

**RESTITUZIONE ED ANALISI NUMERICA DI
DATI FOTOGEOLOGICI 3D A PARTIRE DA
FOTO AEREE E TOPOGRAFIA ANALOGICHE**

Alberto ANTINORI (*)

Luigi CARMIGNANI ()**

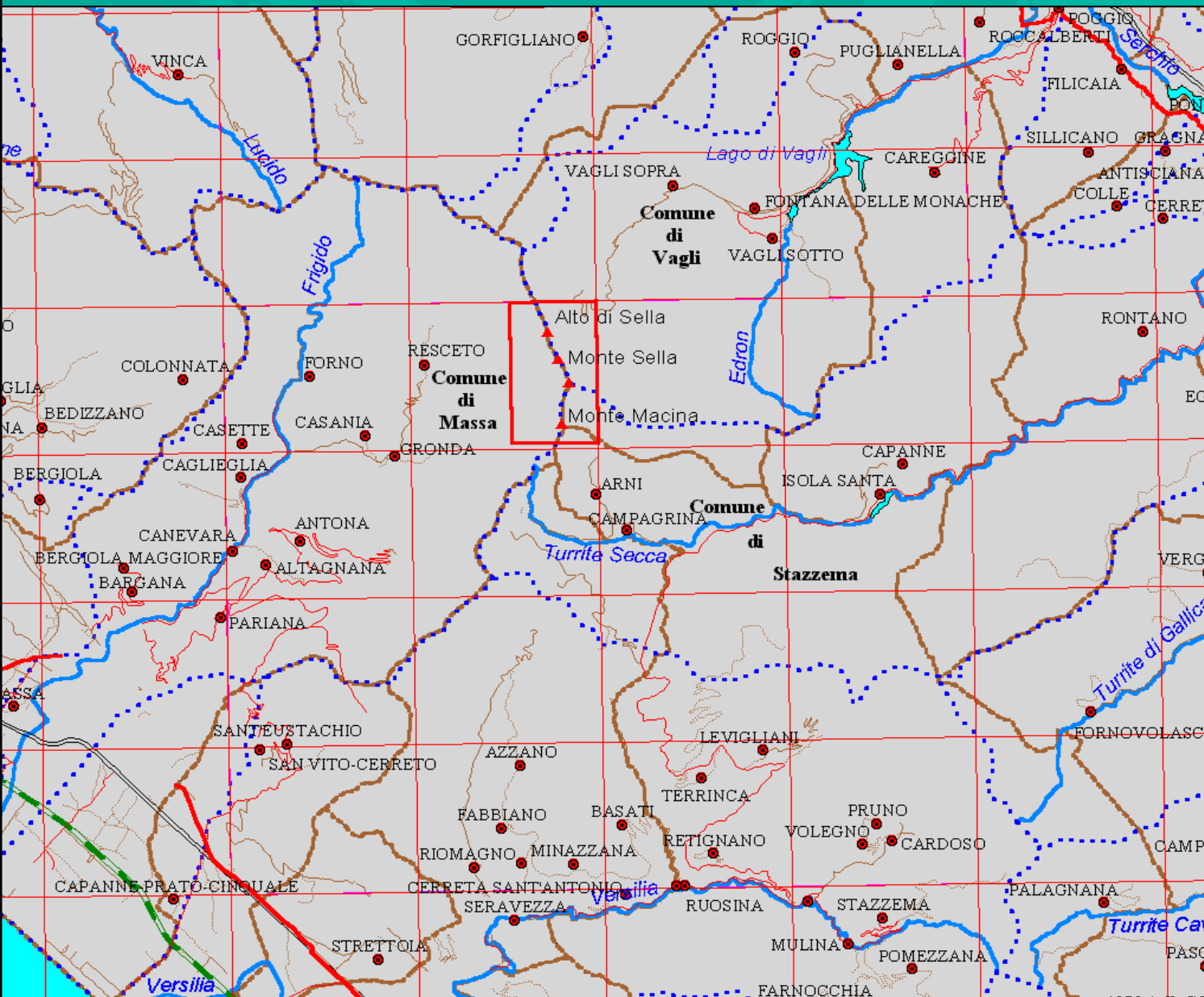
(*) Sistemi Territoriali Srl

(**) Dip. Scienze della Terra Università di Siena

Obbiettivi:

- ◆ Individuare, sperimentare e mettere a punto metodologie per restituire con maggiore precisione dati geologici da foto aeree e basi topografiche analogiche a grande scala.
- ◆ Realizzare un Sistema Informativo Territoriale che integri i dati fotogeologici, topografici, geologici, e ortofoto digitali in un sistema di riferimento comune con coordinate metriche.
- ◆ Implementare metodologie di analisi (quantitative e qualitative) per la Geologia, con interrogazioni geografiche e/o alfanumeriche.
- ◆ Mettere a punto metodi di restituzione dei dati numerici del data-base realizzato, con viste (2D e 3D), e di carte tematiche.

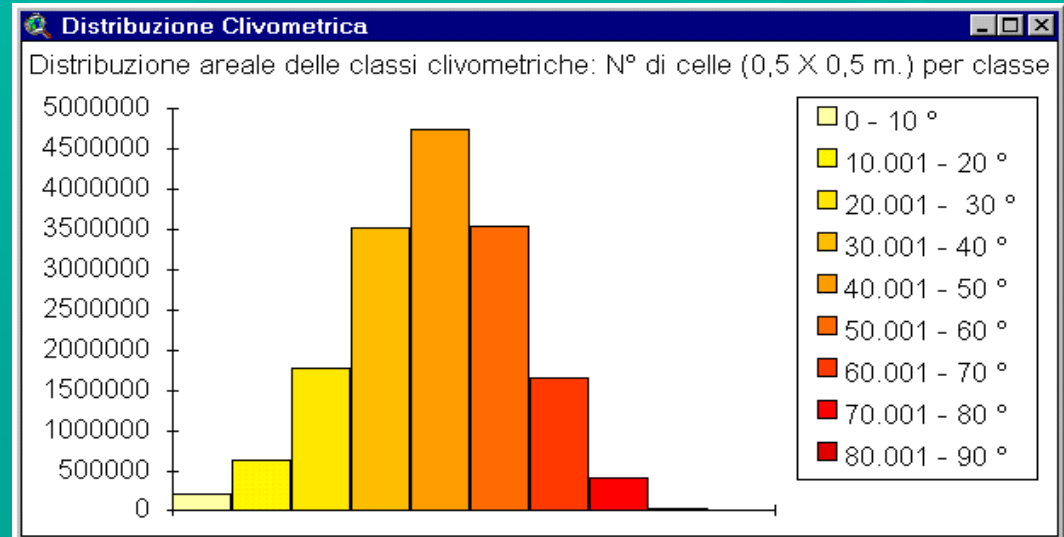
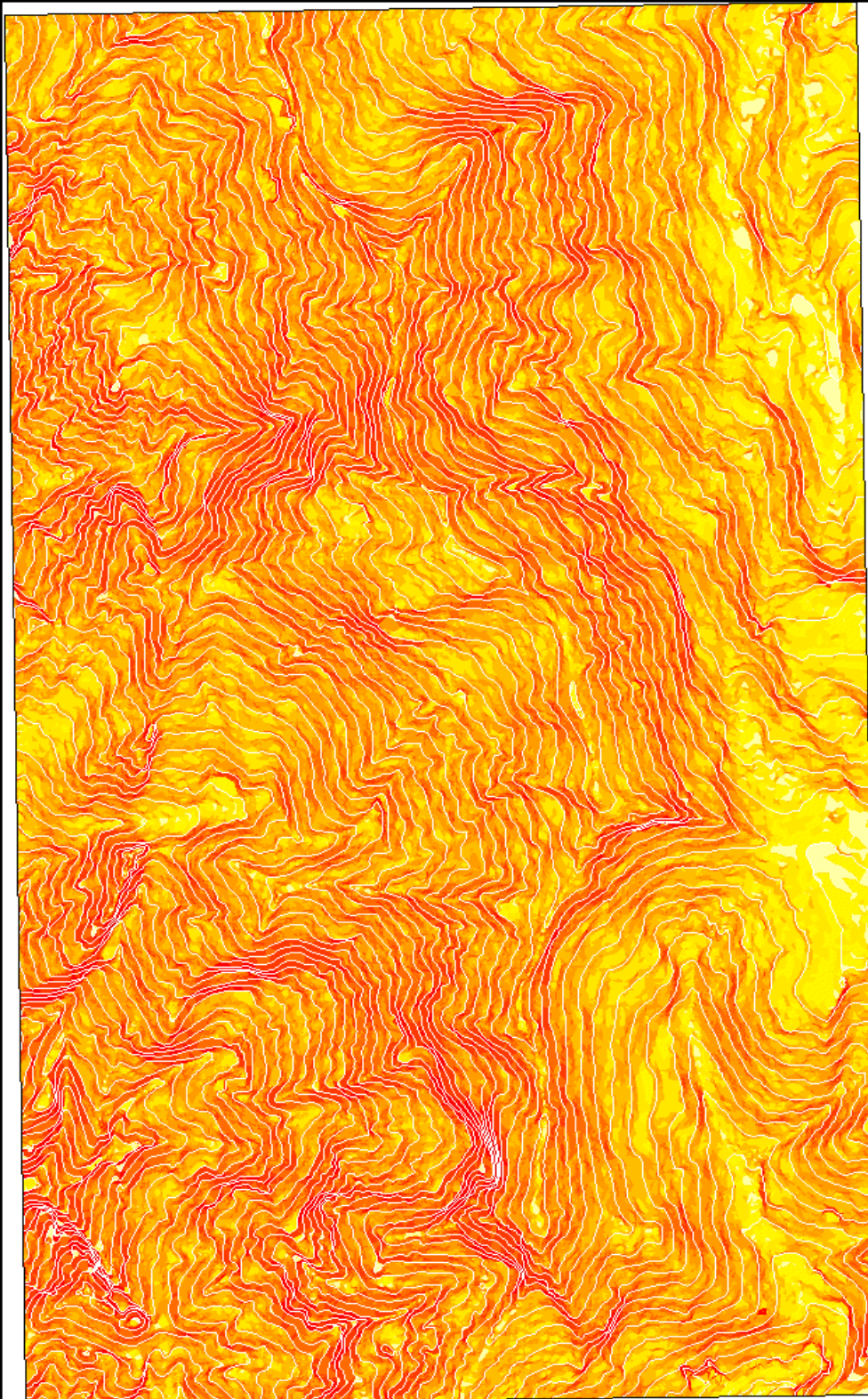
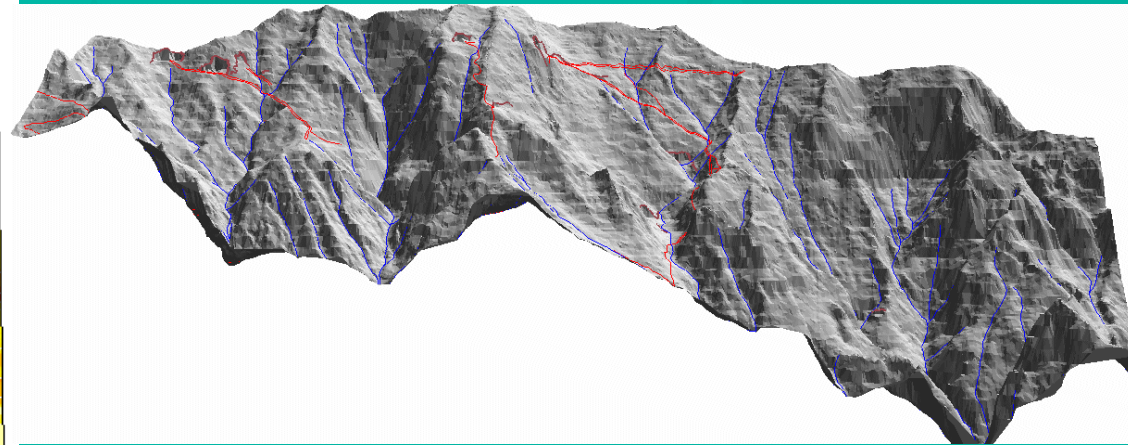
Inquadramento dell'area indagata

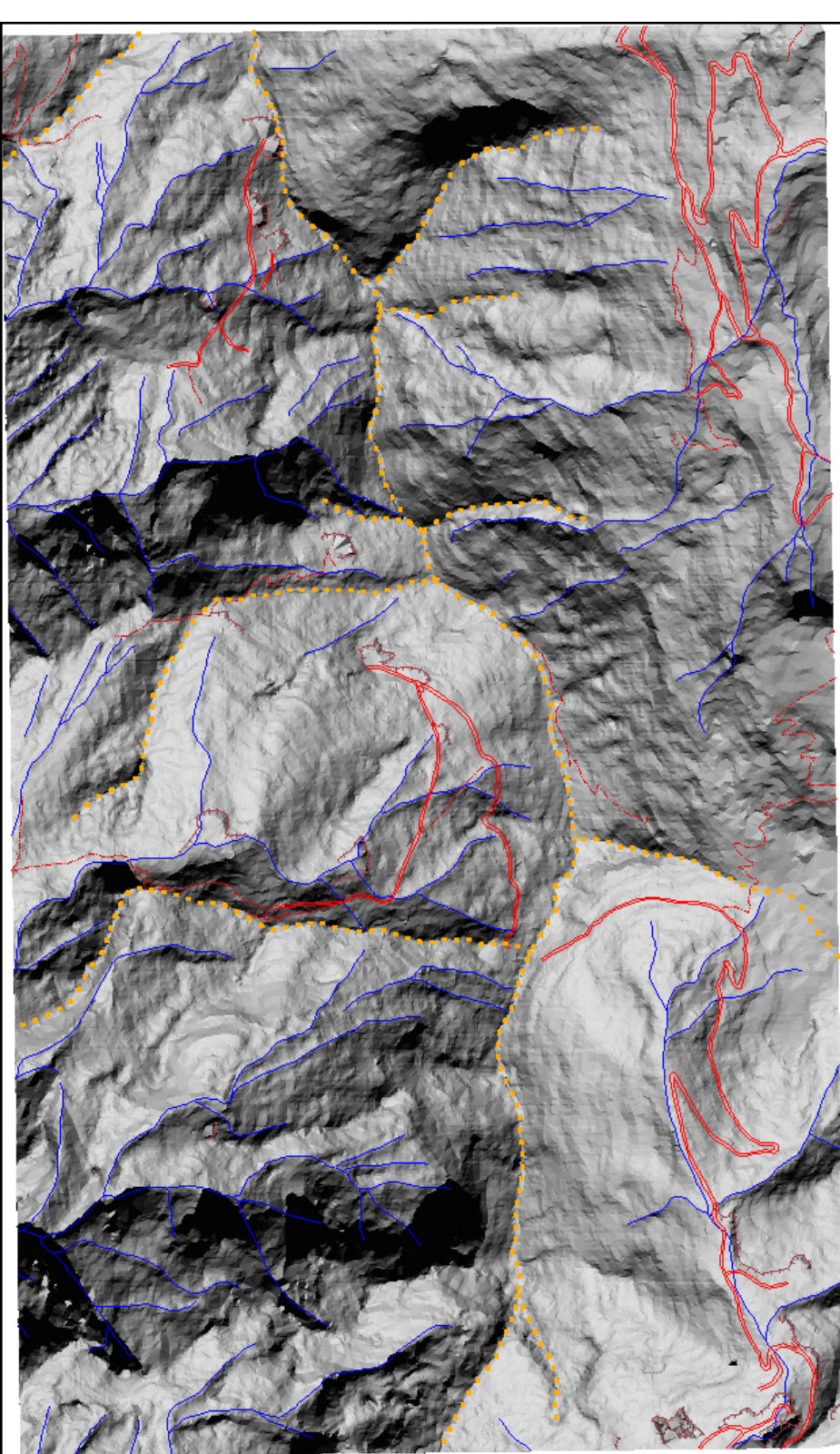


- ◆ CTR 1:5.000 metà Est di un'elemento (4 km²)
- ◆ Comuni di Massa, Vagli e Stazzema
- ◆ Bacini idrografici Frigido, Edron e Turrite Secca
- ◆ Rilievi: M. Sella, Alto di Sella e M. Macina sullo spartiacque Nord-Sud Apuano

Clivometria:

- ◆ Pendenza media 44°
- ◆ Pendenze massime nel versante occidentale (*es. 86° nel versante Ovest del M. Macina*)





Morfologia:

- ◆ Di tipo alpino: creste affilate, pareti subverticali, aree denudate, pinnacoli
- ◆ Modellamento da glacialismo quaternario: valli a circo con profilo a U. Aree lisce, depositi morenici in prossimità dell'area
- ◆ Reticolo idrografico con pattern subdendritico, discontinuo prevalentemente a Est (carsismo)
- ◆ Densità di drenaggio maggiore a occidente (maggiori dislivelli = minore infiltrazione) pattern angolare (controllo strutturale)
- ◆ I fiumi a ovest presentano solchi più incisi (maggiore energia del rilievo) e spesso morfologia a canyon

Perché telerilevamento:



Ottima esposizione, ma...

- Pendenze esasperate
- Dislivelli elevatissimi
- Viabilità inesistente
- Asperità di affioramenti

Causano:

- Rilevamento a distanza
- Misure in aree limitate
- Riporto a piccola scala
- Molto lavoro ...
- Topografia imprecisa

Restituzione di precisione da foto aeree

Dal modello stereoscopico tridimensionale con:

- ◆ Ingombranti **stereo-restitutori opto-meccanici** dal costo > di 200 Mlit. e sw CAD in grado di registrare coordinate tridimensionali. Usati per produrre **cartografia topografica** da parte dell'IGM (scala < 1:25.000) o di ditte che lavorano per Regioni, Province o altri Enti Locali (scale da 1:1.000 a 1:10.000).
- ◆ Moderni, ma costosi, **stereo-restitutori digitali** costituiti da sistemi computerizzati che visualizzano contemporaneamente le 2 immagini digitali della stereocoppia su apposito schermo video con l'ausilio di **occhiali polarizzati** sincronizzati sull'immagine destra e sinistra con l'oscuramento della lente opposta. Altri programmi, relativamente + economici, per normali personal computer visualizzano entrambe le foto sullo schermo e la percezione del modello 3D avviene con l'uso di specchi come in uno **stereoscopio ottico**.

Dalle ortofotografie digitali georeferenziate:

- ◆ Le foto possiedono già coordinate metriche e integrate in un **SIT** si digitalizzano gli elementi visibili direttamente a video (digitalizzazione referenziata)

Fasi di realizzazione delle OrtoFoto Digitali

- ◆ Scelta delle foto migliori per coprire la zona indagata in base a criteri di esposizione + favorevole dei versanti verso il punto di presa e scala maggiore
- ◆ Scansione dei fotogrammi su scanner piano ad alta definizione
- ◆ Individuazione dei punti di controllo a terra (con osservazione stereoscopica) per la georeferenziazione dei fotogrammi.
- ◆ Registrazione delle terne di coordinate metriche (x, y, z) dei punti di controllo dal SIT e delle rispettive coordinate immagine (colonna, riga) dalle scansioni dei fotogrammi con un programma grafico

Identificativo	X Long	Y Lat	Z Quota	Colonna	Riga
15	1599155.5	4883060.3	1725.7	4465	-414

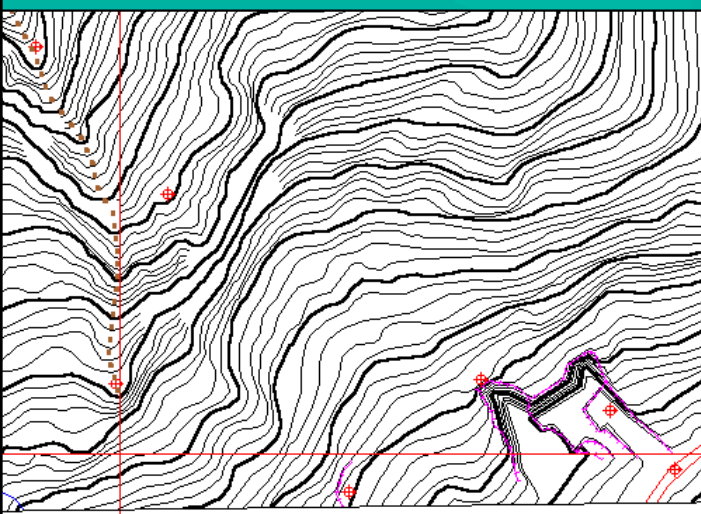
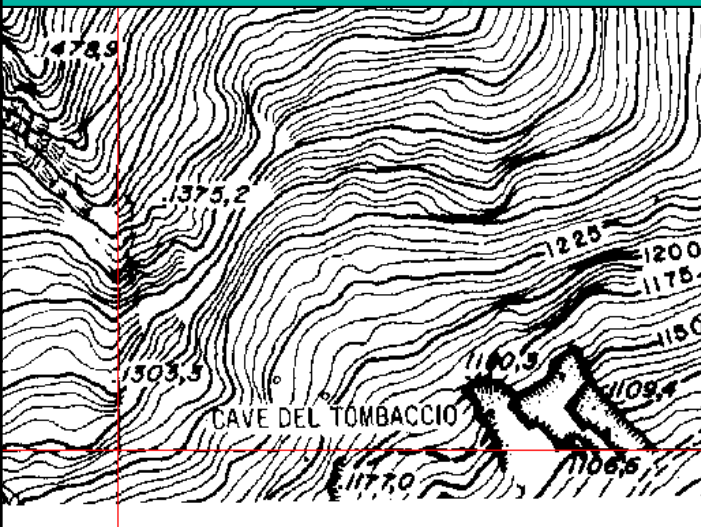
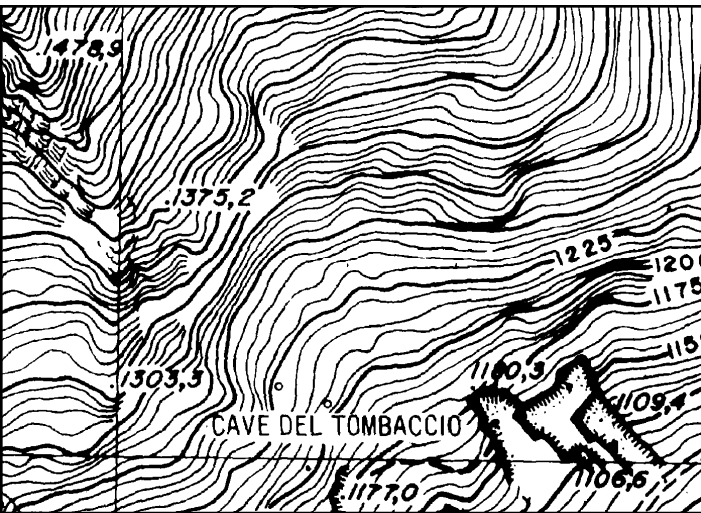
- ◆ Elaborazione dell'ortofoto con il programma Erdas Imagine attraverso un ricampionamento dei pixel dalle posizioni originali sui fotogrammi usando: coordinate dei punti di controllo, parametri di ripresa (lunghezza focale, coordinate dei fiducial marks, distorsioni ottiche) e un dettagliato Modello Digitale del Terreno (da costruire a partire da topografia numerica)

Dati di partenza

Stampe (dati Analogici):

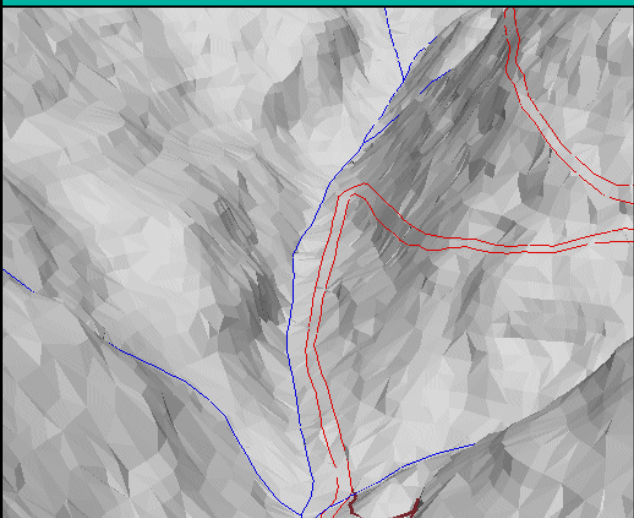
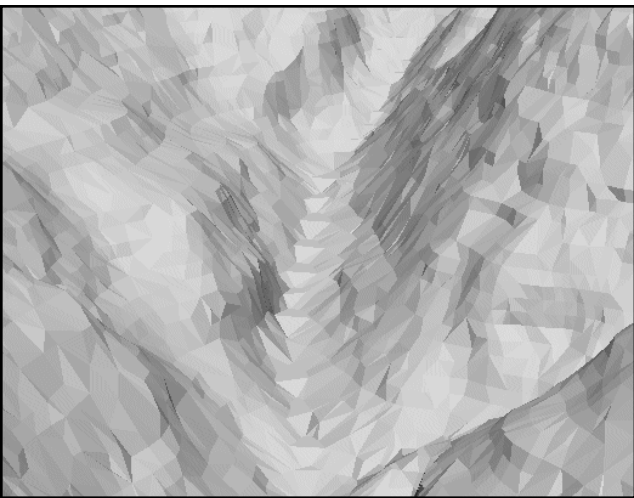
- ◆ CTR 1:5.000 elem. 249111 in proiezione Gauss-Boaga
- ◆ 2 Foto aeree del 1976 in scala media 1:17.000
- ◆ 24 Foto aeree del 1997 in scala media 1:7.500
- ◆ Carta Geologico Strutturale del Complesso
Metamorfico delle alpi Apuane in scala 1:25.000

Digitalizzazione CTR



- 1) **Scansione** ad alta definizione (1000 dpi) della stampa su lucido della CTR con scanner A0 e taglio della zona di studio (circa 4 km²)
- 2) **Georeferenziazione** per rotazione e successiva traslazione dell'immagine ottenuta al punto 1. La rotazione allinea il reticolato chilometrico con gli assi X e Y del sistema di riferimento metrico in Gauss-Boaga. Il controllo della georeferenziazione si ha per mezzo del reticolato chilometrico vettoriale costruito in coordinate reali con AutoCAD
- 3) **Vettorizzazione** semiautomatica delle isoipse con inseguimento di linee formate da pixel contigui. Congiunzione delle linee interrotte, interpolazione e attribuzione della quota come attributo per totali 1758 isoipse con 113.809 vertici e lunghezza totale 768 km
Digitalizzazione a video degli altri strati vettoriali: punti quotati, viabilità, idrografia, cigli di cave o scarpate e spartiacque

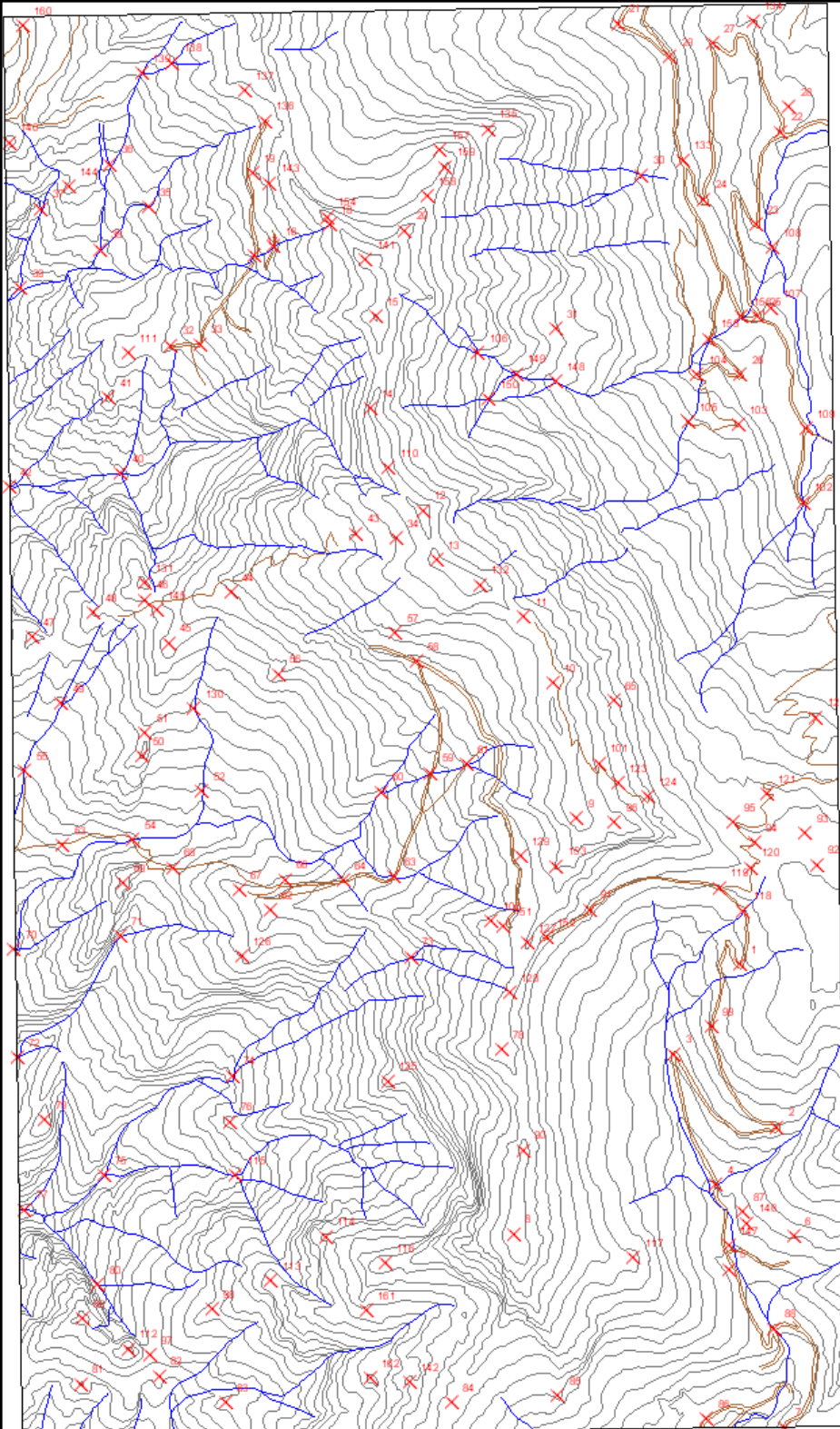
DTM e vettori 3D



- 1) Primo Modello Digitale Tridimensionale realizzato in forma di **TIN** (Triangulated Irregular Network) dai due strati vettoriali con informazione di elevazione, cioè isoipse e punti quotati
- 2) Inserimento nell'algoritmo di generazione del DTM degli strati vettoriali bidimensionali (strade, fiumi, crinali e cigli di cave o scarpate) come **Break Lines** (linee di interruzione della curvatura della superficie) con apposita procedura per meglio seguire la reale morfologia del terreno. Il TIN così realizzato consta di 252.708 triangoli incernierati ai lati, e 126.645 vertici
- 3) Trasformazione dei vettori bidimensionali con o senza informazione di quota in **strati vettoriali tridimensionali** con aggiunta della quota z dal DTM alle coppie di coordinate (x, y) dei vertici. Questo permette di generare viste prospettiche del modello e degli strati 3D

Realizzazione ortofoto:

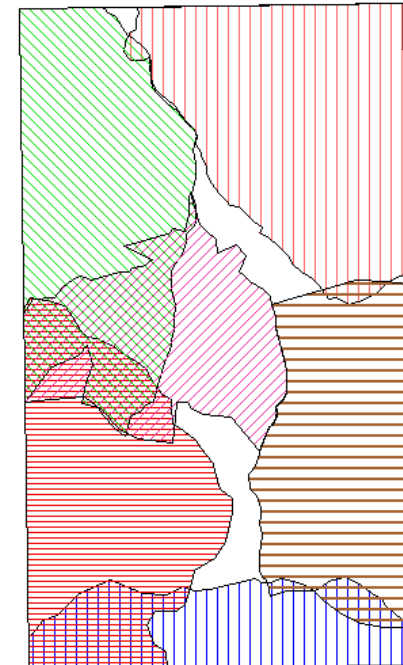
- ◆ Scelti 6 fotogrammi dalle 3 strisciate delle 24 foto aeree a grande scala
- ◆ Registrati 162 punti di controllo in coordinate 3D (x,y,z) ottenute dal DTM
- ◆ Nelle 6 ortofoto elaborate sono state circoscritte le aree di miglior definizione e affidabilità di posizione dei pixel che compongono l'immagine

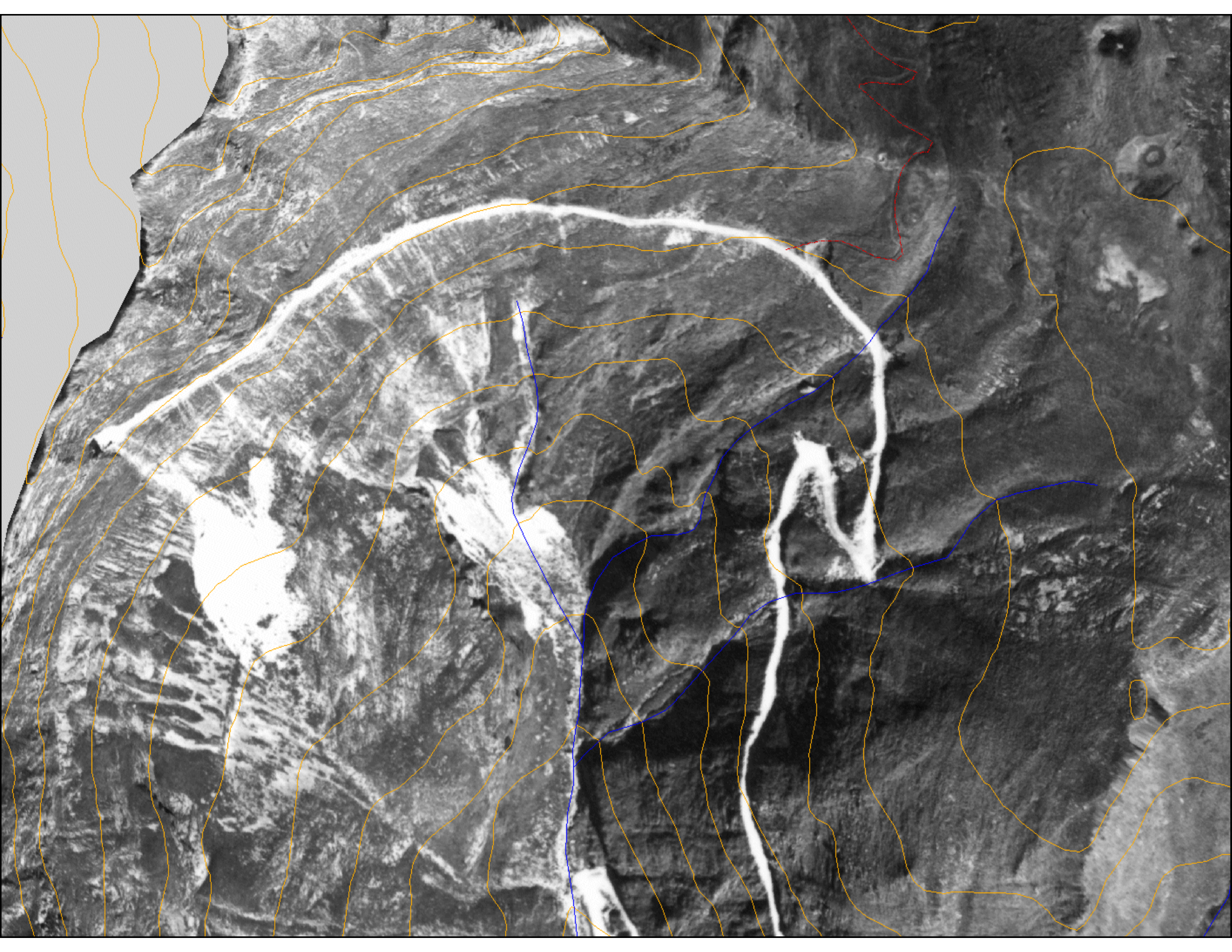


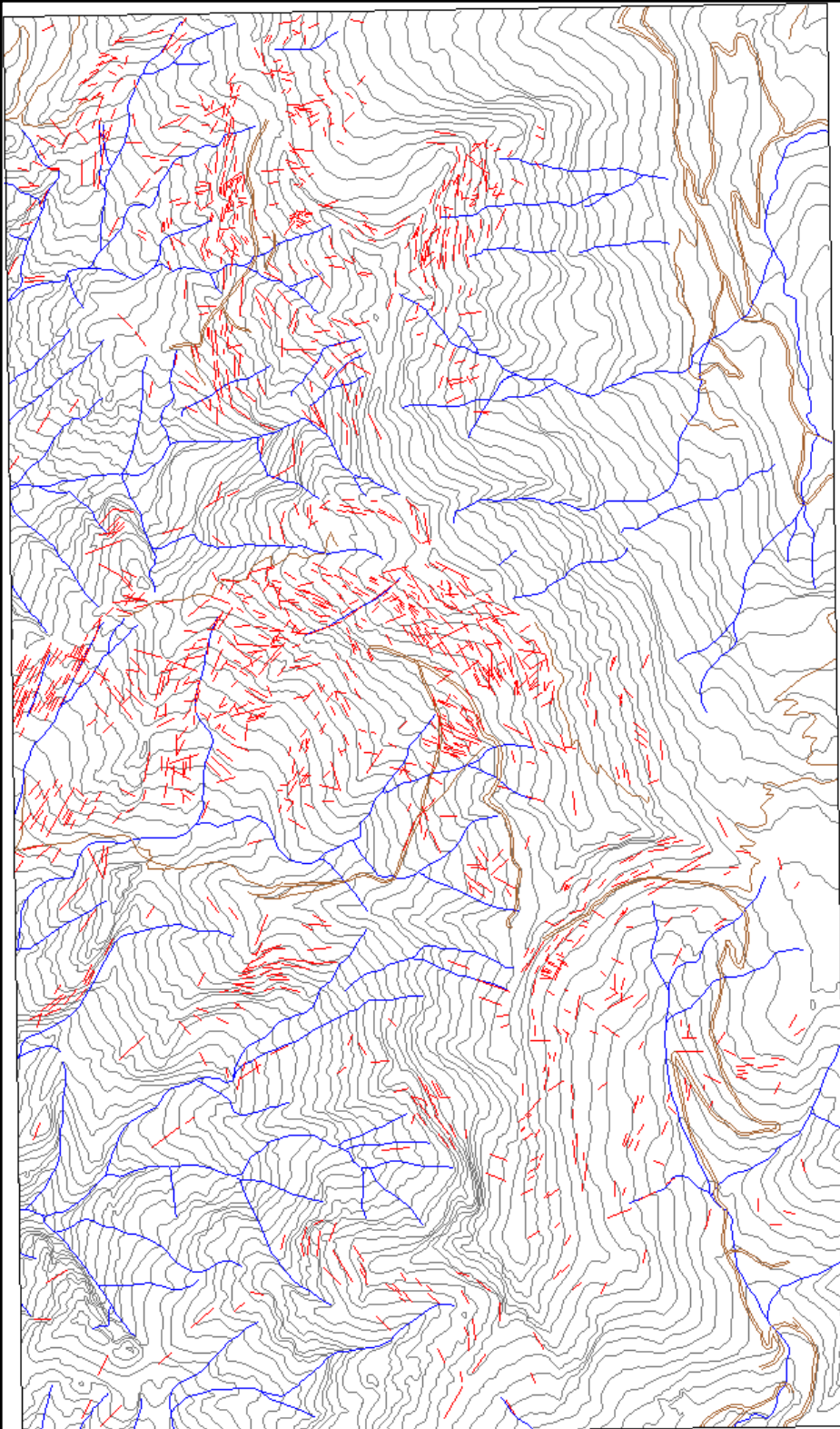
- Sentieri.shp
- Strade.shp
- Impluvi.shp
- Idrografia.shp
- Contatti.shp
- Isoipse25.shp
- Isoipse.shp

- Clipfoto.shp
 - 91
 - 93
 - 116
 - 118
 - 120
 - 141

- Foto97.shp
- Areabig.shp
- Area.shp
- Ctr5khok.tif
- 24911est2ok.tif
- Geologia.shp
- 141hole.shp
- 141or2bi.tif

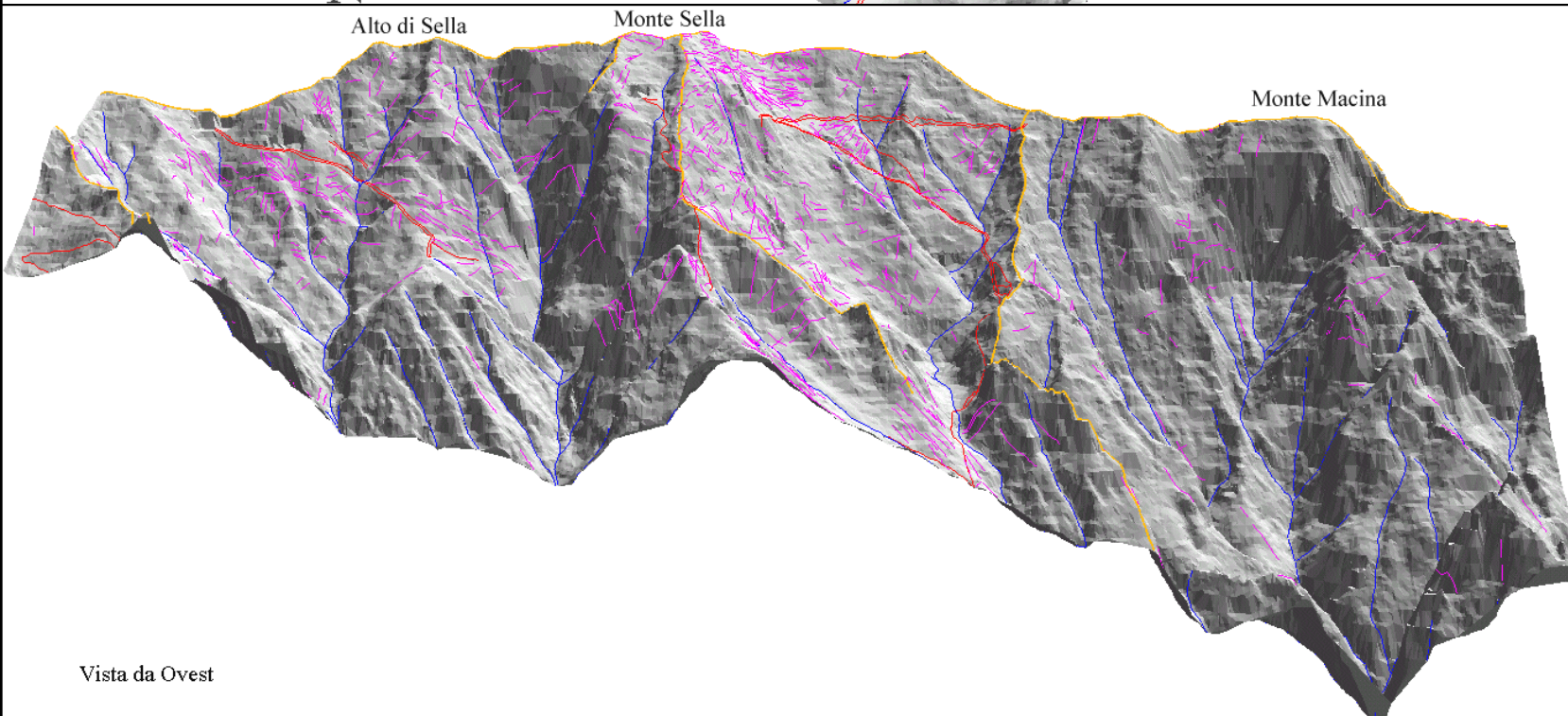
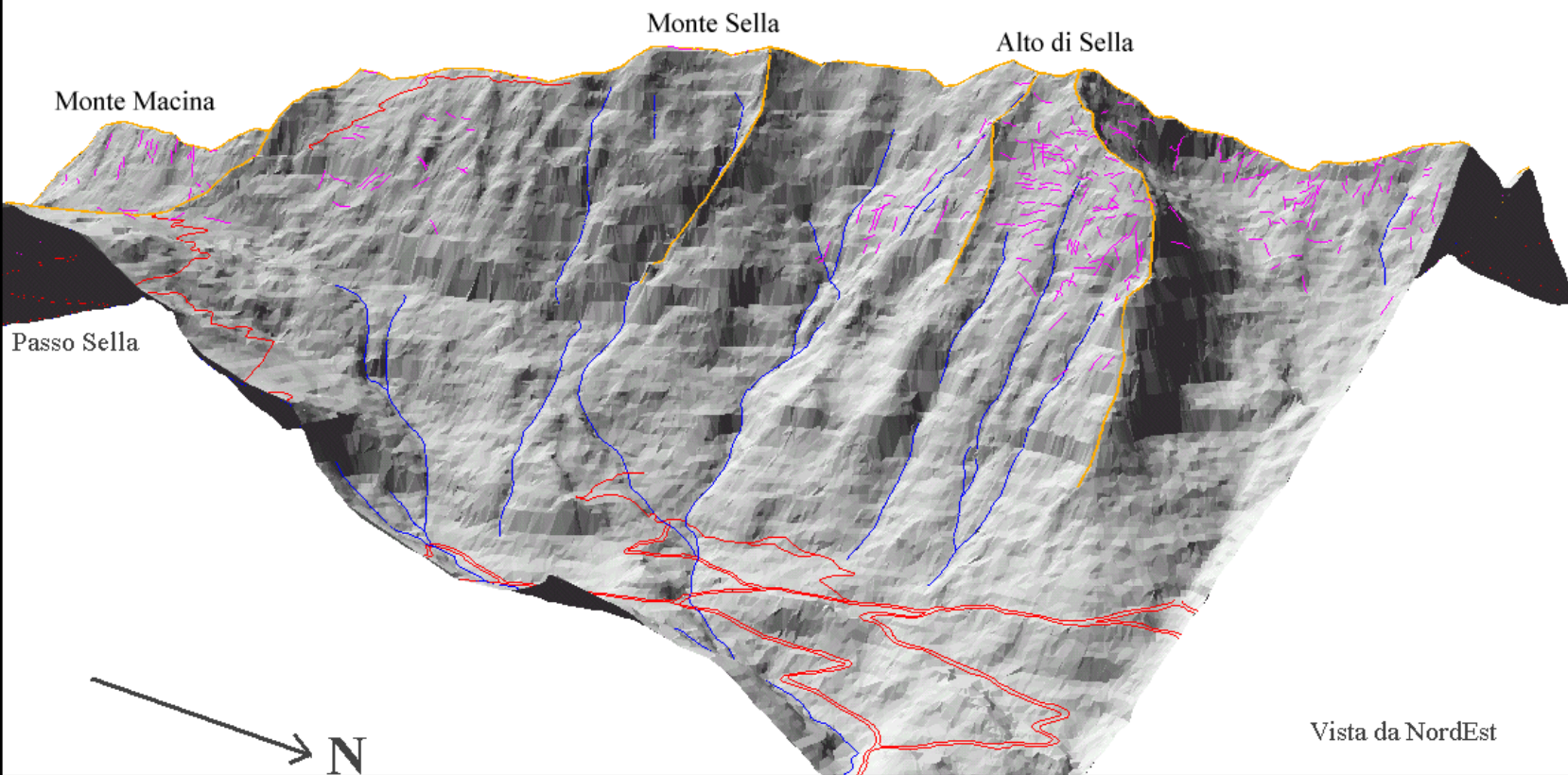






Lineazioni e lineamenti:

- ◆ Lineazioni: scala metrica e decametrica
- ◆ Lineamenti: scala hm. e km, allineamenti se interrotti (+ lineazioni)
- ◆ Restituite dalle ortofoto 1442 lineazioni come segmenti di 2 vertici per il calcolo automatico della direzione
- ◆ Tracciati dall'idrografia della CTR, 172 lineamenti come segmenti di 2 vertici
- ◆ Scomposto il reticolo idrografico gerarchizzato in 2.500 segmenti. Ogni elemento possiede le informazioni di direzione, lunghezza e coordinate (x, y z) dei vertici e dei punti mediani
- ◆ Il SIT dà informazioni puntuali di pendenza della superficie morfologica

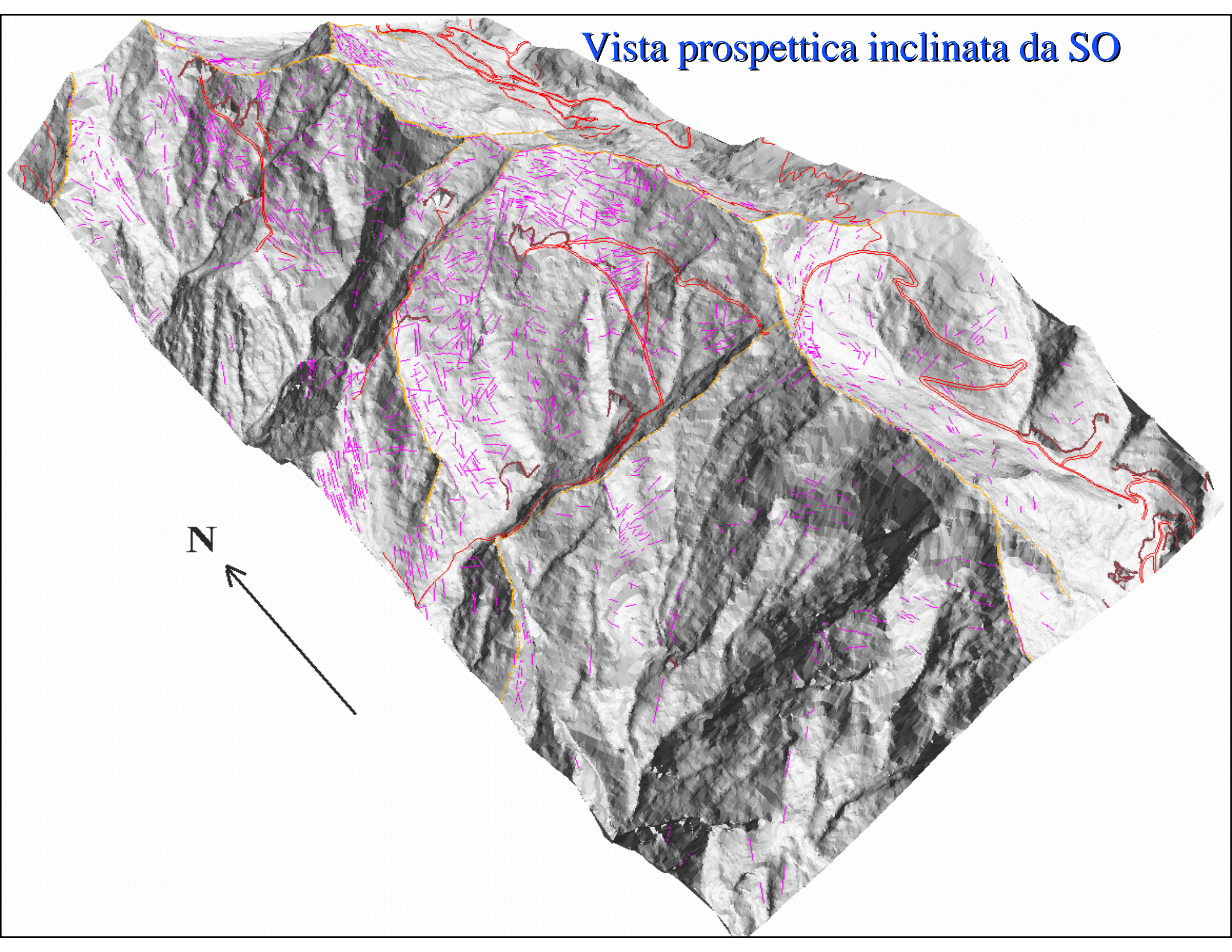


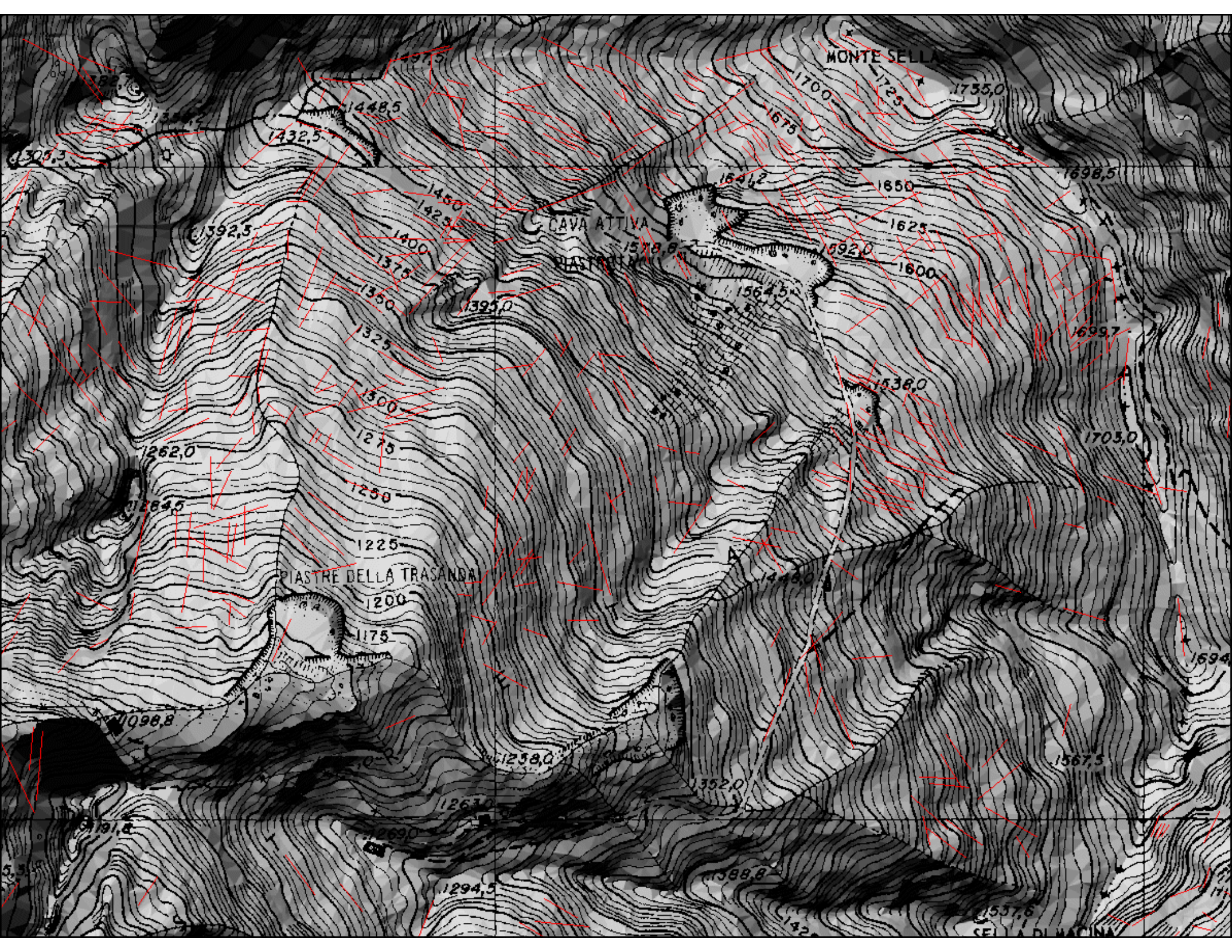
Viste
prospettiche
laterali:

da NE

Da Ovest

Vista prospettica inclinata da SO





Attributes of Spotpiastra13d.shp

Shape	Id	X long	Y lat	Z quota
PointZ	3	1599361.50	4882519.98	1692.48
PointZ	7	1599420.02	4882429.53	1654.32
PointZ	10	1599442.82	4882371.52	1661.25
PointZ	1	1599325.78	4882559.24	1733.10

GeoTrig

Map Thickness (from dist) Height Drilled-Thickness
 Vertical Exaggeration True Dip Map Thickness (from xyz)
 Apparent Dip **3-Point Problem**

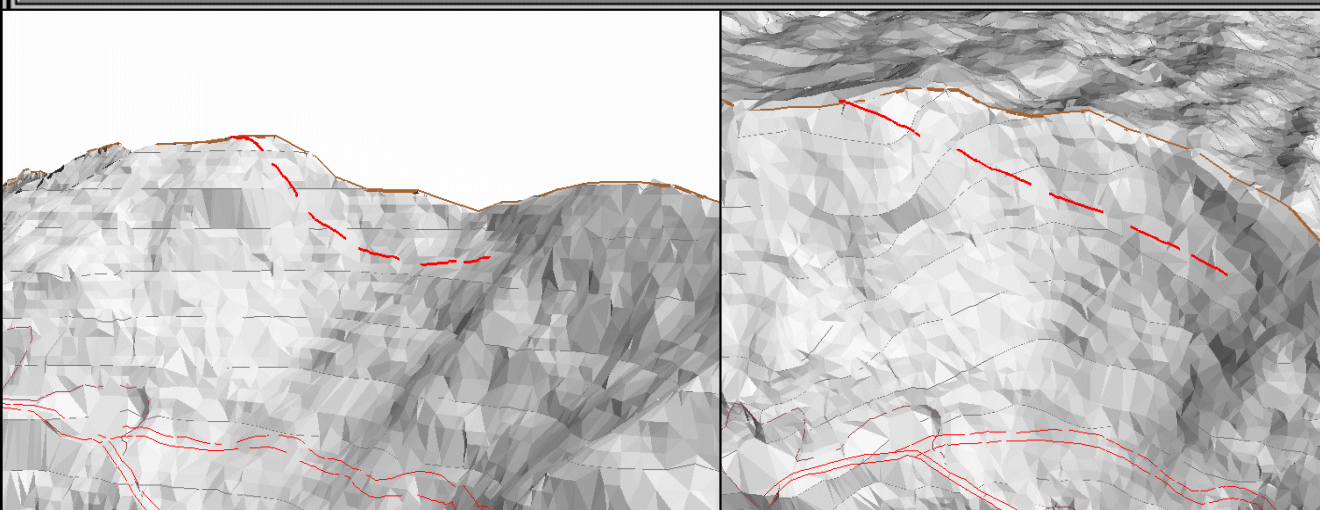
Point#	Easting(x)	Northing(y)	Elevation(z)
#1:	1599361.50	4882519.98	1692.4800
#2:	1599420.02	4882429.53	1654.3200
#3:	1599442.82	4882371.52	1661.2500

Strike: **335.82**
 Dip Angle: **66.8322**
 Dip Direction: **65.82**

This program calculates the strike and dip of a plane given three points along the plane.
 Note: All points must be in the same units. For example, this program will not produce a correct answer if the easting and northings are in UTM's while the elevations are in feet.

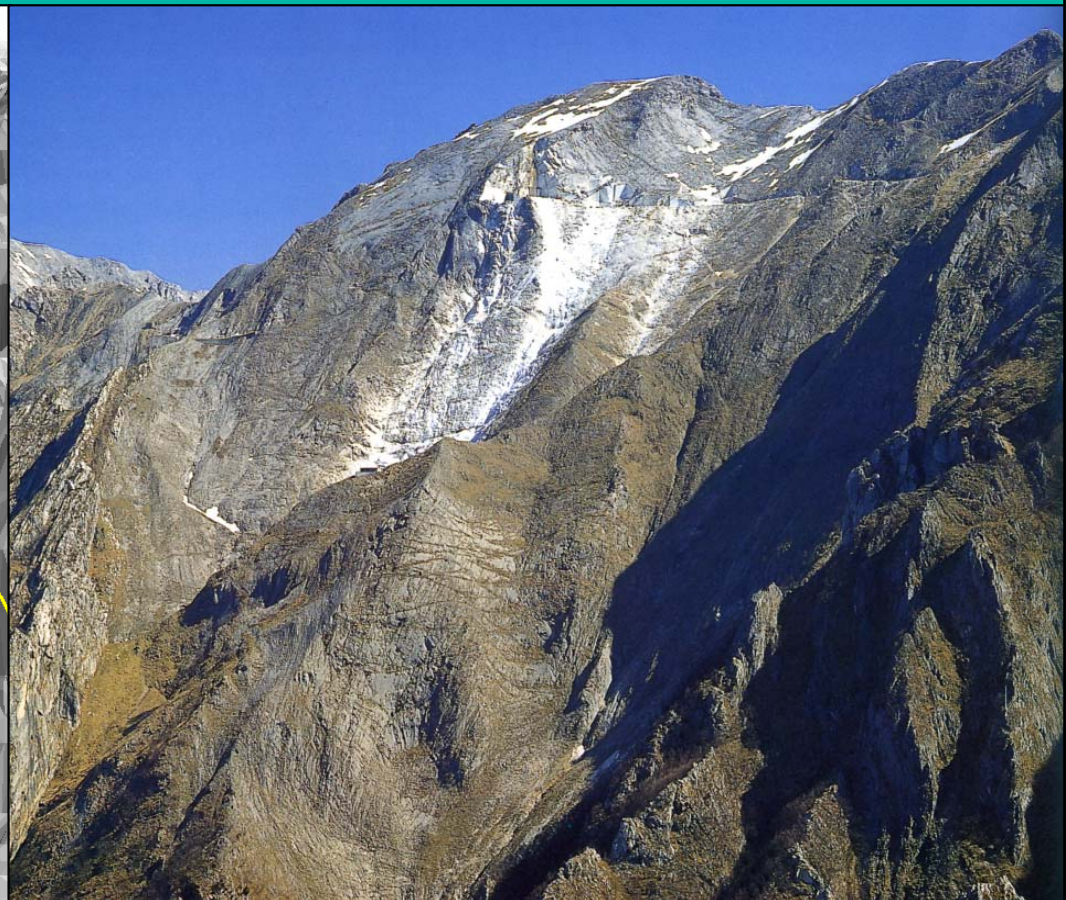
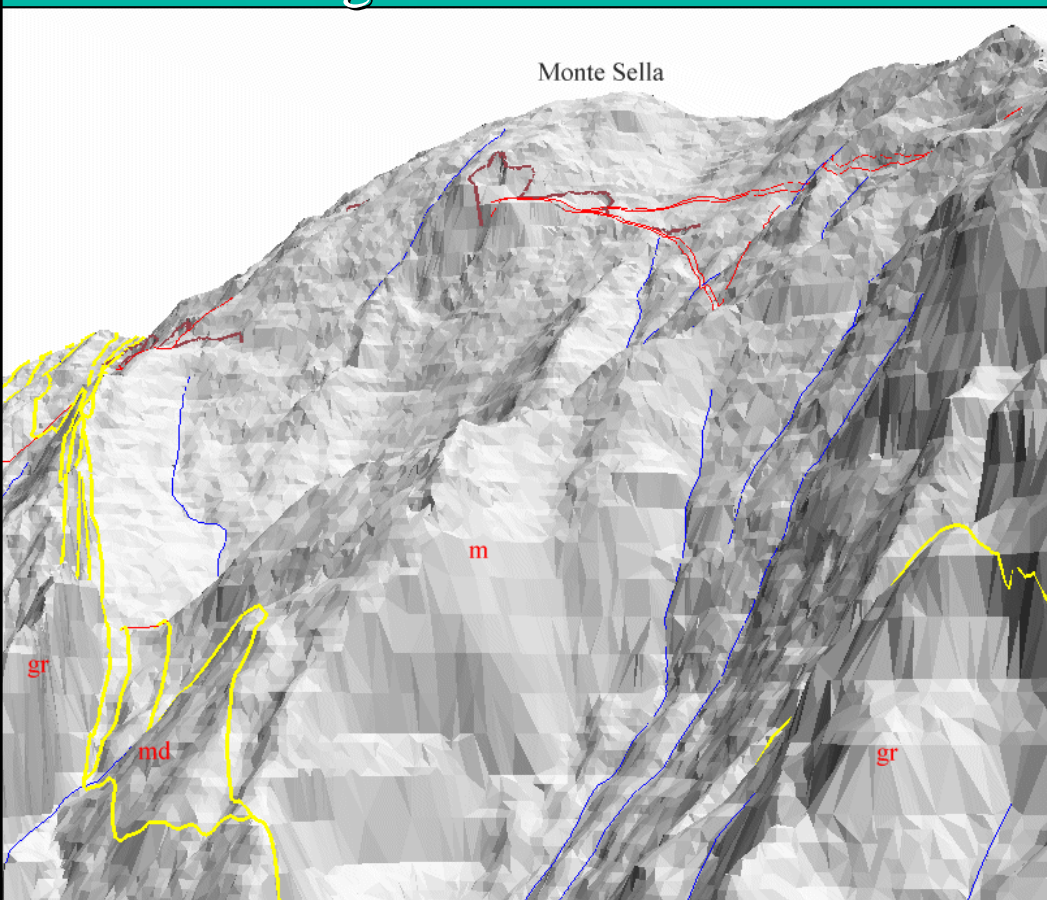
Analisi delle giaciture:

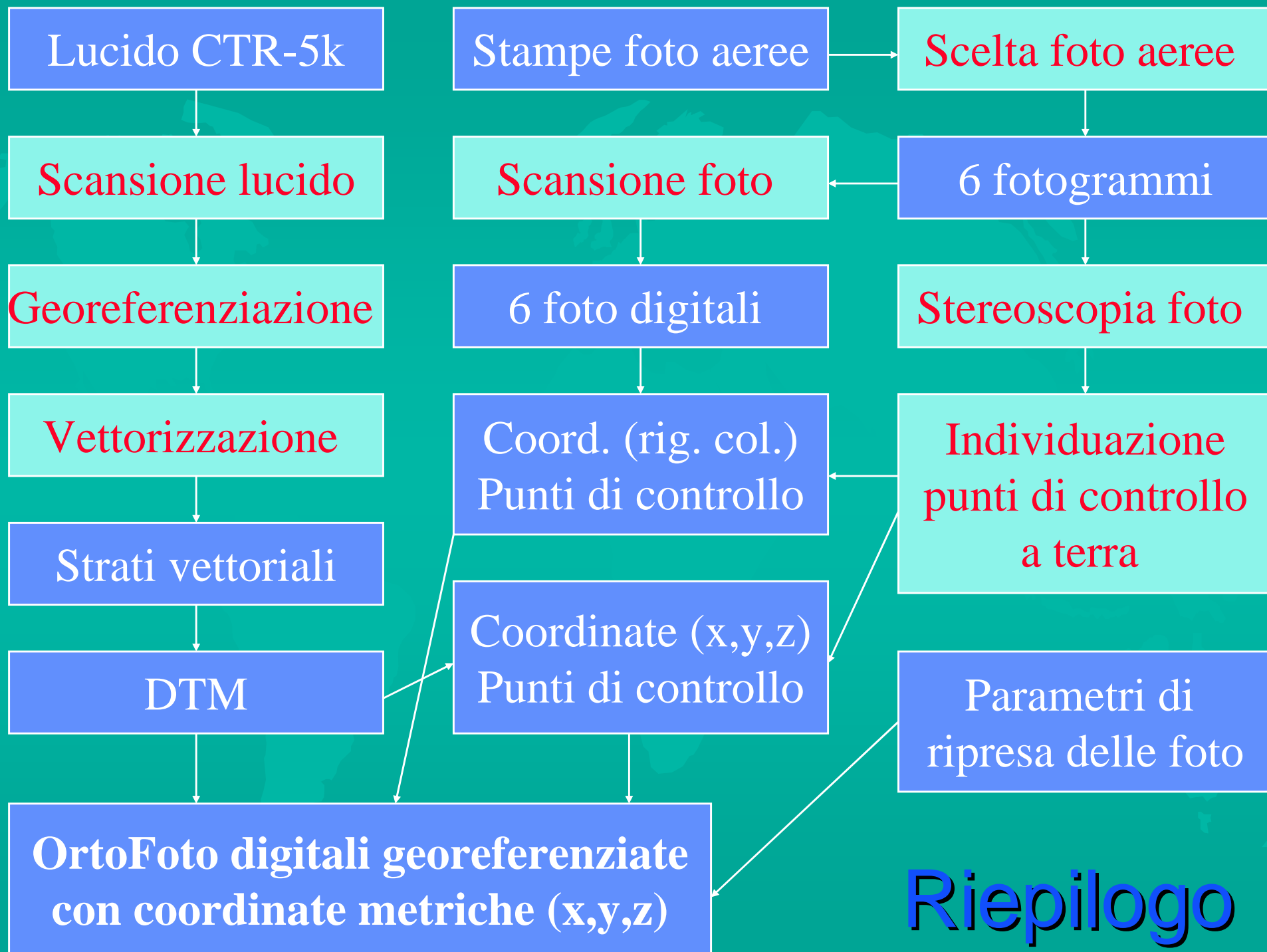
- ◆ 10 Lineazioni in almeno tre allineamenti paralleli a monte delle cave di Piastreta (Monte Sella)
- ◆ Risolvendo la giacitura del più lungo allineamento con tre punti (x,y,z) si ottiene un piano diretto N 156°, immergente verso Est con inclinazione di 67°
- ◆ Viste prospettive dell'allineamento confermano la giacitura a reggipoggio molto inclinata



Analisi con viste prospettiche

- ◆ Come testimonia la vista prospettica a sinistra, si possono creare a video interattivamente viste prospettiche del DTM con qualsiasi strato informativo virtualmente da qualsiasi punto di vista
- ◆ Le possibilità di questo tipo di analisi sono ancora in gran parte da scoprire e sperimentare data la recente disponibilità di queste funzionalità nei GIS, e sono destinate a un ulteriore sviluppo con il costante progresso tecnologico





Riepilogo

Conclusioni

- ◆ Al contrario della foto aerea (prospettiva centrale) l'ortofoto è un documento metrico in proiezione verticale e a scala costante. Questo permette una **precisione maggiore** del riporto a occhio da normale osservazione su stereoscopi ottici
- ◆ Per contenere gli errori di posizione dei pixel (in questo lavoro stimati da 5 a 10 m.) è necessario raccogliere una buona semina di punti di controllo (quantità e distribuzione), un DTM molto dettagliato (da topografia a grande scala) e foto ben documentate (parametri di ripresa) a grande scala.
- ◆ La produzione di ortofoto digitali e la successiva restituzione di elementi di interesse geologico è una valida alternativa alla stereorestituzione
- ◆ La possibilità di integrare ortofoto georeferenziate in una base di dati numerici aggiunge inoltre un contenuto informativo che permette infinite **analisi quantitative e qualitative** utili a molte discipline della geologia moderna
- ◆ Particolare attenzione merita l'uso combinato di modelli digitali del terreno con immagini telerilevate, non solo allo scopo di produrre ortofoto, come abbiamo visto in questo lavoro, ma anche di **analisi visive in 3D**