



EPOS - System Obserwacji Płyty Europejskiej (EPOS-PL+)



## I konferencja naukowo-techniczna poświęcona projektowi EPOS-System Obserwacji Płyty Europejskiej (EPOS-PL+)

współfinansowanemu przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego

### Michał Lelonek (IGF PAN)

Pokaz platformy IS-EPOS.

Zaprezentowana została platforma cyfrowa IS-EPOS międzynarodowego konsorcjum EPOS Thematic Core Service Anthropogenic Hazards (TCS AH), zajmującego się zagrożeniami antropogenicznymi, a w szczególności sejsmicznością indukowaną. Otwarta platforma IS-EPOS jest wirtualnym laboratorium, udostępniającym dla celów naukowych, technicznych i edukacyjnych, infrastruktury badawcze zintegrowane przez TCS AH. Pokazane zostały miejsce TCS AH w europejskim programie EPOS (European Plate Observing System) oraz relacja platformy IS-EPOS do informatycznych struktur EPOS. Zaprezentowane zostały podstawowe funkcjonalności platformy oraz najnowsze ulepszenia w tym ostatnio zintegrowane epizody oraz przyszłe projekty.

### Mieszko Makuch (ACK Cyfronet AGH)

Nowe możliwości łączenia aplikacji w Platformie IS-EPOS - mechanizm workflowów.

Zademonstrowano nowe możliwości łączenia aplikacji w Platformie IS-EPOS z wykorzystaniem mechanizmu workflow. Mechanizm ten umożliwia wykorzystanie wielu istniejących na Platformie IS-EPOS aplikacji do stworzenia jednego serwisu obliczeniowego zwanego workflowem. Workflow może łączyć w sobie kilka etapów eksperymentu począwszy od przygotowania i obróbki danych przez właściwe obliczenia, aż do wizualizacji rezultatów. Nowy mechanizm obejmuje również szereg narzędzi ułatwiający tworzenie, uruchamianie i analizę złożonych zadań obliczeniowych.

Na podstawie kilku realnych przykładów zaprezentowano łączenie wybranych aplikacji w workflow, uruchamianie workflowu oraz udostępnianie utworzonego przez siebie workflowu innym użytkownikom platformy.

### Łukasz Rudziński (IGF PAN)

Obserwacje wstrząsów w kopalniach sejsmometrami szerokopasmowymi - CIBIS.

Źródła sejsmiczne o różnej wielkości (magnitudzie) generują fale sejsmiczne w różnych zakresach częstotliwości. Dotyczy to również zjawisk indukowanych działalnością górniczą, gdzie część

[www.epos-pl-plus.eu](http://www.epos-pl-plus.eu)

Organizator:



Partnerzy:



UNIwersytet  
PRZYRODNICZY  
WE WROCLAWIU





EPOS - System Obserwacji Płyty Europejskiej (EPOS-PL+)



wstrząsów pojawiających się w kopalniach, szczególnie tych związanych z tąpnięciem górotworu, pomimo stosunkowo niedużej magnitudy generują energię nawet poniżej 0.1 Hz. W takim paśmie energia widoczna jest na seismogramach zarejestrowanych nawet dziesiątki kilometrów od epicentrum. W celu zarejestrowania energii sejsmicznej w tak niskim paśmie, potrzebne są szerokopasmowe stacje sejsmiczne rozlokowane odpowiednio daleko od źródeł wstrząsów. Na terenie Polski jedyną stałą siecią sejsmometrów szerokopasmowych jest Polska Narodowa Sieć Sejsmologiczna – PLSN, należąca do Instytutu Geofizyki PAN. Sieć ta jest stosunkowo nieduża a 7 sejsmometrów rozlokowanych jest na terenie całego kraju. W takiej konfiguracji zdarza się, że połowa sieci znajduje się w odległościach na tyle dużych, że stosunek szum-amplituda dla wstrząsów indukowanych działalnością górniczą był niewystarczający do prawidłowego użycia seismogramów w dalszych badaniach. W prezentacji przedstawiamy w jaki sposób dzięki wsparciu Projektu EPOS PL+ w ramach rozbudowy infrastruktury CIBIS, możemy zwiększyć możliwości rejestracji oraz analizy silnych wstrząsów związanych z działalnością górniczą w Polsce.

#### **Adam Lurka, Grzegorz Mutke (GIG)**

Zastosowanie klastrowania hierarchicznego do czasoprzestrzennej analizy sejsmiczności indukowanej w rejonie Geofizycznego Filara Bezpieczeństwa w KWK Marcel.

Sejsmiczność indukowana eksploatacją górniczą jest jednym z najniebezpieczniejszych zjawisk fizycznych w kopalniach podziemnych i często prowadzi do zniszczenia wyrobisk górniczych. W wielu przypadkach sejsmiczność indukowaną można zgrupować, tworząc przestrzenne klastry zdarzeń sejsmicznych związanych z geologiczno-górnictwem strukturami w kopalniach, takimi jak uskoki i filary. Jednak, jak pokazano w niniejszej prezentacji, typowa sejsmiczność w kopalniach węgla jest związana głównie z obecnym procesem wydobywczym i nie ma wyraźnej przestrzennej ani czasowej grupy zdarzeń sejsmicznych, a raczej tworzą one ciągłą chmurę zdarzeń związanych z działalnością górniczą. Dlatego, do klastrowania takich chmur zdarzeń, wprowadzono nową metrykę czasowo-przestrzenną wraz z metodą minimalnej wariancji Warda i dokonano hierarchicznej analizy skupień sejsmiczności indukowanej. Wprowadzona czasowo-przestrzenna metryka umożliwiła jednoczesną ocenę zagrożenia sejsmicznego w czasie i przestrzeni wiążąc poszczególne klastry sejsmiczne z grupą szczelin i pęknięć powstających dynamicznie w trakcie eksploatacji górniczej. Zastosowana metoda klastrowania hierarchicznego została wykorzystywana do badania sejsmiczności indukowanej w kopalni węgla KWK Marcel o dużym zagrożeniu sejsmicznym w rejonie filara. W wyniku tego uzyskano 20 odrębnych klastrów zdarzeń sejsmicznych skorelowanych z procesem wydobywczym. W każdym klastrze obliczono energetyczny rozkład aktywności sejsmicznej wykazujący, w niektórych przypadkach, istotne odstępstwo od rozkładu Gutenberga-Richtera, co może mieć znaczenie w analizie zagrożenia sejsmicznego. Wprowadzono miarę dokładności lokalizacji każdego uzyskanego klastra sejsmiczności w postaci specjalnie dobranego algorytmu bootstrap. W ten sposób pokazano,



EPOS - System Obserwacji Płyty Europejskiej (EPOS-PL)



że błędy lokalizacji zjawisk sejsmicznych wpływają na położenie centrum każdego klastra. Przedstawiona analiza skupień sejsmiczności indukowanej jest nową miarą wyznaczania grup źródeł sejsmicznych i obszarów o dużych naprężeniach w górotworze, co potencjalnie może pozwalać na określenie zagrożenia sejsmicznego i tąpnięciami.

### **Andrzej Kotyrba, Łukasz Kortas, Sławomir Siwek, Adam Frolik, Waldemar Kierepka (GIG)**

Zmiany rozkładu lokalnego pola grawitacji pod wpływem wielopoziomowej eksploatacji węgla systemem ścianowym w rejonie filarów ochronnych.

Wybieranie węgla na różnych głębokościach powoduje duże ubytki masy w partiach górotworu pomiędzy powierzchnią ziemi a najgłębiej eksploatowanym pokładem. Nie zachodzą one w obrębie filarów ochronnych. W rejonie filarów wytwarza się uwarunkowany ich geometrią specyficzny rozkład przestrzenny mas w nadkładzie wybieranych pokładów węgla. W aspekcie konsekwencji dla lokalnego pola grawitacji charakterystyczne w nim jest to, że podczas gdy gęstość przestrzenna górotworu w rejonie eksploatacji węgla ulega ciągłym zmianom w czasie to jest ona niezmienna w obrębie filara. W efekcie oddziaływania eksploatacji na warstwy nadkładu skały budujące filary ulegają poziomym naprężeniom rozciągającym o wartościach znacznie przekraczających ich wytrzymałość. Skały odkształcają się postaciowo przyjmując formę liniowych deformacji nieciągłych. Jest to makroskopowo widoczne w rejonach w których zwarte skały nadkładu odślaniają się na powierzchni ziemi. W miejscach takich tworzą się szczeliny o czasami bardzo dużym rozwarciu (kilku metrów) i rozciągłości równoległej do osi podłużnej filarów. Wstrząsy sejsmiczne genyzy tektonicznej (o dużej energii) powodują podobne deformacje w rzeźbie terenu. Celem okresowych pomiarów grawimetrycznych na poligonie „Marcel” jest określenie czy istnieje związek pomiędzy zmianami w czasie rozkładu gęstości przestrzennej górotworu w rejonie filarów ochronnych a także czy silne wstrząsy górnicze powodują deformacje podobne do w/w opisanych deformacji tektonicznych oraz jaka jest ich charakterystyka geometryczna.

### **Szymon Oryński, Katarzyna Dudzisz (IGF PAN)**

Monitoring migracji zanieczyszczeń posładowych przy pomocy metody konduktometrycznej oraz tomografii elektrooporowej.

Celem zadania jest stworzenie mobilnej infrastruktury przeznaczonej do badania rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń wód podziemnych, w szczególności w bezpośredniej okolicy składowisk poprodukcyjnych. W badaniach migracji zanieczyszczeń wód podziemnych, gleb, warstw przypowierzchniowych a także prowadzeniu monitoringu tego procesu niezbędne jest operowanie szerokim zakresem metod geofizycznych. W szczególności przydatne w tym zakresie są metody geoelektryczne, takie jak metoda elektrooporowa (najlepiej w wariacie tomografii elektrooporowej ERT) oraz będąca jej elektromagnetycznym uzupełnieniem metoda konduktometryczna. Cechą wspólną obydwu wspomnianych metod jest obrazowanie opornościowe, czyli interpretacja budowy geologicznej i stosunków wodnych w ośrodku gruntowym, na podstawie analizy rozkładu



EPOS - System Obserwacji Płyty Europejskiej (EPOS-PL+)

przewodnictwa. Obydwie metody znakomicie nadają się do kartowania migracji zanieczyszczeń wód podziemnych z uwagi na występującą istotną korelację pomiędzy mineralizacją roztworów wodnych, a ich opornością (przewodnictwem).

Odpady zgromadzone w składowisku są wystawione na oddziaływanie wód z opadów atmosferycznych, a także nierzadko na interakcję z wodami gruntowymi. Woda poprzez filtrację wypłukuje składniki, przez co zwiększa swój stopień mineralizacji. Zmiany chemizmu wód, które zachodzą w otoczeniu składowisk, mogą być badane pośrednio poprzez obserwacje zmian rozkładu przewodności elektrycznej w ośrodku hydrogeologicznym. Monitoring migracji zanieczyszczeń jest możliwy poprzez cykliczne powtarzanie pomiarów w danych miejscach.

Zanieczyszczenie warstw przypowierzchniowych oraz gleby metalami ciężkimi stało się poważnym problemem w wielu częściach świata, dotyczącym zarówno ludzi, jak i inne organizmy żywe. W pracy przedstawione zostaną możliwości monitorowania zanieczyszczeń głównie postindustrialnych z wykorzystaniem geofizycznych metod elektrycznych (tomografia elektrooporowa), elektromagnetycznych (konduktometr) oraz magnetycznych (gradientometr magnetyczny oraz anizotropia podatności magnetycznej).

Jako przykład w pracy przedstawione zostaną badania anizotropii podatności magnetycznej AMS, badania elektromagnetyczne (konduktometr), a także badania gradientometrem magnetycznym wokół trzech historycznych obszarów górniczych w Sudetach (Polska). Wybrane zostały obiekty, zróżnicowane pod względem czasu eksploatacji i rodzaju wydobywanej rudy (Złoty Stok – złoto i arsen, Janowa Góra - żelazo i Szklary - nikiel). Zostały wybrane w celu zbadania przestrzennego rozprzestrzenienia zanieczyszczeń pochodzących z odpadów kopalnianych, ich potencjalnych źródeł oraz przetestowania możliwości wykorzystania powyższych metod do badania dróg migracji.

### **Sylwia Dytłow, Katarzyna Dudzisz, Tomasz Werner (IGF PAN)**

Zastosowanie terenowego laboratorium badań środowiskowych do analiz poziomu zanieczyszczeń (pyłu zawieszonego, black carbon) oraz podatności magnetycznej w środowisku miejskim oraz w obszarach przemysłowych.

W ramach rozbudowy Centrum Infrastruktury Badawczej Analitycznych Laboratoriów (CIBAL) w EPOS-PL+ w IGF PAN jest tworzone laboratorium terenowe badań środowiskowych. Elementy infrastruktury obejmują sprzęt umożliwiający pobieranie i transport próbek skał w terenie, pomiary własności magnetycznych skał i gleb w terenie oraz mobilne pomiary własności pyłowych zanieczyszczeń powietrza. W skład zestawu wchodzi podatnościomierz terenowy, zestaw wiertnic, mobilne poborniki zanieczyszczeń pyłowych i black carbon oraz dron wyposażony w głowicę do pomiaru koncentracji zanieczyszczeń pyłowych. Zanieczyszczenia pyłowe zawierają szereg komponentów chemicznych szkodliwych dla środowiska i zdrowia społeczeństwa, np. black carbon. Dokładne rozpoznanie lokalnych poziomów zanieczyszczenia pyłem drobnym i black carbon jest istotnym zagadnieniem z punktu widzenia naukowego, ochrony środowiska i zdrowia człowieka. Monitor pyłu zawieszonego w powietrzu będzie prowadzone za pomocą przenośnego, zasilanego z baterii fotometru laserowego, który w czasie rzeczywistym mierzy i pokazuje na wyświetlaczu stężenie pyłu PM1, PM10, PM2.5 w badanym powietrzu. Urządzenie do pomiaru koncentracji zanieczyszczeń typu black carbon tzw. aethalometer jest mobilnym przyrządem wyposażonym w głowicę optyczną składającą się z źródła światła LED oraz detektorów i filtr kwarcowy, na którym

[www.epos-pl-plus.eu](http://www.epos-pl-plus.eu)

Organizator:



Partnerzy:



UNIWERSYTET  
PRZYRODNICZY  
WE WROCŁAWIU





EPOS - System Obserwacji Płyty Europejskiej (EPOS-PL+)

deponowany jest pył. Bezzałogowy statek powietrzny (BSP) wyposażony w głowicę do pomiaru stężenie pyłów drobnych zostanie wykorzystany do oceny jakości powietrza w profilu pionowym i w miejscach trudno dostępnych dla standardowych metod monitoringu. Pomiary podatności na obszarach zanieczyszczonych oraz dla rdzeni wiertniczych skał osadowych będą wykorzystywać terenowy miernik podatności z zestawem czujników o wysokiej rozdzielczości ze zintegrowaną lokalizacją GPS. Możliwości pomiarowe laboratorium terenowego pozwolą na znaczne rozszerzenie potencjału badawczego grup badań środowiskowych i paleomagnetyzmu w IGF PAN.

### **Krzysztof Sośnica (UPWr)**

Znaczenie geodezyjnych układów odniesienia w badaniach geodynamicznych.

Techniki obserwacyjne geodezji satelitarnej umożliwiają monitorowanie procesów geodynamicznych z wysoką precyzją na poziomie pojedynczych milimetrów. Zarówno we wnętrzu Ziemi, jak i na jej powierzchni i atmosferze mają miejsce dynamiczne procesy geofizyczne, które stanowią wyzwanie w obserwacjach geodezyjnych. Przykładowo, australijska płyta tektoniczna przemieszcza się z prędkością 70 mm/rok, czyli około 1.4 mm w ciągu tygodnia. Roczne zmiany wysokości geoidy potrafią sięgać kilkudziesięciu milimetrów. Na Ziemi nie istnieją żadne punkty, które można by uznać za stabilne i niepodlegające procesom geodynamicznym. Stąd, w celu monitorowania procesów geodynamicznych globalnymi obserwacyjnymi technikami geodezyjnymi, wykorzystuje się dodatkowe założenia, pozwalające na realizację układów odniesienia. Geodezyjne układy odniesienia są niezbędne w zapewnieniu wartości referencyjnych, w stosunku do których odnosi się pomiary zapewniające dokładności wyznaczanych parametrów na poziomie milimetrycznym.

Większość obserwacji geodezji naziemnej i satelitarnej oparta jest w chwili obecnej bezpośrednio lub pośrednio o pomiar czasu. Na podstawie różnicy czasu pomiędzy emisją i odbiorem wiązki laserowej czy sygnału mikrofalowego nadawanego przez satelity GPS wyznacza się odległość pomiędzy sztucznymi satelitami a naziemnymi stacjami czy odbiornikami. Ultra-stabilne zegary atomowe podatne są na efekty relatywistyczne związane z dylatacją czasu w czasoprzestrzeni zakrzywionej przez materię. Tym samym, pole grawitacyjne, geometria przestrzeni oraz czas są ściśle ze sobą powiązane i nierozłączne. Zarówno definicja metra, jak i kilograma zależna jest od definicji sekundy w układzie SI. Stąd, w geodezji istnieje konieczność tworzenia zintegrowanych obserwatoriów pozycji, przyspieszenia grawitacyjnego oraz czasu ze względu na komplementarność tych składowych. W referacie zostaną poruszone kwestie realizacji zintegrowanych obserwatoriów geodezyjnych oraz geodezyjnych układów odniesienia do monitorowania procesów geodynamicznych na powierzchni Ziemi podlegającej ustawicznym deformacjom.

### **Jan Kapłon, Kamil Kaźmierski, Grzegorz Marut (UPWr)**

Zastosowanie techniki GNSS w pomiarach przemieszczeń, stan obecny i wyzwania.

Prace prowadzone w ramach zadania Centrum Infrastruktury Badawczej Danych GNSS (CIBDG) na Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu w projekcie EPOS-PL+ mają na celu zaprojektowanie, przeprowadzenie pomiarów przemieszczeń i opracowanie danych GNSS w kierunku wykrywania przemieszczeń wywołanych pracami górnictwymi w kopalni Marcel, a także udostępnienie tych wyników na platformę EPOS. Planowane jest przeprowadzenie pomiarów epokowych i permanentnych GNSS na wybranych punktach w pobliżu filarów ochronnych kopalni Marcel. Obecnie budowana jest infrastruktura pomiarowa w postaci tzw. multipunktów składających się

[www.epos-pl-plus.eu](http://www.epos-pl-plus.eu)

Organizator:

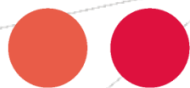


Partnerzy:



UNIWERSYTET  
PRZYRODNICZY  
WE WROCŁAWIU





EPOS - System Obserwacji Płyty Europejskiej (EPOS-PL+)

z odbiornika i anteny GNSS, pochylomierza do wyznaczania ruchów własnych punktu, akcelerometru do wyznaczania przemieszczeń o wysokiej częstotliwości, w tym ruchów wywołanych wstrząsami górnictwami, a także reflektora interferometrii radarowej SAR. Multipunkty umożliwią integrację technik pomiarów przemieszczeń: punktowej GNSS, powierzchniowej SAR oraz dowiązanie pomiarów laserowych LiDAR do wyników uzyskiwanych techniką GNSS.

Prace prowadzone w ramach CIBDG w projektach EPOS-PL i EPOS-PL+ skupiają się wokół wyznaczania przemieszczeń z użyciem pomiarów epokowych i permanentnych GNSS, wyznaczania przemieszczeń z obserwacji GNSS w czasie prawie-rzeczywistym i rzeczywistym oraz sejsmologii GNSS, czyli wyznaczania przemieszczeń z wysokoczęstotliwościowych obserwacji GNSS.

Uzyskane dotychczas wyniki wskazują na możliwość monitorowania przemieszczeń z użyciem odbiorników GNSS z dokładnościami milimetrowymi zarówno w kilkuletnim okresie obserwacyjnym, jak i z częstotliwością 10 Hz przy opracowaniu z wykorzystaniem najdokładniejszych produktów satelitarnych (błędy zegarów satelitów, orbity satelitów, różnicowe przesunięcia kodowe), modeli troposfery i jonosfery. Co więcej, możliwe jest przeprowadzenie wyznaczenia przemieszczeń w czasie prawie-rzeczywistym (z opóźnieniem do 15 minut) i rzeczywistym (opóźnienie paru sekund).

Do współczesnych wyzwań stojących przed monitorowaniem przemieszczeń z użyciem techniki GNSS zaliczyć można masowe wprowadzanie odbiorników i anten o niskim koszcie (low-cost) celem zwiększenia rozdzielczości przestrzennej monitorowania przemieszczeń gruntu, urządzeń, czy budowli. Ważnym aspektem jest także zwiększenie dokładności monitorowania deformacji poprzez wykorzystanie sygnałów z wielu systemów GNSS (multi-GNSS), poprawę jakości produktów satelitarnych i modeli atmosferycznych.

### Grzegorz Józków (UPWr)

Fotogrametria niskiego pułapu i LiDAR w wyznaczaniu deformacji pionowych powierzchni terenu.

Teledetekcyjne metody pomiaru stają się coraz częściej alternatywą do klasycznych pomiarów geodezyjnych (np. niwelacji) służących określaniu deformacji powierzchni terenu. Ich zalety to m.in. pozyskanie danych dla obszaru, a nie tylko punktowych czy pozyskanie danych w krótkim czasie dla relatywnie dużego obszaru. Pozyskanie danych dla całej powierzchni może przyczynić się do uzyskania lepszej jakości informacji o deformacjach. Szybkość pozyskania danych, mimo że często niedoceniana, jest szczególnie istotna w przypadku występowania deformacji w krótkim czasie. Wśród technik teledetekcyjnych służących wyznaczeniu deformacji pionowych powierzchni terenu szczególne miejsce zajmuje satelitarna interferometria radarowa SAR, dzięki której możliwe jest wyznaczenie nawet niewielkich deformacji pionowych. Niedogodnością tej metody jest natomiast jej niska rozdzielczość przestrzenna powodująca, że wykrycie deformacji o lokalnym charakterze (w obrębie kilku metrów) jest praktycznie niemożliwe. Inne techniki teledetekcyjne, takie jak skaning laserowy (LiDAR) i fotogrametria, podobnie jak SAR, umożliwiają pozyskanie danych powierzchniowych, natomiast charakteryzują się one dużo większą rozdzielczością przestrzenną. Dane LiDAR to tzw. chmura punktów umożliwiającą utworzenie numerycznego modelu terenu, który jest podstawą do dalszego wyznaczania deformacji pionowych. Dzięki rozwojowi algorytmów związanych z tzw. gęstym dopasowaniem obrazów, chmury punktów mogą być utworzone również

[www.epos-pl-plus.eu](http://www.epos-pl-plus.eu)

Organizator:



Partnerzy:



UNIwersytet  
PRzyrodniczy  
WE WROcławiu





EPOS - System Obserwacji Płyty Europejskiej (EPOS-PL+)

z danych fotogrametrycznych (obrazów). Przewagą technologii LiDAR jest natomiast fakt, że w pewnym stopniu umożliwia ona pozyskanie danych w obszarach pokrytych roślinnością. W przypadku obu rodzaju danych pozyskanych z pułapu lotniczego ograniczeniem są wysokie koszty zarówno sensorów jak i samego lotu. Ograniczenia te mogą być wyeliminowane poprzez wykorzystanie bezałogowych statków latających (tzw. dronów) i pozyskanie danych z niskiego pułapu. W niniejszej prezentacji przedstawiony zostanie schemat przetwarzania danych fotogrametrycznych i LiDAR pozyskanych z niskiego pułapu w celu wyznaczenia deformacji pionowych terenu. Omówione zostaną ograniczenia obu technologii, zakres ich stosowania oraz dokładność z jaką pozwalają one wyznaczyć wiarygodne deformacje pionowe.

**Kamila Pawluszek, Krzysztof Stasch, Andrzej Borkowski, Natalia Wielgocka, Przemysław Tymków, Paweł Bogusławski, Mateusz Karpina, Maya Ilieva (UPWr)**

Zastosowanie satelitarnej interferometrii radarowej do wyznaczania i predykcji deformacji powierzchni terenu na obszarach górniczych.

Głównym celem Zadania 7 projektu EPOS-PL+ jest tworzenie Centrum Infrastruktury Badawczej Danych Satelitarnych (CIBDS). CIBDS w głównej mierze skupia się na wykorzystaniu danych radarowych (SAR) do monitorowania deformacji powierzchni terenu w rejonie filarów ochronnych kopalni Marcel. Mapy deformacji na tym obszarze będą generowane z wykorzystaniem różnych metod przetwarzania danych radarowych, w tym klasycznej różnicowej interferometrii radarowej (DInSAR), interferometrii rozpraszaczy stabilnych (PSInSAR) a także metody krótkich baz (SBAS). Jednym z celów CIBDS jest automatyzacja i optymalizacja przetwarzania danych SAR. Co więcej, integracja wyników z różnych technik przetwarzania tych danych pozwoli na osiągnięcie efektu synergii, czyli zwiększenia rozdzielczości przestrzennej, a co za tym idzie również i zwiększenie dokładności wyników końcowych. Fundamentalnymi danymi SAR wykorzystywanymi w ramach CIBDS są dane Sentinel-1, Europejskiej Agencji Kosmicznej. Wykorzystanie dodatkowych danych radarowych z różnych misji satelitarnych pozwoli na wykorzystanie zalet szerszego spektrum radarowego, od krótkich fal mikrofalowych w paśmie X, poprzez powszechne pasmo C (Sentinel-1), do danych pozyskanych przy pomocy fal długich w paśmie L.

Wstępne badania eksperymentalne wykonano na istniejącej infrastrukturze stworzonej w ramach projektu EPOS-PL na obszarze kopalni Rydułtowy. Wyniki integracji map deformacji pochodzących z produktów PSInSAR i DInSAR pozwoliły na określenie deformacji praktycznie w każdym opracowywanym miejscu, z pominięciem obszarów leśnych. Zminimalizowanie wpływu zniekształceń atmosferycznych pozwoliło na osiągnięcie dokładności zintegrowanych map w porównaniu z niwelacją na poziomie 22 mm. Dodatkowo, wykonano również integrację wyników DInSAR uzyskanych z danych Sentinel-1 z mapami deformacji wygenerowanych na podstawie danych satelitarnych pochodzących z misji ALOS-2 Japońskiej Agencji Kosmicznej, wykorzystującej fale z pasma L. Pozwoliło to na osiągnięcie dokładności wyznaczenia osiadań na poziomie 32 mm i deformacji w kierunku wschód-zachód na poziomie 18 mm. W przyszłości zostaną wykorzystane dane pochodzące z mikrosatelitów konstelacji ICEYE, pracujące w paśmie X, o rozdzielczości przestrzennej 1 m.

W ramach projektu EPOS-PL+, powstałe produkty zostaną wykorzystane do oceny ryzyka zniszczeń powodowanych oddziaływaniem deformacji górniczych. Jako przykłady wstępnych analiz oceny ryzyka wyznaczono mapy deformacji z danych Sentinel-1, które wraz z informacją o budynkach i infrastrukturze drogowej pozyskanych z serwisu Open Street Map pozwoliły na wyznaczenie

[www.epos-pl-plus.eu](http://www.epos-pl-plus.eu)

Organizator:



Partnerzy:



UNIWERSYTET  
PRZYRODNICZY  
WE WROCŁAWIU





EPOS - System Obserwacji Płyty Europejskiej (EPOS-PL+)

budynków znajdujących się w strefie oddziaływań deformacji górniczych na obszarze miejscowości takich jak Rydułtowy, Bytom czy Ruda Śląska. Szersze analizy w tym aspekcie pozwolą na wyznaczenie obiektów, które powinny być objęte szczególnym nadzorem w celu zminimalizowania skutków aktywności górniczej.

Otrzymane wyniki z różnych metod przetwarzania danych radarowych wskazują, iż dokładność pomiaru metodą interferometrii radarowej (< 23 mm) nie odbiega znacznie od klasycznych metod geodezyjnych. Jednocześnie zapewnia dużą rozdzielczość przestrzenną i czasową pomiaru, nieosiągalną dla konwencjonalnych technik geodezyjnych. Dodatkowo mapy deformacji będą stanowić główne źródło prognozowania deformacji górniczych. Regularnie pozyskiwane dane będą archiwizowane w katalogu aktywności deformacji. Z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji stworzone zostaną modele predykcyjne, które pozwolą na prognozę wartości deformacji mogących wystąpić na danym obszarze po uwzględnieniu odpowiednich parametrów. Opracowane produkty będą wizualizowane z wykorzystaniem systemu GIS 3D, dzięki czemu możliwa będzie przestrzenna i czasowa analiza wyników w kontekście innych dostępnych danych projektowych i referencyjnych. System wizualizacji zapewni również możliwość podstawowych analiz przestrzennych.

### **Przemysław Dykowski, Marcin Sękowski, Monika Wile-Piórko, Jan Kryński, Kamila Karkowska (IGiK)**

Rozwój grawimetrycznych rejestracji pływowych w Polsce.

W prezentacji zostanie przedstawiony stan grawimetrycznych rejestracji pływowych prowadzonych w Polsce przed rokiem 2017, przed rozpoczęciem projektu EPOS-PL. Opisany zostanie dynamiczny rozwój infrastruktury wykorzystywanej do rejestracji pływowych w latach 2017-2020 w kraju, możliwy dzięki realizacji projektów EPOS-PL i EPOS-PL+. Rozwój obejmował przede wszystkim rozbudowę istniejącej infrastruktury o nowe instrumenty, t.j. grawimetry sprężynowe gPhoneX (produkcji Micro-g LaCoste Inc.) oraz budowę Centrum Infrastruktury Badawczej Obserwacji Grawimetrycznych (CIBOG). Zadaniem CIBOG jest między innymi gromadzenie w repozytorium GRAV-PL grawimetrycznych pomiarów absolutnych, pomiarów pływowych oraz produkty przetworzenia grawimetrycznych misji satelitarnych. Grawimetryczne dane pływowe będące przedmiotem prezentacji są w części pływowej repozytorium GRAV-PL\_TIDE w automatyczny sposób zbierane, sprawdzane i przetwarzane do jednolitych formatów danych i produktów przetworzenia.

Wszystkie grawimetry dostarczające dane do repozytorium GRAV-PL podlegają także jednolitej metodologii kalibracji polegającej na kilkutygodniowych rejestracjach wykonywanych wspólnie z parą grawimetrów sprężynowych kalibrowanych na bazach kalibracyjnych. Przedstawione zostaną wyniki przeprowadzonych do tej pory kalibracji wraz opisem sposobu wyznaczenia współczynnika skali.

Na zakończenie prezentacji zostanie przedstawiony aktualny stan infrastruktury grawimetrycznych rejestracji pływowych w Polsce ze wskazaniem, które instrumenty już dostarczają dane, które zostały skalibrowane oraz jakie są perspektywy najbliższych działań związanych z dalszym rozwojem infrastruktury.