przemieszczenie > kilkadziesiąt km)



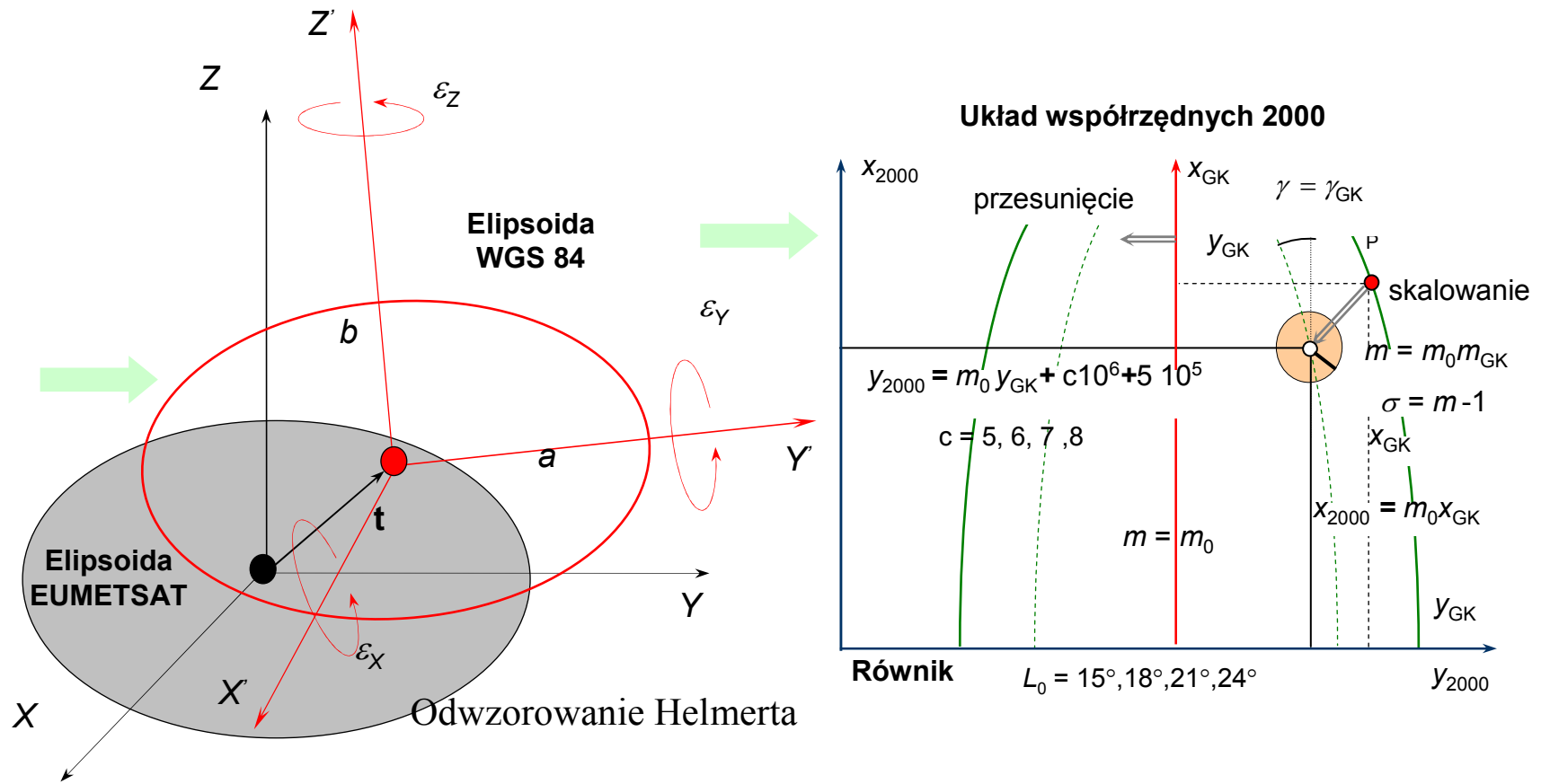
Siatka równomierna,
kilometrowa



$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{a^2} + \frac{z^2}{b^2} = 1 \rightarrow x'^2 + y'^2 + z'^2 = R^2, \quad x = x' \frac{a}{R}, \quad y = y' \frac{a}{R}, \quad z = z' \frac{b}{R}$$

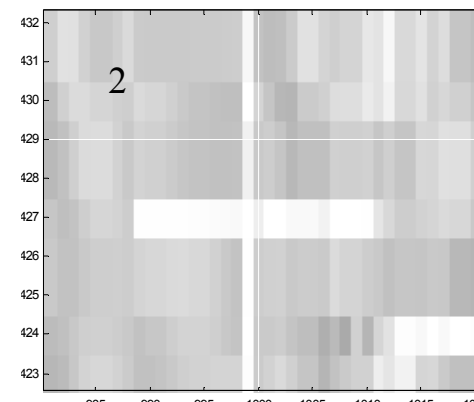
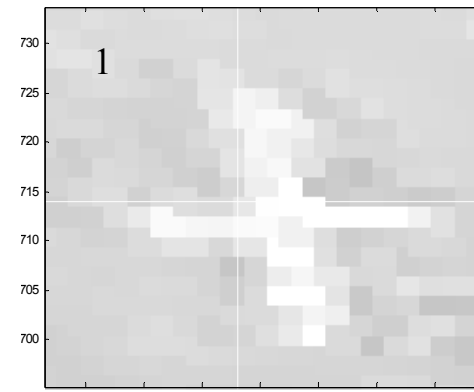
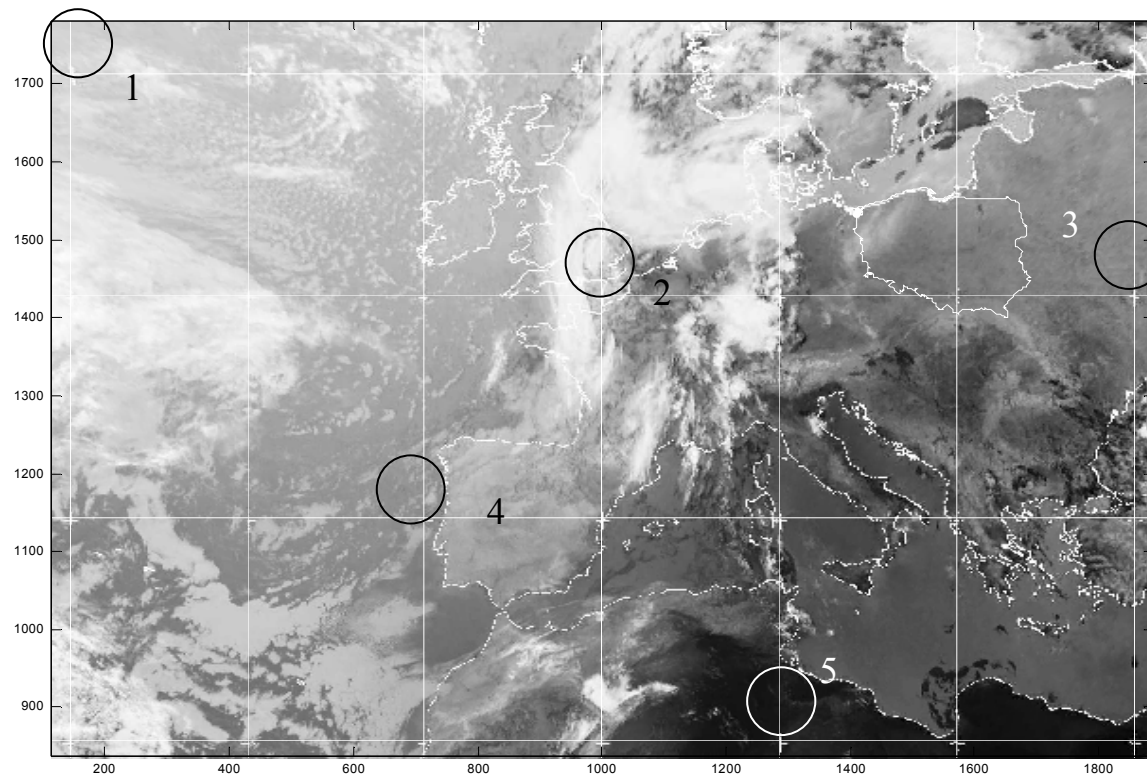
Zdjęcie EMETSAT – zdjęcie COAMPS

Problem odwzorowań



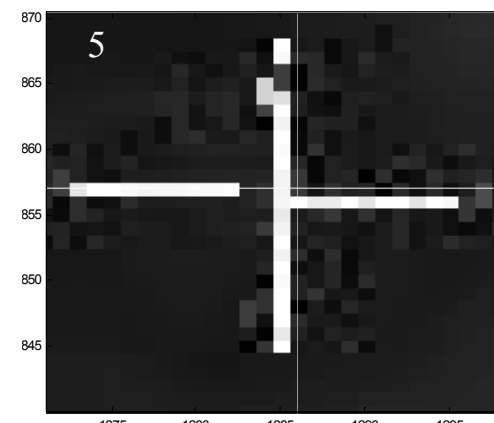
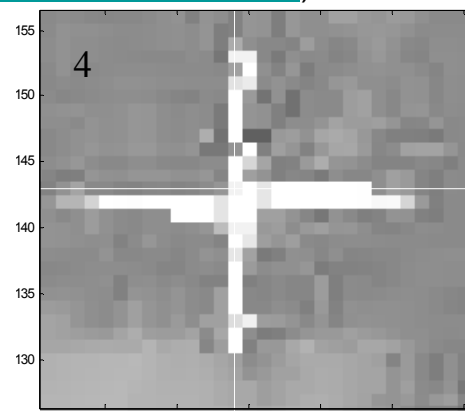
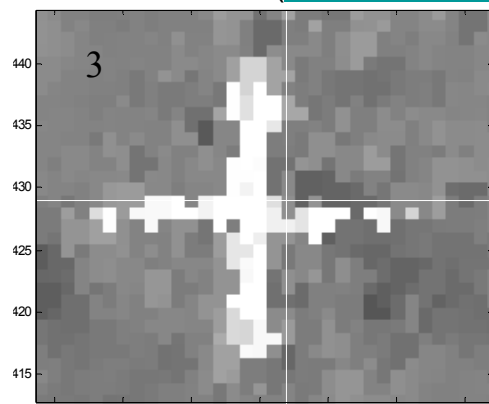
Elipsoida WGS 84 \equiv Elipsoida EUMETSAT

Test - wpływ kąta skanowania α



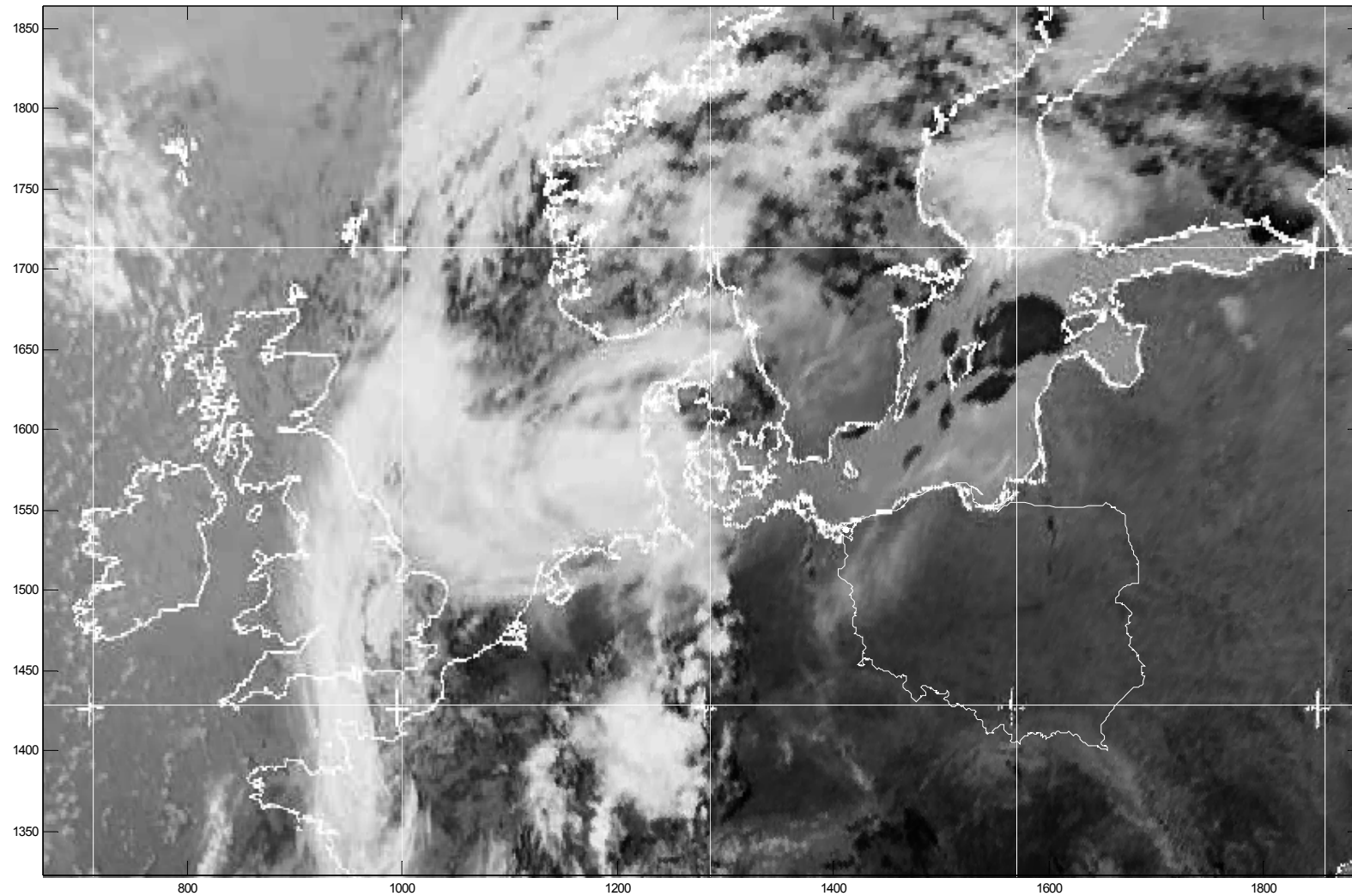
$$\delta\alpha = 2 \cdot 10^{-8}$$

($17.3431/3609 \cdot \text{rad} - 17.3431/3610 \cdot \text{rad}$)



Wpływ niedopasowania zdjęcia do siatki kartograficznej

Orientacja zdjęcia - południk Greenwich i równik



Efekt niepoprawnej orientacji zdjęcia

Posumowanie

Skonstruowany algorytm zapewnia pikselową dokładność przekształconych zdjęć w odniesieniu do zdjęć testowych dostarczanych przez EUMETSAT.

Umożliwia on badania związane z wrażliwością odwzorowań na zmiany parametrów algorytmów zobrazowujących.

Algorytm pozwala na asymilację informacji zawartych w obrazach satelitarnych do modeli mezoskalowych
(Pracujący w CGS niehydrostacyjny, mezoskalowy model COAMPS wykorzystuje siatki o kroku 39, 13, 4,3 i 1,4 km)

Uwagi

Zwiększenie rozdzielczości przestrzennej stosowanych w modelach pogody numerycznych modeli terenu wymusza jednoczesną zmianę takich parametrów jak, albedo, szorstkość podłoża, które związane są ściśle z rodzajem gleb i stanem wegetacji. Dziś dane te mają charakter klimatyczny i małą rozdzielczość przestrzenną. Konstruowane algorytmy obrazowań satelitarnych umożliwiają ich odpowiednie dowiązanie geograficznie (i systematycznie pozyskiwane).

Algorytmy te można również wykorzystać w pracy ze zdjęciami z różnych kanałów spektralnych.

Analiza kombinacyjna polegająca na łączeniu informacji umożliwia istotną dla pracy modelu mezoskalowego identyfikację położenia i rodzajów chmur, określenie przestrzennych profili prędkości wiatru czy wilgotności atmosfery, temperatur wierzchołków chmur itp.

Poznanie tych pól jest istotne z punktu asymilacji danych pozwalającej uwzględnić informacje o stanie atmosfery w obliczeniach i ich odpowiedniej korekcji. Daje także możliwość lokalizacji i śledzenia rozwoju niebezpiecznych zjawisk pogody