

Sistemi Informativi Territoriali

Paolo Mogorovich
www.di.unipi.it/~mogorov

Paolo Mogorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

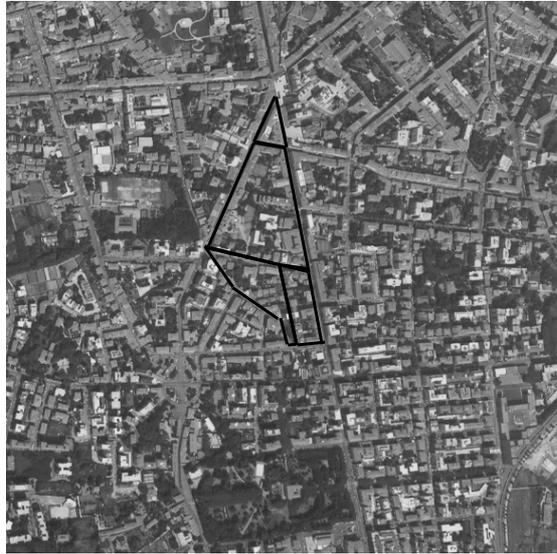
La topologia - Sintesi

- **La parte geometrica dei dati territoriali presenta incongruenze che possono causare problemi per un singolo layer o per insiemi di layer**
- **Nel caso Monolayer una soluzione è una geometria perfetta supportata da una struttura informatica sofisticata**
- **Sempre nel caso Monolayer un'altra soluzione (più critica) è una geometria perfetta supportata da una struttura informatica semplice**
- **Nel caso Multilayer la soluzione è una geometria perfetta di tutti i layer rispetto a un layer di riferimento**

Paolo Mogorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Incongruenze monolayer

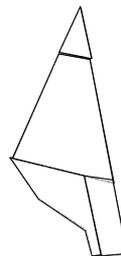
**In un processo di acquisizione
non sofisticato
le aree vengono acquisite una
per volta
in modo indipendente
le une dalle altre**



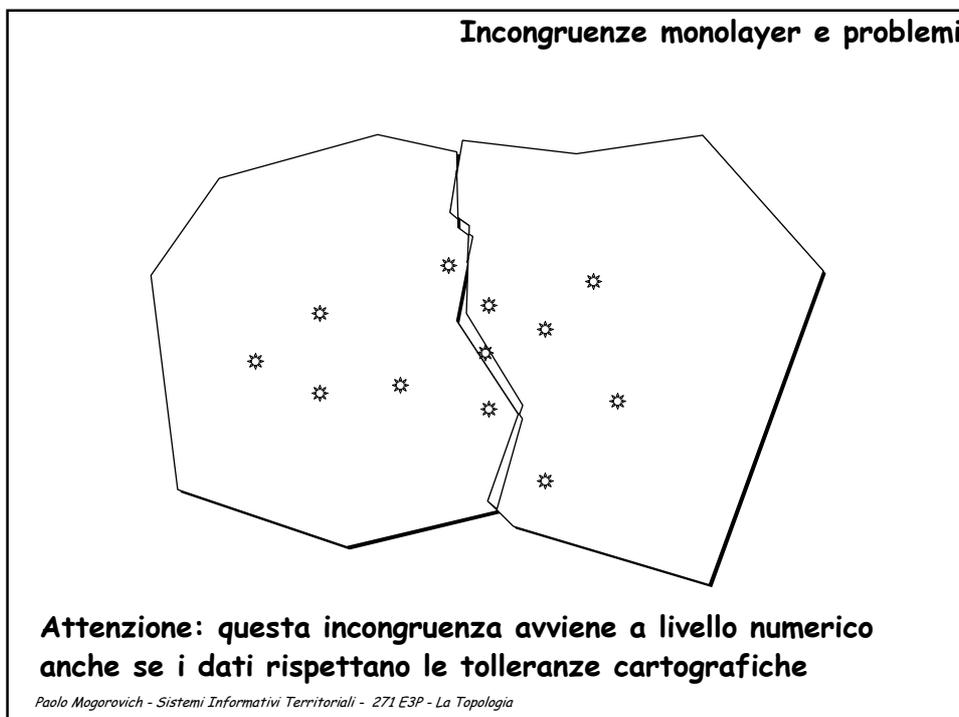
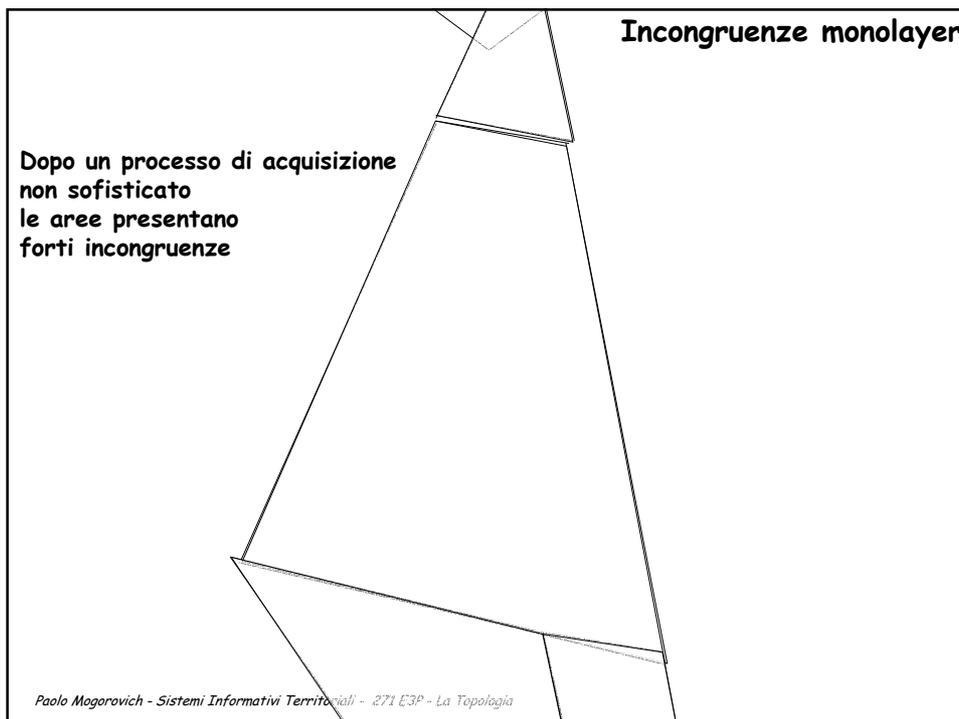
Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Incongruenze monolayer

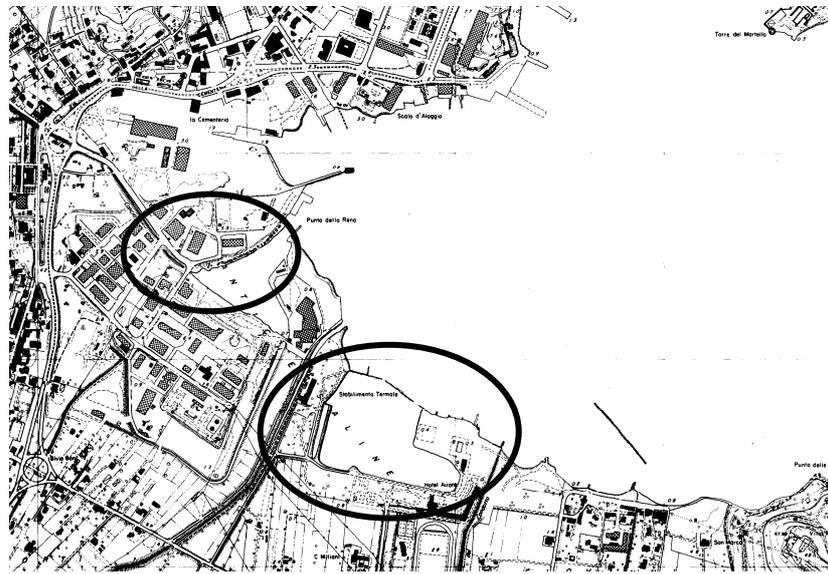
**Dopo un processo di acquisizione
non sofisticato
le aree presentano
forti incongruenze**



Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia



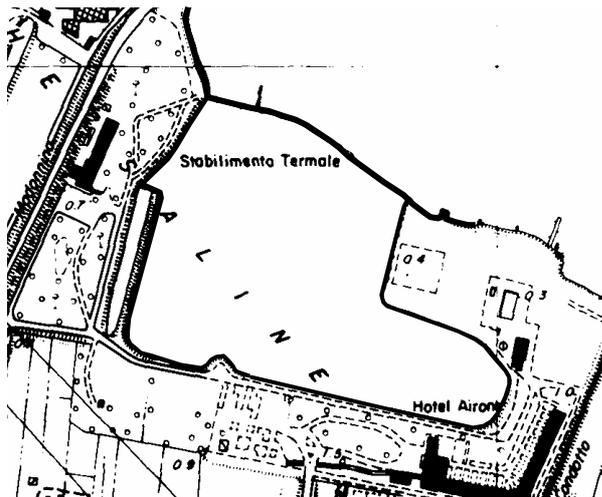
Incongruenze multilayer



Questa topologia interessa primitive geometriche di più layer

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

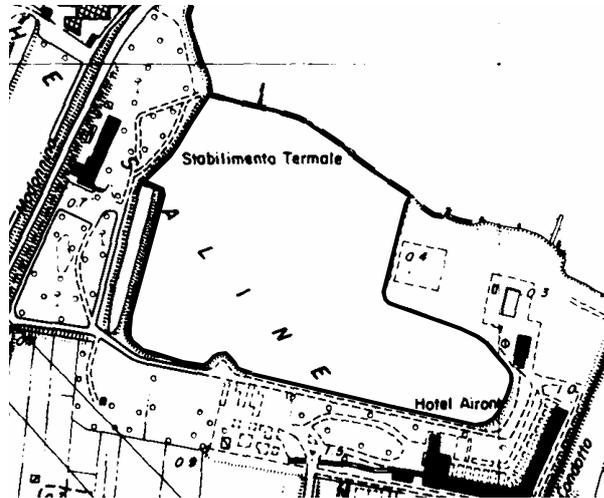
Incongruenze multilayer



Questa topologia interessa primitive geometriche di più layer

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

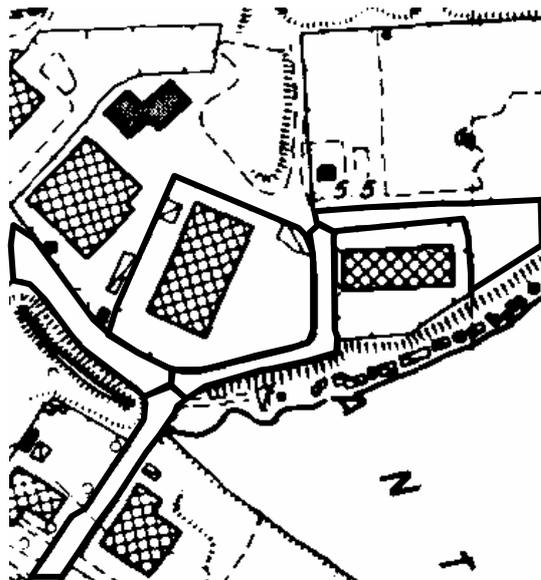
Incongruenze multilayer



Questa topologia interessa primitive geometriche di più layer

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

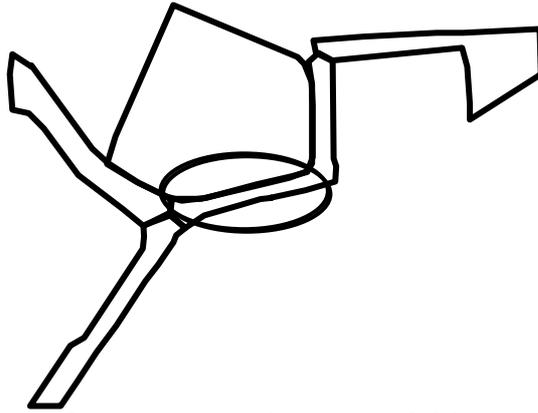
Incongruenze multilayer



Questa topologia interessa primitive geometriche di più layer

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

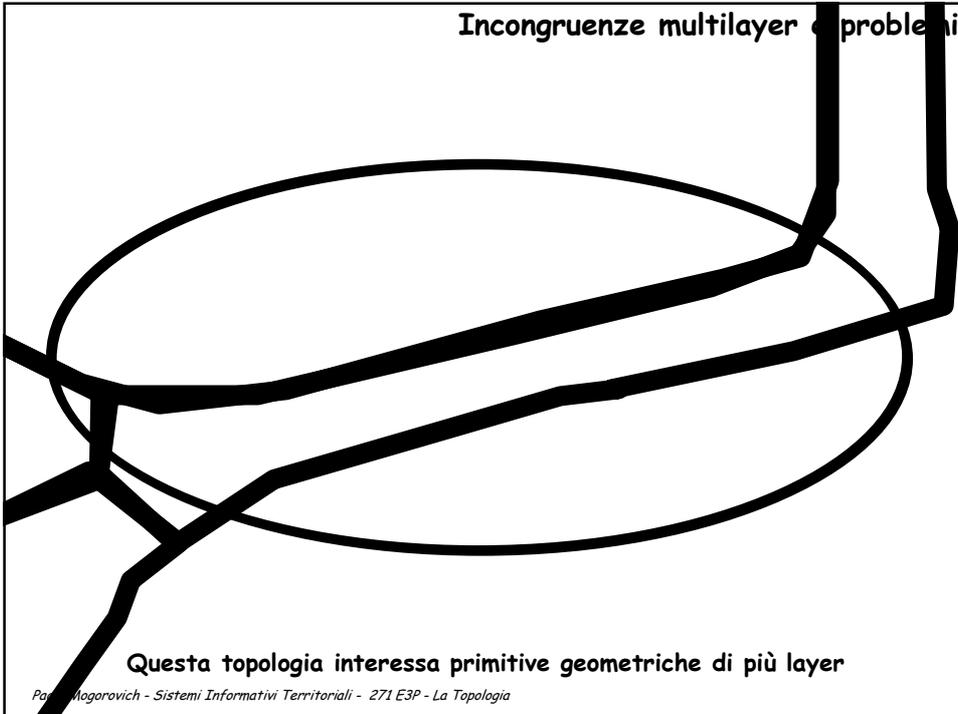
Incongruenze multilayer e problemi



Questa topologia interessa primitive geometriche di più layer

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

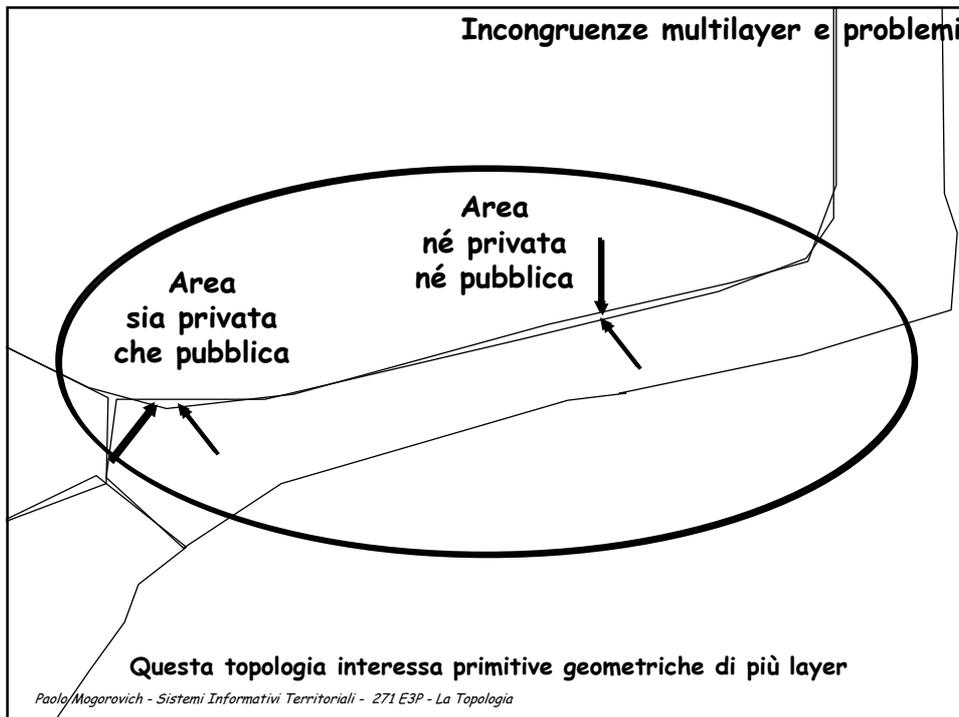
Incongruenze multilayer e problemi



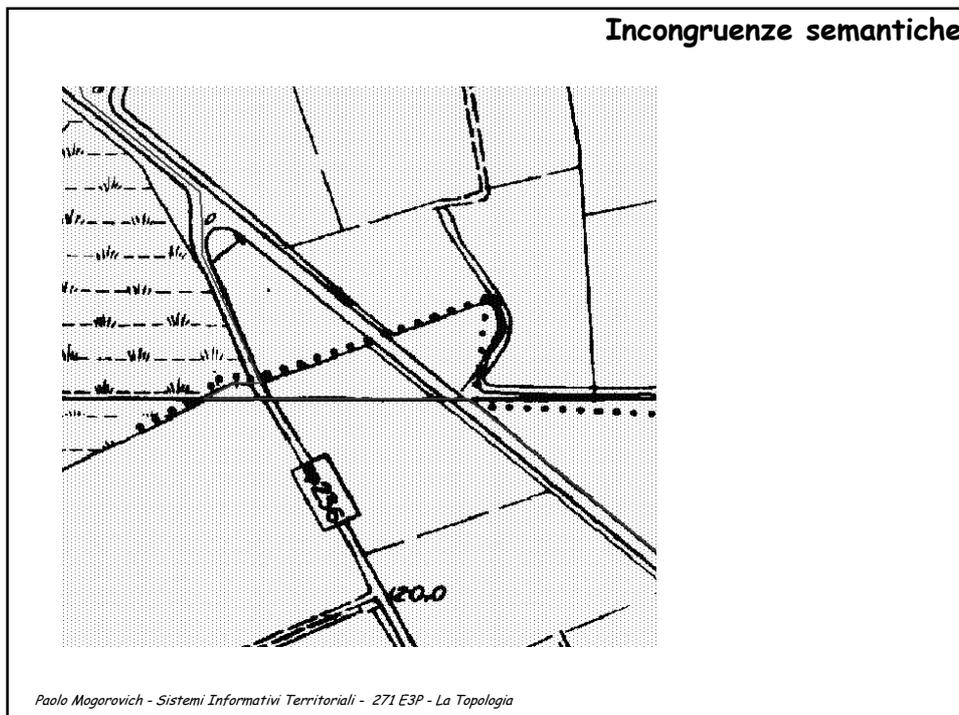
Questa topologia interessa primitive geometriche di più layer

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Incongruenze multilayer e problemi



Incongruenze semantiche



Incongruenze semantiche



1 - il diverso modello concettuale (o la diversa formazione degli operatori)

2 - la diversa metodologia di trattamento del "bordo strada"

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 2/1 E3P - La Topologia

La soluzione alle incongruenze

La soluzione è la "perfezione numerica" del dato (o geometria perfetta)

La "perfezione numerica" indica la coincidenza "perfetta" di linee e punti equivalenti (coordinate numericamente identiche) e può avvenire

- in fase di acquisizione
- in fase di preelaborazione

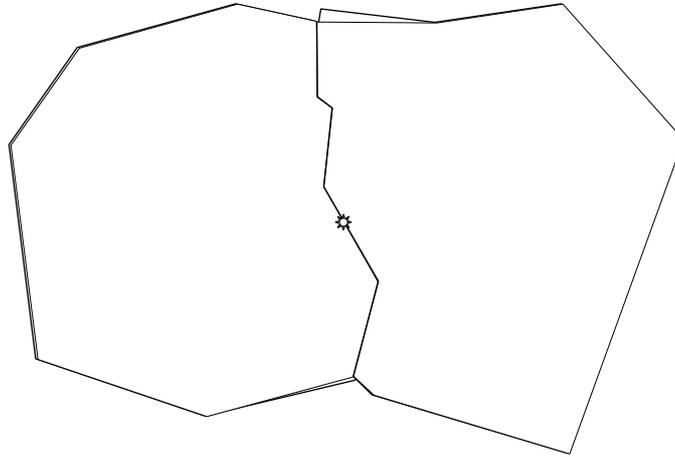
Un dato geometricamente perfetto può essere gestito

- da un SW GIS sofisticato
- da un SW GIS semplice (ma con qualche criticità)

In fase di elaborazione un SW GIS "ideale" potrebbe operare anche con dati geometricamente non perfetti

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 2/1 E3P - La Topologia

La soluzione alle incongruenze



La soluzione è "buona", ma non è necessariamente "vera"

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Qualità geometrica e qualità topologica

**La "geometria perfetta"
non implica una buona qualità geometrica del dato**

Un dato geografico acquisito con cura e attenzione risponde alle specifiche geometriche (ogni valore acquisito è distante dalla realtà meno della tolleranza massima ammessa), ma non alle specifiche topologiche

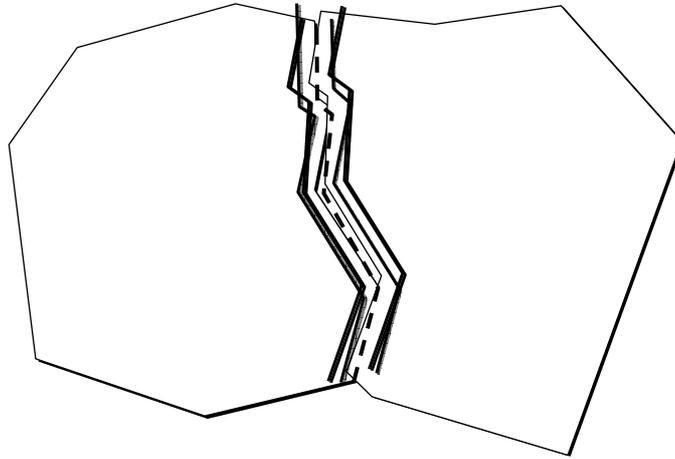
Un dato geografico di pessima qualità geometrica può essere trattato in modo da rispondere alle specifiche topologiche

Qualità geometrica vs qualità topologica

La qualità geometrica si esprime con un Numero, quella topologica con un Booleano

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

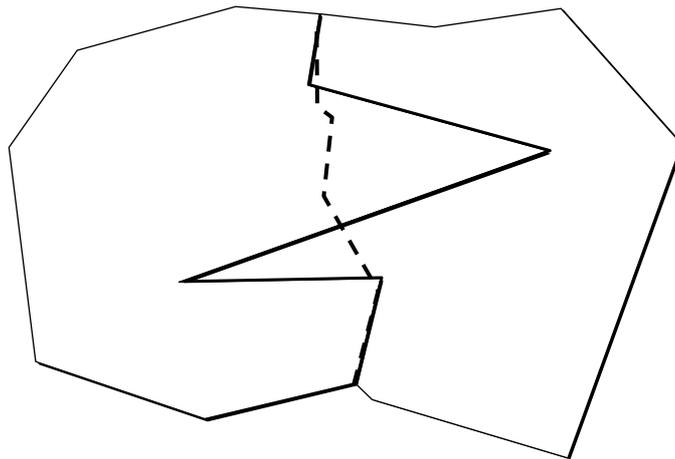
Qualità geometrica e qualità topologica



Dato geometricamente buono, topologicamente non corretto

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Qualità geometrica e qualità topologica



Dato geometricamente errato, topologicamente corretto

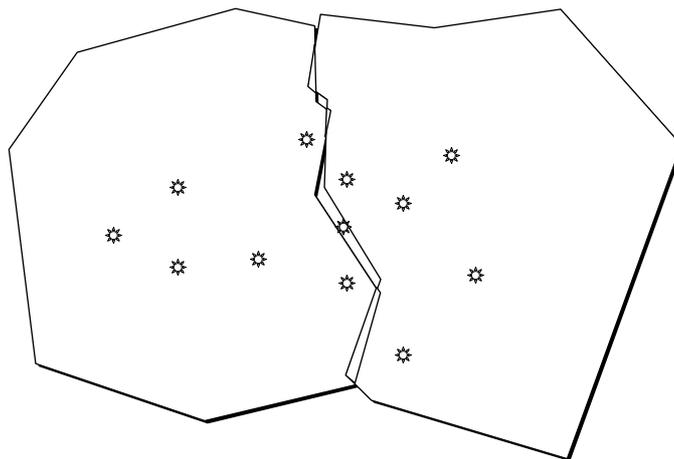
Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Incoerenza monolayer - Ricerca di una soluzione

La geometria imperfetta

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

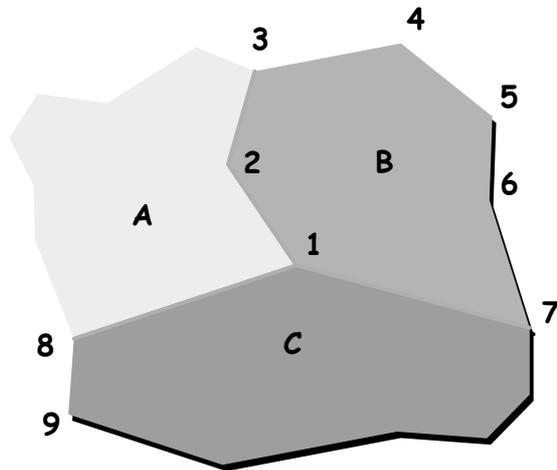
Incoerenza monolayer - Ricerca di una soluzione



Attenzione: questa incongruenza avviene a livello numerico anche se i dati rispettano le tolleranze cartografiche

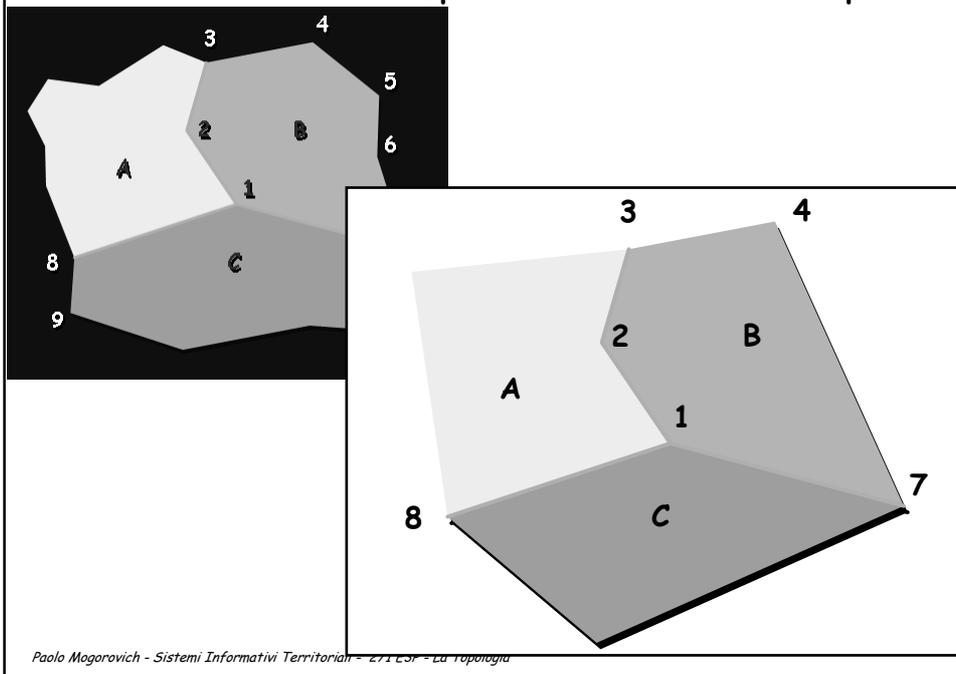
Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Vertici importanti e vertici ... meno importanti

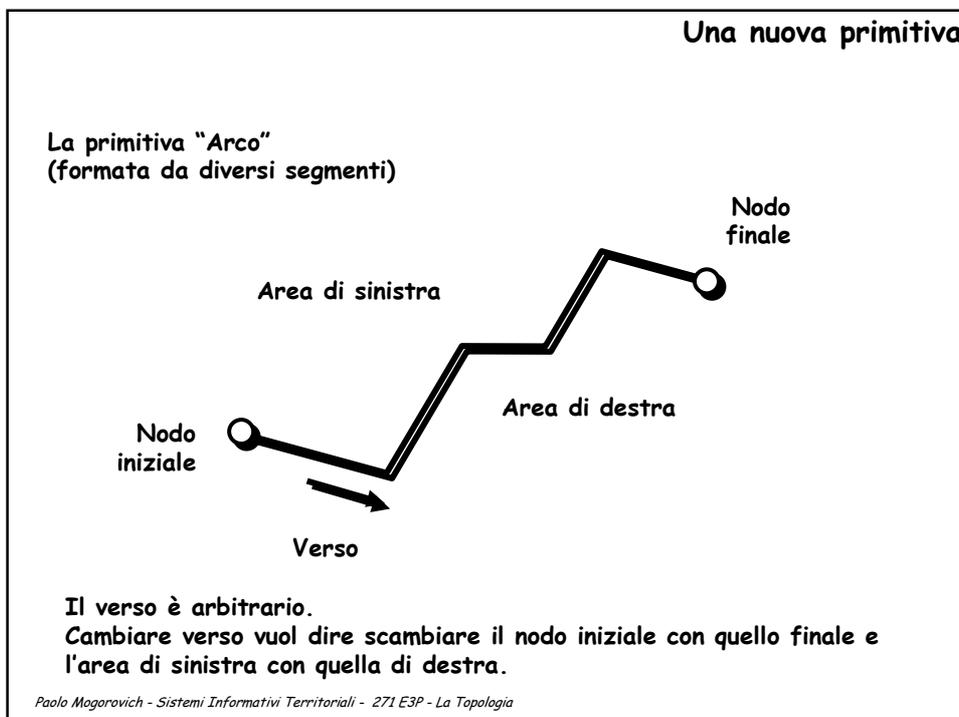
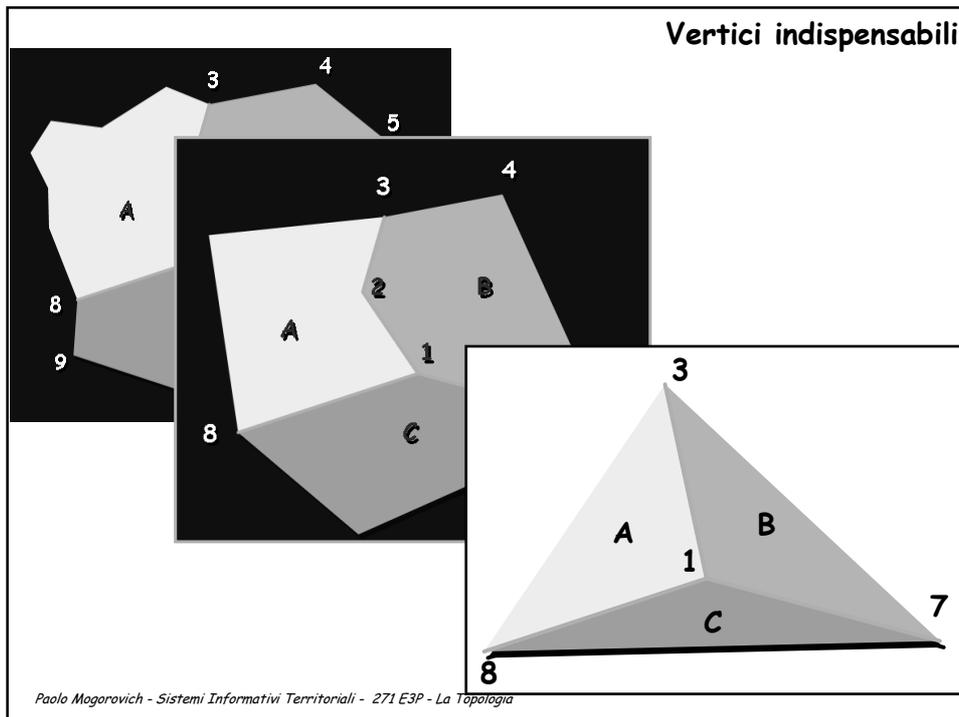


Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Vertici importanti e vertici ... meno importanti



Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia



Una nuova primitiva

La primitiva "Arco" così definita non è una nuova primitiva geometrica e non servirà a rappresentare un certo tipo di oggetti.

La primitiva "Arco" servirà invece, a livello di DB, a costruire le primitive geometriche che saranno utilizzate dall'utente.

L'utente vedrà le primitive geometriche, ma non vedrà mai una primitiva topologica.

Dovrà invece sapere che esiste una "struttura topologica"

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

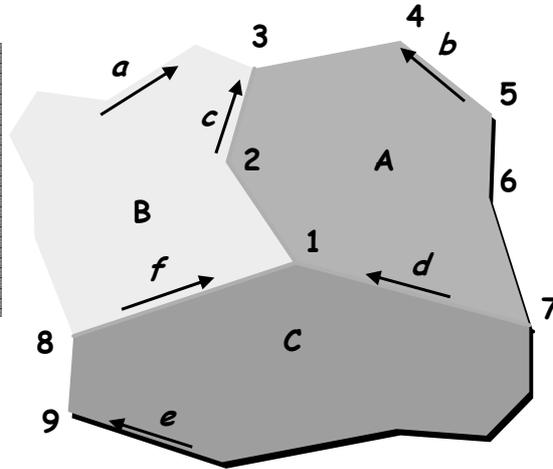
Utilizzo della primitiva "arco"

La topologia delle aree

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

La codifica DIME

Id.Arco	Area Sin.	Area Des.
a	-	B
b	A	-
c	B	A
d	C	A
e	-	C
f	B	C



Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Costruzione di una struttura topologica

Id.Arco	Area Sin.	Area Des.
a	-	B
b	A	-
c	B	A
d	C	A
e	-	C
f	B	C

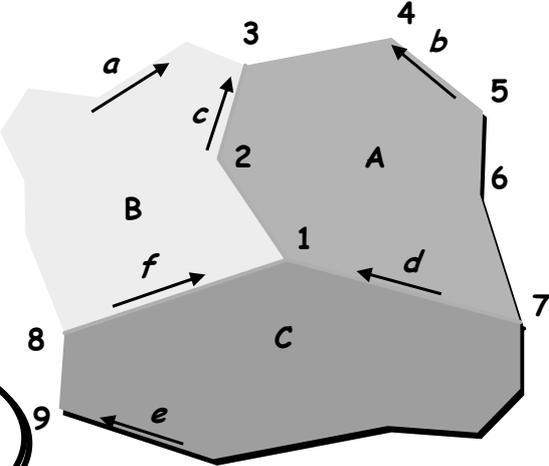
Id.Area	Composizione
A	$-b + c + d$
B	$+a - c - f$
C	$-d + e + f$

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Costruzione di una struttura topologica

Id.Arco	Area Sin.	Area Des.
a	-	B
b	A	-
c	B	A
d	C	A
e	-	C
f	B	C

Id.Area	Composizione
A	- b + c + d
B	+ a - c - f
C	- d + e + f



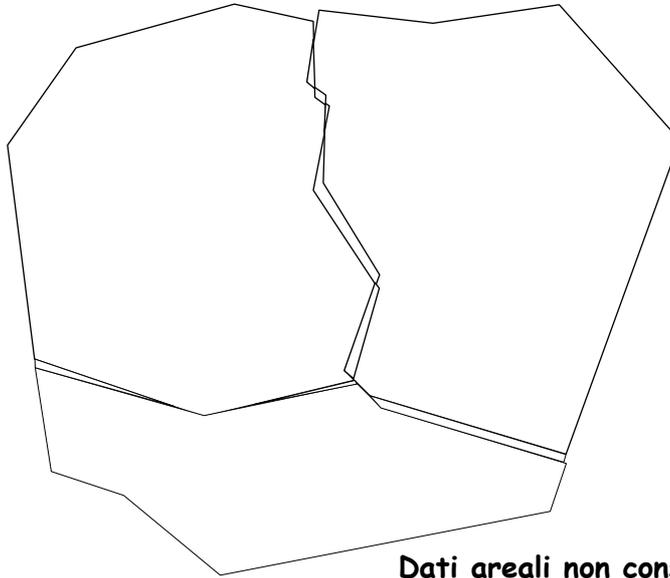
Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Costruzione di un dato topologicamente corretto

Costruzione di una geometria perfetta

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

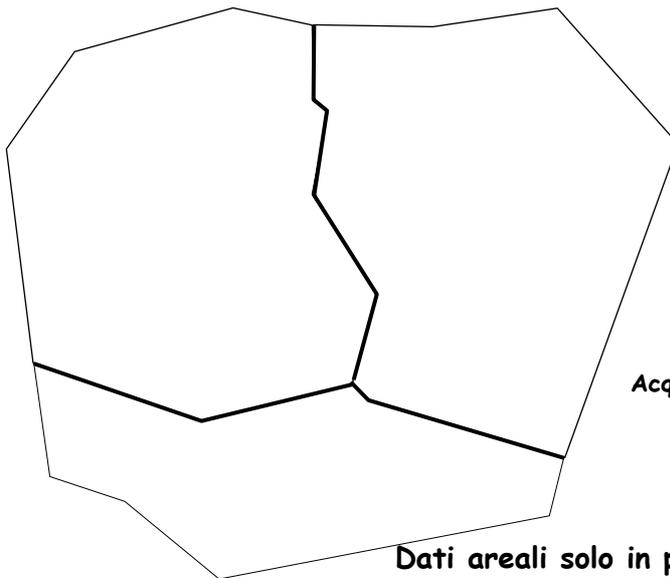
Costruzione di un dato topologicamente corretto



Dati areali non consistenti

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Costruzione di un dato topologicamente corretto

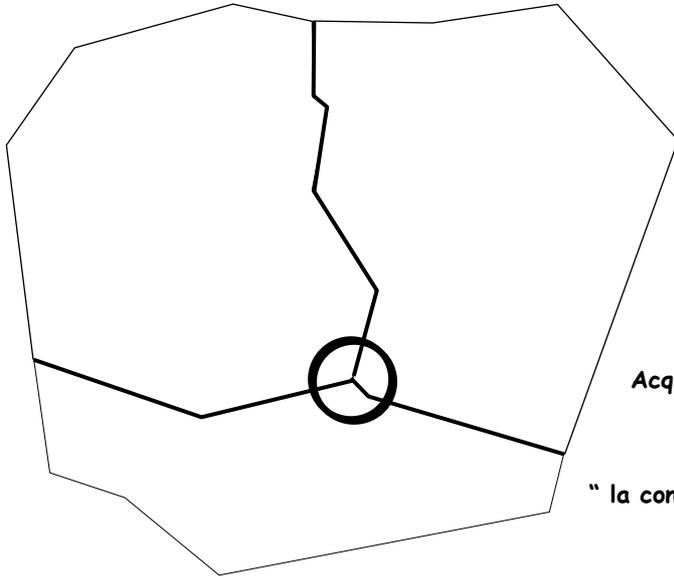


**Fase zero:
Acquisizione delle linee
di separazione
tra aree contigue**

Dati areali solo in parte consistenti

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Costruzione di un dato topologicamente corretto

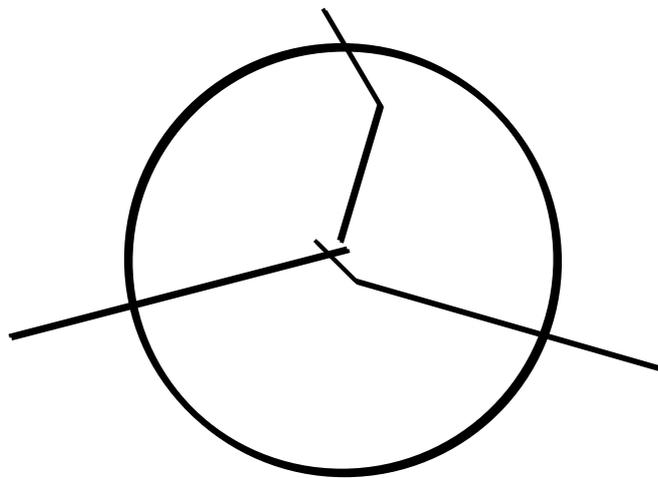


Fase zero:
Acquisizione delle linee
di separazione
tra aree contigue

" la connessione sul nodo "
non è garantita

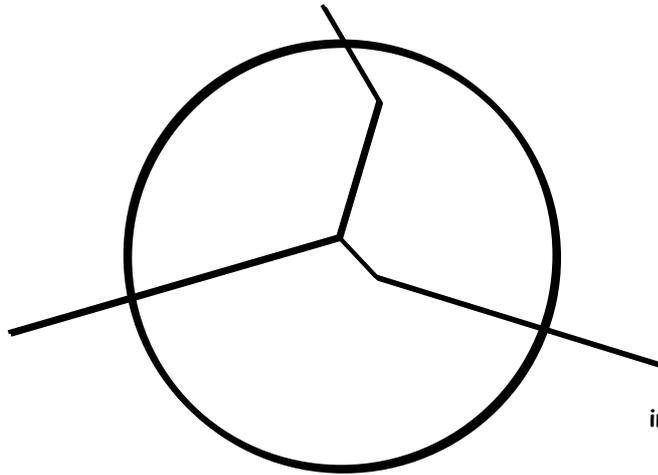
Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Costruzione di un dato topologicamente corretto



Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

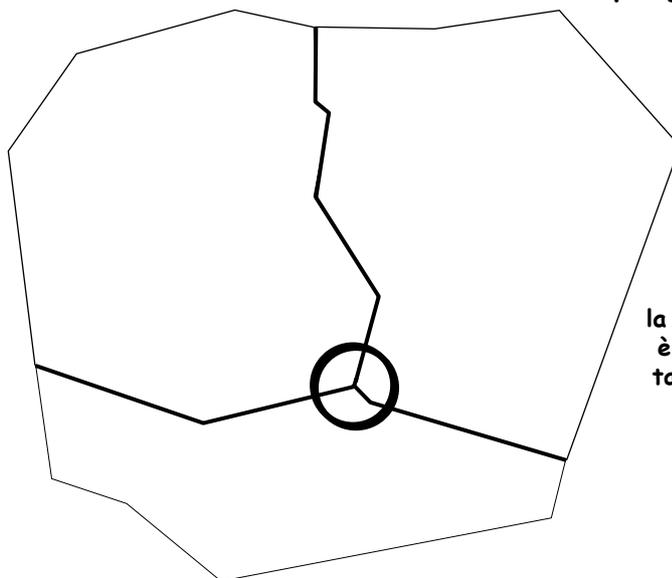
Costruzione di un dato topologicamente corretto



Prima fase:
Collasso delle linee
di separazione
tra aree contigue
in un unico punto (nodo)
(e altre verifiche)

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Costruzione di un dato topologicamente corretto



Seconda fase:
Una volta garantita
la connessione sul nodo,
è possibile costruire le
tabelle di relazione tra
archi, nodi e aree

**Durante questa fase è possibile attivare una serie di controlli:
tipicamente la mancanza o la duplicazione di un arco**

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

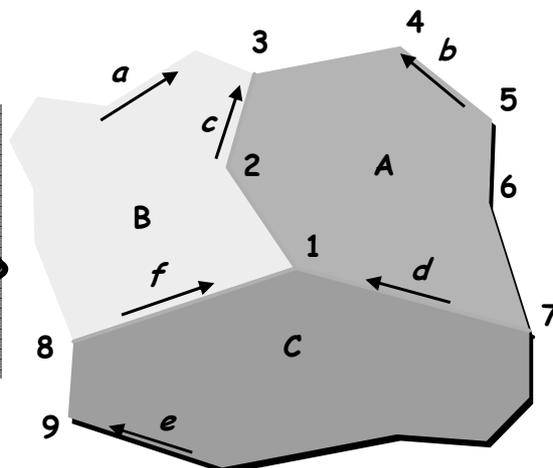
Operazioni eseguite a livello topologico

**È possibile eseguire alcune operazioni
senza agire sulle coordinate geografiche
ma direttamente sulle tabelle topologiche**

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Operazioni eseguite a livello topologico

Id. Arco	Area Sin.	Area Des.
a	-	B
b	A	-
c	B	A
d	C	A
e	-	C
f	B	C



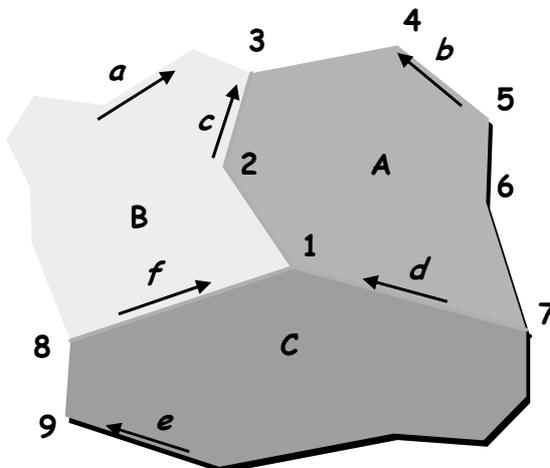
Due aree sono contigue se esiste almeno un arco
che ha nei campi Area_Sin e Area_Des i codici delle due aree

Le aree A e C sono contigue perché esiste l'arco "d"

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Operazioni eseguite a livello topologico

Id.Arco	Area Sin.	Area Des.
a	-	(B)
b	A	-
c	(B)	A
d	(C)	A
e	-	(C)
f	(B)	(C)



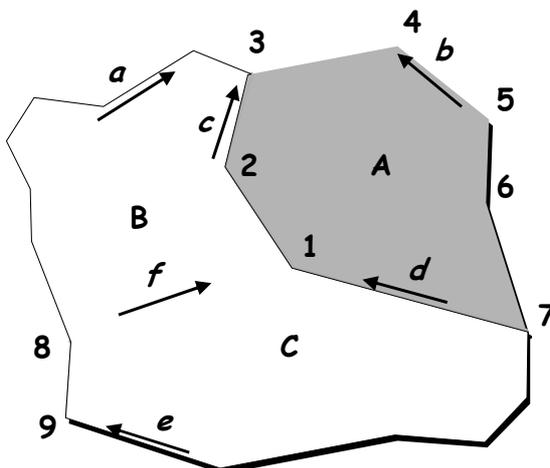
L'area unione di due aree è quella formata dagli archi che hanno il codice di una sola delle due aree nei campi Area_Sin e Area_Des

L'unione delle aree B e C è data dagli archi

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Operazioni eseguite a livello topologico

Id.Arco	Area Sin.	Area Des.
a	-	(B)
b	A	-
c	(B)	A
d	(C)	A
e	-	(C)
f	(B)	(C)



L'area unione di due aree è quella formata dagli archi che hanno il codice di una sola delle due aree nei campi Area_Sin e Area_Des

L'unione delle aree B e C è data dagli archi

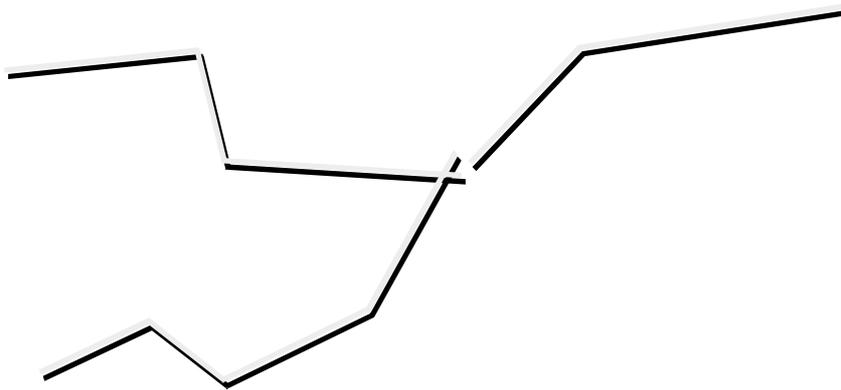
Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Utilizzo della primitiva "arco"

La topologia delle linee

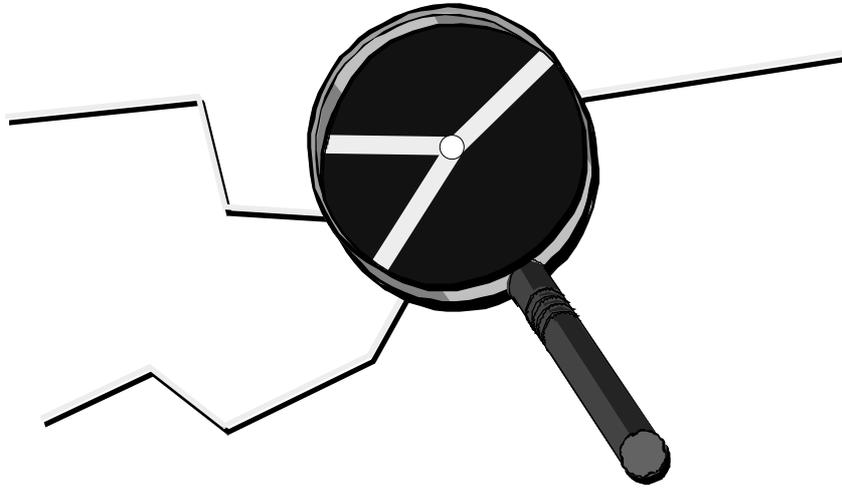
Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Archivio lineare non consistente



Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

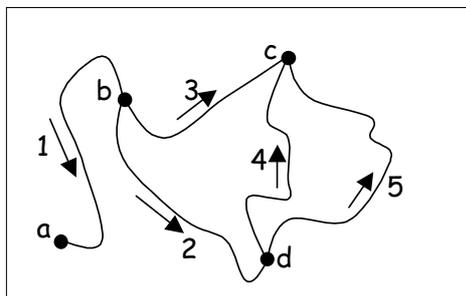
Archivio lineare reso consistente



Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

mag

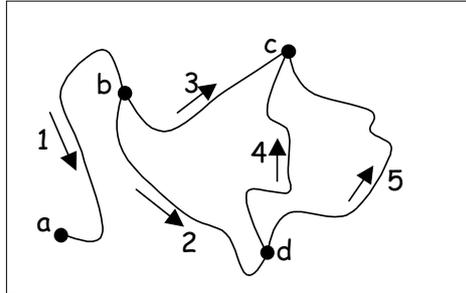
Una possibile struttura topologica per le linee (1)



Nodo	Archi uscenti	Archi entranti
a		1
b	1, 2, 3	
c		3, 4, 5
d	4, 5	2

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

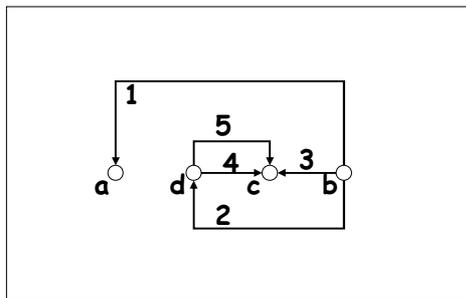
Una possibile struttura topologica per le linee (2)



Arco	Nodo iniziale	Nodo finale
1	b	a
2	b	d
3	b	c
4	d	c
5	d	c

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Topologia: struttura e forma



La struttura topologica dipende dalle relazioni tra elementi e non dalla forma

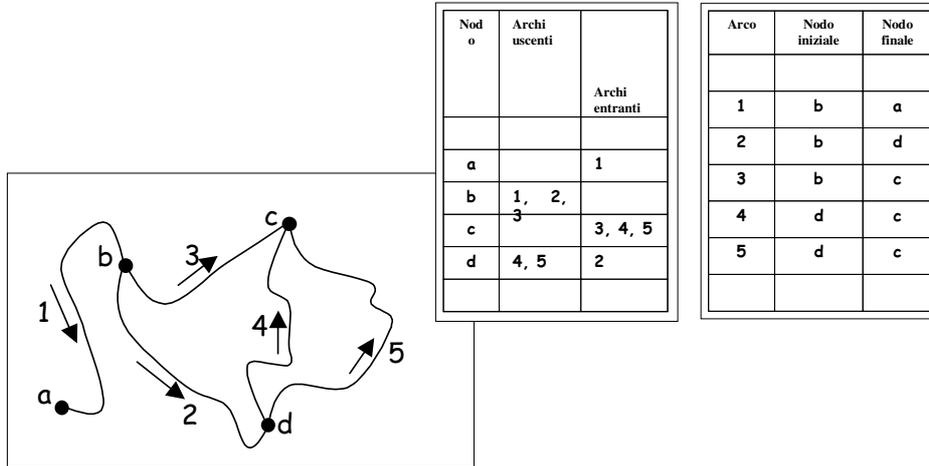
Arco	Nodo iniziale	Nodo finale
1	b	a
2	b	d
3	b	c
4	d	c
5	d	c

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Operazioni eseguite a livello topologico

Utilizzo della tabella per il calcolo di percorsi

... per esempio da "a" a "d"



Nodo	Archi uscenti	Archi entranti
a		1
b	1, 2, 3	
c		3, 4, 5
d	4, 5	2

Arco	Nodo iniziale	Nodo finale
1	b	a
2	b	d
3	b	c
4	d	c
5	d	c

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

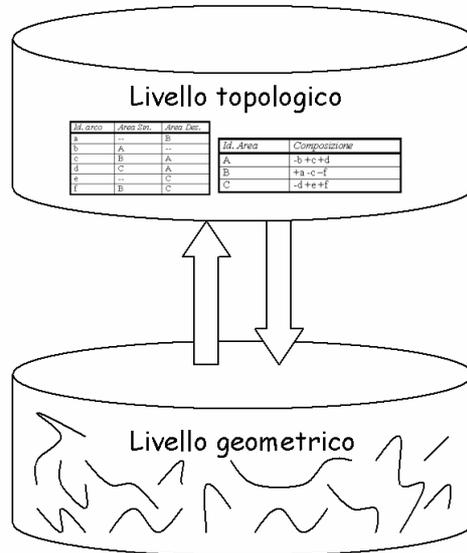
La topologia e l'operatore GIS

Modelli topologici

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

La topologia e l'operatore GIS

La suddivisione dell'informazione geometrica nella costruzione della topologia



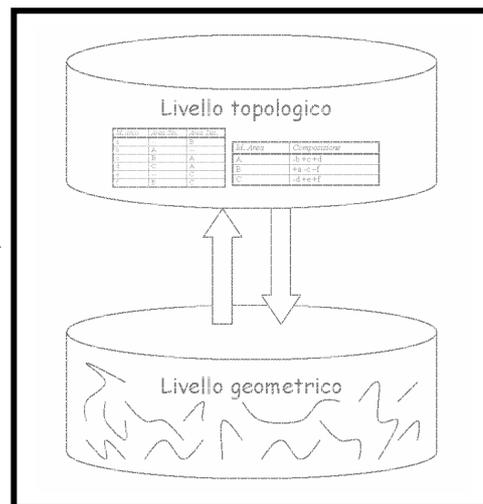
Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

La topologia e l'operatore GIS

Utente

L'utente vede le primitive geometriche, ma non vedrà mai una primitiva topologica.

Dovrà invece sapere che esiste una "struttura topologica"



Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

La topologia ...

**La topologia è una sovrastruttura ridondante
che esplicita e codifica relazioni spaziali
tra entità diverse**

La topologia :

- **garantisce la coerenza geometrica**
- **facilita il processo di acquisizione**
- **permette elaborazioni più efficienti**
- **richiede software più sofisticati**
- **appesantisce la preparazione dei dati**

Questa topologia interessa primitive geometriche di un solo layer

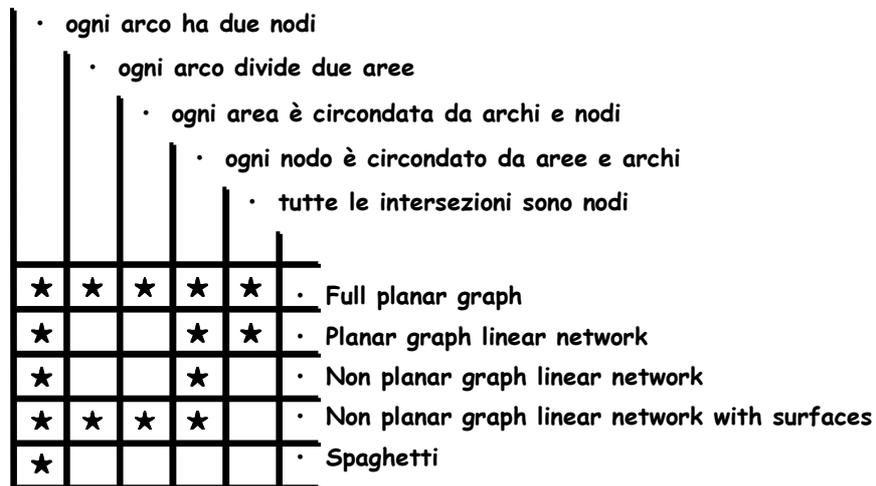
Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Modelli topologici

**La struttura topologica può adottare modelli diversi
a seconda della realtà che descrive**

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Possibili modelli topologici



Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Possibili modelli topologici

In generale

Lo stesso archivio può essere organizzato e gestito con o senza topologia

Se è organizzato topologicamente

Lo stesso archivio può essere organizzato con strutture topologiche diverse

Se è organizzato con la stessa struttura topologica

La stessa struttura topologica può essere implementata con strutture logiche diverse

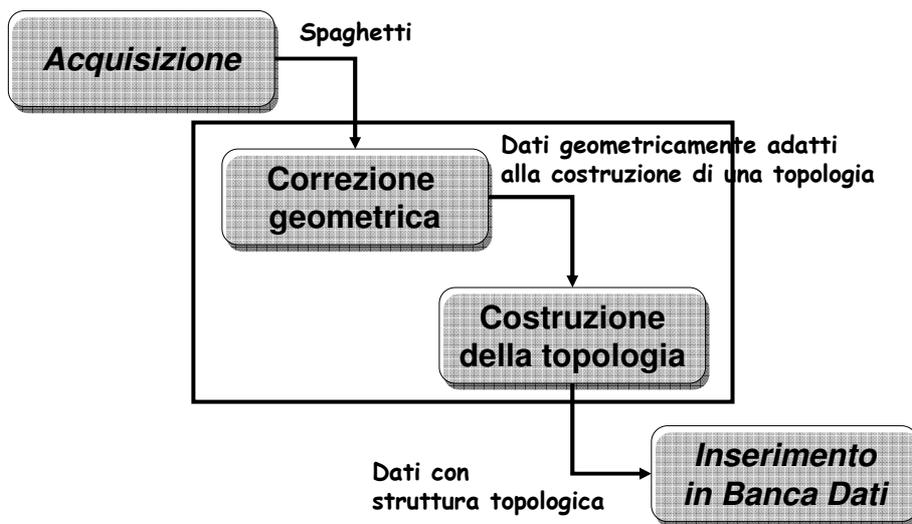
Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Sistemi topologici e Sistemi non topologici

Sistemi topologici e sistemi non topologici

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

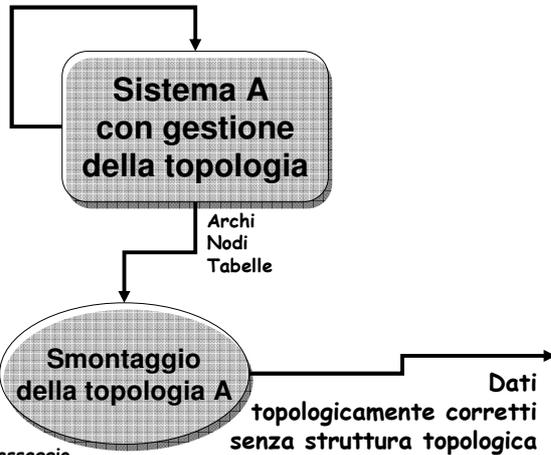
Costruzione di una Banca Dati topologicamente corretta



Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Dati topologici: esportazione

Dati con topologia A
gestiti topologicamente



Passaggio
da primitive topologiche a
primitive geometriche.
Eliminazione delle tabelle

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Struttura topologica e struttura shape

Struttura topologica

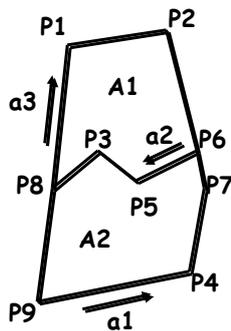
A1: +a2, +a3
A2: -a2, -a1

a1: sin:A2; des://
a2: sin:A2; des:A1
a3: sin://; des:A1

Livello topologico

Livello geometrico

a1: P8, P9, P4, P7, P6
a2: P6, P5, P3, P8
a3: P8, P1, P2, P6

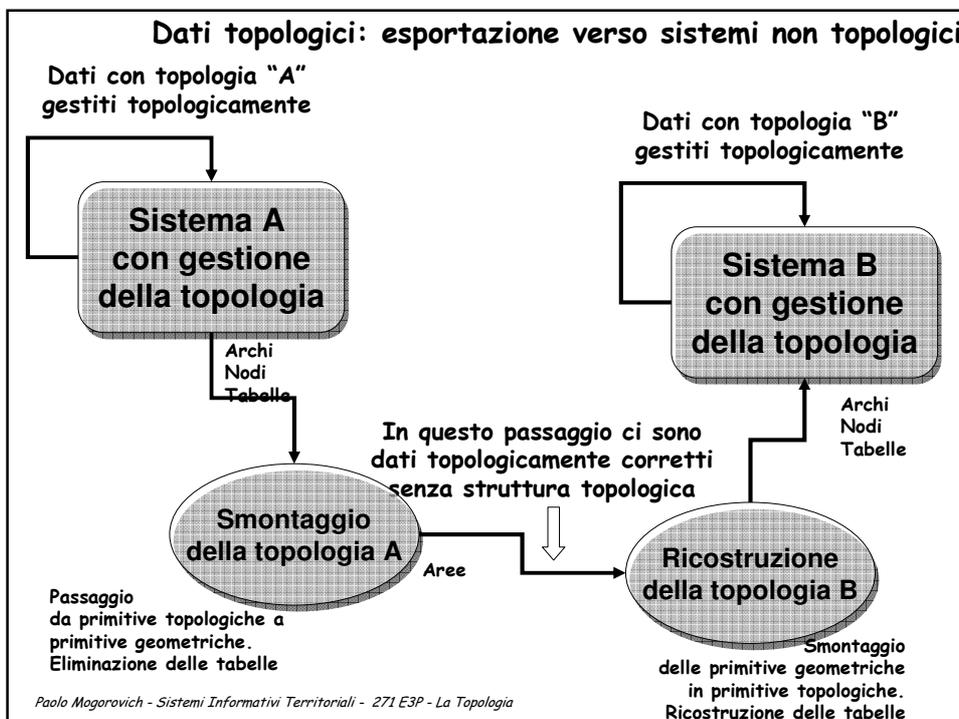
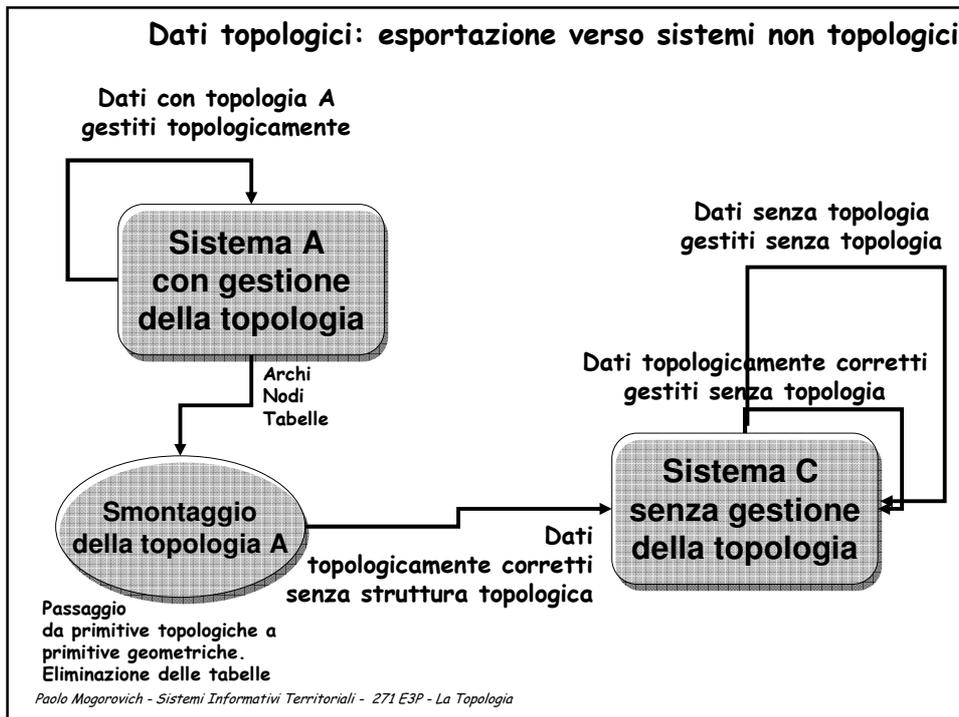


Struttura shape

Livello geometrico

A1: P6, P5, P3, P8, P8, P1, P2, P6
A2: P8, P3, P5, P6, P6, P7, P4, P9, P8

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia



Topologia multistrato

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

La topologia multistrato

Esistono "regole topologiche" che definiscono relazioni tra primitive di layer diversi.

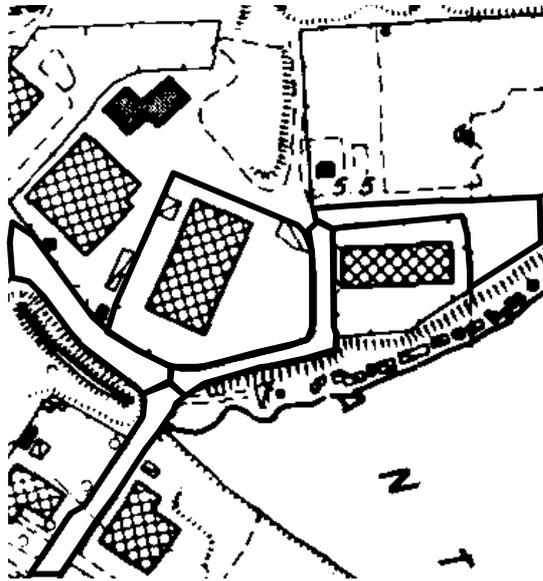
- **Queste regole riguardano coerenze logiche e geometriche**
- **Alcuni SW verificano che queste regole siano rispettate**

In questo caso non è detto che esista una codifica che esplicita e codifica relazioni spaziali tra entità diverse: spesso si tratta solo di un "controllo"

Questa topologia interessa primitive geometriche di più layer

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

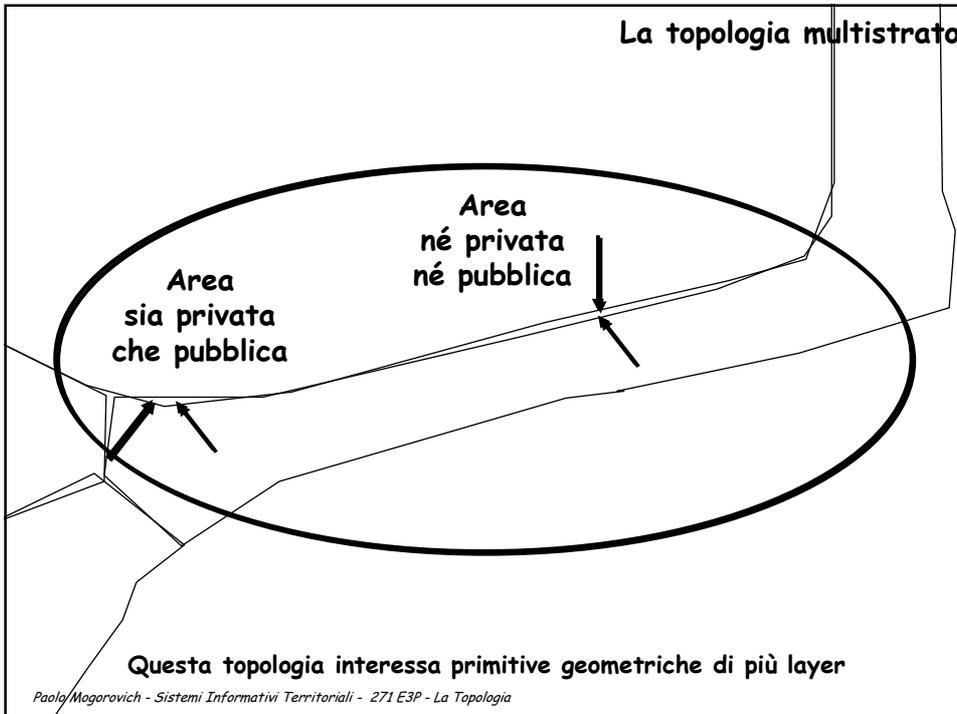
La topologia multistrato



Questa topologia interessa primitive geometriche di più layer

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

La topologia multistrato



Questa topologia interessa primitive geometriche di più layer

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Algoritmi per la topologia multistrato

ET GeoWizards User Guide

Sommario | Indice

- ET GeoWizards
- Installation Instructions
- How to use ET GeoWizards
- How To Register
- ET GeoWizards and projection
- Free Functions
- Point Wizards
- Polyline Wizards
- Polygon Wizards
- Convert Wizards
- Surface Wizards
- Geoprocessing Wizards
- Basic Wizards
- Scripting

Polyline Global Snap Wizard

Snaps the features of a polyline layer to another layer (Point, Polyline or Polygon)

Inputs:

- A polyline layer to be snapped
- A snap layer - point, polyline or polygon
- Snap tolerance
- Snap options1 (Snap What)
- Snap options2 (Snap To What)

Outputs:

- A polyline shapefile - the polylines from the source layer will be moved to snap to the features of the Snap Layer (if within the snap tolerance)

Options:

(Snap What) (Snap To What)

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Algoritmi per la topologia multistrato

ET GeoWizards User Guide

Sommario | Indice

- ET GeoWizards
- Installation Instructions
- How to use ET GeoWizards
- How To Register
- ET GeoWizards and projection
- Free Functions
- Point Wizards
- Polyline Wizards
- Polygon Wizards
- Convert Wizards
- Surface Wizards
- Geoprocessing Wizards
- Basic Wizards
- Scripting

Polyline Global Snap Wizard

Snaps the features of a polyline layer to another layer (Point, Polyline or Polygon)

Inputs:

- A polyline layer to be snapped
- A snap layer - point, polyline or polygon
- Snap tolerance
- Snap options1 (Snap What)
- Snap options2 (Snap To What)

Outputs:

- A polyline shapefile - the polylines from the source layer will be moved to snap to the features of the Snap Layer (if within the snap tolerance)

Options:

(Snap What) (Snap To What)

Notes:

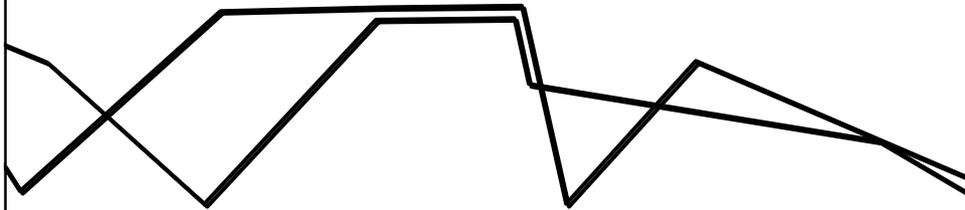
- An option for snapping selected features only is available. The resulting dataset will contain all the features of the original layer. Only currently selected features will be used for snapping and eventually snapped.
- The snap distance should be in the units of the Data Frame
- The Source and the Snap datasets can have different spatial references as long as the Data Frame has assigned projection and the Geographic Coordinate systems of all the projections are the same.

Example: Red - Source Polyline, Black - Snap Polyline, Green - Snapped Polyline

Before Snap	After Snap Option1: Nodes Option2: Vertices	After Snap Option1: Vertices Option2: Vertices	After Snap Option1: Insert Option2: Vertices & Edges

Paolo

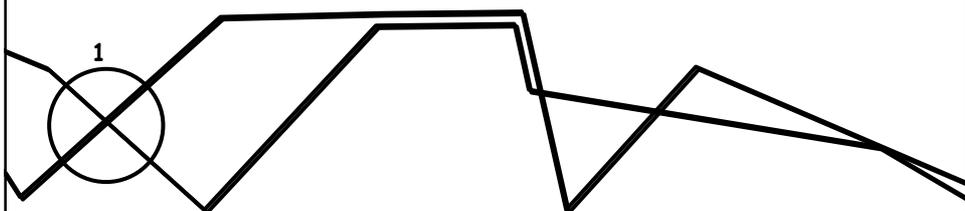
Algoritmi per la topologia multistrato



Linea rossa: linea di appoggio
Linea grigia: linea da modificare

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Algoritmi per la topologia multistrato

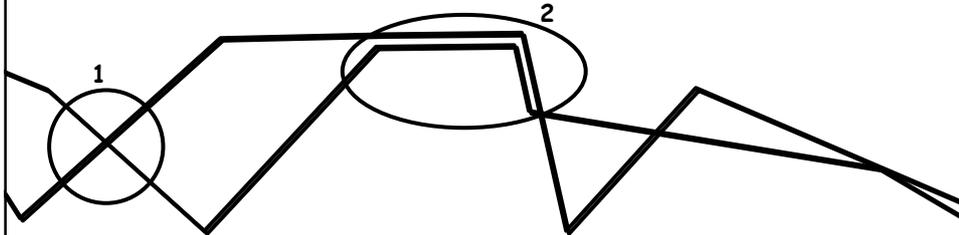


Linea rossa: linea di appoggio
Linea grigia: linea da modificare

1 - nessuna operazione

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Algoritmi per la topologia multistrato

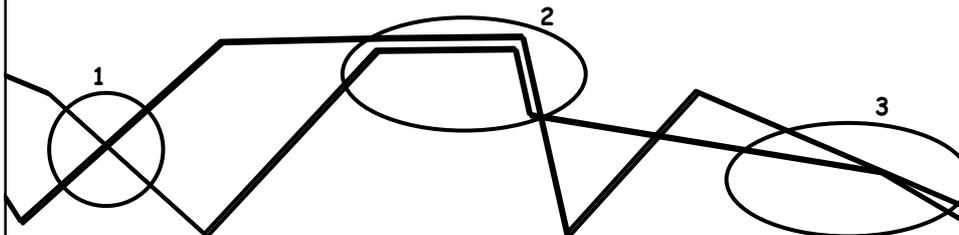


Linea rossa: linea di appoggio
Linea grigia: linea da modificare

1 - nessuna operazione
2 - appoggio

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Algoritmi per la topologia multistrato

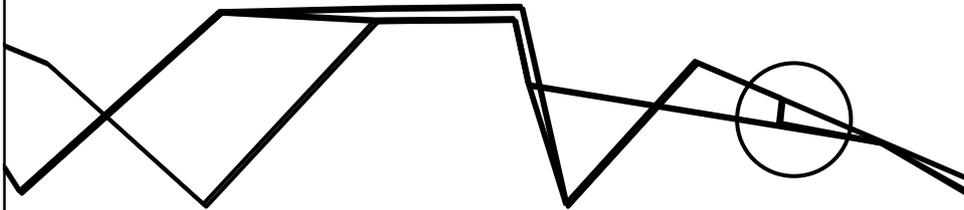


Linea rossa: linea di appoggio
Linea grigia: linea da modificare

1 - nessuna operazione
2 - appoggio
3 - appoggio ??

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Algoritmi per la topologia multistrato



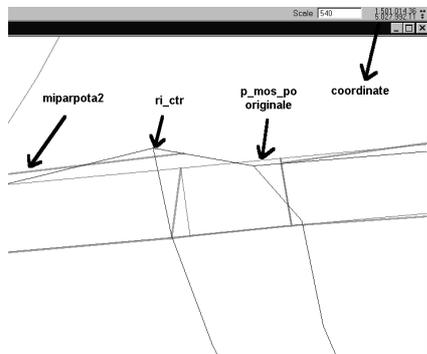
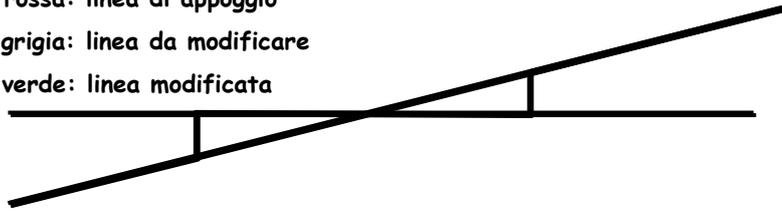
Linea rossa: linea di appoggio
Linea grigia: linea da modificare
Linea verde: linea modificata

1 - nessuna operazione
2 - appoggio
3 - appoggio ??

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Algoritmi per la topologia multistrato

Linea rossa: linea di appoggio
Linea grigia: linea da modificare
Linea verde: linea modificata



La limitatezza degli algoritmi
L'aritmetica finita

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

La topologia multistrato

La nascita di un "Sistema" deve prevedere la coerenza di dati nel tempo.

Quando risolvere le incongruenze?

- Durante l'acquisizione, tramite un ferreo controllo dei processi tecnici e organizzativi
- In fase di preelaborazione
- A livello di elaborazione, con SW (estremamente !?) evoluti

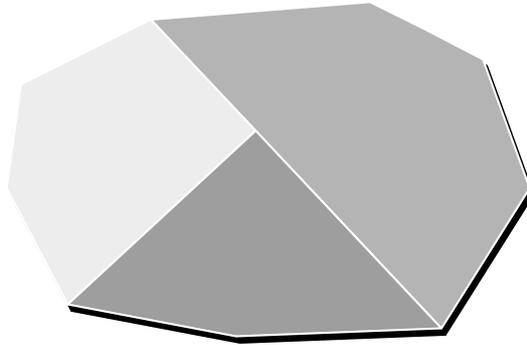
Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

La regola di Eulero

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

La regola di Eulero

$$a - n = A - 1$$

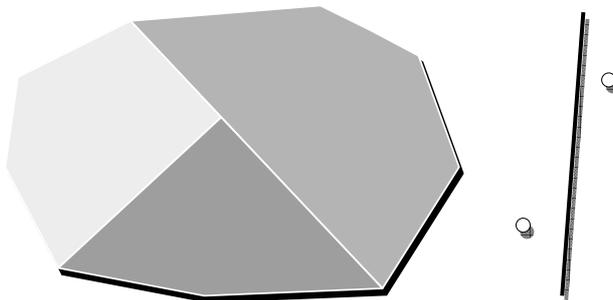


$$6 \text{ archi} - 4 \text{ nodi} = 3 \text{ Aree} - 1$$

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

La regola di Eulero

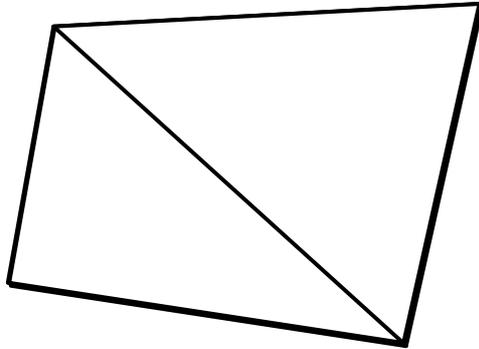
$$a - n = A - \text{nic}$$



$$7 \text{ archi} - 8 \text{ nodi} = 3 \text{ Aree} - 4 \text{ nic}$$

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

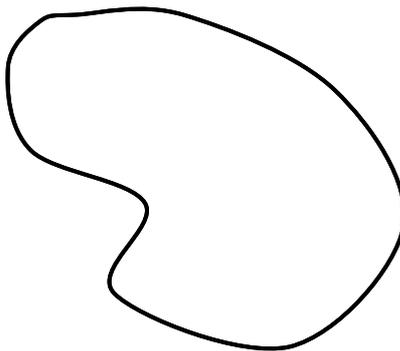
La regola di Eulero



Quanti nodi ? Quanti archi ?

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

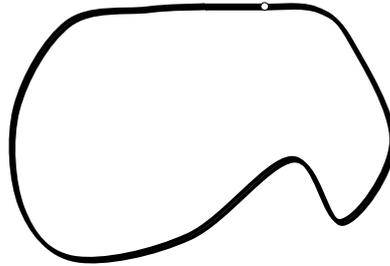
La regola di Eulero



Quanti nodi ? Quanti archi ?

Paolo Magorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

La regola di Eulero



Quanti nodi ? Quanti archi ?

Paolo Mogorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia

Sistemi Informativi Territoriali

Paolo Mogorovich
www.di.unipi.it/~mogorov

Paolo Mogorovich - Sistemi Informativi Territoriali - 271 E3P - La Topologia