

## **Automatic Change Detection and Updating of Topographic Databases by Using Satellite Imagery: A Level Set Approach**

Mohand Saïd Allili and Djemel Ziou

In order to keep up-to-date geospatial data in topographic databases, automatic change detection and data updating is required. In the present paper, we investigate the automatic change detection of geospatial data by using level set active contours. We propose an approach that is based on region comparison between two multi-temporal datasets. Firstly, the regions are extracted from two co-registered images taken apart in time by using level set based active contours segmentation. Then, the change detection is performed by spatially comparing the resulting region segments from the two images. The approach is validated by experiments relating to the change detection of lake surfaces by using Landsat7 multi-spectral imagery.

Afin de maintenir à jour les données géospatiales dans les bases de données topographiques, une détection automatique des changements et une mise à jour automatique des données sont nécessaires. Dans cet article, nous étudions la détection automatique des changements des données géospatiales à l'aide des contours actifs basés sur les ensembles de niveaux. Nous proposons une approche qui est basée sur une comparaison régionale entre deux jeux de données multitemporels. Premièrement, les régions sont extraites de deux images coenregistrées prises à des moments différents en utilisant la segmentation des contours actifs basés sur les ensembles de niveaux. La détection des changements s'accomplit ensuite en comparant spatialement les segments régionaux découlant des deux images. L'approche est validée par des expérimentations relatives à la détection des changements des surfaces de lacs à l'aide de l'imagerie multispectrale Landsat7.

## **Geo-Mass: Modeling Massive Terrain in Real-Time**

Russel A. Apu and Marina L. Gavrilova

We present a salient method to model and render massively large terrain objects in real-time using a novel method called Adaptive Loop Subdivision. Our method offers efficient server-end storage of Digital Elevation Models, progressive transmission, and efficient adaptive visualization of massive amounts of spatial data in the three dimensional space. The method we present is specifically useful for GIS visualization due to the novel smoothness control and hierarchical data organization inherent in the proposed method. The method allows a dynamic viewer dependent refinement of the visible part of a terrain mesh in real-time by optimally adapting the level of detail of a dynamic mesh in progressions of smooth transitions. We show that the proposed method is robust and efficient in terms of performance and quality, as compared to existing methods.

Nous présentons une méthode novatrice pour modéliser et rendre des objets de terrain massivement étendu en temps réel à l'aide d'une nouvelle méthode appelée Adaptive Loop Subdivision (subdivision par boucles adaptées). Notre méthode offre un stockage efficace sur serveur des modèles altimétriques numériques, la transmission progressive et la visualisation adaptative efficace de quantités massives de données spatiales dans l'espace tridimensionnel. La méthode que nous présentons est particulièrement utile pour la visualisation des SIG en raison du nouveau contrôle de lissage et de l'organisation hiérarchique des données inhérente à la méthode proposée. La méthode permet le raffinement dépendant d'un visualisateur dynamique de la partie visible d'une portion de terrain en temps réel en adaptant de façon optimale le niveau de détail d'une portion dynamique selon une progression de transitions douces. Nous montrons que la méthode proposée est robuste et efficace quant au rendement et à la qualité, comparativement aux méthodes existantes.

## **Reserve Network Design Combining Spatial Graph Theory and Species' Spatial Requirements**

Patrick James, Bronwyn Rayfield, Andrew Fall, Marie-Josée Fortin and Geneviève Farley

Management decisions regarding conservation reserve design are dependent on our ability to characterize landscape spatial heterogeneity and its effects on species biodiversity and persistence. Understanding species' spatial habitat requirements in fragmented forested landscapes can increase our ability to maintain species biodiversity at the landscape scale. We combine spatial graph theory and spatial species' requirements to identify

networks of patches that maximize habitat connectivity in multi-use forested landscapes with a fixed conservation area. A case study is presented to illustrate the utility of spatial graph and geomatics approaches to reserve design using boreal forest data from Quebec. This research demonstrates that spatial graph based connectivity analysis can help support well-informed landscape level management decisions.

Les décisions administratives concernant la conception des réserves de conservation dépendent de notre capacité à caractériser l'hétérogénéité spatiale du paysage et ses effets sur la biodiversité et la persistance des espèces. La compréhension des besoins en terme d'habitat spatial des espèces dans les paysages boisés fragmentés peut augmenter notre capacité à maintenir la biodiversité des espèces à l'échelle du paysage. Nous combinons la théorie des graphes spatiaux et les besoins spatiaux des espèces pour déterminer des réseaux de parcelles qui optimisent la connectivité des habitats dans des paysages boisés polyvalents avec une zone de conservation fixe. Une étude de cas est présentée pour illustrer l'utilité des approches des graphes spatiaux et de la géomatique pour la conception des réserves à l'aide de données sur la forêt boréale du Québec. Cette recherche démontre que l'analyse de la connectivité basée sur les graphes spatiaux peut aider à soutenir des décisions éclairées sur la gestion du paysage.

## **Toward an Improved Orthometric Height System for Canada**

Robert Kingdon, Petr Vaníček, Marcelo Santos, Artu Ellmann and Robert Tenzer

Heights in Canada are defined in the system of orthometric heights, according to a method proposed by Helmert in 1890. However, much development in the theory of heights has been done since then, leading to a more rigorous definition of orthometric heights. The new definition takes into account the effects of terrain roughness, laterally varying anomalous topographical density, and the NT geoid-generated gravity disturbance, which are not considered in the Helmert method. This paper presents a calculation of corrections to Helmert orthometric heights, to update them to the more rigorous definition. The corrections for each effect, as well as a total correction comprising all three effects, are evaluated for a Canadian test area which includes several types of terrain. The correction is found to reach decimetres in some mountainous areas.

Au Canada, les hauteurs sont définies dans le système des hauteurs orthométriques selon une méthode proposée par Helmert en 1890. Toutefois, beaucoup de travail théorique sur les hauteurs a été accompli depuis, conduisant à une définition plus rigoureuse des hauteurs orthométriques. La nouvelle définition tient compte des effets de la rugosité du terrain, de la densité topographique anormale variable latéralement et de la perturbation de la gravité du géoïde de la TN, qui ne sont pas considérés dans la méthode de Helmert. Cet article présente un calcul des corrections des hauteurs orthométriques de Helmert, les mettant à jour selon la définition plus rigoureuse. Les corrections pour chaque effet, ainsi que la correction totale comprenant les trois effets, sont évaluées pour une zone d'essai au Canada qui comprend plusieurs types de terrains. La correction peut atteindre quelques décimètres dans certaines zones montagneuses.

## **Accurate INS/DGPS Positioning Using INS Data De-Noising and Autoregressive (AR) Modeling of Inertial Sensor Errors**

Sameh Nassar

In many navigation applications, the integrated system of Inertial Navigation System (INS) and a Differential Global Positioning System (DGPS) has become a standard tool. In such systems, the INS provides position, velocity and orientation while the GPS provides velocity and position for updating the INS solution and calibrating the INS errors. One of the major problems that affect the INS/DGPS accuracy is the existence of frequent GPS signal blockages. During such periods, the INS provides position and velocity as a stand-alone system until GPS signals are available again. In this case, position errors increase rapidly with time due to the time-dependent error behaviour of INS stand-alone navigation. Such position errors are mainly governed by the quality of the inertial measurements and the implemented INS error model. Therefore, the main objective of this paper is to improve positioning accuracy during DGPS outages. To achieve this goal, two tasks are addressed, namely: improving the quality of inertial data and using better INS error models. The former task will be obtained by applying wavelet de-noising techniques. For the second task, Autoregressive (AR) processes will be used. Then a combination of both proposed techniques is implemented. To test the performance of INS data de-noising and AR modeling, two INS/DGPS data

sets are utilized. The results show that the proposed algorithm of combining INS data de-noising and INS sensor error AR modeling has improved positioning accuracy by more than 40% during DGPS outage periods.

Dans de nombreuses applications de navigation, le système intégré composé d'un système de navigation par inertie (SNI) et d'un système de positionnement global différentiel (SPGD) est devenu un outil standard. Dans ces systèmes, le SNI présente la position, la vitesse et l'orientation alors que le SPG fournit la vitesse et la position pour mettre à jour la solution du SNI et calibrer ses erreurs. Un des grands problèmes qui affectent l'exactitude du SNI-SPGD est l'existence de blocages fréquents des signaux du SPG. Durant ces périodes, le SNI présente la position et la vitesse comme un système autonome jusqu'à ce que les signaux du SPG redeviennent disponibles. Dans ce cas, les erreurs de position augmentent rapidement avec le temps en raison du comportement d'erreurs qui dépend du temps de la navigation autonome du SNI. Ces erreurs de position sont principalement régies par la qualité des mesures inertielles et le modèle d'erreurs du SNI mis en oeuvre. Par conséquent, le principal but de cet article est d'améliorer l'exactitude du positionnement durant les pannes du SPGD. Pour réaliser ce but, deux tâches sont accomplies, soit : améliorer la qualité des données inertielles et utiliser de meilleurs modèles d'erreurs du SNI. La première tâche sera obtenue en appliquant des techniques de débruitage des ondelettes. Pour la deuxième tâche, des processus autorégressifs seront utilisés. Ensuite, une combinaison des deux techniques proposées est mise en oeuvre. Pour tester le rendement du débruitage des données du SNI et de la modélisation par processus autorégressifs, deux jeux de données du SNI-SPGD sont utilisés. Les résultats montrent que l'algorithme proposé combinant le débruitage des données du SNI et la modélisation autorégressive des erreurs des capteurs du SNI ont amélioré l'exactitude du positionnement de plus de 40 % durant les périodes de panne du SPGD.

## **Spatial Multi-State Models with Application to Revascularization Intervention in Quebec**

F. Nathoo and C.b. Dean

Follow-up medical studies often collect longitudinal data on patients. Multi-state models can be useful in such longitudinal studies where at any point in time, an individual may be said to occupy one of a discrete set of states, and interest centres on determining what influences transitions between states. For example, states may refer to the number of recurrences of an event, or the stage of a disease. In this project, statistical methodology for the analysis of this type of longitudinal data is developed with the added feature of examining how the rate of transitions differs spatially over a region. The application sets the context for the analysis and it is a study of revascularization intervention in Quebec. We consider patients with acute coronary syndrome throughout the 139 local health units of Quebec and analyze re-admissions over a three-year period, specifically, spatial differences in the rates of re-admissions over the local health regions.

Les études médicales de suivi collectent souvent des données longitudinales sur les patients. Des modèles multidimensionnels peuvent être utiles dans ces études longitudinales où, à n'importe quel moment dans le temps, on peut dire qu'une personne occupe un ensemble discret d'états et l'intérêt consiste à déterminer ce qui influence les transitions entre les états. Par exemple, les états peuvent référer au nombre de récurrences d'un événement ou au stade d'une maladie. Dans ce projet, la méthodologie statistique pour l'analyse de ce type de données longitudinales est établie avec la caractéristique ajoutée de l'examen de la façon dont le rythme des transitions diffère spatialement dans une région. L'application établit le contexte de l'analyse et il s'agit d'une étude de l'intervention pour la revascularisation au Québec. Nous considérons des patients présentant un syndrome coronaire aigu dans les 139 unités de santé locales du Québec et nous analysons les réadmissions sur une période de trois ans, spécifiquement les différences spatiales dans les taux de réadmissions des régions locales de la santé.

## **Extraction of Road Networks Using Pan-Sharpended Multispectral and Panchromatic Quickbird Images**

Ruisheng Wang, Yong Hu and Xinmei Zhang

Traditional multispectral classification-based road extraction methods separate roads from other ground features according to spectral characteristics of individual pixels. To make use of the spatial properties of high-resolution satellite images, in this paper, we integrate spectral information from a multispectral (MS) image with spatial information from a panchromatic (Pan) image for road extraction through a pan-sharpening technique and an edge-

aided re-classification algorithm. First, the low-resolution MS image is fused with the high-resolution Pan image. Then, the pan-sharpened image is classified to identify the road class that may include non-road objects. The classified roads are subsequently segmented and re-classified using the directional texture information from the classified road image and the edge information from the Pan image. By utilizing the texture, edge, shape, and size properties, the non-road objects, including small driveways, house roofs, and parking lots can be effectively removed. The quality assessments in urban areas show that the completeness and correctness of the major roads extracted in terms of their lengths are better than 90% and 97%, respectively.

Les méthodes d'extraction routière basées sur la classification multispectrale traditionnelle séparent les routes des autres caractéristiques du sol selon les caractéristiques spectrales des pixels individuels. Pour faire usage des propriétés spatiales d'images satellitaires haute résolution, dans cet article, nous intégrons l'information spectrale d'une image multispectrale à l'information spatiale d'une image panchromatique pour l'extraction routière par une technique d'affinage global et un algorithme de reclassification basée sur les contours. Premièrement, l'image multispectrale à faible résolution est fusionnée à l'image panchromatique à haute résolution. Ensuite, l'image affinée est classifiée pour déterminer la classe de routes qui peut comprendre des objets non routiers. Les routes classifiées sont ensuite segmentées et reclassifiées à l'aide de l'information de la texture directionnelle de l'image des routes classifiées et de l'information sur les contours de l'image panchromatique. En utilisant la texture, le contour, la forme et la dimension, les objets non routiers, par exemple les petites entrées, les toitures des maisons et les parcs de stationnement peuvent être enlevés efficacement. Les évaluations de la qualité en milieu urbain montrent que l'intégralité et la justesse des principales routes extraites quant à leur longueur sont meilleures que 90 % et 97 %, respectivement.

## **Introduction du concept de patrons géométriques et application aux bâtiments afin de faciliter leur généralisation cartographique à la volée**

M.N. Sabo, A. Cardenas, Y. Bédard et E. Bernier

Malgré d'importants progrès réalisés ces dernières années, la généralisation cartographique automatique reste encore une tâche difficile qui demande le plus souvent une intervention humaine. Pour cette raison, les solutions actuelles basées sur l'exploitation d'algorithmes ne peuvent pas à elles seules répondre aux exigences des nouvelles applications comme la cartographie sur le Web qui nécessitent une généralisation à la volée. Cet article présente le concept de patrons géométriques, qui sont des formes communes à plusieurs objets cartographiques, et propose leur utilisation au sein d'un processus de généralisation cartographique. Ainsi, au lieu de généraliser un objet cartographique (ex. : un bâtiment) par le biais d'algorithmes de généralisation afin d'assurer une bonne lisibilité de la carte, un patron géométrique est utilisé pour remplacer l'objet. Pour cela, le patron géométrique est ajusté à la géométrie de l'objet par l'intermédiaire d'opérations très simples comme la rotation et le déplacement. Un même patron peut servir à plusieurs centaines d'occurrences d'objets et seul un nombre minimum de paramètres distinguant chaque relation patron-objet est nécessaire. Les premiers tests démontrent que les patrons géométriques présentent une performance de cinq à vingt-sept fois supérieure à celle des approches de généralisation utilisant des algorithmes.

Despite significant progress made over the last few years, automatic cartographic generalization remains a difficult task, that more often than not, requires human intervention. That is why current solutions based on the use of algorithms alone cannot meet the requirements of new applications such as Web-based cartography, which requires on-the-fly generalization. This paper presents the concept of geometric patterns—shapes common to several cartographic objects—and proposes their use as part of a cartographic generalization process. Thus, instead of generalizing a cartographic object (e.g., a building) using generalization algorithms to ensure good map readability, a geometric pattern is used to replace the object. For this purpose, the geometric pattern is adjusted to the object's geometry using very simple operations such as rotation and displacement. A single pattern can be used for several hundred occurrences of objects, and only a minimal number of parameters distinguishing each pattern-object relation are required. Early tests show that geometric patterns perform four to twenty-seven times better than generalization approaches using algorithms.

## **Spatial Modeling and Analysis of Adjusted Residuals Over a Network of GPS-Levelling Benchmarks**

G. Fotopoulos and M.G. Sideris

The idea of using a parametric surface to spatially model the datum discrepancies and systematic effects inherent when combining GPS, geoid, and orthometric heights has become standard practice. The types of parametric models used vary from simple planar surfaces to more complex polynomial type surfaces of higher degree, to name a few. In general, the process applied for selecting the best model in a particular region suffers from a high degree of arbitrariness both in choosing the model type and in assessing its performance. In order to address these issues, several statistical and empirical tests are applied to the results of the combined least-squares adjustment of ellipsoidal, orthometric, and geoid heights. This procedure also helps to evaluate the significance of the estimated parameters for a general surface, which can be used to form a more simplified trend model. It is assumed throughout the process that reliable information for the statistical behaviour of the GPS, geoid, and orthometric data is available in order for the results to be meaningful. In this paper, a detailed description of a semi-automated program designed for implementing the aforementioned approach is provided. Specifically, the operation of the program requires the user to select between two pre-specified families of parametric surfaces, namely (i) polynomial models up to 4th degree and (ii) similarity-based transformation model and its more simplified forms. Numerical tests of this methodology are demonstrated through the use of regional height data from Switzerland and Canada. Overall, this procedure proves to reduce some of the arbitrariness associated with selecting parametric surfaces for GPS-levelling.

L'idée d'utiliser une surface paramétrique pour modéliser spatialement les écarts de référence et les effets systématiques inhérents lorsque l'on combine les hauteurs ellipsoïdales (GPS), celles au-dessus du géoïde et les hauteurs orthométriques est devenue pratique courante. Les types de modèles paramétriques utilisés varient de simples surfaces planaires à des surfaces de type polynomial plus complexes de degré supérieur, pour n'en nommer que quelques-uns. En général, le processus appliqué pour choisir le meilleur modèle dans une région particulière est hautement arbitraire tant pour le choix du type de modèle que pour évaluer son rendement. Afin de régler ces problèmes, plusieurs tests statistiques et empiriques sont appliqués aux résultats de la compensation par moindres carrés combinée des hauteurs ellipsoïdales, orthométriques et du géoïde. Cette procédure aide également à évaluer l'importance des paramètres estimés pour une surface générale, qui peut être utilisée pour constituer un modèle de tendance plus simplifié. Tout au long du processus, on suppose que de l'information fiable pour le comportement statistique des données GPS, du géoïde et orthométriques est disponible afin que les résultats soient significatifs. Dans cet article, une description détaillée d'un programme semi-automatisé conçu pour mettre en oeuvre l'approche susmentionnée est présentée. Plus particulièrement, le fonctionnement du programme nécessite que l'utilisateur choisisse entre deux familles préétablies de surfaces paramétriques, soit (i) les modèles polynomiaux jusqu'au quatrième degré et (ii) le modèle de transformation basée sur la similitude et ses formes plus simplifiées. Des tests numériques de cette méthodologie sont démontrés par l'utilisation des données de hauteurs régionales de la Suisse et du Canada. Dans l'ensemble, cette procédure réduit en partie le caractère arbitraire associé à la sélection des surfaces paramétriques pour le nivellement GPS.