Chapitre 03 : L'analyse en SIG et logiciels

Introduction

L'analyse en systèmes d'information géographique (SIG) constitue une approche essentielle dans l'étude et la gestion des données géospatiales. L'utilisation des SIG permet d'intégrer, d'analyser et de visualiser des informations géographiques à travers des outils logiciels spécialisés. Ces technologies ont révolutionné divers secteurs, allant de l'urbanisme à l'agriculture, en passant par la gestion des ressources naturelles. Dans ce chapitre, nous explorerons les fondements de l'analyse en SIG et l'impact des logiciels associés, en mettant en lumière leur rôle dans la prise de décision, l'efficacité opérationnelle et la gestion des données géospatiales.

1. L'analyse en SIG

L'analyse SIG repose sur l'utilisation de données géospatiales pour extraire des informations significatives et répondre à des questions spécifiques. Elle permet d'étudier les relations spatiales, de modéliser des processus, d'effectuer des prévisions, et de prendre des décisions éclairées basées sur des données géographiques. L'analyse peut être quantitative ou qualitative, selon les objectifs de l'étude.

2. Types d'Analyse en SIG

2.1 Analyse Spatiale

- Cette analyse examine la répartition géographique de différents phénomènes et la façon dont ces phénomènes interagissent dans l'espace. Elle inclut des techniques comme l'analyse des distances, la proximité, et les densités.
- Exemple : Mesurer la distance entre des foyers de population et des sources de pollution pour évaluer les risques sanitaires.

2.2 Analyse Thématique

Elle consiste à étudier des thèmes spécifiques tels que l'utilisation du sol, la couverture terrestre, ou la distribution des ressources naturelles. Cette analyse permet de visualiser des données sous forme de cartes thématiques.

Exemple : Cartographier les types de végétation pour surveiller les changements dans l'environnement.

2.3 Analyse des Réseaux

Cette analyse s'intéresse aux structures de réseau telles que les routes, les rivières ou les infrastructures de transport. Elle permet de modéliser et d'optimiser les flux, comme les trajets ou les réseaux de distribution.

Exemple : Optimisation des trajets pour la gestion des transports publics.

2.4 Analyse Temporelle

L'analyse temporelle permet de suivre l'évolution des phénomènes au fil du temps. Cela inclut l'observation des tendances à long terme, des cycles saisonniers ou des événements ponctuels.

Exemple : Suivi de l'évolution du climat à travers les changements dans les données de température.

2.5 Analyse Prédictive

L'analyse prédictive en SIG utilise des algorithmes statistiques et de machine learning pour anticiper les tendances et les événements futurs en se basant sur les données géospatiales historiques. Exemple : Prévoir les zones à risque d'inondation en fonction des conditions météorologiques et des données topographiques.

3. Méthodes d'Analyse en SIG

Les méthodes d'analyse en SIG se divisent en plusieurs catégories techniques :

a) Opérations de Superposition (Overlay)

- La superposition permet de combiner plusieurs couches de données pour en extraire des informations complémentaires. Par exemple, une couche de végétation peut être superposée à une couche d'urbanisation pour identifier des zones menacées.

b) Analyse de Buffer

- L'analyse de buffer génère une zone tampon autour d'un objet ou d'une caractéristique géographique, utile pour évaluer les effets d'une zone d'influence (ex : pollution autour d'une usine).

c) Analyse de Clustering

- Cette méthode regroupe les éléments similaires dans des zones géographiques en fonction de critères précis. Cela est couramment utilisé dans les études démographiques et économiques.

d) **Modélisation Spatiale**

- Elle permet de créer des modèles pour simuler des phénomènes géographiques (ex : propagation des incendies, ruissellement des eaux, croissance urbaine). Les modèles spatiaux aident à comprendre les interactions complexes entre les variables géographiques.

4. Structure des logiciels SIG

Les logiciels SIG (Systèmes d'Information Géographique) sont des applications complexes qui permettent de capturer, stocker, manipuler, analyser, gérer et visualiser des données spatiales ou géographiques. Pour accomplir cela, ces logiciels sont organisés en plusieurs composants ou structures interdépendantes.

Voici les principales structures des logiciels SIG :

4.1. Interface utilisateur (User Interface - UI)

L'interface utilisateur d'un SIG est la partie visible du logiciel avec laquelle les utilisateurs interagissent, offrant un accès intuitif aux fonctionnalités à travers des menus, barres d'outils, fenêtres de commande et cartes interactives. Elle comprend des outils de zoom, de pan et de sélection de couches, des outils pour la création et l'édition de données, des fenêtres d'attributs et de requêtes pour explorer les données tabulaires, ainsi qu'un gestionnaire de couches pour activer ou désactiver les données.

4.2. Base de données géospatiales (Spatial Database)

Cette structure est utilisée pour stocker les données géographiques (vecteurs, rasters, attributs) et leurs relations. La base de données est essentielle pour gérer les grandes quantités de données dans un SIG et pour effectuer des requêtes spatiales complexes.

Composants :

- **Données vectorielles** : Stockage d'entités géométriques sous forme de points, lignes, et polygones. Chaque objet géométrique est lié à des attributs (données tabulaires).
- **Données raster** : Images ou grilles, souvent utilisées pour représenter des photos aériennes, des images satellites, des modèles numériques de terrain (MNT), etc.
- **SGBD (Système de Gestion de Bases de Données)** : Utilisé pour stocker les données attributaires (non spatiales), mais aussi les données spatiales via des extensions comme PostGIS pour PostgreSQL ou Spatialite pour SQLite.

4.3. Système de gestion des couches (Layer Management)

Dans les logiciels SIG, les données spatiales sont organisées en couches, chaque couche représentant une thématique spécifique (comme les routes, rivières, bâtiments ou végétation) et étant superposée à d'autres pour former des cartes complètes. Les composants incluent des couches vectorielles et des couches raster. La symbologie et le style définissent la manière dont chaque couche est affichée visuellement, en termes de couleurs, de styles de lignes et d'épaisseur.

4.4. Moteur de traitement spatial (Spatial Analysis Engine)

La composante d'analyse géospatiale exécute diverses opérations, telles que des requêtes spatiales, des analyses de proximité et des opérations de géotraitement. Parmi les exemples d'analyses, on trouve l'analyse de proximité, qui calcule les distances entre entités géographiques, l'analyse des buffers, qui crée des zones tampons autour d'objets, la superposition spatiale (overlay) pour identifier des relations entre plusieurs couches, et l'analyse des surfaces, qui utilise des données raster pour calculer des pentes, des expositions ou des modèles de terrain.

4.5. Moteur de rendu cartographique (Rendering Engine) : Ce composant est chargé de créer des cartes à partir des données géospatiales, en traduisant les données numériques en représentations visuelles telles que des cartes et des graphes. Ses principaux éléments incluent le rendu des cartes, qui gère la symbologie et les styles des couches de données, l'étiquetage automatique pour le placement des étiquettes (comme les noms de lieux et routes) selon des règles définies, et la création de mises en page, qui génère des cartes prêtes à être imprimées ou publiées, incluant légendes, titres et échelles

4.6. Moteur de géocodage et de recherche (Geocoding Engine)

Ce composant permet de convertir des adresses en coordonnées géographiques (latitude/longitude) ou inversement. Il est essentiel pour les analyses qui nécessitent de localiser des lieux spécifiques à partir de données textuelles (adresses, noms de lieux).il se

Compose de :

- **Géocodage direct** : Conversion d'une adresse en point géographique.
- **Géocodage inverse** : Conversion de coordonnées géographiques en adresse.

4.7 de traitement de données raster (Raster Data Processing Engine)

Il est dédié au traitement des images raster, incluant les données de télédétection et les modèles numériques de terrain (MNT). Ses fonctions typiques comprennent le filtrage d'images pour améliorer la visualisation ou l'analyse, la classification des images pour

catégoriser les pixels selon différentes classes (comme forêt, eau, zones urbaines), et la génération de MNT pour créer des modèles 3D à partir de données d'altitude.

4.8. Moteur de géotraitement (Geoprocessing Engine)

Les logiciels SIG comportent des outils de **géotraitement** qui permettent d'automatiser les tâches courantes et complexes via des chaînes de traitement de données spatiales.

- **Exemples de géotraitement :**

- Intersection de couches (calcul des zones communes).
- Union et fusion de polygones.
- Conversion entre différents formats de données (vectorielles vers raster, ou inversement).

4.9. Module de gestion des projections et systèmes de coordonnées (CoordinateSystems and Projections)

Ce module gère les **systèmes de coordonnées** et les **projections cartographiques**, essentiels pour garantir que les données géographiques soient correctement alignées et interprétées.

- **Composants :**

- **Conversion de projections** : Transformation de données géographiques entre différents systèmes de coordonnées.
- **Détection automatique des systèmes de coordonnées** : Reconnaissance des projections des données importées.
- **Support de projections standards** : UTM, WGS 84, Lambert, etc.

4.10. Extensions et modules personnalisables

Beaucoup de logiciels SIG offrent des **modules d'extensions** pour ajouter des fonctionnalités supplémentaires, souvent spécifiques à un domaine d'application (hydrologie, urbanisme, agriculture).

- **Exemples d'extensions :**

- **Spatial Analyst (ArcGIS)** : Analyse des surfaces et des données raster.
- **3D Analyst (ArcGIS)** : Visualisation et analyse des données en trois dimensions.
- **GRASS GIS** : Outils spécialisés pour l'analyse environnementale.

4.11. API et scripts (Automation and Customization)

Les logiciels SIG permettent souvent de **personnaliser et automatiser** les processus via des **API** ou des langages de scripts comme Python. Cela permet de créer des outils spécifiques pour les besoins d'un projet ou d'une organisation.

- **Composants :**

- **Python pour ArcGIS (ArcPy)** : Une bibliothèque Python pour automatiser les tâches SIG dans ArcGIS.
- **QGIS Python API** : Utilisé pour développer des plugins ou automatiser des flux de travail dans QGIS.

En résumé, les logiciels SIG sont constitués de différentes structures interconnectées, qui permettent de gérer efficacement les données géospatiales, de les analyser, de les représenter et de les partager. Ces structures permettent une grande flexibilité dans les types d'applications géospatiales possibles, des simples cartes thématiques à des analyses spatiales très poussées.

5. Personnalisation

La personnalisation dans les logiciels SIG, y compris ArcGIS, consiste à **modifier** ou **adapter** le logiciel en fonction des besoins spécifiques des utilisateurs, notamment par l'ajout de nouvelles applications ou de fonctionnalités.

Principaux aspects de la personnalisation :

- Utilisation des langages de programmation :

- Les langages de programmation comme Python, Java, Visual, Ces langages permettent d'ajouter des outils supplémentaires ou d'automatiser des tâches pour des flux de travail spécifiques, comme la gestion de bases de données, l'analyse spatiale ou la génération de rapports.

- Ajout de nouvelles applications :

- Avec des **API** et des **SDK** (Software Development Kits), les développeurs peuvent créer des **applications personnalisées** intégrées à ArcGIS ou à d'autres logiciels SIG.

- Personnalisation côté serveur :

- Les logiciels SIG qui fonctionnent avec des serveurs (comme ArcGIS Server) permettent une personnalisation à travers des langages comme Java ou C pour gérer les services web, les interfaces utilisateurs, et les applications géospatiales en ligne.

6. Types des Logiciels SIG

Les logiciels SIG (Systèmes d'Information Géographique) sont classés selon plusieurs critères : les fonctionnalités qu'ils offrent, leur accessibilité, leur nature (libre ou propriétaire), et les domaines d'application. Il existe plusieurs types de logiciels SIG :

6.1. Logiciels SIG de bureau (Desktop GIS) (commerciaux /libres)

- **Exemples :**

- **ArcGIS Desktop (Esri)** : L'un des logiciels les plus complets et populaires dans le domaine des SIG, il inclut ArcMap et ArcGIS Pro.
- **QGIS (Quantum GIS)** : Un logiciel SIG open source largement utilisé, offrant de nombreuses fonctionnalités avancées. Il est gratuit et très apprécié par la communauté des utilisateurs de SIG.
- **MapInfo Professional (Pitney Bowes)** : Un logiciel SIG commercial souvent utilisé pour la cartographie et l'analyse géospatiale.
- **Global Mapper** : Un autre logiciel commercial utilisé pour le traitement de données géospatiales.

6.2. SIG en ligne (Web-based GIS)

Ces systèmes sont accessibles via un navigateur web

Exemples :

- **ArcGIS Online (Esri)** : Une plateforme cloud qui permet de créer, partager et analyser des cartes et des données géospatiales.
- **Google Earth Engine** : Un puissant outil d'analyse des images satellites et de données géospatiales via le web.
- **Carto** : Un SIG basé sur le cloud qui se concentre sur l'analyse et la visualisation de données géospatiales.

6.3. SIG Serveur (Server GIS)

Ces systèmes sont utilisés pour héberger et distribuer des données géospatiales sur des réseaux locaux ou sur Internet.

Exemples :

- **ArcGIS Server (Esri)** : Permet de publier des services SIG et de gérer des données à grande échelle.
- **Geoserver** : Un serveur SIG open source qui permet la publication de données spatiales sur le web selon des standards comme WMS (Web Map Service) et WFS (Web Feature Service).
- **MapServer** : Un autre serveur SIG open source populaire pour la publication de cartes sur le web.

6.4. SIG Mobile (Mobile GIS)

Les SIG mobiles sont des applications qui permettent de collecter et de consulter des données géographiques sur des appareils mobiles (smartphones, tablettes). Ils sont très utilisés pour le travail de terrain.

- **Exemples :**
 - **ArcGIS Field Maps** : Une application mobile développée par Esri pour la collecte de données et la cartographie sur le terrain.
 - **QField** : Une application mobile associée à QGIS, permettant de travailler avec des données géospatiales sur le terrain.
 - **Collector for ArcGIS** : Une application d'Esri qui permet de collecter des données géographiques directement sur le terrain.
 - ArcPad, Autodesk Onsite, Intellwhere.

6.5. Logiciels d'analyse de données raster et de télédétection

Ces logiciels sont utilisés spécifiquement pour le traitement et l'analyse d'images satellites, aériennes, ou autres données raster. Ils permettent de travailler avec des images haute résolution

Exemples :

- **ERDAS IMAGINE (HexagonGeospatial)** : Un logiciel dédié à l'analyse d'images géospatiales et à la télédétection.
- **ENVI (Harris Geospatial)** : Un autre logiciel spécialisé dans le traitement des images raster et l'analyse de données de télédétection.
- **OrfeoToolBox (OTB)** : Un logiciel open source pour le traitement d'images et l'analyse des données de télédétection.

6.6. SIG spécialisés (SIG thématiques) Certains logiciels SIG sont développés pour des applications spécifiques comme l'agriculture, la gestion des ressources naturelles, l'urbanisme, ou la gestion des catastrophes.

- **Exemples :**
 - **AgLeader SMS** : Un logiciel SIG spécialisé pour l'agriculture de précision.
 - **LandSIM3D** : Un logiciel 3D utilisé pour la simulation et la modélisation urbaine.
 - **GRASS GIS** : Un logiciel SIG open source puissant pour l'analyse spatiale, souvent utilisé en géosciences et écologie.

6.7. Logiciels de développement

Exemple:

- ArcGis Engine,
- GeoObjects,
- Blue Marble,
- Geographics.

7. Producteurs des Logiciels SIG

Les entreprises fondatrices ou pionnières dans le développement des Systèmes d'Information Géographique (SIG) ont joué un rôle crucial dans l'évolution et la popularisation de ces technologies. Voici quelques-unes des entreprises clés qui ont marqué l'histoire des SIG :

- **Esri** (Environmental Systems Research Institute)

Fondée en 1969 par Jack Dangermond et Laura Dangermond.

Esri est l'une des entreprises les plus importantes dans le domaine des SIG, principalement grâce à son logiciel phare ArcGIS, qui est aujourd'hui un standard dans le domaine.

Esri a grandement contribué à rendre les SIG accessibles à des utilisateurs dans le monde entier, aussi bien dans le secteur public que privé.

- **Intergraph** (aujourd'hui Hexagon AB)

Fondée en 1969 sous le nom de M&S Computing, Intergraph est devenue une entreprise clé dans le domaine des logiciels SIG, notamment pour les applications d'ingénierie, de cartographie, et de gestion des infrastructures.

En 2010, Hexagon AB, une multinationale suédoise spécialisée dans les technologies géospatiales, a acquis Intergraph, consolidant ainsi sa position dans le domaine des SIG.

- **MapInfo** Corporation

Fondée en 1986 par John Haller, Sean O'Sullivan, et d'autres.

MapInfo a été l'une des premières entreprises à offrir des outils SIG accessibles pour les ordinateurs personnels, et a développé le logiciel MapInfo Professional.

L'entreprise a ensuite été acquise par Pitney Bowes en 2007, mais elle reste une référence historique dans le développement des SIG commerciaux.

- **ERDAS** (Earth Resources Data Analysis System)

Fondée en 1978, ERDAS est une entreprise spécialisée dans l'imagerie géospatiale et l'analyse SIG.

Elle a développé le logiciel ERDAS IMAGINE, un outil puissant pour l'analyse de données géospatiales et d'images satellites.

Aujourd'hui, ERDAS fait partie de HexagonGeospatial, un autre acteur important dans les technologies géospatiales.

- Autodesk

Connu principalement pour ses logiciels de conception assistée par ordinateur (CAO) comme AutoCAD, Autodesk a également développé des logiciels SIG tels qu'AutodeskMap et Autodesk InfraWorks, qui intègrent des fonctions d'analyse spatiale pour des projets d'ingénierie et d'infrastructure.

Bien qu'il ne soit pas aussi central dans le domaine des SIG que Esri, Autodesk a contribué à rapprocher les outils SIG des professionnels de la conception et de l'ingénierie.

Conclusion

En conclusion, l'analyse en SIG et l'utilisation de logiciels spécialisés jouent un rôle crucial dans la gestion et l'exploitation des données géographiques. L'intégration de ces outils dans différents domaines permet de répondre à des problématiques complexes avec une précision accrue. L'évolution des technologies SIG et l'optimisation des logiciels continueront de transformer les pratiques analytiques et décisionnelles, offrant de nouvelles perspectives pour la gestion durable et la planification des ressources.