INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 6/2011, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 31–42
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Małgorzata Melonek

PORÓWNANIE WYNIKÓW WERYFIKACJI MODELI NUMERYCZNYCH PROGNOZ POGODY DZIAŁAJĄCYCH OPERACYJNIE W ICM

COMPARISON OF VERIFICATION RESULTS OF THE NUMERICAL WEATHER PREDICTION MODELS OPERATED AT ICM

Streszczenie

W ICM w trybie quasi-operacyjnym liczone są dwa niehydrostatyczne modele numeryczne prognoz pogody – model UM (Unified Model) rozwijany przez Brytyjską Służbę Meteorologiczną oraz COAMPS (Coupled Ocean/Atmosphere Mesoscale Prediction System) rozwijany przez US Naval Research Laboratory. Model UM posiada rozdzielczość poziomą 4 km i 38 poziomów w pionie. Jego domena obejmuje obszar Europy Środkowej. Obliczenia modelu COAMPS przeprowadzane są dla trzech różnych siatek obliczeniowych o rozdzielczościach kolejno 39, 13 i 4,3 km.

Wyniki modelu COAMPS dla siatki obliczeniowej o rozdzielczości 13 km obejmującej obszar Europy Środkowej i modelu UM zostały porównane z danymi pomiarowymi pochodzącymi z 60 polskich stacji synoptycznych. Do weryfikacji użyte zostały dane prognostyczne z węzła obliczeniowego najbliższego położeniu stacji synoptycznej. W obu przypadkach porównane zostały wyniki obliczeń z przebiegu z godz. 00 UTC.

Dla temperatury powietrza na wysokości 2 m, kierunku i prędkości wiatru na wysokości 10 m, ciśnienia zredukowanego do poziomu morza przedstawione zostały trzy wskaźniki statystyczne: ME, MAE i RMSE. W przypadku 12 godzinnych sum opadów zastosowano tablice wielodzielcze dla różnych progów opadowych do wyliczenia następujących wskaźników statystycznych: FBI, ETS, POD i FAR. Weryfikacja obejmuje dane z okresu od lata 2009 do jesieni 2010.

Słowa kluczowe: weryfikacja, modele numeryczne prognoz pogody, prognoza pogody

Summary

At ICM in quasi-operational form two non-hydrostatic numerical weather prediction models are operated, Unified Model developed by UK Meteorological Office and COAMPS (Coupled Ocean/Atmosphere Mesoscale Prediction System) developed by US Naval Research Laboratory. Unified Model has horizontal resolution of 4 km and 38 levels in vertical. COAMPS model is configured with three nested grids and horizontal resolutions of 39, 13 and 4.3 km. UM and the second grid of COAMPS cover the area of Central Europe.

In this paper results of both NWP models, i.e. COAMPS computed on 13 km mesh resolution and UM were verified against observations from 60 Polish synoptic stations. In the verification process surface observations were compared with the nearest gridpoint forecasts. Only results from 00 UTC model runs were used.

For the following meteorological elements: 2m air temperature, wind speed and wind direction at 10 m, mean sea level pressure ME, MAE and RMSE are presented. In case of 12 hour accumulated precipitation contingency tables for selected thresholds were constructed and their results were used to obtain FBI, ETS, POD and FAR. The verification sample covers period since June 2009 to November 2010.

***Key worlds**: verification, numerical weather prediction models (NWP), weather forecast*

WSTĘP

Modele numeryczne prognozy pogody nie są doskonałe i są ciągle rozwijane. Weryfikacja ich wyników pokazuje jak modele radzą sobie w różnych sytuacjach synoptycznych oraz jak sprawdzają się w różnych obszarach geograficznych. Jest istotna zarówno dla odbiorców prognoz jak i twórców modeli numerycznych. Tym pierwszym pokazuje z jakimi błędami prognozy muszą się liczyć, a drugiej grupie może pomóc w ulepszeniu modelu. Celem tego artykułu jest porównanie wyników weryfikacji podstawowych elementów meteorologicznych obu modeli numerycznych prognozy pogody liczonych w ICM.

OPIS DANYCH WERYFIKACYJNYCH

Do przeprowadzenia weryfikacji prognoz modeli numerycznych konieczne są dane mówiące o rzeczywistym stanie atmosfery. W tym opracowaniu zostały wykorzystane wyniki pomiarów przeprowadzonych na 60 polskich stacjach synoptycznych należących do sieci pomiarowej IMGW (Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej), który pełni rolę narodowej służby meteorologicznej. Dane te zostały pozyskane z serwera GODAE (Global Ocean Data Assimilation Experiment – http://www.usgodae.org). Ze względu na błędy w bazie danych meteorologicznych dane obserwacyjne pochodzące ze stacji w Kole zostały po-

minięte w procesie weryfikacji. W przypadku obliczeń przeprowadzanych dla ciśnienia zredukowanego do poziomu morza nie uwzględnione zostały dane obserwacyjne z trzech stacji górskich: Zakopanego, Śnieżki i Kasprowego Wierchu.

Weryfikacji poddane zostały prognozy pochodzące z dwóch modeli numerycznych działających w trybie quasi-operacyjnym w ICM. Model UM (Unified Model) rozwijany przez narodową służbę meteorologiczną Wielkiej Brytanii liczony jest codziennie cztery razy na dobę dla przebiegów z godziny 00 UTC, 06 UTC, 12 UTC i 18 UTC. Jest to model niehydrostatyczny o rozdzielczości poziomej 4 km, posiadający 38 poziomów w pionie. Obszar obliczeń obejmuje Europę Środkową a zakres czasowy prognozy wynosi 48 godzin. Drugi z modeli to również niehydrostatyczny model COAMPS, rozwijany w Stanach Zjednoczonych przez US Naval Research Laboratory. Model ten liczony jest w ICM na trzech zagnieżdżonych siatkach obliczeniowych o rozdzielczości poziomej kolejno 39 km, 13 km i 4,3 km i 30 poziomach w pionie. Prognozy w tych konfiguracjach liczone są na okres odpowiednio 120 godzin, 84 godziny i 60 godzin. Pierwsza siatka posiada 193 x 127 węzłów obliczeniowych i pokrywa obszar Europy i Północnego Atlantyku, środkowa siatka ma 169 x 217 węzłów obliczeniowych i obejmuje obszar Europy Środkowej, a ostatnia o największej rozdzielczości z 193 x 175 węzłami obliczeniowymi zawiera obszar Polski. Model COAMPS liczony jest codziennie dwa razy na dobę dla przebiegu z godziny 00 UTC i 12 UTC. Wyniki obu modeli prezentowane są na bieżąco na publicznie dostępnej stronie ICM pod adresem: http://www.meteo.pl.

Prognozy modeli UM i COAMPS w konfiguracji środkowej zostały porównane z wartościami rzeczywistymi zaobserwowanymi na polskich stacjach synoptycznych. Weryfikowano wartości prognoz w węzłach siatek obliczeniowych najbliższych położeniu stacji synoptycznej. Obliczenia zostały przeprowadzone dla przebiegów modeli z godziny 00 UTC. Ze względu na ograniczoną liczbę miejsca w tym opracowaniu prezentowane są jedynie wyniki uśrednione ze wszystkich stacji (pełna weryfikacja zawiera szczegółowe dane dla każdej stacji). Okres weryfikacji uwzględniony w artykule wynosił półtora roku - od czerwca 2009 do listopada 2010. Obliczenia zostały przeprowadzone przy uwzględnieniu podziału na pory roku zdefiniowane następująco: wiosna (marzec, kwiecień, maj - MAM), lato (czerwiec, lipiec, sierpień - JJA), jesień (wrzesień, październik, listopad - SON) oraz zima (grudzień, styczeń, luty - DJF) [WWRP/WGNE 2004].

Dla ciągłych elementów pogody, czyli temperatury, ciśnienia, kierunku i prędkości wiatru, obliczenia zostały przeprowadzone w krokach co 6 godzin. Policzone zostały trzy wskaźniki weryfikacyjne: ME, MAE i RMSE [Nurmi 2003]. 12 godzinne sumy opadu zostały zweryfikowane pod kątem wystąpienia lub nie opadu o wysokości równej lub wyższej niż zadany próg opadowy. Jest to tak zwany typ zmiennej kategorycznej dwudzielnej (wystąpienie zdarzenia lub

jego brak). Przeanalizowane zostały następujące progi opadowe: 0,5, 1, 2, 4, 5, 8, 10, 16, 20, 32 mm. Wyniki prognoz i obserwacji zestawione zostały w tablicach wielodzielczych 2x2, na podstawie których wyliczone zostały następujące wskaźniki weryfikacyjne: FBI, POD, FAR i ETS [Nurmi 2003]. Ze względu na to, że na stacjach synoptycznych 12 godzinne sumy opadów mierzone są o godzinie 06 UTC i 18 UTC weryfikacji poddano 12 godzinne sumy opadów odpowiadające w przypadku modelu UM wyprzedzeniom prognozy: 18, 30 i 42 h. Oznacza to, że dla modelu UM mamy do czynienia z dwoma okresami opadów występującymi w ciągu dnia (06 UTC -18 UTC) i jednym 12 godzinnym okresem przypadającym na porę nocną (18 UTC - 06 UTC). W przypadku modelu COAMPS w zasięgu obliczeń znalazły się trzy okresy występujące nocą (06-30 h, 42-54 h, 66-78 h) i trzy okresy przypadające na godziny dzienne (6-18 h, 30-42 h, 54-66 h).

WSKAŹNIKI WERYFIKACYJNE

Do weryfikacji zmiennych ciągłych zastosowano wskaźniki: błąd średni lub bias (ME - Mean Error), średni błąd bezwzględny (MAE - Mean Absolute Error) i pierwiastek ze średniego błędu kwadratowego (RMSE - Root Mean Squared Error). Są one zdefiniowane następującymi wzorami:

$$ME = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(f_i - o_i\right)$$

$$MAE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left|f_i - o_i\right|$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(f_i - o_i\right)^2}$$

gdzie:

f_i – prognoza,

o_i – obserwacja,

N – rozmiar próbki weryfikacyjnej.

ME to średnia z różnic pomiędzy wartością prognozowaną a obserwowaną. ME nie określa wielkości błędu prognozy, a jedynie wskazuje na średni kierunek odchylenia od obserwacji. Może się okazać, że ze względu na znoszenie się błędów przeciwnych znaków bias przyjmie wartość idealną czyli zero, mimo że błędy będą spore. Zatem ME należy rozpatrywać jednocześnie z MAE lub RMSE.

RMSE i MAE mierzą średnią wielkość błędu prognoz. Mniejsza wartość wskaźników oznacza mniejszy błąd. MAE jest wielkością liniową (wszystkie błędy mają taką samą wagę) i wskazuje na ogólną wielkość błędu, nie pokazuje natomiast kierunku błędu. RMSE jest wielkością kwadratową, więc jest bardziej czuły na duże błędy prognozy. RMSE jest zawsze większy bądź równy MAE. Wartością doskonałą w przypadku obu wskaźników jest 0.

W przypadku weryfikacji zmiennych kategorycznych stosuje się tablice wielodzielcze [Nurmi 2003]. Tablica wielodzielcza 2x2 zawierająca dwie kategorie: wystąpienie zdarzenia i jego brak ma następującą postać:

Tabela 1. Tabela wielodzielcza 2x2
Table 1. Contingency table 2x2

zdarzenie		obserwowane		
		tak	nie	suma
prognozowane	tak	a	b	a+b
	nie	c	d	c+d
	suma	a+c	b+d	a+b+c+d=n

gdzie:

a – liczba trafień (zdarzenie było prognozowane i wystąpiło)
b – liczba fałszywych alarmów (zdarzenie było prognozowane, ale nie wystąpiło)
c – liczba chybień (wystąpiło zdarzenie, które nie było prognozowane)
d – liczba poprawnie zaprognozowanych braków zdarzeń (zdarzenie nie wystąpiło i nie było prognozowane).

Wykorzystując wartości zebrane w tablicy wielodzielczej wyliczono wskaźniki FBI, ETS, POD i FAR.

FBI (Frequency Bias Index) jest zdefiniowany jako stosunek wszystkich zdarzeń prognozowanych do wszystkich zdarzeń zaobserwowanych.

$$FBI = \frac{a+b}{a+c}$$

Gdy FBI>1 mamy do czynienia z przeszacowaniem prognozy (zbyt często prognozowany jest opad powyżej zadanego progu). Gdy FBI <1 mówimy o niedoszacowaniu prognozy. Wartość idealna dla tego wskaźnika wynosi 1.

POD (Probability Of Detection lub Hit Rate), tzw. wskaźnik trafień, jest to stosunek liczby zdarzeń poprawnie zaprognozowanych do wszystkich zdarzeń zaobserwowanych.

$$POD = \frac{a}{a+c}$$

Obejmuje zakres od 0 do 1. Idealna wartość wynosi 1. Nie zawiera informacji o fałszywych alarmach.

FAR (False Alarm Ratio), tzw. wskaźnik fałszywego alarmu, liczba fałszywych alarmów do wszystkich prognoz wystąpienia zdarzenia.

$$FAR = \frac{b}{a+b}$$

Przyjmuje wartości z zakresu (0, 1). Doskonała wartość to 0. Wskaźnik ten nie zawiera informacji o chybieniach. POD i FAR wzajemnie się uzupełniają i powinny być rozpatrywane łącznie.

ETS (Equitable Threat Score) - krytyczny wyrównany wskaźnik sukcesu.

$$ETS = \frac{a - a_r}{a + b + c - a_r}, \text{ gdzie } a_r = \frac{(a+b)(a+c)}{n}$$

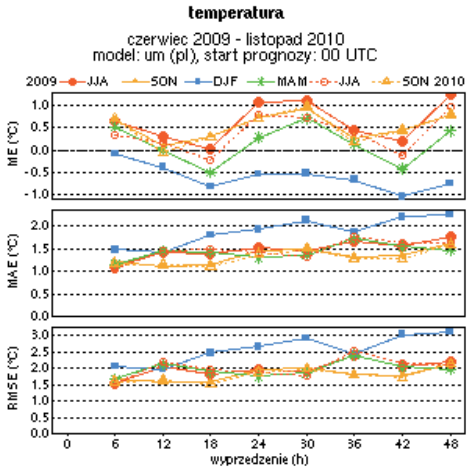
ETS uwzględnia trafienia, fałszywe alarmy i chybienia. ETS przyjmuje wartości z zakresu (-1/3, 1). Doskonała wartość w tym przypadku to 1.

WYNIKI WERYFIKACJI

Omawiane wyniki dotyczą wartości średnich uzyskanych z porównania prognoz ze wszystkimi dostępnymi pomiarami na polskich stacjach synoptycznych. Wykresy pokazują zależność wskaźników weryfikacyjnych od wyprzedzenia prognozy i pory roku, a w przypadku opadu także od progu opadowego (dla okresu jednego pełnego roku 2010).

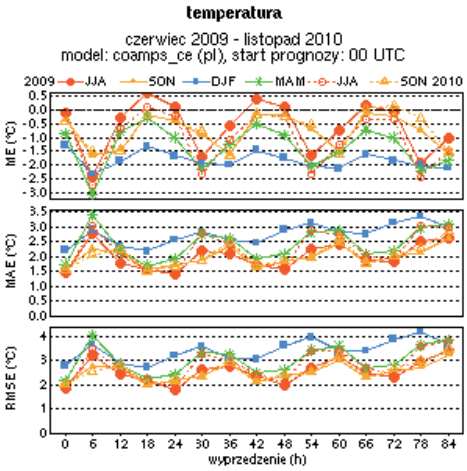
1. Temperatura na 2 m.

Rysunki 1 i 2 przedstawiają wyniki weryfikacji modeli UM i COAMPS odpowiednio. Można zauważyć, że model UM jesienią i latem jest za ciepły (dodatni bias) niezależnie od wyprzedzenia prognozy. Zimą z kolei jest trochę zbyt chłodny (ujemny bias). Wiosną ujemny bias można zaobserwować w godzinach wieczornych (18 UTC) co oznacza, że wówczas model jest za chłodny. Jednocześnie wskaźniki MAE i RMSE pokazują, że największy błąd jest obserwowany zimą, a najmniejszy na jesieni. Wiosną i latem błędy mają bardzo zbliżone wartości i podobny przebieg. COAMPS jest zbyt chłodny prawie zawsze. Jedynie latem 2009 zaobserwowany został niewielki bias dodatni w godzinach wieczornych (18 UTC). Jesienią i zimą model najchłodniejszy jest około południa (12 UTC), a wiosną i latem w godzinach rannych (06 UTC). Podobnie jak w przypadku modelu UM największe błędy MAE i RMSE obserwowane są zimą, natomiast najmniejsze na jesieni i w lecie 2009 roku. W obu modelach widoczny jest cykl dobowy MAE i RMSE oraz pogorszenie prognozy z czasem. W modelu COAMPS obserwowane są większe błędy temperatury niż w modelu UM.



Rysunek 1. ME, MAE i RMSE w funkcji wyprzedzenia prognozy dla temperatury na 2 m - model UM

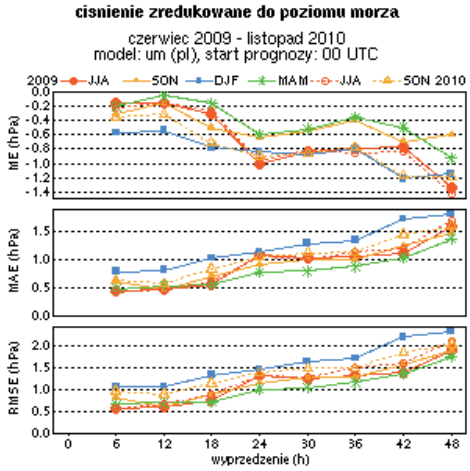
Figure 1. ME, MAE and RMSE as a function of lead time for temperature at 2 m - UM model



Rysunek 2. ME, MAE i RMSE w funkcji wyprzedzenia prognozy dla temperatury na 2 m - model COAMPS

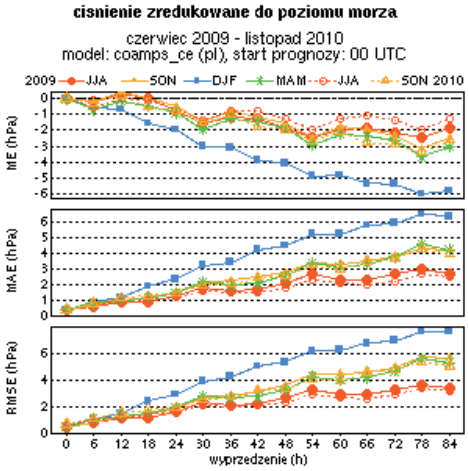
Figure 2. ME, MAE and RMSE as a function of lead time for temperature at 2 m - COAMPS model

2. Ciśnienie zredukowane do poziomu morza



Rysunek 3. ME, MAE i RMSE w funkcji wyprzedzenia prognozy dla ciśnienia zredukowanego do poziomu morza – model UM

Figure 3. ME, MAE and RMSE as a function of lead time for mean sea level pressure - UM model



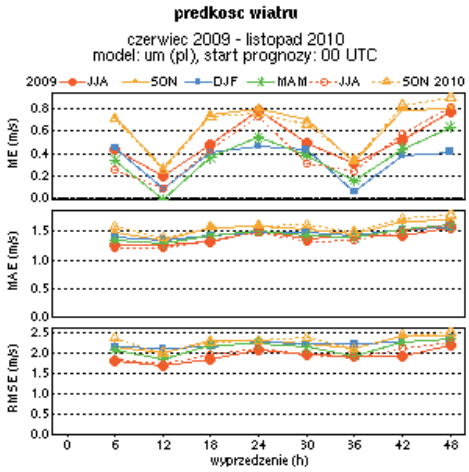
Rysunek 4. ME, MAE i RMSE w funkcji wyprzedzenia prognozy dla ciśnienia zredukowanego do poziomu morza - model COAMPS

Figure 4. ME, MAE and RMSE as a function of lead time for mean sea level pressure - COAMPS model

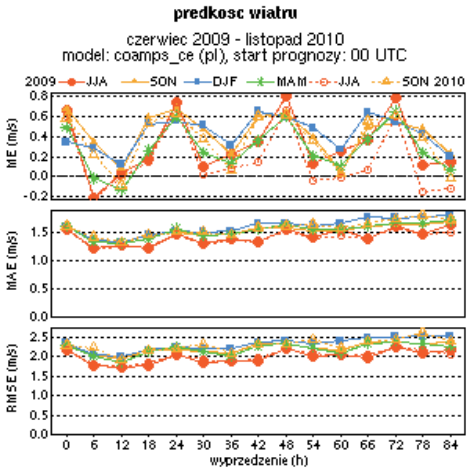
Na rysunku 3 i 4 przedstawiony jest przebieg wskaźników weryfikacyjnych dla modeli UM i COAMPS odpowiednio. Widać, że prognozowane ciśnienie w przypadku obu modeli jest zbyt niskie. Najgorzej wygląda to zimą, zwłaszcza w przypadku modelu COAMPS. MAE i RMSE w przypadku modelu UM osiągają najniższe wartości wiosną 2010 roku, a w modelu COAMPS latem 2010 roku. W przypadku obu modeli największe błędy ciśnienia występują zimą. Dla obu modeli można zauważyć wyraźne pogorszenie prognozy z czasem, ale najbardziej jest to widoczne w modelu COAMPS dla okresu zimowego. Model UM w przypadku ciśnienia lepiej się sprawdza od modelu COAMPS.

3. Prędkość wiatru na 10 m

Rysunki 5 i 6 przedstawiają wyniki weryfikacji prędkości wiatru. W przypadku obu modeli wyraźnie widoczny jest cykl dobowy w ME. Prędkość wiatru w modelu UM jest prawie zawsze zawyżona.



Rysunek 5. ME, MAE i RMSE w funkcji wyprzedzenia prognozy dla prędkości wiatru na 10 m - model UM
Figure 5. ME, MAE and RMSE as a function of lead time for wind speed at 10 m - UM model



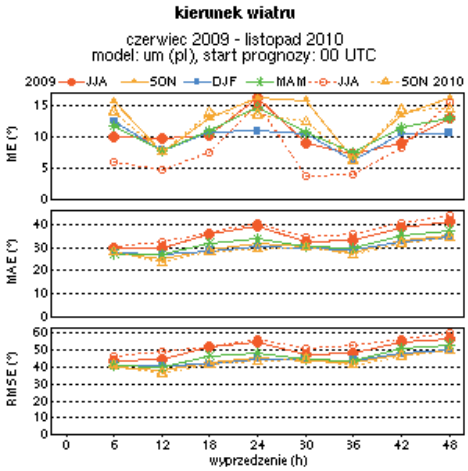
Rysunek 6. ME, MAE i RMSE w funkcji wyprzedzenia prognozy dla prędkości wiatru na 10 m - model COAMPS
Figure 6. ME, MAE and RMSE as a function of lead time for wind speed at 10 m – COAMPS model

Największy bias obserwowany jest jesienią. Minima przypadają w południe, a maksima w godzinach nocnych (00 UTC). MAE i RMSE pokazują niewielkie pogorszenie prognozy z czasem. Błędy dla poszczególnych pór roku niewiele się różnią od siebie, najmniejsze obserwowane są latem, a największe na jesieni. W przypadku modelu COAMPS najmniejszy bias zazwyczaj obser-

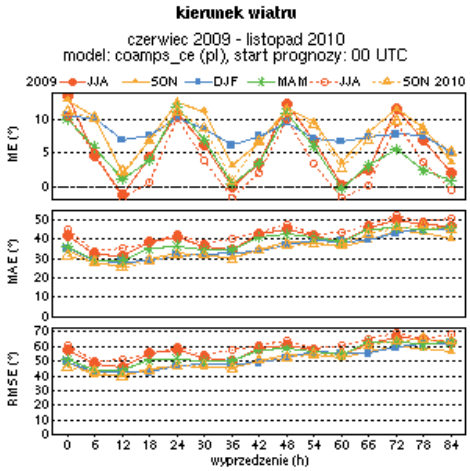
wowany jest o 12 UTC. Jedynie latem występuje 6 godzin wcześniej. Maksima wiosną i latem występują o północy, a zimą i na jesieni 6 godzin wcześniej. Najmniejsze błędy MAE i RMSE obserwowane są latem. Przebieg dla pozostałych trzech pór roku jest bardzo podobny, a wartości różnią się nieznacznie. W przypadku prędkości wiatru oba modele mają błędy na tym samym poziomie.

4. Kierunek wiatru na 10 m

Wyniki sprawdzalności dla kierunku wiatru przedstawiają wykresy 7 i 8. Można zaobserwować, że najmniejszy bias w przypadku obu modeli obserwowany jest w południe a największy o północy. Wyraźnie zaznaczony jest również cykl dobowy ME. Najmniejszy bias zaobserwowany został latem 2010 roku, największy obserwowany jest na jesieni. Z kolei MAE i RMSE dla obu modeli pokazują największy błąd latem, a najmniejszy występuje jesienią. Obserwowany jest również cykl dobowy i pogorszenie prognozy z czasem. Oba modele uzyskują w przypadku kierunku wiatru porównywalne wyniki.



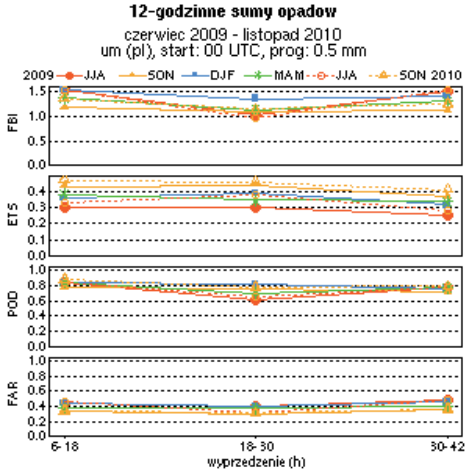
Rysunek 7. ME, MAE i RMSE w funkcji wyprzedzenia prognozy dla kierunku wiatru na 10 m - model UM
Figure 7. ME, MAE and RMSE as a function of lead time for wind direction at 10 m - UM model



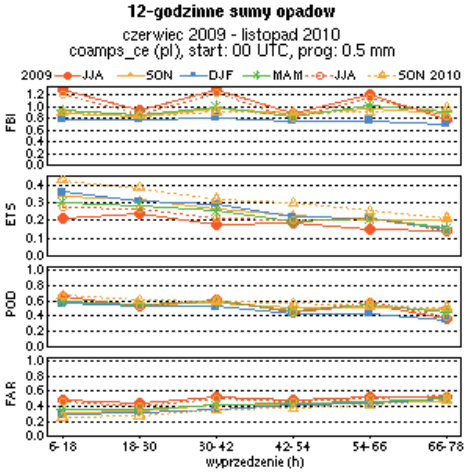
Rysunek 8. ME, MAE i RMSE w funkcji wyprzedzenia prognozy dla kierunku wiatru na 10 m - model COAMPS
Figure 8. ME, MAE and RMSE as a function of lead time for wind direction at 10 m - COAMPS model

5. 12 godzinne sumy opadów

Opady są istotnym elementem pogody, jednak są bardzo trudne do prognozowania, ponieważ cechują się dużą zmiennością czasową i przestrzenną. Rysunki 9 i 10 przedstawiają FBI, ETS, POD i FAR dla modelu UM i COAMPS dla najniższego progu opadowego 0,5 mm, który odpowiada zdarzeniu: wystąpił opad lub nie. Model UM zawsze przeszacowuje opady (prognozuje ich za dużo). Największy bias obserwowany jest zimą. ETS osiąga najwyższe wartości jesienią, porównywalne wyniki wiosną i zimą, a najniższe latem. Wskaźnik POD jest wysoki dla wszystkich wyprzedzeń prognozy, najniższe wartości osiąga latem dla okresu nocy. FAR dla wszystkich wyprzedzeń jest poniżej 0,5, najlepsze wyniki (ok. 0,35) uzyskuje na jesieni. COAMPS największe wartości FBI osiąga latem, a zimą opady niedoszacowuje. Na wiosnę i jesienią FBI jest około 1.



Rysunek 9. FBI, ETS, POD i FAR dla 12 godzinnych sum opadu – próg opadowy 0,5 mm, model UM
Figure 9. FBI, ETS, POD and FAR for 12 hours precipitation accumulation – 0.5 mm threshold, UM model

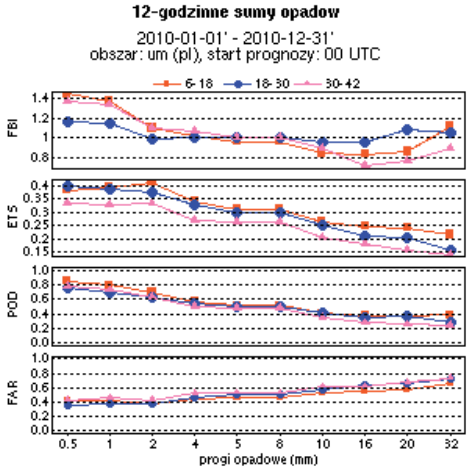


Rysunek 10. FBI, ETS, POD i FAR dla 12 godzinnych sum opadu, próg opadowy 0,5 mm, model COAMPS
Figure 10. FBI, ETS, POD and FAR for 12 hours precipitation accumulation, 0.5 mm threshold, COAMPS model

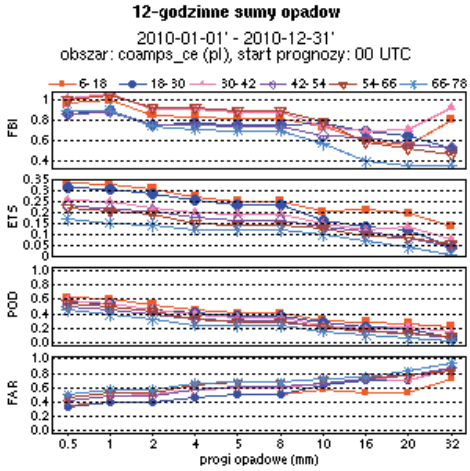
Wartości FBI COAMPS ma lepsze niż model UM. Niestety w przypadku ETS COAMPS uzyskuje gorsze wyniki. Jedynie jesienią 2010 roku zbliżają się one do wartości modelu UM, w pozostałych okresach są zawsze trochę niższe. POD dla modelu COAMPS jest trochę mniejszy, natomiast FAR dla pierwszego wyprzedzenia (oprócz okresu letniego) uzyskuje nawet lepszy wynik niż w przypadku modelu UM (zwłaszcza dla jesieni 2010 roku). Model UM ma wyższe wyniki POD (nawet powyżej 0,8) gdy tymczasem COAMPS osiąga wartości

maksymalnie 0,7. Wskaźniki FAR są w obu modelach na porównywalnym poziomie. Oba modele najlepiej sprawdzają się jesienią, kiedy opady związane są z układami wielkoskalowymi, a najgorzej latem gdy opady mają głównie charakter konwekcyjny [Ebert i in. 2003].

Na rysunkach 11 i 12 przedstawione są wszystkie cztery wskaźniki weryfikacyjne dla różnych progów opadowych, uśrednione po wszystkich stacjach, dla okresu jednego roku (styczeń – grudzień 2010). Model UM do progu 4 mm przeszacowuje opady, zwłaszcza w dzień. ETS dla małych opadów (do 2 mm) pokazuje dobre wyniki, dla progów 4-8 mm wartości trochę spadają, dla wyższych progów widoczne jest stopniowe pogorszenie wyników. Wskaźniki POD i FAR również do progu 8 mm zachowują się dość dobrze. W drugiej dobie następuje pogorszenie prognozy (wartość ETS spada wyraźnie). Przebieg zmian wskaźników w modelu COAMPS jest bardzo podobny jak dla modelu UM. Od progu 10 mm widoczne jest pogorszenie prognozy. FBI dla progu 0,5 i 1 mm jest największe, dla progów 2-8 mm występuje wypłaszczenie i wyraźny spadek wartości od 10 mm. Wartości FBI w godzinach nocnych są wyraźnie niższe niż w dzień. Opady zazwyczaj są niedoszacowane. W porównaniu do modelu UM wartości ETS i POD są trochę niższe, FAR natomiast jest wyższy



Rysunek 11. FBI, ETS, POD i FAR dla 12 godzinnych sum opadu, styczeń-grudzień 2010, różne progi opadowe, model UM
Figure 11. FBI, ETS, POD and FAR for 12 hours precipitation accumulation, January-December 2010, different thresholds, UM model



Rysunek 12. FBI, ETS, POD i FAR dla 12 godzinnych sum opadu, styczeń-grudzień 2010, różne progi opadowe, model COAMPS
Figure 12. FBI, ETS, POD and FAR for 12 hours precipitation accumulation, January-December 2010, different thresholds, COAMPS model

PODSUMOWANIE

Model UM lepiej sprawdza się w przypadku temperatury na wysokości 2 m i ciśnienia zredukowanego do poziomu morza. Oba modele bardzo podobnie prognozują kierunek i prędkość wiatru na wysokości 10 m. W przypadku opadów model UM uzyskuje lepsze wyniki (ETS, POD i FAR lepsze niż COAMPS), jednak ma tendencję do prognozowania zbyt dużo opadów. Oba modele dość dobrze zachowują się do progu opadowego 8 mm.

BIBLIOGRAFIA

Ebert, E. E. i inni, *The WGNE assessment of short-term quantitative precipitation forecasts*. Bull. Amer. Meteor. Soc., 84**,** 2003, s. 481–492.

Nurmi P., *Recommendations on the verification of local weather forecasts*, ECMWF Technical Memorandum, 430, 2003, s. 18.

WWRP/WGNE Joint Working Group on Verification, *Recommendations for the verification and intercomparison of QPFs from operational NWP models,* 2004, artykuł dostępny pod adresem: http://www.bom.gov.au/bmrc/wefor/staff/eee/verif/WGNE/QPF_verif_recomm.pdf

Mgr Małgorzata Melonek
Interdyscyplinarne Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego
Uniwersytet Warszawski
ul.Pawińskiego 5a, 02-106 Warszawa
tel.: +48 22-8749100
e-mail: m.melonek at icm.edu.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Leszek Łabędzki*