

L'ÉVALUATION DES CATASTROPHES NATURELLES EN MILIEU URBAIN PAR TÉLÉDÉTECTION, PHOTOGRAMMÉTRIE ET TECHNOLOGIES GIS

FLOREA ZAVOIANU*, LUCIAN TURDEANU* et LIVIU DINULESCU*

* Faculté de géodésie, Université technique de constructions de Bucarest, 124, b-oul Lacul Tei, Sector 2, Bucarest, Roumanie; téléphone : + 40 01 242 12 08; télécopieur : + 40 01 242 07 81; e-mail : zavoianu@pcnet.ro

KEY WORDS: photogrammétrie, catastrophes naturelles, change detection, SIG, modèle 3D, télédétection.

ABSTRACT

In this paper we present the basic principles and the preliminary results obtained from observing the aerial photographs, video recordings and the data collected in the field, for an urban area, aiming to observe the natural disasters (earthquakes, floods, slides, fire) and to evaluate their effects. Based on these data, after the data processing and photointerpretation of stereograms taken before the disaster, it was built a three-dimensional model (3D) as reference for the whole urban area to be tested in the city of Bucharest. After the disaster, it is established the affected area by it for which it is built a 3D model. For the building of this model we utilize video recordings SVHS taken from helicopter from an altitude of 350 m. Through the compared analysis of these two 3D models, built before and after the disaster, there are evaluated the effects of the catastrophe on the tested urban area with an informational system of the territory (SIT). For each building it is established a technical informational system to evaluate in detail the effects of the natural disaster.

RÉSUMÉ

Nous présentons les principes de base et les résultats préliminaires obtenus par le traitement des photographies aériennes, des enregistrements video-graphiques et des données de terrain, pour une zone urbaine, en vue de surveiller les catastrophes naturelles (tremblements de terre, inondations, glissements de terrain, incendies etc.) et d'en évaluer les effets. À partir de ces données, par photo-interprétation des stéréogrammes recueillis avant la catastrophe, on a construit un modèle tridimensionnel (3D) de référence pour toute la zone concernée de la ville de Bucarest. Après la catastrophe, on établit les zones affectées par celle-ci pour lesquelles on construit un modèle 3D d'après la catastrophe. Pour la création de ce modèle on a utilisé les images video-graphiques SVHS prises en hélicoptère à 350 m d'altitude. Par l'analyse comparative des deux modèles 3D établis avant et après la catastrophe, on évalue les effets de celle-ci sur la zone urbaine testée, dans le cadre d'un système informationnel du territoire (SIT). Pour chaque bâtiment, on établit un système d'informations techniques servant à l'évaluation détaillée des effets de la catastrophe.

1. INTRODUCTION

La surveillance des désastres naturels et l'évaluation de leurs effets constituent un problème complexe du fait de l'analyse d'un grand volume de données de nature et de précision diverses. Pour cette opération, il est nécessaire de construire une base de données techniques, dont l'analyse constituera le fondement des décisions administratives. Cette analyse sera plus ou moins détaillée en fonction du niveau auquel sera prise la décision. L'analyse de détails d'un modèle 3D où la quatrième dimension est le temps exige, d'une part, l'utilisation de sources de données homogènes pour des superficies étendues et, d'autre part, des possibilités de collecte précise, rapide et efficace. Un SIT 3D, établi pour une zone urbaine, comprend outre le modèle 3D qui constitue la base technique de données cartographiques et informationnelles concernant: l'occupation et l'utilisation du sol, les ressources naturelles, la valeur du terrain. Ce modèle est complété avec d'autres bases de données portant sur: le système juridique, les sources de pollution, les agents atmosphériques et le climat local, les facteurs socio-économiques concernant la distribution, l'occupation et la structure de la population, les institutions administratives ainsi que les plans d'intervention rapide des divers services publics. Pour la construction d'un tel système, il faut tenir compte de plusieurs facteurs, à savoir les conditions locales notamment: l'équipement informatique disponible; les systèmes de logiciels existants; le personnel technique qui le dessert; le mode d'intégration des diverses sources de données qui doivent être collectées, emmagasinées, organisées, traitées et analysées ensemble; les institutions et les organismes impliqués ainsi que la stratégie de développement socio-économique de la zone concernée. Les zones de changements significatifs sont mises en évidence sur la base de l'exploitation des données satellitaires à haute résolution, zones pour lesquelles le modèle 3D sera établi à grande échelle par voie photogrammétrique. Ce système d'organisation par niveaux d'information offre la possibilité d'intégrer les différentes sources de données tout en effectuant une analyse efficace et rapide des effets des catastrophes naturelles.

Les modèles 3-D ont un large champ d'application. Suivant le matériel et le système de logiciels disponibles, on a la possibilité de choisir la précision de définition des objets ainsi que le niveau de représentation aussi détaillée que possible de ceux-ci. Les domaines d'application de ce modèle étant très divers, nous allons mentionner seulement les plus importants:

- en télécommunications, il est utilisé pour la mise en place des stations d'émission des réseaux de téléphonie sans fil. Comme rayon d'action d'une micro-cellule va de 1 à 30 km (suivant la forme du relief et le type des bâtiments) les données nécessaires pour établir le modèle 3-D approprié résultent de la numérisation des plans topographiques tout en tenant compte de la nature et du type des bâtiments de la zone urbaine concernée;
- dans les voies de communication, la systématisation et l'optimisation des tracés. Dans ce cas, les données nécessaires peuvent être collectées directement sur le terrain, soit obtenus par numérisation des cartes et plans ou par méthodes photogrammétriques;
- dans l'administration locale, il sert à établir les études d'urbanisme et à étudier la pollution dans les sites industriels;
- dans les services de cadastre le modèle 3-D est utilisé pour effectuer les travaux de spécialité dans les secteurs industriel, forestier et agricole;
- dans l'aviation civile, il permet d'assurer les vols à basse altitude, quelles que soient les conditions météorologiques;
- les services de défense civile l'utilisent pour les études de simulation, prévention et évaluation des catastrophes naturelles, glissements de terrain, incendies, tremblements de terre, inondations etc.

2. MÉTHODOLOGIE

Le choix de la méthode de collecte des données de base est fonction de la destination du modèle 3-D à établir. Dans une première étape, on établit les niveaux et les degrés de précision de l'information primaire. Les principales sources de données pour l'élaboration du modèle 3-D de l'espace objet sont: les mesures directes effectuées sur le terrain la numérisation des cartes et plans existents et les déterminations photogrammétriques utilisant des méthodes analytiques (coûteuses et faiblement productives) les stations photogrammétriques numériques ainsi les méthodes semi-automatiques ou automatiques de traitement des images numériques ou numérisées.

Pour l'élaboration de ce modèle on peut également utiliser des photogrammes terrestres numériques ou numérisées ou d'autres images permettant l'insertion de la texture dans le modèle 3-D et la restitution de la variation du paysage et de l'occupation du sol. Dans notre ouvrage, on a utilisé des méthodes photogrammétriques basées sur l'exploitation analytique pour le modèle de référence et en mode comparatif une station numérique photogrammétrique du stéréogramme. La texture a été tirée des photographies terrestres prises au moyen d'une caméra UMK 100, figure 2 et 3. La visualisation du modèle 3-D est, en premier lieu, fonction du matériel et du logiciel dont on dispose; quant à nous, nous avons utilisé une représentation en AutoCad.

Les dégâts provoqués par une catastrophe sont établis en comparant le modèle 3D de référence construit avant la catastrophe par méthodes photogrammétriques (ZAVOIANU and NEDELCU., 1997 ; ZAVOIANU et al., 1997 ; GRÜN, 1996) et le modèle 3D construit après la catastrophe à partir des images vidéo-graphiques prises en hélicoptère. Les changements constatés entre les deux modèles 3D sont analysés dans le cadre d'un système d'information 3D (SIT 3D). L'analyse détaillée des destructions (fissures intérieures, détérioration de l'ossature de bâtiments) ne peut être effectuée que dans le cadre d'un système d'information technique 3D (SITH 3D) de référence (WEINDORF et al., 1997) construit pour chaque bâtiment. Un tel système doit se trouver à la base de l'évaluation des dégâts provoqués par un désastre.

2.1. Création des modèles 3D avant et après catastrophe

La phase ayant pour objet d'évaluer les dégâts se déroule sur la base du modèle 3D établi aussi bien avant qu'après la catastrophe. Le premier modèle, avant catastrophe, doit être établi pour toute la zone urbaine qui pourrait être affectée par un désastre naturel. Pour construire le modèle 3D, qui représente la situation de référence et qui peut être inséré dans le SIT 3D, on a eu recours à la photogrammétrie analytique sur la base de photographies analogiques. L'utilisation des images numériques ou numérisées peut être faite dans le cadre d'un processus automatisé ou semi-automatisé d'exploitation du stéréogramme. Dans notre cas, le modèle 3D a été créé à partir des photographies aériennes de 1994 à l'échelle du 1 : 6 000.

Les données obtenues en utilisant ces photographies ont été incomplètes car, dans les zones urbaines, les ombres et les contrastes des objets ne permettent pas d'identifier avec précision tous les détails. Par la suite, ces données ont dû être complétées avec les données obtenues par numérisation des plans topographiques de la zone concernée à l'échelle du

1 : 2 000. Cette zone comprend trois grands ensembles du centre de la ville de Bucarest. Les bâtiments de cette zone, environ 120, de forme, de structure et d'hauteur très diverses sont les plus anciens de la ville et leur ossature pourrait céder en cas de tremblement de terre. Les détails topographiques recueillis sur le stéréomodèle sont représentés par leur position planimétrique à laquelle sont ajoutés les éléments précisant les connexions et les voisins de chaque détail. Les attributs accompagnant chaque détail précisent ses caractéristiques. Les détails sont groupés par classes d'objets. Il y en a ainsi des détails ponctuels, linéaires et de surface. La base de données est structurée topologiquement, les détails étant reliés entre eux par des entités comme les arcs, les noeuds et les faces. La base contient uniquement des données vectorielles. La création du modèle 3D après catastrophe doit s'effectuer en temps réel pour les zones où des changements importants ont eu lieu et ont été définis lors de la première phase. À cette fin, on doit utiliser les enregistrements vidéo-graphiques réalisés à l'aide des moyens d'intervention rapide, soit hélicoptères ou avions légers de basse altitude. Afin d'établir le modèle 3D de la zone urbaine, les images vidéo-graphiques exigent un traitement préliminaire et leur exploitation s'effectue automatiquement. Pour les travaux expérimentaux que nous avons initiés dans le cadre de ce projet, on a effectué des prélèvements vidéographiques sur la zone testée en utilisant une caméra à haute résolution SVHS à trois altitudes : 80 m, 350 m et 500 m. Le processus technologique défini ainsi que les traitements afférents sont en cours de réalisation et de bons résultats sont à prévoir.

2.2. Détection des changements par la comparaison des deux modèles 3D

En effectuant la comparaison entre le modèle 3D de référence et le modèle établi après catastrophe, les différences entre ces deux modèles ont conduit à l'établissement d'un nouveau modèle 3D avec des changements significatifs. Les changements positifs correspondent aux constructions ou aux reconstructions de la zone urbaine ou sont dus aux phénomènes naturels dans le cas des inondations (alluvions). Les changements négatifs correspondent aux destructions provoquées par les tremblements ou autres phénomènes naturels. Ces changements doivent être analysés de façon détaillée en employant le modèle 3D à grande échelle. La précision avec laquelle on détermine les dégâts est liée à l'échelle des photographies utilisées. Le type de changements détectés se résume à des bâtiments ou à des parties de bâtiments écroulés ; ils peuvent être directement déterminés par mesure sur stéréogrammes ou peuvent être déduits par photo-interprétation de l'image. Les phénomènes naturels (tremblements de terre et inondations) produisent des modifications profondes de la structure intérieure des bâtiments : fissures, déplacements, écroulement des parois, etc. Ces modifications seront mises en évidence en utilisant le SIT 3D construit pour chaque bâtiment. Pour l'établissement du système d'information SITH 3D, on doit utiliser les plans d'exécution, d'aménagement intérieur ainsi que les plans des divers réseaux (eau, chauffage, éclairage, téléphone, etc.) de chaque bâtiment. Ce SITH 3D sera complété avec les autres bases de données socio-économiques, démographiques, etc. L'analyse des modifications à ce niveau doit être effectuée par des travaux sur le terrain.

3. CONCLUSION

Dans cet article, on présente la méthodologie et les résultats préliminaires de l'évaluation des effets des catastrophes naturelles dans une zone urbaine. L'utilisation combinée des données fournies par des photographies aériennes et des levés sur le terrain permet une évaluation à la fois précise, rapide et efficace des effets des catastrophes naturelles. À l'avenir, nos préoccupations ont pour objet de mettre au point une méthodologie permettant d'établir le modèle 3D de façon automatique à partir des images vidéo-graphiques et de celles fournies par les satellites commerciaux à très haute résolution spatiale (0,82 m), reçues en temps réel.

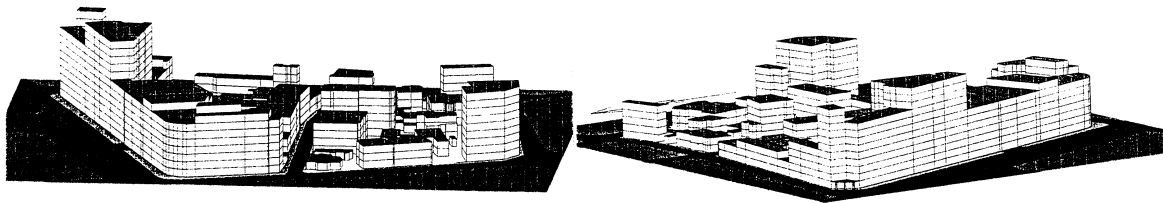
4. REMERCIEMENTS

Cette étude a été menée à la faculté de géodésie de l'UTCB à l'aide du logiciel ERDAS, ARC/INFO et ARC/VIEW mis à notre disposition par Geosystem Romania que trouvent ici l'expression de notre gratitude.

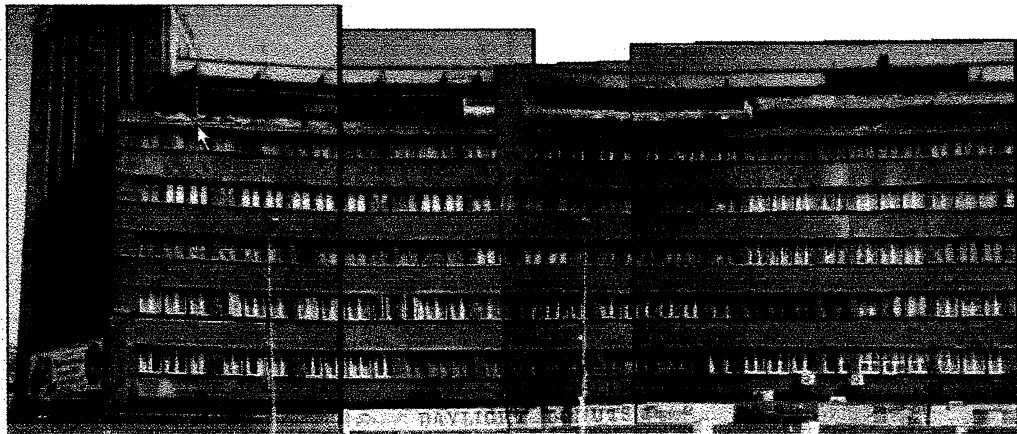
5. RÉFÉRENCES

- FRITZ, W. L. 1996. Commercial Earth Observation Satellites, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. XXXI, Part B4, p. 273-282.
- GRÜN, A. 1996. Generierung und Visualisierung von 3-D Stedtdmodellen. OSIG/GISWISS Séminaire Morges, 16-17 avril, 1996. p. 31/1-31/14.
- KNYIHAR, A. and WINKLER, G. 1993. Environmental Information System and Remote Sensing. Computers, Environment and Urban Systems, vol. 17, n° : 3, p. 217-221.
- KONECNY, G. 1996. International Mapping from Space. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. XXXI, Part B4, p. 465-468.

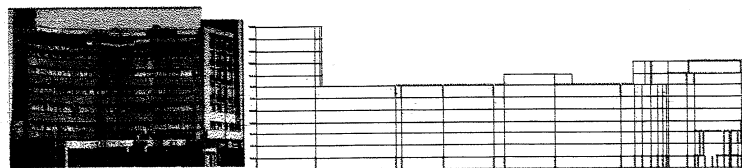
- KURODA, T. and KOIZUMI, S. 1996. Fifth International Research and Training Seminar on Regional Development Planning for Disaster prevention. 9-11 November 1991, Nagoya, Japan, 10 p.
- MARESCH M. and M. GRUBER, 1997, Recording and modeling of building facades for three dimensional city models, in A. Krupnik and M. Fradkin, (Editors) Theoretical and Practical Aspects of Surface Reconstruction and 3-D Object Extraction, Vol. 32, Part 3-2W3, p. 100 - 105, Haifa Israel.
- WEINDORF, M., VÖGTE, T. and BAHR, H.-P. 1997. An Approach for the Detection of Damages in Buildings from Digital Aerial Information. in F. Wenzel, D. Lungu and O. Novak (Editors). Vrancea Earthquakes : Tectonics, Hazard and Risk Mitigation. Kluwer Academic Publishers, Karlsruhe, p.341-348.
- ZAVOIANU, F., NEDELUCU, C. et DINULESCU, L. 1997. Étude de la zone urbaine à l'aide du modèle 3D établi par des méthodes photogrammétriques. Bulletin Scientifique de l'Université technique de constructions de Bucarest, n° 4, p. 31-43.
- ZAVOIANU, F. and NEDELUCU, C. 1997. Urban Area 3-D Model Realized by Photogrammetric methods for Disaster Evaluation, Preliminary Results. in F. Wenzel, D. Lungu and O. Novak (ed.). Vrancea Earthquakes : Tectonics, Hazard and Risk Mitigation. Kluwer Academic Publishers, Karlsruhe, p.333-339.



a)



b)



c)

Figure 1 : Le modèle 3D de la zone urbaine : a) représentation 3D d'un grand ensemble de la zone testée de la ville de Bucarest ; b) et c) insertion des photographies terrestres des façades de bâtiments.