

## Zastosowanie informacji satelitarnej MSG/SEVIRI do oceny zachmurzenia ogólnego w Polsce

### *Use of MSG/SEVIRI information to estimation total cloud cover over Poland*

Monika DĄBEK

**Słowa kluczowe:** zachmurzenie, Polska, MSG, maska chmur  
**Key words:** cloudiness, Poland, MSG, Cloud Mask

**Otrzymano:** 20 września 2010; **Zaakceptowano:** 29 listopada 2010  
**Received:** 20 September 2010; **Accepted:** 29 November 2010

Meteosat Second Generation is a geostationary satellite, designed to explore atmospheric processes. Main instrument on board MSG is SEVIRI, a 12-channel scanning radiometer, observing the Earth full disk in nominal MSG position at 0° longitude with a horizontal resolution of 3 km at nadir.

In this paper one of MSG Cloud Products – Cloud Mask (C<sub>Ma</sub>) was used to analyze cloud detection over Poland. The main objective of Cloud Mask is to discriminate all cloud-free pixels, because correct cloud detection is an important pre-processing step, to use many different MSG products. As the result of this algorithm all pixels are categorized in five categories as cloudy, cloud contaminated, cloud-free, snow/ice filled or no processing. The aim of this study is to compare Cloud Mask data to a standard synoptical observations.

Ground observations classified cloudiness in a 9-degree scale (octas) and normalization this different scales was the greatest methodical problem. Base sources was 12 situations cloud cover, represented varied types of cloudiness over Poland, in effect 812 sat-synop observations. This satellite data was compared with ground observations through contingency tables and statistical indicators. The percentage of correct observations for 5x5 pixel matrix equals 27,3. As the results shows, it is visible linear relationship between satellite and synop data with correlation coefficient equals 0.73. Most important effect of this study is to indicate a underestimating satellite-based cloudiness observations. The mean error (satellite-synop) ranging between +0,6 and -1,3 octas, and except cloud free situations, is negative

### Wprowadzenie

Pojawienie się satelitów meteorologicznych pozwalających na obserwację atmosfery w skali całej kuli ziemskiej, zmieniło dotychczasowe spojrzenie na atmosferę i otworzyło przed naukowcami nieznaną dotąd możliwość badawczą. Informacja satelitarna wniosła nie tylko ilościowy, ale i jakościowy wkład w rozwój badań znacznie poszerzając ich zakres o pomiary parametrów atmosfery dotąd niedokonywane przez człowieka. Prowadzone dotąd punktowe pomiary naziemne zyskały alternatywę w postaci ciągłych w przestrzeni danych satelitarnych dostępnych dla dowolnego miejsca kuli ziemskiej.

Nie ulega wątpliwości, że informacja satelitarna jako źródło danych meteorologicznych, cechuje się osobną specyfiką, co stwarza konieczność konfrontacji i wielostronnej oceny użyteczności tych danych. Metody obliczeniowe dokonywane przez czujniki satelitarne nie są wolne od wad i ograniczeń wynikających ze specyfiki ich

pozyskiwania, przede wszystkim jednak są odmienne od obserwacji tradycyjnych. Problem walidacji danych w meteorologii jest trudny do jednoznacznego rozwiązania – brak bowiem absolutnych wartości referencyjnych, do których można by odnieść badany rodzaj danych satelitarnych, choć z punktu widzenia tradycyjnej meteorologii, najbardziej interesujące jest odniesienie do standardowych danych naziemnych, na których od wieków opierały się badania naukowe.

Celem przeprowadzonych badań była ocena przydatności zastosowania danych satelitarnych pozyskiwanych z pokładu satelity meteorologicznego Meteosat Second Generation (MSG) w ocenie zachmurzenia ogólnego. Problem ten podjęty został w kontekście obserwacji zachmurzenia, bowiem dla tego elementu pogody, informacja satelitarna ma szczególną wartość. Chmury to przede wszystkim element najlepiej dostrzegalny na obrazach satelitarnych, a już sam rozkład zachmurzenia niesie ze sobą wiele cennych informacji. Co więcej, naziemne

obserwacje stosunków nefologicznych charakteryzują się pewną odrębnością – w zasadzie brak jest instrumentalnych pomiarów zachmurzenia, a dokonywane obserwacje wizualne są subiektywną oceną, zależną od wielu czynników, m.in. doświadczenia obserwatora. Zachmurzenie jest też jednym z ważniejszych elementów pogody, znacząco wpływa na bilans radiacyjny Ziemi i jednocześnie jest doskonałym przejawem procesów zachodzących w atmosferze (Matuszko, 2006). Niewątpliwą zaletą tego rodzaju informacji w nefologii jest ciągłość przestrzenna pozwalająca na opracowanie np. rozkładu przestrzennego zachmurzenia dla dowolnego obszaru ograniczonego jedynie rozdzielczością satelity, a w przypadku danych z satelity MSG także wysoka rozdzielczość czasowa (15 minut) ułatwiająca badania porównawcze.

Szerokie zastosowanie jakie w nefologii znalazły dane satelitarne, znajduje swoje odzwierciedlenie w rozwoju literatury. Początkowe lata opierały się w głównej mierze na interpretacji obrazów satelitarnych, gdyż sam rozkład zachmurzenia stanowił materiał do cennych badań (Bader i in., 1995; Eumetsat, 2001; Rymarz, 1999). Nieustanny rozwój technik satelitarnych przyniósł coraz bardziej szczegółowe badania, od fizycznych i optycznych właściwości chmur (Hong i inni, 2007; Platnick i in., 2003; Putsay i in., 1999, Watts i in., 1998) po satelitarne klasyfikacje zachmurzenia (Derrien, 1999; Liu i in., 1995; Uddstrom, 1996). Z opracowań klimatologicznych, największym przedsięwzięciem był powołany w 1982 roku International Satellite Cloud Climatology Project mający za zadanie poprzez gromadzenie i analizę satelitarnych obrazów zachmurzenia ocenę jego wielkości i zmienności w czasie, oraz obszerne badania właściwości chmur i ich klasyfikacji (Rossow i Schiffer, 1991, 1999, Rossow i Garder, 1993).

Nieznane dotąd możliwości pomiarów zachmurzenia, musiały wzbudzić wątpliwości i pytania także o jakość tych danych. W dziedzinie badań satelitarnych prawidłowa ocena stopnia zachmurzenia ma tę szczególną wartość, że stanowi podstawę do obliczeń szeregu innych parametrów środowiska (Eumetsat, 2007). Problem prawidłowej detekcji zachmurzenia podejmowany był dla różnych czujników satelitarnych, m.in. okołobiegunowych: MODIS (Ackermann i in., 1998) i AVHRR (Saunders, Kriebel, 1988; Dybbroe i in., 2000). Najważniejsze dla niniejszych badań opracowanie poświęcone walidacji danych o zachmurzeniu pochodzących z pokładu satelity MSG opublikowane zostało przez francuską służbę meteorologiczną Météo-France / Centre de Météorologie Spatiale, (2007b). W raporcie opublikowano wyniki obszernych badań prowadzonych dla Europy i Afryki Płn z wyróżnieniem różnic w rozkładzie przestrzennym jak i różnych warunkach oświetlenia (dzień, noc, zmierzch) w oparciu o naziemne obserwacje zachmurzenia.

### **Materiał badawczy**

Materiał badawczy opracowania stanowiło 12 przypadków zachmurzenia nad obszarem Polski. Sytuacje

te wybrane zostały przez autorkę subiektywnie, a kryterium wyboru stanowiło jak największe zróżnicowanie struktury przestrzennej zachmurzenia w poszczególnych dniach. Dla każdego z przypadków dostępna jest konkretna liczba obserwacji, rozumianej jako para dwóch liczb (oktantów) szacowanych przez obserwatora naziemnego i satelitę. Podstawą badań były obserwacje naziemne wyrażone w skali oktantowej (0–8), notowane dla wybranych terminów na ok. 60 stacjach synoptycznych na terenie Polski, pochodzące z zasobów Global Telecommunication System.

Drugi rodzaj to dane podlegające ocenie, a więc informacja o zachmurzeniu ogólnym pozyskiwana przez czujnik SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager) z pokładu satelity geostacjonarnego MSG. Informacje gromadzone są w formie standardowego produktu Cloud Mask (maska chmur) rozróżniającego zachmurzenie ogólne w 3 klasach, dostępnego w zasobach archiwum Eumetsat Data Centre (<http://archive.eumetsat.int/umarf/>). Dane pochodzące z pokładu satelity MSG wybrane zostały ze względu na największą zaletę obrazowania geostacjonarnego tj. wysoką repetycję czasową. Zeskanowanie dysku ziemskiego trwa ok. 12,5 minuty, co daje 15-minutową rozdzielczość czasową, pozwalającą na przeprowadzenie analizy porównawczej danych naziemnych dla wybranych sytuacji pogodowych. Czujnik SEVIRI dostarcza informacji w 12 kanałach spektralnych, dobranych nie tylko dla szerokich możliwości badawczych, ale także dla łatwego porównania tych danych z informacjami z innych sensorów (Schmid, 2000).

Głównym zadaniem maski chmur jest wskazanie stopnia zachmurzenia każdego z pikseli. Celem stworzenia takiego algorytmu dla MSG było pozyskanie sprawnego, prostego w utrzymaniu i dokładnego narzędzia do przetwarzania informacji o zachmurzeniu, które maksymalnie wykorzystywałoby dostępnych 12 kanałów. W rezultacie w szacowaniu zachmurzenia stosowanych jest 10 z 12 kanałów, z wyjątkiem HRV oraz IR 9,7 (tab.1). Rozdzielczość maski chmur MSG wynosi 3 km, w szerokościach geograficznych Polski osiągając ok. 5–6 km.

Algorytm Cloud Mask oparty jest na technice progowej (ang. threshold) tj., każdy z pikseli poddawany zostaje szeregom testów z wykorzystaniem przewidywanych wartości progowych, jakie powinien (bądź nie) przekroczyć w danym kanale spektralnym lub ich kombinacji. W początkowym stadium przygotowującym proces, wykorzystywanych jest szereg danych wejściowych, na podstawie których przeprowadza się klasyfikację, m.in. informacje o temperaturze powierzchni wodnej i lądowej, powietrza, czy zawartości pary wodnej. Istotnym jest także obliczenie kąta padania promieni słonecznych, gdyż odmienne ścieżki algorytmów stosowane są dla pory dziennej, nocnej, zmierzchu oraz refleksu słonecznego.

Po klasyfikacji piksela przez wszystkie odpowiednio ustalone testy (łącznie 34) przyjmuje on wartość reprezentującą jedną z kategorii. Możliwe klasy jakie przyjmuje piksel omawianej maski chmur to:

Tabela 1. Charakterystyka spektralna SEVIRI (Schmetz, 2002)

Table 1. SEVIRI spectral channels (Schmetz, 2002)

Nr	Kanał <i>Spectral channel</i>	Szerokość pasma ( $\mu\text{m}$ ) <i>Spectral bandwidth (<math>\mu\text{m}</math>)</i>	Centralna długość fali ( $\mu\text{m}$ ) <i>Centre wavenlength (<math>\mu\text{m}</math>)</i>	Charakterystyka <i>Characteristics</i>
1	VIS0.6	0.56-0.71	0.6	Kanały widzialne <i>Visible channels</i>
2	VIS0.8	0.74 - 0.88	0.8	
3	IR1.6	1.50 - 1.78	1.6	Bliska podczerwień <i>NIR channel</i>
4	IR3.9	3.48 - 4.36	3.9	Podczerwień termalna <i>IR channel</i>
5	WV6.2	5.35 - 7.15	6.2	Absorpcja pary wodnej <i>WV absorption</i>
6	WV7.3	6.85 - 7.85	7.3	
7	IR8.7	8.30 - 9.10	8.7	Podczerwień termalna <i>IR channel</i>
8	IR9.7	9.38 - 9.94	9.7	Absorpcja ozonu <i>Ozone absorption</i>
9	IR10.8	9.80 - 11.80	10.8	Podczerwień termalna <i>IR channel</i>
10	IR12.0	11.00 - 13.00	12.0	
11	IR13.4	12.40 - 14.40	13.4	Absorpcja dwutlenku węgla <i>CO<sub>2</sub> absorption</i>
12	HRV	Szerokopasmowy <i>(broadband)</i>	0.6-0.9 (0.75)	Wysokorozdzielczy kanał widzialny <i>High Resolution Visible channel</i>

- Nie przetworzony – brak danych lub dane uszkodzone
- Bezchmurny – brak pokrycia przez chmury oraz śnieg i lód
- Częściowo zachmurzony – częściowo pokryty chmurami, bądź półprzezroczysty,
- Zachmurzony – chmury w pełni wypełniają piksel
- Śnieg/lód – traktowany jednocześnie jako bezchmurny
- Niezdefiniowany – przetworzony lecz niesklasyfikowany (Meteo France, 2007a)

## Metodyka

Z metodycznego punktu widzenia problem oceny użyteczności danych satelitarnych jest złożony, ponieważ obydwa sposoby oceny zachmurzenia, oprócz przedmiotu badań, mają ze sobą niewiele wspólnego, a samo zachmurzenie ze względu na swoją dynamikę i różnorodność jest elementem trudnym do oszacowania. Innym istotnym problemem jest brak wartości referencyjnych, do których można by odnieść obserwacje satelitarne, tym bardziej, że subiektywne obserwacje zachmurzenia mogą budzić wątpliwości. Brak jednolitej metody opracowania tego zagadnienia pociąga za sobą konieczność częściowo subiektywnego doboru sposobu analizy. Wybrana ścieżka metodyczna została przyjęta za największym opracowaniem walidacyjnym dla danych MSG (Meteo France, 2007b).

Przy analizie wybranych przypadków, główną rolę odegrały 2 elementy. Pierwszy z nich (tab. 3.) to różnica pory obserwacji. Zachmurzenie jest elementem, który cechuje się wyjątkowo dużą dynamiką, dlatego przy zestawianiu obserwacji zasadniczą rolę odgrywa ich jed-

ność w czasie. W rozkładzie zachmurzenia dopuszcza się różnicę w granicach 15 minut, gdyż nie powinna ona wpłynąć na ostateczne wyniki porównania (Kassianov i in., 2005).

Drugim założeniem przy opracowaniu metody badawczej było ujednoczenie rodzaju obserwacji. To zadanie cechujące się pewnym subiektywizmem i mogące mieć największy wpływ na wynik badań. Dostępne 3 rodzaje informacji (piksel zachmurzony, częściowo zachmurzony lub bezchmurny) pochodzącej z maski chmur, należało odnieść do skali oktantowej danych naziemnych. Sytuacji określonej jako bezchmurna przyporządkowana została wartość 0, częściowe zachmurzenie oznaczone zostało jako 4, a całkowite 8 oktantów. Jest to pewne uproszczenie klasyfikacji, jednak ocena przyjętej metody badawczej i ewentualnych konsekwencji jej zastosowania jest także jednym z celów opracowania. Na takie założenie metodyczne neutralizujący wpływ ma fakt, iż wartością końcową określającą zachmurzenie jest średnia z pikseli o wybranym zasięgu wokół stacji.

Do porównania z wartością obserwowaną na stacji, w analizie zastosowano trzy różne zasięgi obserwacji, dla pomiarów z macierzy o boku 3 piksele, 5 pikseli oraz 7 pikseli (tab. 2). Biorąc pod uwagę rozdzielczość maski chmur liczonej dla obszaru Polski bok pikselu szacuje się na ok. 5–6 km. Średnia arytmetyczna wyciągnięta z wartości pikseli przeliczona została na skalę oktantową.

Podczas 12 analizowanych terminów dokonano łącznie 812 obserwacji, czyli par liczb w skali 0–8 notowanych niezależnie przez czujnik SEVIRI i obserwatora naziemnego. Ze względu na najbardziej zbliżony sposobowi oceny obserwatora promień obserwacji, jako reprezentatywne wybrane zostały dane szacowane w obrębie „promienia 5”.

Tabela 2. Zasięg obserwacji  
Table 2. Observations range

	Promień 3 Radius 3	Promień 5 Radius 5	Promień 7 Radius 7
Macierz pikseli Pixel matrix	3x3	5x5	7x7
Średnica obszaru obserwacji (km) Diameter of observation area (km)	15-18	25-30	35-42
Promień zasięgu obserwacji (km) Radius of observation area (km)	7-9	12-15	17-21

Tabela 3. Wykaz analizowanych przypadków zachmurzenia nad Polską  
Table 3. List of analyzed cloud cover situations over Poland

Lp.	Data Date	Godzina obrazowania satelitarnego (UTC) Time of satellite imaging (UTC)	Godzina obserwacji naziemnej (UTC) Time of surface observation (UTC)	Średnie zachmurzenie notowane na stacjach (%) Mean cloudiness from surface observations (%)	PC (%) Proportion Correct (%)
1	2007.01.02	04:00	04:00	76.6	32
2	2007.01.03	11:15	11:00	85.1	39
3	2007.02.08	20:15	20:00	95.4	76
4	2007.04.26	05:15	05:00	16.4	24
5	2007.04.26	08:45	09:00	27.3	12
6	2007.04.29	14:15	14:00	36.1	25
7	2007.05.05	05:00	05:00	37.1	32
8	2007.05.05	12:15	12:00	52.4	31
9	2007.05.14	12:15	12:00	66.3	2
10	2007.05.14	19:45	20:00	76.6	18
11	2007.05.26	11:45	12:00	67.3	7
12	2007.05.26	14:15	14:00	65.0	20

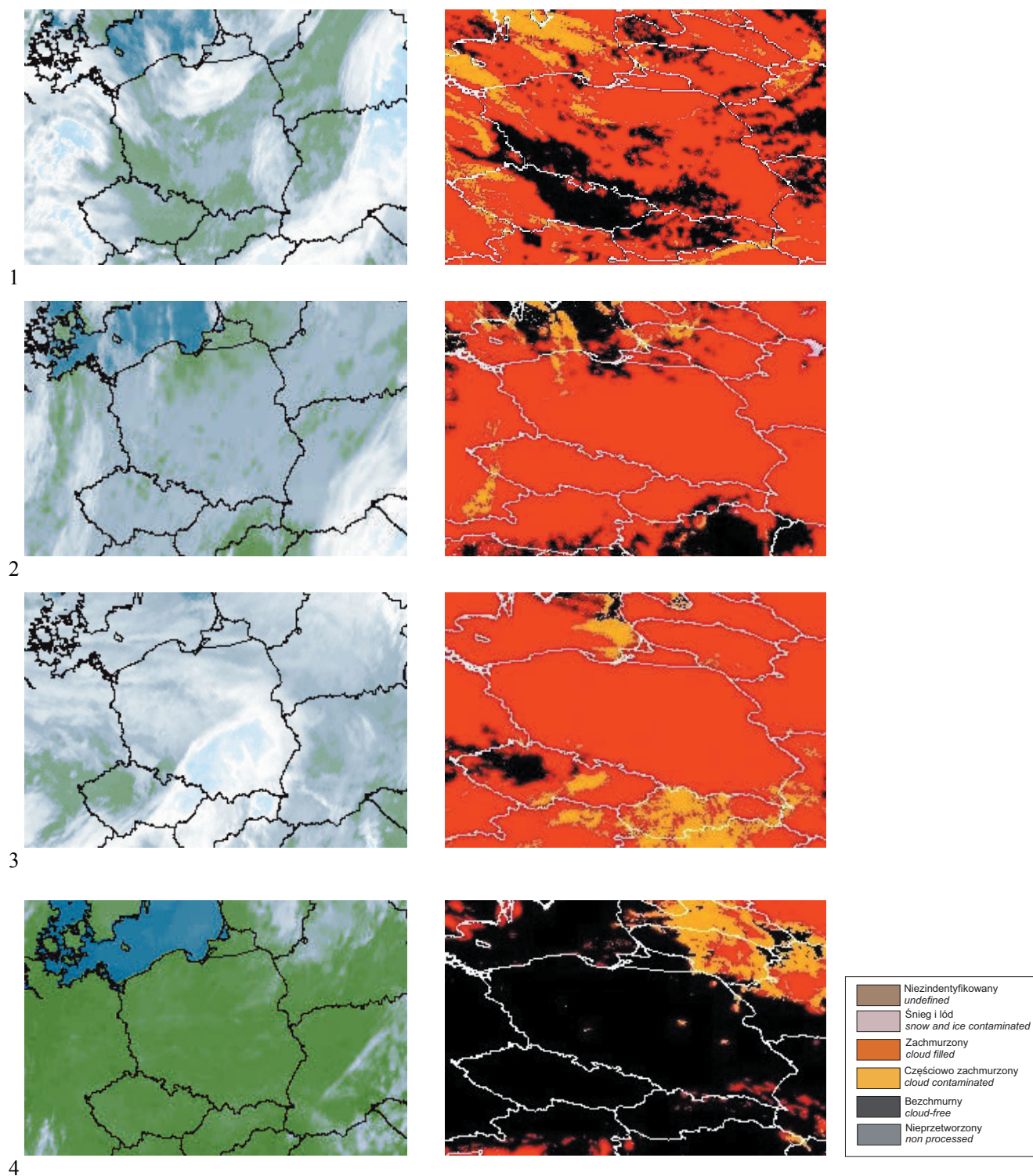
W celu porównania dwóch sposobów obserwacji zachmurzenia, zastosowano jedną z metod weryfikacji prognoz, stosowaną m.in. w meteorologii do prognozowania wystąpienia zjawisk. W niniejszych badaniach, jako referencyjne traktowane są naziemne oceny zachmurzenia, a miejsce prognozowanych zjawisk zajmują obserwacje satelitarne. Umieszczenie danych w tabeli kontyngencji pozwoliło na dokonanie oceny relacji pomiędzy danymi oraz umożliwiło opracowanie kilku dokładnych charakterystyk. Wybrane wskaźniki, jakimi posłużono się w tym opracowaniu to:

- **Proportion Correct (PC)** – podstawowy wskaźnik obliczany przy zastosowaniu tabeli kontyngencji. Wskazuje maksymalną zgodność obserwacji jaka wystąpiła, odnosząc sumę trafień (zarówno negatywnych jak i pozytywnych) do całości obserwacji. Przyjmuje wartość od 0 do 1, jako 1 wskazując idealną zgodność obserwacji, 0 – brak powiązania
- **Heidke Skill Score (HSS)** – wyraża jaka część obserwacji jest poprawna, po wyeliminowaniu przypadków losowych, tj. prognoz poprawnych wyłącznie losowo. Wskaźnik może przybierać wartości od minus nieskończoności do 1, gdzie 1 jest wynikiem idealnym, ale należy zaznaczyć, że na wartość wskaźnika może mieć wpływ wielkość badanej próby (Nurmi P., 2003).

Wybrane przypadki zachmurzenia nad Polską, zestawione zostały w tabeli 3. oraz przedstawione poglądowo także na rycinach (Ryc. 1). Dla każdego przypadku zamieszczono 2 ryciny, obraz satelitarny IR wskazujący zachmurzenie nad Polską oraz graficzny wynik oceny zachmurzenia przez satelitę, czyli Cloud Mask, pochodzące z zasobów Eumtsat Data Centre (<http://archive.eumetsat.int/umarf/>).

#### Porównanie naziemnych i satelitarnych obserwacji zachmurzenia

Jak wykazuje zestawienie wszystkich danych dla poszczególnych punktów pomiarowych, pomiędzy naziemnymi i satelitarnymi ocenami zachmurzenia istnieje dość silna zależność liniowa, dla której współczynnik korelacji wynosi 0,73 (ryc. 2). Biorąc pod uwagę różny stopień zachmurzenia nieba nad Polską, zestawienie liczebności par obserwacji (tab. 4) wskazuje, że największą zgodnością odznaczają się sytuacje o całkowicie (lub prawie) zachmurzonym bądź bezchmurnym niebie. Szczegółowe informacje odnośnie obserwacji względem każdego z oktantów przedstawiają także histogramy skategoryzowane (ryc. 3, 4). Na histogramach zaznacza się fakt, iż



Ryc. 1 Wybrane przypadki zachmurzenia nad Polską (patrz tab. 3) źródło: Eumetsat Data Centre

Fig. 1 Cloud cover situations over Poland (see table 3)

największą liczebnością wyróżniają się sytuacje, w których satelita notował wartość 0, 4 lub 8 oktantów. Taki wynik częściowo może być konsekwencją wspomnianego wcześniej założenia dotyczącego przekształcenia 3 klas zachmurzenia maski chmur na 9 klas notowanych przez obserwatora.

Porównując wyniki w różnych promieniach obserwacji (Tab. 5) zauważalny jest wzrost zgodności danych wraz ze wzrostem zasięgu obserwacji. Odsetek obserwacji zupełnie zgodnych przekracza nawet 28%, biorąc pod uwagę specyfikę zbioru danych, można uznać to za wynik zadowalający. Niskie wartości przyjmuje nato-

Tabela 4. Tabela kontyngencji obserwacji naziemnych (SYNOP) i satelitarnych (SAT)

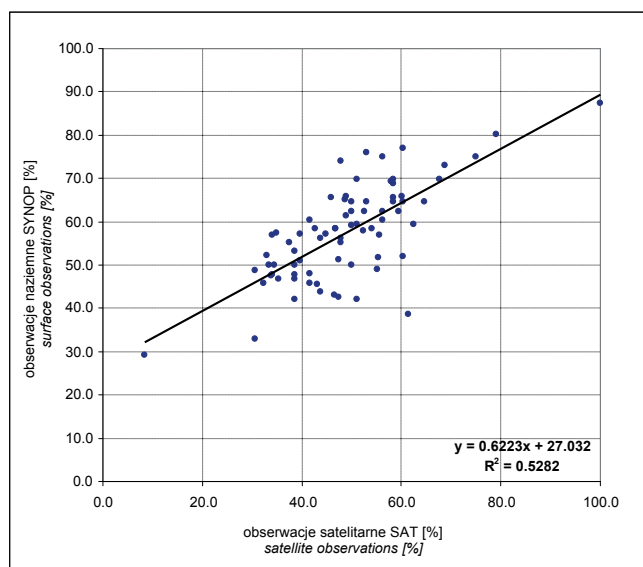
Table 4. Contingency table from collocated surface (SYNOP) and satellite (SAT) observations

SYNOP	SAT									Razem total
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
0	46	6	4	5	0	1	0	0	0	62
1	72	8	4	3	2	1	0	0	1	91
2	45	5	10	6	8	1	1	0	0	76
3	30	10	6	5	14	4	3	1	2	75
4	10	6	7	1	17	2	2	3	3	51
5	6	7	5	7	16	4	2	5	8	60
6	8	3	6	11	33	11	8	9	22	111
7	1	1	3	2	34	10	10	23	76	160
8	0	0	3	1	4	4	7	6	101	126
Razem total	218	46	48	41	128	38	33	47	213	812

Tabela 5. Wybrane wskaźniki dla trzech zasięgów obserwacji

Table 5. Proportion Correct and HSS for given range of observations

	Promień 3 Range 3	Promień 5 Range 5	Promień 7 Range 7
PC (%)	24,6	27,3	28,5
HSS (%)	15,6	18,5	19,7

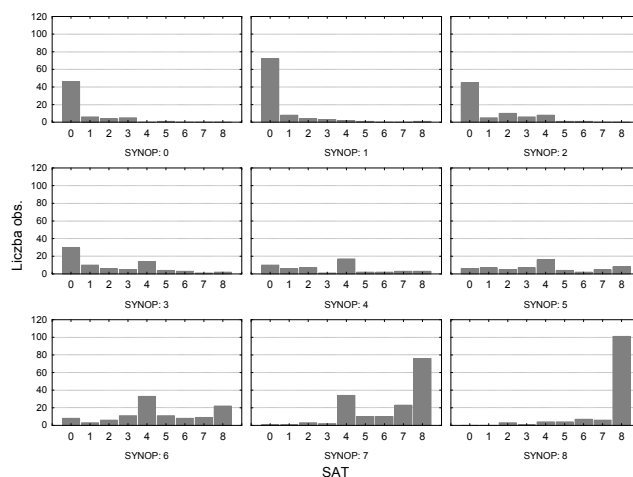


Ryc. 2. Zależność pomiędzy naziemnymi i satelitarnymi obserwacjami zachmurzenia

Fig. 2. Relationship between satellite and surface cloud cover observations

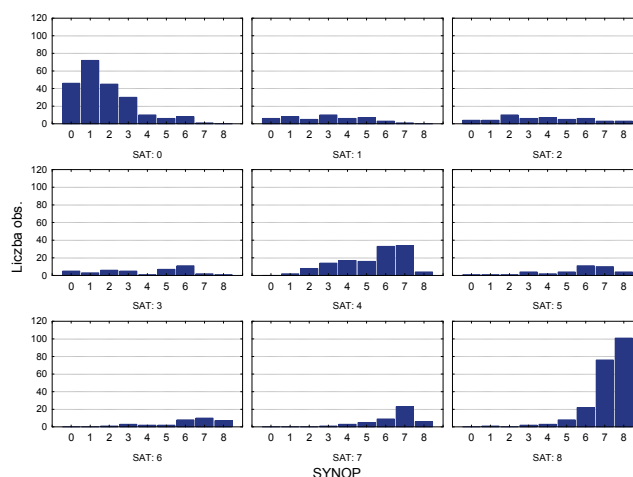
miast wskaźnik Heidkego, prawdopodobnie ze względu na wielkość badanego materiału.

Wykazana zgodność dwóch analizowanych sposobów obserwacji zachmurzenia pociąga za sobą konieczność oceny jakości tej relacji. Rozkład różnic pomiędzy wartościami notowanymi przez satelitę i obserwatora na-



Ryc. 3. Występowanie obserwacji satelitarnych (sat) dla każdego oktanta notowanego przez obserwatora naziemnego (synop)

Fig. 3. Occurrences of satellite observations (sat) for a given ground (synop) observation



Ryc. 4. Występowanie obserwacji naziemnych (synop) dla każdego oktanta notowanego przez satelitę (sat)

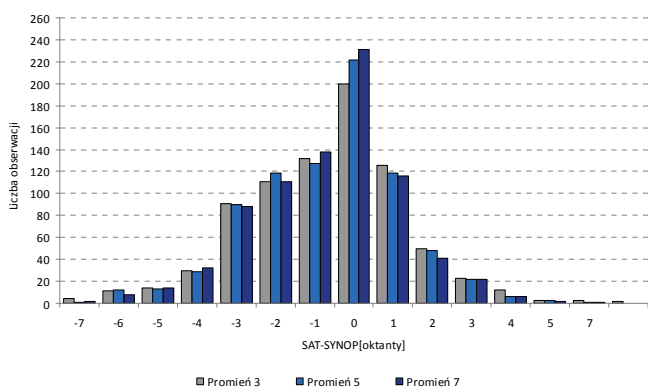
Fig. 4. Occurrences of ground observations (synop) for a given satellite (sat) observation

ziemnego dla różnych promieni, potwierdza wcześniej obliczoną największą liczebność grupy obserwacji zupełnie zgodnych i wykazuje oczekiwaną tendencję zmniejszania liczebności klas wraz ze wzrostem różnic w obserwacjach (ryc. 5). Przebieg wykresu pozwala także na wyciągnięcie pierwszych wniosków odnośnie relacji pomiędzy danymi, gdyż większa liczebność klas z lewej strony wykresu pozwala wnioskować o zawyżaniu przez obserwatora ocen zachmurzenia ogólnego.

Do wymiernej prezentacji zjawiska ewentualnego zaniżania lub zawyżania przez sensor SEVIRI zachmurzenia ogólnego, dla każdego z oktantów obliczono średni błąd obserwacji satelitarnej, który pozwolił na jednoznaczne określenie tendencji do zaniżania lub zawyżania obserwacji oraz obliczenie wielkości tej różnicy (ryc. 6).

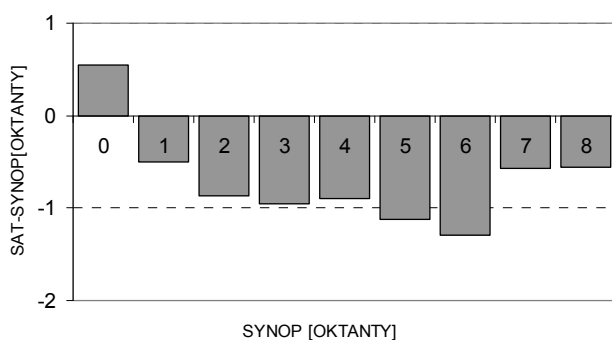
Przebieg wykresu nie pozostawia wątpliwości o zaniżaniu satelitarnych ocen zachmurzenia względem obserwacji naziemnych. Wyjątkiem jest sytuacja, gdy

na stacji stan nieba został określony jako bezchmurny, wtedy satelita zawyża wielkość zachmurzenia średnio o 0,6 oktanta. Obliczone wartości nie wykazują dużych rozbieżności, średnio błąd waha się w granicach 0,5–1 oktanta, przekraczając tą wartość nieznacznie tylko dla sytuacji o zachmurzeniu 5 i 6.



Ryc. 5 Liczba obserwacji względem różnic pomiędzy obserwacjami satelitarnymi (SAT) i naziemnymi (SYNOP)

Fig. 5. Total cloud observations against differences between satellite (SAT) and surface (SYNOP) observations



Ryc. 6. Średni błąd obserwacji satelitarnych w porównaniu z obserwacjami naziemnymi

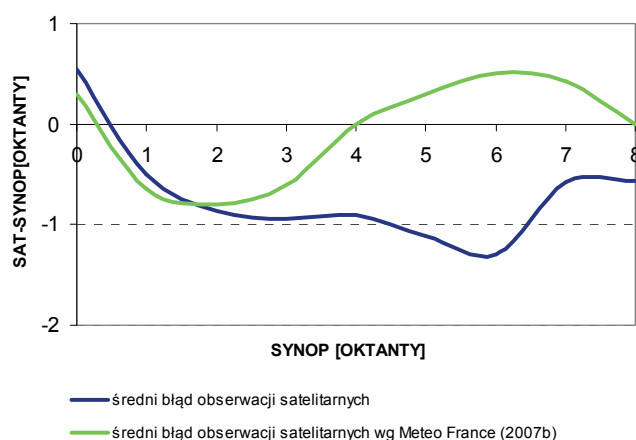
Ryc. 6. Satellite cloud cover mean error (satellite-synop) in comparison to surface observations

## Podsumowanie i wnioski

W opracowaniu podjęty został problem oceny zastosowania maski chmur MSG/SEVIRI w ocenie zachmurzenia ogólnego. Ze względu na metodyczny charakter badań, ocenie podlegały nie tylko wyniki analiz, ale i założona metoda badawcza. Badania przeprowadzone zostały z uwzględnieniem różnic w sytuacjach o różnym stopniu zachmurzenia nieba nad Polską. Najlepsze wyniki prezentują sytuacje jednoznaczne, o zupełnym braku zachmurzenia lub całkowitym pokryciu nieba chmurami. Pewną rolę odgrywał rodzaj zachmurzenia, jednak to zagadnienie nie było przedmiotem badań, a teoretycznie rodzaj chmur nie powinien wpływać na klasyfikację zachmurzenia ogólnego. Jest to problem, nad którym stale prowadzone są badania mające na celu polepszenie jakości informacji satelitarnej w tym aspekcie.

Przeprowadzone na podstawie dostępnego materiału badania wskazały jednoznacznie na fakt ogólnego notowania niższych wartości zachmurzenia ogólnego przez satelitę w stosunku do obserwacji naziemnych. Sytuacje zupełnej zgodności naziemnych i satelitarnych obserwacji zachmurzenia ogólnego stanowią kolejno 24,6; 27,3 i 28,5% wszystkich obserwacji, w zależności od promienia, w jakim oceny dokonywał satelita. Wynik można uznać za zadowalający biorąc pod uwagę specyfikę materiału badawczego jakim było 12 osobnych przypadków zachmurzenia nad Polską, nie stanowiących ciągu danych oraz mając na uwadze, że wskaźnik prezentuje odsetek obserwacji zupełnie zgodnych, a więc już różnica jednego oktanta silnie wpływa na jego wartość obliczoną dla całego zbioru danych. Najważniejszym osiągnięciem przeprowadzonych badań było określenie wzajemnego stosunku satelitarnych i naziemnych szacunków zachmurzenia, tj. wykazanie tendencji do zaniżania przez satelitę oceny zachmurzenia średnio o 0,9 oktanta. Średni błąd obserwacji waha się w przedziale od 0,6 do 1,3 oktanta, tylko dla sytuacji bezchmurnych wskazując na zawyżanie przez maskę chmur SEVIRI, wielkości zachmurzenia o 0,6 oktanta. Taki wynik częściowo wpasowuje się w tendencję prezentowaną w raporcie walidacyjnym danych o zachmurzeniu SEVIRI (Meteo France, 2007b). Obliczony w badaniach średni błąd obserwacji satelitarnej waha się w podobnym przedziale wartości. Dla niskich wartości zachmurzenia, obliczony średni błąd obserwacji satelitarnej pokrywa się z wynikami raportu, rozbieżności pojawiają się natomiast dla sytuacji o większym zachmurzeniu (ryc. 7). Nie ulega wątpliwości, że przyczyny różnic można doszukiwać się w charakterze materiału badawczego, gdyż dane wejściowe francuskiej służby meteorologicznej Meteo France to ponad 708 tysięcy obserwacji, podczas gdy niniejsze badania bazują na 812 obserwacjach.

Największym wyzwaniem metodycznym, które mogło mieć wpływ na ostateczny wynik badań, było ujednoczenie sposobu obserwacji. Trudność polegała na wprowadzeniu do wspólnej skali obserwacji naziemnych



Ryc. 7. Obliczony średni błąd obserwacji satelitarnej w porównaniu z wynikami raportu walidacyjnego (Meteo France, 2007b)  
Fig. 7. Satellite cloud cover mean error in comparison to Validation Report results (Meteo France, 2007b)

notowanych w oktantach oraz informacji satelitarnej klasyfikującej zachmurzenie w skali 3-stopniowej. Przyjęta metoda przełożyła się częściowo na wynik badań, gdyż największą liczebnością charakteryzują się sytuacje, w których wg informacji satelitarnej zachmurzenie wyniosło 0, 4 lub 8 oktantów. Być może na poprawę wyników wpłynąłby równomierny podział skali oktantowej na 3 klasy lub inne, złożone rozwiązania.

Podjęty problem to wycinek ogólnie złożonego zagadnienia jakim jest ocena jakości satelitarnych obliczeń wielkości zachmurzenia ogólnego. Do pełnej analizy, należałoby zwiększyć nie tylko ilość danych, ale także ich różnorodność, dokonując porównania w różnych porach doby, roku oraz przy różnych warunkach atmosferycznych lub różnym podłożu. Ciekawym i wartym podjęcia zagadnieniem jest także, zaznaczony w badaniach, wpływ rodzaju chmur na końcową ocenę stopnia zachmurzenia. Regularny rozwój i doskonalenie jakości informacji satelitarnej dają nadzieję na coraz lepsze poznanie wzajemnych odniesień dwóch analizowanych metod obserwacji. Walidacja danych jest bowiem nieodłącznym elementem badań, koniecznym dla prawidłowej korelacji danych satelitarnych i tradycyjnych, a w konsekwencji doskonalenia metod obserwacyjnych.

## Literatura

- Ackerman, S. A., Strabala K. I., Menzel W. P., Frey R. A., Moeller C. C., Gumley L. E., 1998, *Discriminating clear sky from clouds with MODIS*. Journal of Geophysical Research, 103(D24), 32,141–32,157
- Bader, M.J., Forbes, G.S., Grant, J.R., Lilley, R.B.E., Waters, A.J., 1995, *Images in weather forecasting – A practical guide for interpreting satellite and radar imagery*. Cambridge University Press
- Derrien, M., Le Gleau H., 1999, *Cloud classification extracted from AVHRR and GOES imagery*. Proceedings of the 1999 EUMETSAT Meteorological Satellite Data User's Conf., Copenhagen, Denmark, EUMETSAT, 545–553
- Dybbroe, A., Karlsson K.-G., Moberg M., Thoss A., 2000, *Scientific report for the SAFNWC Mid Term Review*. Swedish Meteorological and Hydrological Institute, SE-60176, Norrköping
- EUMETSAT, 2001, *Manual of Synoptic Satellite Meteorology, Part I – Conceptual Model. Part II – Case studies*. Version 3.0 KNMI, ZAMG supported by EUMETSAT, 2 CDs
- EUMETSAT, 2007, *Cloud Detection for MSG – Algorithm Theoretical Basis Document*, issue 1
- Hong G., Yang P., Gao B., Baum B.A., Hu Y.X., King M.D., Platnick S., 2007, *High Cloud Properties from Three Years of MODIS Terra and Aqua Collection-4 Data over the Tropics*. Journal of Applied Meteorology and Climatology 46:11, 1840–1856
- Kasianov E., Long C.N., Ovtchinnikov M., 2005, *Cloud Sky Cover versus Cloud Fraction: Whole-Sky Simulations and Observations*. Journal of Applied Meteorology, volume 44, 86–98
- Liu G., J. A. Curry, and R.-S. Sheu, 1995, *Classification of clouds over the western equatorial Pacific Ocean using combined infrared and microwave satellite data*. Journal of Geophysical Research, 100(D7), 13,811–13,826
- Matuszko D., 2006, *Chmury i pogoda*. Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków
- Meteo-France / Centre de Meteorologie Spatiale, 2007a, *User Manual for the PGE01-02-03 v1.3 (Cloud Products) of the SAFNWC / MSG: Scientific part*.
- Meteo-France / Centre de Meteorologie Spatiale, 2007b, *Validation Report for the PGE01-02-03 v1.2 (Cloud Products) of the SAFNWC/MSG*
- Niedźwiedz T., (red), 2003, *Słownik Meteorologiczny*. Wyd. Polskie Towarzystwo Geofizyczne, IMGW, Warszawa
- Nurmi P., 2003, *Recommendations on the verification of local weather forecasts (at ECWMF member states)*. ECMWF Operations Department, 2003.
- Platnick S., King M.D., Ackerman S.A., Menzel W.P., Baum B.A., Riédi J.C., Frey R.A., 2003, *The MODIS cloud products: Algorithms and examples from Terra*. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens, 41, 459–473
- Putsay M, Derrien M., LeGleau H., Monnier G., 1999, *Comparison of two methods to estimate the cloud top temperature and pressure for NOAA-AVHRR and HIRS data*. Proceeding of the 1999 Eumetsat Meteorological Satellite Data user' conference, Copenhagen 6–10 September 1999.
- Rossov, W.B., Schiffer R.A., 1991, *ISCCP cloud data products*. Bulletin of the American Meteorological Society, 72, 2–20.
- Rossov, W.B., Schiffer R.A., 1999, *Advances in understanding clouds from ISCCP*. Bulletin of the American Meteorological Society, 80, 2261–2288
- Rossov, W.B., Garder L.C., 1993b, *Validation of ISCCP cloud detections*, J. Climate, Vol. 6, ss. 2370–2393
- Rymarz C. (red.), Jasiński J.M., Kroszczyński K., Winnicki I., 1999, *Satelitarne obrazy procesów atmosferycznych kształtujących pogodę*. PWN, Warszawa
- Saunders R.W., Kriebel K.T., 1988, *An improved method for detecting clear sky and cloudy radiances from AVHRR data*. Int. Journal of Remote Sensing, Vol. 9, ss\123
- Schmetz J., Pili P., Tjemkes S., Just D., Kerkmann J., Rota S., Ratier A., 2002, *An introduction to Meteosat Second Generation (MSG)*. Bulletin of the American Meteorological Society, 83, 7, 977–992
- Schmid J., 2000, *The SEVIRI Instrument*. Proceedings of the 2000 EUMETSAT Meteorological Satellite Data User's Conference, Bologna, Italy, 29 May – 2 June 2000
- Uddstrom M.J., Gray W.R., 1996, *Satellite Cloud Classification and Rain-Rate Estimation Using Multispectral Radiances and Measures of Spatial Texture*. Journal of Applied Meteorology, 35: 839–858
- Watts P.D., Mutlow C.T., Baran A.J., Zavody A.M., 1998, *Study on Cloud Properties derived from Meteosat Second Generation Observations*. Final Report, EUMETSAT ITT no. 97/181.



Mgr Monika Dąbek, absolwentka Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, od 2009 roku studentka Studium Doktoranckiego w Katedrze Klimatologii. Swoje zainteresowania naukowo-badawcze koncentruje na zastosowaniach teledetekcji satelitarnej w meteorologii i klimatologii, w szczególności w badaniach zachmurzenia. Katedra Klimatologii, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec, mdabek@us.edu.pl