



NETWORK PROJECT

## SEISMOSTORM

Making Analog Seismograms FAIR to Enable Research

Contract - B2/202/P2/SEISMOSTORM

## SAMENVATTING

### PROMOTORS:

Thomas LECOCQ (ORB-KSB)  
Olivier DEBEIR (ULB)

### AUTHORS:

Raphaël DE PLAEN (ORB-KSB)  
Thomas LECOCQ (ORB-KSB)  
Olivier DEBEIR (ULB)  
Polina LEMENKOVA (ULB)



## Context

Seismografen registreren groundbewegingen sinds het einde van de 19e eeuw totdat in de jaren 1970 digitale opnames beschikbaar kwamen (Okal, 2015). Pre-digitale seismische opnames werden meestal gemaakt door inkt op wit papier te gebruiken, zwartgerookt papier te krassen of door licht op fotografisch papier te gebruiken. Nu de meeste van deze oude seismische gegevens zijn opgeslagen in archieven en zijn blootgesteld aan fysiek verval, zijn verschillende projecten in de afgelopen 20 jaar (e.i., Bent et al., 2020; Ferrari & Pino, 2003) begonnen met het digitaliseren van deze gegevens om de onontgonnen wetenschappelijke rijkdom die ze bevatten te behouden en te exploiteren en ze op hun beurt in het tijdperk van de moderne seismologie te introduceren. Deze inspanning is steeds belangrijker geworden vanwege het toenemende risico op permanent verlies van deze verouderende papieren seismogrammen in combinatie met hun recent gevonden exclusieve potentieel voor het herstellen van het wereldwijde oceaanklimaat van de afgelopen eeuw (Lecocq et al., 2020).

## Doelstellingen

De Koninklijke Sterrenwacht van België (KSB) bezit een enorm archief van oude seismische gegevens (Van Camp & Camelbeeck, 2004), waarvan een deel recentelijk is gescand. Ons project gebruikte computer vision en recent ontwikkelde machine learning benaderingen om golfvormgegevens uit deze gescande beelden te digitaliseren. Dit proces resulteert in de creatie van gekalibreerde en tijdgecodeerde seismische tijdreeksen, die vervolgens verspreid kunnen worden naar de wetenschappelijke gemeenschap via internationale webdiensten volgens door de seismische gemeenschap gedefinieerde standaarden.

Door toegang te verschaffen tot continue seismische gegevens van de afgelopen eeuw, wil het project het onderzoek van historische oceaanklimaten met behulp van seismische gegevens vergemakkelijken en de toegankelijkheid verbeteren van instrumenten die nodig zijn voor digitalisering in verschillende instituten, observatoria en universiteiten. Bovendien zal de brede beschikbaarheid van kwantitatieve observatiegegevens van over de hele wereld de bestaande modellen van oceaangolven van de 20e eeuw aanzienlijk verbeteren, wat bijdraagt aan het klimaatonderzoek.

## Besluiten

We verzamelden zorgvuldig alle informatie over het seismisch archief van de KSB, samen met de metadata. Onze beslissing om ons te concentreren op Galitzin-gegevens werd ingegeven door de hoge respons van de instrumenten in de microseismische frequentieband, waardoor ze ideale proxies zijn voor de analyse van de toestand van de zee. We ontwikkelden een algoritme om digitale seismische golfvormen te vectoriseren en te extraheren uit gescande seismogrammen met behulp van traditionele computervisietechnieken, aangevuld met een aparte module die gebruik maakt van diepe neurale netwerken om complexere scenario's aan te pakken, zoals het doorkruisen van lijnen door gebeurtenissen met een hoge amplitude, zoals aardbevingen. We hebben ook een hulpmiddel ontwikkeld om gevectoriseerde golfvormen te vergelijken met

theoretische microseismische groundbewegingen afgeleid van de WaveWatch III oceanische modellen, wat een eerste validatie van de tijdreeksen mogelijk maakt.

Het werk dat binnen dit project is uitgevoerd, wordt voortdurend verder ontwikkeld om ervoor te zorgen dat het blijvend bruikbaar is voor een zo breed mogelijk publiek. Verder heeft het project belangrijke bijdragen geleverd aan de bredere wetenschappelijke gemeenschap door de oprichting van werkgroepen, deelname aan internationale initiatieven, het aanbieden van trainingen en doorlopende bijdragen aan een boekhoofdstuk. Naast gerichte outreach-inspanningen binnen de wetenschappelijke gemeenschap werden ook initiatieven ondernomen om het grote publiek erbij te betrekken.

Bovendien heeft het project nieuwe wegen van onderzoek en samenwerking gekatalyseerd, met inbegrip van een masterproef in machinaal leren, en heeft het gezorgd voor nuttige synergieën met andere projecten aan de Koninklijke Sterrenwacht van België, zoals Belshake.

## Trefwoorden

Oude seismogrammen, microseismiek, seismische ruis, oceaanstormen, computervisie, diepe neurale netwerken, analoge gegevens.