



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Projekt: KLIMAT

„Wpływ zmian klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo”
(zmiany, skutki i sposoby ich ograniczenia, wnioski dla nauki,
praktyki inżynierskiej i planowania gospodarczego)

***Tytuł zadania: Rozwój metod prognozowania i systemów ostrzegania przed
groźnymi zjawiskami hydrologicznymi i meteorologicznymi
oraz wykorzystanie ich do osłony kraju***

Raport syntetyczny za okres sprawozdawczy: 01.01.2010 – 31.12.2010

Koordinator Zadania: dr Michał Ziemiański

Warszawa, 14.01.2011



Spis treści

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | Cel badań | 3 |
| 2. | Zakres wykonywanych prac | 6 |
| 3. | Opis metodyki badań | 11 |
| 4. | Charakterystyka osiągniętych wyników | 16 |
| 5. | Analiza zgodności z założonymi celami | 23 |
| 6. | Propozycje dotyczące praktycznego wykorzystania wyników badań | 23 |
| 7. | Wykaz przygotowanych publikacji | 23 |
| 8. | Literatura wykorzystana w opracowaniu | 25 |
| 9. | Wykaz wykonawców wraz z krótką informacją o rodzaju wykonanych prac | 28 |
| 10. | Informacje o sposobie odbioru zadań składowych i trybie koordynacji prac | 31 |



1. Cel badań

Mając na uwadze występowanie ekstremalnych zjawisk hydrologicznych i meteorologicznych na terenie Polski oraz ich skutki zarówno na gospodarkę i środowisko, bardzo istotne jest lepsze prognozowanie tych zjawisk. Dostępność danych satelitarnych, radarowych, obserwacyjnych, możliwość generowania ich nowych produktów, rozwój metod asymilacji i weryfikacji danych przyczyniają się do rozwoju numerycznych modeli pogody. Odnosząc się do Studium Wykonalności projektu KLIMAT, zadanie 5 „Rozwój metod prognozowania i systemów ostrzegania przed groźnymi zjawiskami hydrologicznymi i meteorologicznymi oraz wykorzystanie ich do osłony kraju” ma na celu „udoskonalenie systemu opracowania krótkoterminowych prognoz ostrzegających przed niebezpiecznymi zjawiskami atmosferycznymi oraz wspomagającego proces podejmowania decyzji o ostrzeżeniach”. Udoskonalenie tego systemu wiąże się z pełniejszym wykorzystaniem systemu danych satelitarnych, danych radarowych i detekcji wyładowań, stworzeniem systemu operacyjnej asymilacji i analizy danych w modelu numerycznym, przygotowaniem metodyki weryfikacji prognoz wysokiej rozdzielczości oraz wdrożeniem dwuwymiarowych modeli hydrologicznych oraz systemu prognozy rozwoju i oceny suszy.

W ramach zadania 5 wyszczególniono pięć podzadań:

5.1 - System analizy danych radarowych i danych detekcji wyładowań

Podstawowym celem podzadania jest opracowanie metodyki i zalgorytmizowanie systemu do automatycznego generowania komunikatów w formie ostrzeżeń o niebezpiecznych zjawiskach na podstawie analizy danych radarowych i systemu detekcji wyładowań atmosferycznych. Głównym źródłem danych do jego realizacji są dane pierwotne i produkty: radarowe, systemu NIMROD (system przetwarzający, korygujący i analizujący dane radarowe w połączeniu z danymi z innych sieci pomiarowych IMGW) oraz systemu detekcji i lokalizacji wyładowań atmosferycznych PERUN.

Celem dotychczas prowadzonych badań była dokładna analiza parametrów, produktów standardowo generowanych i możliwych dodatkowo do wygenerowania przez wymienione systemy oraz wykorzystanie różnego typu informacji (danych) pośrednich generowanych przez te systemy w trakcie operacyjnej pracy. Analiza ta miała na celu ułatwić i docelowo wskazać możliwości, jakie tkwią w tych systemach odnośnie diagnozowania określonego



typu zjawisk meteorologicznych, aby doprowadzić do automatycznego generowania komunikatów i ostrzeżeń dla użytkowników końcowych w oparciu o opracowane algorytmy.

5.2. - System analizy danych satelitarnych

Celem tego podzadania zgodnie ze „Studium wykonalności” jest pełniejsze wykorzystanie systemu satelitów meteorologicznych, który został kompletnie przebudowany w latach 2002-2006, poprzez wprowadzenie satelitów geostacjonarnych drugiej generacji (METEOSAT-8 i 9) oraz pierwszego europejskiego meteorologicznego satelity okołobiegunowego METOP-A. Nowe przyrządy zainstalowane na pokładach tych satelitów stwarzają większe możliwości ich wykorzystania w diagnozie i ultra-krótkoterminowej prognozie pogody. Istnieje, zatem potrzeba przygotowania systemu wstępnej automatycznej analizy tych danych, który miałby na celu zwrócenie uwagi synoptyka szczególnie na możliwość wystąpienia procesów/zjawisk stanowiących potencjalne zagrożenie.

Podstawowym celem zadania jest opracowanie systemu wspomagającego pracę synoptyka w przygotowywaniu krótkoterminowych prognoz niebezpiecznych zjawisk atmosferycznych oraz w procesie podejmowania decyzji o ostrzeżeniach poprzez automatyczną analizę produktów satelitarnych.

Realizacja projektu obejmuje dostosowanie istniejących i opracowanie nowych produktów satelitarnych oraz przygotowanie systemu eksperckiego, który analizując dostępne dane sygnalizowałby możliwość wystąpienia na wskazanym obszarze szczególnie niebezpiecznych zjawisk.

5.3. - Rozwój metod prognozowania numerycznego o podwyższonej rozdzielczości przestrzennej

Zgodnie ze „Studium wykonalności” projektu, celem tego podzadania jest „adaptacja konwekcyjno skalowego modelu prognozy pogody dla potrzeb osłony terytorium kraju”.

Zadania współczesnej osłony meteorologicznej terytorium kraju pociągają za sobą konieczność dysponowania wiarygodnymi i dokładnymi numerycznymi prognozami pogody. W szczególności dotyczy to sytuacji mogących mieć niekorzystny czy katastrofalny wpływ na ważne dziedziny działalności ludzkiej, takie jak bezpieczeństwo publiczne, rolnictwo, gospodarka, transport czy turystyka. Prognozowanie większości groźnych zjawisk pogodowych mających wpływ na wymienione dziedziny wymaga modelowania procesów



atmosferycznych z rozdzielczością rzędu kilometra. Po to by sprostać wyzwaniom przygotowany jest do operacyjnej eksploatacji prognostyczny model numeryczny AROME w konfiguracji z rozdzielczością rzędu 2-3 kilometrów.

Konieczne jest przygotowanie zaawansowanej metodyki, która pozwoli ocenić ilościowo jakość prognoz modelowych podstawowych elementów meteorologicznych, a przede wszystkim prognoz opadu. W tym celu przygotowana jest metodyka weryfikacji prognoz wysokiej rozdzielczości.

5.4. - System analizy danych z modeli numerycznych oraz system asymilacji i analizy danych

Zgodnie ze Studium Wykonalności Projektu w zakresie dotyczącym podzadania 5.4, celem badań jest „stworzenie systemu operacyjnej asymilacji i analizy danych w modelu numerycznym” (zadanie 5.4.1), oraz „stworzenie systemu automatycznego generowania komunikatów o możliwości wystąpienia zjawisk niebezpiecznych” (zadanie 5.4.2). Badania te prowadzą do udoskonalenia systemu opracowywania krótkoterminowych prognoz, ostrzegających przed niebezpiecznymi zjawiskami meteorologicznymi oraz do konstrukcji narzędzi wspomagających proces podejmowania decyzji o ostrzeżeniach.

5.5. - Doskonalenie metod prognoz hydrologicznych i ich wykorzystania do oceny zagrożeń w warunkach zmienności klimatu.

Zgodnie z zapisem w Studium Wykonalności Projektu zadanie 5.5 - „Doskonalenie metod prognoz hydrologicznych i ich wykorzystania do oceny zagrożeń w warunkach zmienności klimatu” zawiera dwa zadania cząstkowe dotyczące prognoz hydrologicznych zjawisk ekstremalnych: „Wdrożenie dwuwymiarowych modeli hydrologicznych do prognozy fali wezbraniowej” (5.5.1) oraz „Operacyjny system prognozy rozwoju i oceny suszy” (5.5.2).

Celem zadania 5.5.1 jest wdrożenie do praktyki hydrologicznej dwuwymiarowych modeli hydrodynamicznych. Zastosowanie modeli dwuwymiarowych pozwoli zwiększyć skuteczność prognoz hydrologicznych dla obszarów nieobwałowanych, zabudowanych oraz w przypadku awarii wałów. Jest to także element wdrażania Dyrektywy Powodziowej UE. Zgodnie ze sformułowaniem Studium Wykonalności projektu „warunkiem postępu w prognozowaniu wezbrań i przewidywaniu skutków jest ciągle doskonalenie systemów prognoz hydrologicznych przez śledzenie i uwzględnienie zmian zachodzących w zlewniach i sieci rzecznej, wdrożenie skuteczniejszych modeli prognostycznych oraz opracowanie na ich



podstawie informacji dotyczącej zagrożeń dla ludności i mienia. Realizacja tych zadań nabiera szczególnego znaczenia w kontekście przewidywanych zmian klimatu”. Dalej, Studium Wykonalności stwierdza, że „wiele scenariuszy zmian klimatu przewiduje znaczne nasilenie ekstremalnych zjawisk hydrologicznych, w tym powodzi i suszy”, a zatem celem zadania 5.5.2 jest stworzenie operacyjnego systemu monitoringu i oceny suszy na obszarze Polski.

2. Zakres wykonywanych prac

Zadanie 5.1:

Realizowano podzadanie 5.1.1 oraz 5.1.2 tego zadania. W ich ramach wykonano następujące podstawowe prace:

- określono niebezpieczne zjawiska/procesy, o których wystąpieniu wydawane są ostrzeżenia zgodnie z obowiązującymi w IMGW standardami, a które możliwe są do rozpoznania przez system: obserwacji radarowych, NIMROD oraz detekcji i lokalizacji wyładowań atmosferycznych PERUN,
- opracowano charakterystyki zjawisk wiatrowych i hydrometeorów towarzyszących procesom opadowym w celu określenia możliwości ich identyfikacji w oparciu o dane pozyskiwane z systemów teledetekcyjnych pracujących w Ośrodku Teledetekcji Naziemnej IMGW,
- wykonano przegląd archiwalnych danych: radarowych, systemu NIMROD, lokalizacji i rejestracji wyładowań burzowych w celu wybrania danych (przypadków) pozwalających na zdefiniowanie kryteriów określających wystąpienie określonych zjawisk/procesów,
- przygotowano formularze zbiorcze, opisujące wybrane zjawiska/procesy i definiujące metody ich wykrywania na podstawie produktów generowanych przez powyższe systemy,
- prowadzono prace nad zbudowaniem mapy zbiorczej typu COMPO_WRN produktów typu WRN (ostrzeżeń) dla potrzeb przygotowywanego systemu eksperckiego,
- prowadzono prace programistyczne i testowe związane z opracowaniem modułu systemu eksperckiego do klasyfikacji ech radarowych, istotnego dla realizacji zadań systemu,
- wykonano prace informatyczne polegające na instalacji i konfiguracji środowisk programistycznych na serwerze przeznaczonym pod działanie projektowanego systemu eksperckiego,



- wykonano dokumentację systemu eksperckiego dla fazy strategicznej, zgodnie z obowiązującymi standardami w zakresie metodyki opracowywania dokumentacji systemu informatycznego.

Zadanie 5.2:

Realizowano podzadania 5.2.1 do 5.2.5. W ramach tego zadania wykonano następujące podstawowe prace:

- opracowano produkty satelitarne wspomagające analizę danych dla synoptyka, dla okresu przed fazą inicjacji konwekcji (z wykorzystaniem danych satelitarnych NOAA/ATOVS oraz METEOSAT),
- opracowano produkty satelitarne wspomagające analizę początkowej fazy rozwoju konwekcji,
- opracowano produkty satelitarne do monitorowania zjawisk w fazie burzowej,
- opracowano produkty łączące wykorzystanie danych satelitarnych oraz informacji o wyładowaniach atmosferycznych dla potrzeb monitoringu zjawisk burzowych,
- opracowano produkty wykrywające warunki sprzyjające powstawaniu mgły, z wykorzystaniem satelitarnych sondaży atmosfery NOAA do oceny deficytu wilgotności w dolnej warstwie atmosfery,
- opracowano produkty satelitarne do detekcji mgły w dzień i w nocy,
- wykonano prace dotyczące implementacji i wykorzystania oprogramowania NWCSAF, używającego dane METEOSAT/SEVIRI oraz dane z modelu NWP do generowania produktów satelitarnych o charakterze meteorologicznym (12-13 produktów),
- wykonano prace nad wdrożeniem oprogramowaniem AAPP do przetwarzania danych NOAA, METOP, FengYun, służącego do przygotowania satelitarnych sondaży atmosfery (przygotowanie systemu i instalacja 2 nowych wersji oprogramowania),
- wykonano prace nad wdrożeniem oprogramowania IAPP do wyznaczania pionowych profili temperatury i wilgotności oraz ozonu na podstawie danych ATOVS z satelitów NOAA i METOP (instalacja wersji V3.0, opracowanie metod i narzędzi do dekodowania formatów GRIB i NetCDF, wdrożenie przetwarzania danych HIRS L1d),
- przygotowano modyfikację oprogramowania do zarządzania systemem dystrybucji, archiwizacji i wizualizacji danych satelitarnych,



- opracowano narzędzia do analizy danych satelitarnych z danymi synoptycznymi oraz do wizualizacji produktów satelitarnych.

Zadanie 5.3:

Realizowano podzadania 5.3.1 do 5.3.3. W ramach tego zadania wykonano następujące podstawowe prace:

- przygotowany wcześniej kod w języku R, zintegrowano w system weryfikacji i rozbudowano go o możliwość obliczania wskaźników *BIAS* i *Hansena-Kuipera* dla metod *upscaling* i *multievents* oraz tworzenia krzywych *ROC* dla metody *multievents*,
- wykonano testy zaimplementowanych metod systemu weryfikacji rozmytej,
- zrealizowano prace związane z poprawą jakości kodu systemu weryfikacji rozmytej, zwłaszcza w dziedzinie optymalizacji obsługi dużych baz danych oraz poprawy poziomu odporności systemu na sytuacje braku danych,
- przeprowadzono ocenę jakości prognoz numerycznych w oparciu o porównywanie prognoz modeli ALADIN i AROME z danymi pochodzącymi z sieci *ATS* oraz obserwacji radarowych,
- prowadzono prace nad rozwojem filtrów *2-D CWM*, w tym wprowadzono kwantyzację danych, filtrowanie 4-kierunkowe oraz filtrowanie iteracyjne oraz testowano własności nowopowstałych wersji tego filtru,
- przygotowano kod do dedykowanej analizy statystycznej filtracji, przeprowadzono modularyzację całości kodu oraz prowadzono prace nad automatyzacją procesu analizy pól i wizualizacją jej wyników,
- prowadzono prace nad wykorzystaniem filtrów do analizy obrazów satelitarnych, przygotowano procedury i kod umożliwiające pracę z obrazami oraz oceniano możliwości analizy i porównania struktur obrazu,
- prowadzono prace nad wyborem statystycznej odpornej metodyki analizy pól meteorologicznych na siatkach nieregularnych,
- przygotowano środowisko testowe dla analizy wprowadzanych metod weryfikacji oraz bazę danych prognoz i sieci pomiarowo-obszerniczej,
- stworzono system skryptów do post-processingu wyników modelu AROME oraz utworzono oprogramowanie do automatycznej archiwizacji wybranych pól prognozy modelu AROME dla systemu weryfikacji,



- prowadzono prace nad porównaniem jakości prognoz modelu AROME w zależności od wartości wybranych parametrów konfiguracji, na podstawie alternatywnych konfiguracji modelu AROME z różną liczbą poziomów obliczeniowych.

Zadanie 5.4:

Realizowano podzadania 5.4.1 oraz 5.4.2. W ramach tego zadania wykonano następujące podstawowe prace:

- przygotowano i przetestowano środowisko bazodanowe dla potrzeb procedur asymilacji danych,
- przygotowano interfejs skryptowy, automatyzujący uruchamianie modelu w trybie asymilacji-analzy i formułowanie zapytań zgłaszanych do bazy danych, pod kątem uzyskania zestawu danych wejściowych dla modelu,
- przeprowadzono testy środowiska realizującego asymilację-analizę danych obserwacyjnych, tj. poszczególnych komponentów systemu bazodanowego w sprzężeniu z modelem numerycznej prognozy pogody COSMO,
- przeprowadzono porównanie jakości prognoz obliczonych z wykorzystaniem oraz bez wykorzystania systemu asymilacji danych,
- dokonując wdrożenia cyklu analizy i asymilacji danych obserwacyjnych, wykonano następujące prace:
 - przygotowano rozbudowaną konfigurację modelu COSMO, umożliwiającą elastyczne definiowanie konfiguracji zbiorów plików wejściowych, łączenie strumieni danych z modelu globalnego (GME, DWD) z danymi produkowanymi przez cykl analizy,
 - dokonano odpowiedniej przebudowy skryptów odpowiedzialnych za odbiór danych z modelu globalnego i uruchomienie obliczeń modelu, podnosząc niezawodność systemu poprzez wprowadzenie obsługi błędów i wstępne zaplanowanie komplementarnych procedur awaryjnych,
 - rozbudowano możliwości konfiguracji okien czasowych dla wykonywania dodatkowych przebiegów prognoz w wysokiej rozdzielczości, przygotowano dodatkowe skrypty wykonujące zarządzanie danymi produkowanymi przez cykl analizy, odpowiednio przebudowano mechanizmy archiwizacji, by możliwe było gromadzenie generowanych pól analizy, a w przyszłości użycie ich do inicjalizacji krótkich przebiegów modelu liczonego w wysokiej rozdzielczości,



- w ramach prac nad systemem eksperckim do analizy danych z modelu numerycznego:
 - wykonano prace w zakresie uszczegółowienia wymagań dla docelowej platformy sprzętowej i programowej; sprawdzono możliwość generowania obrazów (plików graficznych) z danych bieżących, oprogramowano i przetestowano tryb włączania obrazów (plików graficznych) do plików typu htm/html,
 - przygotowano metodologię przeniesienia systemu generowania ostrzeżeń i alarmów z wykorzystaniem nowego klastra obliczeniowego; wykonano testy generowania alarmów i ostrzeżeń o niebezpiecznych zjawiskach meteorologicznych,
 - oprogramowano i przetestowano tryb włączania do plików typu htm/html interaktywnych obiektów typu "pomoc" lub "wartość" oraz zdefiniowano wymagania, jakie powinien spełniać docelowy zestaw plików typu htm/html,
 - dokonano wstępnej oceny możliwości przenoszenia (portingu) między różnymi systemami operacyjnymi, wprowadzono możliwość definiowania przez użytkownika konfiguracji w zakresie graficznego interfejsu, zakresu czasowego danych oraz zawartości elementów prezentowanych w GUI,
 - rozpoczęto prace nad projektem informatycznym systemu.

Zadanie 5.5:

Realizowano podzadania 5.5.1 oraz 5.5.2. W ramach wdrożenia dwuwymiarowych modeli hydrodynamicznych:

- przygotowano raport przedstawiający metodykę tworzenia map zagrożenia powodziowego wykorzystującej wyniki modelowania dwuwymiarowego oraz metodykę aktualizacji map zagrożenia ze względu na tendencję zmian klimatycznych,
- przygotowano podstawy metodyczne do wdrożenia hydrologicznej prognozy o charakterze probabilistycznym,
- testowano system modelowania oraz prowadzono analizę wyników prognoz probabilistycznych w zakresie błędów prognozy opadu i efektywności prognoz meteorologicznych,
- przeliczono prognozy hydrologiczne dla nowych danych meteorologicznych przy wykorzystaniu systemu modelowania Mike11,
- dokonano analizy przydatności prognoz probabilistycznych do oceny zagrożenia powodziowego w warunkach operacyjnych.



Zakres realizacji prac dotyczących operacyjnego systemu prognozy rozwoju i oceny suszy obejmował:

- kompilację i testy oprogramowania do obliczania wartości wskaźnika EDI,
- przygotowanie podstaw metodycznych do prognozowania stopnia zagrożenia suszą,
- opracowanie algorytmów przetwarzania wynikowych wartości wskaźnika SPI pod kątem prognozy stopnia zagrożenia suszą,
- stworzenie koncepcji oraz metodyki oceny stopnia zagrożenia suszą na obszarze zlewni, na podstawie wartości wybranych wskaźników meteorologicznych i hydrologicznych,
- testowanie opracowanych algorytmów prognozy intensywności suszy na danych rzeczywistych dla wybranych stacji pomiarowych (zlewnia Nysy Kłodzkiej, Przemszy i Pisy),
- przygotowanie projektu strony internetowej na temat suszy, podstaw metodycznych serwisu wraz z przyjętą definicją suszy, schematów edukacyjnych dotyczących rozwoju suszy oraz przenoszenia deficytu opadu na elementy cyklu hydrologicznego,
- opracowanie schematu architektury informacji przedstawionej na stronie internetowej, systemu nawigacji globalnej oraz lokalnej w obrębie projektowanej strony,
- opracowanie treści poszczególnych sekcji strony internetowej oraz formy i obszaru interakcji pomiędzy użytkownikami systemu a serwisem internetowym.

3. Opis metodyki badań

Zadanie 5.1

Prowadzone prace badawcze polegały na analizie zmierzającej do określenia możliwości tworzenia komunikatów/ostrzeżeń o wystąpieniu istotnych zjawisk hydro-meteorologicznych na podstawie danych pochodzących z systemów teledetekcyjnych. W szczególności prace polegały na:

- analizie powiązań istotnych zjawisk/procesów (wg. zdefiniowanych formularzy) z danymi z produktów radarowych, systemu wyładowań burzowych i systemu NIMROD, zmierzającej do określenia możliwości identyfikacji następujących zjawisk/procesów:
 - wiatrowych: silny wiatr, dywergencja i konwergencja, turbulencja, uskoki wiatru, wiry i trąby powietrzne, uskoki wiatru (w obrębie struktury opadowej),
 - opadowych: intensywnych opadów deszczu, gradu, śniegu, zawieci, opadów marznących,



- analizie wartości krytycznych wymienionych zjawisk/procesów i wartości krytycznych produktów teledetekcyjnych z nimi powiązanych, celem określenia stopni generowanych zagrożeń,
- obliczeniu korelacji pomiędzy wartościami poszczególnych produktów radarowych, a przekroczeniem kryterium synoptycznego: 1., 2., i 3. stopnia zagrożenia dla przypadków intensywnych opadów i opadów intensywnego śniegu,
- ustalaniu wartości parametrów krytycznych dla danych z systemu PERUN związanych z opadami gradu.

W dziedzinie prac nad projektem systemu eksperckiego do analizy danych radarowych i systemu detekcji wyładowań prace polegały na:

- doborze i praktycznym testowaniu algorytmu do klasyfikacji ech radarowych dla systemu eksperckiego,
- analizie możliwości technicznych i systemowych, celem wyboru określonej koncepcji i sformułowania założeń dla tworzonego systemu,
- przygotowaniu dokumentacji systemu eksperckiego, zgodnie z obowiązującymi standardami w zakresie metodyki opracowywania dokumentacji systemu informatycznego.

Zadanie 5.2

Prace badawcze obejmowały opracowywanie nowych lub modyfikację istniejących algorytmów i produktów satelitarnych oraz łączących dane satelitarne z innymi danymi.

Metodyka prowadzonych prac obejmowała:

- przygotowanie produktów, w tym proces obejmujący prace koncepcyjne, merytoryczne, analityczne oraz przygotowanie odpowiednich narzędzi,
- opracowanie prezentacji graficznej,
- włączenie testowo w system operacyjny stacji odbioru i przetwarzania danych satelitarnych,
- testowanie na wybranych przypadkach, ustalanie odpowiednich progów dla systemu eksperckiego (na podstawie literatury, wybranych przypadków lub długich ciągów danych),
- wstępną weryfikację/walidację produktu, na podstawie danych referencyjnych przygotowanych dla wybranych przypadków lub na podstawie długich ciągów danych oraz przez porównanie z już istniejącymi produktami (crosswalidacja).



W ramach prac nad produktami do prognozowania i monitorowania burz prace skupiały się na przygotowaniu produktów właściwych do analizy poszczególnych faz, związanych z rozwojem konwekcji: faza przed rozwojem konwekcji, faza inicjacji oraz faza rozwoju.

W dziedzinie prac nad produktami do diagnozy sytuacji ograniczonej widzialności wykorzystano zarówno techniki progowe i kombinacje kanałów spektralnych radiometru SEVIRI/METEOSAT, jak i kompozycje barwne RGB. Produkty zostały przetestowane na szeregu przypadków (case studies), dla pory dziennej, nocnej oraz dla różnych pór roku.

Zadanie 5.3

Prace objęły przygotowanie wyjściowej wersji systemu weryfikacji wysokiej rozdzielczości opartej na metodach rozmytych, polegającej na badaniu pól meteorologicznych poprzez analizę ich otoczeń. Podejście to, jest chętnie stosowane ze względu na jego efektywność, elastyczność i łatwość implementacji. Obecnie znanych jest kilkanaście różnych metod weryfikacji “rozmytej”, a w przygotowanej wersji systemu weryfikacji zaimplementowano cztery z nich: *Upscaling*, *MinimumCoverage*, *FuzzyLogic* i *MultiEvents*. Do analizy porównawczej przyjęto następujące charakterystyki: prawdopodobieństwo detekcji POD (Probability Of Detection), wskaźnik fałszywych alarmów FAR (False Alarm Ratio), wskaźnik trafności zdarzenia PC (Proportion Correct hit rate), wskaźnik Briera BS (Brier Score), krytyczny wskaźnik sukcesu TS (Threat Score), znormalizowany krytyczny wskaźnik sukcesu ETS (Equitable Threat Score), wskaźnik Hansena - Kuipera H-K (Hansen-Kuiper score), krzywa ROC (Receiver Operating Characteristic curve) i BIAS. Korzystając z powyższego narzędzia, dokonano oceny jakości prognoz modelu ALADIN i AROME w oparciu o dane obserwacyjne z trzech źródeł: stacji synoptycznych, sieci ATS i sieci POLRAD dla dwóch różnych zbiorów sytuacji synoptycznych.

Prawidłowe porównywanie danych pochodzących z różnych systemów obserwacyjnych czy prognostycznych zależy od uwzględnienia właściwych tym systemom zakresów skal przestrzennych i czasowych. Kluczem do tego, jest możliwość separowania skal w polach danych. W ramach realizacji zadania 5 projektu Klimat, rozwijana jest nowa metoda separacji: wielokrokowa filtracja, przy użyciu ważonych filtrów medianowych o różnych rozmiarach i wagach – filtr CWMF. W tym roku opracowano nowe jej wersje. Istotnym postępem okazało się wprowadzenie iteracyjnego filtrowania oraz wprowadzanie filtracji 4-kierunkowej.



W ramach zadania zrealizowano prace nad stworzeniem środowiska testowego dla systemu weryfikacji wysokiej rozdzielczości. Środowisko takie powinno zawierać możliwie duży zestaw danych pochodzących z różnego rodzaju systemów meteorologicznych, zarówno obserwacyjnych jak i prognostycznych. W tym celu zebrano wyniki ok. 200 przebiegów modelu AROME oraz rozwijano bazę danych obserwacyjnych zawierającą dane ze stacji synoptycznych, stacji ATS (automatycznej sieci telemetrycznej), systemu teledetekcji satelitarnej i sieci radarów POLRAD.

Zadanie 5.4

5.4.1 Stworzenie systemu operacyjnej asymilacji i analizy danych w modelu numerycznym

Asymilacja w modelu COSMO opiera się na zastosowaniu schematu tzw. *nudgingu*, którego zasada działania sprowadza się do korekty warunku początkowego, uzyskiwanego z modelu globalnego za pomocą danych obserwacyjnych, przy czym jej zakres uzależniony jest od „odległości” przestrzenno-czasowej konkretnego pomiaru od korygowanej wartości w węźle siatki modelu, w określonym punkcie czasowym. Tak zmodyfikowany warunek początkowy jest podstawą do obliczeń prognozy z krótkim horyzontem czasowym (w przypadku aktualnej konfiguracji w IMGW, jest to 12 godzin), której ostatnia godzina zasila kolejne uruchomienie modelu z zastosowaniem opcji asymilacji dla obliczenia prognozy na 24h. Jest to tzw. cykl analizy. Dostęp do danych pomiarowych, w wymaganym przez model formacie, realizowany jest poprzez interfejs skryptowy, pracujący pod kontrolą systemu operacyjnego, który generuje zapytanie do odpowiedniego systemu baz danych. Zestaw danych wejściowych dla systemu, czyli typy asymilowanych obserwacji, stanowią następujące depesze: SYNOP, SHIP, SYNOP MOBIL, BUOY, PILOT, PILOT SHIP, TEMP, TEMP SHIP, TEMP DROP, TEMP MOBIL, AMDAR oraz BUFR. Dla wszystkich wymienionych obserwacji przeprowadzana jest wstępna kontrola jakości, w tym celu wykonywane jest porównanie zgodności rzędu wartości pól z warunku początkowego z modelem globalnego z wartościami odzyskiwanymi z poszczególnych depesz.

2.2 Stworzenie systemu automatycznego generowania komunikatów o możliwości wystąpienia zjawisk niebezpiecznych

Mając na względzie jak największą uniwersalność systemu w zakresie jego wykorzystania na różnych komputerach, pracujących pod kontrolą różnych systemów operacyjnych (platform sprzętowych), przyjęto, iż porting, czyli zdolność do (łatwego)



przeniesienia między systemami operacyjnymi i/lub maszynami powinien być podstawowym wymaganiem wobec systemu eksperckiego. Pozwala to na skupienie działań przede wszystkim na odpowiednio elastycznym oprogramowaniu systemu. Z uwagi na to założenie, wymagania względem platformy sprzętowej i systemowej przenoszą się bezpośrednio w obszar programowy. Wymagania te (względem platformy programowej) są następujące:

- przenoszalność (porting) względem platformy sprzętowej i systemowej,
- przyjazny (graficzny) interfejs użytkownika (*User-friendly [G]UI*),
- szybkość odbioru danych, nawet dużych objętości (wolumów),
- wyraziste (kontrastowe) przedstawianie elementów, zwłaszcza informacji o zagrożeniu.

W związku z tym wykonywane prace nakierowane były na zaprojektowanie przenoszalnej platformy programowej, która spełniałaby powyższe wymagania.

Zadanie 5.5

Z metodycznego punktu widzenia sporządzenie mapy zagrożenia powodziowego z wykorzystaniem modelowania hydrodynamicznego, dwuwymiarowego 2D (MIKE FLOOD) można podzielić na następujące etapy: budowa modelu, wstępne uruchomienie modelu, estymacja parametrów modelu, weryfikacja modelu oraz kartograficzne opracowanie uzyskanych wyników modelowania. Zakres prac związanych z budową modelu obejmuje przygotowanie parametrów modelu podstawowych (np. charakterystyki numeryczne, składniki bilansu wodnego), hydrodynamicznych (np. parametry powierzchni inicjalnej, oporów ruchu), definicję plików wyjściowych oraz analizę i przetworzenie warstw Numerycznego Modelu Terenu. Równoległe, definiowane są górne i dolne warunki brzegowe modelu. Kalibracja modelu jest procesem wieloetapowym, polegającym na określeniu odpowiednich wartości parametrów modelu (w granicach ich zmienności), pozwalających na uzyskanie zgodności wyników symulacji ze znaną, historyczną falą powodziową. Dotyczy to zarówno hydrogramów jak i materiałów określających zasięgu powodzi (zdjęcia lotnicze i satelitarne, mapy zalewów, zdjęcia zalanych terenów, dane ankietowe itp.).

Metodyka aktualizacji map zagrożenia ze względu na tendencje zmian klimatycznych oparta jest na obliczeniach symulacyjnych wykorzystujących modele hydrodynamiczne. Symulacje te uwzględniają scenariusze zmian istotnych parametrów hydrologicznych. Dotyczy to przede wszystkim wartości przepływu maksymalnego o określonym



prawdopodobieństwie przewyższenia. Praktycznie, definiuje się je, jako przepływy o prawdopodobieństwie przewyższenia $p = 1\%$.

Projektowana strona internetowa suszy stanowi wyspecjalizowaną aplikację internetową skierowaną do określonej grupy użytkowników końcowych. W projektowanej aplikacji internetowej wykorzystywane są techniki GIS do wizualizacji danych wejściowych oraz wyników ocen i prognoz stopnia zagrożenia suszą. Architektura informacji zakłada hierarchiczną strukturę prezentowanej treści, w której kolejne poziomy zawierają coraz bardziej uszczegółowione informacje. System nawigacyjny strony internetowej obrazuje strukturę informacji zawartej na witrynie internetowej i umożliwia skuteczne po niej poruszanie się. System ten, złożony jest z systemu nawigacji globalnej, umożliwiającego bezpośredni dostęp do głównych obszarów serwisu, oraz z systemu nawigacji lokalnej w obrębie danego obszaru, odpowiadającego za interakcje na poziomie jego zawartości. Poszczególne sekcje projektowanej witryny internetowej uruchamiane są, jako kolejne strony internetowe, po aktywacji odpowiedniego łącza na zakładce menu głównego.

4. Charakterystyka osiągniętych wyników

Zadanie 5.1

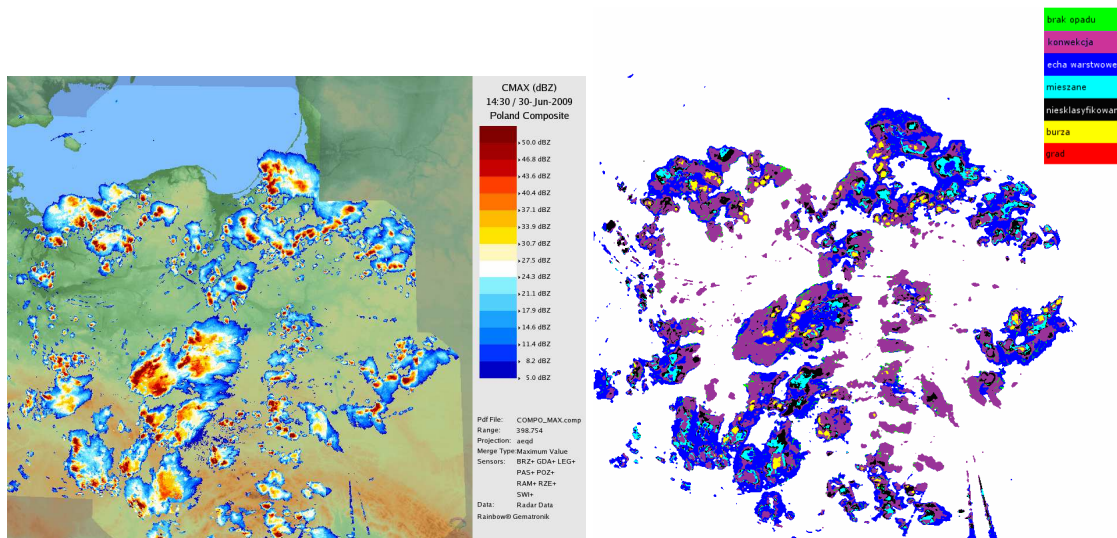
W wyniku przeprowadzonych prac przygotowano formularze definiujące istotne zjawiska/procesy hydro-meteorologiczne oraz możliwości i kryteria tworzenia komunikatów o poszczególnych stopniach ostrzeżeń przed tymi zjawiskami na podstawie:

- generowanych produktów radarowych standardowych i niestandardowych,
- produktów analizy i prognozy rozpoznania typu opadu z systemu NIMROD,
- produktów z systemu rejestracji i lokalizacji wyładowań atmosferycznych PERUN,
- produktów z radaru o podwójnej polaryzacji, zainstalowanego w grudniu 2010 roku (stacja Pastewnik).

W ramach prac nad rozwojem systemu eksperckiego przygotowano:

- cykl produkcyjny dodatkowego produktu (dla wszystkich radarów pracujących w sieci) liczącego 6-cio godzinne sumy opadu (PAC_6h) dla celów analiz opadów i określania stopni zagrożeń,
- koncepcję nowego produktu "Akumulacyjna suma opadu" oraz analizę możliwości jego wykorzystania w procesie generowania ostrzeżeń przez opracowywany system ekspercki,
- ustawianie optymalnej strategii skanowania dla trzech stacji radarowych: Ramża, Brzuchania, Pastewnik,

- nowy produkt obrazujący wyładowania dla wydzielonego obszaru,
- algorytm do klasyfikacji ech radarowych.



Rys.1 Działanie algorytmu klasyfikacji ech radarowych

Dokonano wyboru koncepcji tworzonego systemu eksperckiego, według której przebiegać będą dalsze prace w Projekcie. Sformułowano jego podstawowe założenia oraz wykonywano wstępną dokumentację założeń oraz metod i algorytmów wchodzących w skład tworzonego systemu.

Zadanie 5.2

W ramach realizacji projektu opracowano i przetestowano szereg produktów satelitarnych, które zostaną wykorzystane w systemie automatycznej analizy danych satelitarnych. Zestaw tych produktów dla potrzeb prognozowania i monitorowania burz przedstawia poniższa tabela.

| Zjawisko/proces | Parametry określone przez produkty satelitarne wspomagające analizę zjawiska |
|---|--|
| Zjawiska burzowe, faza przed rozwojem konwekcji | <p>EUMETSAT MPEF GII - Global Instability Index - KI (K- Index) , LI (Lifted Index), TPW (Total Precipitable Water), LPW (Layer Precipitable Water), profile pionowe atmosfery</p> <p>Local GII - Global Instability Index - KI (K- Index) , LI (Lifted Index), TPW (Total Precipitable Water), LPW (Layer Precipitable Water), profile pionowe atmosfery</p> <p>NWC-SAF - Nowcasting SAF - SAI (Stability Analysis Imagery), LPW (Layer Precipitable Water), AMA (Air Mass Analysis),</p> <p>NOAA/TOVS - sondáže pionowe atmosfery (T, Td, Geopotential height, wiatr geostroficzny) i poziome rozkłady parametrów na wybranych poziomach</p> |



| | |
|--|--|
| Zjawiska burzowe - Faza inicjacji konwekcji | MET9, NOAA Obrazy satelitarne - kanały HRV, IR, WV, kompozycje barwne RGB, Convection Initiation (CI) , NWC-SAF - RDT (Rapid Developing Thunderstorm) v. 2.1 i v.1.3, CT (Cloud Type), EUMETSAT MPEF - CTH (Cloud Top Height), NOAA/TOVS - sondáže pionowe atmosfery (T, Td, Geopotential height), Met8 Rapid Scan - Obrazy satelitarne - kanały HRV, WV, IR Kompozycja MPEF – Day microphysics |
| Zjawiska burzowe - Faza rozwoju konwekcji i burz | Met8 RapidScan, Met9 obrazy różnicowe - OST (Overshooting Tops WV-IR), Met9 i Met8 Obrazy - kanały IR sztuczna paleta barwna (M. Setvak palette), kanały WV własne palety barwne, EUMETSAT MPEF - CTH (Cloud Top Height), MPE (Multi Precipitation Estimation), NWC-SAF - CRR (Convective Rainfall Rain), RDT (Rapid Developing Thunderstorms) Met 8 i 9 obraz satelitarny + Perun - kanał HRV z nałożonymi wyładowaniami z systemu PERUN (CC, CG-, CG+), Kompozycja MPEF – Day microphysics. Kanał IR 10.8 μm – paleta barwna M. Setvaka. |

Tab.1 Etapy procesu powstawania głębokiej konwekcji i burz oraz wybrane algorytmy przetwarzania danych satelitarnych.

Zestaw produktów satelitarnych dla potrzeb diagnozy sytuacji ograniczonej przedstawia poniższa tabela:

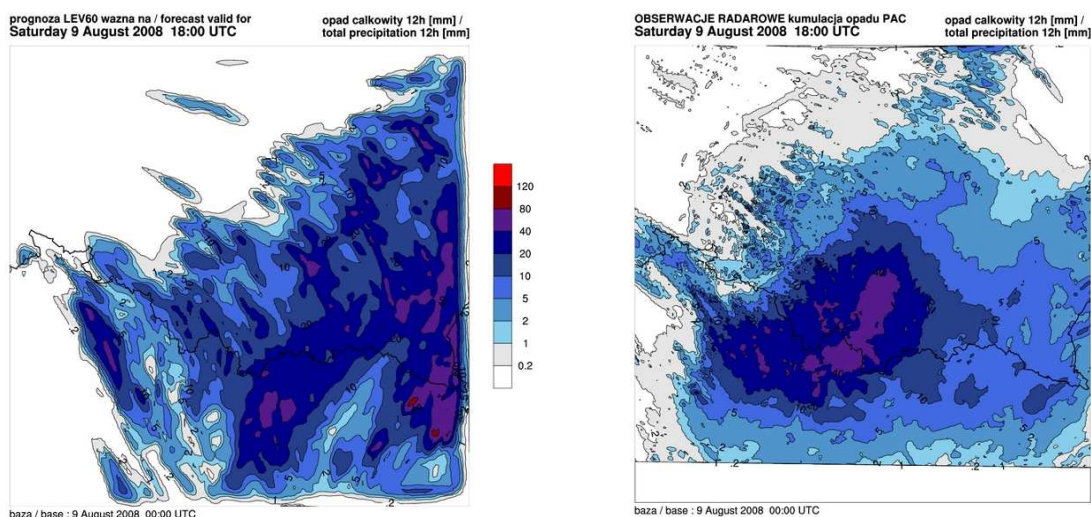
| Algorytmy detekcji mgły lub chmur Stratus na podstawie danych satelitarnych | |
|---|--|
| Metody progowe stosowane dla kombinacji kanałów MSG / SEVIRI: | |
| 1. Różnica temp. radiacyjnej kanałów | (IR 3.9 - IR 10.8) |
| 2. Różnica temp. radiacyjnej kanałów | (IR 8.7 - IR 10.8) |
| 3. Produkt SAFNWC CT- Cloud Type - Klasyfikacja chmur (progi stosowane do kanałów: VIS 0.6, IR 1.6, IR 3.9, WV 7.3, IR 8.7, IR 10.8, IR 12.0 μm) | |
| Kompozycje barwne RGB tworzone z wielo-spektralnych danych MSG/SEVIRI: | |
| 1. Kompozycja R / G / B całodobowa : | (IR 8.7 - IR 13.3) / (IR 12.0 - IR 10.8) / IR 10.8 |
| 2. Rozpoznanie mgły/St nad śniegiem w warunkach dziennych, kompozycja: | IR 1.6 / HRV 0.6 / HRV 0.6 |
| Rekomendowane przez EUMETSAT kompozycje barwne RGB tworzone z wielospektralnych danych MSG / SEVIRI: | |
| 1. Day Natural Colour | NIR 1.6 / VIS 0.8 / VIS 0.6 |
| 2. Day Microphysical | VIS 0.8 / IR 3.9 reflected / IR 10.8 |
| 3. Night Microphysics | (IR12.0 - IR10.8) / (IR10.8 - IR3.9) / IR10.8 |
| 4. 24 h Microphysics/Dust | (IR12.0 - IR10.8) / (IR10.8 - IR 8.7) / IR10.8 –pył wulkaniczny |

Tab. 2 Algorytmy detekcji mgły lub chmur Stratus na podstawie danych satelitarnych

Zadanie 5.3

Przygotowano wyjściową wersję systemu weryfikacji wysokiej rozdzielczości zakodowaną w języku R i opartą na wykorzystaniu wybranych metod rozmytych. Korzystając z przygotowanego oprogramowania dokonano wstępnych porównań jakości prognoz modeli prognozy pogody ALADIN i AROME. Wstępne porównania prognoz obu modeli nie dają podstawy do twierdzenia, że jeden z modeli jednoznacznie przewyższa drugi. Wyniki wskazują, że w zależności od wykorzystanych danych obserwacyjnych, wybranej metody rozmytej, skali przestrzennej i wskaźnika dostajemy różne wyniki porównania. Generalnie można zauważyć tendencję wskazującą, że model ALADIN lepiej prognozuje nieduże opady, podczas gdy AROME duże, szczególnie dla małych skal przestrzennych.

Jednym z celów prac porównawczych była ocena wpływu zmian w konfiguracji modelu AROME na jakość prognoz opadu. W tym celu porównano prognozy tego modelu z różną liczbą poziomów: 41, 49, 60. Na analizowanym materiale nie zauważono poprawy prognoz wraz z rosnącą liczbą poziomów. Jednak subiektywna ocena prognoz z liczbą poziomów równą 60 wykazuje wyraźną poprawę prognoz w rejonie Bieszczad i prawie żadną w rejonie Tatr.



Rys.2 Prognoza (model AROME) oraz obserwacje radarowe opadu całkowitego 12 mm, 09.08.2008, 18.00 UTC

Kontynuowano prace nad nowymi, oryginalnymi rozwiązaniami w dziedzinie separowania skal i opracowano dla tego celu nowe wersje filtrów medianowych. Przeprowadzone testy wskazują, że najnowsza wersja filtru ma ciekawe i pożądane własności



– m.i.n. statystyczną odporność i idempotentność - pozwalające widzieć w niej szukane rozwiązanie do separacji skal. Analityczne badanie własności omawianych filtrów jest ze względu na ich silnie nieliniowy charakter trudne i ich własności można badać głównie poprzez przeprowadzenie licznych numerycznych eksperymentów. Przeprowadzone testy pokazały, że porównywaniami prowadzone „skala po skali” pozwalają na bardziej efektywne wychwytywanie różnic i podobieństw w analizowanych polach.

Zadanie 5.4

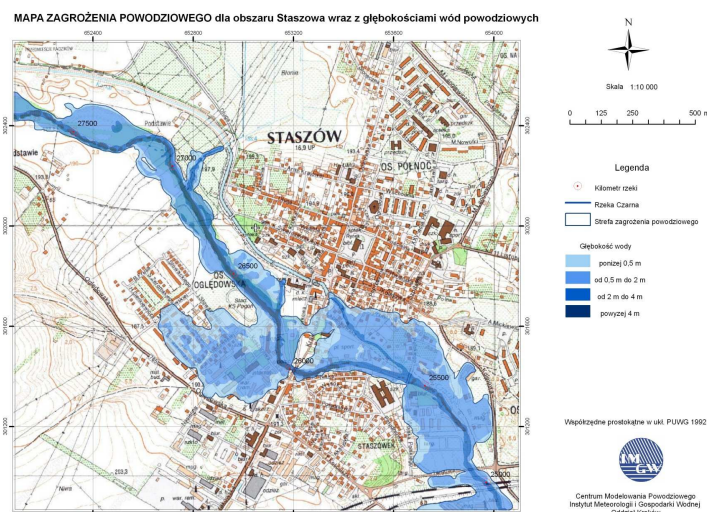
W ramach realizacji zadania przeprowadzono implementację systemu asymilacji danych do modelu numerycznego COSMO, wraz z niezbędnymi pracami obejmującymi przebudowę systemu uruchomieniowego modelu oraz uruchomieniem w IMGW Operacyjnej Bazy Danych z Sieci Obserwacyjnej na potrzeby cyklu analizy i operacyjnej asymilacji danych obserwacyjnych. Przeprowadzono też weryfikację, względem danych obserwacyjnych Synop, wyników przebiegów modelu działającego wraz z cyklem asymilacji w porównaniu z przebiegami bez asymilacji, wykorzystując programu VERSUS.

Otrzymane wyniki wskazują na poprawę wyników modelu uruchomionego z cyklem analizy, w porównaniu z modelem bez cyklu analizy, dla prognozy 24-godzinnej, dla wszystkich badanych parametrów statystycznych (średnia różnica, mediana różnicy, odchylenie standardowe różnicy, wariancja, minimum i maksimum różnic, współczynnik korelacji) oraz dla wszystkich badanych parametrów meteorologicznych (ciśnienie na powierzchni morza, temperatura na wysokości 2 m, wiatr na wysokości 10 m).

Rozpoczęto prace nad projektem informatycznym systemu eksperckiego, określono wymagania względem platformy systemowej i programu, który będzie stanowić bazę dla systemu eksperckiego. Rozwiązanie systemowe, bazujące na przeglądarce internetowej w formacie html z dowiązanymi obrazami w formacie gif, chociaż proste, formalnie spełnia wszystkie podstawowe założenia. W związku z tym zdecydowano o rozwijaniu tego rozwiązania, jako podstawowego. W ramach prac wykonano testy z konfiguracją systemu, aby użytkownik miał możliwość elastycznego określenia parametrów, które będą najbardziej dla niego dogodne, zwłaszcza w zakresie graficznego interface'u, zakresu czasowego danych oraz zawartości pod względem elementów prezentowanych w GUI.

Zadanie 5.5

Przygotowano metodykę tworzenia map zagrożenia powodziowego wykorzystującej wyniki hydrologicznego modelowania dwuwymiarowego oraz metodykę aktualizacji map zagrożenia ze względu na tendencję zmian klimatycznych. Zastosowanie modelowania hydraulicznego, dwuwymiarowego pozwoliło na uzyskanie wyników modelowania nieosiągalnych przy pomocy innych powszechnie stosowanych modeli (1D czy typu opad-odpływ). Wśród możliwych do uzyskania wyników modelowania hydraulicznego dwuwymiarowego należy wymienić czas przebywania wody w terenie zalewowym zalewów, miejscowe wartości przepływów i kierunki przepływów, rozkłady głębokości zalewu, podział przepływów w korycie i na terenie zalewowym, wielkość retencji. Przykładem prowadzonych prac są wyniki modelu hydraulicznego, dwuwymiarowego 2D (MIKE FLOOD) dla odcinka rzeki Czarnej (lewobrzeżny dopływ Wisły) w rejonie miejscowości Staszów.



Rys.3 Mapa zagrożenia powodziowego miasta Staszowa

Wynikiem prac dotyczących operacyjnego systemu prognozy rozwoju i oceny suszy jest projekt strony internetowej, przedstawiony poniżej w postaci tabelarycznej.

| ZAKŁADKA | SEKCJA | OBIEKTY STAŁE | | | OBIEKTY QUASI-OPERACYJNE |
|------------------|----------------------|---------------------------|--|--|--------------------------|
| | | Element tekstowy | Element Rysunkowy | Łąca internetowe | |
| 1. STRONA GŁÓWNA | | 1) Opis serwisu | 1) Zdjęcia dot. suszy (zdjęcia.zip) | 1) Strona imgw 2) Strona projektu klimat 3) Serwis pogodynka | |
| 2. O SYSTEMIE | 2.1. Definicja suszy | 1) Opis i definicja suszy | 1) Schemat rozwoju suszy 2) Przenoszenie deficytu opadu na elementy cyklu hydrologicznego | | |



| ZAKŁADKA | SEKCJA | OBIEKTY STAŁE | | | OBIEKTY QUASI-OPERACYJNE |
|----------------------|-----------------------------------|---|--|-------------------|--|
| | | Element tekstowy | Element Rysunkowy | Łącza internetowe | |
| | 2.2. Schemat systemu | 1) Opis systemu 2) Tabela posterunków meteorologicznych 3) Tabela posterunków hydrologicznych | 1) Schemat systemu 2) Rozmieszczenie zlewni badawczych 3) Rozmieszczenie stacji meteorologicznych i hydrologicznych | | |
| | 2.3. Wskaźniki oceny suszy | 1) Tabela wskaźników | | | |
| | 2.4. Prognoza suszy | 1) Metodyka prognozy suszy | | | |
| 3. SUSZE HISTORYCZNE | 3.1. Okres przedinstrumentalny | 1) Raport na temat susz historycznych | | | |
| | 3.2. Okres objęty obserwacjami | 1) Raport przebiegu natężenia susz po 1850 roku. | | | |
| | 3.3. Okres badawczy | 1) Raport dotyczący susz w okresie 1966-2005. | | | |
| 4. STAN AKTUALNY | 4.1. Zasięg przestrzenny | | | | 1) Rozkład przestrzenny intensywności suszy meteorologicznej 2) Rozkład przestrzenny intensywności suszy hydrologicznej |
| | 4.2. Przebieg czasowy | | 1) Interaktywna mapa wybranych posterunków meteorologicznych 2) Interaktywna mapa wybranych posterunków hydrologicznych | | 1) Przebieg czasowy wartości wskaźnika EDI x n stacji 2) Przebieg czasowy wartości wskaźnika FDC x m stacji |
| 5. PROGNOZA SUSZY | 5.1. Prognoza intensywności suszy | 1) Formularz wyboru zlewni i stacji | | | 1) raport wyników zawierający od 1 do n pozycji |
| | 5.2. Ostrzeżenia | | | | 1) Mapa zlewni z poziomem zagrożenia 2) Treść ostrzeżenia (w przypadku wystąpienia) |
| 6. KONTAKT | | 1) Dane teleadresowe do kontaktu | | Strona imgw | |

Tab. 3 Wykaz obiektów składowych strony internetowej z podziałem na obiekty stałe oraz obiekty quasi-operacyjne

Elementy składowe poszczególnych stron zawierają obiekty stałe wprowadzone jednorazowo podczas tworzenia strony oraz produkty quasi-operacyjne, które będą aktualizowane z miesięcznym krokiem czasowym.



5. Analiza zgodności z założonymi celami

Realizowane prace były zgodne z założonymi celami projektu.

6. Propozycje dotyczące praktycznego wykorzystania wyników badań

Otrzymane wyniki będą wykorzystywane do dalszych prac prowadzonych w ramach projektu, a docelowo będą wykorzystane zgodnie ze studium wykonalności projektu do udoskonalenia systemu opracowania krótkoterminowych prognoz ostrzegających przed niebezpiecznymi zjawiskami atmosferycznymi oraz wspomagającego proces podejmowania decyzji o ostrzeżeniach. Prototypowe produkty satelitarne są na bieżąco prezentowane na stronie intranetowej IMGW, stanowiąc pomoc dla synoptyków w analizie bieżącej sytuacji meteorologicznej oraz pozwalając użytkownikom na analizę ich jakości. System asymilacji danych pomiarowych do modelu meteorologicznego w znaczący sposób polepszy jakość prognoz numerycznych. Internetowa strona o suszy będzie stanowić narzędzie wspomagania codziennej pracy synoptyków pracujących w biurach prognoz meteorologicznych i hydrologicznych.

7. Wykaz przygotowanych publikacji

Zadanie 5.1

W ramach tematu wykonano następujące opracowania:

Dziewit Z., Tuszyńska I., Rychlewski P., Szturc J., Jurczyk A., Ośródka K Nemeć J., Gajda W., Lewandowski R., - Formularze definicji zjawisk oraz procesów, o których system obserwacji radarowych i detekcji wyładowań powinien informować użytkownika,

Zadanie 5.2

W ramach zadania powstały:

Iwański R., Łapeta B, .Serafin-Rek D, Variability of lightning activity and subsequent convective precipitation derived from satellite and ground based sensors – case study, Proceedings of the 5th IPWG Workshop, Hamburg, Germany, 11-15 October 2010, w przygotowaniu;

Struzik P., Stancalie G., Danson, F. M., Toullos L., Dunkel Z., and Tsiros E., “Study of Satellite Data Availability and Their Resolution in Time and Space, for the Assessment of Climate Change and Variability Impacts on Agriculture”, COST Office publication “Satellite



Data Availability, Methods and Challenges for the Assessment of Climate Change and Variability Impacts on Agriculture”, pp. 3-28, COST Office 2010,

Toulios L., Stancalie G., Savin E., Danson F. M., Struzik P., Dunkel Z., Mika J., “Satellite-derived NDVI for monitoring climate impacts on European agriculture” *Időjárás*, Vol.114, No.3 July-September 2010, pp. 169-185, Węgry 2010,

Zadanie 5.3

W ramach zadania powstały:

Jerczyński M., “Robust meteorological data analysis with CWM filters”, “Joint 20th ALADIN Workshop and HIRLAM ASM 2010” - prezentacja, Kraków, 2010,

Szczęch-Gajewska M., Jerczyński M., Woyciechowska J, Kolonko M. “ALADIN in Poland — recent operational and research activities” - poster, “Joint 20th ALADIN Workshop and HIRLAM ASM 2010”, Kraków, 2010,

Woyciechowska J., Szczęch-Gajewska M., Jerczyński M., Kolonko M., “Use of fuzzy methods and comparison in high resolution forecasts” - poster, “Joint 20th ALADIN Workshop and HIRLAM ASM 2010”, Kraków, 2010,

Zadanie 5.4

W ramach zadania powstały:

Linkowska J., Ziemiański M., Kurowski M., Rosa B., Drzewiecki P., Mazur A., „Numerical Weather Prediction Activities at IMGW’ - poster, 32th EWGLAM and 17th SRNWP Meetings, Exeter, 2010, UK,

Mazur A., Drzewiecki P., Interewicz W., Linkowska J., „Implementacja systemu asymilacji danych dla modelu numerycznego pogody”- opracowanie

Zadanie 5.5

W ramach realizacji zadania projektu powstały następujące opracowania:

Tokarczyk T., Szalińska W., 2010. Operacyjny system oceny zagrożenia suszą, W: Więzik (red.) *Hydrologia w Inżynierii i Gospodarce Wodnej*, t.I. Wyd. PAN Komitet inżynierii Środowiska s. Monografie Nr 68, Warszawa

Otop I., Tokarczyk T., Szalińska W., 2010. Zmienność warunków klimatycznych Dolnego Śląska na tle współczesnych zmian klimatu Polski i ich wpływ na zagrożenia powodzią



i suszą w wieloleciu 1997-2009. Mat. Konf. Konferencja Dolny Śląsk: Powódź a środowisko – dobre praktyki. Polanica Zdr. 21-23.IV. 2010. Wyd. DZMiUW we Wrocławiu Fundusze Europejskie dla rozwoju Dolnego Śląska.

8. Literatura wykorzystana w opracowaniu

Poniższy wykaz zawiera skrócony wybór pozycji literaturowych wykorzystanych w opracowaniu. Pełna lista zawiera 90 pozycji.

Ambühl J., Customer oriented warning systems, Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie, MeteoSchweiz, Veröffentlichung MeteoSchweiz Nr. 84, 2010.

Arce G., Nonlinear signal processing: a statistical approach, 2004.

Atger, F., Verification of precipitation forecasts from single models and ensemble prediction systems. Nonlin. Proc. Geophys., 8, 401–417, 2001.

Basler+Partner (pr. zbiorowa): Sky User Manual, Basler+Partner GmbH, 2009

Battán L.J., Radar observation of the atmosphere, The UNIVERSITY Chicago PRESS, Chicago Illinois U.S.A., 1973.

Battán L.J., Sztuczny deszcz, tł. J.Kopcewicz, Wiedza Powszechna, Warszawa, 1966.

Bringi V.N., Polarimetric Doppler weather radar, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, Cambridge, 2001.

Bebłot, G., Holda, I., Korbek K., Traba powietrzna w rejonie Częstochowy w dniu 20 lipca 2007 roku, w: VIII Ogólnopolska Szkoła Zagrożeń środowiska, Paszowka, Monografie IMGW, Warszawa, 2008.

Bedka K., et al, Objective Satellite-Based Detection of Overshooting Tops Using Infrared Window Channel Brightness Temperature Gradients, Journal of Applied Meteorology and Climatology, 49, 2010.

Bendix Jörg., A fog monitoring scheme based on MSG data, in: ESA/EUMETSAT RAO Meteosat Second Generation (MSG) No.141., 1999.

BENDIX, Jörg., A fog monitoring scheme based on MSG data, in: ESA/EUMETSAT RAO Meteosat Second Generation (MSG) No.141., 1999.

Betz, H., Lightning Principles Instruments and Applications, 2009.

Bodzak P., Detekcja i lokalizacja wyładowań atmosferycznych, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa, 2007.

Bouttier F., AROME code management, 1st AROME Training Course, 2005.

Bouttier F., AROME system documentation, Meteo-France internal report, 2009.



Damrath, U., Verification against precipitations observations of a high density network — what did we learn? Intl. Verification Methods Workshop, 15–17 September 2004, Montreal, Canada, 2004.

Dębski K., Hydrologia, Dział Wydawnictw SGGW, Warszawa, 1970.

Dąbrowski W., Subieta K., Podstawy inżynierii oprogramowania, PJWSTK, Warszawa, 2005.

Daley R., Atmospheric Data Analysis, Cambridge Atmospheric and Space Science Series, Cambridge University Press, 1991

Dunlop S., Pogoda. Przewodnik ilustrowany. Chmury, zjawisk optyczne, opady, Świat Książki, (tł. G.Gasparska), Warszawa, 2003.

Dougherty E., Astola J., An introduction to nonlinear image processing, 1994.

Doviak R.J., Zrnicek D.S., Doppler radar and weather observations, Academic press, San Diego California, 1993.

Ebert E. E., 2008, Fuzzy verification of high-resolution gridded forecasts: a review and proposed framework, Meteorol. Appl., 15, 51–64

Evans, J. E., Weber, M. E., Weather Radar Development and Application Programs, Lincoln Laboratory Journal, Volume 12, Number 2, 2000, pp. 367-382.

Golding B.W., 1998. NIMROD: A system for generating automated very short range forecasts. Meteor. Appl. 6, 1-16.

Gołuch P., Generowanie numerycznego modelu terenu dla symulacji przepływu wody w dolinie rzeki, Geodesia et Descriptio Terrarum, 1-2/2003.

Hackel H., Atlas chmur, RM, Warszawa, 2008 (tł. A. Różańska).

International Cloud Atlas, Volume II, World Meteorological Organization, Geneva, 1987.

Instrukcja opracowania depeszy OSTRZEŻENIE. IMGW, Warszawa 2010 (Załącznik nr 1 do Zarządzenia nr 7 dyrektora Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej z dnia 27 stycznia 2010 roku w sprawie zmiany zarządzenia nr 27 z 13 sierpnia 2009 r. (w sprawie ostrzeżeń meteorologicznych).

Instruction Manual –Rainbow[®] 5, Part 2, Release 5.18.0 SELEX Sistemi Integrati, 2007.

Jasiński F., Instrukcja dla stacji meteorologicznych, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa, s. 66-70, 1988.

Kalnay E., Numerical weather forecasting and predictability. Cambridge Univ. Press, 2001.

Klejnowski R., Atlas pogody, wyd. PASCAL, Bielsko Biała, 2007r., s.63-68.



- Kożuchowski K., Atmosfera, klimat, ekoklimat, PWN, Warszawa, 1998.
- Kostecki S., Twaróg B., Zastosowanie numerycznego modelu terenu do wyznaczania stref zagrożenia powodziowego, Szkoła Gospodarki Wodnej, 2002.
- Krasowski H., Zasada działania radaru meteorologicznego, poradnik Pilota B-767.
- Kundzewicz Z., Kowalczak P., Zmiany klimatu i ich skutki, Kurpisz, 2008
- Lambor J., Metody prognoz hydrologicznych, Warszawa, 1962.
- Leffingwell d., Wiking D., Inżynieria oprogramowania. Zarządzanie wymaganiami, PW.
- Lelątko I., Ziemiański M., Skrócony przewodnik po wybranych wskaźnikach konwekcji, Biuro Meteorologicznych Prognoz Morskich, IMGW Gdynia, (rekopis), 2004.
- Mecikalski, J. R., and K. M. Bedka, Forecasting convective initiation by monitoring the evolution of moving convection in daytime GOES imagery. Mon. Wea. Rev. 134, 49-78, 2006.
- Mentzel P.W., 2006: Applications with meteorological satellites. International Summer School on Applications with the Newest Multi-spectral ENVIRONMENTAL Satellites. Krakow, 8 - 12 May 2006.
- Meteosat Second Generation Meteorological Product Extraction and Distribution Service Technical Description EUM TD 11.
- Metop. EUMETSAT Polar System. <http://www.eumetsat.int/Home/Main/Satellites/Metop/>
- MIKE 11, A Modelling System for Rivers and Channels, Reference Manual, DHI Software 2004, DHI Water & Environment, 2004
- Miętus M., Atlas chmur na CD-ROM, IMGW, temat HM-17, Gdynia, 2001
- Moszkowicz S., Tuszyńska I, 2003. Meteorologia radarowa, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa 2003.
- Moszkowicz S., Algorytmy rozpoznawania obiektów i zjawisk meteorologicznych na podstawie danych radarowych (pierwsze przybliżenie), prace IMGW, zeszyt 10, 1982.
- NOAA KLM USER'S GUIDE.revised 2000. <http://www2.ncdc.noaa.gov/docs/klm/index.htm>
- Palmer T.N., Predicting uncertainty in forecasts of weather and climate, Meteorological Training Course Lecture Series, ECMWF, 2003.
- Retallack B.J., Podstawy meteorologii, skrypt WMO 1984, wyd. IMGW 1991 r., s. 31-37.
- Rinehart R.E., Radar for meteorologists, Published 1991 by R.E. Rinehart in Grand Forks, N.D.



Schaettler U., A Description of the Nonhydrostatic Regional COSMO-Model. Part V. Preprocessing: Initial and Boundary Data for the COSMO-Model. DWD documents, 2009.

Schaettler U., Doms G., Schraff C., A Description of the Nonhydrostatic Regional COSMO-Model. Part VII. User Guide. DWD documents, 2009.

Schraff C., Hess R., A Description of the Nonhydrostatic Regional COSMO-Model. Part III. Data Assimilation. DWD documents, 2003.

Schraff C., Hess R., A Description of the Nonhydrostatic Regional COSMO-Model. Part III. Data Assimilation. DWD documents, 2003.

Szturc J., Jurczyk A., Ośródka K., Dziewit Z., 2007. Ocena jakości prognoz opadów generowanych przez system NIMROD. „Wiad. MHGW”, 1 (3), 39-64.

Tallaksen L.M., van Lanen H.A.J. (eds), Hydrological Drought – Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater. Developments in Water Science, 48. Amsterdam, Elsevier Science B.V, 2004.

Tuszyńska I., Wykorzystanie technologii VSAT w sieci radarów meteorologicznych, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa 2005.

Waldvogel A., Federer B., Grimm P., Criteria for the detection of hail cells Journal of Applied Meteorology, 12/1979.

Yates E., Anquetin S., Ducrocq V., Creutin J-D, Ricard D., Chancibault K., Point and real validation of forecast precipitation fields, Meteorol. Appl., 13, 1–20, 2006.

9. Wykaz wykonawców wraz z krótką informacją o rodzaju wykonanych prac

dr Michał Ziemiański – koordynator zadania,

mgr Bogdan Bochenek - prace nad systemem weryfikacji rozmytej i ocena jakości prognoz modeli ALADIN i AROME,

inż. Piotr Dżaków - opracowanie algorytmów obliczeniowych, tworzenie oprogramowania, wizualizacja wyników,

mgr Piotr Drzewiecki - wdrożenie systemu asymilacji i analizy danych,

mgr inż. Izabela Działa - przegląd i wybór metod stosowanych w operacyjnych służbach osłony hydrologicznej oraz przegląd bazy danych CBDH pod kątem kompletności do modeli hydrologicznych,



mgr Zdzisław Dziewit - teoretyczne i praktyczne uwagi dotyczące zjawisk/procesów możliwych do zidentyfikowania przez systemy: POLRAD i PERUN oraz do opracowywanych algorytmów na potrzeby tworzonego systemu,

mgr inż. Wojciech Gajda - analiza zjawisk/procesów możliwych do zidentyfikowania przez system PERUN, przygotowanie narzędzi analitycznych dla systemu rejestracji wyładowań atmosferycznych PERUN na potrzeby tworzonego systemu,

Mateusz Giszterowicz – wykorzystanie modelu nowcastingowego wspomagającego produkty satelitarne,

mgr Witold Interewicz - wdrożenie systemu asymilacji i analizy danych,

mgr Rafał Iwański – realizacja prac związanych z wykorzystaniem danych pomocniczych dla produktów satelitarnych i modelu nowcastingowego,

dr Leszek Jelonek - przegląd definicji, metodyki oraz analiza merytoryczna metod probabilistycznych prognoz hydrologicznych stosowanych w Polsce i na świecie na warunki Polski i w PSHM,

mgr Marek Jerczyński - rozwój filtrów CWMF i ich zastosowań w analizie pól,

mgr Anna Jurczyk - analiza zjawisk/procesów możliwych do zidentyfikowania przez system POLRAD,

mgr Rafał Kielar – opracowywanie systemu eksperckiego ostrzegającego przed niebezpiecznymi zjawiskami meteorologicznymi oraz wspomagającymi proces podejmowania decyzji o ostrzeżeniach,

dr Marcin Kolonko - rozwój środowiska testowego i metod wizualizacji dla systemu weryfikacji,

mgr Rafał Lewandowski - teoretyczne i praktyczne analizy dotyczące sposobów optymalizacji danych i produktów skanowania dopplerowskiego,

mgr Joanna Linkowska – asystent koordynatora, weryfikacja wyników przebiegów modelu COSMO, opracowywanie systemu eksperckiego,

mgr Bożena Łapeta – realizacja prac związanych z wykorzystaniem sondażu satelitarnych,

mgr Józefa Malinowska-Małek – prace nad metodologią prognoz hydrologicznych,

mgr Michał Marcinkowski – wykonanie map w środowisku GIS,

dr Andrzej Mazur – wdrożenie systemu analizy danych z modeli numerycznych, opracowywanie systemu eksperckiego ostrzegającego przed niebezpiecznymi zjawiskami meteorologicznymi oraz wspomagającymi proces podejmowania decyzji o ostrzeżeniach,



mgr inż. Halina Mordalska - konsultacje merytoryczne w zakresie wskaźników oceny suszy,
mgr inż. Janusz Nemeč - konsultacje synoptyczne,
mgr Katarzyna Ośródką - analiza zjawisk/procesów możliwych do zidentyfikowania przez system POLRAD,
mgr Monika Pajek – realizacja prac dotyczących produktów satelitarnych w sytuacjach burzowych, ograniczonej widzialności i silnego wiatru,
prof. dr hab. Laura Radczuk – konsultacje merytoryczne w zakresie metod oceny zagrożenia suszą,
mgr Magdalena Raniecka-Wells – przetwarzanie danych satelitarnych i pomocniczych,
mgr Paweł Rychlewski - Analiza zjawisk/procesów możliwych do zidentyfikowania przez system NIMROD, opracowywanie algorytmów dla nowo powstającego systemu, prace programistyczne prowadzone w oparciu o opracowane algorytmy,
mgr Danuta Serafin-Rek – realizacja prac dotyczących produktów satelitarnych w sytuacjach burzowych, ograniczonej widzialności i silnego wiatru, przygotowanie satelitarnych map opadu dla wybranych terminów,
mgr Kinga Strońska - prace nad metodologią prognoz hydrologicznych,
Mateusz Struzik – przetwarzanie danych satelitarnych i pomocniczych,
dr inż. Piotr Struzik – kierownik podzadania, realizacja prac koncepcyjnych, merytorycznych i technicznych dotyczących systemów odbioru i przetwarzania danych satelitarnych oraz produktów satelitarnych,
dr inż. Wiwiana Szalińska - projektowanie schematów analizy danych pomiarowych, dobór metod oraz algorytmów przetwarzania danych i interpretacji wyników; projektowanie architektury oprogramowania systemu oceny i prognozy suszy,
mgr Małgorzata Szczęch-Gajewska - przygotowanie środowiska programistycznego do instalacji modelu AROME,
dr Jan Szturc - analiza zjawisk/procesów możliwych do zidentyfikowania przez system POLRAD,
dr inż. Tamara Tokarczyk - prace koncepcyjne nad systemem, dobór metod oraz algorytmów przetwarzania danych i interpretacji wyników dotyczącej suszy hydrologicznej; projektowanie architektury oprogramowania systemu oceny i prognozy suszy,



mgr inż. Irena Tuszyńska - analiza zjawisk/procesów możliwych do zidentyfikowania przez system radarowy, opracowywanie metodyki oraz algorytmów na potrzeby tworzonego systemu,

Adam Twardowski – opracowywanie i testowanie oprogramowania do realizacji zadania,

dr Jadwiga Woyciechowska - prace nad systemem weryfikacji rozmytej i ocena jakości prognoz modeli ALADIN i AROME,

mgr Leokadia Zagajewska – przetwarzanie danych satelitarnych i pomocniczych,

Rafał Zawadzki - przygotowanie danych radarowych z wybranych terminów.

10. Informacje o sposobie odbioru zadań składowych i trybie koordynacji prac

Prace prowadzone w ramach realizacji zadania były koordynowane przez:

- raporty miesięczne i kwartalne oraz raport roczny,
- opracowania cząstkowe wykonane w poszczególnych etapach prac,
- spotkania głównych wykonawców zadań z koordynatorem Zadania 5,
- dwa seminaria sprawozdawcze dla zadania 5: w dniu 29 czerwca 2010 r. seminarium zadania 5.5 we Wrocławiu, w siedzibie Oddziału Wrocławskiego IMGW, oraz w dniach 16-17 grudnia 2010 r. seminarium zadań 5.1 do 5.4 w Krakowie, w siedzibie Oddziału Krakowskiego IMGW.