

## EXTENDING MARINE GIS CAPABILITIES: 3D REPRESENTATION OF FISH AGGREGATIONS USING DELAUNAY TETRAHEDRALIZATION AND ALPHA SHAPES

Valérie Carette<sup>1,2</sup>, Mir Abolfazl Mostafavi<sup>1,2</sup>, Rodolphe Devillers<sup>3,1,2</sup>, George Rose<sup>4,1</sup> and Leila Hashemi Beni<sup>1,2</sup>

1 Département des sciences géomatiques, Université Laval, Québec

2 Centre de recherche en géomatique (CRG), Université Laval, Québec

3 Department of Geography, Memorial University of Newfoundland, St. John's

4 Fisheries Conservation Chair, Marine Institute, St. John's, Newfoundland

Geographic information systems (GIS) are generally used for representation, analysis and management of marine resource data. One of the most important resources intensively studied by marine biologists is fish stock dynamics. Fish aggregations are a fundamental component of fish stock dynamics that must be well understood to establish efficient recovery strategies in the context of declining aquatic resources. Despite many interesting capabilities of current GIS, these tools are prone to problems due to the 3D and dynamic nature of the marine data, including fisheries data. This paper proposes a new approach for modelling and visualizing fish aggregations in a 3D space. The proposed approach is based on an integrated approach using dynamic Delaunay tetrahedralization and the a-shapes 3D clustering algorithm. The proposed approach is first validated using several experimental data sets. Next, it is applied to acoustic fisheries data to extract, visualize and analyze fish aggregations. The proposed approach also has the potential for tracking and studying fish dynamics and behaviour, if needed. At the end of the paper, some results are presented, and the benefits and limitations of the proposed 3D model are discussed.

Les systèmes d'information géographique (SIG) sont généralement utilisés pour la représentation, l'analyse et la gestion des ressources marines. L'un des sujets les plus étudiés par les biologistes marins est la dynamique et l'habitat des stocks de poissons. Les agrégations de poissons constituent un élément fondamental de la dynamique des stocks de poissons qui doit être compris afin d'établir des stratégies de reconstruction efficaces des ressources halieutiques en déclin. Malgré les capacités intéressantes présentées par les SIG actuels, ces outils sont limités en raison de la nature 3D et dynamique des données marines telles que les données de pêche. Cet article propose une nouvelle approche pour modéliser et visualiser des agrégations de poissons dans un espace 3D. L'approche proposée est basée sur une méthode intégrée utilisant la tétraédralisation Delaunay et dynamique ainsi que l'algorithme de clustering 3D des a-shapes. Dans un premier temps, l'approche proposée est validée en utilisant plusieurs jeux de données expérimentaux. Ensuite, elle est appliquée à des données acoustiques de pêche pour extraire, visualiser et analyser les agrégations de poissons. L'approche proposée présente également un potentiel pour le suivi et l'étude de la dynamique et du comportement des poissons. À la fin de l'article, quelques résultats sont présentés et les avantages et inconvénients du modèle 3D proposé sont discutés.

SEASCAPE GEOVISUALIZATION FOR MARINE PLANNING

Rosaline Canessa, Department of Geography, University of Victoria, British Columbia

Landscape visualization, integrating geographic information science and virtual reality, has been used as a tool for decision support and public engagement in land-use planning, particularly by enabling representation and exploration of different development scenarios. Given the comparative lack of experiential knowledge most of us have of the marine environment and its inherent 4D nature—where the sea surface, water column, seabed and sub-bottom are dynamic and all are integral to the distribution of natural processes and human activities—seascape geovisualization has lagged behind landscape visualization. This paper explores the opportunities and challenges of geovisualization for marine planning, with an emphasis on seabed visualization. Research to arrive at a new seascape geovisualization paradigm is rooted in various technologies and techniques; namely geographic information systems, landscape visualization, ocean modelling, gaming and virtual reality. Technological advances, however, must be informed by a user requirements analysis and evaluation of visualization effectiveness for marine planning.

La visualisation des paysages terrestres, intégrant les sciences de l'information géographique et la réalité virtuelle, a été utilisée comme outil d'aide à la décision et de mobilisation du secteur public pour l'aménagement du territoire, en permettant particulièrement la représentation et l'examen de différents scénarios de développement. En raison du manque relatif de connaissances expérientielles que la plupart d'entre nous ont de l'environnement marin et de sa nature quadridimensionnelle inhérente—où la surface de l'eau, la colonne d'eau, le fond marin et son sous-sol sont dynamiques et tous intégrés à la distribution des processus naturels et des activités humaines—la géovisualisation des paysages marins accuse un retard par rapport à la visualisation des paysages terrestres. Cet article examine les possibilités et les défis de la géovisualisation pour la planification marine en mettant l'accent sur la visualisation des fonds marins. La recherche, visant à trouver un nouveau paradigme pour la géovisualisation des paysages marins, est enracinée dans diverses technologies et techniques, notamment les systèmes d'information géographique, la visualisation des paysages terrestres, la modélisation des océans, les simulations et la réalité virtuelle. Les progrès technologiques doivent toutefois être éclairés par une analyse des besoins des utilisateurs et une évaluation de l'efficacité de la visualisation pour la planification marine.

#### WATER MODELER: A COMPONENT OF A COASTAL ZONE DECISION SUPPORT SYSTEM TO GENERATE FLOOD-RISK MAPS FROM STORM SURGE EVENTS AND SEA-LEVEL RISE

Tim L. Webster and Roger Mosher, Applied Geomatics Research Group, Centre of Geographic Sciences, Nova Scotia Community College, Middleton, Nova Scotia

Mike Pearson, GeoNet Technologies Inc., Central Badeque, Prince Edward Island

This paper outlines a new software tool, Water Modeler, which is a component of a Coastal Zone Decision Support System. The Water Modeler can analyze a time series of

water-level records (tide gauge observations) to determine the risk associated with a high water level from a storm surge event or long-term sea-level rise. The new tool has been applied in two case studies in Nova Scotia, Canada, where coastal flood-risk maps have been derived from high-resolution LiDAR digital elevation models. The first case study is for Annapolis Royal on the Bay of Fundy side of the province, while the second looks at the Kingsburg area of Lunenburg County on the Atlantic shore. The Saint John, New Brunswick, and Halifax tide gauge records were used for Annapolis Royal and Kingsburg, respectively, in the Water Modeler to examine the risks of coastal flooding. The Groundhog Day storm of 1976, which caused coastal flooding around the Bay of Fundy, was used as a benchmark for Annapolis Royal. At current rates of sea-level rise, 22 cm/century, the average return period of this water level is 43 years (65 percent probability) and there is a very high probability (99 percent) that it will reoccur within 121 years. If relative sea-level rise rates increase to 80 cm/century from climate change, then the average return period reduces to 23 years, and there is a 99 percent probability of reoccurrence within 55 years. The benchmark storm used from the Halifax water record was Hurricane Juan, which occurred in September 2003. The cumulative flood-level probabilities were calculated for this water level and a return period of 95 years was determined, with an average return period of 52 years (65 percent probability) under current sea-level conditions. The combination of geomatics tools, such as high-resolution LiDAR digital elevation models (DEMs) for coastal flood inundation and the Water Modeler to estimate the associated risk, allows coastal communities to better plan for the future.

Cet article décrit un nouvel outil logiciel, le Water Modeler, qui est une composante d'un système d'aide à la décision pour les zones côtières. Cet outil peut analyser une série chronologique d'enregistrements du niveau des eaux (observations de marégraphes) pour déterminer les risques associés à un niveau élevé de l'eau résultant d'une onde de tempête ou d'une élévation du niveau de la mer à long terme. Le nouvel outil a été utilisé pour deux études de cas en Nouvelle-Écosse, au Canada, où des cartes de risques d'inondations côtières ont été dérivées de modèles numériques d'élévation dérivés de LiDAR à haute résolution. La première étude de cas est celle d'Annapolis Royal, sur la côte de la Baie de Fundy, alors que la seconde examine le secteur de Kingsburg du comté de Lunenburg, sur la côte atlantique. Les enregistrements du marégraphe de Saint John, au Nouveau-Brunswick, et les enregistrements du marégraphe de Halifax, ont été utilisés par l'outil dans le cas d'Annapolis Royal et de Kingsburg, respectivement, pour examiner les risques d'inondation côtière. La tempête du jour de la marmotte de 1976 qui a causé une inondation côtière autour de la baie a été utilisée comme étalon pour Annapolis Royal. Au taux actuel d'élévation du niveau de la mer de 22 cm par siècle, la période moyenne de récurrence de ce niveau de l'eau est de 43 ans (probabilité de 65 p. cent) et il existe une probabilité très élevée (99 p. cent) qu'elle se reproduise d'ici 121 ans. Si le taux relatif d'élévation du niveau de la mer augmente à 80 cm par siècle en raison des changements climatiques, la période moyenne de récurrence est alors réduite à 23 ans et il existe une probabilité de l'ordre de 99 p. cent d'une nouvelle occurrence d'ici 55 ans. La tempête étalon utilisée pour les enregistrements du marégraphe de Halifax était l'ouragan Juan qui s'est produit en septembre 2003. Les probabilités cumulatives du niveau d'inondation ont été calculées pour ce niveau de l'eau et une période de

réurrence de 95 ans a été déterminée avec une période moyenne de récurrence de 52 ans (probabilité de 65 p. cent) selon les conditions actuelles du niveau de la mer. La combinaison des outils de géomatique tels que les modèles numériques d'élévation de LiDAR à haute résolution pour les inondations côtières et du Water Modeler pour évaluer les risques connexes permettent aux collectivités côtières de mieux planifier pour l'avenir.

## A FUZZY SEGMENTATION-BASED APPROACH TO EXTRACTION OF COASTLINES FROM IKONOS IMAGERY

Yu Li, Jonathan Li and Yao Lu, Department of Geography and Environmental Management, University of Waterloo, Waterloo, Ontario

This paper presents a new approach to effective and accurate extraction of coastlines from commercial high-resolution satellite imagery. The approach is based on a fuzzy segmentation algorithm, which models segmentation of a colour image as a fuzzy c-partition and uses colour histogram analysis and a genetic algorithm to determine the number of clusters and optimal fuzzy c-partition, respectively. After segmenting the satellite image into homogenous regions based on colour similarity, the segmented regions are classified into water and land semiautomatically. Then, morphological operations are applied to filter noise in the classified images. The coastline is finally extracted from the filtered images by a delineation algorithm. The developed approach is tested by using 1 m resolution IKONOS pan-sharpened imagery. The effectiveness of the algorithm is demonstrated by the experimental results and accuracy evaluation.

Cet article expose une nouvelle approche pour extraire de manière efficace et précise les lignes de côte à partir d'images satellitaires commerciales à haute résolution. L'approche est fondée sur un algorithme de segmentation flou qui modélise la segmentation d'une image en couleurs comme une partition de couleurs floue et utilise une analyse de l'histogramme de couleurs et un algorithme génétique pour déterminer respectivement le nombre de groupements et la partition de couleurs floue optimale. Après la segmentation de l'image satellitaire en régions homogènes en fonction de la similarité des couleurs, les régions segmentées sont regroupées manuellement en classes d'eau et de terre. Puis, des opérations morphologiques sont appliquées pour filtrer les bruits dans les images classifiées. Les lignes de côte sont finalement extraites des images filtrées par un algorithme de délimitation. L'approche développée est vérifiée en utilisant des images IKONOS d'une résolution d'un mètre dont la netteté est maximisée. L'efficacité de l'algorithme est démontrée par l'évaluation des résultats expérimentaux et de la précision.

## UNDERWATER CARTOGRAPHY FOR ARCHAEOLOGY IN THE VENUS PROJECT

P. Drap, J. Seinturier<sup>1</sup>, G. Conte, A. Caiti, D. Scaradozzi, S.M. Zanoli<sup>2</sup>, P. Gambogi<sup>3</sup>

1 LSIS Laboratoire des Sciences de l'Information et des Systèmes, France

2 ISME - Interuniversity Centre for Integrated Systems for the Marine Environment, Italy

3 MIBAC-SBAT Ministero per i Beni e le Attività Culturali, Firenze, Italy

This paper describes a suite of automated tools to produce underwater georeferenced cartographic data that includes archaeologically relevant information. The automated data-processing methodology includes data acquisition, building a 3D model of the site and the final virtual-reality rendering. This paper outlines the methodology developed, with the exception of the final step, and describes results of this approach from the Pianosa 2006 mission, which was part of the European Union Project VENUS (Virtual ExploratioN of Underwater Sites). The data-acquisition system includes a Remotely Operated Vehicle (ROV) to collect optical data for photogrammetric processing. The optical data are geo-referenced through the use of an acoustic positioning system. The optical images and ROV navigation data are saved on-line. The optical data are processed off-line through standard photogrammetric techniques to obtain a 3D Digital Terrain Model (DTM). Archaeological artifacts at the site are identified on the DTM, and 3D virtual models of the objects are inserted into the final representation. Metadata, including the sequential processing steps to obtain the virtual model of the artifacts, are stored in a purpose-built data-base system. Evaluation of archaeologists regarding use of the final cartographic instrument must take into account the accuracy in the 3D model reconstruction.

Ce document décrit un ensemble d'outils automatisés pour produire des données sous-marines cartographiques géoréférencées qui contient des renseignements pertinents du point de vue archéologique. La méthodologie automatisée de traitement des données comprend l'acquisition des données, la création d'un modèle du site en 3D et le produit final représentant la réalité virtuelle. Ce document résume la méthodologie développée sauf la dernière étape et décrit les résultats de cette approche obtenue de la mission Pianosa 2006 qui faisait partie du projet VENUS (Virtual ExploratioN of Underwater Sites) de l'Union européenne. Le système d'acquisition des données comprend un véhicule téléguidé (VTG) pour collecter les données optiques pour le traitement photogrammétrique. Les données optiques sont géoréférencées à l'aide d'un système de positionnement acoustique. Les images optiques et les données de la navigation du VTG sont sauvegardées en ligne. Les données optiques sont traitées hors ligne à l'aide des techniques normales de photogrammétrie pour obtenir un modèle numérique de terrain (MNT) 3D. Les artefacts archéologiques sur le terrain sont identifiés sur le MNT et les modèles virtuels 3D des objets sont insérés dans la représentation finale. Les métadonnées, y compris les étapes du traitement séquentiel pour obtenir le modèle virtuel des artefacts, sont entreposées dans un système de données bâti à cette fin. L'évaluation des archéologues de l'utilisation de l'instrument cartographique final doit prendre en compte l'exactitude de la reconstruction du modèle 3D.