

„Mais au-delà de ces fortifications probables il y a encore une catégorie, de celles possibles, vers la postulation desquelles nous poussent la configuration du terrain d'une zone donnée, l'importance stratégique des certains points ou la complexité des secteurs des fortifications des systèmes avec des raisons évidentes" (Glodariu Ioan, „L'Architecture des Daces", 1983, p. 110)

RÉSUMÉ DE LA THÈSE DE DOCTORAT

APPLICATIONS DES TECHNOLOGIES GÉOSPATIALES EN ARCHÉOLOGIE. LES MODELES PREDICTIFS

Doctorand SABIN SIRGHIE

Chapitre 1. Introduction

Les objectifs de la recherche, la nécessité et l'opportunité

Quant on parle de l'intégration des domaines et des sciences qui contribuent à notre recherche, on distingue trois types d'intégration:

On peut parler donc de Pluridisciplinarité alors que les sciences s'associent dans la recherche sans que la perspective spécifique de chacune subisse des modifications.

On peut parler d'Interdisciplinarité alors que les changements très intenses de fond conduisent à l'élaboration d'un langage et d'une méthodologie communes qui touchent le fond des disciplines concurrentes, tout en le modifiant.

En fin de compte, on parle de Transdisciplinarité alors que l'intégration est si puissante que les résultats se situent en dehors du champ d'étude des disciplines classiques.

Cette étude n'a pas comme but de lancer des interprétations de nature historique. Sans être une étude exhaustive ou complet, le but principal de notre recherche est celui de présenter des méthodes et des techniques modernes de travail interdisciplinaires, qui peuvent compléter ou faciliter la recherche archéologique et historique par l'emploi de la topographie archéologique, de la cartographie, des techniques d'ordinateur et des systèmes informatiques géographiques ou des méthodes prédictives.

Chapitre 2. La définition des concepts

2.1. L'archéologie de l'environnement

Elle représente l'étude de la relation à long terme entre les gens et l'environnement, étant une des disciplines qui peuvent offrir des résultats évidents sur la réaction des gens et l'environnement. Elle a évolué en tant que discipline autonome dans les études de spécialité pendant les derniers trente années. Dans la définition de l'environnement aujourd'hui „on met l'accent sur le caractère global du rapport nature-homme-société, dans la perspective systémique. L'abord systémique présuppose la définition de l'environnement comme un ensemble d'éléments physiques, chimiques, biologiques et sociales qui caractérisent un espace et influence la vie d'un groupe humain, tant en restant un système ouvert, soumis aux influences. ” (Voiculescu, 2002,12)

2.2. L'archéologie du paysage

Elle représente une somme de techniques et de méthodes employées pour l'étude des traces matérielles des hommes du passé, dans le contexte de leur interaction avec l'environnement naturel et social où ils ont habité (Cambi & Terentano, 2006, 122). Par la corrélation, l'interprétation et l'interprétation de certaines données on peut obtenir des informations au but de:

- la compréhension de la relation homme – communauté – environnement;

- la mise en relation du site archeologique avec la geomorphologie de l'endroit;
- l'acquisition d'une vision d'ensemble sur l'habitat humain, au long des époques historiques, dans un certain aréal;
- la découverte et l'identification de nouveaux sites archeologiques;

2.3. La geoarcheologie

C'est une discipline de l'archeologie qui emploie des méthodes de travail du domaine de la geologie et des autres sciences de la terre, en étudiant les processus physiques naturels qui ont affecté les sites archeologiques aussi que les modifications anthropiques qui ont affecté la geomorphologie d'une zone naturelle. Elle comprend aussi d'autres domaines, parmi lesquels certains de grande surface, tels que:

- La Geomorphologie – l'étude de l'origine et des formes de relief;
- La Stratigraphie – la succession et la corrélation;
- La Pédologie – la science du sol, la formation et le fonctionnement des sols;

2.4. Par la suite on présente toute une série de termes moins connus du domaine

Chapitre 3. Le problème des cartes. Notions de base. L'emploi dans la recherche archeologique

La définition, l'objet, les branches et les rapports avec les autres disciplines. Domaines d'emploi

Depuis les époques les plus anciennes les hommes ont employé les mesures terrestres en même temps que la nécessité de connaître les dimensions et la position des objets et des surfaces de terrain au but d'organiser et d'exécuter des différents travaux de construction, militaires, agricoles ou de la navigation etc.

La forme de la terre et les surfaces de référence

- 1. La surface topographique***
- 2. La surface du géoïd***

3. la surface de l'élypsoid

Coordonnées et systèmes de référence

La position d'un point présuppose, du point de vue géométrique, déterminer et établir son position avec une précision acceptable. Sa position est donnée par une série de coordonnées qui appartient à un système de coordonnées lié à un système de projections. Pour déterminer la position de certains points dans le terrain en vue de l'élaboration de cartes et de plans topographiques on a fait appel à l'emploi des soi-disants systèmes de coordonnées. Ces coordonnées peuvent être coordonnées planes et dans l'espace.

Chapitre 4. Instruments et systèmes géo-topographiques. Techniques et méthodologie

Stations totales

L'appellation générique de stations totales ou intelligentes s'est imposé dans la littérature étrangère par des publications réalisées par les firmes productrices. ***Les espaces totales*** font parti de la nouvelle génération d'instruments topographiques, ayant comme principe la fonctionnalité d'un tachimètre classique. L'apparition, le perfectionnement continu, la propagation et l'emploi presque en exclusivité au detriment des téodolites, la confirmation des avantages de précision, de confort de maniement et d'un rendement élevé ont fait des stations spatiales totales les appareils les plus employés pour les mesures topographiques et geodesiques.

Systèmes de position globale (GPS)

Les systèmes de position par satellite ont été conçu aux années 1970 du siècle passé aux Etats-Unis et dans l'ancienne URSS, mais des tentatives, il y a eu même avant (Boş 2003, 35). Les premières réalisations du domaine de la radionavigation marine (1920) en même temps qu'avec l'apparition du système LORAN (Long Range Aid to Navigation), étant le premier système qui a employé pour la position la différence de phase entre deux ondes radio receptionnées simultanément. Dans les années '60 sont devenus opérationnels les systèmes TRANSIT aux Etats-Unis et TSIKADA en URSS qui

ont employé 6 satellites à orbites polaires à basse altitude (11.000 km) et des récepteurs au sol capables de saisir le changement de fréquence émise par le satellite dans la proximité ou à distance. Après la seconde guerre mondiale est devenu une nécessité pour le Département de Défense de USA de trouver une solution pour résoudre le problème de la précision de la position absolue.

Applications dans l'archéologie

Par l'application systématique de nouveaux appareils de mesure topographiques et géodésiques des technologies de l'ordinateur, la technologie archéologique de fouilles connaît, les dernières années, de profondes transformations.

Les tendances conservatrices dans l'archéologie traditionnelle roumaine donne à peine une chance aux nouvelles techniques, en dépit des avantages évidentes de celles-ci. Ainsi, le renoncement – même aujourd'hui assez souvent rencontré – à la technique moderne au cas des fouilles archéologiques n'affecte non seulement une continuation efficace des fouilles, mais aussi, dans une mesure plus grande, la valorisation scientifique ultérieure.

Chapitre 5. Systèmes informatiques géographiques (GIS)

Un GIS est un système informatique qui permet la capture (l'introduction), le stockage, l'intégration, l'emploi, l'analyse et la visualisation des données qui ont comme référence spatiale (Imbroane, More, 1999, 17);

Le système informationnel géographique, connu généralement comme GIS est constitué de modalités de programmation et hardware employé pour l'utilisation et l'administration des données spatiales, digitales (et données attribut relationnées) (www.geostrategies.ro, <http://www.usgs.gov/research/gis/title.html>)

GIS c'est l'acronyme en anglais pour ***Systèmes Informationnels Géographiques***: Geographic Information Systems (USA), Geographical Information Systems (Grande Bretagne, Australie, Canada), Geographical Information Science (académique), une forme particulière des Systèmes Informatiques appliqués aux données géographiques. Un ensemble d'équipements, programmes et procédures projetées pour le stockage,

l'administration, l'analyse, la modélisation, la visualisation des données spatiales, pour la résolution des problèmes de planification complexe et administration (Goodchild & Kamp 1990/selon Iosub 2008).

Un GIS a quatre sous-systèmes principales. Ceux-ci sont les suivantes:

- un sous-système d'introduction des données
- un sous-système de stockage et remède de données
- un sous-système d'emploi et d'analyse des données
- un sous-système de sortie et d'affichage des données

Modèles des données spatiales. Les types de données de base reflètent les données traditionnelles retrouvées sur une carte. Par conséquent la technologie GIS employent deux types de données de base. Ceux-ci sont les suivants:

- **données spatiales** – ceux-ci décrivent la situation absolue et relative des particularités géographiques;
- **données attributs** – ceux-ci décrivent les caractéristiques des particularités spatiales; ces traits peuvent être autant quantitatives que qualitatives; les données attributs sont souvent considérées comme données tabelaires.

Applications dans l'archeologie. Ayant en vue la grande quantité de données parues suite aux recherches archeologiques multidisciplinaires du caractère d'une recherche archeologique aussi qu'aux possibilités actuelles de modélisation et de gestion digitale des données, il resulte la necessité de la gestion et de la modélisation digitale de ceux-ci en vue d'obtenir des bases de données, des cartes, des analyses, des rapports. À toutes ces demandes, peuvent répondre, par leur complexité, les systèmes digitaux.

Pour l'archeologie, chaque projet GIS représente un cas unic, en fonction du but de la recherche, des méthodes et des techniques employées, du caractère et de la complexité du site, des demandes de l'archeologue, etc.

Quels type d'analyses peuvent être faites dans le cadre d'un projet GIS? On peut passer en revue les suivantes:

- **La prise de décisions** a l'égard de l'archeologie preventive. Au cas d'une demande d'autorisation de construction, on peut décider si la future construction est dans

le cadre d'un site archeologique, dans quelle zone et quelle est la complexité des travaux de libération de charge historique;

- **La distribution spatiale** d'un type d'objet découvert et les corrélations entre les objets trouvés sur différentes couches archeologiques;

- **Les analyses du pourcentage** à l'égard de la présence d'un objet ou des complexes d'un certain type de couche sur niveaux ou sur des aires étendues (dans le cadre de plusieurs stations archeologiques de la même période);

- **Les analyses de proximité** d'où on résulte les zones de provenance des matériaux;

À côté des facilités de stockage, de management et d'obtention d'informations, les projets ont un logiciel GIS qui présente des facilités nettement supérieures à la présentation des données.

Chapitre 6. La géoréférence des images scannées

Du point de vue pratique, l'utilisateur introduit dans le programme de géoréférence un nombre de points de l'image (minimum 3 points) dont les coordonnées il reconnaît des sources suivantes:

1. les coordonnées peuvent être déjà reconnues éventuellement de l'intersection des lignes de caroyage de l'image;
2. elles ont été mesurées dans le terrain avec un GPS;
3. on emploie des points communs avec les points des cartes géoréférentielles.

Le fichier image, après la géoréférenciation, sera sauvé dans un fichier ayant le même nom, mais avec une autre extension, par exemple un *jpw* au lieu d'un *jpg* initial. Il permet la découverte des coordonnées géographiques de chaque pixel de l'image, par la simple position sur celui-ci avec la souris.

Chapitre 7. L'emplacement des cités. Le problème de la visibilité

L'emplacement des cités anciennes ou des fortifications, prend en considération, au-delà des problèmes signalés jusqu'à maintenant aussi les caractéristiques du relief par

rappor aux différences de nivel, fait qui permettait de calculer la visibilité entre deux points trouvés a une distance couverte pour les possibilites de l'oeil humain. La relation est reciproque et elle exprime autant le territoire surveille par un site que la zone aussi pour laquelle celui-ci est representatif.

En employant les méthodes tridimensionnelles du relief et des ombres virtuelles des pentes du terrain, on peut mettre en évidence les zones avec déclivité accentuée ou réduite. Ces informations relationnées avec l'emplacement des sites, peuvent offrir des suggestions relatives au trajet des anciennes routes stratégiques de circulation des gens et des biens.

Chapitre 8. Tests statistiques en archeologie

Le test X^2 de comparaison ou d' association. C'est un des plus employés en sciences sociales, à cause de la simplicité des calculs, du spécifique des données expérimentales aussi qu'aux possibilités immédiates de la prise de décision suite à l'application du test. Le test peut être appliqué en diverses situations. Ainsi, au cas où sont appliquées par leur échantillon représentatives deux population, et où on compare la repartition d'une variable à ces deux population, le test peut être considéré comme un test de comparaison.

Dans la situation où sont impliqué plusieurs populations différenciées selon les catégorie d'une variable, comme par exemple le lieu de résidence avec les valeurs urbaines, suburbaines, rurales alors le test peut être pensé comme ***un test d'association***. Nous allons présenter par la suite ce type de test. Sont présentée une série d'exemples pratiques.

Chapitre 9. Techniques de stockage informatisé des données

La route de l'information, dès l'apparition et jusqu'à la possibilité de son emploi dans la prise d'une décision, traverse une série d'étapes indispensable, notamment le collectage, l'organisation, l'analyse (processer). Les seules technologies – à présent – qui

permettent ces interprétations et donc rendent possible l'emploi de ce vrai océan d'information sont celles des bases de données.

Les éléments d'une base de données *Access* sont appelées objets et peuvent être constitués de: tableaux, interrogations, maquettes, rapports, contrôles, macro-commandes, modules. Un objet peut être interprété et manœuvré d'une certaine façon. Les objets créés possèdent des propriétés que nous pouvons établir pour donner à celles-ci l'aspect et le comportement désirés et les méthodes qui indiquent quelles opérations peuvent être faites avec l'objet respectif. Tous les objets qui appartiennent à la même classe possèdent les mêmes propriétés et méthodes. Leur individualisation se fait par les valeurs différentes attribuées à ces propriétés.

Le langage SQL

Le terme SQL est une abréviation issue de Structured Query Language – langage structural d'interrogation. Celui-ci est spécialement conçu pour la communication avec des bases de données. Délibérément il est composé, contrairement aux autres langages comme Visual Basic ou Java, de très peu de mots, termes simples, en anglais. Presque tous les SGBD et les bases de données plus importantes acceptent les SQL. Étant un langage très puissant, permet des opérations complexes et sophistiquées.

Applications SQL en MICROSOFT ACCESS

Couramment SGBD MICROSOFT ACCESS de MICROSOFT OFFICE est employé interactivement pour créer et gérer des bases de données. Pour l'interrogation des bases de données, Microsoft Access offre l'utilisateur Query Designer. Une caractéristique fréquente ignorée de cet utilitaire est le fait qu'il permet l'écriture des instructions SQL pour leur exécution sur une base de données ouverte.

Chapitre 10. Bases de données spatiales. La différence entre les bases de données traditionnelles et les bases de données spatiales

Traditionnellement, les bases de données non-spatiales – connues sous l'appellation de bases de données attribut – sont concentrées seulement sur les attributs de

l'objet ou l'entité. Il résulte qu'on ne fait pas explicitement la différence entre l'objet et son location – par exemple la location d'un site archéologique et de ses attributs – date de classification, etc. Le remède pour ces aspects a mené à l'apparition des bases de données géographiques – des vraies Systèmes Géographiques Informatiques qui sont formées d'une bases de données attribut et d'une bases de données spatiales.

L'organisation d'une bases de données spatiales

Comme on l'a déjà mentionné les cartes digitales implique dans l'interprétation des données sous GIS constitue ce qu'on appelle une BDS. Une carte se décompose dans plusieurs couches d'information et inversement, plusieurs couches peuvent former une carte. Cette idée est à la base de l'organisation d'une BDS. C'est le plus efficace stockage des cartes. Les couches peuvent être combinées de sorte qu'elles génèrent des cartes qui n'existe pas en forme traditionnelle. Quand on crée une couche il faut savoir que celle-ci est employé entièrement, c'est-à-dire que les entités géographiques ne peuvent pas être séparées. Autrement dit, si nous avons affaire à une couche que contient les rivières et les limites des bassins nous ne pouvons pas éliminer de celle-ci une partie de ces bassins.

Chapitre 11. Modèles et méthodes prédictives

Par un modèle prédictif en archéologie on comprend un instrument qui permet d'établir un certain degré de probabilité de l'existence d'un site archéologique dans un paysage quelconque. Rapporté à la carte du paysage, le modèle prédictif s'appelle encore la sensibilité de la carte archéologique, au sens que cette sensibilité indique le fait que certaines zones sont plus susceptibles que d'autres pour l'existence de certains sites archéologiques. Ces cartes de prédiction contiennent d'habitude trois zones: une zone de sensibilité élevée au cas où dans cette zone l'existence des sites archéologiques a un grand degré de probabilité, une zone de sensibilité moyenne au cas où l'existence des sites archéologiques est moins probable et la dernière, une zone de sensibilité réduite, zone dans laquelle les sites sont peu probables.

L'utilité de ce type de carte, d'une majeure importance pour les archéologues n'est moins importante aussi pour d'autres domaines dans lesquels sur les premières

places se trouvent l'aménagement du territoire, avec tout ce que comprend ce grand chapitre de l'activité humaine et les voies de transport, des routes, les chemins de fer, etc. La prognose de l'existence de certains sites archéologiques dans diverses zones peut influencer et/ou modifier des projets de n'importe quelle ampleur, au but d'éviter des zones pareilles. Les avantages économiques et culturelles sont évidentes, des pareilles cartes constituant un instrument de planification qui peut orienter la construction des autoroutes, canaux ou grands projets de logement, etc. vers les régions de sensibilité archéologique plus réduite. À court ou à long terme on élimine ainsi la perte des certaines vestiges archéologiques et on réduit et on élimine les coûts pour les sondages archéologiques, etc.

Chapitre 12. La modélisation prédictive du patrimoine archéologique dans les pays de l'Europe

On présente des projets de modélisation prédictive en Europe, respectivement des autorités de Hollande et d'Italie et l'importance accordée à ces méthodes dans les pays du continent.

Entre 2002 et 2006 une équipe de chercheurs hollandais a réalisé une recherche stratégique dans la modélisation prédictive, au nom du gouvernement hollandais, en vue de la gestion des ressources culturelles. Un des objectifs de cette action a été aussi celui de développer les meilleurs pratiques pour la projection et la mise en pratique de ces modèles. Le but du projet a été d'effectuer une analyse approfondie des modèles courants et des méthodes, pour l'augmentation de la situation et de formuler des recommandations pour la future politique de recherche.

Chapitre 13. Cités et fortifications indépendantes dans le monde des daces. Éléments d'analyse de système

Zones et emplacements en Dacia

Le groupement des celles-ci a été fait par zones et dans le cadre de chacune par ordre alphabétique. Puisque les endroits et les conditions d'emplacement des celles-ci peuvent être en certains cas différentes on a considéré nécessaire l'introduction dans la base de données de tout cela indifféramment de la zone d'emplacement:

- ***La Zone d'est de la Dacia*** comprend la région située à l'est des Carpathes Orientaux.
- ***La Zone intercarpathique de la Dacia*** comprend la région entre les rivières de Someș, la chaîne des Carpathes orientaux, meridionaux et les Apuseni.
- ***La Zone de Sud de la Dacia*** comprend la région trouvée entre les Carpathes meridionaux le Danube et la rivière de Buzău.
- ***La Zone de l'ouest de la Dacia*** comprend toutes les régions qui sont situées à l'ouest des Carpathes Occidentaux, Banat, Crișana et même les regions plus éloignées.

On présente en detail les conditions d'emplacement, respectivement la hauteur absolue et relative de la cité, les pentes employées pour la protection de la fortification, la distance par rapport aux sources d'eau, l'emplacement stratégique dans des points clé par rapport à l'accès aux autres cités ou de passage entre différentes zones géographiques d'intérêt dans l'antiquité, y compris la dénomination dans l'antiquité là où elle est connue. On présente aussi la carte accompagnée d'une énumération, comprenant les cités et les fortifications découvertes en Dacia. Le chapitre est complété par les plans des certains cités des daces à la mesure où elles sont connues.

Chapitre 14. Etude de cas. Modèles prédictives pour la zone des cités daces du sud de la Transylvanie

Éléments d'analyse de système. Le ramassage des données et leur organisation

On présente les tableaux et les champs de chaque tableau „Zone”, „Relief”, „Emplacement” de la base de données intitulée „Méthodes et modèles prédictives”. On présente ensuite les problèmes liés aux cartes employées. La principale source des cartes

employées a été le site HAPSTOR.COM d'où on a acquis, par commande, un set de carte de la Roumanie, couvert en grande majorité par les feuilles M-34, M-35, K-34 et K-35. Le type de fichier employé a été „gif”. Pour Sarmizegetusa Regia le fichier employé a été 100K-L34-095-2.gif, pour lesquels on a présenté les résultats de l'analyse. Le fichier „SMZ Poza Google 1002 DIRECTII.bmp” contient la carte de la capitale de Sarmizegetusa Regia, ayant au centre la cité et la zone des sanctuaires de Grădiștea. L'analyse est faite sur six directions dont l'azimut est présenté dans le chapitre. Les caractéristiques des sites analysés ont compris: la distance jusqu'à la source d'eau, la pente du terrain, l'exposition à la radiation solaire, l'emplacement dans un point stratégique ou la nature du sol. Tout cela est suivi par des conclusions particulières pour chaque cas analysé.