

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI



Corso di Laurea in Informatica

**Integrazione di un GIS con algoritmi di
ottimizzazione in un sistema dial-a-ride dinamico**

RELATORE
Prof.

CORRELATORE

Tesi di Laurea di
Irene cremona

Anno Accademico 2003/2004

Indice

1	Sistema di trasporto a chiamata	5
1.1	Sistemi di trasporto a chiamata	5
1.2	DARIA	6
2	Sistema Informativo Geografico	7
2.1	GIS	7
2.1.1	Visualizzazione dei dati	8
2.1.2	Modello dei dati	9
2.1.3	Formato vettoriale	9
2.1.4	GeoDatabase	12
2.2	ArcGIS	13
2.2.1	Gestione di dati GIS	14
2.2.2	Memorizzazione e modellazione dati nel Geodatabase	14
2.2.3	Modello Topologico nel Geodatabase	15
2.2.4	TeleAtlas	18
2.2.5	Desktop ArcGIS	18
2.3	ArcView 8.3	18
2.3.1	ArcMap	19
2.3.2	ArcCatalog	19
2.3.3	ArcToolbox	20
2.3.4	Connessione dei componenti	20
3	ArcObjects	23
3.0.5	La struttura	23
3.0.6	Componenti, Oggetti, Client e Server	25
3.0.7	Le interfacce COM	25
3.0.8	Le classi COM	27
3.0.9	Il diagramma a oggetti	27
3.0.10	Esempio	34
4	Esportazione dei dati stradali	39
4.1	Formato DARIA	39
4.2	Formato TeleAtlas	39

<i>INDICE</i>	1
4.3 Rinomina dei vertici	40
4.4 Creazione del file di input	41
5 Realizzazione di un interfaccia per la prenotazione	43
5.1 Formato Daria	43
5.2 Formato TeleAtlas	43
5.3 Corrispondenza tra parametri diversi	44
5.4 Mantenimento delle informazioni	46
6 Visualizzazione di punti sullo schermo	49
6.1 Un punto per ArcView	49
6.2 Da lat/lon a Point	51
6.3 Da via/n.civico a Point	51
6.4 Approssimazione di un punto	52
7 Conclusioni	53

Un sistema informativo geografico (GIS) é un insieme di strumenti che a partire da una rappresentazione geografica del territorio e da un insieme di informazioni di tipo geografico, associa a queste, secondo specifiche modalità, ulteriori dati provenienti da database o da altri sistemi informativi già esistenti.

Un sistema dial-a-ride dinamico si riferisce a un contesto in cui vi sono uno o più utenti che eseguono una richiesta di trasporto specificando le caratteristiche del servizio e una centrale che cerca di soddisfare queste richieste ottimizzando i mezzi a propria disposizione.

L'obiettivo della tesi é di integrare un sistema informativo geografico (GIS) di tipo commerciale (ArcView, ArcMap, ArcGIS..) con algoritmi per l'ottimizzazione di un sistema a chiamata dinamico di tipo porta a porta e fermata a fermata (DARIA).

Il lavoro svolto nella tesi é stato capire secondo quale criterio siano state organizzate le informazioni nei database relazionali riferiti alla città di Crema, nell'individuare quali di questi sarebbero stati utili a DARIA, sistema di trasporto a chiamata, e nel creare un'interfaccia attraverso la quale le informazioni necessarie sarebbero potute essere disponibili in tempi brevi e con il massimo grado di correttezza e consistenza.

La tesi é strutturata in due parti principali: nella prima vengono descritti i due sistemi (ArcGIS e DARIA) nello specifico; nella seconda viene spiegato come é stata realizzata l'integrazione sfruttando i componenti offerti dello stesso GIS.

- **Capitolo 1** *Sistema di trasporto a chiamata*

Definisce le caratteristiche dei sistemi di trasporto a chiamata e descrive DARIA, software implementato per realizzare questo tipo di servizio.

- **Capitolo 2** *Sistema Informativo Geografico*

Illustra i fondamenti dei sistemi informativi geografici, in particolare di ArcGIS.

- **Capitolo 3** *ArcObjects*

Descrive ArcObjects, la piattaforma di sviluppo per i sistemi informativi geografici di tipo commerciale.

- **Capitolo 4** *Esportazione dei dati Stradali*

Esportazione dei dati stradali dal formato TeleAtlas al formato DARIA.

- **Capitolo 5** *Interfacciamento GIS-DARIA*

Progettazione e realizzazione di un interfaccia GIS-DARIA.

- **Capitolo 6** *Traduzione Coordinate*

Traduzione e visualizzazione di coordinate lat/lon o UTM in via/n. civico e punto del grafo.

Capitolo 1

Sistema di trasporto a chiamata

Questo capitolo descrive i sistemi di trasporto a chiamata e DARIA, software implementato per ottimizzarli.

1.1 Sistemi di trasporto a chiamata

Lo scopo di un sistema di trasporto moderno é di offrire alla clientela efficienza e comfort ad un costo sostenuto.

Nei trasporti pubblici che noi conosciamo, basati sull'utilizzo di tram, treni, metropolitane e bus, i veicoli compiono tragitti prestabiliti per raggiungere un insieme di tappe, rispettando dei vincoli temporali.

Nei sistemi trasporto a chiamata, noti come sistemi Dial-a-Ride(DAR), l'utente richiede un servizio specificando le informazioni riguardanti il viaggio: il punto di partenza e di arrivo, l'orario di partenza desiderato, l'orario di arrivo accettabile e il numero di persone da servire.

Il compito della centrale operativa é di ricevere tutte le chiamate, stabilire se i vincoli richiesti dall'utente sono soddisfacenti, decidere l'assegnazione degli utenti ai diversi veicoli e, per ciascun veicolo, costruire la sequenza di carico e scarico degli utenti.

Un sistema DAR dinamico consente agli utenti di richiedere il servizio durante il periodo di attività dei veicoli. La centrale deve allocare la chiamata ad un veicolo ed elaborare un nuovo instradamento per il veicolo interessato al trasporto. I sistemi DAR dinamici sono flessibili perché consentono di ri-ottimizzare le decisioni prese in precedenza, in seguito al verificarsi di eventi imprevisti. La messa in opera di sistemi

DAR dinamici richiede naturalmente anche il continuo monitoraggio dello stato della rete e della flotta di veicoli che si muove su di essa.

Il nome dial-a-ride sta a significare che gli utenti del sistema richiedono un servizio (ride) attraverso il telefono (dual), o attraverso un moderno sistema di comunicazione, ad una centrale operativa.

1.2 DARIA

Daria 3.0 é il software sviluppato per la soluzione di un problema dinamico che si può applicare sia al trasporto di persone che al trasporto di merci non pianificato.

L'obiettivo é quello di ottimizzare il servizio offerto all'utenza.

DARIA adotta una rappresentazione classica del sistema stradale. Il modello matematico su cui si basa é un grafo orientato $G=(N,A)$ costituito da $|N|$ vertici e $|A|$ archi, questi ultimi pesati con i tempi di percorrenza. Un punto p nel grafo é definito da

$$p = \langle f_p, t_p, \lambda_p \rangle \quad f_p, t_p \in N, \lambda_p \in [0,1]$$

dove f_p, t_p sono gli estremi dell'arco percorso da f_p verso t_p e λ_p é la frazione di arco fra f_p e il punto p .

Il sistema DARIA consente di effettuare le operazioni di carico e scarico in qualunque punto della mappa, sia esso un vertice o un punto intermedio di un arco e dal lato corretto della strada: in questo modo l'utente non é costretto ad attraversare la strada, ne per salire sul veicolo, ne per raggiungere la destinazione quando scende dal veicolo.

Capitolo 2

Sistema Informativo Geografico

Questo capitolo descrive le caratteristiche dei GIS, con particolare riferimento ad ArcGIS, sistema informativo geografico di tipo commerciale.

2.1 GIS

É una struttura costituita da un potente insieme di strumenti e tecnologie preposta all'acquisizione, archiviazione, gestione, trasformazione, analisi e visualizzazione di dati spaziali georeferenziati.

Per informazione georeferenziata o geospaziale si intende ogni documento o evento che si riferisce ad una determinata porzione della superficie terrestre. Esso può essere anche rappresentato dal punto di vista cartografico mediante carte o immagini da satellite.

Attraverso un GIS é possibile eseguire le seguenti operazioni:

- *Acquisizione e memorizzazione di dati.*

I dati, che descrivono oggetti geografici, vengono mantenuti in un database geografico. Gli strumenti GIS possiedono diverse funzionalità rivolte all'operazione logica di data entry: supporto alla digitalizzazione manuale, supporto alla digitalizzazione su sfondo raster, tools di conversione da e verso formati dati diversi ecc...

- *Manipolazioni e analisi i dati.*

Esistono due tipi di formati di dati disponibili in un GIS: il formato vettoriale ed il formato raster.

Il modello vettoriale rappresenta gli oggetti geografici in termini di punti, linee e poligoni. Questo formato si adatta meglio per rappresentare oggetti spaziali con un elevato grado di precisione delle coordinate. Linee e punti sono rappresentati utilizzando le loro coordinate x, y esplicite. Le aree sono rappresentate da poligoni i cui limiti sono linee.

Nel modello dati raster gli oggetti sono rappresentati mediante celle che individuano la locazione. Il formato raster si adatta bene all'analisi spaziale ed é appropriato per la memorizzazione di dati, come i modelli digitali del terreno.

- *Mappe e Reports.*

L'informazione geografica é composta da i dati spaziali e dati descrittivi (attributi). Su una mappa simboli e testo servono per "comunicare" l'informazione descrittiva. Spesso l'informazione testuale fornisce un modo di accedere all'informazione addizionale organizzata in files correlati. La mappa diventa quindi un potente strumento per distribuire tale informazione. Lo stesso concetto viene applicato ai modelli di dati spaziali. Una potente possibilitá offerta da uno strumento GIS é la sua capacit di "legare" l'informazione spaziale e dati descrittivi (attributi).

2.1.1 Visualizzazione dei dati

Un GIS stabilisce un link tra informazione spaziale e dati descrittivi (attributi) per fornire un supporto alla visualizzazione di dati geografici, interrogazione, reports, e analisi geografica. E' possibile utilizzare un GIS per visualizzare sia i dati spaziali sia i loro attributi. Entrambi i tipi di dati possono essere visualizzati su uno schermo di un video o inviati su una stampante o plotter.

Le informazioni geografiche(dati spaziali punti, linee e poligoni) sono suddivise in layer(strati informativi) gestibili in modo separato e possono avere anche fonti diverse.

E' possibile visualizzare tutti gli oggetti o solo alcuni di essi. I dati descrittivi (attributi) permettono di comunicare ciò che gli oggetti geografici rappresentano. E' possibile produrre elenchi in formati tabellari, utilizzare i dati descrittivi

(attributi) per determinare come oggetti specifici saranno visualizzati, o usare l'informazione degli attributi per selezionare e visualizzare specifici oggetti.

Scegliendo opportunamente la simbologia, é possibile visualizzare diversi attributi per un singolo layer (ad esempio, la larghezza della linea indica il numero di corsie di una strada e il colore della linea il tipo della strada stessa).

2.1.2 Modello dei dati

I dati geografici possono essere rappresentati con un certo numero di modelli diversi. Alcuni di questi rappresentano diverse astrazioni del mondo reale, mentre altri rappresentano diverse implementazioni dello stesso modello del mondo reale.

I modelli principalmente utilizzati sono:

- *Modello TIN*: Triangulated Irregular Network rappresenta l'immagine come una rete di triangoli irregolari con vertici condivisi. I vertici possiedono coordinate x, y e z.

I TIN rappresentano un modello efficiente per memorizzare ed analizzare superfici.

- *Modello raster*: rappresenta l'immagine come una superficie che é divisa in una maglia regolare di celle.

I modelli raster sono utili per memorizzare dati che variano in modo continuo.

Ogni cella contiene un valore che può rappresentare l'appartenenza ad una certa classe, una misura o un valore interpretato.

- *Modello vettoriale*: rappresenta l'immagine utilizzando punti, linee e poligoni. Questo tipo di rappresentazione viene generalmente indicato come il modello vettoriale del mondo. I modelli vettoriali sono particolarmente utili per rappresentare e memorizzare oggetti discreti come edifici, strade, particelle, ecc

2.1.3 Formato vettoriale

É possibile memorizzare dati secondo il modello vettoriale raccogliendo i dati come classi di feature e collezioni di classi di feature. Punti, linee e poligoni sono memorizzati

come coordinate o un insieme di coordinate connesse che definiscono una forma.

Sono a disposizione tre principali implementazioni del modello vettoriale tra le quali é possibile scegliere quale meglio si adatta alle proprie esigenze, anche se in realtà, accanto a queste due implementazioni occorre considerare anche le caratteristiche del modello dati offerta dal GeoDataBase.

Le tre diverse implementazioni del modello vettoriale sono: coperture, shapefile e layer. Coperture e shapefiles implementano il modello di dati Georelazionale. Memorizzano i dati vettoriali in files binari e usano un identificativo univoco per legare le singole features agli attributi memorizzati in feature attribute table mantenute in altri files. Nel modello dati offerto dai layers ArcSDE si adotta un modello detto dei GeoObject.

Modello Coperture

É un modello di dati topologico che si presta particolarmente per effettuare complesse operazioni di geoelaborazione o analisi spaziali.

Modello Shapefile

É per la produzione di cartografia e l'analisi GIS che non richieda funzionalità avanzate. Una gran quantità di dati é disponibile in tale formato visto che lo shapefile sta diventando, anzi lo si può considerare a tutti gli effetti, uno standard di fatto nell'interscambio di dati geografici.

Gli shapefiles sono un formato di dati vettoriale non topologico. Ogni shapefile memorizza features che appartengono ad una singola feature class (cioé in uno shapefile ci possono essere o solo punti, o solo linee o solo poligoni). Poiché gli shapefiles non supportano associazioni topologiche tra diverse features e classi di feature essi sono pi semplici delle coperture.

Gli shapefiles hanno due tipi di features puntuali: points e multipoints. Essi hanno features lines che possono essere semplici lines o polylines multiparti. Hanno anche features areali che posso essere semplici o multiparti dette polygons.

I punti sono semplicemente features puntuali singole, come pozzi o monumenti. Non sono associati ai poligoni.

Shape multipoint sono collezioni di punti che rappresentano nel loro insieme una fea-

ture. Un gruppo di piccole isole potrebbe essere rappresentato da un'unica shape multipoint.

Shape di linee possono essere semplici linee continue su una mappa. Al tempo stesso possono essere anche delle polylines come nel caso di un fiume. Le linee possono anche avere parti discontinue.

Non ci sono relazioni topologiche tra linee in uno shapefile. Le linee non sono associate con i punti o i poligoni. Gli shape di poligoni possono essere semplici aree, come un'isola. Possono anche essere aree multiparti, come diverse isole che costituiscono un unico stato.

Gli shape di poligoni possono anche sovrapporsi, ma lo shape di poligoni non memorizza le relazioni topologiche tra di loro. Le aree di mercato di due negozi potrebbero essere rappresentate come poligoni sovrapposti. I poligoni non sono associati alle linee o ad i punti.

Ogni shapefile é in realt costituito da una terna di files che condividono lo stesso nome ma diversa estensione: il file con estensione .shp memorizza l'informazione vettoriale, il file con estensione .dbf memorizza gli attributi, mentre il file con estensione .shx memorizza gli indici spaziali.

Uno shapefile contiene geometrie di una sola tipologia: punti, multipoint, linee o poligoni.

Modello Layer

I layers ArcSDE implementano un nuovo modello GIS object oriented, il modello degli GeoDataObjects.

Tutte le features di questo nuovo modello risiedono in classi di features e ogni classe é memorizzata in una tavola in un RDBMS. Le classi di features che hanno delle relazioni topologiche tra di loro possono essere organizzate in un feature dataset.

Una mappa é composta da uno o piú layer.

La figura 2.1 mostra la classificazione dei diversi layer secondo lo standard ESRI.

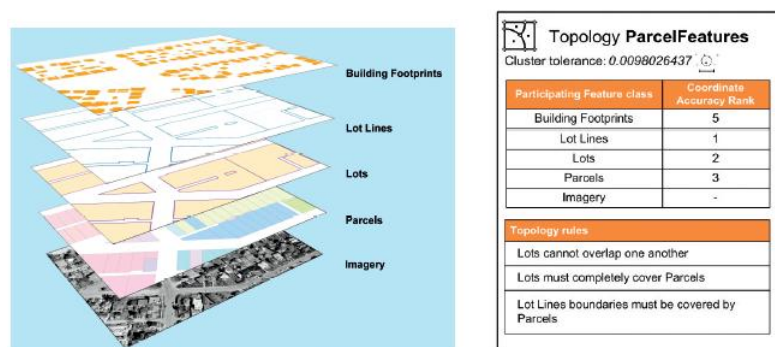


Figura 2.1: Classificazione layer secondo ESRI

2.1.4 GeoDatabase

Il modello dati del GeoDatabase rappresenta un nuovo modello a disposizione degli utenti per modellare realtà territoriali. Essendo un modello ad oggetti è possibile associare a questi ultimi caratteristiche quali proprietà e comportamenti direttamente nel modello dei dati, mentre utilizzando altri modelli di dati ciò è possibile solo implementando del software comportamentale all'interno di una soluzione applicativa.

Il Geodatabase è un nuovo modello dati orientato agli oggetti che migliora notevolmente la gestione dei dati geografici e semplifica la scrittura di applicativi consentendo all'utente di lavorare con oggetti geografici "intelligenti". In un Geodatabase possono essere memorizzati differenti tipi di dati, ad esempio: Vettoriali, Raster, Indirizzi, Regole, Relazioni, Metadata, Topologia, CAD o Tabelle.

La principale peculiarità di questo modello dati object-oriented è quella di porre l'utente GIS di fronte a concetti più semplici ed intuitivi nell'uso degli ArcGIS. Ciò viene ottenuto fornendo ai dati un comportamento intelligente, implementando modelli di comportamento, proprietà all'interno di un database relazionale. Oltre ad oggetti GIS classici quali punti, linee e poligoni, l'utente si troverà a lavorare con oggetti che sono dirette modellizzazioni della realtà, quali particelle catastali, edifici, semafori.

Le applicazioni di ArcGIS consentono la gestione completa del Geodatabase. Notevoli sono i vantaggi che derivano dall'uso del Geodatabase; tra i più importanti:

- *Centralizzazione dei dati* : tutti i dati sono memorizzati all'interno di un database centrale.

- *Inserimento dati ed editing piú potente* : il comportamento "intelligente" del dato previene l'inserimento di valori illegali tramite funzioni di validazione.
- *Dati intelligenti per applicazioni "semplici"* : l'utilizzo di dati intelligenti consente all'utente GIS una maggior semplicitá nell'utilizzo delle applicazioni ed allo sviluppatore GIS meno complicazioni nello sviluppo delle stesse ed una elevata possibilitá di riutilizzo del software.
- *Feature con associazioni spaziali* : mediante l'utilizzo di associazioni topologiche e relazioni semplici e complesse, le feature si rendono conto della presenza di altre feature. Questo permette all'utente di specificare cosa accade ad un oggetto geografico se un altro oggetto ad esso collegato viene spostato, cambiato o cancellato.
- *Miglioramento nella visualizzazione* : l'utente puó controllare il modo in cui le feature vengono visualizzate, ad esempio é possibile rappresentare un edificio come punto o come poligono a seconda della scala di visualizzazione.
- *Continuitá spaziale* : il Geodatabase, sfruttando la tecnologia DBMS, puó contenere vasti set di dati, evitando che questi debbano essere suddivisi in sottoinsiemi a favore della continuitá.
- *Miglioramento nell'accesso al dato* : tutta la gestione del dato é affidata al DBMS per cui l'accesso al dato é molto piú rapido e sicuro, anche in fase di back-up.

2.2 ArcGIS

ArcGIS é un sistema informativo geografico di tipo commerciale prodotto da ESRI (Environmental Systems Research Institute). É estremamente ricco di funzionalitá ed altamente scalabile per la creazione, la gestione, l'integrazione, l'analisi e la distribuzione di tutti i tipi di dati geografici in grado di soddisfare le esigenze di ogni organizzazione, dal singolo utente ad un sistema distribuito interconnesso in rete.

Come si vede in figura 2.2 gli utenti possono utilizzare differenti tipologie di ArcGIS client (ArcView, ArcEditor, ArcInfo) e ArcGIS Server (ArcSDE ed ArcIMS) in funzione dell'architettura necessaria alla specifica soluzione GIS.

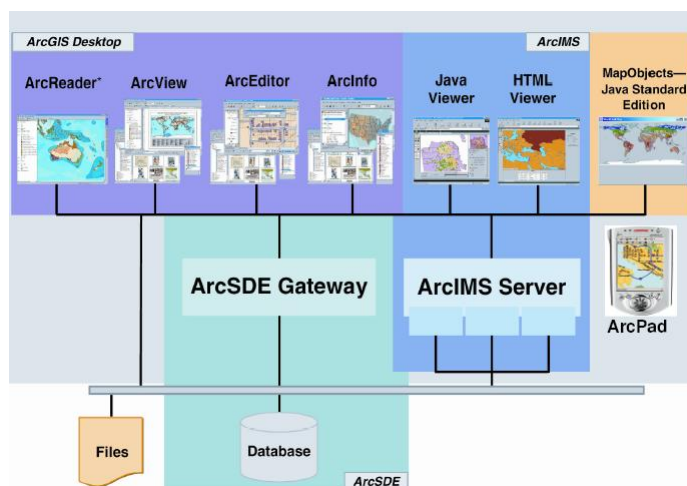


Figura 2.2: Il sistema ArcGIS

2.2.1 Gestione di dati GIS

ArcGIS utilizza modelli dati GIS intelligenti per la rappresentazione geografica e fornisce tutti gli strumenti necessari per creare e utilizzare dati geografici. La figura 2.3 mostra come si possa effettuare la modifica, la correzione e l'automazione dei dati, la produzione di mappe, la gestione di dati, le analisi geografiche e la distribuzione di dati e di applicazioni su Internet.

2.2.2 Memorizzazione e modellazione dati nel Geodatabase

Il Geodatabase è una struttura di memorizzazione aperta dedicata alla gestione di dati GIS (geometrie, tabelle ed immagini) all'interno di un DBMS (Database Management System).

Il Geodatabase segue il fondamentale modello dati in cui ogni oggetto ed i suoi attributi sono memorizzati in una riga di una tabella. Ogni oggetto rappresenta una entità spaziale o entità del mondo reale che deve essere gestita dal GIS (ad esempio una via, un edificio, un fiume, un cliente).

Un insieme costituito da "Feature" (oggetti) di quel tipo memorizzati in una tabella di un DBMS è chiamata Feature Class. Insiemi di Feature Class collegate tra loro che condividono lo stesso sistema di riferimento spaziale possono essere memorizzate in strutture a livello gerarchico superiore, chiamate "Feature Dataset".

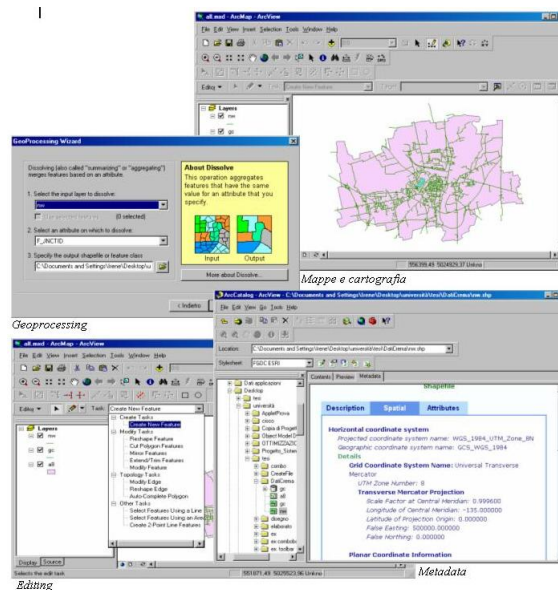


Figura 2.3: Operazioni eseguibili in un GIS

Ogni Feature (oggetto) in un Geodatabase contiene l'informazione sulla geometria (Shape) e può esistere come una entità a se stante. La capacità di memorizzare in modo completo la geometria è uno dei vantaggi del modello geodatabase, rendendo sempre disponibile la Feature per la visualizzazione o per analisi.

La figura 2.4 illustra due rappresentazioni della stessa informazione contenuta nel geodatabase. La prima è una rappresentazione geografica mentre la seconda mostra il database relazionale. Ogni riga rappresenta una feature diversa.

2.2.3 Modello Topologico nel Geodatabase

La Topologia è implementata come un insieme di regole di integrità che definiscono il comportamento di Feature e Feature Class relazionate. L'applicazione di regole topologiche a Feature o Feature Class in un geodatabase, offre agli utenti GIS la possibilità di modellare relazioni spaziali quali connettività, adiacenza e prossimità.

In ArcGIS la Topologia rappresenta uno strumento potente e flessibile con cui gli utenti possono specificare le regole per stabilire e mantenere la qualità del proprio dato spaziale. Tramite questo strumento è possibile verificare ad esempio se tutti i poligoni che rappresentano particelle catastali sono anelli chiusi, oppure verificare se ci sono

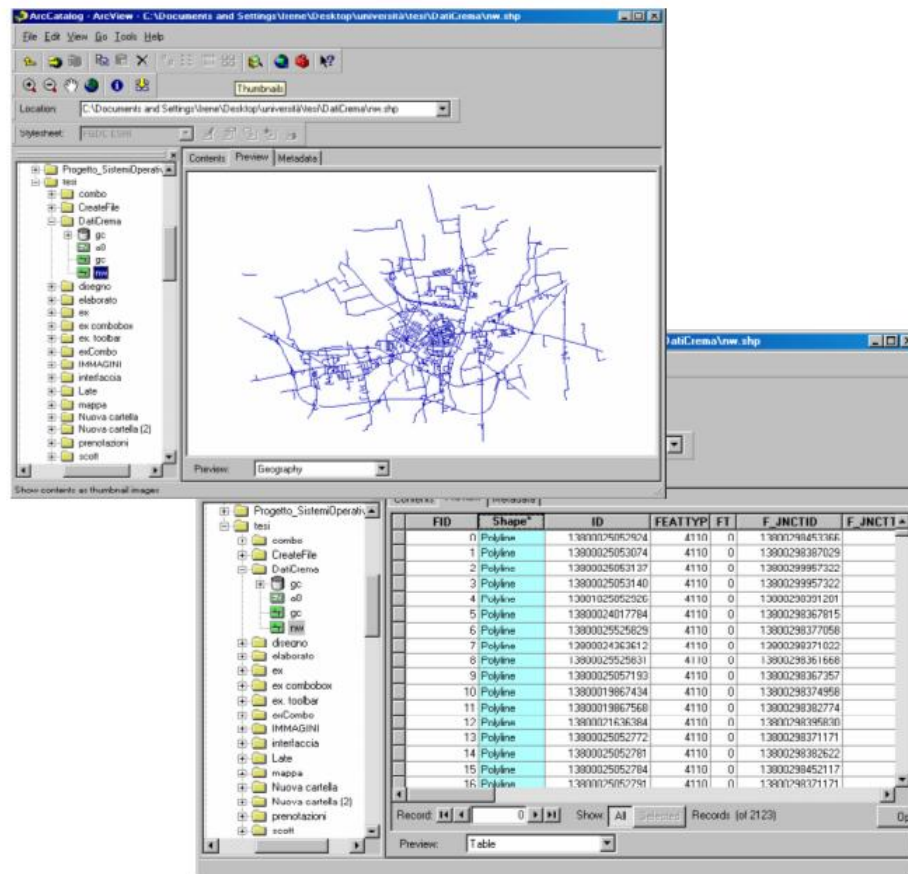


Figura 2.4: Due rappresentazioni diverse della stessa informazione

sovrapposizioni tra di loro.

Le relazioni topologiche possono essere considerate come dei vincoli spaziali da applicare ai propri dati. ArcGIS utilizza tali relazioni e permette di sapere quando queste non sono rispettate.

La Topologia può essere anche utilizzata per "validare" le relazioni spaziali che sussistono tra Feature Class.

Le regole topologiche sono definite tra le Feature all'interno di una stessa Feature Class oppure tra una o più Feature Class. Esempi di regole topologiche sono: i poligoni non devono sovrapporsi, i punti devono essere coperti dal confine di una Classe di poligoni, le linee di una Classe non devono intersecarsi tra loro, i punti devono trovarsi sui nodi delle linee di una Classe. La release 8.3 di ArcGIS prevede 25 differenti regole topologiche. Ulteriori regole saranno incluse nelle release successive. La flessibilità della Topologia nel geodatabase consiste nel fatto che l'utente può scegliere quali regole, tra quelle presenti, devono essere applicate ai suoi dati.

Si può affermare che la topologia sia la procedura matematica che determina le proprietà spaziali e le relazioni tra gli oggetti come la connessione tra linee, la direzione di una linea, l'adiacenza (contiguità) di aree, e la definizione di aree. Una struttura dati topologica determina esattamente come e dove sono connessi punti e linee su una carta numerica per mezzo di congiunzioni topologiche, dette nodi.

Le relazioni spaziali possono essere definite utilizzando la topologia.

Di seguito riportiamo i vantaggi più importanti della Topologia nel geodatabase:

- *migliore gestione dei Dati*: l'utente sceglie quali sono le feature class che partecipano alla Topologia
- *maggior flessibilità*: all'interno di una topologia possono partecipare più feature class di punti, linee e poligoni
- *integrità del dato migliorata*: l'utente può specificare le regole topologiche più appropriate per i suoi dati
- *maggiori possibilità nella modellazione*: l'utente può applicare ai propri dati un numero di vincoli estremamente più grande.

2.2.4 TeleAtlas

ArcGIS basa la descrizione del database relazionale sullo standard TeleAtlas.

TeleAtlas vanta la leadership mondiale nella realizzazione di mappe digitali destinate a un'ampia gamma di prodotti per la navigazione e soluzioni di database. La banca dati é la piú fedele riproduzione della rete viaria attualmente esistente, per fornire una guida di orientamento in tutte le strade europee e nordamericane. Sono coperti anche i territori di Singapore, Hong Kong e parti consistenti del territorio australiano.

La compatibilit  con tutti i piú diffusi dispositivi di navigazione e la struttura a sistema aperto hanno posto i nostri prodotti al cuore delle principali applicazioni di tutto il mondo, sia nel settore consumer che in quello business-to-business.

L'elenco di tutte le classificazioni fornite dallo standard TeleAtlas non viene fatto adesso. Nel corso della lettura verranno citati solo i campi interesse al progetto.

2.2.5 Desktop ArcGIS

ArcGIS Desktop comprende un insieme di applicazioni integrate: ArcMap, ArcCatalog e ArcToolbox. Utilizzando tutte e tre queste applicazioni é possibile svolgere qualsiasi operazione GIS, dalla piú semplice alla piú avanzata, inclusi la produzione cartografica, la gestione di dati, l'analisi geografica, l'editing di dati e l'elaborazione di dati geografici. ArcGIS consente anche di utilizzare una grande quantit  di dati spaziali e risorse disponibili su Internet attraverso i servizi di ArcIMS.

ArcGIS Desktop é un sistema completo di facile utilizzo, integrato e scalabile progettato per soddisfare le esigenze di una vasta gamma di utenti che necessitano di una rappresentazione del territorio.

2.3 ArcView 8.3

ArcView é uno dei tre livelli di funzionalit  che costituiscono ArcGIS Desktop e comprende tre applicazioni: ArcMap, ArcCatalog e ArcToolbox.

  un potente kit di strumenti per la produzione cartografica, l'esecuzione di report e l'analisi cartografica.

ArcView 8.3 offre molte funzionalità, inclusi strumenti per la simbologia e per l'editing, la gestione dei metadati e la proiezione istantanea. Dal punto di vista funzionale è equivalente ad ArcView GIS 3 e consente di svolgere le stesse operazioni che potevano essere eseguite con quest'ultimo. Sono state aggiunte interessanti funzionalità come ad esempio, sono stati notevolmente sviluppati gli strumenti per la simbologia e l'editing e l'interfaccia standard di Windows è sono stati introdotti numerosi wizard per facilitare la creazione, la gestione e l'aggiornamento di dati e mappe. Ulteriori funzionalità comprendono la gestione di metadati e la ricerca di dati con ArcCatalog, l'editing del geodatabase, il supporto per le annotazioni, la proiezione istantanea di feature e raster tra sistemi di coordinate e la capacità di connettersi e utilizzare i servizi di ArcIMS. La personalizzazione viene effettuata utilizzando il linguaggio Visual Basic for Application integrato nel software, oppure con un qualunque linguaggio COM come Visual Basic, Visual C++ o Delphi. ArcGIS oltre a soddisfare le necessità degli utenti finali fornendo applicazioni GIS già pronte, fornisce agli utenti più avanzati e agli sviluppatori delle possibilità di personalizzazione complete.

2.3.1 ArcMap

ArcMap è l'applicazione centrale di ArcGIS Desktop. È l'applicazione GIS utilizzata per tutte le operazioni cartografiche, dalla produzione all'analisi all'editing. ArcMap consente di gestire mappe dotate di un layout di pagina contenente una finestra grafica, o vista, con una serie di livelli, legende, scale chilometriche, simbologia per l'orientamento e altri elementi. Come si vede in figura 2.5 ArcMap offre diversi modi per visualizzare una mappa, in particolare una modalità dati geografici e una modalità di layout, sulle quali è possibile svolgere diversi tipi di operazioni GIS avanzate.

2.3.2 ArcCatalog

ArcCatalog facilita l'organizzazione e la gestione di tutti i dati GIS. Dispone degli strumenti necessari per la navigazione e la ricerca di informazioni geografiche, la registrazione e la visualizzazione di metadati, la visualizzazione rapida di qualsiasi set di dati e la definizione della struttura dei vari livelli di dati.

ArcCatalog offre la possibilità di modificare i metadati. I metadati sono le informazio-

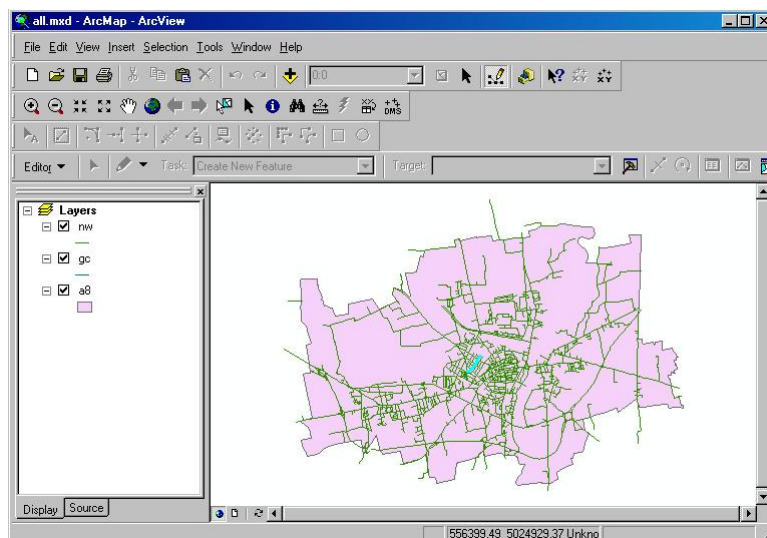


Figura 2.5: ArcMap é utilizzato per tutte le operazioni cartografiche: produzione, analisi ed editing

ni mantenute nel database, raggruppate a seconda della caratteristica dei dati a cui si riferiscono. La presenza di un opportuno set di metadati associati agli archivi risulta essere un elemento essenziale per la comprensione e la lettura dei dati stessi nelle fasi di manutenzione e interscambio.

2.3.3 ArcToolbox

ArcToolbox é dotata di numerosi strumenti GIS utilizzati per l'elaborazione di dati geografici. É disponibile in due versioni: una completa, fornita con ArcInfo e una semplificata, fornita con i software ArcView e ArcEditor.

2.3.4 Connessione dei componenti

ArcMap, ArcCatalog e ArcToolbox sono stati progettati per lavorare insieme e per eseguire tutte le operazioni GIS quali:

- cercare e trovare un documento cartografico in ArcCatalog e aprirlo con ArcMap
- modificare e aggiornare i dati attraverso gli strumenti disponibili nell'ambiente di editing di ArcMap item cercare dati contenuti in altri database attraverso

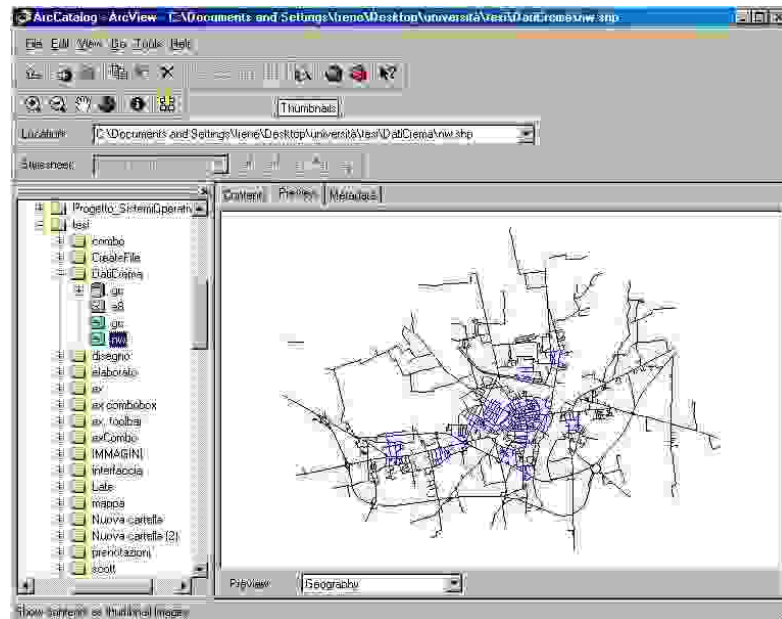


Figura 2.6: ArcCatalog é l'applicazione utilizzata per la gestione dei contenitori di dati spaziali e dei database, e per la registrazione la visualizzazione dei metadati.

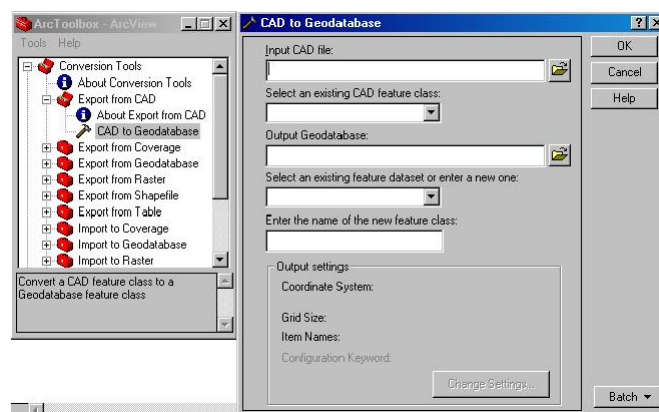


Figura 2.7: ArcToolbox é usato per la conversione dei dati ed il geoprocessing.

le connessioni disponibili in ArcCatalog e dopo averli localizzati selezionarli e trascinarli con semplici drag and drop creando un nuovo livello in ArcMap

- selezionare e trascinare i dati da ArcCatalog sugli strumenti disponibili in Arc-Toolbox.

Capitolo 3

ArcObjects

ArcObjects é la piattaforma di sviluppo software per la famiglia di applicazioni ArcGIS quali ArcMap, ArcCatalog, e ArcToolbox. I componenti del software ArcObjects offrono agli sviluppatori di software una serie di funzioni utilizzabili in ArcInfo e ArcView. ArcObjects include piú di 1200 oggetti ed é strutturato in modo da permettere la creazione di specifici componenti da altri componenti. Questi permettono di realizzare funzioni comuni di molte applicazioni GIS quali la rappresentazione di dati su mappa. ArcObjects fornisce un'infrastruttura per la personalizzazione delle applicazioni GIS tale da accontentare le esigenze specifiche di una clientela esigente.

3.0.5 La struttura

ArcObjects é costruito tramite tecnologia Microsoft's Component Object Model (COM). Perciò é possibile estendere ArcObjects tramite componenti COM scritti in un qualsiasi linguaggio di sviluppo compatibile con la tecnologia COM (VBA, VB, C++, .NET, VB Script) .

Lo strumento piú utilizzato per personalizzare le applicazioni ArcGis é Visual Basic for Applications (VBA) che é incluso in ArcCatalog e ArcMap. Attraverso VBA si può sfruttare l'architettura già esistente in ArcMap e ArcCatalog per la gestione e la rappresentazione dei dati modificandola e personalizzandola secondo le proprie esigenze attraverso nuovi menu, tools, moduli e comandi.

Prima di trattare COM in modo approfondito é importante considerare l'ampio utilizzo dei componenti software. Il piú importante vantaggio é la riduzione del rischio sia in termini di costo che di tempo. Utilizzando un componente software si riutilizza un

pezzo di codice adattandolo a svariate applicazioni in modo da soddisfare i requisiti necessari. In questo modo un componente software é diventato l'unit  binaria di riuso del codice. Esistono diversi standard per lo sviluppo e la condivisione dei componenti. COM   utilizzato per la creazione di applicazioni interattive mentre in internet si utilizza la tecnologia Javasoft's Java Beans. ESRI ha scelto la tecnologia COM per ArcGIS in quanto fornisce buone prestazioni, supporta un elevato numero di tools e offre la possibilit  di estendere gli ArcObjects tramite diversi componenti.

Per capire COM   importante capire che non si tratta di un linguaggio orientato agli oggetti ma di un protocollo standard. E' una metodologia per gli sviluppatori di software. Definisce un protocollo che permette di relazionare un componente o un modulo con un altro modulo. Utilizzando questo protocollo   possibile riutilizzare componenti software in modo da farli interagire dinamicamente in un sistema distribuito.

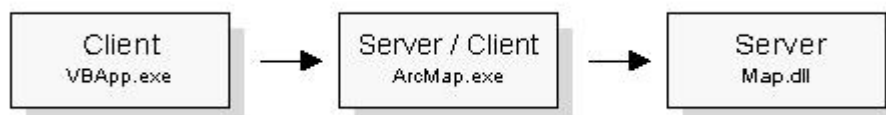
Dal punto di vista tecnico COM definisce un modello di programmazione basato sulle interfacce: gli oggetti incapsulano i metodi e le variabili di ogni istanza e sono accessibili tramite un'interfaccia ben definita. In questo modo viene garantita la protezione del sistema da una qualsiasi operazione che potrebbe essere fatta sia in fase di sviluppo che di implementazione. COM lascia allo sviluppatore sia la scelta della struttura da utilizzare per sviluppare l'applicazione che quella del linguaggio di programmazione da utilizzare.

Le caratteristiche principali della tecnologia COM sono:

- *Polimorfismo*: gli operatori possono essere utilizzati con diversi tipi di oggetti
- *Ereditariet *: alcune classi possono ereditare propriet  e metodi da altre classi alle quali sono legate da una relazione di parentela
- *Encapsulation*: codice, propriet  e metodi possono essere definiti pubblici o privati all'interno di una classe. Nel primo caso significa che sono visibili e utilizzabili all'esterno della classe mentre nel secondo sono protetti e nessuna modifica dall'esterno pu  essere eseguita.

3.0.6 Componenti, Oggetti, Client e Server

COM si basa su un'architettura client-server. Il server fornisce una serie di servizi e il cliente li utilizza. COM facilita la comunicazione tra il client e gli oggetti. Un oggetto può essere sia client che server e richiedere o fornire altri servizi.



Gli oggetti sono istanze delle classi COM e forniscono servizi utilizzabili dai client. E' giustificato quindi parlare di oggetti e client invece che di server e client. Questi oggetti sono spesso chiamati oggetti COM. Client e server possono riferirsi allo stesso processo o a spazi di indirizzamento di processi differenti.

I processi server sono accessibili tramite Dynamic Link Library (DLL) e queste sono caricate in spazi di indirizzamento client nel momento in cui il client accede per la prima volta al server. Al di fuori del processo il server é caricato in file EXE e viene eseguito nel proprio spazio di indirizzamento.

3.0.7 Le interfacce COM

Le interfacce permettono agli sviluppatori di modellare delle funzionalità in modo astratto. Gli sviluppatori Visual C++ considerano le interfacce come funzioni virtuali mentre gli sviluppatori Visual Basic le considerano come un insieme di proprietà, funzioni e sub routine utilizzate per comunicare tra i vari oggetti.

La tecnologia COM specifica che:

- Un'interfaccia non é una classe. Un'interfaccia non può essere istanziata e quindi non ha una sua implementazione.
- Un'interfaccia non é un oggetto. Un'interfaccia é un insieme di funzioni ed é lo standard binario tramite cui client e oggetti possono comunicare.
- Le interfacce sono fortemente tipizzate. Ogni interfaccia ha il proprio identificativo univoco.

- Le interfacce sono immutabili. Ognuna é pubblica e non può essere modificata, mentre la sua implementazione si.

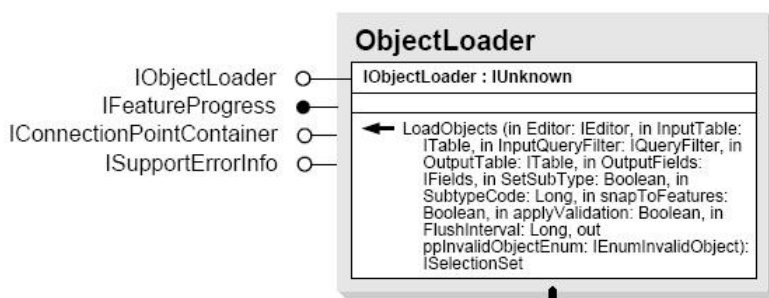
Le interfacce possono essere inbound e outbound.

Un' interfaccia inbound indica quali sono i parametri che devono essere utilizzati dal client per eseguire una funzione specifica dell'oggetto.

Un' interfaccia outbound indica cosa la funzione dell'oggetto deve restituire al client.

Ogni oggetto della tecnologia COM ha un'interfaccia di default che gli viene associata nel momento in cui viene istanziato e nessun'altra interfaccia é specificata. Tutti gli oggetti della libreria ESRI hanno una IUnknowncome interfaccia di default. L'interfaccia di default per gli oggetti Application, sia per ArcCatalog che per ArcMap, é l'interfaccia IApplication.

Esistono molte interfacce in ArcObject che non hanno metodi. Sono chiamate interfacce Notification. Il loro scopo é quello di specificare se la struttura dell'applicazione che la classe implementa supporta un particolare insieme di funzionalità.



Tutte le comunicazioni tra oggetti devono essere fatte tramite interfacce. Le interfacce della tecnologia COM sono astratte, ciò significa che non esistono implementazioni associate ad ogni interfaccia; il codice associato ad ogni interfaccia proviene dall'implementazione della classe.

L'interfaccia indica come l' oggetto dovrebbe interagire con il resto del sistema indipendentemente da come poi in realtà avvenga l'implementazione. Poiché l'implementazione dipende da oggetto a oggetto si dice che l'oggetto eredita il tipo di interfaccia (tipo ereditato) e non la sua implementazione. Le funzioni di un oggetto sono descritte in modo astratto tramite un interfaccia e implementate tramite una classe. L' interfaccia é spesso chiamata "What" della tecnologia COM in quanto definisce cosa un oggetto

deve fare. Due classi possono avere la stessa interfaccia ma devono essere implementate in modo diverso. La tecnologia COM infatti non supporta il concetto di ereditarietà multipla riferito alle interfacce.

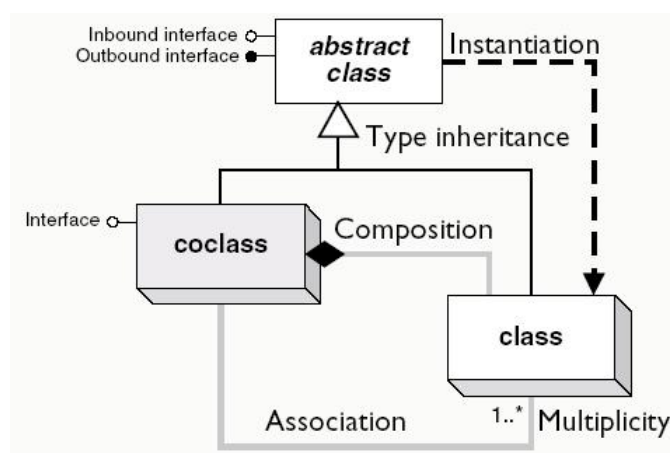
3.0.8 Le classi COM

Una classe é il modello che definisce variabili, metodi e interfacce comuni a tutti gli oggetti che la implementeranno. La classe é spesso indicata "How" della tecnologia COM in quanto indica come deve avvenire l'implementazione dell'oggetto. Una singola classe può implementare più interfacce.

Il diagramma delle classi mostra come un oggetto può essere utilizzato e le relazioni tra i vari oggetti. Inoltre permette di avere una visione dell'intera struttura del modello a oggetti implementato da ArcObjects.

3.0.9 Il diagramma a oggetti

Mostra le classi attraverso le quali ArcMap rappresenta le informazioni geografiche e ArcCatalog gestisce il geodatabase.



INTERFACCE

(Optional): rappresenta l'interfaccia ereditata dalla sua sottoclasse

Istance: rappresenta l'interfaccia che solo di una specifica istanza di una classe

TIPI DI CLASSI

Classe astratta: non permette di creare nuovi oggetti. Può essere specificata solo un'istanza di una sua sottoclasse

Colasse: permette di creare direttamente oggetti specificando il nuovo oggetto, in modo che un client possa utilizzare i servizi offerti dall'interfaccia della classe.

Classe: non può creare direttamente oggetti ma le istanze di questa classe possono essere create da altri oggetti di ArcObjects.

TIPI DI RELAZIONE

Associazione: rappresenta una relazione tra più classi differenti

Tipo ereditato: rappresenta la relazione tra una due classi. Una delle due (sottoclasse) condivide le proprietà e i metodi dell'altra (chiamata superclasse) ma ha anche proprietà e metodi propri non utilizzabili dalla classe genitrice.

Istanza: specifica che un oggetto di una classe ha un metodo tramite il quale si possono creare oggetti di un'altra classe.

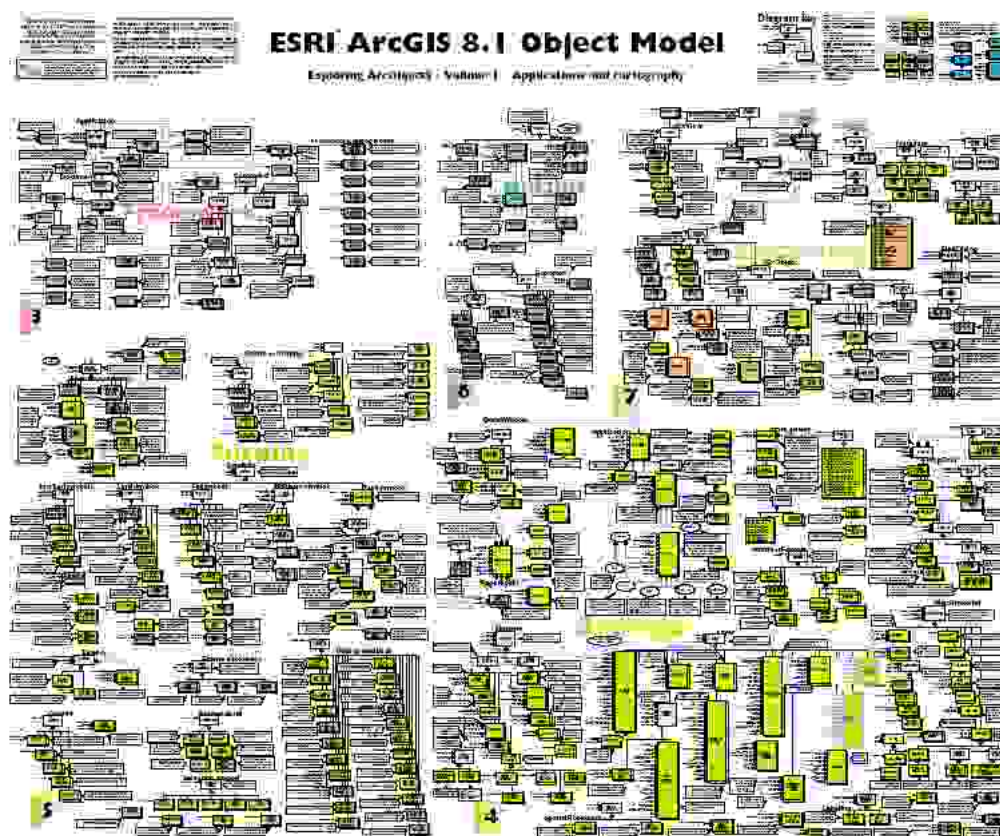
Aggregazione: è una relazione attraverso la quale l'oggetto di una classe controlla l'intero il ciclo di vita di un oggetto di un'altra classe

Associazione N-aria: specifica una connesione bidirezionale tra più di due classi

Relazione multipla: specifica il numero di oggetti associati con un altro oggetto. Le relazioni di associazione e composizione possono essere:

- 1..1 un oggetto è in relazione con un solo altro oggetto
- 1...N un oggetto è in relazione con più oggetti
- N...N più oggetti di una classe sono in relazione con più oggetti di un'altra
- 0...* nessun oggetto è incluso nella relazione
- 1...* almeno un oggetto deve essere incluso nella relazione

Nella figura ?? viene riportata una parte del diagramma a oggetti, di questo verranno analizzati i sottosistemi principali che sono stati utilizzati per realizzare il progetto.



Il diagramma a oggetti é composto dalle seguenti parti o sottoinsiemi.

(3D Analyst Extension) : componente che fornisce alla struttura una visualizzazione 3D.

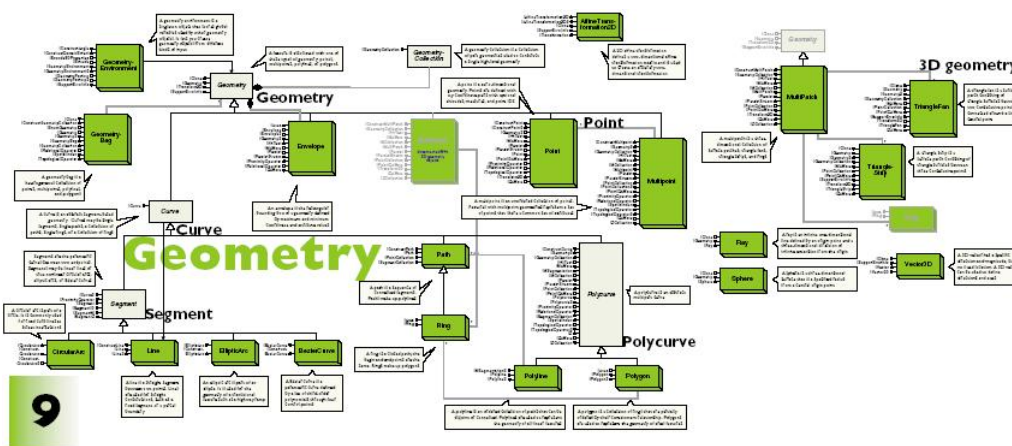
Geometry: permette di manipolare l'aspetto geometrico degli elementi grafici memorizzati nel database.

L'elemento geometrico utilizzato é specificato nella colonna chiamata Shape.

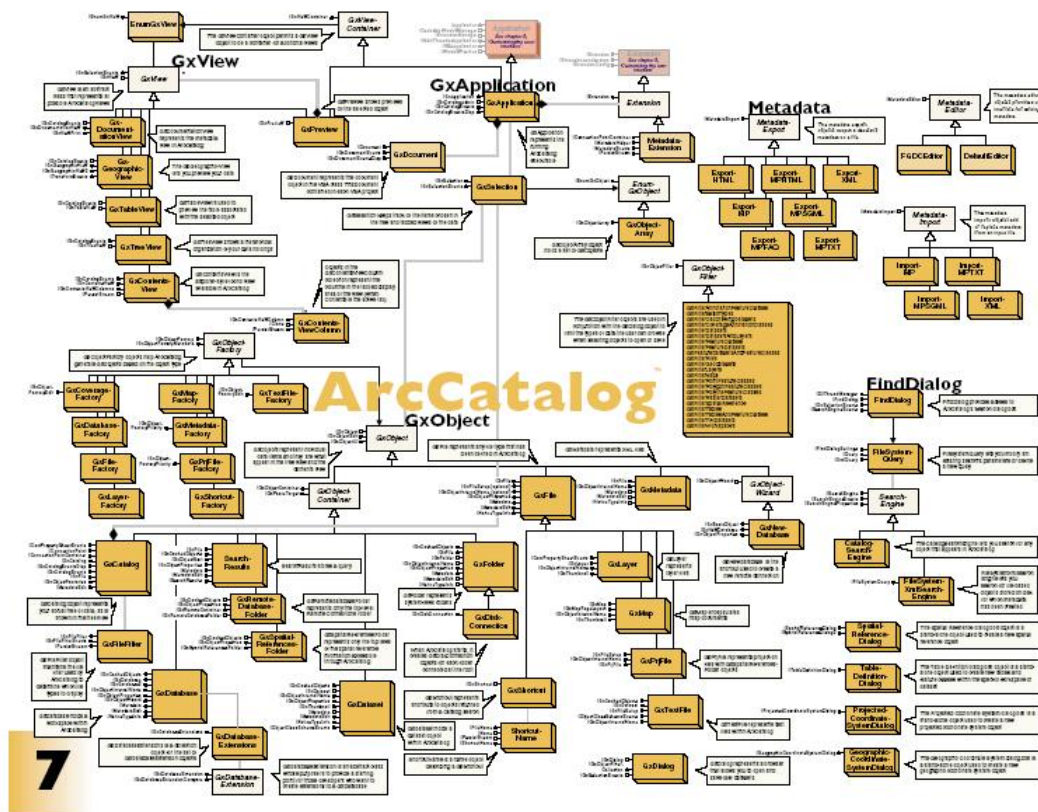
Nel diagramma sono evidenti le relazioni tra Point, MultiPoint, Polyline e Poligon che sono coclassi creabili all'interno di una qualunque applicazione. Questi elementi supportano sia gli operatori topologici quali buffer, clip, cut, difference, union e intersect che gli operatori relazionali come contain, cross, touch.

L'oggetto Envelope consente di memorizzare informazioni riguardanti la rappresentazione geometrica degli elementi del database. Esso é il piú piccolo rettangolo all'interno del quale puó essere definito l'elemento.

L'oggetto Point rappresenta un elemento di 0-dimensionale con coordinate X e Y mentre Polyline rappresenta un insieme di punti che hanno un inizio e una fine.



FocusMap permette di individuare la mappa associata al documento e Layer consente di scegliere il livello della mappa da considerare, di conseguenza il corrispondente database.



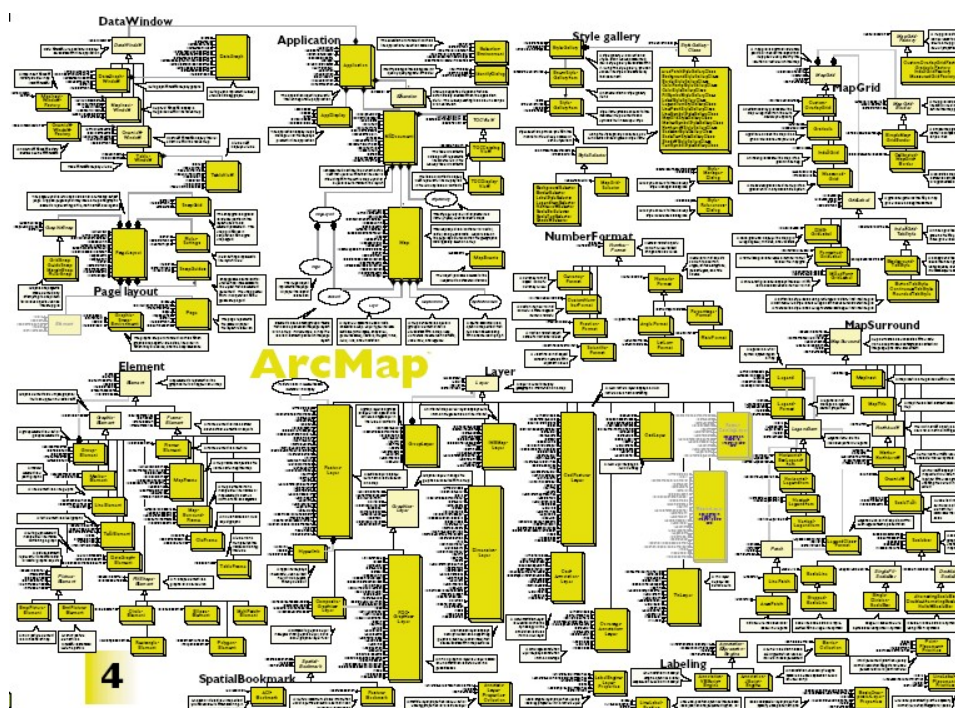
ArcMap: comprende i componenti dell'applicazione ArcMap. E' il punto di partenza per accedere al documento mappa per visualizzarlo e modificarlo. Si può dividere in due grandi categorie: Application FrameWork e Map Components:

Application Framework

L'oggetto Application é il punto di partenza per qualsiasi operazione. Il documento aperto con ArcMap viene rappresentato da MXDocument e visualizzato sullo schermo attraverso l'oggetto Display.

Map Components

Maps rappresenta invece i vari livelli presenti nel documento e FocusMap individua quello corrente. Un documento é organizzato in modo gerarchico da mappe e livelli. Una mappa corrisponde ad un entry nella ArcMap table. Ogni mappa é costituita da uno o piú livelli che possono essere di diversi tipi, ad esempio idrico, topologico, fisico o geografico.



Linear Referencing and XY Events: fornisce una struttura per la creazione, la modifica e la visualizzazione dei dati referenziati. Questi oggetti permettono di identificare a quale segmento sulla mappa corrisponde una determinata posizione geografica.

ArcMap Editor: contiene gli oggetti che appartengono a un'estensione. Questi facilitano la modifica dei file che siano shpfile o geodatabase.

Network: fornisce funzionalità per creare, modificare e personalizzare le operazioni sulla network.

ArcObjects Control: permette di creare applicazioni ArcGIS che possano essere riutilizzate in differenti ambienti di sviluppo.

ArcScan: descrive i componenti presenti nell'estensione ArcScan.

Output: permette di stampare e esportare i file.

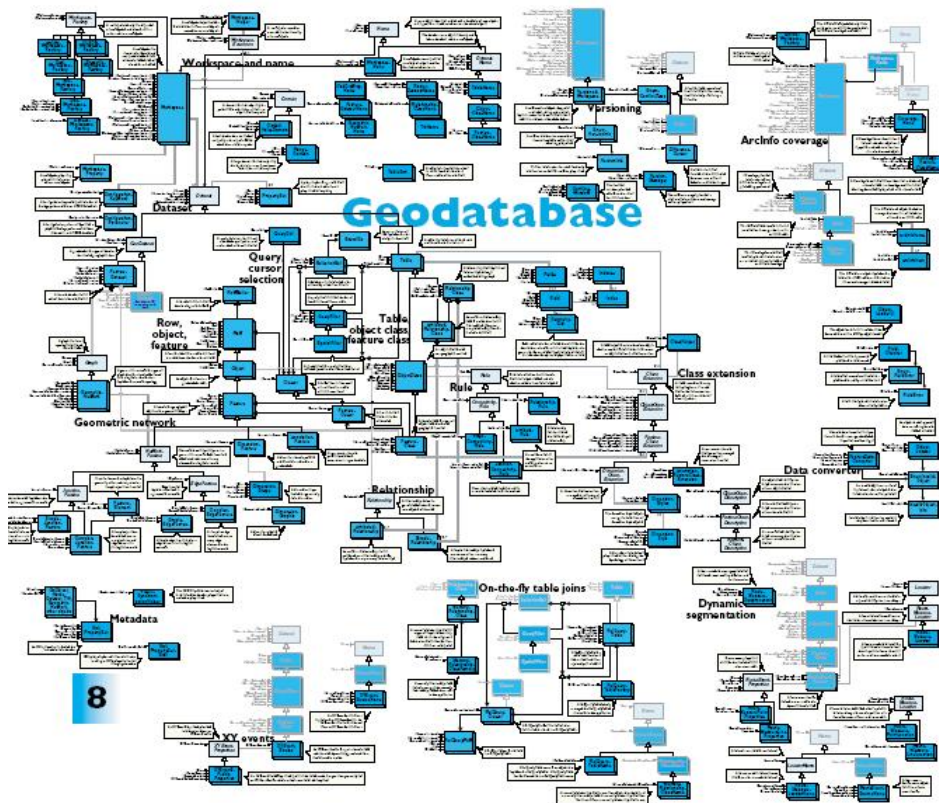
Display: fornisce funzionalità per visualizzare su schermo i simboli della mappa.

Raster: permette di accedere e manipolare i dati raster sia su disco che in memoria.

Geocoding: fornisce servizi di geocoding. La struttura Locator permette di sviluppare un nuovo tipo di servizio di locazione.

Geodatabase: permette di creare e manipolare i dati relativi al geodatabase. Questi oggetti sono inoltre il meccanismo tramite il quale si accede ai dati memorizzati nel

geodatabase.



Spatial Analyst Extension: permette di effettuare una analisi raster. Esistono due tipi di oggetti: quelli che supportano l'intero ambiente Spatial Analyst e quelli che forniscono le operazioni per operare su tali ambienti.

Spatial Reference: fornisce l'interfaccia alle varie funzionalità spatial reference.

StreetMap USA Extension: permette di utilizzare le informazione relative a Street-Map USA come feature class.

3.0.10 Esempio

Ecco due esempi di come, attraverso VBA, si interagisce con ArcGIS sfruttando i componenti ArcObjects.

1) *Riferimento a un preciso livello del documento aperto*

```
Dim pMxDoc As IMxDocument
Dim pmap As IMap
Set pMxDoc=ThisDocument
```

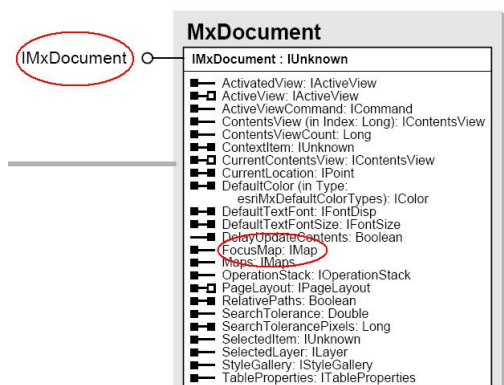
```
Set pmap = pMxDoc.FocusMap
```

```
Dim pfl As IFeatureLayer
```

```
Dim pfc As IFeatureClass
```

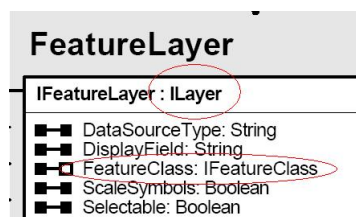
```
Set pfl = pmap.Layer(0)
```

```
Set pfc = pfl.FeatureClass
```



```
Dim pTable As ITable
```

```
Set pTable = pfc
```



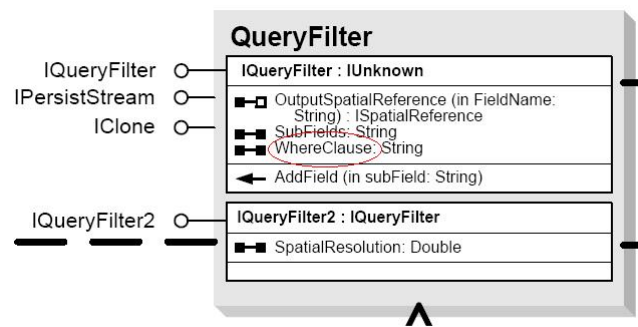
Queste semplici istruzioni permettono di avere accesso a un layer preciso di una mappa. This Document rappresenta la mappa, Layer(0) é il primo file aperto e pfc é la tabella che contiene tutte le informazioni relative al file.

2) Interrogazione del database 1

```
Dim pQueryFilt As IQueryFilter
```

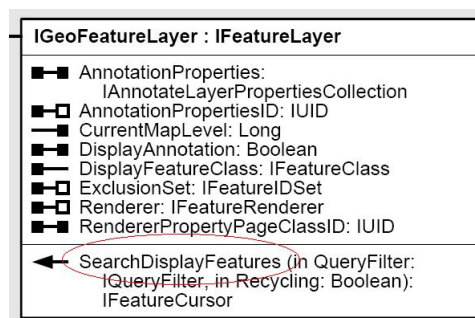
```
Set pQueryFilt = New QueryFilter
```

```
pQueryFilt.WhereClause = "NAME= 'Bramante'"
```



```

Dim pLayer As IGeoFeatureLayer
Dim pFeatCursor As IFeatureCursor
Dim pFeature As IFeature
Set pFeatCursor = pLayer.SearchDisplayFeatures(pQueryFilt, True)
Set pFeature = pFeatCursor.NextFeature
....
Do Until pFeature Is Nothing
    Set pFeature = pFeatCursor.NextFeature
    If Not pFeature Is Nothing Then
        .....
    End If
Loop
  
```



Queste istruzioni corrispondono alla sintassi SQL "select-from-where": pFeatCursor ritorna tutte le righe (row) che hanno l'attributo NAME uguale a Bramante.

3) Interrogazione del database 2

```

Dim pqfF As IQueryFilter
Dim pcursorF As ICursor
Dim prowF As IRow
Set pqfF = New QueryFilter
With pqfF
    fnameF = "F_JNCTID" 'nodefrom
End With
Set pcursorF = pTable.Search(pqfF, False)
Set prowF = pcursorF.NextRow
Do Until prowF Is Nothing
    ....
    Set prowF = pcursorF.NextRow
Loop

```

Queste istruzioni selezionano le colonne della tabella che l'attributo uguale a F_JNCTID. Particolare da notare é che al contrario della sintassi SQL, ArCObjects ritorna sempre un puntatore alla riga o alla colonna selezionata, in modo da permette una scansione della tabella senza ripetere inutili query.

Capitolo 4

Esportazione dei dati stradali

In questo capitolo viene spiegato come vengono esportati i dati stradali dal formato TeleAtlas al formato DARIA.

Importante considerazione da notare prima di iniziare é che una via corrisponde quasi sempre a piú entry nel database, una per ogni tronco stradale da cui é composta.

Abbiamo avuto a disposizione tre file .shp (shapefile) che descrivono la topologia di Crema. Sono a8.shp che descrive semplicemente l'area su cui si estende la cittadina, nw.shp che descrive l'intera topologia con associati pochi attributi di tipo geometrico e gc.shp che descrive nel dettaglio i tronchi stradali pi importanti, tralasciando quelli piccoli e di minor importanza.

4.1 Formato DARIA

Il software DARIA per apprendere la topologia della rete richiede in input un file .txt composto dal numero totale di vertici seguito da tutti gli archi (nodo iniziale, nodo finale), corrispondenti a tutti i tronchi stradali, e dal tempo di percorrenza di ogni tratto.

4.2 Formato TeleAtlas

Il database offerto dai file shape non offre direttamente tutte le informazioni richieste da DARIA.

Gli attributi coinvolti nella query sono stati:

- F_JNCTID o "From (Start) Junction Identification": l'identificativo del nodo di partenza all'inizio del tronco stradale.
- T_JNCTID o "To (End) Junction Identification" : l'identificativo del nodo di arrivo al termine del tronco stradale
- FRC o "Functional Road Class": la classificazione del tipo di strada
(-1: not applicable, 0: motorway, freeway, or other major road, 1: a major road less important than a motorway, 2: other major road, 3: secondary road, 4: local connecting roads, 5: local road of high importance, 6: local road, 7: local road of minor importance, 8: other road)
- METERS: lunghezza espressa in metri del tratto stradale
- MINUTES: tempo di percorrenza del tratto stradale espresso in minuti.

Poiché nel database a nostra disposizione non é presente l'attributo MINUTES abbiamo dovuto fare una stima del tempo di percorrenza di ogni tronco stradale. Il campo FRC, che specifica di che tipo di strada si tratti, é stato utilizzato per stabilire le velocità massime consentite su ogni tronco (vedere file frc.txt). Con il valore della velocità, il campo METERS e sfruttando la formula del moto rettilineo uniforme $t=s/v$ si ricava facilmente il tempo, espresso in secondi ,di percorrenza di ogni tratto.

Inoltre son stati rinominati i vertici degli archi che corrispondono ai vari tronchi stradali. La corrispondenza tra il nuovo e il vecchio identificativo per ogni nodo viene creata nel file txtnode.txt.

4.3 Rinomina dei vertici

Il file utilizzato per la ricerca é stato nw, ugualmente poteva essere preso gc. Sono state fatte due query: una per selezionare la colonna F_JNCTID e l'altra per T_JNCTID. Ogni riga della due colonne é stata trascritta nel file txtnode. A fianco il relativo intero (counts) che si incrementa ogni volta che aumentava il numero di righe.

Ad esempio il codice per analizzare la colonna F_JNCTID é:

```

Do Until prowF Is Nothing
  if (dontMatch(prowF.Value(prowF.Fields.FindField(fnameF)), pTable.RowCount(pqfT))
    txtnode.Write (counts + 1)
    txtnode.Write (" ")
    txtnode.Write (prowF.Value(prowF.Fields.FindField(fnameF)))
    txtnode.WriteBlankLines (1)
    arrNode(counts + 1) = prowF.Value(prowF.Fields.FindField(fnameF))
    counts = counts + 1
  End If
  Set prowF = pcursorF.NextRow
Loop

```

4.4 Creazione del file di input

Le query sono rimaste quelle descritte in precedenza. É cambiato solo il modo in cui sono state trascritte. Innanzitutto stato scritto il numero totale dei vertici, che é pari a counts della pozione di codice precedente. Dopodiche per ogni riga sono stati letti i nodi iniziali e finali, ricercati nel file txtnode i corrispondenti valori e trascritti nel file txtInput. A fianco di ogni coppia di vertici stato prima ricercato il campo MINUTES, in mancanza stato calcolato il tempo di percorrenza utilizzando il file frc.txt.

Il codice relativo a questa operazione é il seguente:

```

Do Until prowF Is Nothing
  Do Until prowT Is Nothing
    Do Until prowM Is Nothing
      Do Until prowC Is Nothing
        Do Until prowMin Is Nothing
          txtInput.WriteBlankLines (2)
          s = Findindex(prowF.Value(prowF.Fields.FindField(fnameF)))
          txtInput.Write (s)
          txtInput.Write (" ")
          d = Findindex(prowT.Value(prowT.Fields.FindField(fnameT)))

```

```

txtInput.Write (d)
txtInput.Write (" ")
'ricordarsi di contrllare se esiste il campo minutes
If prowMin.Fields.FindField(fnameMin) = -1 Then
    c = prowC.Value(prowC.Fields.FindField(fnameC)) * 60
    sp = Speed(c)
    t = (prowM.Value(prowM.Fields.FindField(fnameM))) / sp
    txtInput.Write (t)
Else
    m = Findindex(prowMin.Value(prowMin.Fields.FindField(fnameMin)))
    txtInput.Write (m / 60)
End If
txtInput.WriteBlankLines (1)
Set prowF = pcursorF.NextRow
Set prowT = pcursorT.NextRow
Set prowM = pcursorM.NextRow
Set prowC = pcursorC.NextRow
Set prowMin = pcursorMin.NextRow
i = i + 1
Loop
Loop
Loop
Loop
Loop

```

Capitolo 5

Realizzazione di un interfaccia per la prenotazione

In questo capitolo viene spiegato come a partire da dati, quali via e numero civico, inseriti manualmente dall'operatore, si arrivi a individuare l'arco corrispondente e λ .

5.1 Formato Daria

I dati richiesti dal programma sono il nodo iniziale e il nodo finale del tronco stradale in cui é presente il numero civico e λ . Ricordiamo che λ é alla frazione di arco a cui corrisponde il numero civico rispetto all'intero tronco stradale.

5.2 Formato TeleAtlas

Per questa ricerca sono stati utilizzati sia attributi del file gc che del file nw. Gli elementi di gc presi in considerazione sono:

- NAME: corrisponde al nome della via
- L_STRUCT e R_STRUCT: corrispondono rispettivamente alla struttura del lato sinistro e destro del tronco stradale. La classificazione TeleAtlas associa 2 se il lato considerato ha numeri pari, 3 se dispari o 4 se misti.
- L_F_ADD–L_T_ADD o R_F_ADD–R_T_ADD : corrispondono al numero civico iniziale e finale del tronco considerato, ricordandosi di considerare sempre e comunque l'attributo che ne descrive la struttura del tronco.

L'elemento di nw considerati, oltre a F_JNCTID e T_JNCTID é RTEDIRVD che indica se la strada é a doppio senso o a senso unico. Il campo vuoto corrisponde al doppio senso mentre il senso unico da sinistra e destra é rappresentato dalla stringa FT e da destra a sinistra dalla stringa TF.

L'elemento utilizzato per effettuare il "join" tra le due tabelle é stato il campo ID, l'identificativo univoco per ogni tronco stradale.

5.3 Corrispondenza tra parametri diversi

I passi per effettuare la conversione sono stati:

- ricerca nel file gc di tutte la righe del database a cui corrispondeva il nome della via inserito nella form.

```
Do Until i = 2
    Set pfc = AttributeQuery(pTable1,1,_
        "NAME = '" + Trim(prenCurr(i).via) + "'")
    Set pf = pfc.NextFeature
    ...
```

- per ognuna di queste controllo che il relativo numero civico appartenesse a un range specificato, in caso contrario visualizzazione di un messaggio di errore.

```
If (isEven(prenCurr(i).num) = True) Then
    If (LS = 2 Or LS = 4) Then
        If (isPresent(prenCurr(i).num, f.Value(fc.FindField("L_F_ADD"))_
            ,f.Value(fc.FindField("L_T_ADD")))) = True) Then
            .....
```

- esportazione del campo ID del record trovato

```
Set pfc = AttributeQuery(pTable0, 0, "ID = " + Trim(id) + "")
Set pf = pfc.NextFeature
```

- calcolo di λ come numero frazionario in base alla distribuzione dei numeri civici del tratto individuato

```

If n1 < n2 Then
    calcLambda = (nc - n1) / (n2 - n1)
ElseIf n1 > n2 Then
    calcLambda = (nc - n2) / (n1 - n2)
Else
    calcLambda = 0.5
End If

```

- ricerca nella tabella nw del nodo iniziale e finale a cui corrispondesse l'identificativo appena trovato

```

Do Until pf Is Nothing
    Set pf = pfc.NextFeature
    If Not pf Is Nothing Then
        f = pf.Value(pfc.FindField("F_JNCTID"))
        t = pf.Value(pfc.FindField("T_JNCTID"))
        su = pf.Value(pfc.FindField("RTEDIRVD"))
    End If
Loop

```

- controllo del senso di marcia per stabilire il nodo di partenza e di destinazione

```

If su = " " Then
    If s = "l" Then
        calcEdge t, f, 1 - l, i
    ElseIf s = "r" Then
        calcEdge f, t, l, i
    End If
ElseIf su = "FT" Then
    calcEdge f, t, l, i

```

```

ElseIf su = "TF" Then
    calcEdge t, f, 1 - l, i
End If

```

- ricerca degli identificativi dei nodi nel file txtnode creato precedentemente

```

edgePren(i).nodeF = f.Findindex(nf)
edgePren(i).nodeT = f.Findindex(nt)
edgePren(i).lambda

```

Dopo aver ripetuto questa operazione sia per l'indirizzo di partenza che per quello di destinazione si passa l'informazione al algoritmo di ottimizzazione.

La form si presenta all'utente in questo modo:

e l'individuazione della via di partenza e di arrivo é la seguente

5.4 Mantenimento delle informazioni

Poich  la ricerca del tronco stradale che contiene il numero civico indicato dall'operatore aumenta all'aumentare del numero di record della tabella si   pensato di mantenere le informazioni che a ogni richiesta vengono passate a DARIA.

Le informazioni passate all'algoritmo quindi non sono solo i vertici dell'arco e λ . É stato costruito un database in cui viene memorizzato che un dato numero civico appartiene ad un preciso arco del grafo.

In questo modo all'aumentare delle richieste aumenta anche la conoscenza della topologia della rete, e diminuisce il tempo di ricerca.

Capitolo 6

Visualizzazione di punti sullo schermo

Nel modello vettoriale di ArcGIS le informazioni di punti, linee, poligoni, sono codificate e memorizzate come collezione di coordinate x, y. La localizzazione di un elemento puntuale, es. un'abitazione, pu essere descritta come una singola coppia di coordinate x, y.

In questo capitolo viene spiegato come é stato possibile convertire, sia un punto identificato da una coordinata lat/lon sia uno identificato da via/n.civico, in un punto x, y.

6.1 Un punto per ArcView

Ogni punto sulla mappa é identificato da una coppia di coordinate (x,y). Il codice che permette di visualizzare un punto é:

```
Dim pPoint As IPoint
```

```
Dim pActiveView As IActiveView
```

```
Dim pDisplay As IDisplay
```

```
Dim pPointSymbol As ISymbol
```

```
Dim pPointMSymbol As ISimpleMarkerSymbol
```

```
Dim pRgbColor As IRgbColor

Set pPoint = New Point
pPoint.x = x
pPoint.y = y

Set pPointMSymbol = New SimpleMarkerSymbol

Set pRubberPoint =NewRubberPoint

Set pRgbColor = New RgbColor pRgbColor.Red = 245

pPointMSymbol.Color = pRgbColor
pPointMSymbol.Size = 4
pPointMSymbol.Style = esriSMSDiamond

Set pPointSymbol = pPointMSymbol

Set pScreenDisplay = pDisplay pScreenDisplay.StartDrawing

Set pScreenDisplay.hDC, esriNoScreenCache
pScreenDisplay.StartDrawing pScreenDisplay.hDC, esriNoScreenCache
pPointSymbol.SetupDC pScreenDisplay.hDC,
pScreenDisplay.DisplayTransformation pPointSymbol.draw pPoint
pPointSymbol.ResetDC
pScreenDisplay.FinishDrawing
```

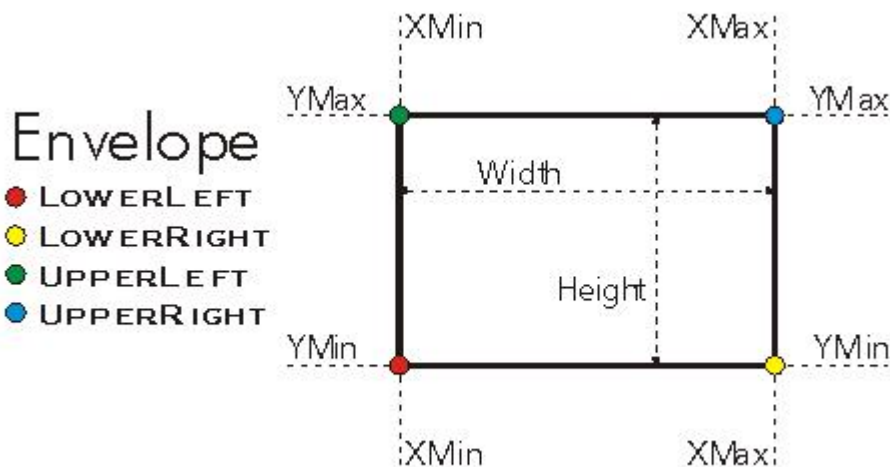
Questo codice definisce le coordinate, la forma, la dimensione e il colore di un punto e permette di visualizzarlo sullo schermo.

6.2 Da lat/lon a Point

Premesso che questa informazione arriva dal rilevatore GPS, il problema é stato capire quale relazione ci fosse tra il sistema di riferimento geografico (lat/lon) e il sistema di riferimento progettato (UTM–WGS 1984). Ricordiamo che quest’ultimo permette di riferirsi a un punto nello spazio considerandolo su un piano e non su una superficie sferica. La formula per la conversione da lat/lon a UTM–WGS1984 é:

6.3 Da via/n.civico a Point

Ogni elemento di tipo Polyline é dotato di 4 attributi: xmin, xmax, ymin, ymax che corrispondono alle coordinate max e min sull’asse delle ascisse e delle ordinate del sistema di riferimento progettato all’interno del quale il polyline é riferito. Questi punti, detti anche coordinate di envelope sono illustrati nella figura seguente:



Partendo dal nome della via si é risaliti a tronco stradale e di conseguenza alle coordinate di envelope. Poiché sapevamo il valore di λ abbiamo eseguito una semplice proporzione per calcolare esattamente a quale punto sulla mappa corrispondesse l’indirizzo a nostra disposizione. Il codice per eseguire questa operazione é stato:

```
Public Function FindPoint(xmin As Double, ymin As Double, xmax As_
    Double, ymax As Double, i As Integer, lambda As Integer)
    Dim pPoint As IPoint
```

```
Set pPoint = New Point
pPoint.x = xmin + (xmax - xmin) * lambda
pPoint.y = (ymin + ymax) / 2
Set coord(i) = pPoint
End Function
```

6.4 Approssimazione di un punto

Ipotizzando il caso in cui il rilevatore GPS fornisca coordinate che non appartengono a nessun tronco stradale é stato necessario elaborare un algoritmo che permettesse comunque di associare il punto all'arco piú vicino considerando comunque la strada precedentemente percorsa dal veicolo.

Si é pensato di espandere l'area intorno al punto non localizzato controllando che al suo interno ci sia un tronco definito. Questo arco viene confrontato con l'informazione precedente, cioè viene stabilito se corrisponde allo stesso arco della rilevazione antistante. In tal caso il punto viene approssimato all'arco conosciuto.

Capitolo 7

Conclusioni

ℓ ℓ ℓ ℓ ℓ ℓ ℓ ℓ ℓ ℓ ℓ ℓ ℓ