

بسمه تعالی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده فنی و مهندسی

بخش مهندسی معدن

مهندسی دیواره های شیب دار

ترم دوم ۱۳۹۷

(۲)

سعید کریمی نسب

Rock Slope Engineering Course-1397
Kariminasab

کلیات روش های تحلیل پایداری

- تحلیل پایداری با روشهای تجربی، تعادل حدی و تحلیل حدی و عددی انجام می شود.
- از بین این روشها، روشهای تجربی آسانترین و سریعترین روشها هستند که البته احتمال دارد با خطا همراه باشند.
- روشهای تعادل حدی و تحلیل حدی نسبت به روشهای تجربی به هزینه و وقت بیشتری نیاز دارند و دقت آنها بیشتر است.
- روشهای عددی وقت گیرتر و هزینه برتر از روشهای دیگرند و دقت بیشتری دارند. میزان دقت این روشها به میزان دقت در داده های ورودی بستگی دارد.

کلیات روش های تحلیل پایداری

- تحلیل پایداری با روشهای تجربی، تعادل حدی و تحلیل حدی و عددی انجام می شود.

- از بین این روشها، روشهای تجربی آسانترین و سریعترین روشها هستند که البته احتمال دارد با خطا همراه باشند.

کلیات روش های تحلیل پایداری

- برای هر معدن روش تحلیل خاصی باید انتخاب شود چرا که دقت پایین روش تجربی برای معادن بزرگ و هزینه های زیاد روش های عددی برای معادن کوچک مناسب نیست.

مراحل مختلف تحلیل پایداری

- فاز اول تحلیل پایداری در مرحله طراحی مفهومی معدن انجام می شود، زیرا برای طراحی معدن شیب نهایی مورد نیاز است.
- فاز دوم در مرحله طراحی تفصیلی و امکان سنجی نهایی معدن
- فاز سوم آن در زمان بهره برداری و بعد از ایجاد پله های معدن است.



- **منظور از طراحی مفهومی و تفصیلی در معادن چیست؟**

انتخاب روش تحلیل پایداری شیب برای معادن

- انتخاب روش تحلیل پایداری شیب برای معادن مختلف به عمق و عمر معدن، جنس زمین و ساختارهای اصلی زمین شناسی منطقه و مرحله انجام پروژه بستگی دارد.

انتخاب روش تحلیل پایداری شیب برای معادن

- هر چه عمق و عمر معدن بیشتر، وضعیت زمین شناسی منطقه پیچیده تر و مرحله انجام پروژه نهایی تر باشد، تحلیل پایداری باید با استفاده از روشهای دقیقتر انجام شود که قضاوت مهندسی مهمترین نقش را در انتخاب روش دارد.

روش کلی برای انتخاب روش تحلیل پایداری

- – پایدارسازی شیبها در معادن روباز بدون توجه به جنس زمین و ساختارهای اصلی ولی با توجه به عمر معدن، عمق معدن و مرحله انجام پروژه :
- در معادن کم عمق با طول عمر کوتاه، تحلیل پایداری به روش تجربی برای زمین های با هر جنس و ساختاری مناسب است.

روش کلی برای انتخاب روش تحلیل پایداری

- در معادن عمیق و با عمر زیاد با هر وضعیت زمین شناسی، تحلیل پایداری با استفاده از روشهای دقیقتر (تعادل حدی– تحلیل عددی) انجام می شود.
- در معادن متوسط هر چه وضعیت زمین شناسی و ساختارهای موجود پیچیدگی بیشتری داشته باشد، بر اساس قضاوت مهندسی باید روش مناسبی برای تحلیل پایداری انتخاب شود.

طراحی شیب های سنگی درمعادن روباز

در طراحی شیب های سنگی که بسیاری از معادن روباز با آن مواجه اند، عموما دو مساله پیچیده وجود دارد.

از یک سو افزایش شیب دیواره و در نتیجه کاهش حجم مواد حفر شده موجب صرفه جویی قابل توجه در هزینه های معدن می شود.

طراحی شیب های سنگی درمعادن روباز

اما از سوی دیگرمی تواند به کاهش ضریب ایمنی دیواره ها و بروز خسارتهای قابل توجه جانی و مالی در عملیات بهره برداری از معادن شود.

طراحی شیب های سنگی درمعادن روباز

یکی ازمهمترین مسایل طراحی شیب در اکثر معادن روباز، تعیین ساز و کار شکست است.

توده سنگ تشکیل دهنده هر شیب سنگی با توجه به مقیاس عملیات، ویژگیهای منحصر به فردی دارد.

طراحی شیب های سنگی درمعادن روباز

امکان یافتن دو شیب سنگی شبیه هم وجود ندارد و تغییر مصالح این سازه ها تنها در صورت تغییر موقعیت ساختگاه امکانپذیر است.

میزان پایداری مورد نیاز در شیب های سنگی بر حسب نوع پروژه و نتیجه ناپایداری متفاوت است.

طراحی شیب های سنگی درمعادن روباز

ارتفاع دیواره، شرایط زمین شناسی، مقاومت سنگ، وضعیت آبهای زیرزمینی و شرایط آتشباری در معدن از جمله عوامل تاثیرگذار در پایداری شیب و دیواره های معدن محسوب می شوند.

طراحی شیب های سنگی درمعادن روباز

با در نظر گرفتن داده های زمین شناسی، اطلاعات ژئومکانیکی، مشاهده وضعیت آب زیرزمینی و قضاوت صحیح مهندسی می توان راه حلی علمی برای این مساله ارایه داد.

واژه شناسی

- Slope (شیب)
  - هر سطحی که نسبت به سطح افق، سطحی شیبدار باشد، شیب را به صور زیر تشریح می کنند.

- Ratio
  - مثل1.5:1 یعنی افزایش یک و نیم واحد ارتفاع در طول یک واحد افقی

- Decimal Fraction
  - مثل 1.5

واژه شناسی

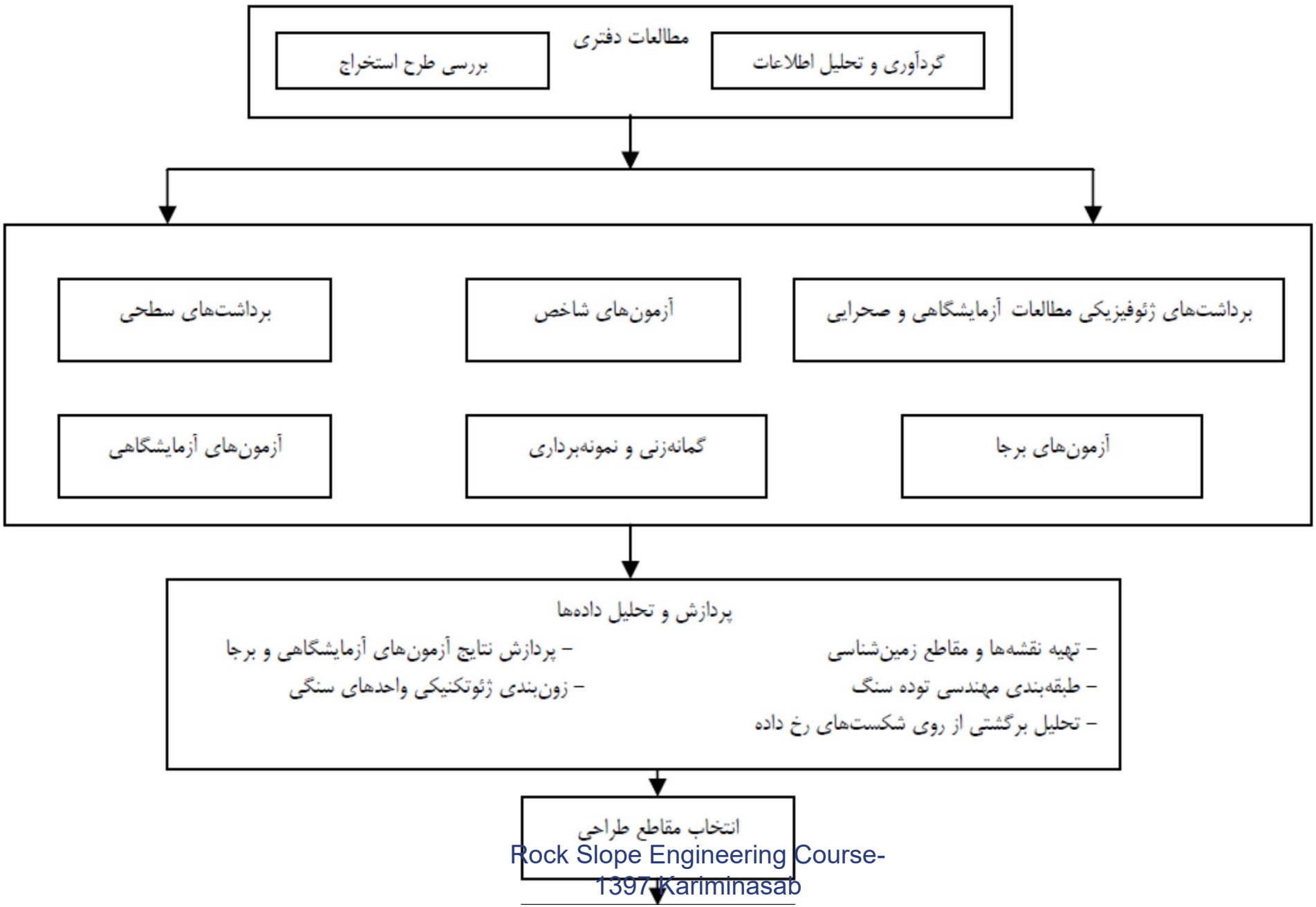
- **درصد**
  - مثل 150%
- **درجه نسبت به افق**
  - مثل 56.31 درجه

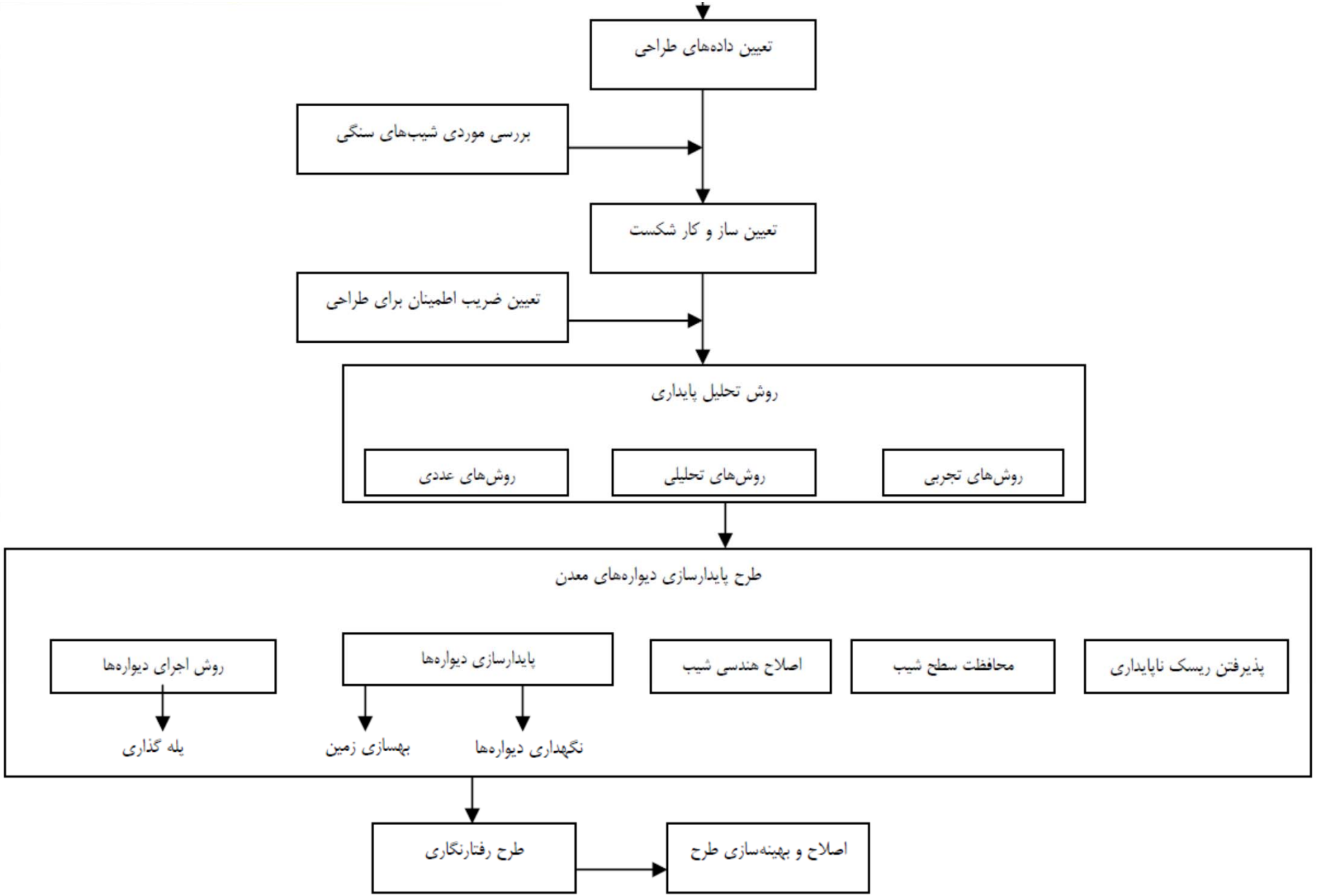
واژه شناسی

- Stability (**پایداری**)
  - **مقاومت سازه در برابر گسیختگی ناشی از لغزش و یا ریزش تحت شرایط عادی که سازه بر اساس آن طرح شده است.**
- Slope stability (**پایداری شیب**)
  - **مقاومت هر سطح شیبدار در برابر گسیختگی ناشی از لغزش یا ریزش.**

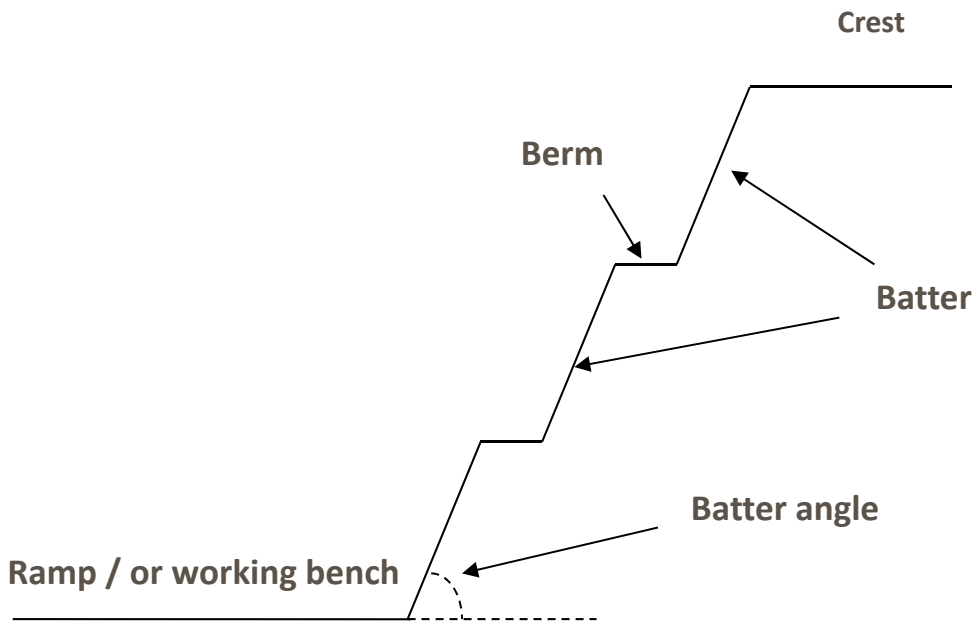


- Bench Angle
- Overall Slope Angle
- Inter-ramp Slope
- Berm
- Bench
- Batter
- Batter Angle
- Crest
- Toe
- Working Bench
- Ramp
- Face

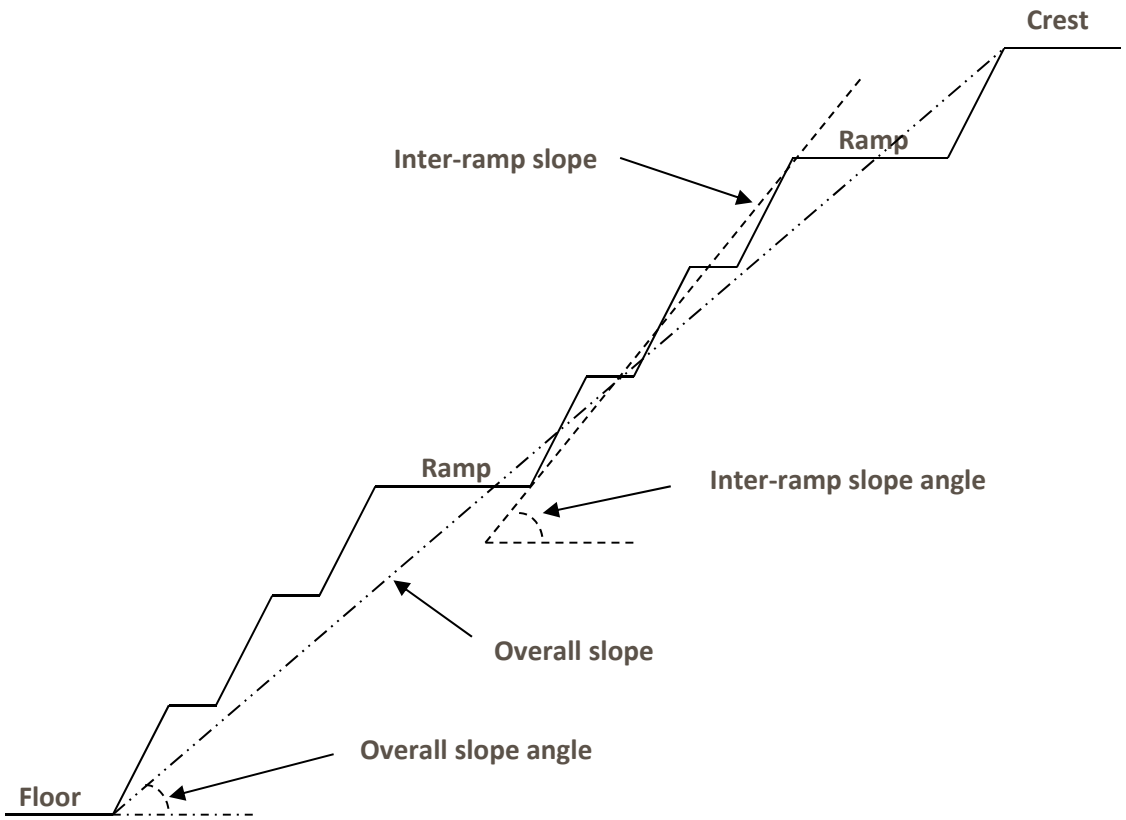

مطالعات دفتری
گردآوری و تحلیل اطلاعات
بررسی طرح استخراج
برداشت‌های ژئوفیزیکی مطالعات آزمایشگاهی و صحرایی
آزمون‌های شاخص
برداشت‌های سطحی
آزمون‌های برجا
گمانه‌زنی و نمونه‌برداری
آزمون‌های آزمایشگاهی
پردازش و تحلیل داده‌ها
– تهیه نقشه‌ها و مقاطع زمین‌شناسی
– طبقه‌بندی مهندسی توده سنگ
– تحلیل برگشتی از روی شکست‌های رخ داده
– پردازش نتایج آزمون‌های آزمایشگاهی و برجا
– زون‌بندی ژئوتکنیکی واحدهای سنگی
انتخاب مقاطع طراحی

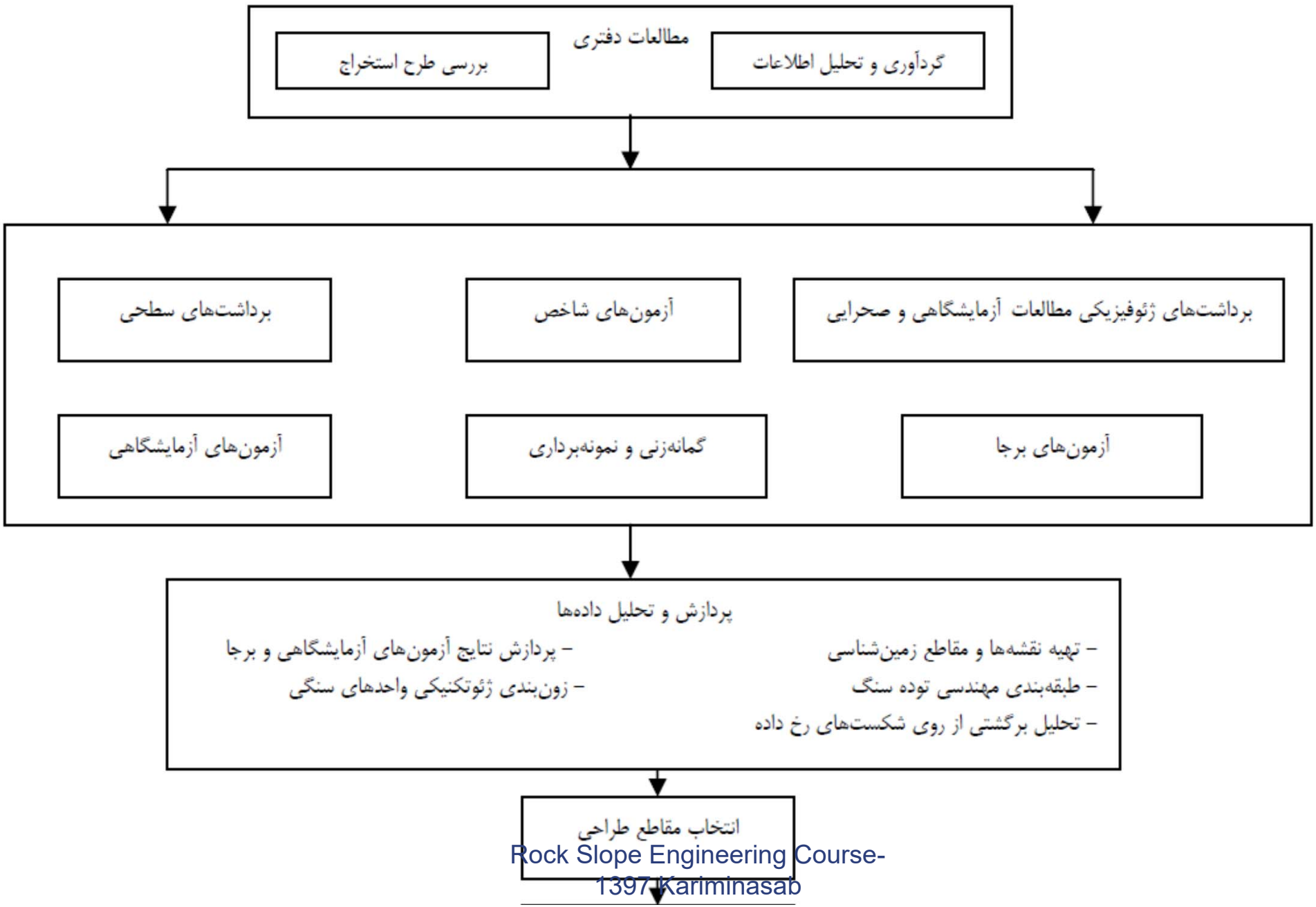

تعیین داده‌های طراحی
بررسی موردی شیب‌های سنگی
تعیین ساز و کار شکست
تعیین ضریب اطمینان برای طراحی
روش تحلیل پایداری
روش‌های عددی
روش‌های تحلیلی
روش‌های تجربی
طرح پایدارسازی دیواره‌های معدن
روش اجرای دیواره‌ها
پایدارسازی دیواره‌ها
اصلاح هندسی شیب
محافظت سطح شیب
پذیرفتن ریسک ناپایداری
یله گذاری
بهسازی زمین
نگهداری دیواره‌ها
طرح رفتارنگاری
اصلاح و بهینه‌سازی طرح

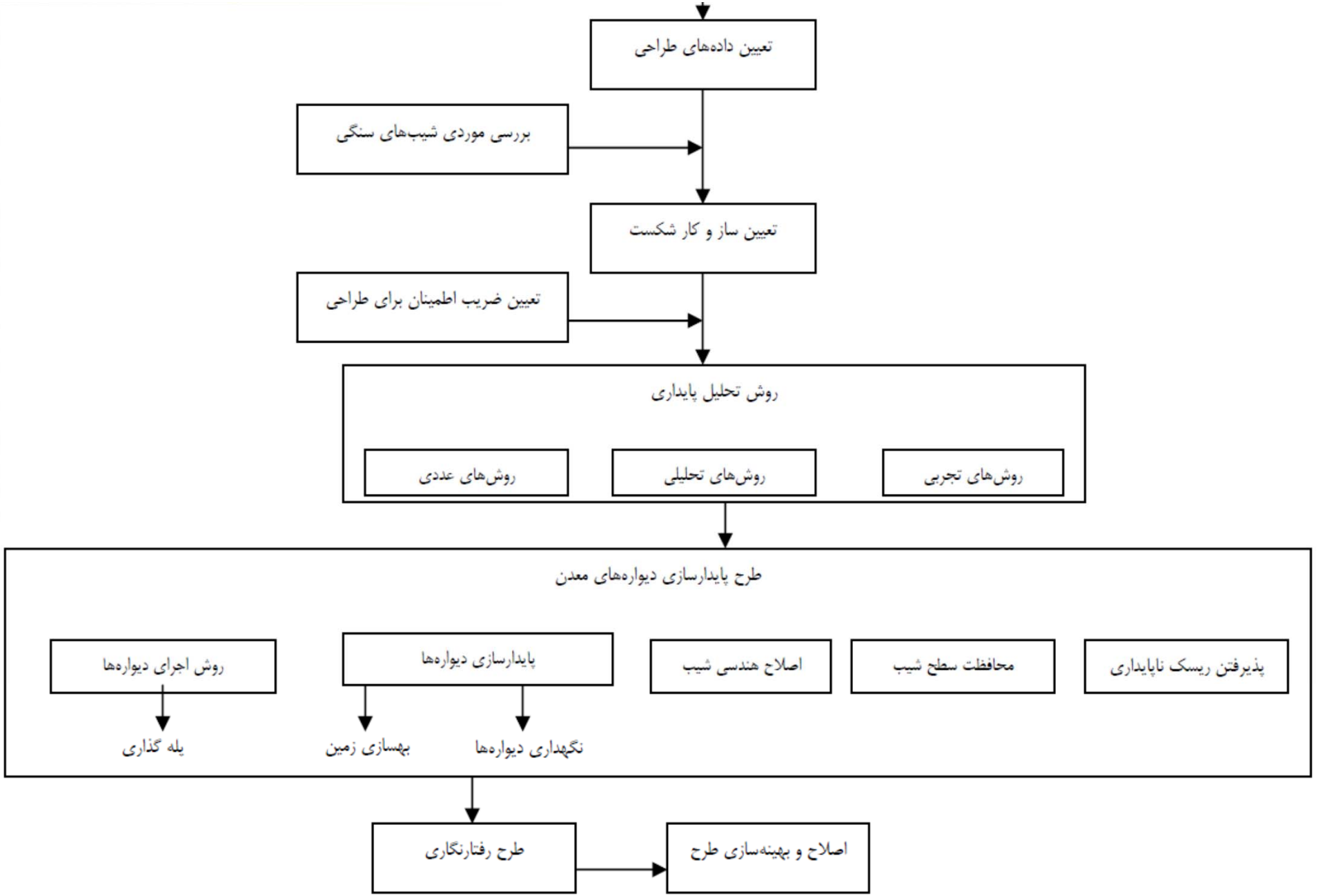
(a) Batter details



(b) Inter-ramp and overall slope details




مطالعات دفتری
گردآوری و تحلیل اطلاعات
بررسی طرح استخراج
برداشت‌های ژئوفیزیکی مطالعات آزمایشگاهی و صحرایی
آزمون‌های شاخص
برداشت‌های سطحی
آزمون‌های برجا
گمانه‌زنی و نمونه‌برداری
آزمون‌های آزمایشگاهی
پردازش و تحلیل داده‌ها
– تهیه نقشه‌ها و مقاطع زمین‌شناسی
– طبقه‌بندی مهندسی توده سنگ
– تحلیل برگشتی از روی شکست‌های رخ داده
– پردازش نتایج آزمون‌های آزمایشگاهی و برجا
– زون‌بندی ژئوتکنیکی واحدهای سنگی
انتخاب مقاطع طراحی


تعیین داده‌های طراحی
بررسی موردی شیب‌های سنگی
تعیین ساز و کار شکست
تعیین ضریب اطمینان برای طراحی
روش تحلیل پایداری
روش‌های عددی
روش‌های تحلیلی
روش‌های تجربی
طرح پایدارسازی دیواره‌های معدن
روش اجرای دیواره‌ها
پایدارسازی دیواره‌ها
اصلاح هندسی شیب
محافظت سطح شیب
پذیرفتن ریسک ناپایداری
یله گذاری
بهسازی زمین
نگهداری دیواره‌ها
طرح رفتارنگاری
اصلاح و بهینه‌سازی طرح



رابطه ای بنویسید که از مقدار Bench Angle بتوان به محاسبه مقدار Overall Slope Angle پرداخت.

تاثیر زاویه شیب بر طراحی و اقتصاد و معادن روباز:

- – حداقل باطله برداری با حداکثر شیب نهائی، ممکن
- – حداکثر شیب نهائی، افزایش ریسک گسیختگی شیب را بدنبال دارد.
- – در طراحی معدن باید بین مسائل اقتصادی و پایداری شیب بهینه سازی شود.
- – شیب نهائی پله ها مهمترین عامل در اقتصاد عملیات معدنکاری است.

عوامل کنترل پایداری پله های منفرد

- شرایط محلی زمین شناسی
- شکل شیب نهائی معدن در آن پله
- شرایط آب زیرزمینی در محدوده پله
- روش استخراج
- بعلت آنکه عوامل فوق در شرایط معدنکاری های مختلف متفاوتند نمی توان یک قاعده کلی برای هر پله داد.

نقش پایداری شیب در مراحل مختلف معادن روباز:

■ در طراحی :

الف– از نظر اقتصادی:

– کاهش نسبت W/O

– کاهش زمان برگشت سرمایه

–افزایش ذخیره قابل استخراج

ب– از نظر ایمنی :

– کنترل بهتر دیواره ها

– کنترل بهتر آبهای سطحی و زیزمینی

– شرایط معدنکاری بهتر

- **در مرحله استخراج :**

از نظر اقتصادی:

- **امکان انفجار مناسب**
- **کاهش هزینه های حفاری و انفجار**

از نظر ایمنی :

– امکان وجود پله های ایمنی

پیش بینی شکست :

از نظر اقتصادی:

– کاهش ضایعات معدنی ناشی از شکست

– کاهش خسارات مالی و جانی

از نظر ایمنی:

– امکان ادامه عملیات با حداقل احتمال حادثه

Natural slope (شیبهای طبیعی)

- – این نوع شیبها در خاک و سنگ مورد توجه مهندسین عمران، معدن، زمین شناسی مهندسی، ژئومورفولوژیستها و محیط زیست است.

- – تحت اثر نیروی ثقل ، تنش های تکتونیکی، ارتعاشات لرزه ای و ... لغزیده می شوند.

عوامل ناپایداری شیبهای طبیعی

- شیبهای طبیعی که در طی سالیان زیاد پایدار بوده اند ممکن است تحت تاثیر یک یا چند عامل از عوامل زیر ناپایدار شوند:

عوامل ناپایداری شیبهای طبیعی

- شیبهای طبیعی که در طی سالیان زیاد پایدار بوده اند ممکن است تحت تاثیر یک یا چند عامل از عوامل زیر ناپایدار شوند:

- Filling **(پر کردن)** **و یا** Cutting **(بریدن) قسمتهایی از شیب یا نواحی مجاور آن و اخلال در تعادل بین نیروهای ناپایدارکننده و نیروهای نگهدارنده**

- **– ارتعاشات لرزه ای ناشی از زلزله و یا انفجارات**

- **– افزایش فشار آب منفذی** Pore Water Pressure **بعلل مختلفی چون ذوب یخ و برف، پر کردن دره ها، اخلال در شبکه زهکشی، شهرسازی، ایجاد مخازن آب و ...**

- **– افزایش فشار آب منفذی نسبت به حالت تعادل اولیه، مدتها پس از عملیات برش شیب مثلاً در محیط هائی با نفوذپذیری کم**

- **– کاهش مستمر مقاومت برش مواد متشکله شیب معمولاً این نوع اختلالات در طول ناپیوستگیهای مهم، سطوح لغزش قدیمی، نواحی تکتونیزه شده**

- **تغییر مستمر در تنش های درون شیب، هر تشکیلاتی از زمین شناسی که در نظر گرفته شود دارای یک** Initial Stress **(تنش اولیه) که به پیشینه تاریخی آن برمی گردد. که با آزمایشات برجا بعضاً قابل تشخیص است.**

- **– هر عملی که باعث تغییر مقدار این تنش و یا تغییر در امتداد عملکرد آن ایجاد شود، می تواند عاملی برای لغزش باشد.**

Weathering (هوازدگی)

- – نه تنها هوازدگی در گذشته می بایستی مورد توجه قرار گیرد بلکه هوازدگی در ادامه حیات شیب نیز مهم است.

- – هوازدگی کاهش مقاومت برشی را بدنبال دارد مثل هوازدگی در شیل ها

عوامل مهم وابسته به زمان که باعث لغزش در سنگها می شوند

- – وجود سیستم های مختلف درزه معروف به Valley joints در توده سنگ، آزاد شدن تنش ها در اثر باربرداری در درون دره این گونه درزه ها را فعال می کند.

- – وجود آب در درزه های باز شده در توده سنگ
- – افزایش فشار آب در اثر مثلاً افزایش بارندگی و گسترش درزه ها به درون سنگ بکر

مطالعات پایه در تحلیل پایداری شیبهای سنگی

برداشت ها

۱– برداشت های سطحی

برداشت های سطحی

به منظور انجام برداشتهای سطحی باید با بررسی نقشه های توپوگرافی و زمین شناسی منطقه، عکسهای هوایی و ماهوارهای، گزارشهای موجود اطلاعاتی را در مورد منطقه مورد نظر به دست آورد.

در ادامه با انجام بازدیدهای صحرایی، نمونه برداری وبرداشت های صحرایی از ناپیوستگیها و نظایر آن، باید اطلاعات به دست آمده از نقشه ها را تکمیل کرد.

مطالعه نا پیوستگی ها
در
توده سنگ

دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده فنی

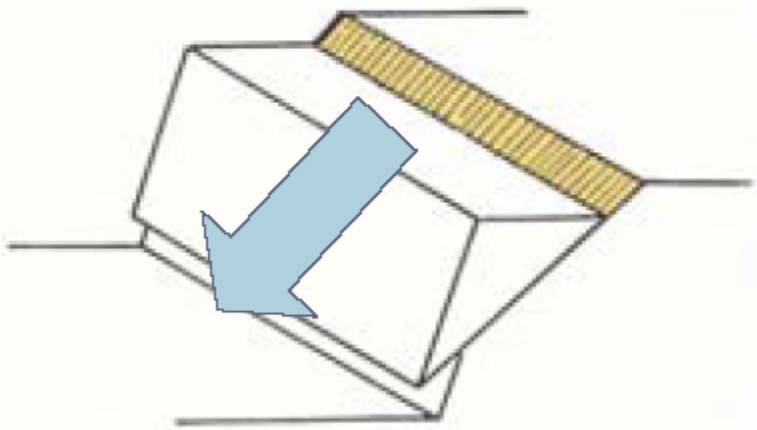
Bedding

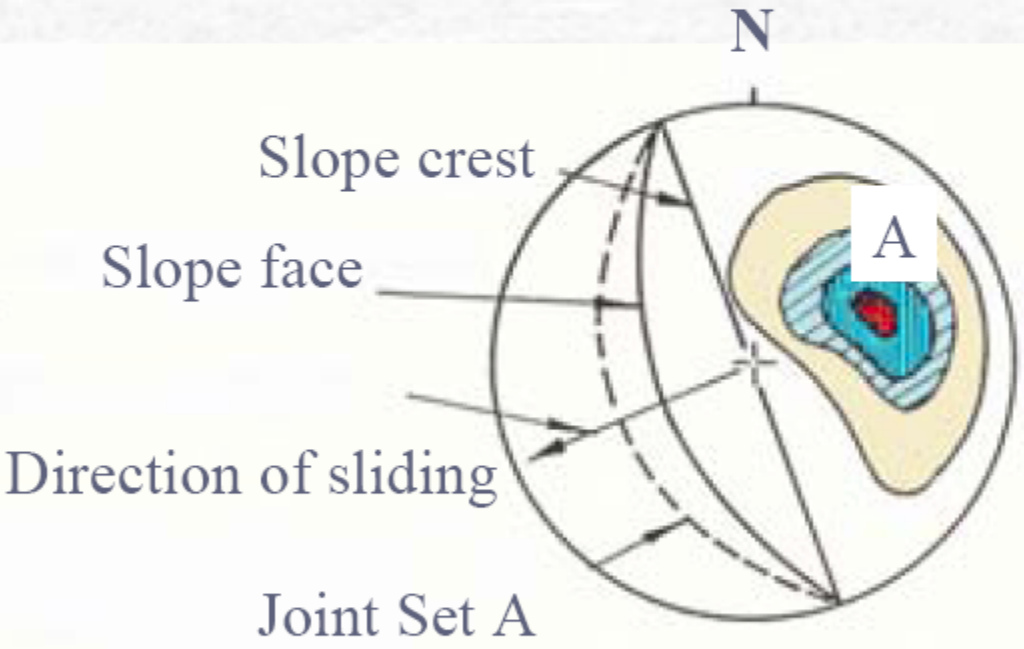


Discontinuity

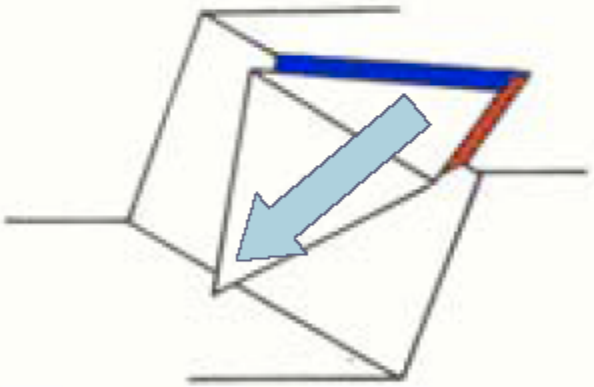


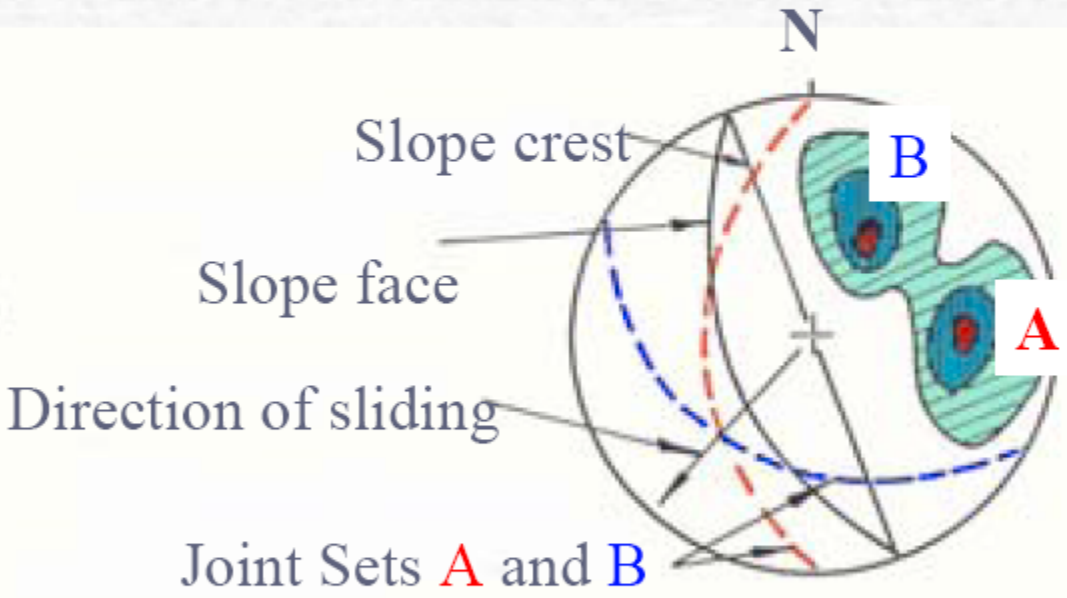
PLANAR



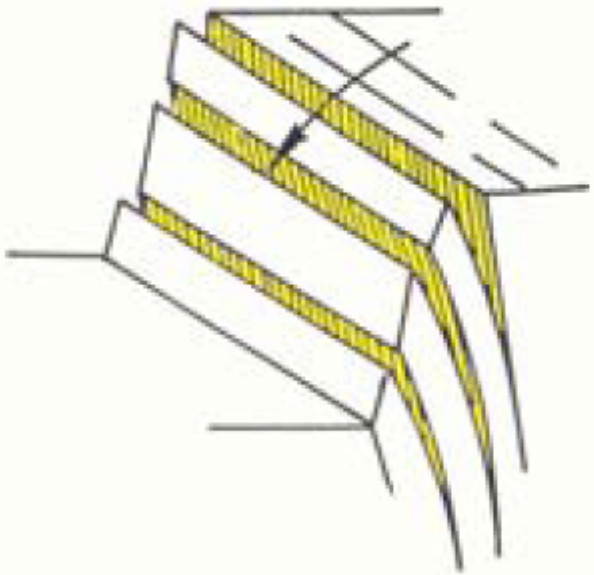


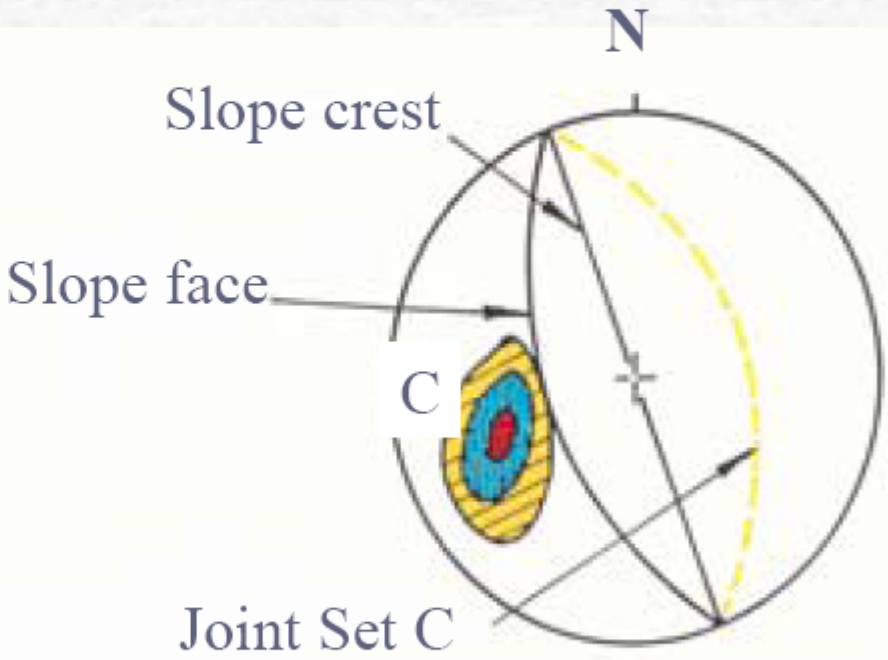
WEDGE



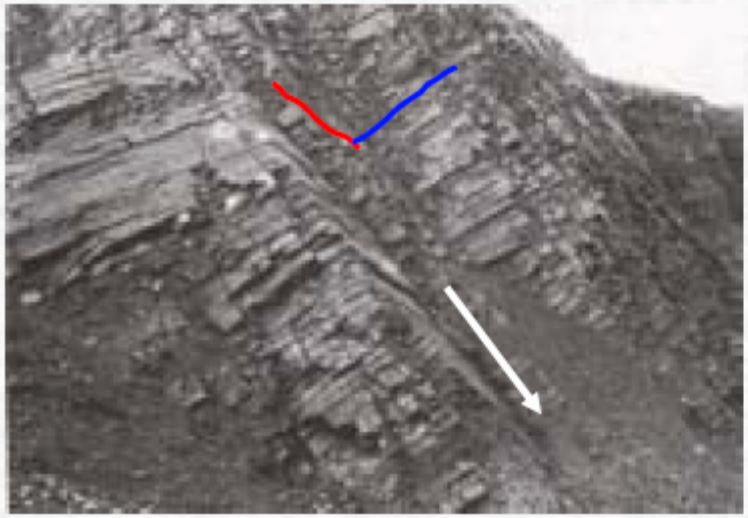

N
Slope crest
B
Slope face
A
Direction of sliding
Joint Sets A and B

TOPPLING

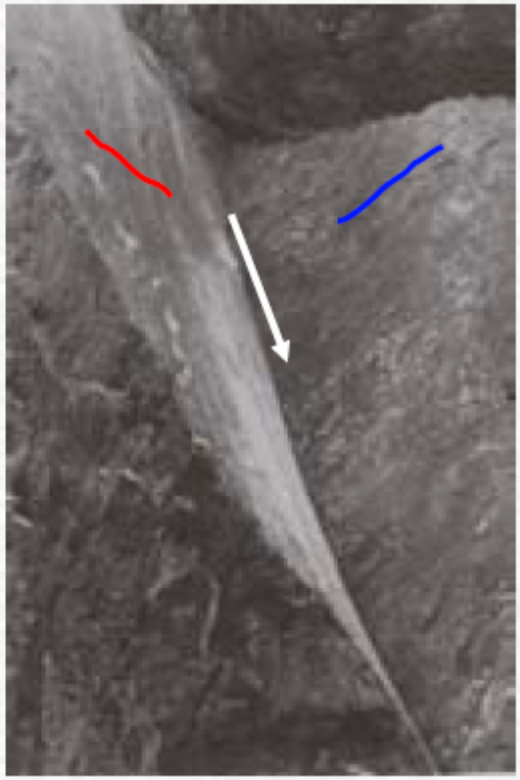




DISCONTINUITY SPACING AND VOLUME

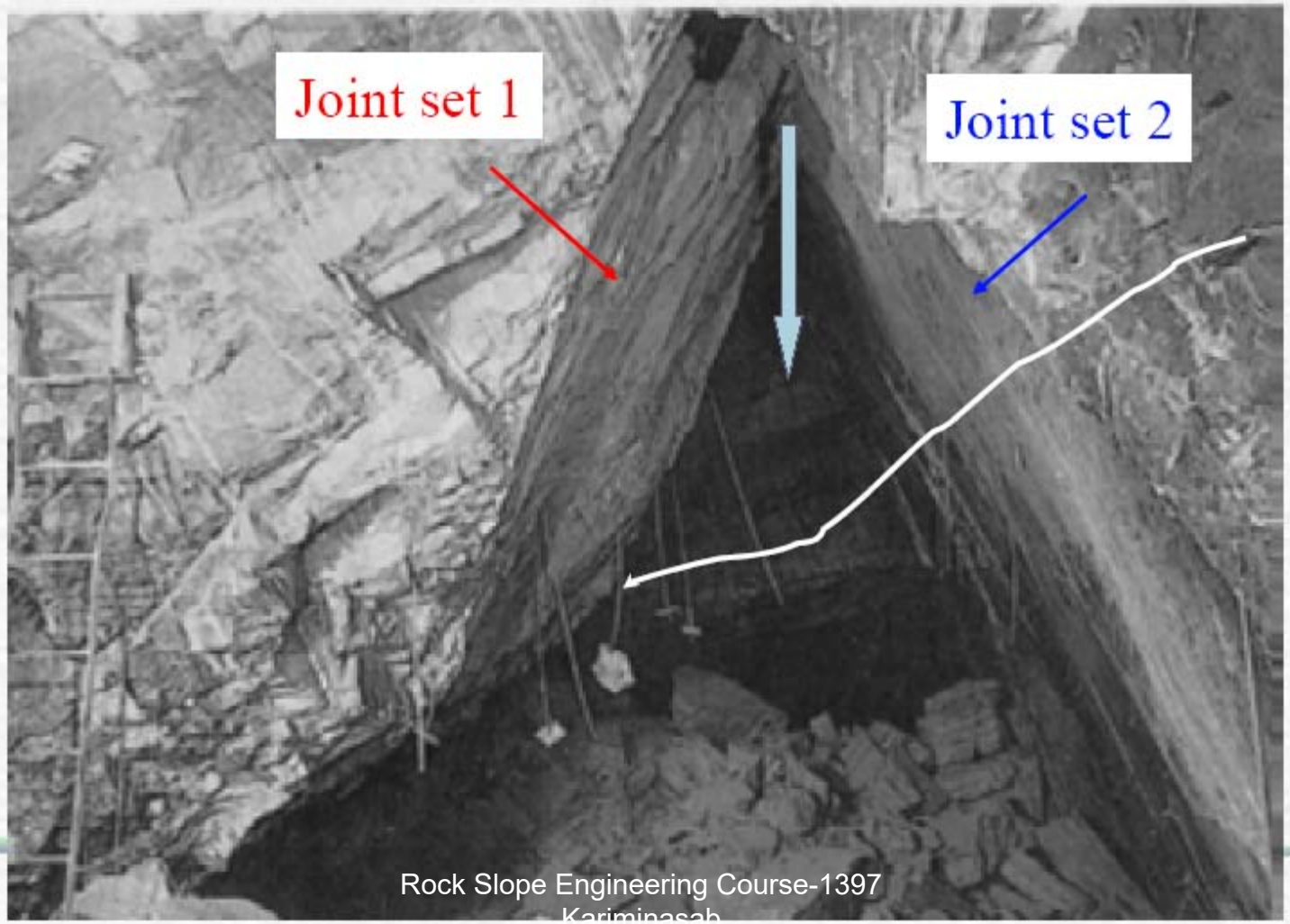


Closely spaced jointing - ravelling



Widely spaced jointing – large wedge

ROOF WEDGE FAILURE



Bolts !

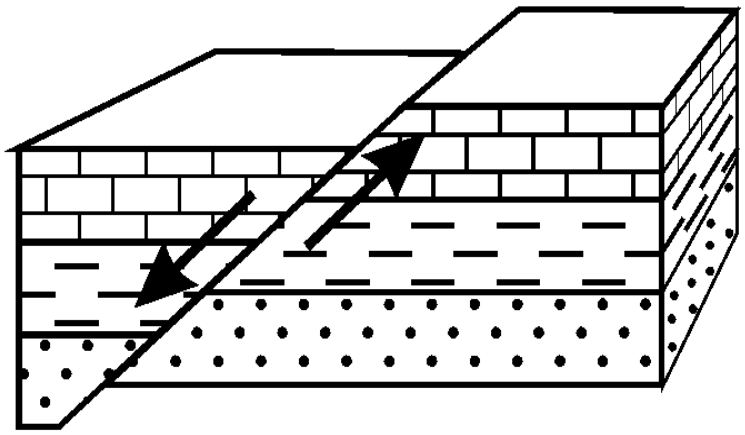
INFLUENCE OF JOINTING

Void migration

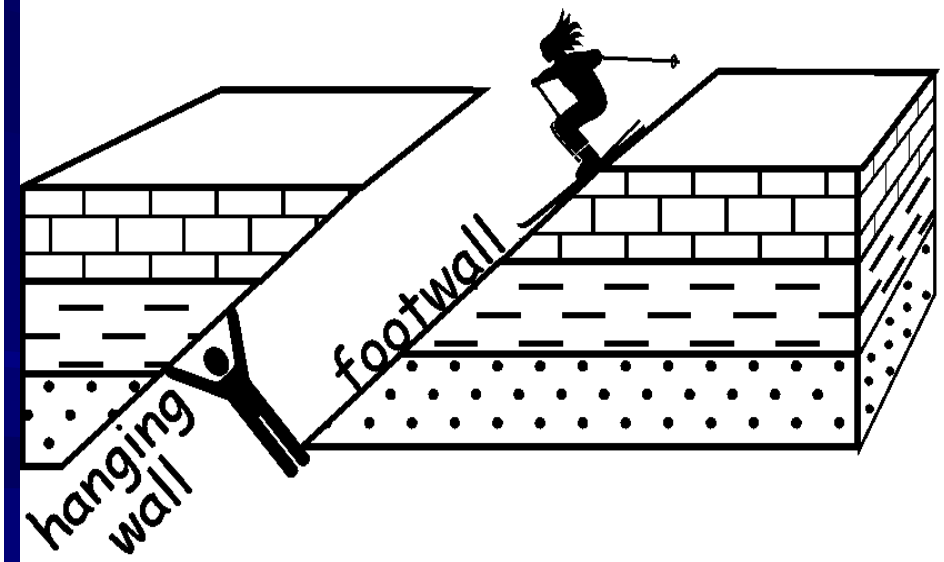
Toppling



Normal Fault

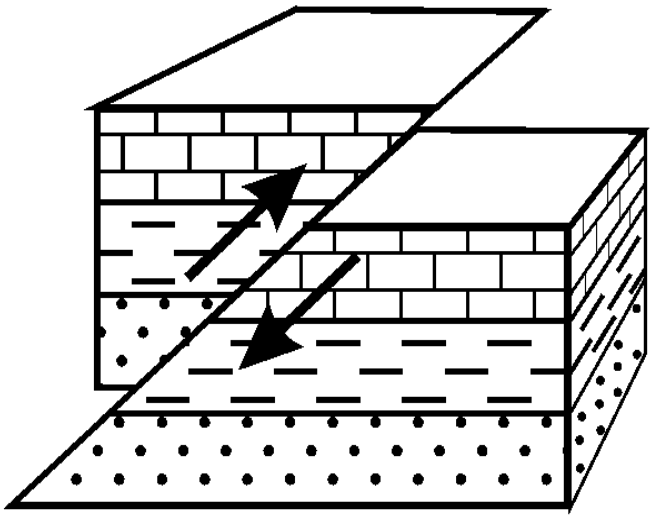


← Tension →

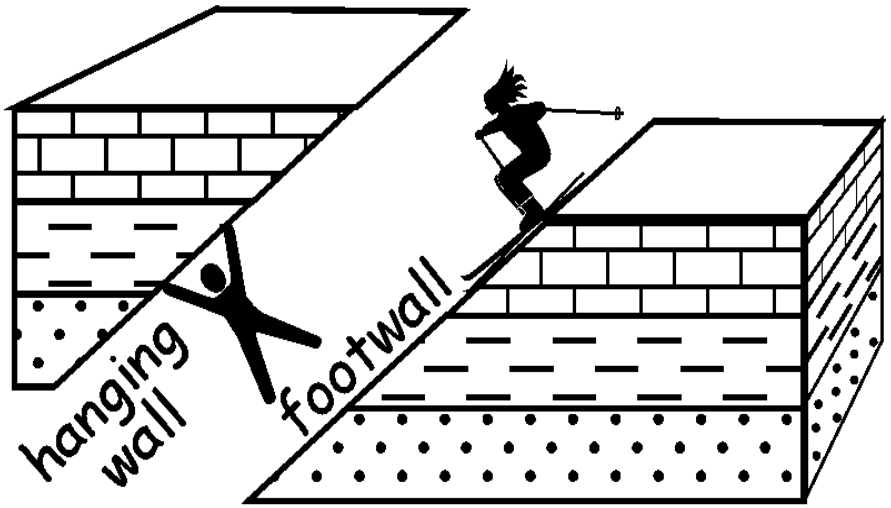


hanging wall moved down

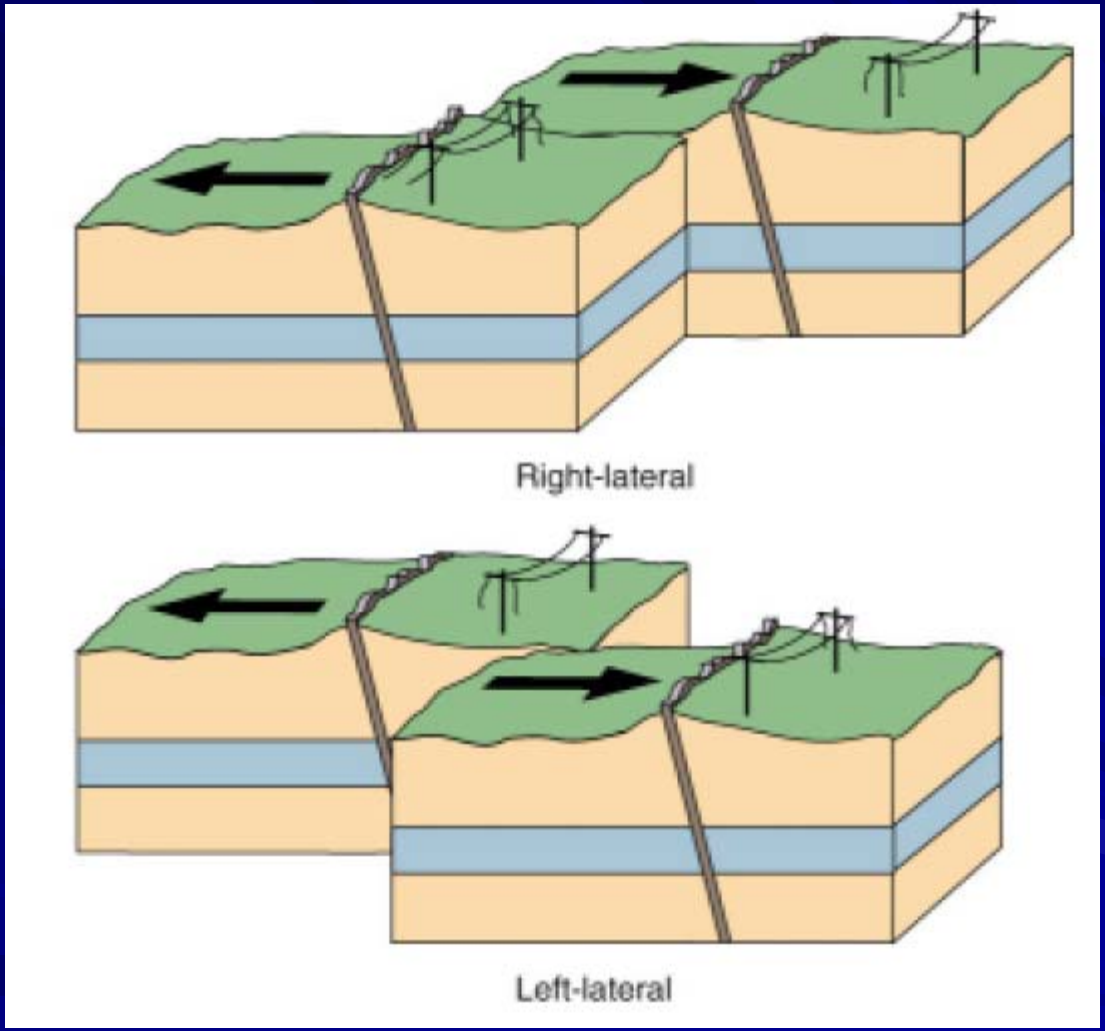
Reverse Fault



→ Compression ←



hanging wall moved up


Right-lateral
Left-lateral

Take Home??!!

- What is the Listric Faults?

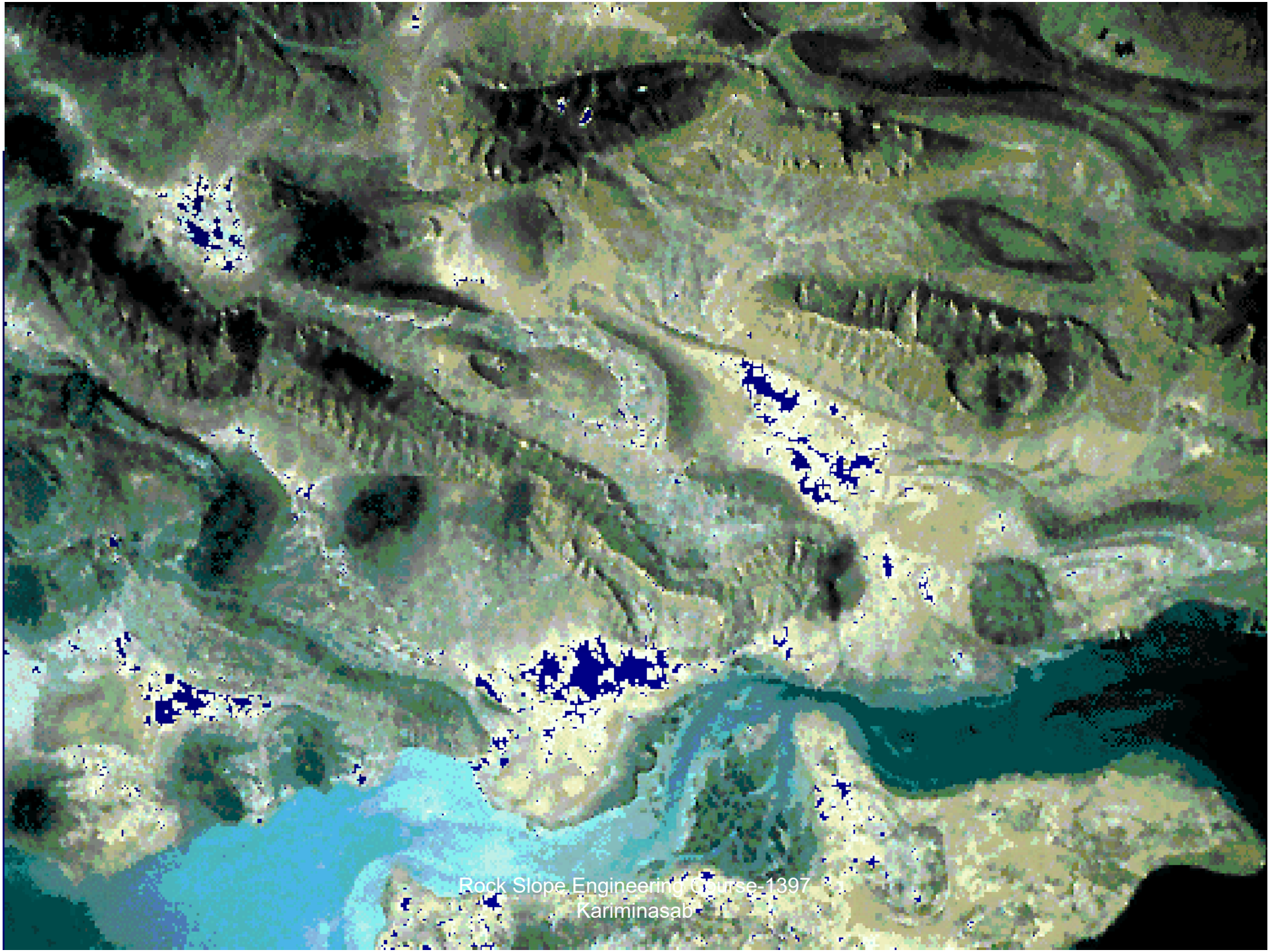

Rock Slope Engineering Course-1397
Kariminasab

مراحل بررسی سیستم های ناپیوستگی

مرحله اول، بررسی های کلی :

- عکسهای هوایی وماهواره ای
- نقشه های زمین شناسی ناحیه ای
- نقشه های زمین شناسی


Rock Slope Engineering Course-1397
Kariminasab


Rock Slope Engineering Course 1397
Kariminasab

Iran, Zagros



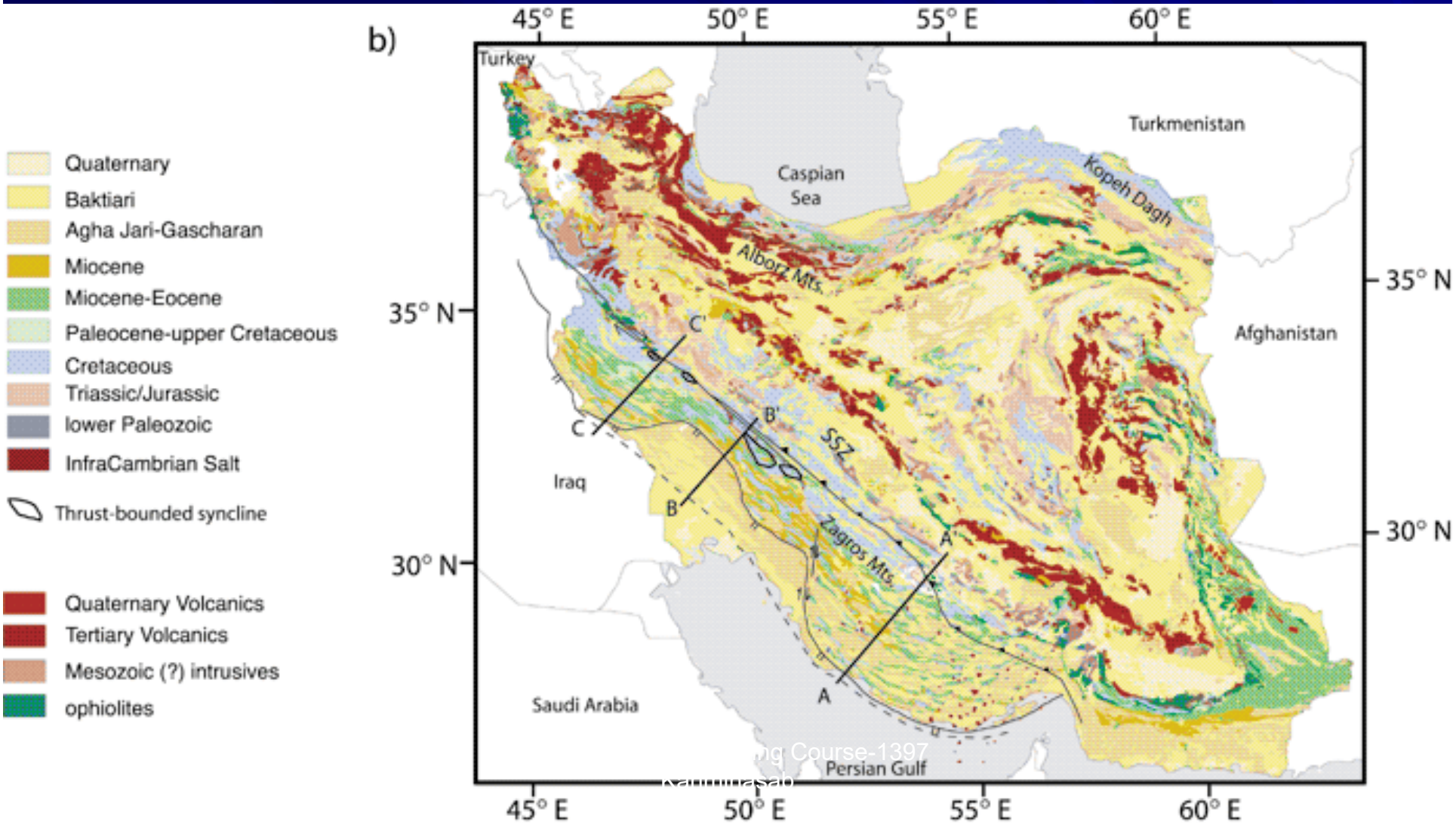
Zagros

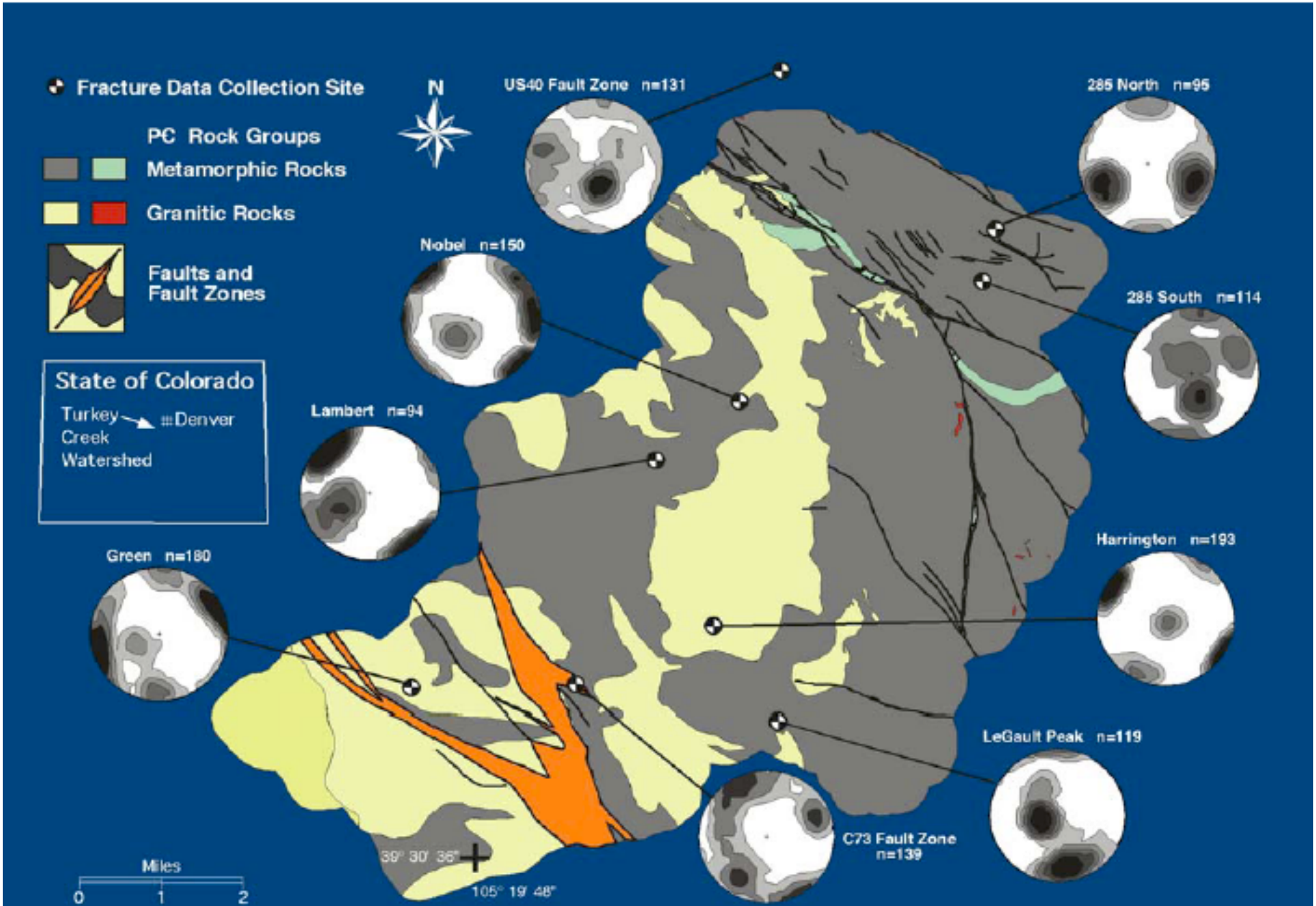


Zambiajoints



Geological Map




Fracture Data Collection Site
N
PC Rock Groups
Metamorphic Rocks
Granitic Rocks
Faults and Fault Zones
State of Colorado
Turkey Creek Watershed
Denver
US40 Fault Zone n=131
285 North n=95
Nobel n=150
285 South n=114
Lambert n=94
Green n=180
Harrington n=193
LeGault Peak n=119
C73 Fault Zone n=139
39° 30' 36"
105° 19' 48"
Miles
0
1
2

مرحله دوم، بررسی های جزیی :

- رخنمون ها و برونزد ها

Outcrop



مرحله دوم، بررسی های جزیی :

- ترانشه ها

Trench



Trench



Trench



مرحله دوم، بررسی های جزیی :

- تونل ها

Tunnel



Tunnel



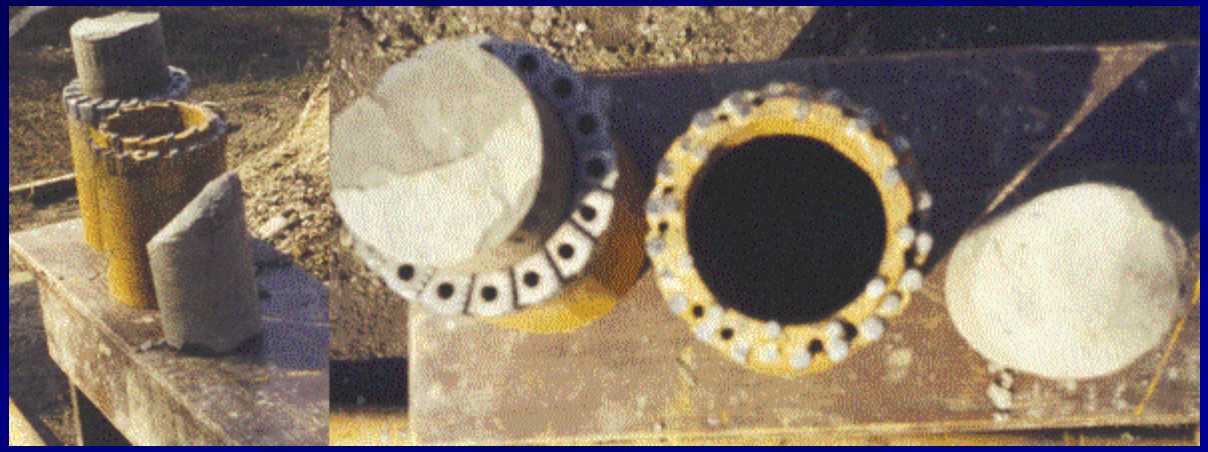
مرحله دوم، بررسی های جزیی :

- گمانه ها

Drilling Machine



Core Drilling



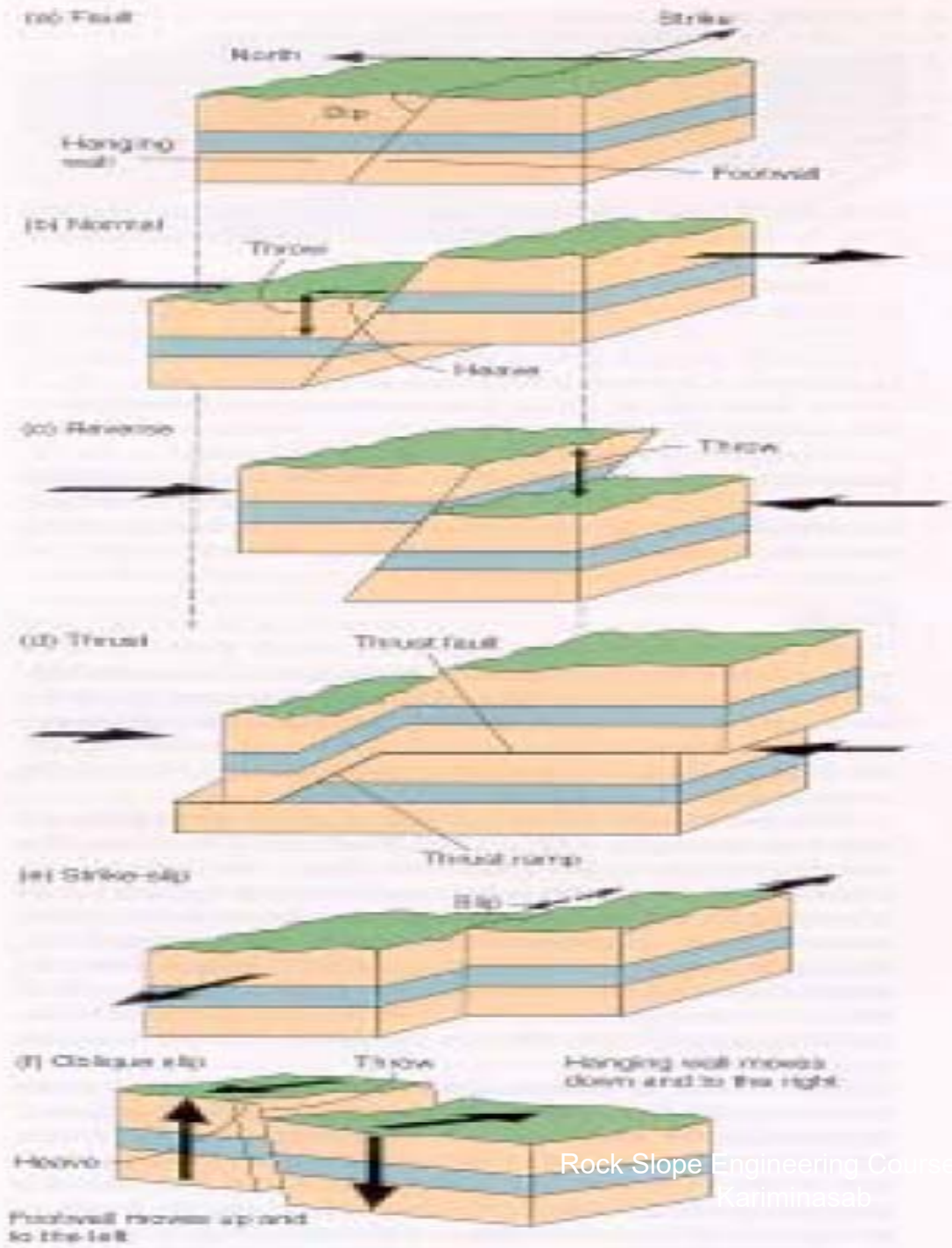




Soft Formation Core Bits
Pilot Profile Face Discharge

???

ROCK CORE ORIENTATION FOR MAPPING DISCONTINUITIES AND SLOPE STABILITY ANALYSIS


North
Strike
Dip
Hanging wall
Footwall
Throw
Heave
Thrust
Thrust fault
Thrust ramp
Slip
Throw
Heave
Hanging wall moves down and to the right









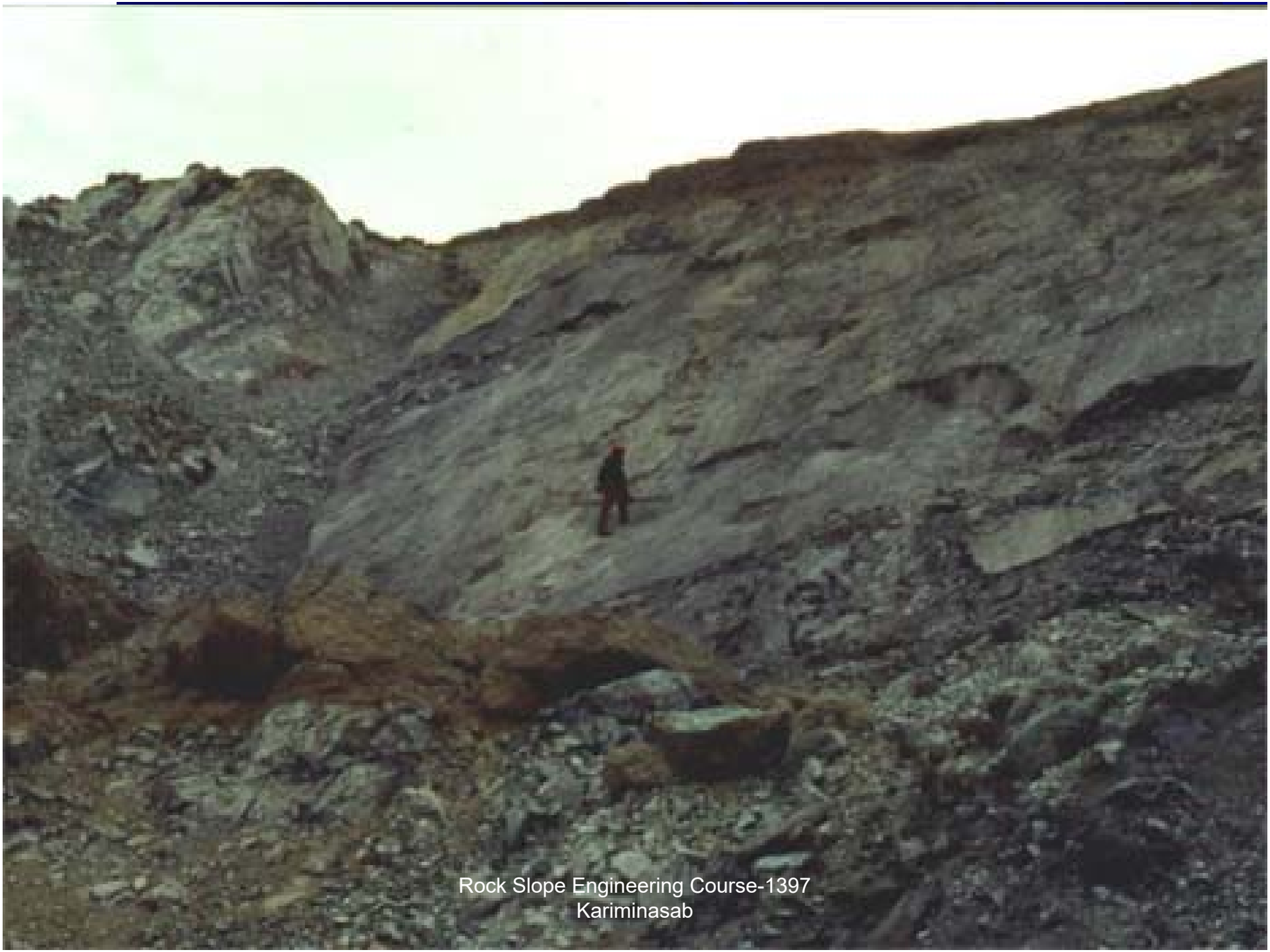
Discontinuity Type	Geologic Origin
Micro fractures (applies to all rock types; occurs at hand-specimen scale)	1) Stresses related to lithification 2) Volumetric change-induced stresses from diagenesis of sedimentary and some air-fall volcanic rocks 3) Hydrothermal alteration at crystal grain boundaries; Commonly corrosion by cation exchange
Bedding Plane (sedimentary and some layered volcanic rocks)	1) Separation of individual depositional laminae or sedimentary layers 2) Not always open and therefore not always representing discontinuities 3) Most common in the fine-grained sedimentary rocks, marine or terrestrial

Foliation Plane (metamorphic term)	**1) Occur, by definition, in metamorphic rocks, and metasedimentary and metavolcanic rocks** **2) Common features of the fine-grained metamorphic and semi-metamorphosed rocks such as (in order of increasing grain size) phyllites and schists; rarely occur in gneisses and essentially never in granulites or migmatites**
Joint (applies to all rock types)	**1) In igneous, high grade metamorphic rock, and volcanic rock, as the primary result of post-depositional cooling and contraction, as influenced by regional tectonic stress field** **2) In sedimentary and volcanic rock more often due to imposition of regional tectonic stress field** **3) All manner of weaker rocks are influenced to a relatively minor degree by the rise and passage of earth tides** **4) When formed or influenced by tectonic stress fields, then mainly as the result of rock failure in compression at the ultimate yield point, but without detectable shear displacement**

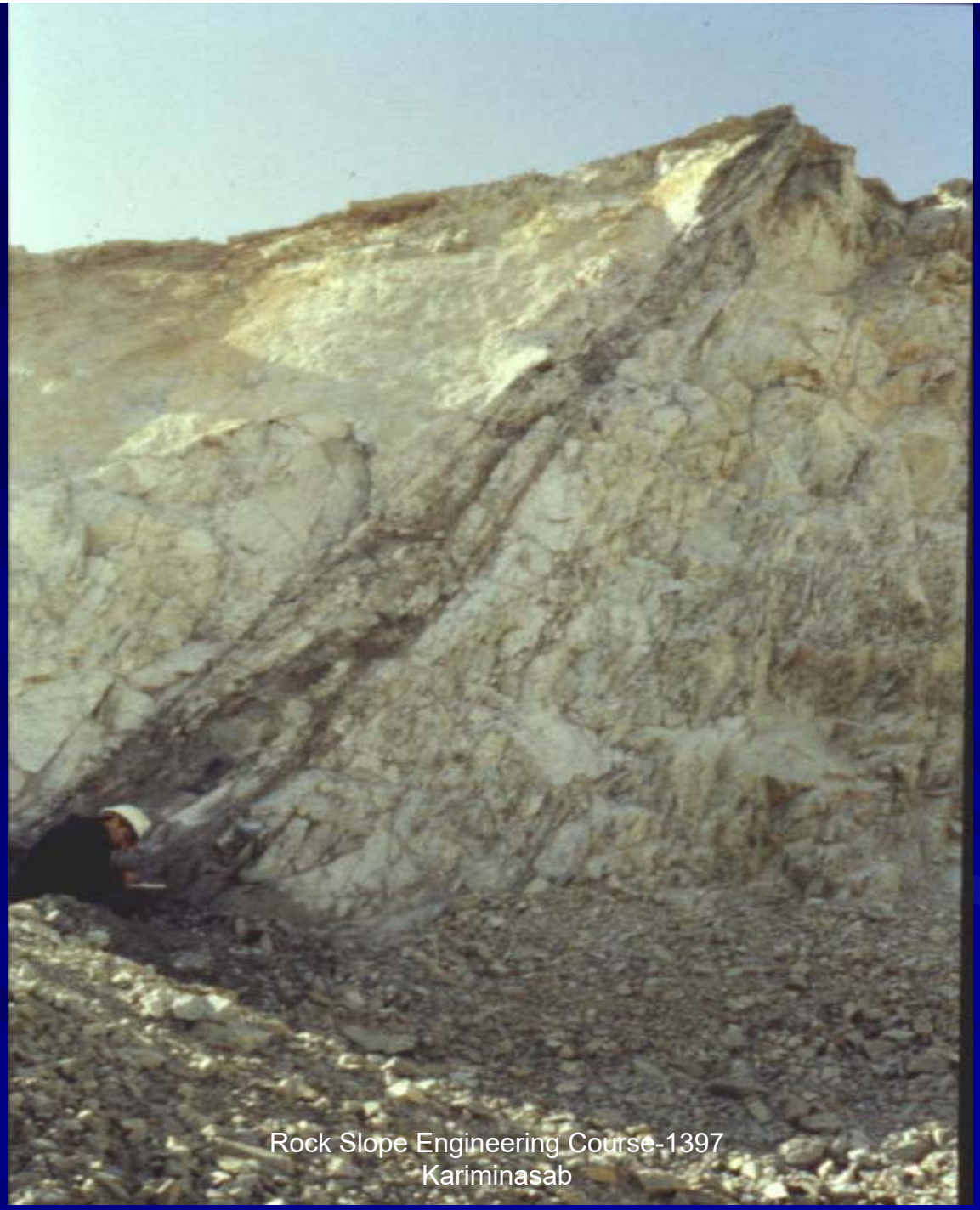
Shear Plane (occur in all rock types)	**1) Essentially only a joint along which the rock mass strength and overall geometric configuration has allowed more than 15 cm of displacement**
Shear Zone (occur in all rock types)	**1) A shear plane over which the two opposing surfaces have been opened to provide what is known as aperture and into which rock fragments have been formed in brecciation or in which mineralization has formed in crystallization** **2) When the shear plane has been filled with material as strong or stronger than the host rock, then the zone technically is no longer a discontinuity and has no special engineering significance short of any associated difficulty in excavation**

Shear Zone (occur in all rock types)	**1) A shear plane over which the two opposing surfaces have been opened to provide what is known as aperture and into which rock fragments have been formed in brecciation or in which mineralization has formed in crystallization** **2) When the shear plane has been filled with material as strong or stronger than the host rock, then the zone technically is no longer a discontinuity and has no special engineering significance short of any associated difficulty in excavation**
Fault	**1) A shear plane along which demonstrable displacement has occurred to an excess of about one meter. It is best to keep in mind that faults are the shearing displacement component of failure in compression. Reactivated displacement comes in pure shear**

Fault Zone (occur in all rock types)	**1) Generally the result of repeated displacement, often activated by a later change in the causative stress field**
Dikes and Sills (in relatively few instances)	**1) To classify as a discontinuity, must be geochemically degraded throughout (altered) or have suffered alteration along its contacts with country rock** **2) Dikes are nearly always found invading along major pre-existing discontinuities such as shear planes and faults, or their breccia zones** **3) Some intrusive rock geochemistry may have major deleterious, long term effects on host rocks if such are volcanoclastic in nature, especially when rich in volcanic glass shards**


Rock Slope Engineering Course-1397
Kariminasab





Rock Slope Engineering Course-1397
Kariminasab




Rock Slope Engineering Course-1397
Kariminasab


Rock Slope Engineering Course-1397
Kariminasab


Rock Slope Engineering Course-1397
Kariminasab

روش بررسی ناپیوستگی ها بصورت جزیی

انواع روشها:

- خطی (خط بررسی)
- سطحی (سطح بررسی)
- حجمی (سه بعدی)
- UAV(Unmanned Aerial Vehicle)

Itasca Uses Autonomous UAV for Structural Mapping



News Categories

Conferences

FLAC /DEM Symposium

Software

News Archives

September 2017

July 2017

May 2017

April 2017

March 2017

دقت
هزینه
زمان

مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center

Drone, UAV (Unmanned Aerial Vehicle)

- پهپادها یا روبات های پرنده بدون سرنشین هستند که به صورت از پیش برنامه ریزی شده بر فراز مناطق مورد نظر پرواز می کنند.
- این پرنده های سبک وزن، حاوی سنسورها و دوربین های ویژه ای هستند که اطلاعات خام را برای مرحله پردازش جمع آوری می کنند.

مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
دانشگاه شهید باهنر کرمان

انواع UAV از نظر نوع عملکرد

- پهپادهائی که ظاهری شبیه به هواپیما دارند و غیر عمود پرواز هستند.





مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
دانشگاه شهید باهنر کرمان



مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center

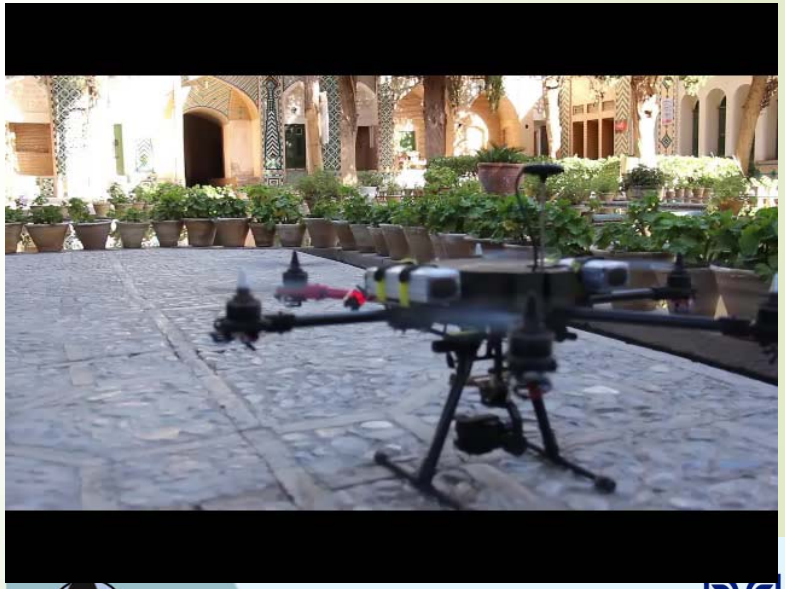




انواع UAV از نظر نوع عملکرد

- پهپاد عمود پرواز (Multi Rotor)



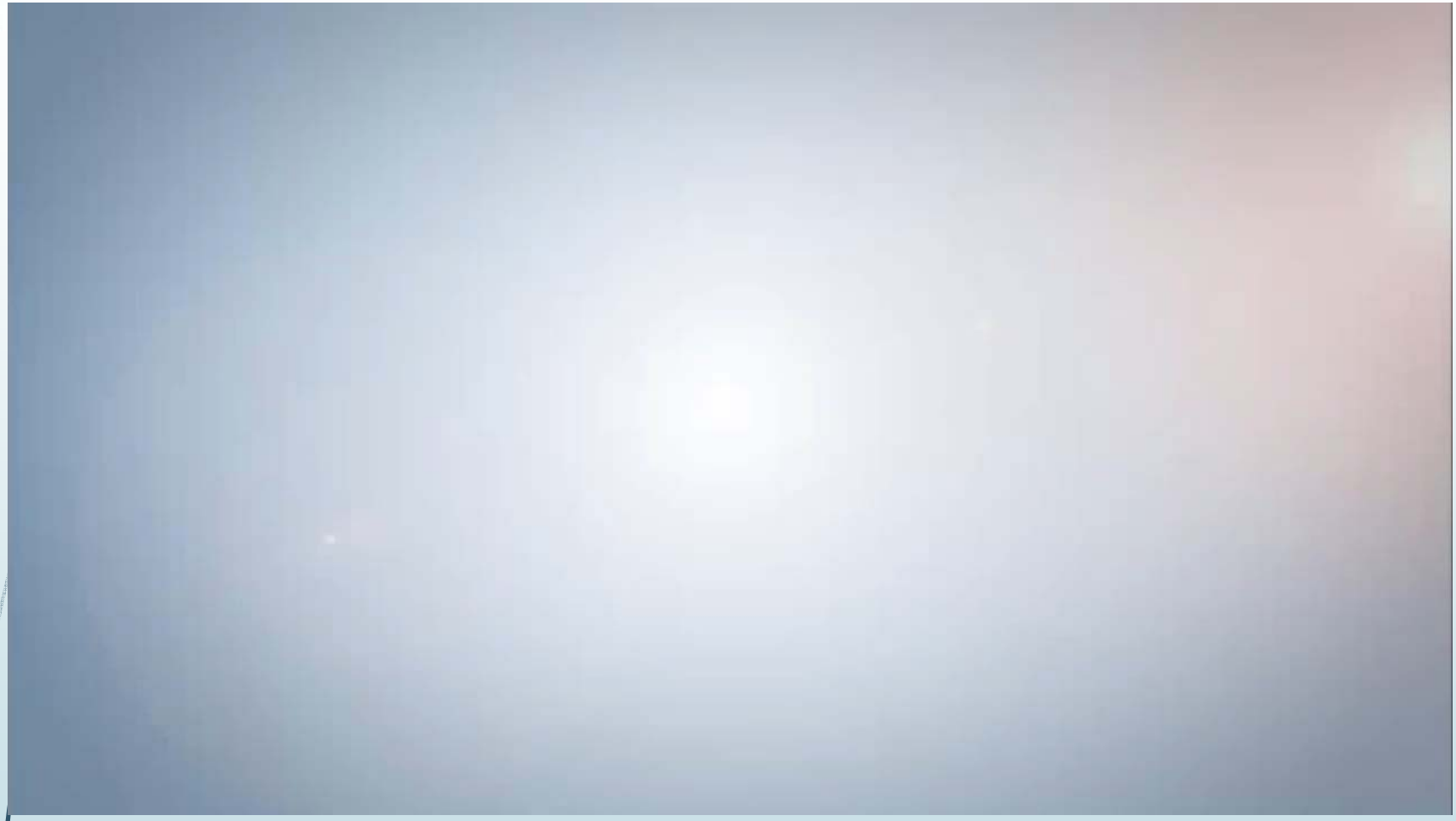


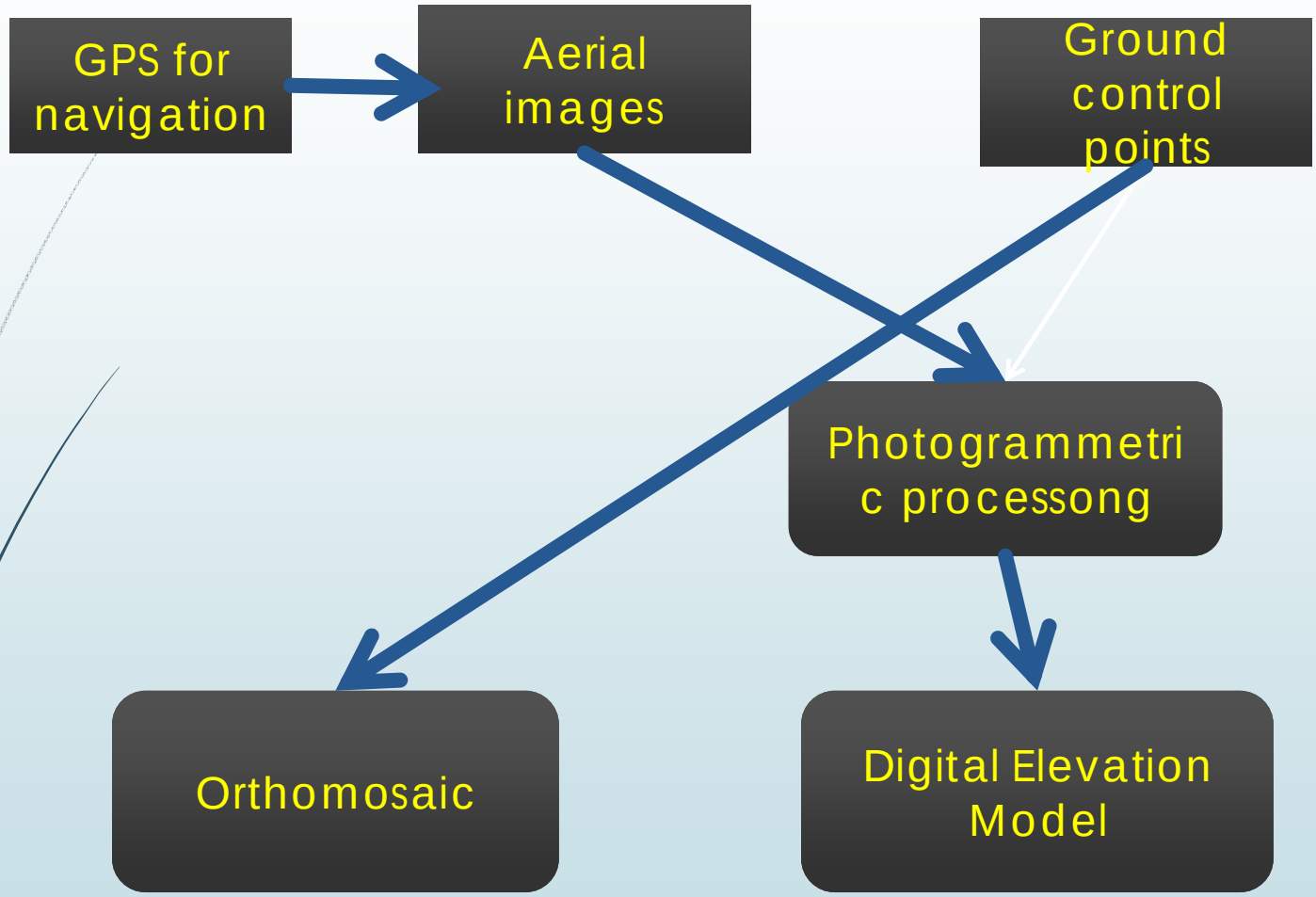
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center

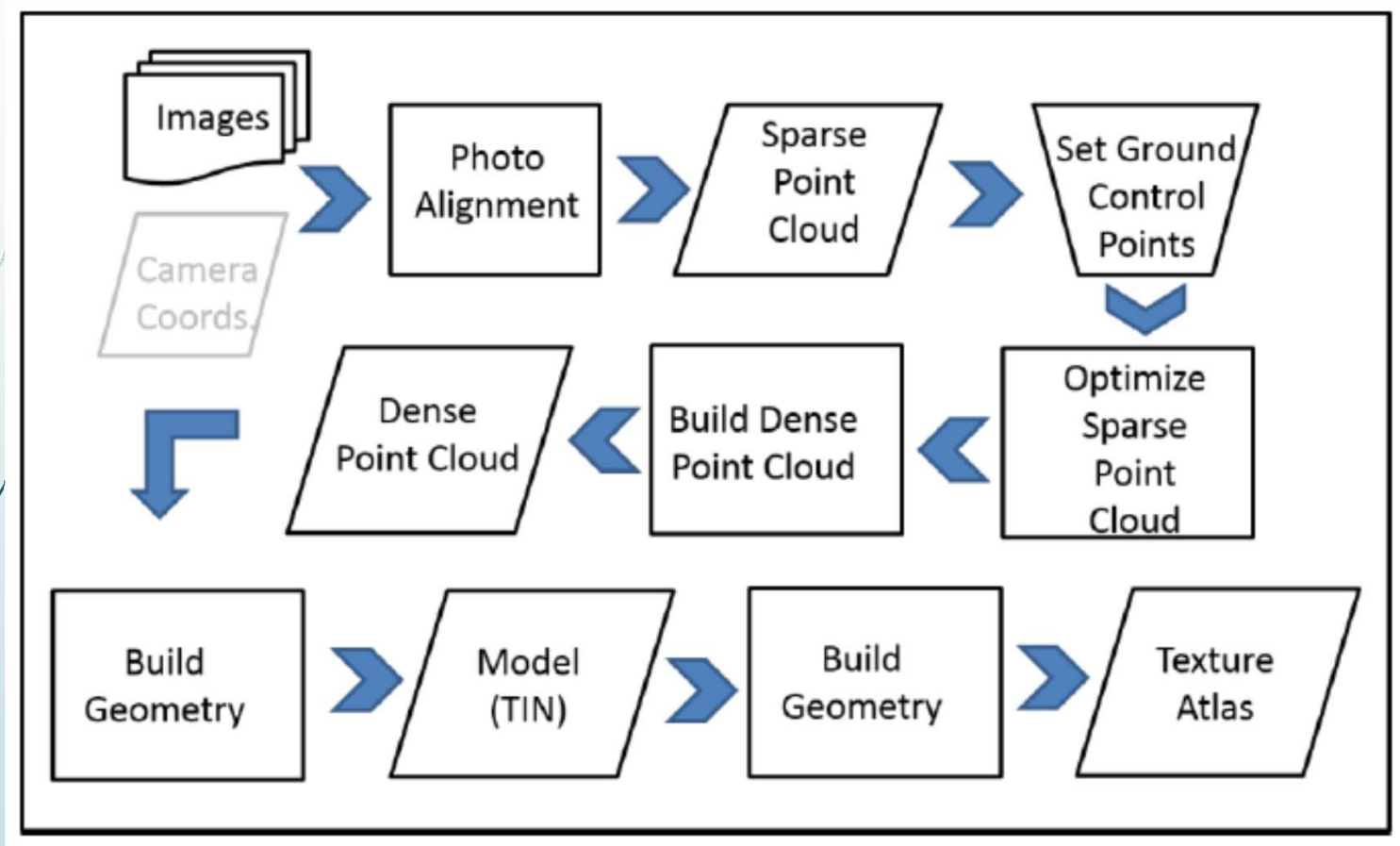
مشخصات پهپاد TS-M2

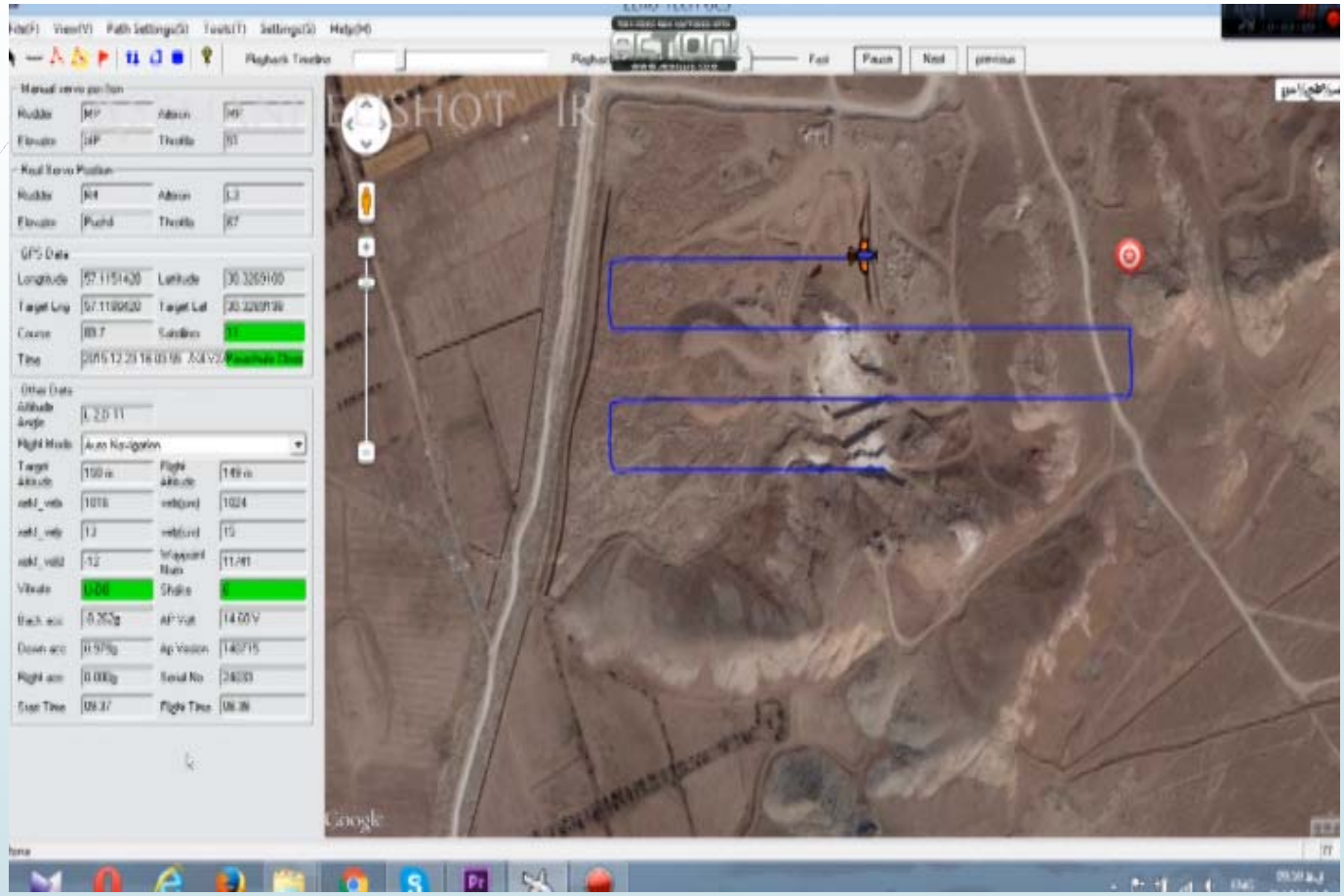


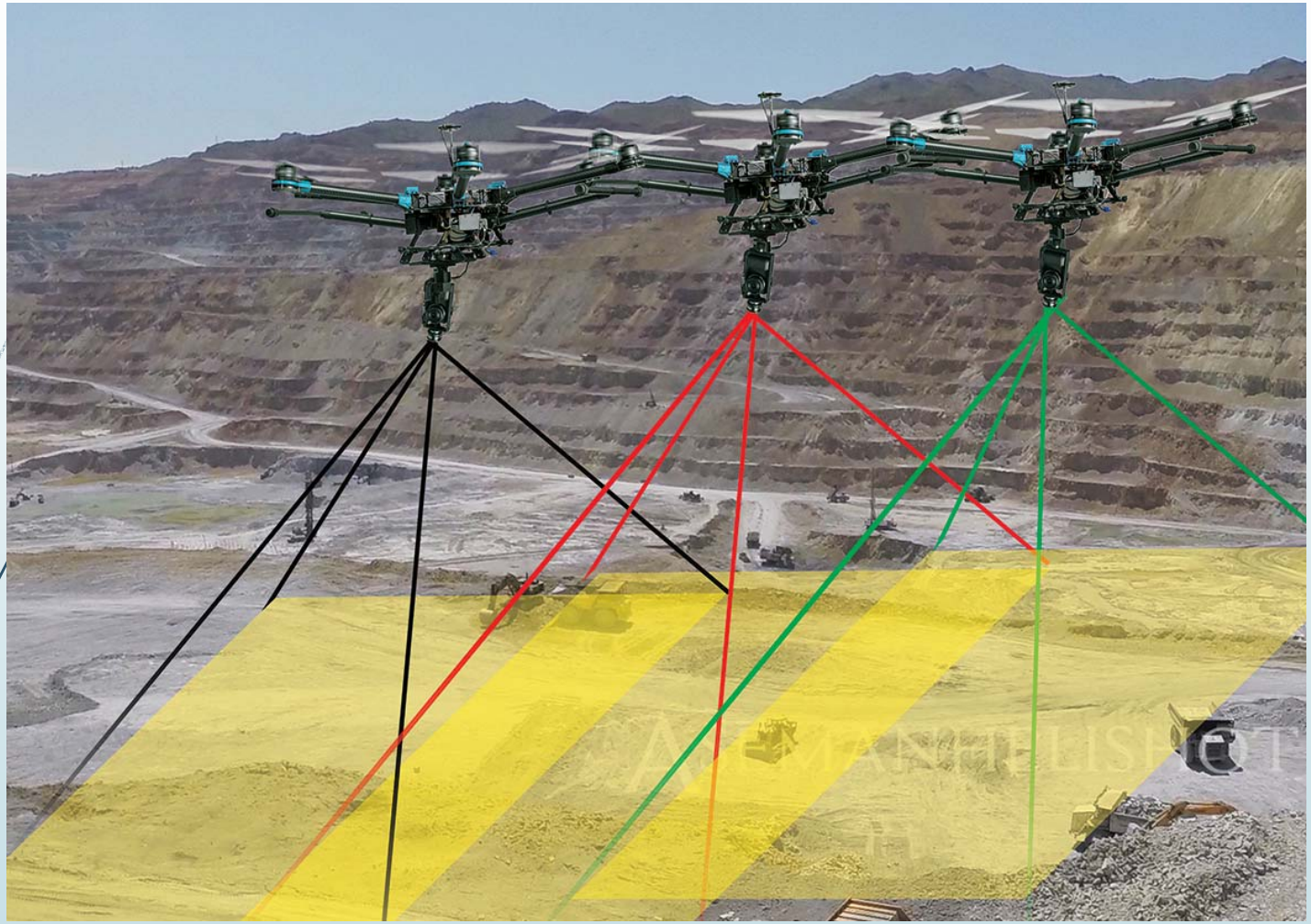
- هگزاروتور (شش ملخه)
- حداکثر سرعت پرواز ۶۰ km/h
- حداکثر مداومت پروازی بدون تجهیزات ۲۰ min
- حداکثر مداومت پروازی با تجهیزات مورد نیاز برای نقشه برداری ۱۴ min
- توانایی حمل انواع دوربین تا ۲ kg
- حداکثر ارتفاع مناسب برای عکس برداری ۳۰۰ m
- حداکثر سرعت باد مناسب برای پرواز ۴۰ km/h
- امکان کنترل اتوماتیک توسط GPS و نرم افزار ایستگاه زمینی
- امکان برنامه ریزی عملیات پرواز
- وزن ۴ kg
- میزان هم پوشانی تصاویر: ۸۰درصد طولی، ۶۰ درصد عرضی با هر ارتفاعی این هم پوشانی حفظ می شود.

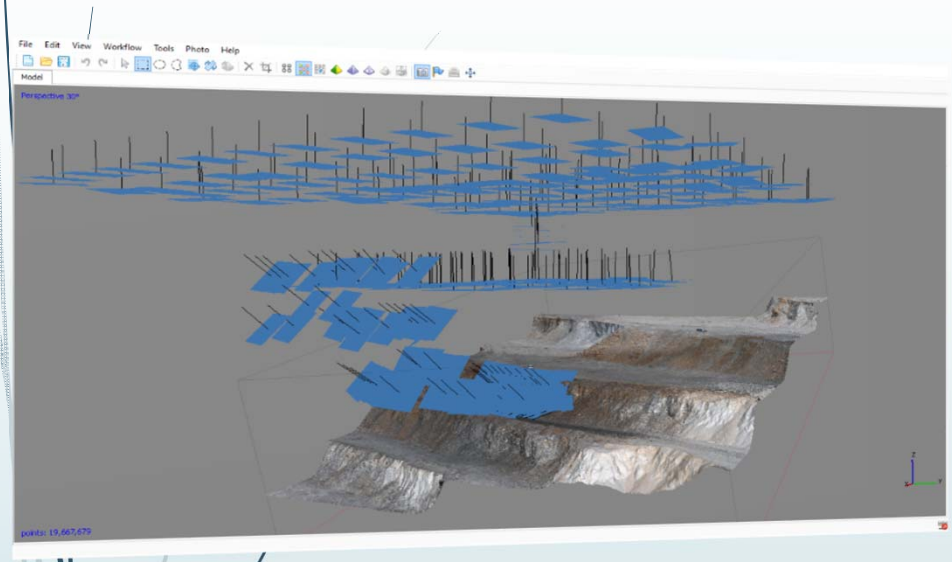



GPS for navigation
Aerial images
Ground control points
Photogrammetri c processong
Orthomosaic
Digital Elevation Model


Images
Camera Coords.
Photo Alignment
Sparse Point Cloud
Set Ground Control Points
Optimize Sparse Point Cloud
Build Dense Point Cloud
Dense Point Cloud
Build Geometry
Model (TIN)
Build Geometry
Texture Atlas





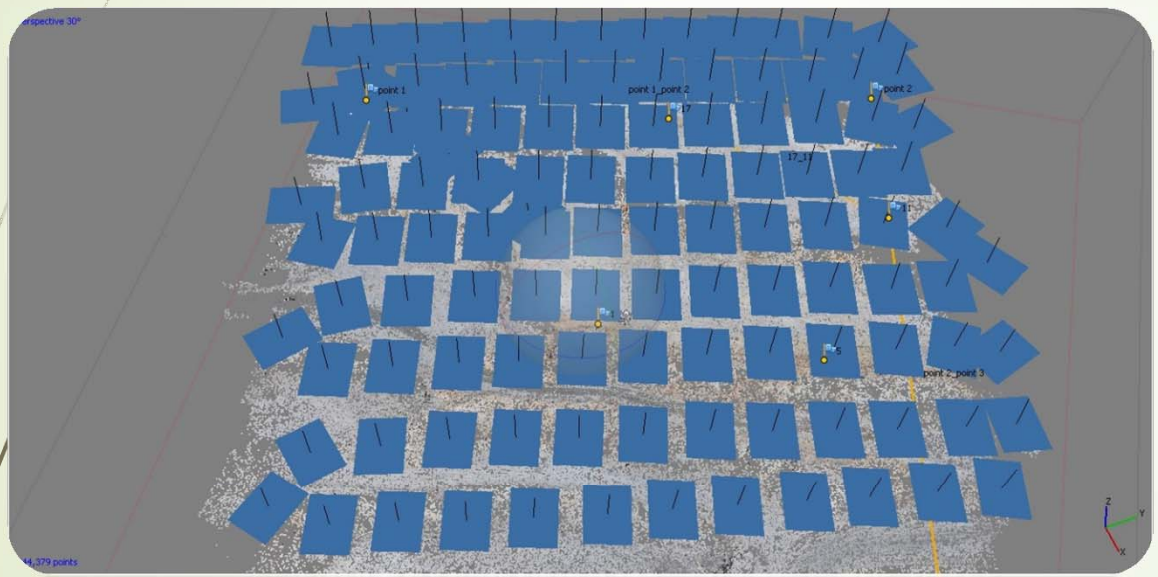


۱– تهیه عکس توسط مولتی روتور

- سرعت بالای برداشت برای مناطق وسیع
- برداشت تحت هر زاویه ای
- عدم نیاز حضور فیزیکی در هر نقطه

پردازش تصاویر حاصل از برداشت هوایی

- جانمایی خودکار، ایجاد ابر نقاط پراکنده و تعریف نقاط کنترل زمینی



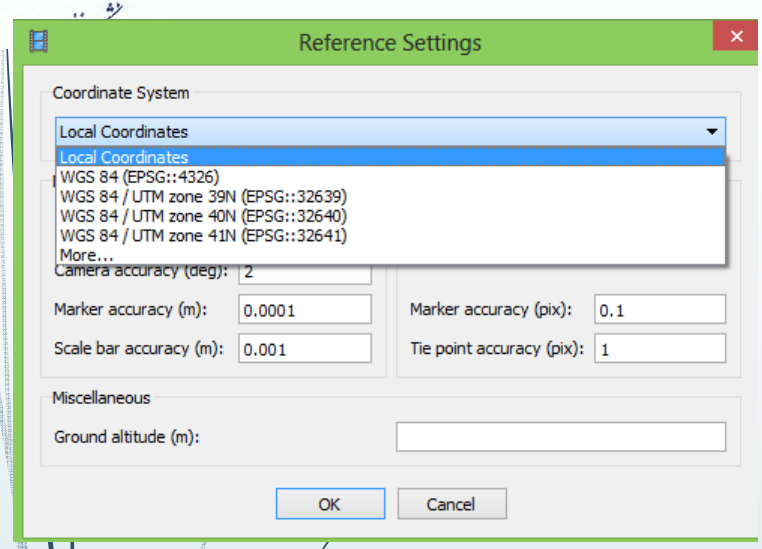
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
دانشگاه شهید باهنر کرمان

۲– ژئورفرنس کردن مدل

استفاده از سیستم‌های مختصات جغرافیایی، UTM و محلی

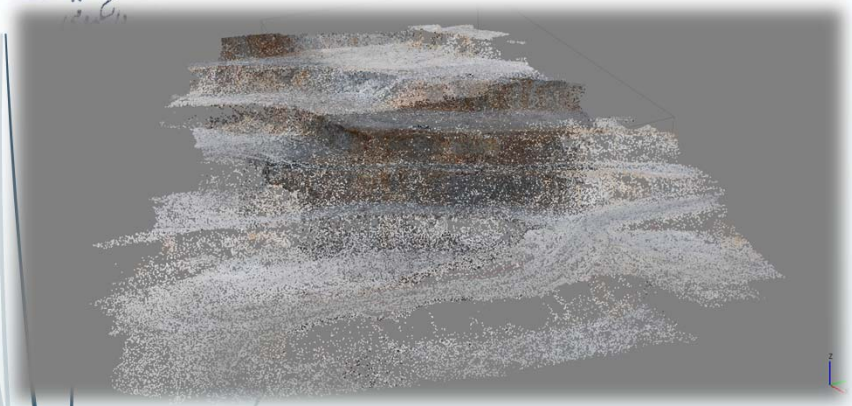
- **تعیین محل نقاط کنترل زمینی دقیق GCP**

✓ **تعیین مختصات دقیق برای ابر نقاط(Point cloud)**
✓ **دقت بالا در تهیه مدل و قابلیت بررسی خطای مدل‌سازی**



Markers	X (m)	Y (m)	Z (m)	Accuracy (m)	Error (m)
1	390115.989000	3313552.143000	2401.040000	0.000100	0.026256
2	390126.058000	3313564.164000	2400.830000	0.000100	0.030833
3	390141.152000	3313579.686000	2400.660000	0.000100	0.064339
4	390151.676000	3313600.383000	2400.010000	0.000100	0.031605
5	390170.651000	3313633.258000	2400.680000	0.000100	0.047565
6	390003.660000	3313667.285000	2412.698000	0.000100	0.029914
8	390030.867000	3313682.811000	2412.697000	0.000100	0.119557
13	390032.674000	3313614.310000	2411.849000	0.000100	0.034749
14	390051.093000	3313621.409000	2412.399000	0.000100	0.076775
15	390080.509000	3313654.558000	2412.352000	0.000100	0.124701
16	390096.450000	3313675.632000	2412.391000	0.000100	0.037324
17	390021.786000	3313632.663000	2411.961000	0.000100	0.148003
18	390012.370000	3313649.437000	2412.099000	0.000100	0.041730
19	390070.972000	3313658.803000	2412.306000	0.000100	0.163827
20	390159.634000	3313575.039000	2387.584000	0.000100	0.088974
21	390146.031000	3313559.781000	2387.154000	0.000100	0.039930
22	390153.226000	3313549.185000	2388.949000	0.000100	0.021252
23	390141.074000	3313567.207000	2392.896000	0.000100	0.024331
24	390134.350000	3313543.265000	2387.576000	0.000100	0.132377
25	390130.196000	3313536.227000	2387.679000	0.000100	0.060138
Total Error					**0.080763**







۳– تهیه ابر نقاط پراکنده و فشرده

تهیه نقاطی با مختصات دقیق

قابلیت Export **نقاط با مختصات محلی و** UTM **و ...**

شامل (X**،** Y **و** Z **و کد رنگ) جهت ورود بر هر نرم افزار پردازشی**



- ایجاد ابر نقاط متراکم و مدل سه بعدی

قبل از انفجار





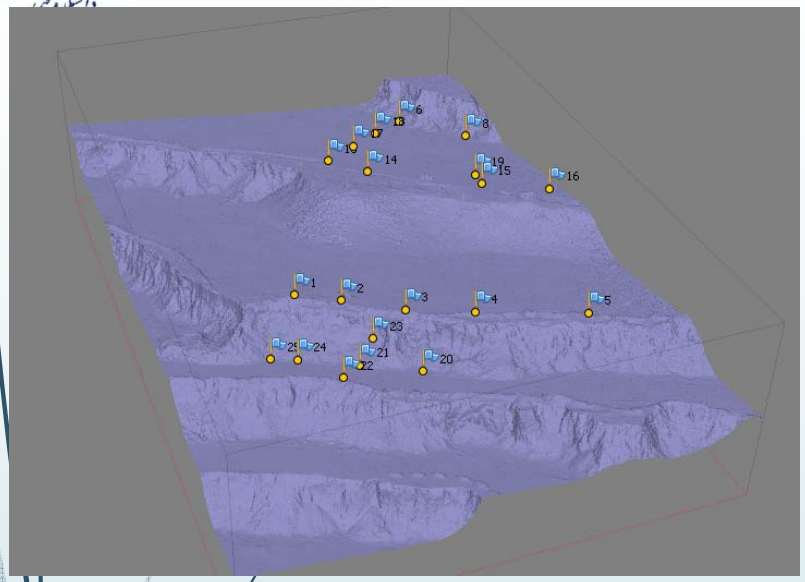
بعد از حمل

مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center

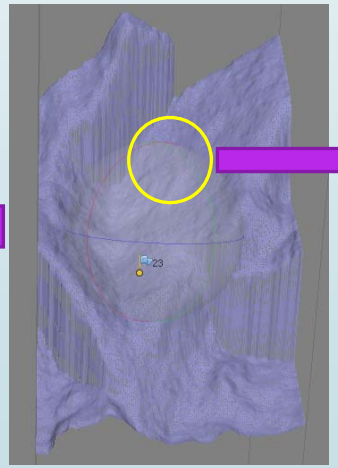
۴– تهیه مش از سطح زمین

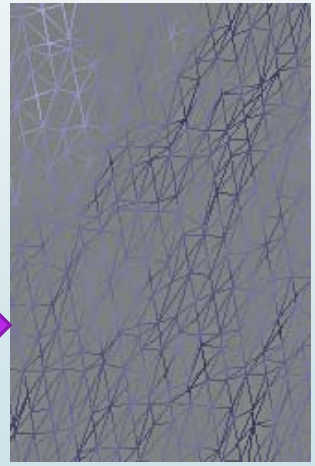
تهیه خروجی جهت نرم‌افزارهای مدل سه بعدی و اتوکد

مدل کردن جزئیات اجسام با توجه به دقت مورد نیاز

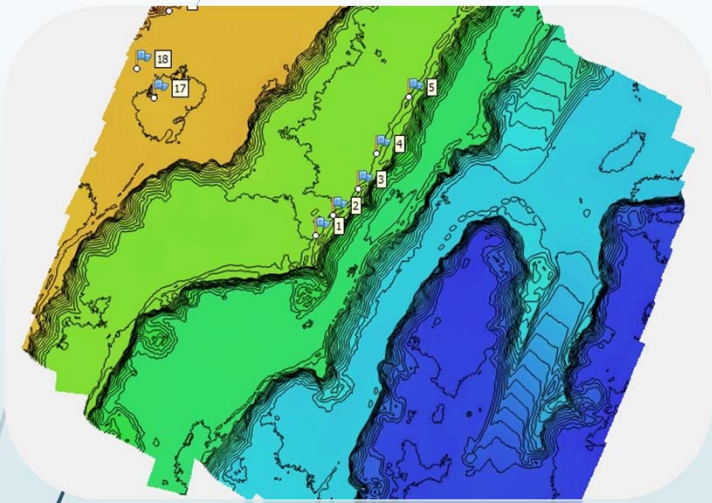






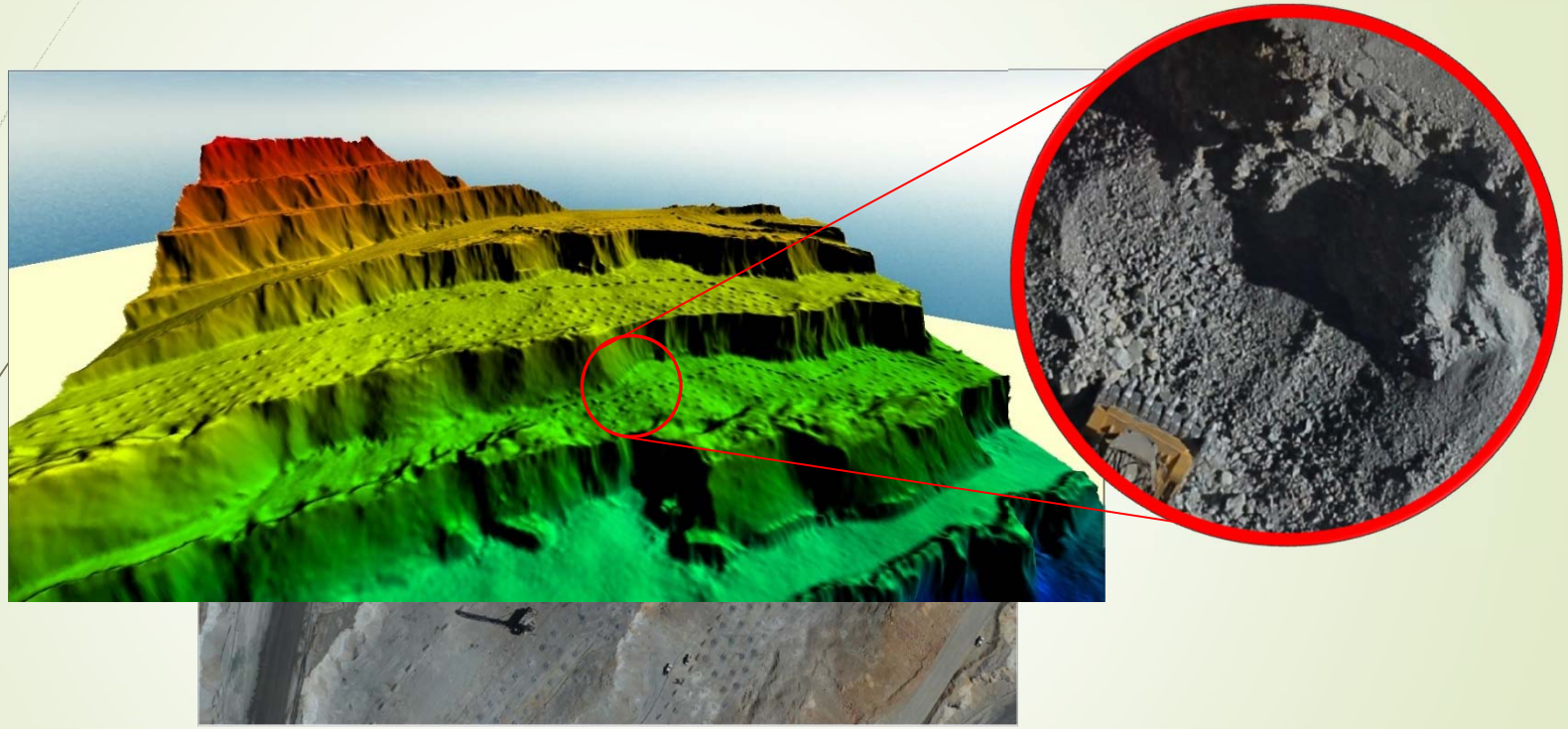


تهیه مدل ارتفاعی منطقه DEM(XYZ)
تهیه مدل موزائیک منطقه OrthoPhoto(RGB)





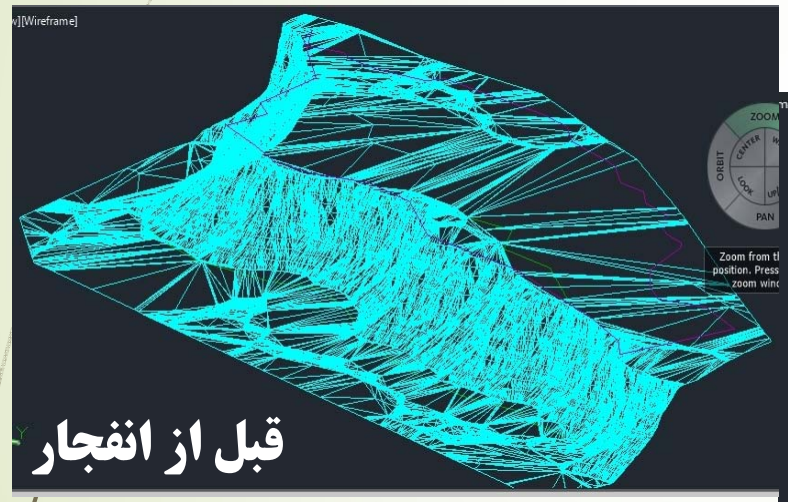
ایجاد مدل ارتفاعی دیجیتال (DEM) و موزائیک هوایی

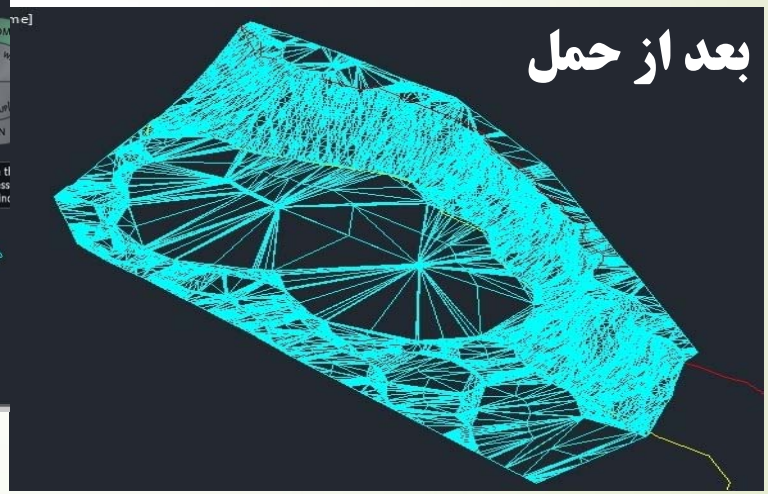


مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center

محاسبه حجم برداشت شده برای محدوده مورد نظر

- با استفاده از نرم افزار Civil3D و بوسیله کنتورهای تراز و یا ابر نقاط

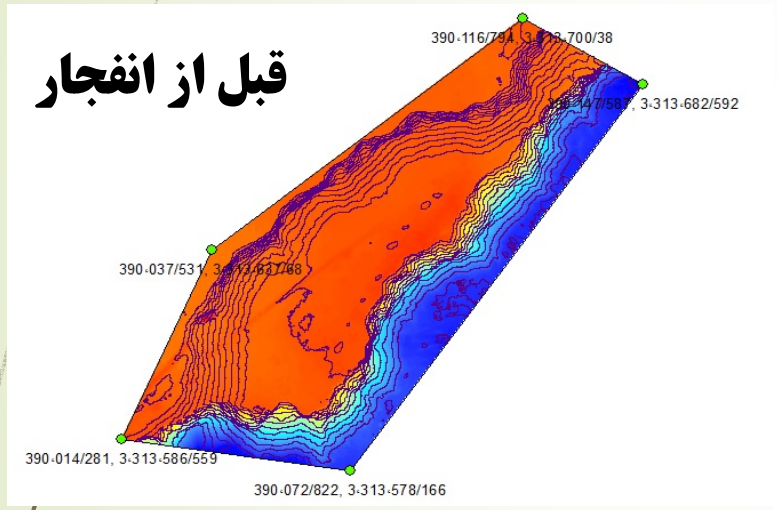


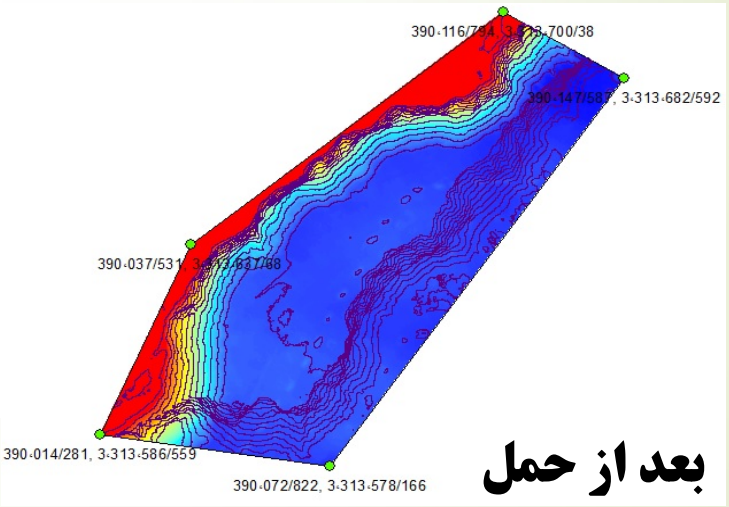


مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC

محاسبه حجم برداشت شده برای محدوده مورد نظر

- با استفاده از نرم افزار GIS و بوسیله DEM

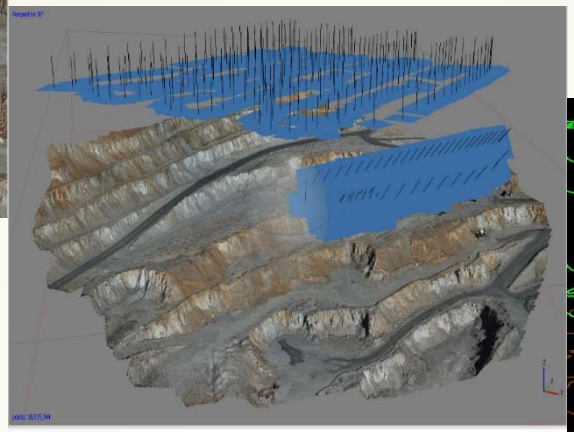


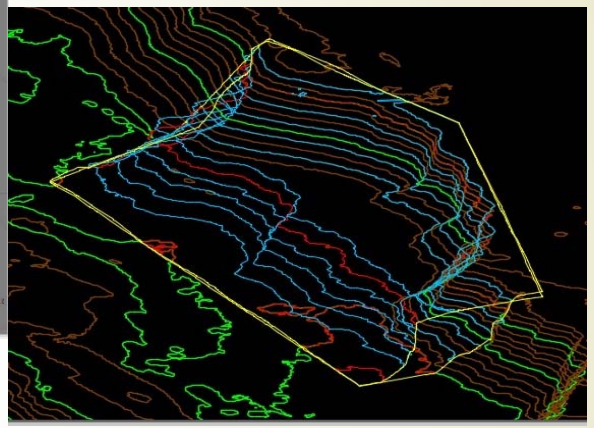


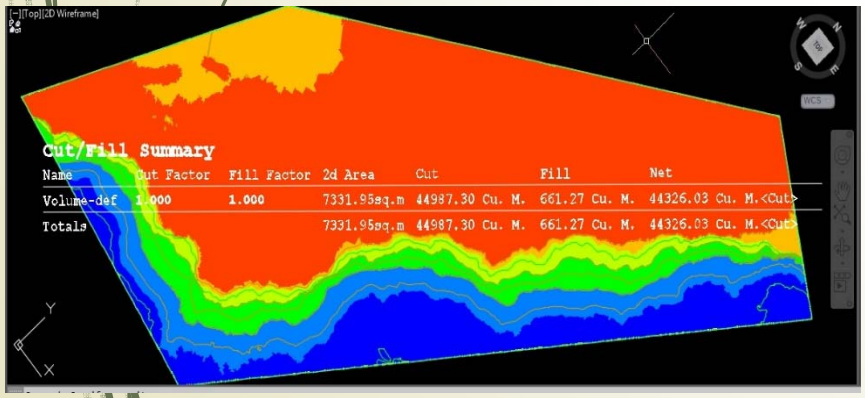
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC

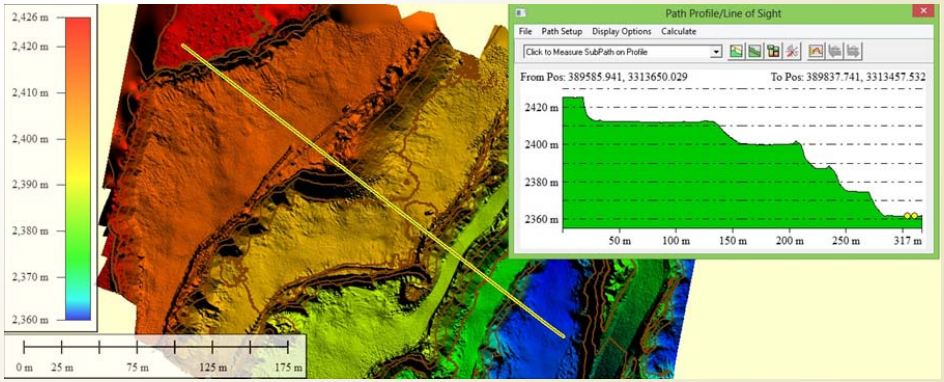
پروژه پایلوت محاسبه حجم استخراج کانسنگ از پله معدنی معدن مس سرچشمه











ژه معدن سنگ ساختمانی

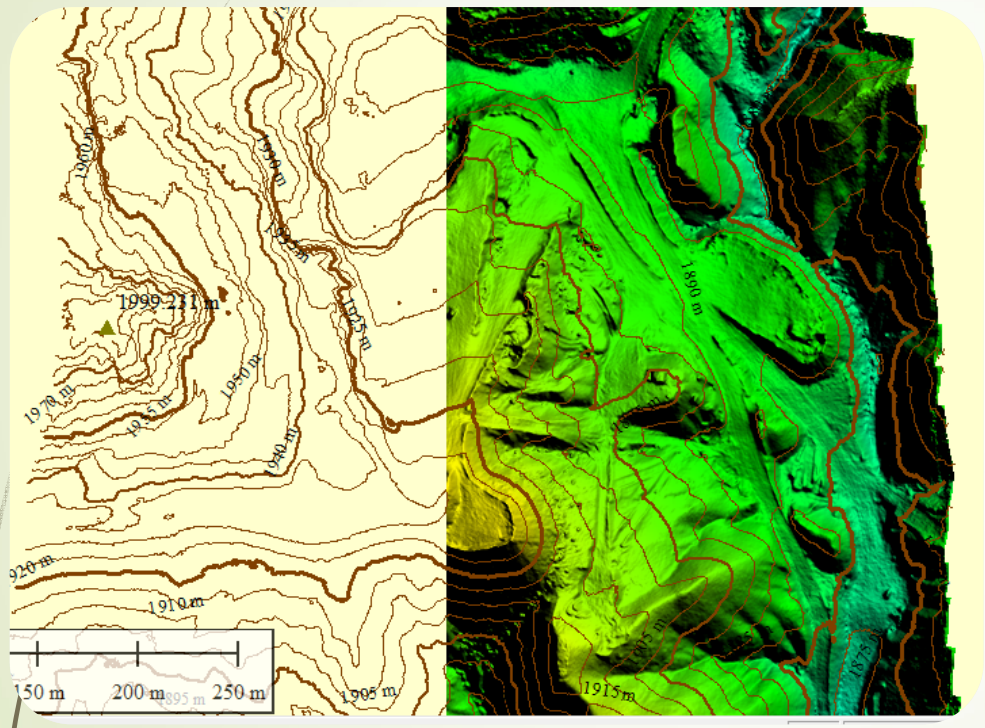
محدوده برداشت: ۲۰۰ هکتار

خروجی: تهیه نقشه توپوگرافی و موزائیک هوایی– محاسبه حجم توده سنگ، برآورد بلوک دهی





نقشه برداری

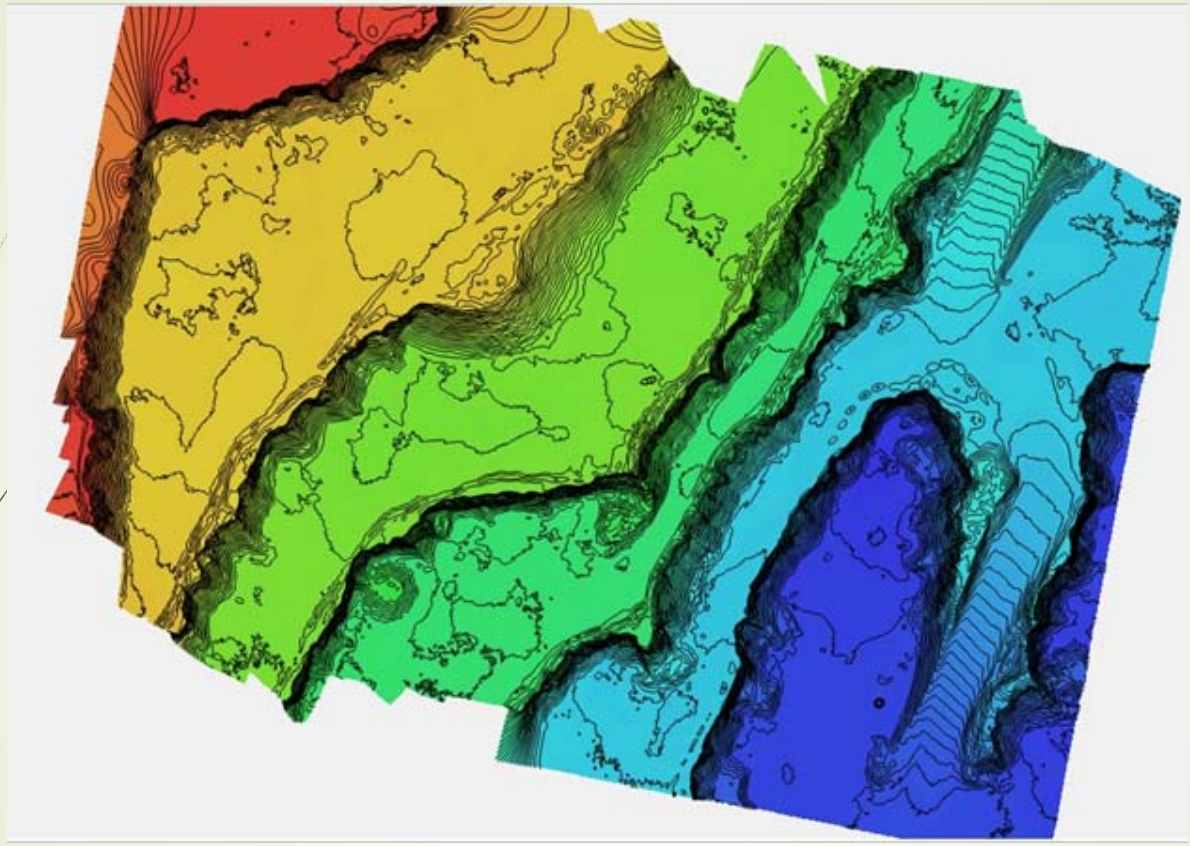


- تهیه نقشه های توپوگرافی دیجیتالی با مقیاس های مختلف

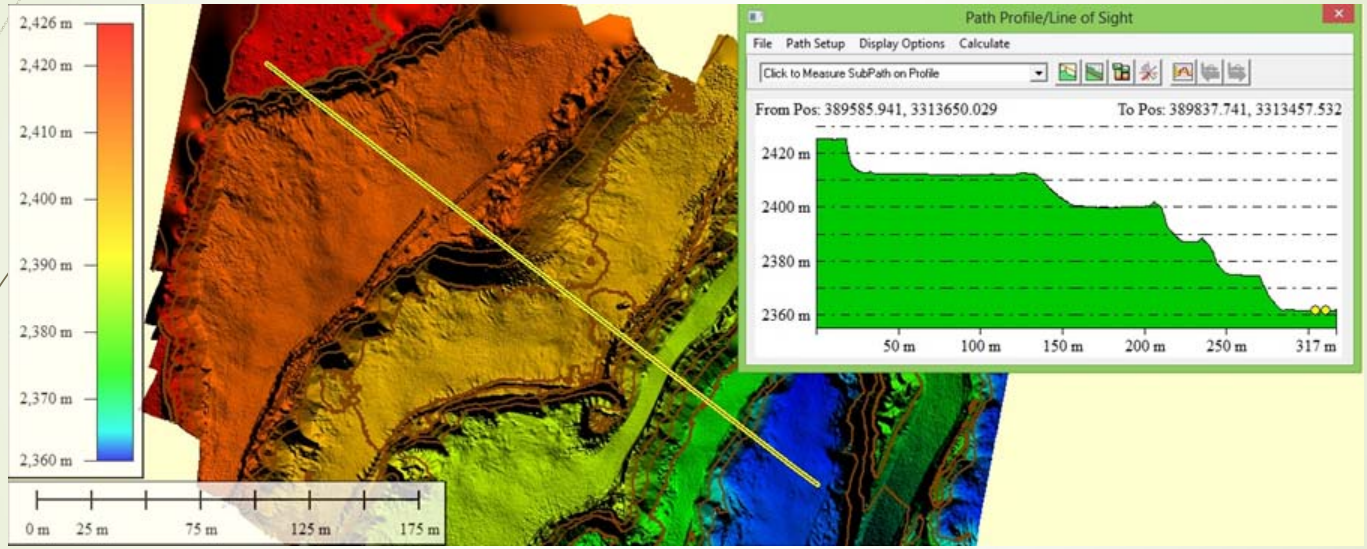
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC



مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC



مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center



مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
دانشگاه شهید باهنر کرمان

زمین شناسی

- تهیه نقشه های زمین شناسی و زمین شناسی ساختمانی دیجیتالی با مقیاس های مختلف

مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center

پارامترهای توصیف ناپیوستگی های در توده سنگ از نظر ISRM

- Orientation
- Spacing
- Persistence
- Roughness
- Number of sets
- Block size
- Wall strength
- Aperture
- Filling
- Seepage

مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
دانشگاه شهید باهنر کرمان

پارامترهای توصیف ناپیوستگی های در توده سنگ از نظر ISRM

- Orientation
- Spacing
- Persistence
- Roughness
- Number of sets
- Block size
- Wall strength
- Aperture
- Filling
- Seepage

مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
دانشگاه شهید باهنر کرمان

پارامترهای توصیف ناپیوستگی های در توده سنگ از نظر ISRM

- Orientation
- Spacing
- Persistence
- Roughness
- Number of sets
- Block size

مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center

سرچشمه، قسمتی از دیواره غربی



مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
دانشگاه شهید باهنر کرمان



سرچشمه، قسمتی
از دیواره غربی

مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
دانشگاه شهید باهنر کرمان



سرچشمه، قسمتی از دیواره غربی

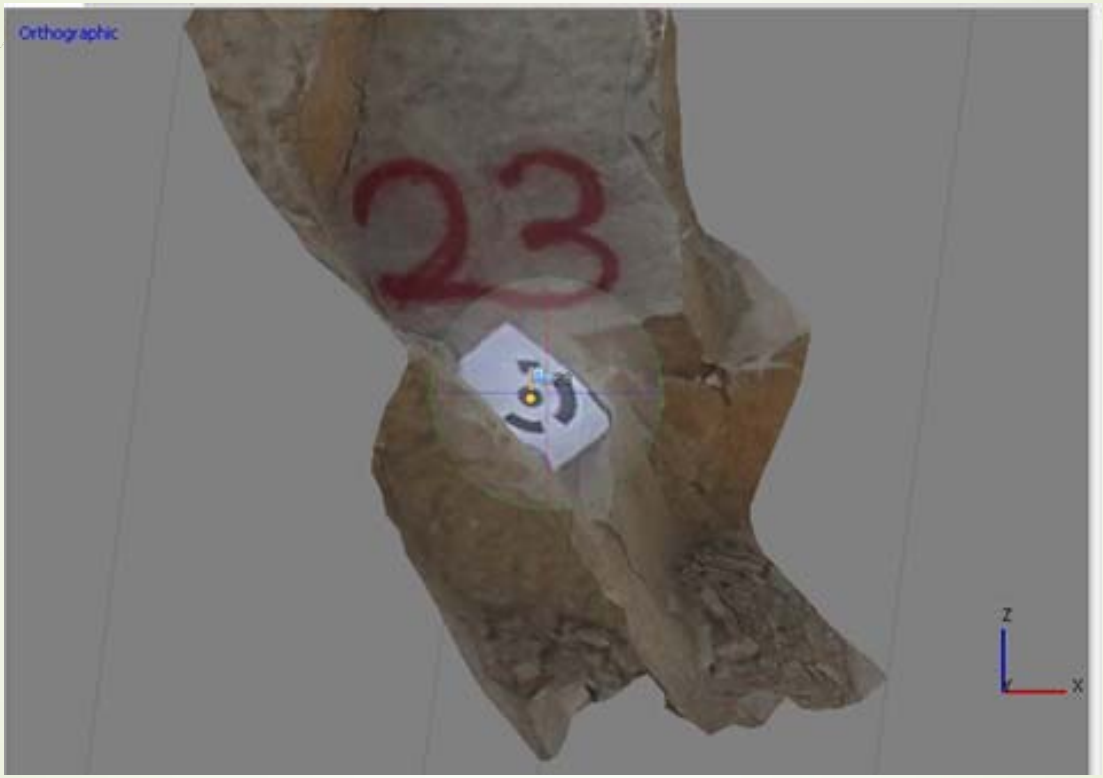
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
دانشگاه شهید باهنر کرمان

سرچشمه، قسمتی از دیواره غربی



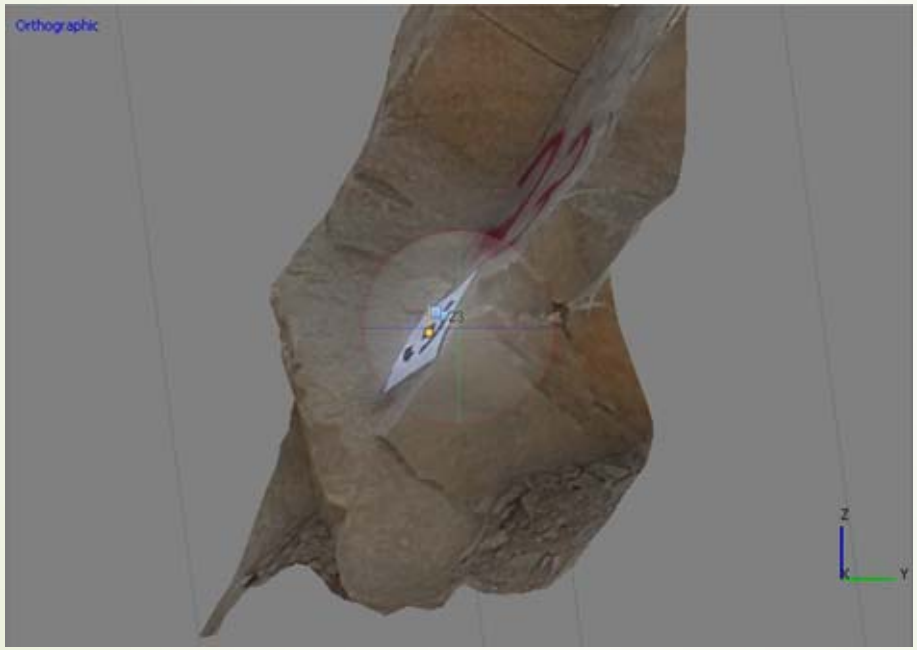
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
دانشگاه شهید باهنر کرمان

سرچشمه،
قسمتی از
دیواره غربی



مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC

سرچشمه، قسمتی از دیواره غربی



مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC

سرچشمه، قسمتی از دیواره غربی

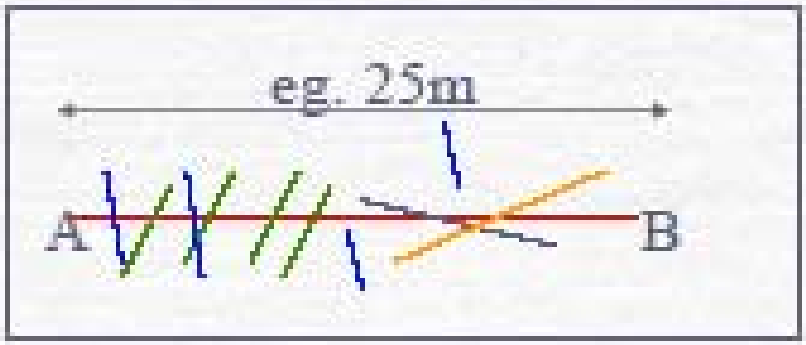






Line Survey, Scanline

- Line (Tape) details
- Type
- Dip, Dip Direction
- Persistence (m)
- Aperture
- Infill type and consistency/strength
- Roughness
- Water
- Waviness
- Comments, photographs etc

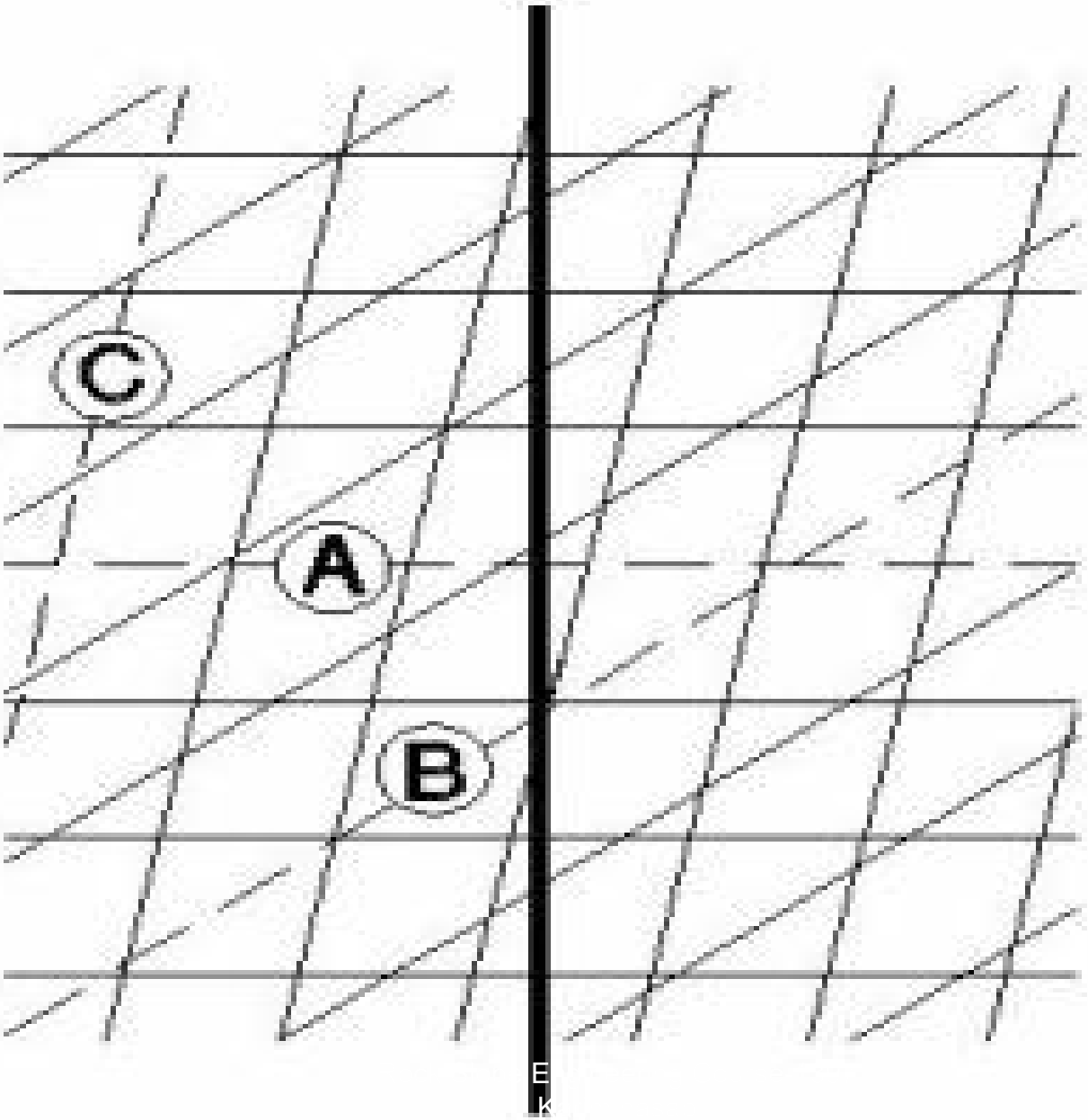


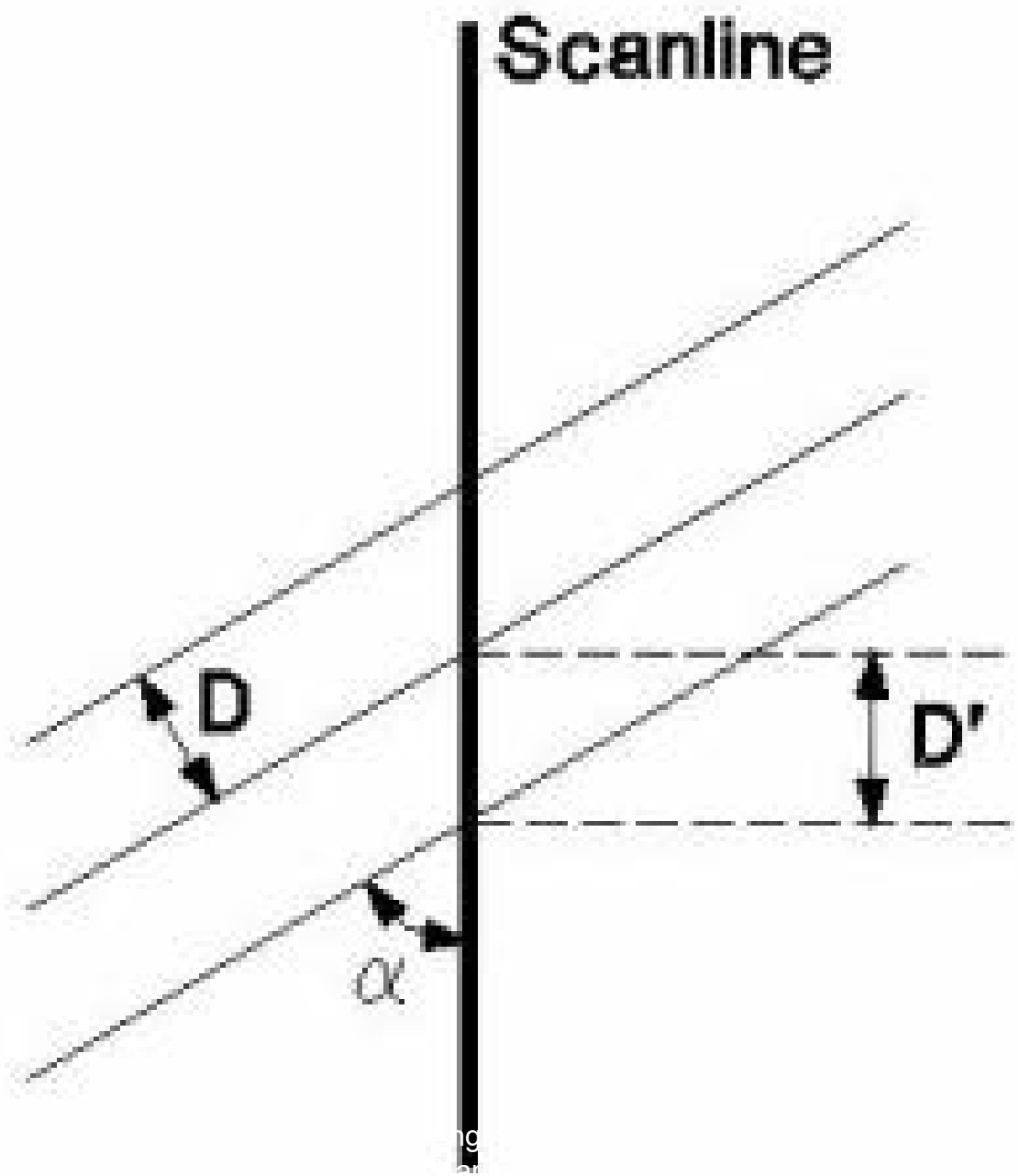
وضعیت قرار گیری خط برداشت

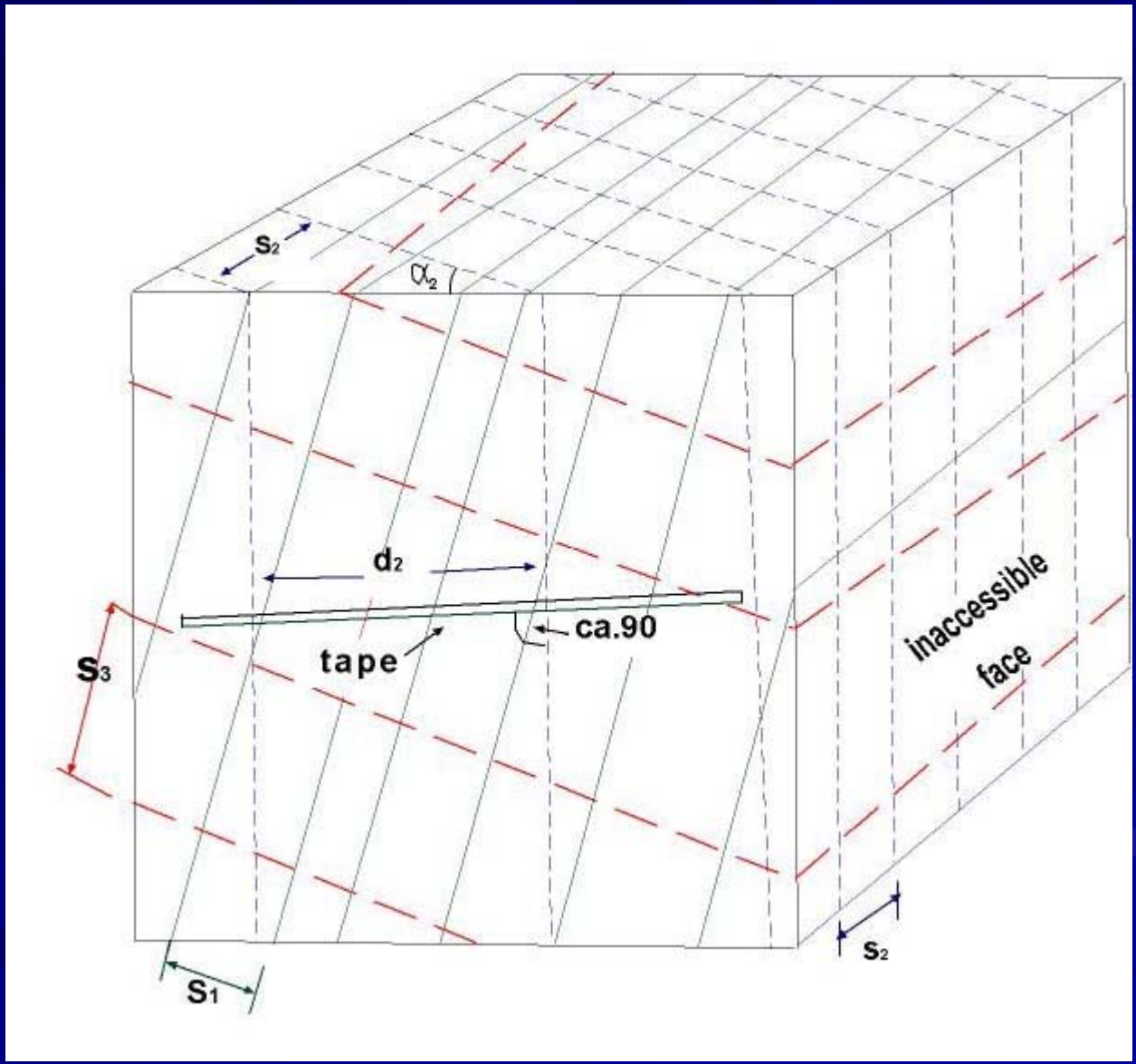
الف– خط برداشت ترجیحاً ناپیوستگی های بزرگتر ویا دارای تداوم بیشتر را قطع نماید.

ب– خط برداشت ترجیحاً آن دسته از ناپیوستگی هائی را قطع کند که خطوط عمود بر آنها زاویهٔ کمی با راستای خط برداشت بسازد.

Scanline




Scanline
D
D'
α


S2
α2
d2
tape
ca.90
S3
inaccessible
face
S2
S1


Rock Slope Engineering Course-1397
Kariminasab


Rock Slope Engineering Course-1397
Kariminasab

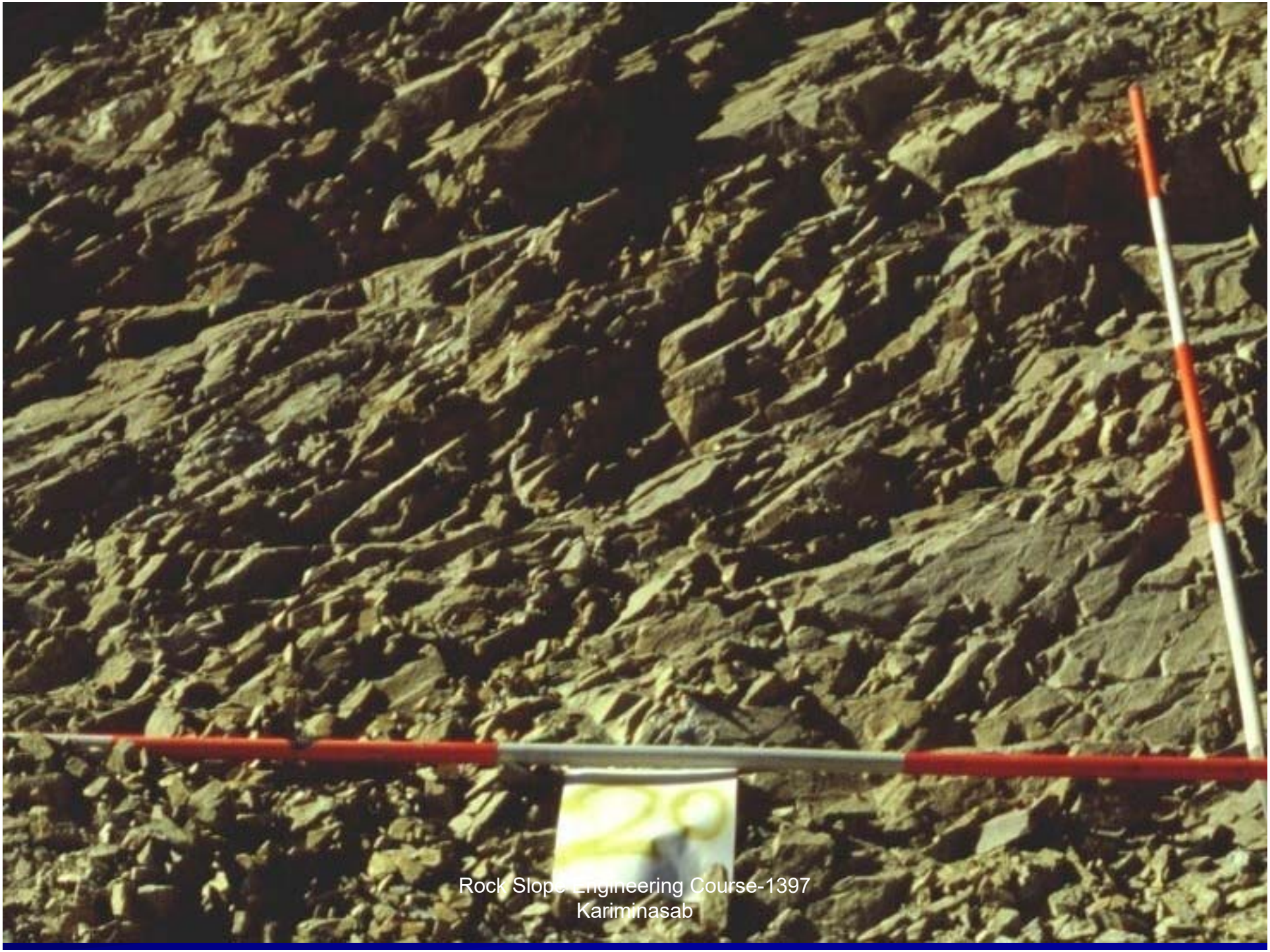

Rock Slope Engineering Course-1397
Kariminasab


Rock Slope Engineering Course-1397
Kariminasab

سطحی(سطح بررسی)

Windows


Rock Slope Engineering Course-1397
Kariminasab

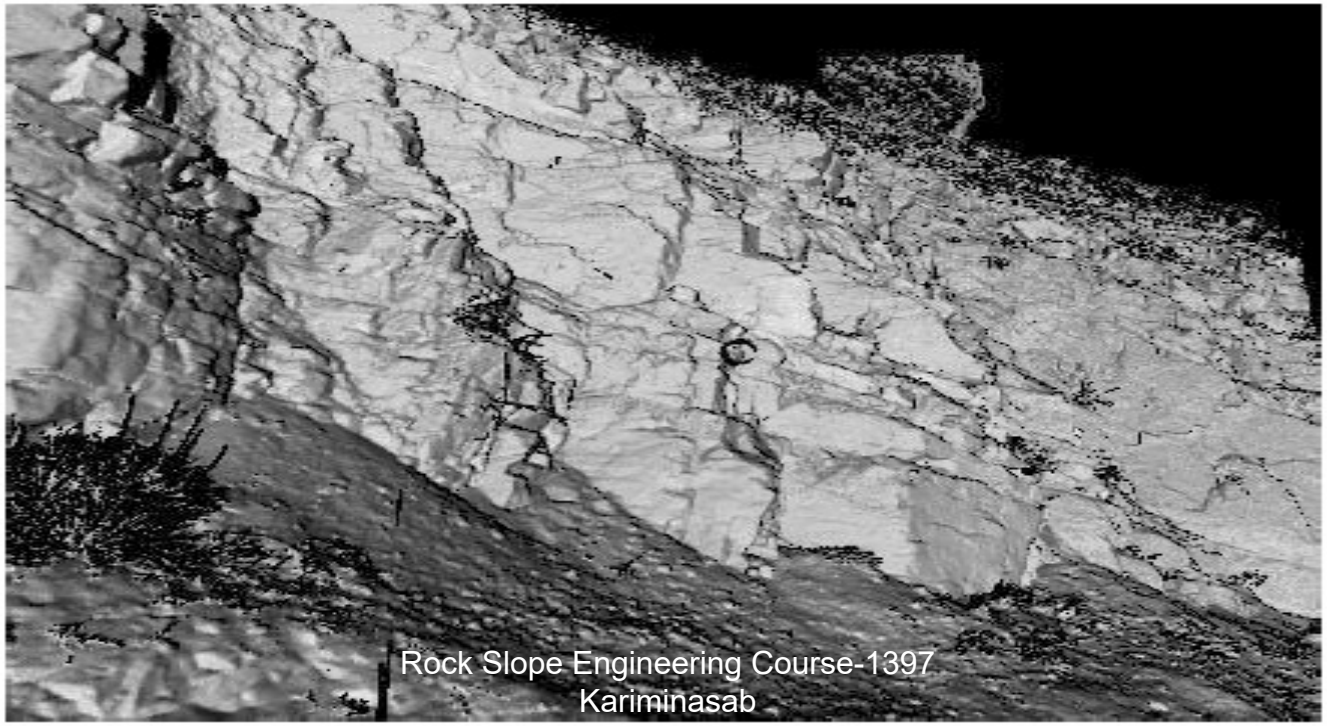

Rock Slope Engineering Course-1397
Kariminasab



. Cyrax 3D laser scanner in front of the surveyed rock face.



Figure 1. Cyrax 3D laser scanner in front of the surveyed rock face.



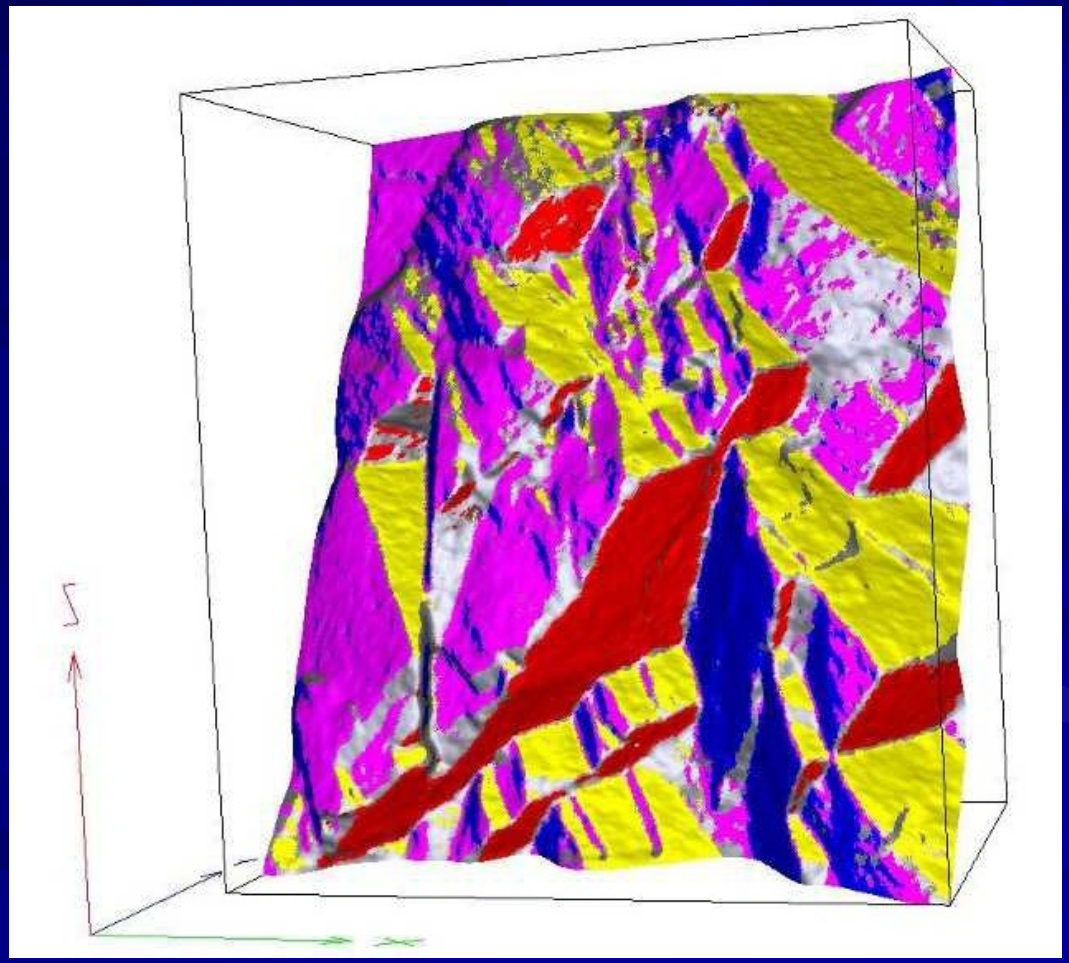
Typical field set-up of a laser scanner (Optech 3D Ilris scanner. The umbrella is to keep the scanner cool and to be able to read the display.



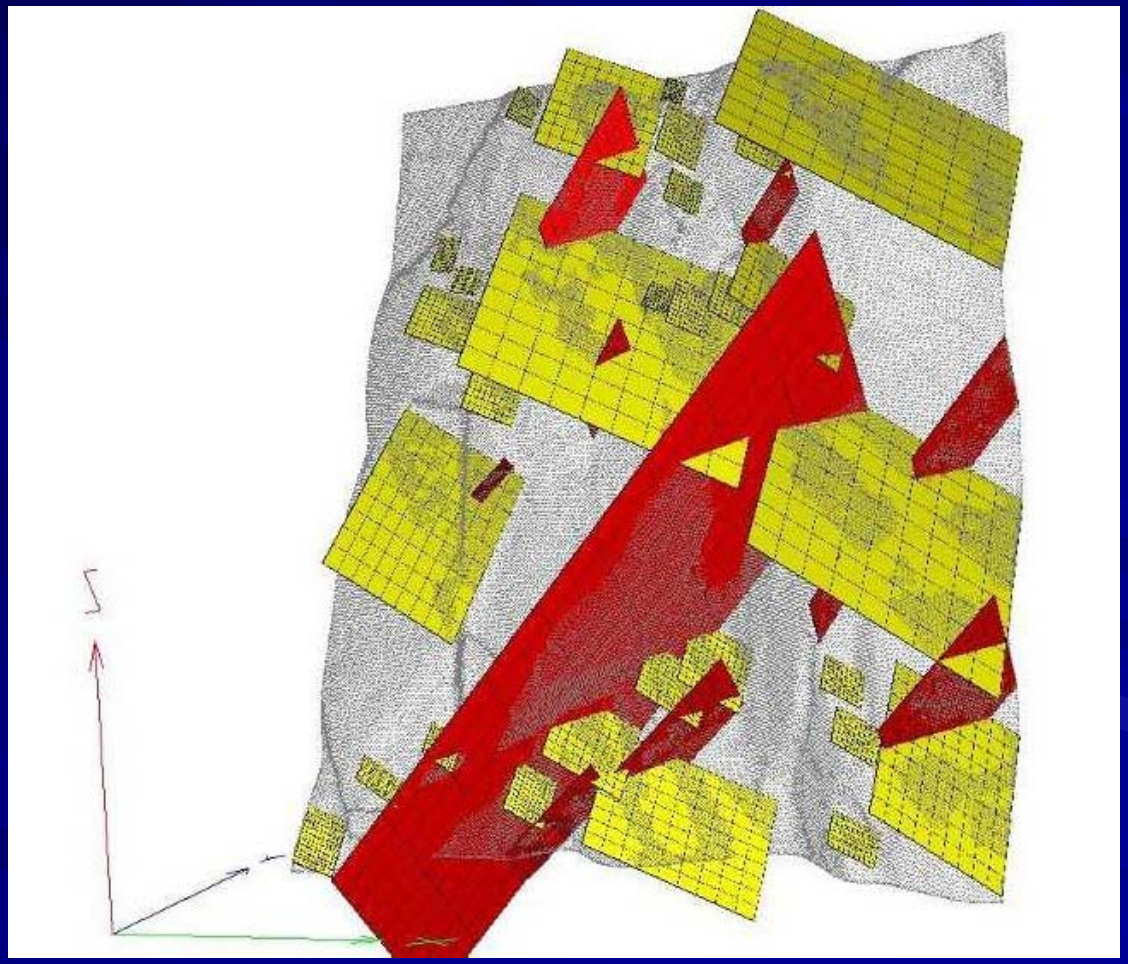
Carboniferous slates with well-developed discontinuities. Part of this slope (outline with the square) to demonstrate the methodology. Note the two boards in the pictures, which were used to reference the laser scan data set.



Re-coloring of the 3D surface model with the color assigned to the different discontinuity clusters.



Here the individual discontinuity planes are visualized of sets 2 (red) and set 3 (yellow), modeled as linear trend surfaces. By calculating the distances between the individual surfaces, joint set spacing can be computed.



Summary statistics

	Before outlier removal			After outlier removal			Set spacing statistics	
Discontinuity set number	Number of facets	Mean orienta-tion	Fisher's K-value	Number of facets	Mean orienta-tion	Fisher's K-value	Mean normal set spacing	Dimension of set $\perp$. to orientation
Set 1 'blue'	69445	233/04	10.87	62684	233/05	16.37	8.20 cm	147.59 cm
Set 2 'red'	50855	306/34	8.56	34081	304/36	60.33	20.29 cm	162.28 cm
Set 3 'yellow'	83494	144/47	23.04	67336	304/36	50.27	7.03 cm	161.65 cm
Set 4 'purple'	88662	205/20	23.33	69855	206/20	42.04	4.13 cm	58.10 cm
The data file contains 292456 facets originating from 147425 points								

- **چه ویژگیها ئی از ناپیوستگیها بر رفتار مکانیکی توده سنگ تاثیر گذار است؟**

ویژگیهای ناپیوستگی های توده سنگ

ویژگیهای موثر بر رفتار مکانیکی

این نوع ویژگیها در ارتباط با رفتار مکانیکی سنگها بوده و بر روی مقاومت تودهٔ سنگ موثر است. این ویژگیها عبارتند از:

- جهت داری orientation
- فاصله داری spacing
- گسترش یا تداوم درزه ها extension ، persistence

روشهای مطالعه جهت داری نا پیوستگی ها

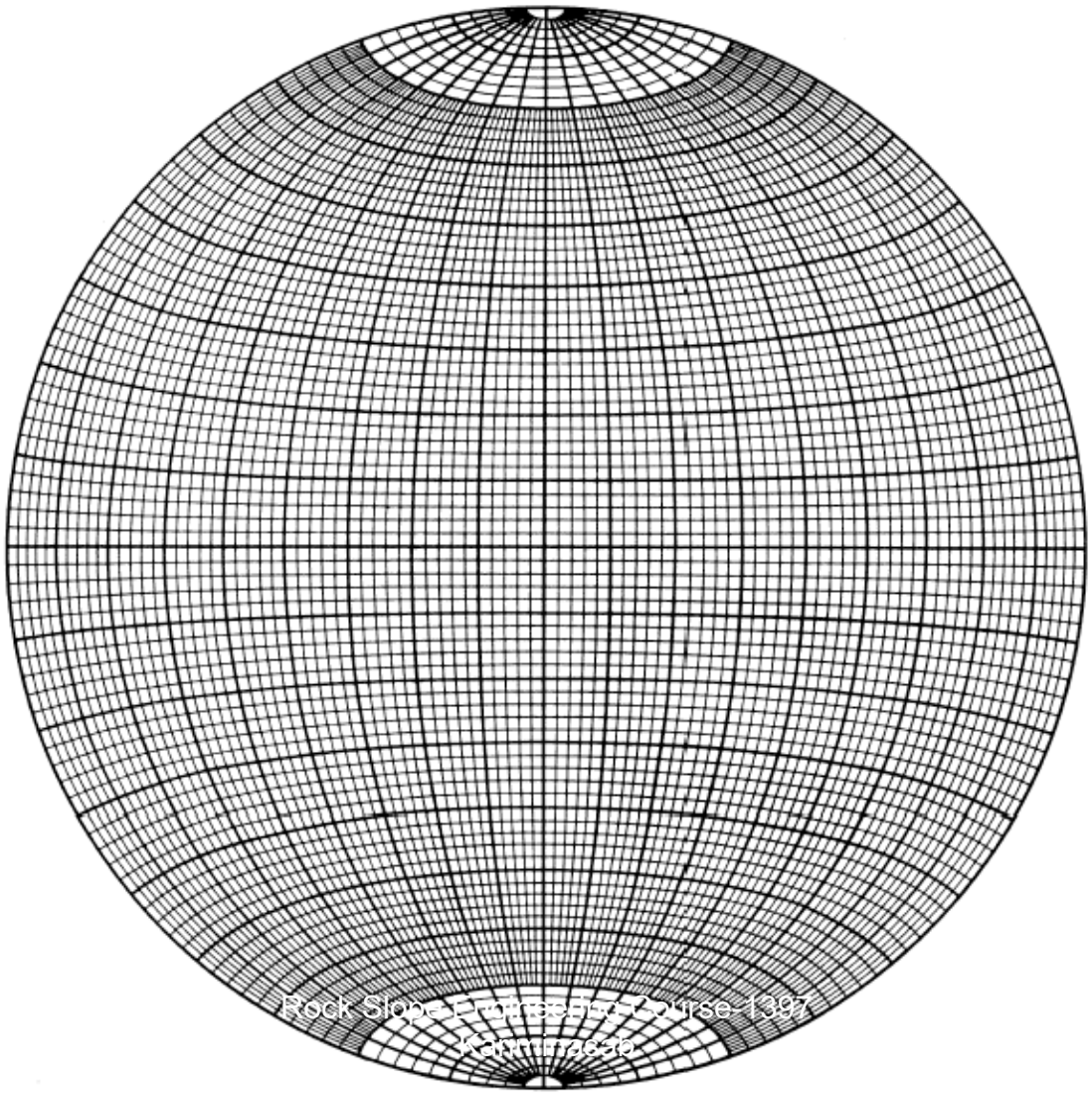
- بجای بررسی کلی هر درزه بصورت مستقل، باید مجموعهٔ درزه ها را بطور آماری مورد مطالعه قرار داد.

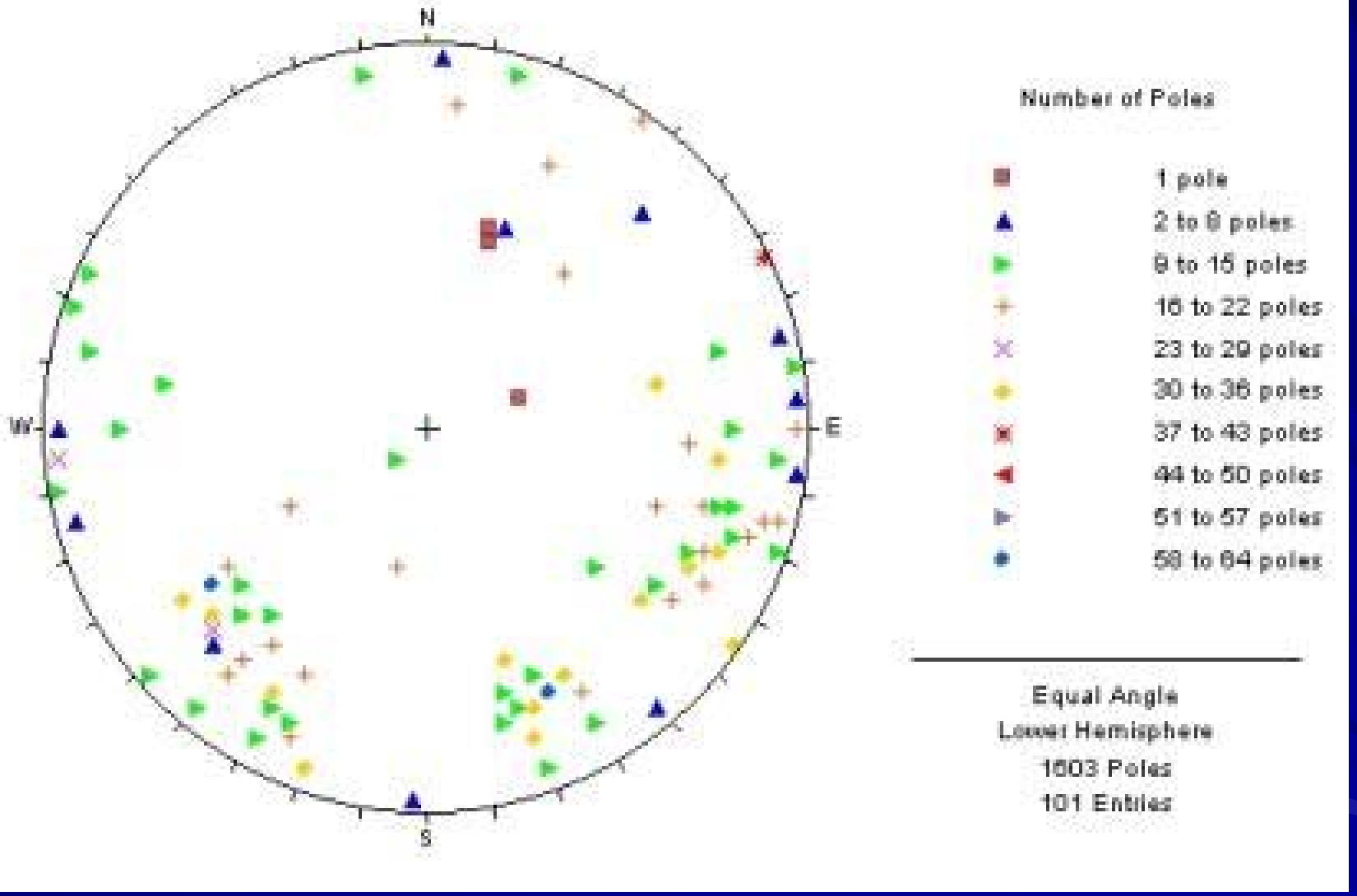
- در این مطالعه از تصویر سطح معادل که گاهی آن را تصویر لامبرت (Lambert) یا شبکه اشمیت می گویند استفاده می شود.

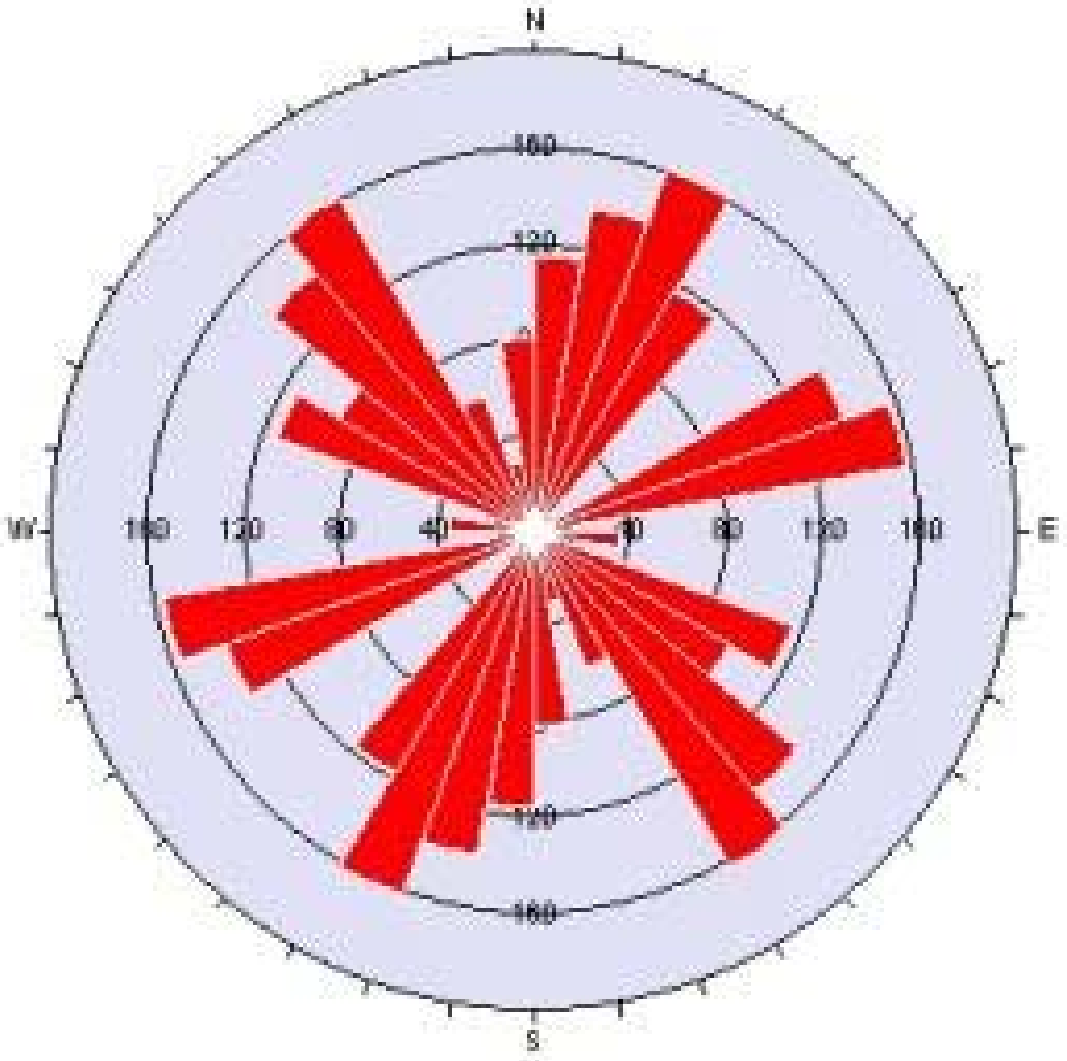
منحنی های تراز تبدیل و به کمک آن وضعیت و تمرکز درزه ها را مشخص می کنند.

- از منحنی های تراز بدست آمده جهت داری و وضعیت سیستم درزه های غالب در منطقه تحت بررسی قرار می گیرد .

Equal area projection




N
W
E
S
Number of Poles
1 pole
2 to 8 poles
9 to 15 poles
16 to 22 poles
23 to 29 poles
30 to 36 poles
37 to 43 poles
44 to 50 poles
51 to 57 poles
58 to 64 poles
Equal Angle
Lower Hemisphere
1603 Poles
101 Entries

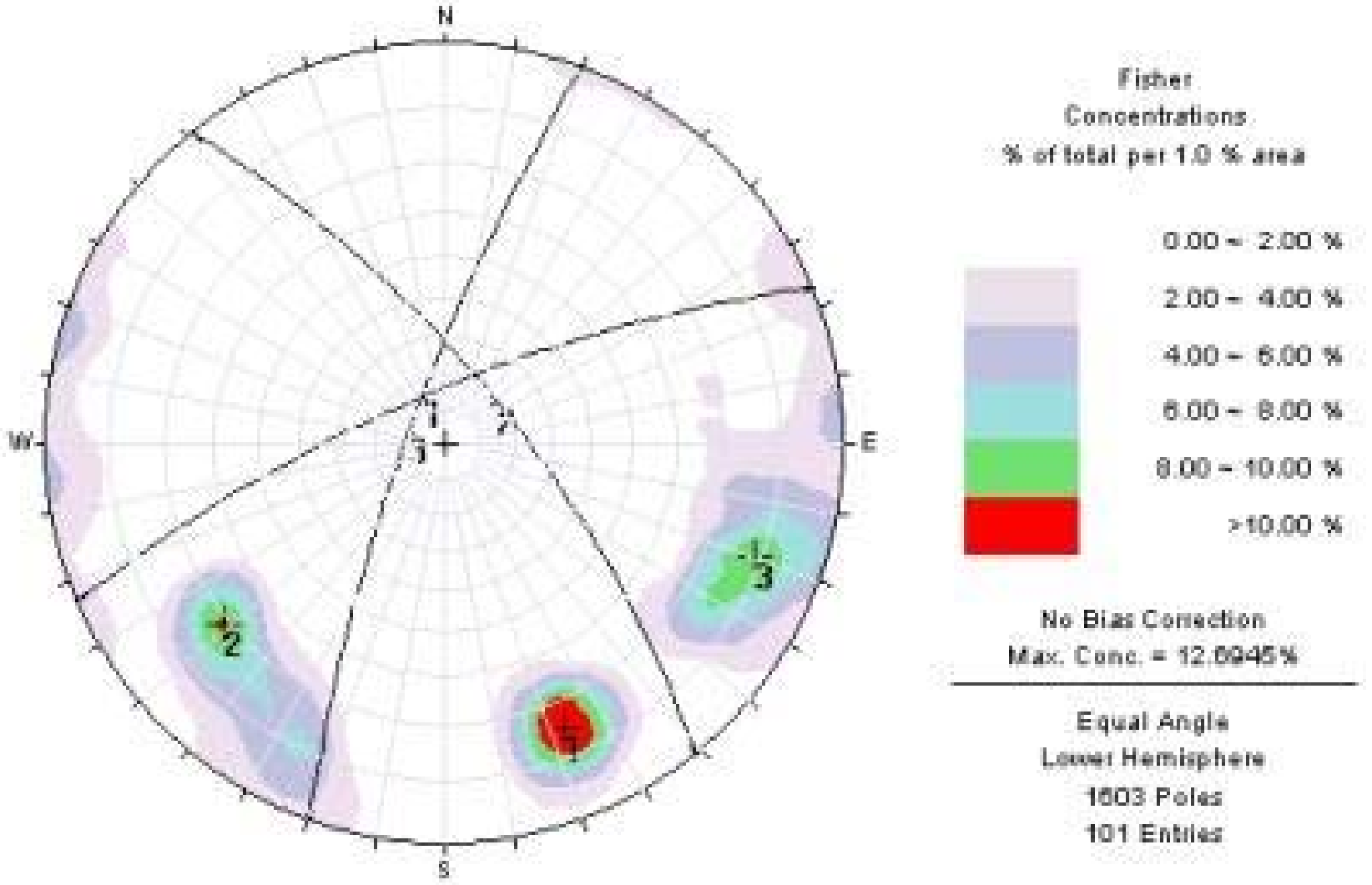


Apparent Strike
200 max planes / arc
at outer circle

Trend / Plunge of
Face Normal = 0, 90
(directed away from viewer)

No Bias Correction

1572 Planes Plotted
Within 45 and 90
Degrees of Viewing
Face


N
W
E
S
1
2
3
Fisher
Concentrations
% of total per 1.0 % area
0.00 – 2.00 %
2.00 – 4.00 %
4.00 – 6.00 %
6.00 – 8.00 %
8.00 – 10.00 %
>10.00 %
No Bias Correction
Max. Conc. = 12.6945%
Equal Angle
Lower Hemisphere
1603 Poles
101 Entries

Take Home??!!

- **فرق شبکه های مساحت مساوی و زاویه مساوی در چیست؟**

- **به کمک نرم افزار MATLAB تصویر استرئوگرافیک (Lambert) یا شبکه اشمیت را ترسیم نمائید.**