



I REGIONALNI KONGRES STUDENATA GEOTEHNOLOŠKIH FAKULTETA

UNIVERZITET U TUZLI  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-GRAĐEVINSKI  
FAKULTET TUZLA



ISSN 1512-7044

# ZBORNİK RADOVA

I REGIONALNOG KONGRESA STUDENATA GEOTEHNOLOŠKIH FAKULTETA  
Tuzla, 26. – 29.04.2007. godine

Posebno izdanje Zbornika radova  
Rudarsko-geološko-građevinskog fakulteta Tuzla  
Broj XXXIV

TUZLA, 2007

# СТРУКТУРНА АНАЛИЗА ЏЕБЕЛ ТАМЕДА (DJEBEL TAMMEDA) У АЛЖИРУ ПРИМЕНОМ СНИМАКА ЛАНДСАТ 7 САТЕЛИТА

## STRUCTURAL ANALYSIS DJEBEL TAMMEDA IN ALGERIA USING LANDSAT 7 SATELLITE IMAGES

Урош Ђурић<sup>1</sup>, Драгана Петровић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Рударско - геолошки факултет, Ђушина 7, Београд, Србија

### Абстракт

Структурна анализа Џебел Тамеда рађена је на снимку Ландсат 7 сателита снимљеног ЕТМ+ сензором (Enhanced Thematic Mapper). Овај сензор даје снимке у седам канала, који покривају видљиви и инфрацрвени део спектра, са резолуцијом 30m, и панхроматски снимак резолуције 15m. За анализу је коришћен део снимка из 197 орбите и 37 реда. Обрада снимка, анализа и графичка обрада резултата анализе рађена је у програмском пакету "TNTmips", у Центру за даљинску детекцију Рударско - геолошког факултета у Београду. Визуелизација и довођење снимака до нивоа који је омогућио прикупљање геолошких података, пре свега структурну анализу, обављено је поступцима процесирања. Дефинисањем границе подручја истраживања на снимку, екстрактовањем тог подручја и његовим геореференцирањем у изабрани координатни систем, извршено је отклањање геометријских деформација снимка. Подизање квалитета снимка (image enhancement) урађено је повећањем разлике контраста између суседних пиксела, подизањем резолуције снимка са 30m на 15m, коришћењем панхроматског снимка. Овако припремљен снимак је коришћен за геолошку анализу и интерпретацију. Геолошка анализа је обављена визуелно, уочавањем разлике и издвајањем подручја различитих својстава. Коришћени су стандардни критеријуми за геолошку анализу: геоморфолошке карактеристике, боја/тон тла, вегетација и структурне карактеристике. Анализом сколопа утврђени су набори и руптуре, њихов просторни положај и међусобни однос. Геолошком анализом су, такође, утврђене јединице различите литологије и старости. Резултати анализе су приказани у виду карте, преко снимка и као 3Д модел. За 3Д модел коришћен је дигитални елевациони модел терена.

**Кључне речи:** Алжир, даљинска детекција, процесирање снимака, структурна анализа

### Abstract

Structural analysis Djebel Tammeda performed on Landsat 7 satellite image obtained with ETM+ sensor (Enhanced Thematic Mapper). This sensor gives images in seven channels, which cover visible and infrared noise spectrum with 30 m resolution and panchromatic image with 15 m resolution. For analysis we used part of image which belong to the scene number from 197<sup>th</sup> orbit, 37<sup>th</sup> row in WRS (World Reference System). Processing, analysis and graphic process we performed with software package TNTmips in Remote Sensing Centre - Faculty for Mining and Geology ; Belgrade University. Visualization and restoring images to the quality level for acquisition of geological data, principally structural analysis, performed with image proceeding process. With region boundaries definition of examined image, its extraction and georeferencing into a chosen coordinate system we performed removal of image geometry deformation. We performed image enhancement with rising contrast of "nearest neighbors" pixels and with rising of image resolution from 30 m up to 15 m, with usage of panchromatic image. Image prepared on this way we used for geological analysis and interpretation. Geological analysis performed visually, noticing attribute differences between regions and its secession. Standard criteria used for geological analysis: geomorphologic characteristic, soil color, vegetation and structural characteristics. Analyzing constitution of terrain, we identify folds and ruptures, their spatial position and its correlation. With geological analysis, we also identify geological units with different litology and geological age. Results of analysis are shown with: map, image and 3D model. For 3D model is used digitally elevation model (DEM) of terrain

**Keywords:** Algeria, remote sensing, image processing, structural analysis

## 1. УВОД

Даљинска детекција, као метод геолошког истраживања, се развија веома брзо и то из човекове потребе да сагледа ствари ван својих природних могућности. Сагледавање подручја из космоса путем сателита и анализа добијених сателитских снимака отворили су врата новим сазнањима и новим приступима решавању различитих проблема. Ефикасност, са развојем ове технологије, у проучавању одређених подручја изузетно је порасла.

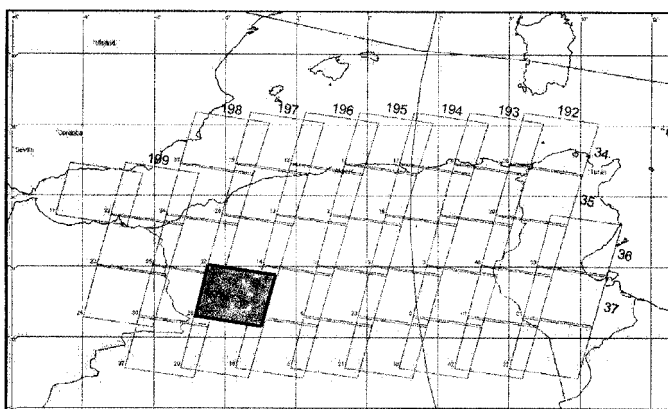
У суштини, за истраживање методама даљинске детекције мора постојати објект, тј. подручје које се истражује, а које зрачи електромагнетну енергију. Електромагнетна енергија може бити сопствена или рефлектована. Електромагнетну енергију региструју сензори који се налазе на платформама. Сензор електромагнетну енергију региструје у виду записа, снимака. Снимак се компјутерски доводи до одређеног квалитета. Врши се анализа снимка. Тумачење разлика у својствима и одређивање значења назива се интерпретација. Коначан продукт примене метода даљинске детекције је податак.

Циљ овог рада је прикупљање геолошких података, пре свега структурна анализа подручја Џебел Тамеда применом процесираних сателитских снимака мисије Ландсат 7. Из овако постављеног циља произашли су задаци који су дефинисани као: препроцесирање снимка, подизање квалитета снимку, избор критеријума за геолошку анализу и интерпретацију, анализа и интерпретација склопа, литологије и утврђивање могућности процесираних сателитских снимака у овако дефинисаном циљу истраживања.

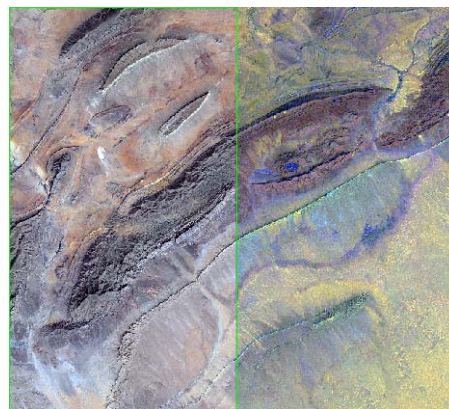
Џебел Тамеда се налази у северном Алжиру. Подручје припада Сахарском Атласу, који се карактерише геолошком еволуцијом алпског типа. Уочљиве су бројне уске антиклинале и отворене, широке синклинале. Интензивно убирање праћено је навлачењем и раседањем. Генерално посматрано подручје је планинског типа.

## 2. ПРИМЕЊЕНА МЕТОДОЛОГИЈА

Обрада снимка, анализа и графичка обрада резултата анализе рађена је у програмском пакету "TNTmips", у Центру за даљинску детекцију Рударско - геолошког факултета у Београду. Снимак Северног Алжира заузима у WRS (World Reference System) положај 197/37, где је 197 број орбите, а 37 број реда (Сл. 1.). Снимак је добијен у GeoTIFF формату, геореференциран је у WGS (World Geodetic System 1984) елипсоид и датум, UTM зоне 30 и 31. Снимак је начињен ETM+ сензором ("Enhanced Thematic Mapper" – побољшани мултиспектрални скенер за тематско картирање). Резолуција мултиспектралних канала је 30m, а панхроматског 15 m. За рад су коришћени колор композит снимак Ландсат 7 сателита и то комбинација канала 7,4,1 и панхроматски.(Сл. 2.)



Сл. 1. "World Reference system grid – North Algeria". Шрафуром је приказан снимак истражног подручја.



Сл.2. Сателитски снимак истраживаног подручја

Методика даљинске детекције примењена у овом раду обухвата следеће поступке:

- анализу расположивих геолошких карата
- процесирање сателитског снимка
- геолошку анализу процесираних снимка и интерпретацију података

### **Анализа расположивих геолошких карата**

Анализа постојећих геолошких карата је урађена у циљу постизања предзнања о геолошким односима подручја, уместо стандардног теренског рекогносцирања. Цео северни Алжир покривен је прегледном геолошким картом размере 1:500 000. Истраживано подручје тј. део Сахарског Атласа, покривено је картом размере 1:200 000 и 1:100 000. Анализом расположивих карата утврђен је однос јединица и стечена је општа слика о геолошкој грађи подручја.

### **Процесирање сателитских снимка**

У овој фази урађена је припрема снимка и карата за рад. У њој је спроведено прикупљање материјала, њихово довођење на ниво који ће пружити највише информација и њихово постављање у исти координатни систем.

Сателитски снимак је проведен кроз следећу процедуру обраде:

- препроцесирање снимка
- подизање визуелног квалитета снимка - "enhancement" који обухвата :
  - побољшање контраста
  - подизање просторне резолуције
  - геореференцирање графичких приказа

### Препроцесирање

Препроцесирањем су отклањене деформације проузроковане условима сателитског снимања као што су: удаљеност сензора од објекта, закривљеност земљине површине, присуство гасова у атмосфери (Павловић Р. и др 2004). Деформације које се јављају под овим условима су: радиометријске, геометријске и атмосферске деформације. Снимак који је коришћен за анализу набављен је са коригованом радијалном деформацијом. Геометријске деформације се јављају услед неподударња података на геолошким картама и података који су добијени са сателитског снимка. Отклањање ових деформација је обављено применом поступка геореференцирања. Атмосферске деформације се јављају услед присуства различитих врста гасова и влаге у земљиној атмосфери које утичу на дигиталне вредности снимка. Снимак који је коришћен за анализу је са занемарљивом атмосферском грешком, а квалитет је у погледу јасноће и читљивости задовољавајући па је процедура отклањања грешака сведена на минимум.

### Подизање квалитета снимка – "Image enhancement"

Поступци подизања квалитета и побољшања снимка се могу поделити на основне и посебне. У основне поступке се убрајају компјутерске операције које се изводе применом математичких операција у матричном облику кроз одређене алгоритме којима се потенцира нека одређена карактеристика на снимцима. Применом ових поступака оригиналне вредности пиксела се не мењају. Од основних поступака најчешће се изводе: оптимизовање количине осветљености (brightness) и потенцирање разлика пиксела (contrast).

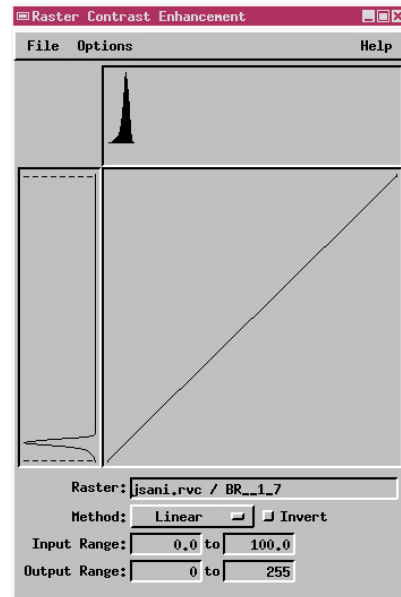
Применом компјутерског поступка оптимизовања количине осветљености мења се изглед снимка у смислу повећања или смањења количине осветљења. Овај поступак се користи искључиво за бољи визуелни приказ снимка. (Павловић Р. и др. 2004.).

## Потенцирање контраста снимка

Основни и најчешће коришћени компјутерски поступак побољшања изгледа снимка и поступак који је коришћен у овом раду је поступак потенцирања контраста. Применом промене контраста се наглашава финија тонска разлика између појединих делова снимка. Усклађивањем контраста истичу се специфичности облика и појава на снимку. Циљ примене овог поступка је вишеструко ефикаснија визуелна анализа и интерпретација снимака. Софтвер "TNTmips" омогућава примену више различитих алгоритама за потенцирање контраста. На анализираном снимку који је добијен комбинацијом канала 7,4,1, "rap" примењена је линеарна **трансформација**. Заснована је на пропорционалној измени дигиталних вредности пиксела. Изменама су добијене наглашеније разлике светлијих и тамнијих подручја снимака. (сл. 3,)



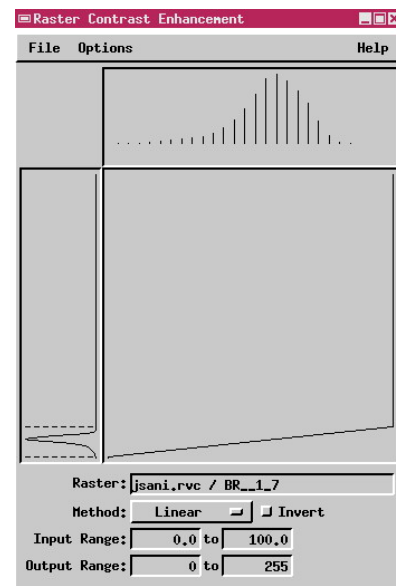
Сл. 3. Снимак Ландсат 7 сателита, канал 7, на коме није извршено побољшање контраста



Сл.4. Хистограм



Сл. 5. Снимак Ландсат 7 сателита, канал 7, после извршеног побољшања контраста, коришћењем линеарне методе

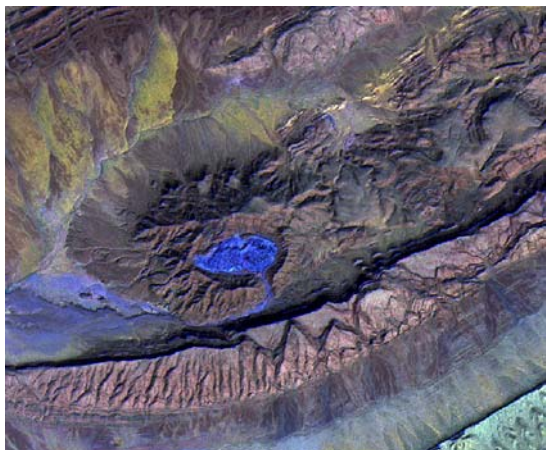


Сл.6. Хистограм

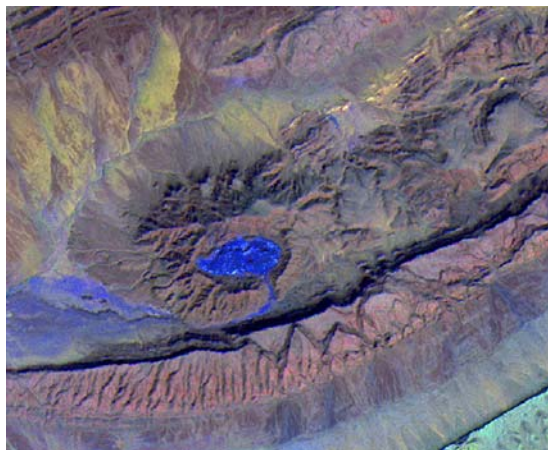


## Повећање резолуције снимка

Мултиспектрални снимци Ландсат 7 сателита су резолуције 30m. За побољшање резолуције са 30 метара на 15 метара искоришћен је панхроматски канал. У овој процедури коришћен је метод главних компоненти – “principal component”, а за трансформацију “resampling techniques”. У циљу добијања више информација везаних за литолошке разлике, урађена је деоба канала међусобом. Поступком су отклоњене разлике у рефлексiji светлости које су последица морфолошких утицаја. Резултати те деобе су третирани у различитим RGB (Red, Green, Blue) (сл.7.) комбинацијама. Да би се постигла пластичност рељефа и избегли оштри прелази боја коришћена је комбинација RGBI (Red, Green, Blue, Intensive) (сл. 8). “Intensive” управо даје пластичност и омогућава бољу анализу и прегледност.



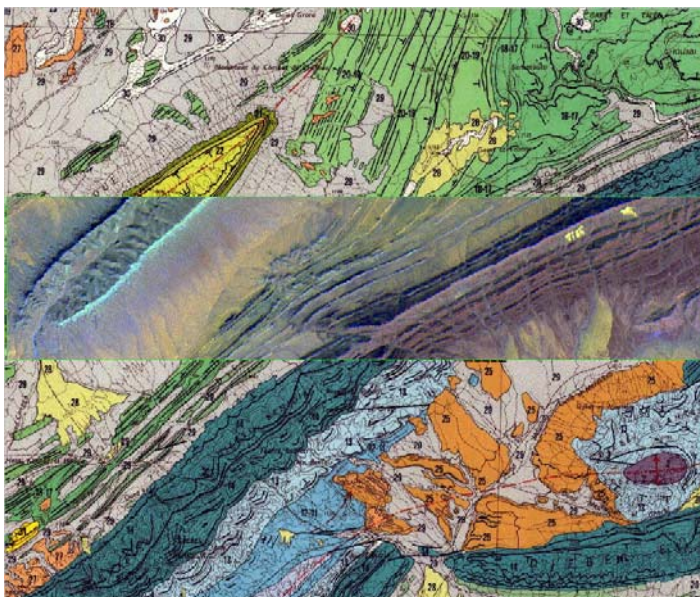
Сл.7. Снимак добијен комбинацијом RGB (Red, Green, Blue)



Сл.8. Снимак добијен комбинацијом RGBI (Red, Green, Blue, Intensive)

## Геореференцирање графичких приказа

Геореференцирање графичких приказа представља њихово увођење у јединствени координатни систем који обезбеђује њихово преклапање (Чолић С., 2006.). Ово је постигнуто тако што су препознате четири исте тачке на сателитском снимку и на геолошкој карти. Тачке су маркиране и аутоматски су снимци доведени у исти координатни систем. Геореференцирање је урађено како би подаци са геолошке карте поуздано могли да се упореде са сателитским снимком и на тај начин изврши верификација резултата анализе снимка. Геореференцирана геолошка карта се може преклапати са снимком и на тај начин се могу отклањати евентуалне недоумице у даљој анализи снимка.



Сл. 9. Сателитски снимак комбинован са геолошком картом

## Геолошка анализа сателитских снимака и интерпретација података

Под геолошком анализом сателитских снимака се подразумева утврђивање разлика и издвајање подручја различитих својстава. На подручју Џебел Тамеда рађена је визуелна - логичка анализа. Анализом постојећих геолошких карата и прелиминарном анализом процесираних снимка добијена је генерална представа о геолошком карактеристикама подручја и утврђени критеријуми за геолошку анализу.

### 1. Основни критеријуми геолошке анализе

#### Геоморфолошке карактеристике

Рељеф зависи од литолошког састава и склопа стена, од силе и времена у току ког та сила делује на стену (Марковић М., идр. 2003). Разлике у рељефу се могу констатовати уочавајући разлике у геолошкој грађи. Утврђивањем промене морфолошких карактеристика као што су: подручја различите густине дренаже, тип дренаже, промене у распореду и оријентацији токова, промена оријентације и облика гребена, врши се издвајање подручја изграђених од стена различитог састава и/или структуре, будући да су морфолошке разлике у директној зависности од карактеристике стена. При анализи посебно се утврђују облици савремених геоморфолошких процеса, који се издвајају на гентском принципу.

#### Боја стена и тла

Боја стене и тла, као критеријум, се заснива на претпоставци да боја, иако није на снимку природна већ добијена одређеним поступцима процесирања различитих канала, зависи од минералног, тј. литолошког састава, јер сваки елемент другачије рефлектује електромагнетну енергију. При томе се не узима у обзир неvezани, растресити материјал, већ матична стена. На снимку се уочава промена боје или нијансе исте боје. Боја се не може узети као главни критеријум за рашчлањавање јединица, јер исти елемент, тј. тло истог литолошког састава, а различите влажности емитује другачију енергију. На поузданост утичу и сенке које се могу јавити (нпр. када сунчева светлост долази са десне стране брда, са супротне, тј. леве, се јавља сенка, тамнији тон). Боја стене и тла на снимку може послужити као додатна, а никако једина информација о разликама у литолошком саставу.

#### Вегетационе карактеристике

На развој вегетације на неком подручју утичу климатски услови, тло, матична стена и други фактори, тако да вегетационе карактеристике као критеријум за утврђивање геолошких елемената имају бројна ограничења. Међутим вегетација, а нарочито линеарно распоређена, ипак може бити индикатор геолошких карактеристика, нарочито структурних.

Користећи утврђене критеријуме, на подручју Џебел Тамеда, урађена је детаљна анализа структурних елемената. Добијени су подаци о границама, раседима и трасама слојева, на основу чега је урађена интерпретација структура издвојених јединица.

### 2. Анализа структура

За издвајање јединица неопходно је утврдити положај граница, њихов однос, као и однос набора и разлома у издвојеним јединицама према граници. За идентификацију и издвајање **геолошких граница** коришћени су напред наведени критеријуми. Издвојена су два типа граница. Нормалну, конкордантну границу имају јединице са истим просторним положајем, слојеви у њима имају исто пружање и исти падни угао. Дискордантна граница је између оних двеју јединица које имају различит просторни положај, млађа јединица по правилу, има слојеве са мањим падом и другачије пружање у односу на старију. (сл. 10).



Сл.10. Границе геолошких јединица

Други анализирани елементи склопа су разломне структуре. Као разломне структуре, тј. **раседи** третирају се сви механички дисконтинуитети у стенској маси који су настали напрезањем.

За утврђивање раседа коришћени су следећи критеријуми:

- прекидање и померање траса слојева, као и прекидање и померање граница јединица,
- геоморфолошки, тонски и вегетациони линеаменти (нагло скретање тока под правим углом).

На основу поузданости, раседи су класификовани као сигурно утврђени и представљени. (Сл.11.).



Сл. 11. Карта руптурних елемената склопа

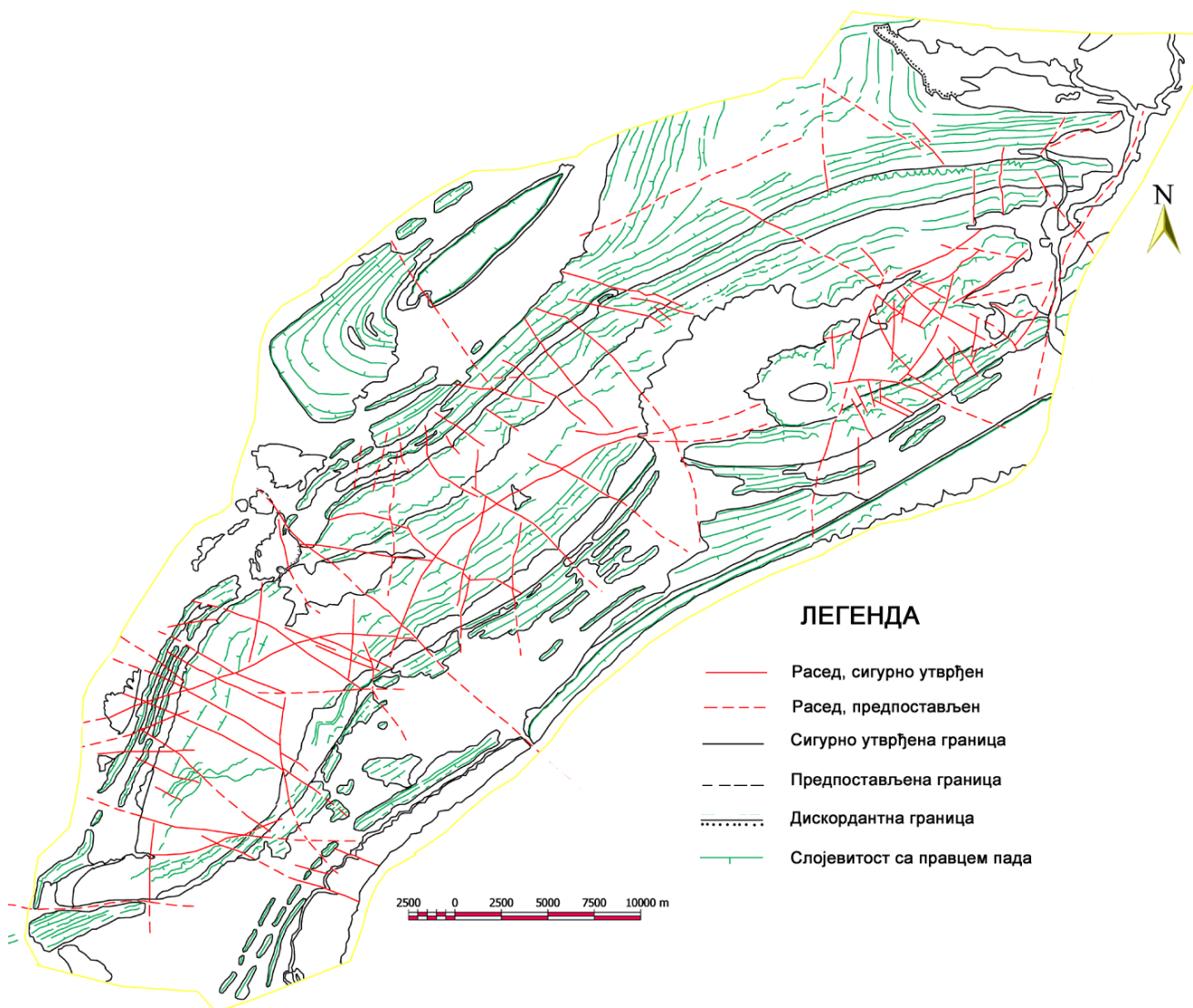
**Наборне структуре** су анализирани утврђивањем положаја слојевитости стена. На основу предходно описаних критеријума уочаване су трасе слојевитости као линије пресека површи слојева и површине терена. На основу просторне оријентације траса одређиван је смер пада слоја. Слојеви су уочавани на основу различите боје слојева, различите боје и густине вегетације, као и на основу различите отпорности на ерозију. **Трасе слојевитости** су на репрезентативном слоју прећене целом дужином. Неке трасе слојевитости су испрекидане раседима. Падни угао слоја није одређиван, означавају се само правац пада. Трасе слојевитости су означене зеленом бојом (сл. 12).





*Сл.12. Карта слојевитости - наборних структура*

Интегрисањем свих елемената склопа у јединствену слику добијена је геолошка карта подручја Џебел Тамеда (Сл.13.), на којој су бројевима означене издвојене геолошке јединице.



Сл.13. Карта елемената склопа

### Издвојене јединице

Квартарне творевине су специфичних геоморфолошких карактеристика у односу на остале јединице издвојене по старости. Квартарне творевине су без слојевитости. Уочљива је и другачија боја или тонови. У неким деловима истраживаног подручја, квартарне творевине се налазе у веома танком слоју преко друге јединице, тако да се старија јединица провиди кроз њих, када је уочљива морфологија и структура те јединице. У овом случају такво подручје није дефинисано као квартарна творевина, већ као јединица коју покрива. Као посебан вид квартарне творевине издвојени су алувијални седименти. Алувијални седименти су издвојени на основу светлије нијансе у односу на друге квартарне творевине и према локацији уз ток реке.

Поред квартарних творевина издвојено је још седам јединица различитих геоморфолошких карактеристика и различите старости.

Најстарија јединица (1) налази се у темену антиклинале. Заузима малу површину, нема изражену слојевитост, ни развијену дренажну мрежу. Преко ове издвојена је друга јединица (2). Заузима највеће распрострањење у језгру антиклинале. Ова јединица је друге боје у односу на најстарију. Карактерише се слабо израженом слојевитошћу, дугачким раседима чији је

генерални правац СЗ-ЈИ. Дренажна мрежа је густа, дубоко усечена и интегрисана. Ова јединица је морфолошки најбоље рашчлањена.

На крилима антиклинале утврђена је трећа (3) јединица, светлије нијансе у односу на другу. Ова јединица се такође карактерише развијеном својевитошћу, као и интензивним раседањем. Граница између друге и треће јединице је јасна због разлике у дебљини слојева и морфолошких карактеристика. Дренажа је слабије развијена, него у јединици 2.

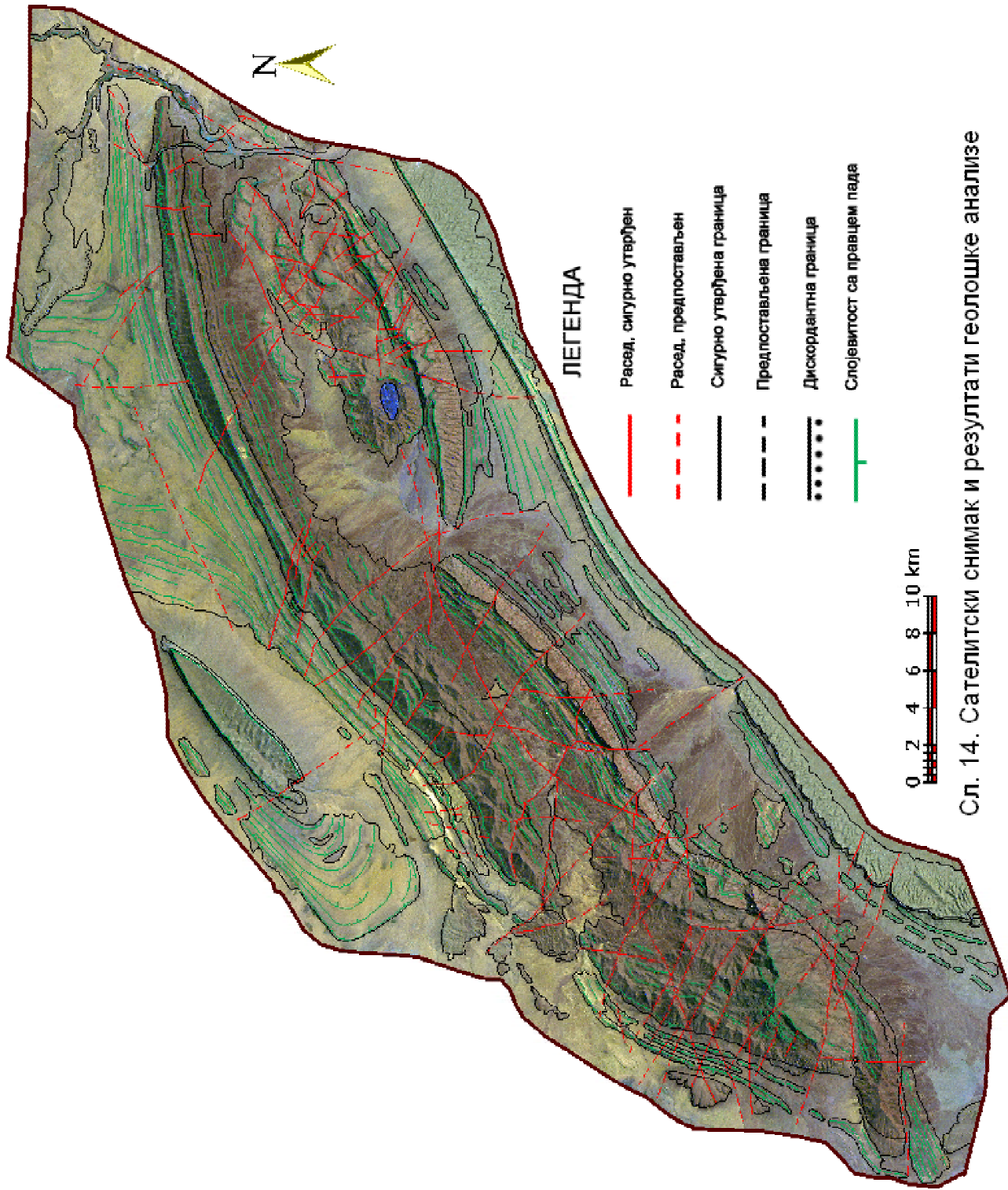
Четврта јединица (4) има добро изражене трасе слојевитости. Налази се на крилима синклинала. Светлије нијансе и слабије израседана. Дренажа је слабо развијена, јединица је неотпорна на ерозију, увек је ниско у рељефу, често је покривена квартарним седиментима.

У језгру синклинале је издвојена, посебна, пета јединица (5), на основу боје и морфологије. Слојевитост је слабо изражена, а због своје мале површине коју заузима није захваћена већим раседањем.

У језгру синклинала, издвојена је засебна, шеста јединица (6), која се карактерише слабо развијеном слојевитошћу. Граница између ове и пете јединице је јасна. Јединица има ретке раседе. Дренажа је специфична, густа - мали повремени токови.

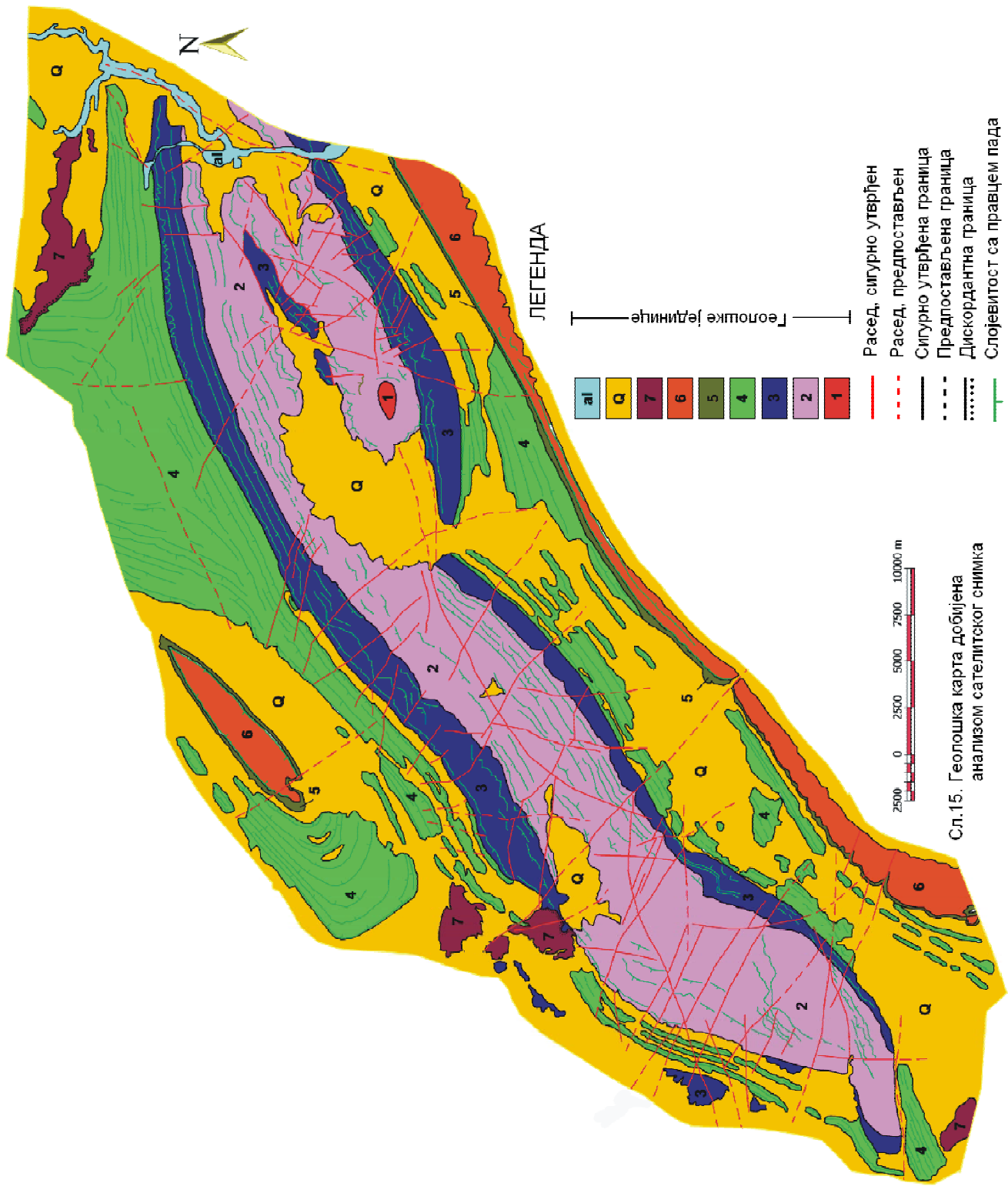
Јединица специфичних морфолошких карактеристика која има трансгресиван однос према старијим јединицама а издвојена је као засебна, седма (7). У овој јединици је дренажа веома густа, плитко усечена - кратки повремени токови, а слојевитост није утврђена.

Резултати геолошке анализе и интерпретације приказани су интегрално преко сателитског снимка као слика 14 и као слика 15.



Сл. 14. Сателитски снимак и резултати геолошке анализе

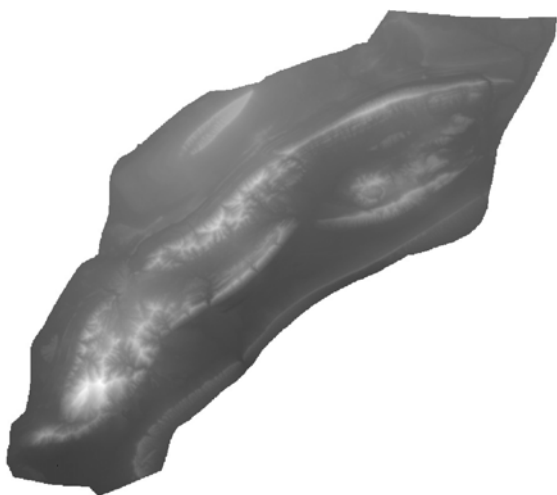




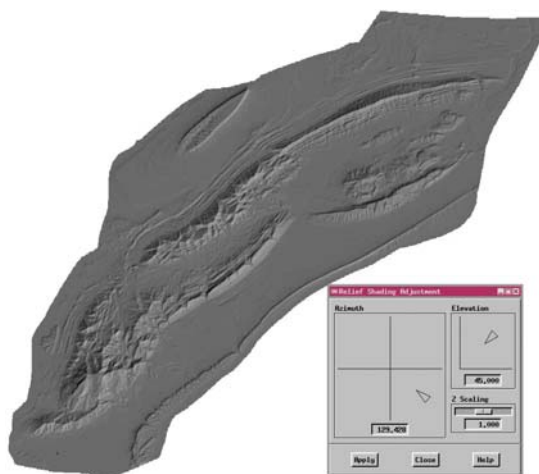
Сл.15. Геолошка карта добијена анализом сателитског снимка

## Дигитални елевациони модел ( ДЕМ ) и тродимензионални модел терена

За тродимензионални приказ резултата анализа и интерпретације сателитских снимка коришћен је дигитални елевациони модел (ДЕМ). Дигитални елевациони модел подразумева податке о терену у облику матрице висина терена (Бајат Б. 2004). Урађен према стандардној процедури, у програмском пакету TNTmips, представљао је основу (сл.16) преко које је "навучен" већ припремљени сателитски снимак (колоркомпозит 3,2,1). Модел је затим сенчен избором најповољнијег положаја светлости у зависности од пружања морфолошких елемената рељефа. На тај начин је добијен квалитетан тродимензионалан приказ рељефа (сл.17).

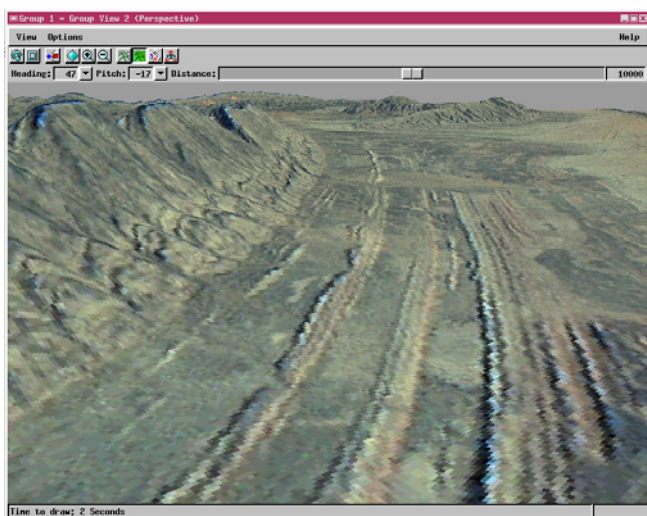


Сл. 16. Дигитални елевациони модел терена

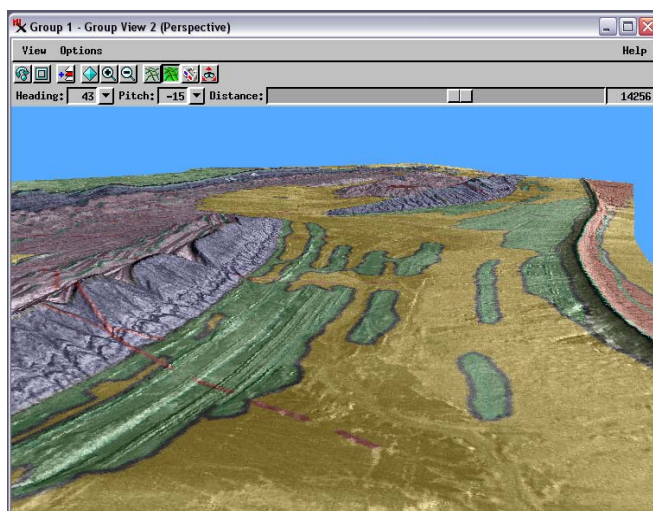


Сл.17. Сенчен дигитални елевациони модел

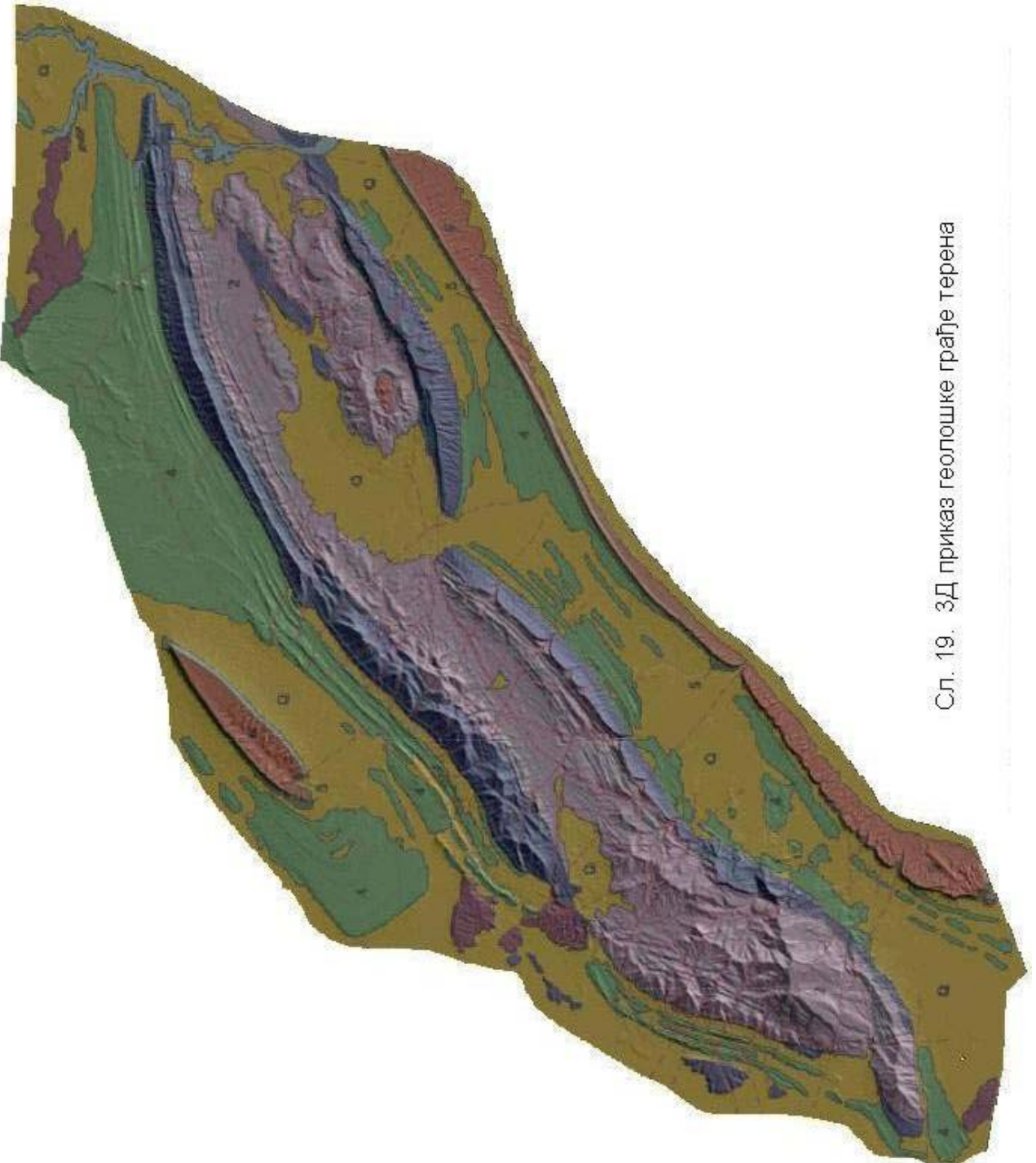
Тако добијени 3Д модел терена послужио је за 3Д илустрацију геолошких података. Геолошка карта је "навучена" преко њега и представља илустративан приказ просторног положаја јединица и елемената склопа (сл. 18.). Овакав 3Д модел је изванредна подлога за мерење елемената пада слојева, граница и раседа. У овом раду та могућност нажалост није искоришћена.



Сл. 18. Тродимензионални приказ дела истраживаног подручја



Сл.18а. 3Д приказ геолошке грађе - детаљ



Сл. 19. 3Д приказ геолошке грађе терена

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бајат Б., 2004 Прилог истраживању несигурности дигиталних модела терена као примарне базе података топографски хинформационих система, Грађевински факултет, Београд, Србија
2. Марковић М., Павловић Р., Чупковић Т., 2003: Геоморфологија, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, Србија
3. Павловић Р., Чупковић Т., Марковић М., 2004: Даљинска детекција, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, Србија
4. Pavlović R., Trivić B., Blagojević B., Jelenković R. and Čolić S.: Results of multi - spectral satellite images analysis in the study of the mt. Rudnik (Central Serbia) metalogeny ,Proceedings of First Mediterranean conference on Earth observation (Remote sensing) 2004, Belgrade, Serbia
5. Стевановић З., 1990: Увод у научно – истраживачки рад у области хидрогеологије, Рударско-геолошки факултет, Београд, Србија
6. Чолић С. 2006: Пројекат магистарске тезе, Рударско-геолошки факултет, Београд, Србија
7. TNTmips online reference manual - [www.microimages.com](http://www.microimages.com)
8. Wikipedia, internet free encyclopedia - [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)