INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 6/2011, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 7–20
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Bogumił Jakubiak, Witold Cieślikiewicz, Leszek Herman-Iżycki, Paweł Lech, Witold Rudnicki, Waldemar Treder

CELE, ZADANIA I WSTĘPNE WYNIKI PROJEKTU „PROZA"

PURPOSES, TASKS AND PRELIMINARY RESULTS OF THE "PROZA" PROJECT

Streszczenie

Rozpoczęty we wrześniu 2009 roku trzyletni projekt „**P**latfo**R**ma wspomagania decyzji **O**peracyjnych **Z**ależnych od stanu **A**tmosfery" (PROZA) jest realizowany przez konsorcjum czterech instytucji: Interdyscyplinarne Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego (ICM) Uniwersytetu Warszawskiego, Instytut Sadownictwa i Kwiaciarstwa (ISK), Instytut Badawczy Leśnictwa (IBL) oraz Instytut Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego (IOUG). Projekt powstał w odpowiedzi na realne zapotrzebowanie podmiotów gospodarczych. Wzrastająca potrzeba uzyskania lepszych regionalnych i lokalnych prognoz pogody z wyprzedzeniem kilkudniowym wynika z istotnego wpływu pogody na wiele dziedzin działalności ludzkiej. Zdecydowane zwiększenie użyteczności badań dotyczących numerycznych prognoz pogody umożliwia praktyczne zastosowanie ich wyników w różnych dziedzinach gospodarki i życia społecznego. Tematy realizowane w ramach projektu dotyczą zarówno rozwoju operacyjnego systemu numerycznych prognoz pogody jak i opracowania szeregu aplikacji dla wybranych dziedzin gospodarki: energetyki, leśnictwa, sadownictwa i gospodarki morskiej. Ogólnym celem projektu jest zmniejszenie ryzyka przy podejmowaniu decyzji gospodarczych zależnych od zmieniających się warunków atmosferycznych. Cele szczegółowe obejmują doskonalenie systemu numerycznych prognoz pogody, wzrost stopnia wykorzystania tych prognoz przez podmioty gospodarcze w ich codziennej działalności, podniesienie konkurencyjności polskich ośrodków badawczych i wspieranie rozwoju współpracy jednostek naukowych z przedsiębiorstwami.

Summary

Project "Operational decision-making based on atmospheric conditions" (PROZA) started in September 2009 is created by the consortium of four partners: Interdisciplinary Centre for Mathematical and Computer Modeling (ICM), University of Warsaw, Research Institute of Pomology and Floriculture, Research Institute of Forestry, and Institute of Oceanography, University of Gdansk (IOUG). The project has been developed in a response to actual demands from economic entities. Increasing need to improve regional and local weather forecasts is based on a significant impact of a weather on many areas of the human activity. The systematic increase of the quality of forecasts based on the concentrated research in the field of numerical weather prediction gives the possibility to improve the usability and practical application of results in various fields of economy and social life. Topics implemented under the project relate both to the development of operational numerical weather prediction system and develop a range of applications for selected areas of the economy: energy, forestry, horticulture and marine management.

WSTĘP

Badania symulacyjne fizyki atmosfery są prowadzone w ICM UW od 1995 roku, od 1997 roku wdrożono w trybie operacyjnym system prognoz pogody dla obszaru Europy Środkowej wykorzystując brytyjski model UM. Od 2007 roku dodatkowo uruchomiono system prognoz pogody w oparciu o model COAMPS. Rozpoczęty we wrześniu 2009 roku projekt „**P**latfo**R**ma wspomagania decyzji **O**peracyjnych **Z**ależnych od stanu **A**tmosfery" (PROZA) jest realizowany przez konsorcjum czterech instytucji: Interdyscyplinarne Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego (ICM) Uniwersytetu Warszawskiego, Oddział Sadownictwa Instytutu Ogrodnictwa (ISK), Instytut Badawczy Leśnictwa (IBL) oraz Instytut Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego (IOUG). Projekt zgromadził zespół 26 naukowców, techników i informatyków. Projekt ma na celu zdecydowane zwiększenie użyteczności badań prowadzonych w ICM i zastosowanie ich w różnych dziedzinach gospodarki i życia społecznego. Podstawą projektu są prowadzone w ICM operacyjne prognozy numeryczne. W projekcie prognozy te są wykorzystywane w badaniach z dziedziny energetyki, leśnictwa, sadownictwa i transportu morskiego. Zjawiska atmosferyczne w decydującym stopniu wpływają na wiele dziedzin ludzkiej działalności, w tym na rolnictwo, leśnictwo, czy transport. Do niedawna jedyny sposób reagowania na zjawiska pogodowe polegał na wykorzystaniu ogólnej, statystycznej wiedzy na temat pogody oraz bezpośredniej reakcji na procesy dziejące się w danej chwili. Nowoczesne metody symulacji komputerowych pozwalają na przewidywanie zjawisk atmosferycznych ze stale wzrastającą precyzją. Dzięki temu pojawia się możliwość reagowania z wyprzedzeniem na zmiany pogody. Jest to niezwykle istotne zwłaszcza w Polsce, kraju o bardzo

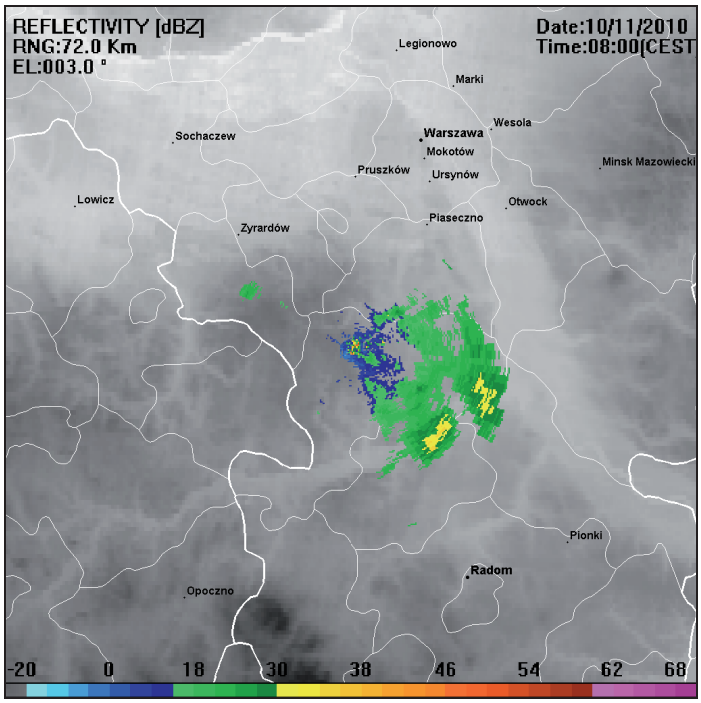
dużej zmienności pogody. Dzięki zastosowaniu prognoz pogody o bardzo dużej rozdzielczości w połączeniu z danymi obserwacyjnymi partnerów staje się możliwe bardziej precyzyjne planowanie działalności w skali pojedynczych gospodarstw ogrodniczych czy elektrowni wiatrowych. Jest to nowatorskie podejście, możliwe jedynie dzięki równoczesnemu wykorzystaniu najnowocześniejszych metod prognozowania pogody oraz budowie lokalnych modeli interpretacyjno-prognostycznych dla indywidualnych odbiorców prognozy z wykorzystaniem metod uczenia maszynowego, czy zaawansowanych metod statystycznych. W każdej z proponowanych dziedzin zastosowań projekt podejmuje badania, które są odpowiedzią na konkretne zapotrzebowanie odbiorców.

ROZWÓJ OPERACYJNEGO SYSTEMU PROGNOZ

Zadanie składa się z czterech tematów. Pierwszy z nich dotyczy rozwoju nowych metod asymilacji danych. Celem asymilacji danych jest określenie stanu początkowego atmosfery dla modelu numerycznych prognoz pogody. Im lepiej określony jest stan początkowy, tym lepsza prognoza. Wszystkie współczesne metody asymilacji danych wykorzystują dwa rodzaje informacji do określenia stanu początkowego atmosfery: wstępne przybliżenie i obserwacje. Początkowo za wstępne przybliżenie stanu atmosfery przyjmuje się prognozę dostępną na podstawie wcześniejszych obserwacji w poprzednim cyklu obliczeń. Następnie to wstępne oszacowanie stanu początkowego modyfikuje się informacją zawartą w bieżących obserwacjach. W rezultacie uzyskuje się stan w miarę optymalny, dopasowany zarówno do starej prognozy, jak i do nowych obserwacji. W ramach projektu PROZA rozwijane są dwie klasy metod asymilacji danych: metody wariacyjne w modelu UM, przy współpracy brytyjskiego Met Office oraz metody filtracyjne w modelu COAMPS, przy ścisłej współpracy z Naval Research Laboratory (gdzie opracowano model COAMPS) oraz z NCAR, gdzie rozwija się filtracyjne metody asymilacji danych.

Drugi temat tego zadania dotyczy rozwoju systemu diagnozowania silnych zjawisk konwekcyjnych. Jednym z groźniejszych zjawisk atmosferycznych są gwałtowne burze generowane w trakcie rozwoju mezoskalowych systemów konwekcyjnych. W ICM stworzono stanowisko odbioru danych satelitarnych w systemie EUMETCAST, wykorzystując do tego celu satelitę komunikacyjnego EuroBird 9A. Umożliwia to bieżący odbiór nie tylko informacji z europejskich satelitów geostacjonarnego i orbitującego, lecz również informacji z innych satelitów, zwłaszcza z satelitów amerykańskich o orbitach polarnych. Uzyskano również zestaw danych historycznych z satelity geostacjonarnego MSG z maja 2010, który posłuży do opracowania algorytmów klasyfikacji systemów konwekcyjnych i określenia prekursorów rozwoju konwekcji. W ramach projektu zakupiono również radar badawczy pracujący w paśmie X (na falach o długości 3 cm) o zasięgu do 72 km. Wstępnie radar zainstalowano na dachu

budynku w Centralnym Obserwatorium Geofizycznym w Belsku. Docelowo radar zostanie umieszczony na naziemnym maszcie o wysokości 30 m. Rys. 1 pokazuje zasięg radaru. W centrum zasięgu radaru leży obszar upraw sadowniczych w okolicach Grójca, chociaż w zasięgu radaru jest również Warszawa.



Rysunek 1. Zasięg radaru meteorologicznego zainstalowanego w Belsku
Figure 1. Range of the meteorological radar installed in Belsk

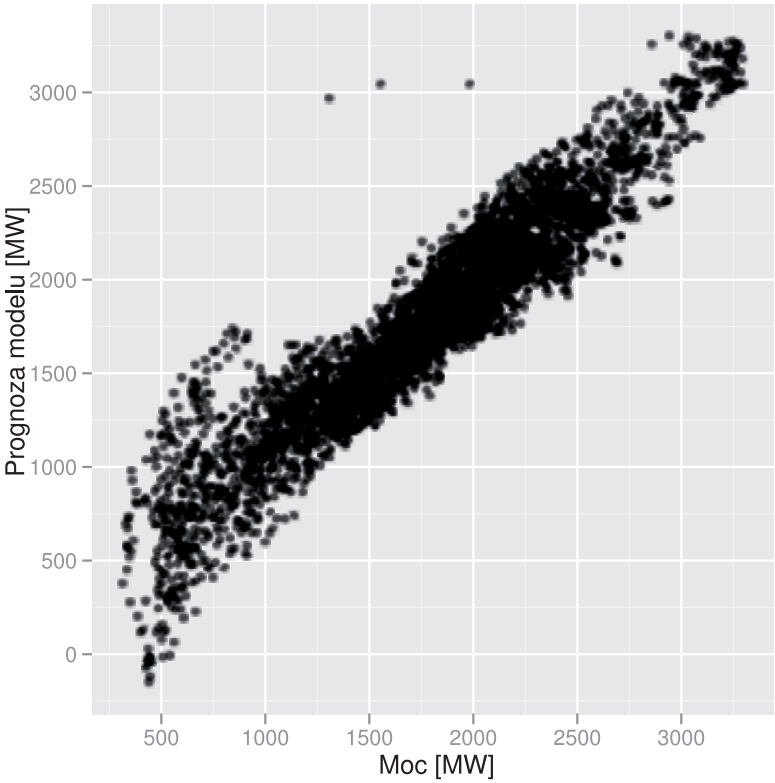
Trzecim tematem w tym zadaniu jest doskonalenie systemu archiwizacji danych. Opracowano koncepcję, algorytmy i realizację komputerową efektywnego systemu wyboru danych generowanych przez modele numerycznych prognoz pogody rozwijane w ICM. Szczegółowy opis tej koncepcji i badanie efektywności systemu opisano w publikacji przygotowanej na konferencję ITEE w Poznaniu [Ligowski i in. 2011]. W ramach prac nad implementacją tego systemu dla potrzeb projektu „PROZA" opracowano szereg skryptów i programów obliczeniowych umożliwiających tworzenie szeregów czasowych dowolnych elementów prognostycznych dla wybranych lokalizacji. Napisano specjalny pakiet funkcji w języku R, umożliwiający czytanie meta danych i na ich podstawie wybranie lokalizacji i określonych elementów dla swoich zastosowań. Całe oprogramowanie jest dostępne dla wszystkich wykonawców projektu i stanowi ważne narzędzie wyboru danych.

Ostatnim tematem realizowanym w ramach zadania 1 jest rozwój metod weryfikacji wyników modeli numerycznych prognoz pogody. Zastosowano dwa podejścia. Dla podstawowych elementów meteorologicznych: temperatury powietrza na poziomie 2m, kierunku i prędkości wiatru, ciśnienia atmosferycznego zredukowanego do poziomu morza oraz dwunastogodzinnych sum opadu wylicza się klasyczne miary sprawdzalności (średni błąd kwadratowy i inne tego typu wskaźniki). Wyniki z ostatniego okresu są zaprezentowane w artykule dostępnym w tym tomiku [Melonek 2011]. Druga metoda [Ebert, McBride 2000], która polega na wydzieleniu podobnych obiektów w polu obserwacji i w polu prognozy i ocenie różnic w ich położeniu, jest zastosowana do godzinnych i 15-minutowych pól opadu. Danymi obserwacyjnymi, które służą do oceny wartości prognozy opadu, są dane radarowe z obszaru zlewni Morza Bałtyckiego. Metodę i wyniki opisano w pracy [Sierżęga, Jakubiak 2008].

ROZWÓJ SYSTEMÓW EKSPERCKICH DLA ENERGETYKI

Zadanie składa się z dwóch tematów. Pierwszy temat dotyczy opracowania metod szacowania spodziewanej produkcji energii elektrycznej przez elektrociepłownię. Temat jest wykonywany we współpracy z firmą Vattenfal zarządzającą systemem elektrociepłowni w Warszawie. Uzyskano od partnera dane historyczne na temat produkcji cieplnej w latach 2002-2009. Na podstawie danych archiwalnych przygotowano wstępny model produkcji ciepła jako funkcji temperatury powietrza na wysokości 1,5m, gdyż model UM prognozuje temperaturę na tej wysokości. Zbadano również liniowe modele zużycia ciepła w sezonie grzewczym (I-IV, X-XII) bazujące na następujących zmiennych: temperatura powietrza, wilgotność powietrza, prędkość wiatru, opady, wysokość słońca nad horyzontem, miesiąc. Wyjściowy model uwzględniający temperaturę charakteryzuje się odchyleniem standardowym 203 MW. Poprawiony model, uwzględniający dodatkowe zmienne, charakteryzuje się odchyleniem standardowym 194 MW i wyjaśnia 90% zmienności danych (rys. 2).

Drugim tematem realizowanym w ramach omawianego zadania jest prognoza produkcji energii z farm wiatrowych dla zakładów wykorzystujących naturalne źródła energii. Podjęto prace nad przygotowaniem mikroskalowego modelu prognozy wiatru. Symulacji warunków na farmie wiatrowej można dokonać różnymi metodami. Dokonano przeglądu modeli statystycznych i modeli obliczeniowej dynamiki płynów. Testowano możliwość wykorzystania modelu numerycznych prognoz pogody o bardzo dużej rozdzielczości do szacowania przepływu wiatru nad farmą wiatrową. Ostatecznie zdecydowano się na wykorzystanie kodu OpenFOAM, będącego bardzo rozbudowanym narzędziem służącym do obliczeń mechaniki płynów. Symulacje z wykorzystaniem szczegółowych cyfrowych map terenu są prowadzone dla dwóch wybranych lokalizacji elektrowni wiatrowych.



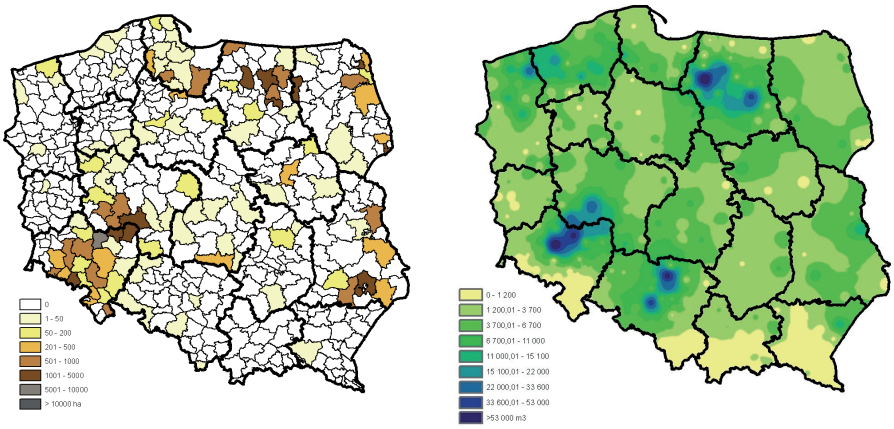
Rysunek 2. Porównanie modelu produkcji ciepła z pomiarem
Figure 2. Comparison of the heat production model with observations

ZASTOSOWANIE WYNIKÓW NUMERYCZNYCH PROGNOZ POGODY W LEŚNICTWIE

W ramach tego zadania są realizowane cztery tematy. Dwa pierwsze tematy dotyczą prognozowania wilgotności podłoża leśnego oraz wykorzystania zdalnych obserwacji satelitarnych do monitoringu i prognozowania za grożenia pożarowego lasów. Do realizacji tych tematów wykorzystano bazę danych meteorologicznych dostępną w sieci prognozowania zagrożenia pożarowego lasów. Opracowano oprogramowanie tej bazy, zgromadzono i zweryfikowano dane dotyczące wszystkich pożarów jakie wystąpiły na obszarach leśnych w roku 2009 [Szczygieł i in. 2009] oraz przeprowadzono wstępną ocenę zależności występowania pożarów od warunków meteorologicznych i wilgotności ściółki.

W ICM rozpoczęto testy kilku nowych modeli powierzchni gruntu współpracujących z mezoskalowymi modelami prognoz pogody UM i COAMPS. Do badawczej wersji modelu COAMPS dołączono model powierzchni gruntu NOAH opracowany na kilku amerykańskich uniwersytetach. Wyniki prognoz opadu uzyskane przy włączeniu w modelu COAMPS schematu NOAH dla różnych parametrów podłoża porównano z wynikami wersji operacyjnej nie zawierającej tego modułu [Jakubiak, Hodur 2010]. Weryfikację prognoz opadu przeprowadzono z wykorzystaniem metody obiektowej, która polega na wyodrębnieniu podobnych obiektów w polu obserwacji i w polu prognozy, a następnie określenie błędów lokalizacji z wykorzystaniem zaawansowanych metod rozpoznawania obrazów. Porównanie przebiegów z nowym schematem parametryzacji podłoża z przebiegami bez tego modułu wskazuje, że wprowadzenie nowego schematu poprawia wybrane cechy prognozowanych pól opadu, zwłaszcza wielkość obszarów z opadem i ich położenie.

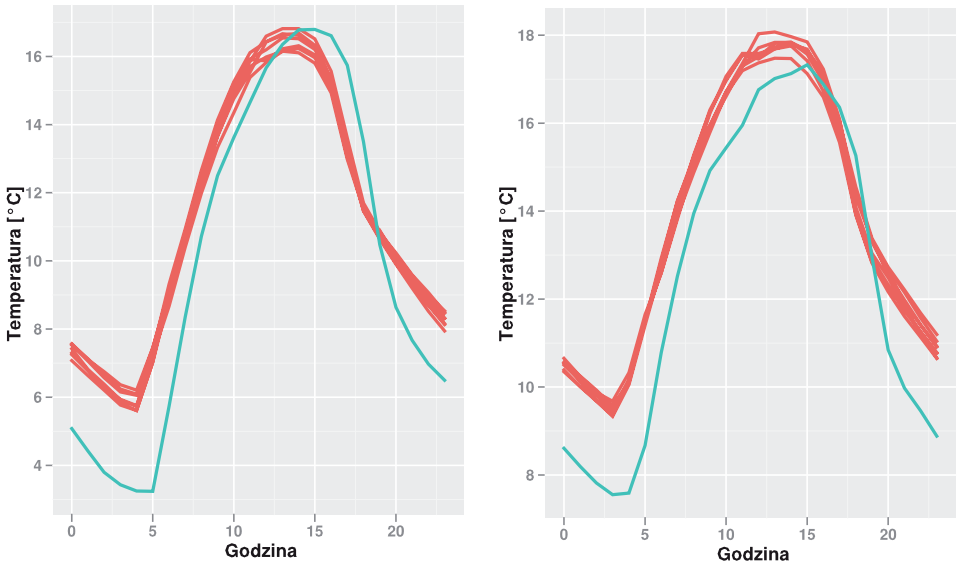
Dwa następne tematy dotyczą określenie stopnia zagrożenia drzewostanów w poszczególnych regionach kraju przez czynniki abiotyczne oraz prognozowania występowania chorób grzybowych i szkodników owadzich głównych lasotwórczych gatunków drzew. Na podstawie badań archiwalnych Instytutu Leśnictwa oraz danych pochodzących z literatury krajowej i zagranicznej określono wartości graniczne obciążenia wiatrem i śniegiem, powyżej których może dochodzić do znaczących uszkodzeń drzewostanów o określonym stanie gatunkowym. Panel lewy na rysunku 3 przedstawia powierzchnię lasów, na której wystąpiły szkody spowodowane silnymi wiatrami w roku 2009 na terenie Polski. Opracowano bazę danych o powierzchni występowania w drzewostanach chorób infekcyjnych (opieńkowa zgnilizna korzeni, huba korzeni, osutka sosny, zamieranie pędów sosny, skrętak sosny i mączniak dębu) dla wszystkich nadleśnictw w Polsce w latach 1987-2009, z podziałem na drzewostany młode (do 20 lat) i starsze (powyżej 20 lat). Zebrane dane historyczne o warunkach pogodowych posłużyły do wstępnego określenia charakteru zależności pomiędzy występowaniem wybranych gatunków wtórnych szkodników owadzich a częstotliwością i nasileniem występowania zjawisk atmosferycznych o charakterze klęskowym – ekstremalnym. Potwierdzono występowanie zależności o charakterze przyczynowo-skutkowym pomiędzy występowaniem szkód abiotycznych i wzmożonym występowaniem szkodników wtórnych rozmnażających się masowo w uszkodzonych drzewostanach. Panel prawy na Rys. 3 przedstawia przestrzenne zróżnicowanie pozyskania drewna świerkowego zasiedlonego przez szkodniki wtórne w roku 2009.



Rysunek 3. Szkody spowodowane silnymi wiatrami (panel lewy) oraz obszary pozyskania drewna świerkowego zasiedlonego przez szkodniki wtórne (panel prawy)
Figure 3. Damages caused by strong winds (left panel), and areas of spruce wood populated by secondary pests

ZASTOSOWANIE WYNIKÓW NUMERYCZNYCH PROGNOZ POGODY W SADOWNICTWIE

W zadaniu dotyczącym sadownictwa realizowano dwa zadania. Pierwsze dotyczy rozwoju metod przewidywania i zapobiegania skutkom przymrozków. W tym celu wytypowano obiekty doświadczalne (sady, plantacje) i rozpoczęto prace nad budową systemu monitorowania i zapobiegania skutkom występowania przymrozków. Na bieżąco prowadzono monitoring, analizę i archiwizację danych meteorologicznych mierzonych w obiektach doświadczalnych. Opracowano wstępny model prognozy temperatury dla lokalizacji w sadzie doświadczalnym Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarstwa zlokalizowanym w Dąbrowicach. Dla tej lokalizacji dostępne są dane obserwacyjne i wyniki modelu dla sezonu wegetacyjnego 2009 (marzec-wrzesień). Wstępna analiza danych przeprowadzona dla sezonu wegetacyjnego 2009 (rys. 4) pokazała, że model dość dobrze przewiduje temperatury dzienne, natomiast w nocy i rano znacząco zawyża spodziewaną temperaturę - rozbieżność około 2K dla średnich. Średnia kwadratowa rozbieżność modelu i pomiaru wynosi 2,34K. Model liniowy temperatury, w którym zmienne niezależne to temperatura, wilgotność względna, prędkość wiatru, miesiąc oraz wysokość słońca nad horyzontem pozwala na zredukowanie średniego błędu kwadratowego dyspersji z 2,34K do 1,89K. Model ten wyjaśnia około 90% zmienności danych pomiarowych.



Rysunek 4. Temperatury przewidywane przez model UM (krzywe czerwone) i temperatury zmierzone (krzywa niebieska) w kwietniu (panel lewy) i maju (panel prawy) 2009 roku, Dąbrowice
Figure 4. Temperatures forecasted by UM model (red curves) and temperatures observed (blue curve) in April (left panel) and May (right panel) 2009, Dąbrowice

Drugim tematem tego zadania było wykorzystanie numerycznych modeli prognozy pogody do prognozowania wilgotności gleby w sadach oraz opracowania podstaw racjonalnej gospodarki zasobami wody do nawodnień. Po wytypowaniu kilku obiektów doświadczalnych zainstalowano tam aparaturę specjalną, prowadzono monitoring wilgotności gleby w stacjach doświadczalnych, zbudowano instalację nawodnieniową, monitorowano potrzeby wodne roślin oraz prowadzono nawadniania interwencyjne. Dla precyzyjnego kontrolowania nawadniania (ustalania terminów i dawek nawodnieniowych) konieczne jest prowadzenie na bieżąco analizy zmian wilgotności gleby [Treder i in. 2009]. W prowadzonych doświadczeniach wilgotność gleby mierzona jest za pomocą sond pojemnościowych [Klamkowski, Treder 2008]. W celu kalibracji tych sond oraz określenia optymalnych dla wzrostu i plonowania roślin sadowniczych poziomów wilgotności gleby, ze wszystkich sadów i plantacji, w których są prowadzone prace doświadczalne pobrano próbki gleby. Próbki zostały pobrane z głębokości, na których są umieszczone sondy mierzące wilgotność: 5, 15 oraz 25 cm. Kalibracja (korekcja odczytów) sond oraz analiza zawartości wody w pobranych próbkach gleby prowadzona jest z zastosowaniem bloku piasko-

wego. Gleba jest umieszczana w specjalnie przygotowanych cylindrach o pojemności ok. 2 dm^3. W ściankach cylindra wykonano otwory, w których umocowano sondy pomiarowe, takiego samego typu jak wykorzystywane w sadach doświadczalnych. Ponadto przygotowano mniejsze cylindry o pojemności 100 cm^3. Cylindry te służą do wyznaczenia rzeczywistej zawartości wody w glebie metodą wagowo-suszarkową. Po napełnieniu glebą i umieszczeniu w aparacie piaskowym, wykonywane są pomiary wilgotności gleby za pomocą sond przy ustawieniu potencjału na wartość -100 cm H_2O. Po określeniu zawartości wody w glebie opracowano zależność pomiędzy rzeczywistą wilgotnością gleby a odczytami uzyskanymi z sond. Prowadzono również prace modelowe, zarówno nad empirycznymi modelami bilansu wody na powierzchni gruntu [Kursa i in. 2011], jak i nad rozbudową numerycznego modelu prognoz pogody poprzez włączenie wielowarstwowego modelu hydrologii gruntu [Jakubiak, Hodur 2011]. Wyniki obu podejść zostały omówione w osobnych artykułach zawartych w niniejszym tomie publikacji.

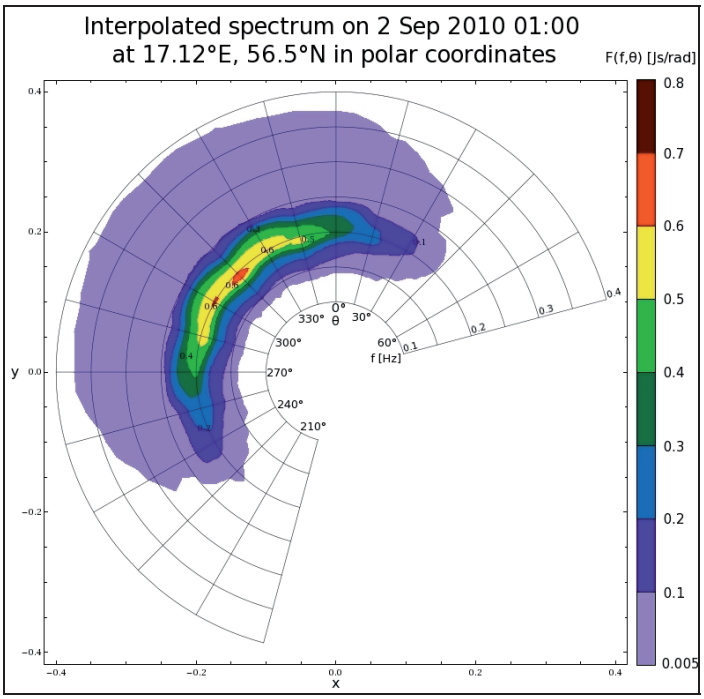
ZASTOSOWANIE WYNIKÓW MODELOWANIA ATMOSFERY I OCEANU W TRANSPORCIE I INŻYNIERII MORSKIEJ

W ramach tego zadania są realizowane dwa tematy. W zadaniu dotyczącym hydrometeorologicznej osłony portów uruchomiono wersję modelu falowania uwzględniającą oblodzenie powierzchni morza oraz rozpoczęto badanie możliwości wykorzystania danych pomiarowych parametrów hydro-meteorologicznych z systemu nadzoru ruchu statków będącego w dyspozycji Urzędu Morskiego w Gdyni do asymilacji przez przygotowywany system prognostyczno-ostrzegawczy.

W drugim temacie prowadzono prace nad w pełni zintegrowanym modelem falowo-prądowym. Uruchomiono dla Bałtyku testową wersję nowego modelu POM (Princeton Ocean Model) [Mellor 2002], w wersji WAD (wetting and drying) wyposażonego w zintegrowany moduł falowy. Wykonano symulacje w trybach diagnostycznym i prognostycznym. Symulacje w trybie diagnostycznym opierają się na założeniu istnienia rozwiązania stacjonarnego. Rozkład gęstości, zadany przez rozkład temperatury i zasolenia, jest określony dla wszystkich punktów siatki i jest stały w czasie symulacji. W trybie prognostycznym równania modelu są całkowane jako zagadnienie z warunkami początkowymi uzyskanymi z trybu diagnostycznego. Obecnie trwają kolejne testy i weryfikacja działania modelu oraz dobór właściwych narzędzi do analizy i wizualizacji wyników.

Równolegle trwają prace nad przygotowaniem alternatywnej wersji zespolonego modelu falowo-prądowego, gdzie model POM (w wersji z wyłączonym modułem falowym) współdziała z wyspecjalizowanym modelem prognostycznym falowania wiatrowego WAM (WAve Model) [WAMDI Group 1998],

wymieniając w sposób iteracyjny dane. W ramach tej części zadania rozwijana jest wcześniej uruchomiona w IOUG, w ramach europejskiego projektu HIPOCAS, wersja modelu WAM [Cieślikiewicz, Paplińska-Swerpel 2008]. Rys. 5 prezentuje przykład modelowanego widma energetycznego fal wiatrowych.



Rysunek 5. Widmo fali we współrzędnych polarnych w wybranym punkcie
Figure 5. Wave spectrum in polar coordinates in selected point

Każdy z modeli wykorzystywanych w zadaniu 4 posiada własny sposób pobierania danych. Stworzono system automatycznego zarządzania danymi, który ujednolica sposób pobierania i zapisu danych dostarczanych przez ICM oraz danych pochodzących z innych źródeł. W ramach systemu dokonuje się potrzebnych interpolacji danych. W tym celu użyto pakietu interpolacyjnego SCRIP. Opiera się on na algorytmach szybkiego wyszukiwania punktów oraz wyliczaniu ich wag. Działa on zarówno dla regularnych jak i nieregularnych siatek, również w układzie sferycznym. Pakiet SCRIP został odpowiednio zmodyfikowany dla potrzeb projektu PROZA. Ze względu na nieregularność stosowanych siatek, a także ze względu na szybkość obliczeń, do interpolacji wybrano metodę średniej ważonej. W przypadku danych o charakterze wektorowym, system umożliwia ich interpolację i odpowiedni obrót przy transformacjach układów współrzędnych. W ramach systemu dane są zapisywane w formacie

NetCDF (Network Common Data Form). Do wizualizacji i analizy danych, w ramach systemu automatycznego zarządzania, użyto interaktywnego środowiska Ferret, opracowanego przez Thermal Modelling Analysis Project (TMAP) w NOAA/PMEL w Seattle. Ferret akceptuje dane z plików binarnych i ASCII, w tym również NetCDF, które mogą pokrywać siatki regularne lub mogą być rozłożone w sposób nieregularny.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przytoczone wyniki projektu PROZA dotyczą stanu prac uzyskanego w połowie okresu realizacji projektu. Wspólnym mianownikiem łączącym różnorodne dziedziny gospodarki jest rzeczywisty wpływ pogody na działalność człowieka i na sposób podejmowania decyzji gospodarczych. W projekcie wspólnym ogniwem są systemy numerycznych prognoz pogody umożliwiające prognozowanie spodziewanych warunków atmosferycznych z wyprzedzeniem kilkudniowym. Podstawowym ograniczeniem modeli numerycznych prognoz pogody jest skala zjawisk, która może być opisana w modelu. Rozwiązaniem, przyjętym dla większości zastosowań w projekcie jest założenie, że bezpośrednie wyniki numerycznych prognoz pogody należy dopasować do warunków lokalnych i potrzeb użytkownika z wykorzystaniem wyrafinowanych metod wnioskowania statystycznego i rozbudowanych metod przetwarzania i wizualizacji wyników. Opisane cele szczegółowe projektu dają obraz stanu jego realizacji i świadczą o dużych możliwościach wykorzystania wyników badań w zastosowaniach gospodarczych.

Pracę sfinansowano w ramach grantu POIG 01.03.01-00-140/08. Wykorzystano zasoby obliczeniowe ICM Uniwersytetu Warszawskiego oraz IOUG Uniwersytetu Gdańskiego, obserwacje ze stacji agrometeorologicznych Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarstwa, baz danych o lasach Instytutu Leśnictwa i dane radarowe z Baltex Radar Data Centre, Norrkoping, Szwecja.

BIBLIOGRAFIA

Cieślikiewicz W., Paplińska-Swerpel B. *A 44-year hindcast of wind wave fields over the Baltic Sea.* Coastal Engineering, 55, 2008, s. 894-905.

Ebert E.E., McBride J.L. *Verification of precipitation in weather systems: determination of systematic errors.* J. Hydrol. 239, 2000, s. 179-202.

Jakubiak B., Hodur R. *Experiments with a land-surface model coupled to a high-resolution NWP system.* Proceedings of ESA ILEAPS Conference "Earth Observation for Land-Atmosphere Interaction Science, Frascati, Italy, 1, 2010, s. 1-6.

Jakubiak B., Hodur R. *Wpływ włączenia zaawansowanego modułu oddziaływania podłoża z atmosferą na jakość prognoz modelu COAMPS.* Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. 2011, s.

Klamkowski K., Treder W. *Kalibracja sond pojemnościowych dla wybranych podłoży organicznych i mineralnych.* Zesz. Nauk. ISK 16, 2008, s. 205-212.

Kursa M.B., Walkowiak, S., Rudnicki, W.R. *Przewidywanie ewapotranspiracji wskaźnikowej w sadzie na podstawie numerycznej prognozy pogody.* Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. 2011, s.

Ligowski Ł., Walkowiak S., Wawruch K., Rudnicki W.R. *Design of the efficient archival warehouse for weather forecast system.* Artykuł przyjęty na ITEE Conference, Poznań, 2011.

Mellor G.L. *Users' Guide for a three-dimensional, primitive equation, numerical ocean model (June 2003 version).* Program in Atmospheric and Oceanic Sciences, Princeton University. 2003, 53 pp.

Melonek M. *Porównanie wyników weryfikacji modeli numerycznych prognoz pogody działających operacyjnie w ICM.* Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. 2011, s.

Sierżęga M., Jakubiak B., *Modified entity-based CRA method*. Proceedings of the Joint MAP D-PHASE Scientific Meeting – COST 731 mid-term seminar: Challenges in hydrometeorological forecasting in complex terrain. Bologna, Italy, 1, 2008, s. 122-127.

Szczygieł R., Ubysz B., Piwnicki J., Kwiatkowski M. *Klasyfikacja zagrożenia pożarowego lasów Polski*, Leśne Prace Badawcze, nr 2, 2009, s. 131-141.

Treder W., Klamkowski K., Krzewińska D., Tryngiel-Gac A. *Najnowsze trendy w nawadnianiu upraw sadowniczych - prace badawcze związane z nawadnianiem roślin prowadzone w ISK w Skierniewicach.* Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. 6, 2009, 95-107.

WAMDI Group. *The WAM model—A Third Generation Ocean Wave Prediction Model.* J. Phys. Oceanogr., 18, 1988, s. 1775-1810.

Prof. dr hab. Witold Cieślikiewicz
Instytut Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego
Al. Marszałka Piłsudskiego 46 81-378 Gdynia
tel. 58 2536827
e-mail: ciesl@ug.edu.pl

Mgr Leszek Herman-Iżycki
Uniwersytet Warszawski
Interdyscyplinarne Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego
Pawińskiego 5A, 02-106 Warszawa
tel. 22-8749-144
e-mail: leszek@icm.edu.pl

Dr Bogumił Jakubiak
Uniwersytet Warszawski
Interdyscyplinarne Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego
Pawińskiego 5A, 02-106 Warszawa
tel. 22-8749-144
e-mail: jakubiak@icm.edu.pl

Dr Paweł Lech
Instytut Badawczy Leśnictwa
Sękocin Stary, 05-090 Raszyn
tel. 22 7153 825
e –mail: p.lech@ibles.waw.pl

Dr Witold Rudnicki
Uniwersytet Warszawski
Interdyscyplinarne Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego
Pawińskiego 5A, 02-106 Warszawa
tel. 22-8749-144
e-mail: w.rudnicki@icm.edu.pl

Prof. dr hab. Waldemar Treder
Instytut Sadownictwa i Kwiaciarstwa
ul. Pomologiczna 18, 96-100 Skierniewice
tel. 46 8332021
e-mail: wtreder@insad.pl

Recenzent: *Prof. dr. hab. Jacek Żarski*