

Professional Paper
 Received: 28-04-2008
 Accepted: 05-11-2008

A Remote Sensing Evaluation for Agronomic Land Use Mapping in the Tehran Province, Iran

Ehsan GOLMEHR

*Geo community Staff (Canada), Department of Geography (Mumbai University),
 Flat No. 12, Fourth Floor, No. 17, Shahamati Street, After Valiasr Square, Tehran, Iran*

e-mail: ehsan.golmehrgmail.com

62

Abstract: *It has become essential to prepare land use maps because they are recognized as necessary tools for preparation of land capability, land classification and land suitability maps, which in turn provide guidelines for regional planning, development and future orientation of agriculture in the regional system. The principal objective of this study is to identify, demarcate and map agricultural land use categories of the Tehran province on the basis of the remote sensing survey technique. In this research, Landsat ETM images from July 2007 were used to expose the use of the remote sensing technique in order to produce a current land use map of the study area. Analysis indicates that the major parts of the area comprise rangeland with the total surface area of 1 146 585 ha. About 102 080 ha of the total area were occupied by rock outcrop and forest. The remaining surface area was cultivated.*

Key words: *Land use, Landsat, rangeland, remote sensing, Tehran Province*

1. Introduction

Man has been using land for one purpose or another from time immemorial and the systematization of knowledge relating to land use dates back as far as the imposition of taxes on land according to its use and quality (Singh & Dhillon, 2004).

The beginning of land use studies and surveys may be traced to regional surveys which had been of a purely general academic interest until planners discovered the value of land use studies (Singh, 1997). However, the idea of a map showing the use of land was mooted by Sauer (1919).

The proximate survey technique was the earliest form of survey technique accurately marking the location of various objects on the surface of the earth. The new technique of land use mapping was developed to overcome the shortcoming of the proximate sensing technique. Satellites fitted with various remote sensing devices like electro-optical and non-photographic sensors have added a new dimension to this technique (Singh & Dhillon, 2004).

Different features, such as vegetation, water bodies, rock outcrops, land cover and similar have different electromagnetic energy (Neameh, 2003). Electromagnetic energy is the means by which information is transmitted from an object to a sensor (Elachi & Zyl, 2006). Sensors produce digital images to be sent to earth's receivers. In other words, remotely sensed data are measurements of reflected solar radiation, energy emitted by the earth itself.

In Iran, like in many other developing countries, land use planning is not practiced on a regular basis. In many parts, rangelands are converted into rainfed agriculture. This is often the starting point of degradation leading to accelerated erosion; land productivity in case of fertile soil is reduced.

Clearly, the current land use development in the Tehran province is lacking a firm sustainable basis. In addition, systematic land use planning has not been carried

Stručni rad
 Primljeno: 28-04-2008.
 Prihvaćeno: 05-11-2008.

Procjena kartiranja upotrebe poljoprivrednih zemljišta u pokrajini Teheran u Iranu s pomoću daljinskih istraživanja

Ehsan GOLMEHR

*Geo community Staff (Canada), Department of Geography (Mumbai University),
 Flat No. 12, Fourth Floor, No. 17, Shahamati Street, After Valiasr Square, Tehran, Iran*

e-mail: ehsan.golmehrgmail.com

63

Sažetak: *Potrebno je pripremiti karte upotrebe zemljišta koje se prihvaćaju kao alati potrebni za izradu karata mogućnosti zemljišta, klasifikacije zemljišta i prikladnosti zemljišta, a koje pak pružaju smjernice za regionalno planiranje, razvoj i buduću orijentaciju poljoprivrede u regionalnom sustavu. Glavni cilj ovog istraživanja bio je ustanoviti, označiti i kartirati kategorije upotrebe poljoprivrednog zemljišta pokrajine Teheran na temelju tehnike izmjere daljinskih istraživanja. U ovom su istraživanju upotrijebljene snimke Landsat ETM od srpnja 2007. kako bi se izložila upotreba tehnike daljinskih istraživanja i proizvela ažurna karta upotrebe zemljišta proučavanog područja. Analiza pokazuje da područje uglavnom čini zemljište pod prirodnom vegetacijom s ukupnom površinom od 1 146 585 ha. Otprilike 102 080 ha ukupne površine zauzimaju stijene i šume. Preostala površina se obrađuje.*

Gljučne riječi: *upotreba zemljišta, Landsat, zemljište pod prirodnom vegetacijom, daljinska istraživanja, pokrajina Teheran*

Počeci proučavanja upotrebe i izmjere zemljišta mogu se povezati s istraživanjima koja su bila od općenitog akademskog interesa sve dok prostorni planeri nisu otkrili vrijednost istraživanja upotrebe zemljišta (Singh, 1997). Međutim, ideju o karti koja pokazuje upotrebu zemljišta prvi je razmatrao Sauer (1919).

Tehnika izmjere na blizinu bila je prvi oblik tehnike izmjere koja je točno označavala smještaj različitih objekata na Zemljinoj površini. Nova tehnika kartiranja upotrebe zemljišta razvijena je kako bi se svladao nedostatak tehnike izmjere na blizinu. Sateliti s montiranim različitim uređajima za daljinska istraživanja poput elektrooptičkih i nefotografskih senzora pružili su novu dimenziju toj tehnici (Singh i Dhillon, 2004).

Različita obilježja, poput vegetacije, vode, stijena, pokrova i slično imaju različitu elektromagnetsku energiju (Neameh, 2003). Elektromagnetska energija je način na koji se informacije prenose od objekta do senzora (Elachi i Zyl, 2006). Senzori proizvode digitalne snimke koje se šalju primateljima na Zemlji. Drugim riječima, podaci dobiveni na daljinu su mjere reflektirana Sunčeva zračenja, energije koju odašilje sama Zemlja.

U Iranu, kao i u mnogim drugim zemljama u razvoju, planiranje upotrebe zemljišta ne provodi se redovito. U mnogim se dijelovima zemljišta pod prirodnom vegetacijom pretvaraju u poljoprivredna zemljišta bez navodnjavanja. To je često početak propadanja što dovodi do ubrzane erozije; plodnom tlu se smanjuje produktivnost.

Jasno je da trenutačnom razvoju upotrebe zemljišta u pokrajini Teheran nedostaje čvrsti održivi temelj. Osim toga, još nije provedeno sustavno planiranje upotrebe

1. Uvod

Ljudi od pamtivijeka upotrebljavaju zemljište u različite svrhe, a sistematizacija znanja o upotrebi zemljišta pojavila se već s uvođenjem poreza na zemljište ovisno o upotrebi i kvaliteti (Singh i Dhillon, 2004).

out in the area so far. A systematic inventory and analysis of present land resource and land use patterns is therefore required to be followed by a sound land use planning. In this way, land use can be optimized on a sustainable basis with due consideration of government policy objectives and farmers' priorities in the area.

2. Study Area

The study area covers the Tehran province, one of the thirsty provinces of Iran. The area under study lies between 50°10' and 53°8' North latitudes and 35°1' and 36°20' East longitude.

The study area is located to the north of the central plateau of Iran. The province of Tehran has over 12 000 000 inhabitants and is Iran's most densely populated region. Approximately 84.15% of the population

resides in urban areas and 15.85% reside in rural areas of the province.

The highest point of the province is Mount Damavand situated at an elevation of 5678 m and the lowest point of the province in the plains of Varamin, 790 m above sea level.

The largest rivers of this province are the Karaj River and the Jajrud River. Mountain ranges such as the Alborz span the north; Savadkooch and Firuzkooch in the north east; Lavasanat, Qarah daq, Shemiranat, Hassan abad and Name Mountains in the southern areas; Babi shahr Banoo and Alqadr are situated in the south east and the heights of Qaser-e-firoozeh are located to the east of the province.

Geographically speaking, the study area is located, in a microscopic view, in the depression surrounded by areas of the great Alborz mountain massif, west Zagros

64

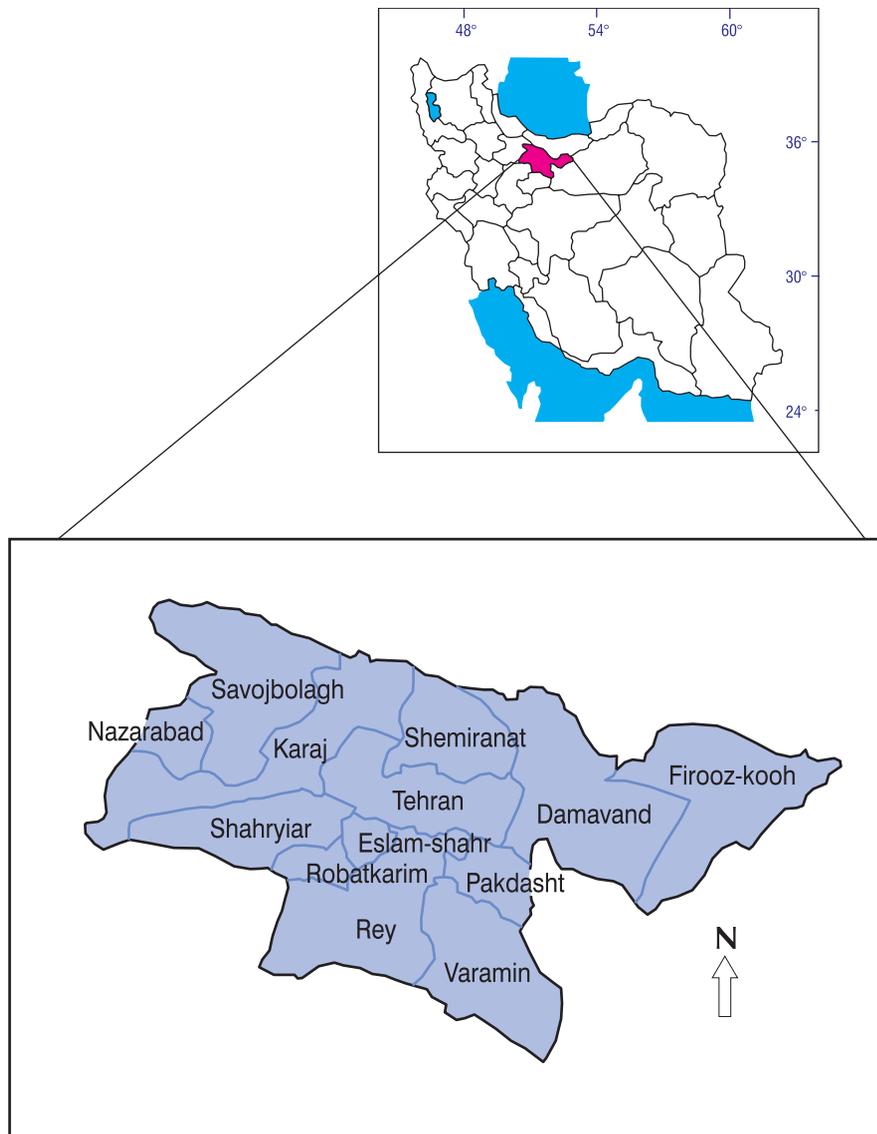


Fig. 1. Study area
Slika 1. Proučavano područje

zemljišta na tom području. Stoga je potrebno da nakon sustavne inventarizacije i analize postojećih zemljišnih resursa i obrazaca upotrebe zemlje uslijedi ispravno planiranje upotrebe zemljišta. Na taj se način upotreba zemljišta može optimizirati na održivom temelju s obzirom na ciljeve vladine politike i prioritetima farmera na tom području.

2. Proučavano područje

Proučavano područje pokriva Teheran, jednu od žednih pokrajina Irana. Proučavano područje leži između 50°10' i 53°8' sjeverne geografske širine te 35°1' i 36°20' istočne geografske dužine.

Područje je smješteno sjeverno od središnje visoravni Irana. U pokrajini Teheran živi više od 12 000 000 stanovnika te je najgušće naseljena regija Irana. Otprilike 84,15% stanovništva živi u gradskim područjima, a 15,85% živi u seoskim područjima pokrajine.

Najviša točka u pokrajini je planina Damavand, koja se nalazi na visini od 5678 m, dok je najniža točka ravnica Varamin na 790 m nadmorske visine.

Najveće rijeke u pokrajini su Karaj i Jajrud. Planinski lanci poput Alborza protežu se na sjeveru; Savadkooh i Firuzkooh na sjeveroistoku; Lavasanat, Qarah daq, Shemiranat, Hassan abad i Name Mountains u južnim područjima; Babi shahr Banoo i Alqadr nalaze se na jugoistoku, a vrhunci Qaser-e-firoozeh na istoku pokrajine.

Geografskim jezikom, proučavano područje nalazi se, mikroskopski gledajući, u depresiji okruženoj područjima velikoga planinskog masiva Alborz, zapadnih brda Zagros i zapadnog dijela slane pustinje Kavir, s nadmorskim visinama od 800 do 4300 m. Najviša zabilježena ljetna temperatura u proučavanom području iznosila je 42 °C, a najniža zimska -8 °C.

Klima je u tom području mediteranska sa zračnom masom koja zimi stiže sa zapada, a ljeti s istoka. Vlažna kišna zračna masa dolazi sa zapada ili sjevera i zaslužna je za oborine pri prelasku Azerbajdžana, planina Zagros i Alborz, gubeći utjecaj na putu prema istoku i jugu. Zbog toga su jačina i količina oborina u tom području pod utjecajem geografske širine i nadmorske visine. Pada 700 mm ili više oborina u zapadnim i sjevernim brdima, a 100 mm ili manje na južnoj i istočnoj granici u blizini slane pustinje Kavir (slika 1).

3. Metode klasifikacije upotrebe zemljišta

Postoje različite tehnike, uključujući višespektralnu klasifikaciju i poboljšanje snimaka za klasifikaciju upotrebe zemljišta. Sljedeći dijagram toka prikazuje obradu snimke (slika 2).

3.1 Ispravljanje snimke

Ispravljanje snimke uključuje ispravljanje podataka dobivenih od satelita, što se može učiniti prije klasifikacije. Moguće je učiniti sljedeće ispravke.

3.1.1 Ispravljanje zamagljenja

Vodena para i raspršene čestice u atmosferi dovode do niskoga kontrasta snimke i utječu na vidljive i infracrvene pojaseve ETM-a. Ispravljanje zamagljenja izvedeno je primjenom skripte PCI Geomaticsa *simple haze correction*.

3.1.2 Geometrijsko ispravljanje

Podaci daljinskih istraživanja pod utjecajem su geometrijskih izobličenja zbog geometrije senzora, nestabilnosti skenera i platforme, Zemljine rotacije, velike nadmorske visine itd. Podaci u sirovom formatu nisu georeferencirani. Kako bi se te podatke integriralo s drugim podacima u GIS-u, tj. kako bi se moglo raditi u okruženju GIS-a, potrebno je snimku georeferencirati upotrebom postojećih karata (Joseph, 2005). Za ispravljanje i georeferenciranje snimke upotrijebljene su Univerzalna poprečna Mercatorova projekcija (UTM) i afina transformacija.

3.2 Poboljšanje snimka

Tehnika poboljšanja snimaka upotrebljava se kako bi se sirova snimka učinila interpretabilnijom. Ona poboljšava njezinu kvalitetu i vizualni učinak za ljudsko oko (Barbe, 1975). Mnoge tehnike i metode poboljšanja snimaka upotrebljavaju se za vizualnu interpretaciju, međutim najprimjerenije su sljedeće tehnike:

- Normalizirani indeks razlike u vegetaciji (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI)
- Analiza glavnih komponenti (Principal Component Analysis – PCA)

3.2.1 Normalizirani indeks razlike u vegetaciji (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI)

Normalizirani indeks razlike u vegetaciji daje dobre rezultate pri utvrđivanju područja pokrivenoga vegetacijom. NDVI se temelji na svojstvima refleksije područja pod vegetacijom za razliku od oblaka, vode i snijega s jedne strane, te stijena i golog zemljišta s druge. Područja pod vegetacijom imaju relativno visoku refleksiju u blisku infracrvenom rasponu spektra, a nisku u vidljivom. Oblaci, voda i snijeg imaju višu vizualnu nego blisku infracrvenu refleksiju. Stijene i gola zemljišta imaju sličnu refleksiju za oba spektralna područja (Cees i Farifteh, 2001).

Vegetacijski pokrov moguće je razlikovati od ostalih vrsta pokrova s pomoću omjera NIR/Red. Sljedeća jednostavna formula upotrijebljena je za određivanje zelenog pokrova:

$$NDVI = (ETM4 - ETM3) / (ETM4 + ETM3) * 128 + 127,$$

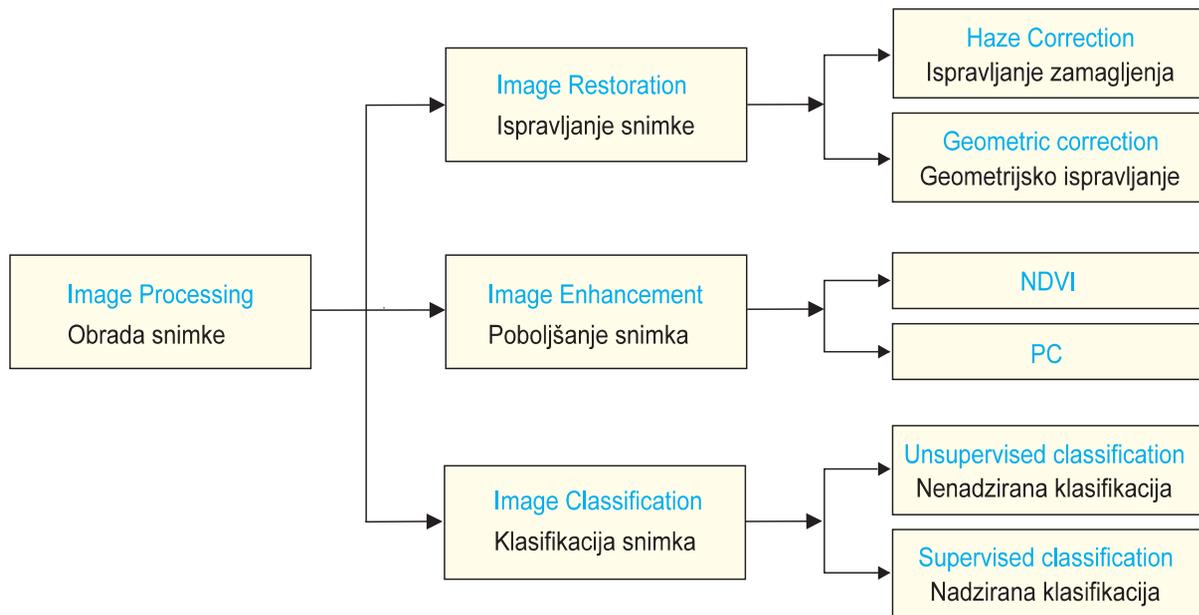


Fig. 2. Flowchart of image processing
Slika 2. Dijagram toka obrade snimaka

66

highlands and western part of the Kavir salt desert, specified by altitude ranging from 800 m to 4300 m above mean sea level. The highest recorded summer temperature in the study area has been 42°C, while the lowest has been registered at -8°C.

The climate of the area is Mediterranean with air mass brought from west in winter and from east in summer. Pluvial air mass visits the area from west or north with humidity which is responsible for precipitation when crossing Azerbaijan, Zagros and Alborz mountains, losing its influence as it advances further towards east and south. For this reason, intensity and amount of precipitation in the area is controlled by latitude and altitude. The area receives 700 mm or more rainfall in the western and northern highlands and 100 mm or less in the southern and eastern border near the Kavir salt desert (Fig. 1).

3. Methods of Land use Classification

There are different techniques, including multi-spectral classification and image enhancement for land use classification. The following flowchart shows image processing (Fig. 2).

3.1 Image Restoration

Image restoration includes correction of data received from the satellite which can be made before classification. The following corrections have to be done.

3.1.1 Haze Correction

Due to water vapour and suspended particles in the atmosphere which result in low image contrast and

affects visible and infrared ETM bands, Haze correction was used by applying the "simple haze correction" script of PCI Geomatics.

3.1.2 Geometric Correction

Remote sensing data is affected by geometric distortions due to sensor geometry, scanner and platform instabilities, earth rotation, high altitude, etc. and since the images in the raw format are not georeferenced, in order to integrate these data with other data in GIS, i.e. to be able to work in a GIS environment, it is necessary to georeference the image, using existing maps (Joseph, 2005). A Universal Transverse Mercator projection (UTM) and affine transformation were used for correcting and georeferencing the image.

3.2 Image Enhancement

The image enhancement technique is done to make a raw image more interpretable. It improves its quality and its visual impact for the human eye (Barbe, 1975). Many techniques and methods of image enhancements are used for visual interpretation; however the following techniques are the most suitable:

- Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
- Principle Component Analysis (PCA)

3.2.1 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

The Normalized Difference Vegetation Index gives a good result for determining vegetated areas. NDVI is based on the reflectance properties of vegetated areas as compared to clouds, water and snow on the one hand,

Table 1. Land use areas extracted from NDVI
Tablica 1. Područja upotrebe zemljišta dobivena iz NDVI-a

Land use Upotreba zemljišta	Area (Ha) Površina (ha)	Area % Postotak površine
Rock outcrop Stjenovito	99 080	5.3
Range Zemljišta pod prirodnom vegetacijom	1 146 585	61.3
Forest Šume	3 435	0.2
Agriculture Poljoprivredno zemljište	434 695	23.2
Fair Range Ostalo	186 505	10.0

gdje su ETM4 spektralni pojas 4 ETM-a i ETM3 spektralni pojas 3 ETM-a.

Brojevi 127 i 128 su parametri za izbjegavanje negativnog predznaka. Nakon utvrđivanja NDVI-a, upotrijebljena je mogućnost rezanja gustoće za razlikovanje područja s različitim gustoćama vegetacije kako bi se moglo klasificirati različite vegetacijske pokrove (tablica 1). Napravljena je podjela na četiri razreda upotrebe zemljišta/pokrova: stijene, zemljišta pod prirodnom vegetacijom, šume, poljoprivredno zemljište (uključuje zemljišta s navodnjavanjem i bez njega) i ostalo. Rezultat klasifikacije NDVI-a pokazao je da nije moguće razlikovati suha zemljišta i zemljišta pod prirodnom vegetacijom, budući da je refleksija između poljoprivrednog zemljišta bez navodnjavanja i zemljišta pod prirodnom vegetacijom u planinskim i brdovitim područjima jednaka i ne može se dobro upotrebljavati za poljoprivredna zemljišta.

3.2.2 Analiza glavnih komponenata (Principle Component Analysis – PCA)

PCA se može primijeniti za sažimanje redundantnih podataka u manje slojeva i transformaciju skupa pojaseva snimaka tako da novi slojevi (također zvani komponente) nisu u međusobnoj korelaciji (Cees i Farifteh, 2001). Visoka korelacija između pojaseva u višespektralnim snimcima poput snimaka Landsat uzrokuju mnogo redundantnosti i konačno pomiješane piksele, što komplicira klasifikaciju.

Analiza glavnih komponenata je statistička metoda koja se upotrebljava za sažimanje originalnog skupa podataka bez gubitka previše informacija. Računanje glavnih komponenata poznato je kao metoda smanjenja spektralnog šuma/redundantnosti (Richards, 1993).

Analiza glavnih komponenata skuplja informacije o spektralnim pojasevima koji se upotrebljavaju u oblaku točaka u višedimenzionalnom prostoru i računa novi optimalni skup osi za promatrani oblak podataka. Broj glavnih komponenata jednak je broju ulaznih pojaseva. Prva glavna komponenta određena je najvećom varijansom početnog skupa podataka; posljednja glavna komponenta određuje preostalu varijancu (Janssen i Herwijnen, 1994).

Glavna komponenta 1: korisna za proučavanje poljoprivrednog zemljišta i geologije.

Glavna komponenta 3: korisna za proučavanje golog zemljišta.

Glavna komponenta 4: korisna za proučavanje poljoprivrednih zemljišta.

3.3 Tehnike klasifikacije snimaka

U istraživanjima se upotrebljavaju dvije tehnike klasifikacije snimaka.

3.3.1 Nenadzirana klasifikacija

Klasifikacija se obavlja automatski, upotrebom samo informacija digitalne snimke. U takvom tipu klasifikacije, računalo statistički pridružuje obilježjima spektralne razrede.

3.3.2 Nadzirana klasifikacija

U kombinaciji višespektralnih pojaseva, tri pojasa uključujući ETM4, 3 i 2 upotrijebljena su za nadzor klasifikacije, koja se temelji na podacima o zemljištu prikupljenima na terenu s pojedinih nalazišta uzoraka za uvježbavanje (*training sample sites*). Klasifikacija pod nadzorom

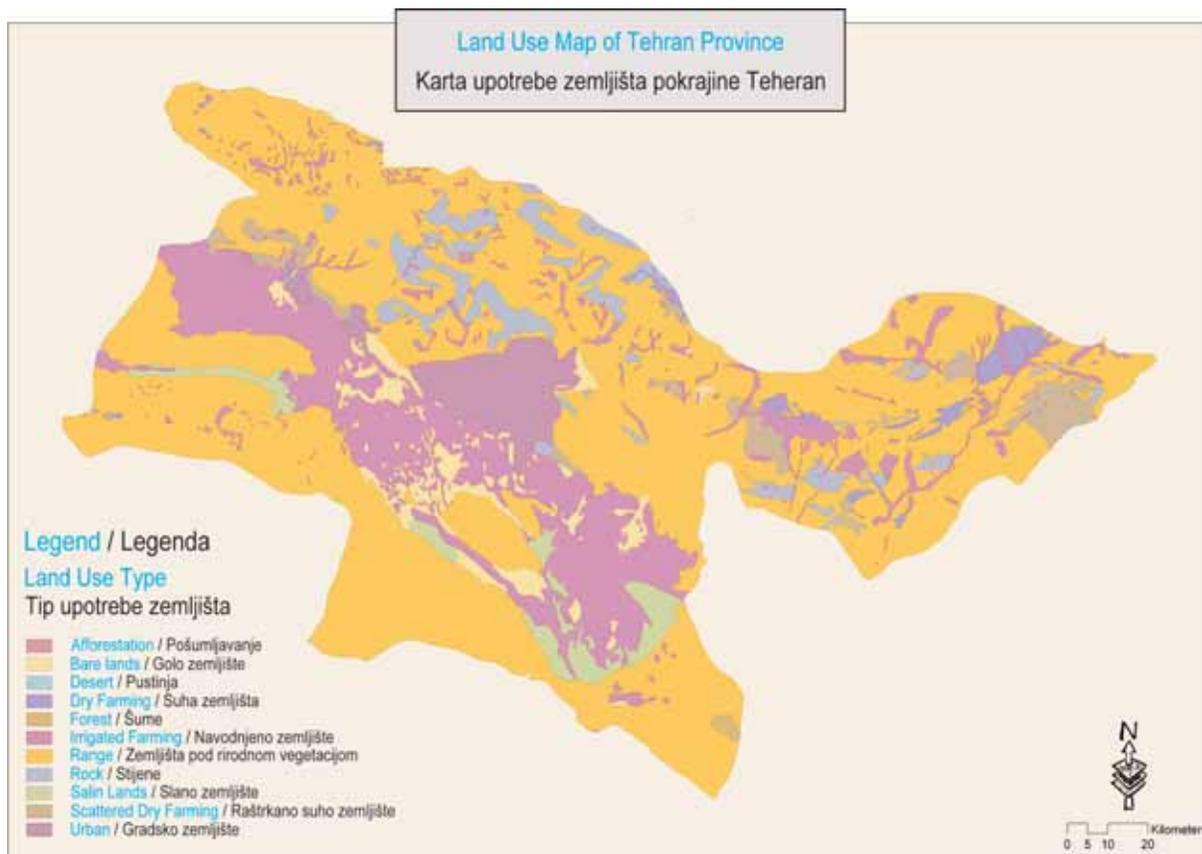


Fig. 3. Map of current land use
Slika 3. Karta sadašnje upotrebe zemljišta

rocks and bare soil on the other. Vegetated areas have a relatively high reflection in the near infrared and a low reflection in the visible range of the spectrum. Clouds, water and snow have larger visual than near infrared reflectance. Rock and bare soil have similar reflectance in both spectral regions (Cees & Farifteh, 2001).

Vegetation cover can be differentiated from the other ground cover types by NIR/Red ratio. The following simple formula was used to identify green cover:

$$NDVI = (ETM4 - ETM3) / (ETM4 + ETM3) * 128 + 127,$$

where ETM4 is ETM spectral band 4 and ETM3 is ETM spectral band 3.

The numbers 127 and 128 are factors to avoid negative index. After determining the NDVI, the density slicing option was applied for differentiating areas with varying vegetation densities in order to classify different vegetation covers (Table 1). It is divided to four land use / cover classes: rock outcrop, rangeland, forest, agriculture (which include both irrigated and rainfed lands) and fair range. The result of the NDVI classification showed that it was not possible to distinguish dry land farming and the rangeland, as the reflectance between rainfed cropland and rangelands in the mountain and hill land are the same and it can not be used well for agricultural lands.

3.2.2 Principle Component Analysis (PCA)

PCA can be applied to compact redundant data into fewer layers and can be used to transform a set of image bands, as that the new layers (also called components) are not correlated with one another (Cees & Farifteh, 2001). High correlation between bands in multispectral images such as Landsat image cause a lot of redundancy and ultimately give mixed pixels, which complicate classification.

Principal Component Analysis is a statistical method used for compressing the original data set without losing too much information. The Principal Component Calculation is known as a method to extract or reduce spectral noise/redundancy (Richards, 1993).

The Principal Component Analysis collects information of the spectral bands used in a cloud of points in a multidimensional space and calculates a new optimum set of axes through these cloud data points. The number of Principal Components is equal to the number of input bands. The first PC is defined by maximum variance of the original data set; the last PC defines the leftover variance (Janssen & Herwijnen, 1994).

PC1: Useful for studies of agricultural land and geology.

PC3: Useful for studies of bare soil.

PC4: Useful for studies of agricultural lands.

Table 2. Area and Percentage of Different Land Uses in the Tehran province
 Tablica 2. Površina i postotak različitih upotreba zemljišta u pokrajini Teheran

Land use Type Tip upotrebe zemljišta	Area (Ha) Površina (ha)	Area (%) Površina (%)
Range / Zemljišta pod prirodnom vegetacijom	1 146 585	61.30
Forest / Šuma	3 000	0.18
Irrigated land / Navodnjeno zemljište	350 355	18.70
Rainfed land / Poljoprivredno zemljište bez navodnjavanja	28 435	1.50
Scattered rainfed / Raštrkano poljoprivredno zemljište bez navodnjavanja	55 905	3.00
Rock Outcrops / Stijene	99 080	5.30
Saline land / Slano zemljište	56 305	3.00
Bare lands / Golo zemljište	59 575	3.20
Urban / Gradsko zemljište	70 625	3.80
Afforestation / Pošumljavanje	435	0.02
Total / Ukupno	1 870 300	100.00

je postupak u kojem korisnik unaprijed definira spektralne razrede. Odabiru se uzorci za uvježbavanje (*training samples*), gdje se vrijednosti pridružuju poznatim pikselima. Unutar unaprijed odabranih klastera, terensko uzorkovanje je provedeno na temelju znanja o opažanom terenu i naziva se klasifikacija temeljena na znanju (Abkar, 1994). Nakon konstrukcije uzoraka za uvježbavanje, snimka je klasificirana upotrebom metode klasifikacije na temelju najveće vjerojatnosti s pragom 100.

4. Sadašnja upotreba zemljišta

U kombinaciji višespektralnih pojaseva, tri pojasa uključujući ETM4, 3 i 2 upotrijebljena su za prikazivanje klasifikacije upotrebe zemljišta, koja se temelji na podacima zemljišta prikupljenima na terenu, na nalazištima uzoraka za uvježbavanje. Postupak klasifikacije pod nadzorom upotrijebljen je za procjenu sadašnje upotrebe zemljišta upotrebom spektralnih razreda (slika 3). Tablica 2 pokazuje tipove trenutačne upotrebe zemljišta i njihovu površinu.

5. Zaključak

Analiza pokazuje da područje pokrajine Teheran uglavnom čine zemljišta pod prirodnom vegetacijom s ukupnom površinom od 1 146 585 ha. Otprilike 102 080 ha od

ukupne površine zauzimaju stijene i šume. Preostala površina se obrađuje.

Budući da je snimka ETM-a od srpnja, a to je doba rasta usjeva, nastaje problem razlikovanja suhog zemljišta i zemljišta pod prirodnom vegetacijom. Stoga je bilo teško razlikovati zemljišta pod prirodnom vegetacijom od usjeva na zemljištu bez navodnjavanja. Klasifikacija miješanih piksela ostaje problematičnom, posebno u zemlji poput Irana, gdje još nije u potpunosti riješen problem zemljišnog zakupa. Dodatan je ozbiljan problem pretvorba zemljišta pod prirodnom vegetacijom u obrađena zemljišta, koja se nakon nekoliko godina zapuštaju i ponovno upotrebljavaju kao slaba zemljišta pod prirodnom vegetacijom.

Zahvale

Prvo bih želio izraziti zahvalnost Sveučilištu Mumbai, koje mi je dalo dom u kojem se mogu razvijati kao istraživač.

Posebno bih želio zahvaliti dr. Ambadadasu S. Jadhavu, pročelniku Odjela za geografiju na Sveučilištu Mumbai, koji mi je omogućio raditi u svojstvu istraživača pod njegovim nadzorom. Hvala Vam na Vašem znanju i savjetima kao prijatelju!

Zahvaljujem svojoj obitelji na podršci, strpljenju i razumijevanju.

3.3 Image Classification Techniques

There are two image classification techniques in the present research which are as below.

3.3.1 Unsupervised classification

Classification is done automatically, using only information of the digital image. In this type of classification, computer statistically assigns spectral classes to the features.

3.3.2 Supervised classification

In the combination of multi-spectral bands, three bands including ETM4, 3 and 2 were used to supervise classification, which is based on ground data collected in the field, from training sample sites. Supervised classification is the procedure in which user predefines spectral classes. Training samples are selected, where known pixels are assigned. Within pre-selected clusters, terrain sampling was done based on field observation knowledge named knowledge-based classification (Abkar, 1994). After constructing the training samples, the image was classified using the Maximum likelihood classification with threshold 100.

4. Present Land Use

In the combination of multi-spectral bands, three bands including ETM4, 3 and 2 were used to present land use classification, which is based on ground data collected in the field, from training sample sites. The supervised classification procedure was used to prepare

current land use using spectral classes (Fig. 3). Table 2 shows the types of current land use and their area.

5. Conclusion

Analysis indicates that the major parts of the area comprise rangeland with the total surface area of 1 146 585 ha. About 102 080 ha of the total area was occupied by rock outcrop and forest. The remaining surface area was cultivated.

Since the ETM image was from July, which is the time of growing crops, the problem of distinguishing dry land and rangelands farming would occur. Therefore it was difficult to differentiate rangeland from rainfed crops. Classification of mixed pixels remains a problem, especially in a country like Iran where the problem of land tenure has not been fully solved yet. Another serious problem is conversion of rangelands into cultivated lands, which are left behind after a couple of years and used again as poor rangelands.

Acknowledgment

First, I want to express my gratitude to the Mumbai University for providing me a home to develop myself as a researcher.

I want to especially thank Dr. Ambadadas S. Jadhav, Head of the Department of Geography at Mumbai University, who gave me the opportunity to work as a Research Scholar under his supervision, thanks for your knowledge and for your advice as a friend.

To my family for their support, patience and understanding.

References / Literatura

- Abkar, A. (1994): Knowledge-based classification method for crop inventory, using high resolution satellite data. ITC MSc thesis. ITC, Enschede, Netherlands.
- Barbe, F. D. (1975): Imaging devices using the charge coupled concept. *Proceeding of IEEE* 63: 38.
- Cees, V. W., Farifteh, J. (2001): ILWIS user's Guide. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC) Enschede, Netherlands.
- Elachi, C., Zyl, V. J. (2006): *Introduction to the Physics and Techniques of Remote Sensing*. New Jersey, Wiley & Sons, 23-37.
- Janssen, R. and Herwijnen, M. (1992): *Multi Objective Decision Support for Environmental management*, Institute for Environmental studies, Free university of Amsterdam, The Netherlands.
- Joseph, J. (2005): *Fundamentals of remote Sensing*. Hyderabad, University Press (India).
- Neameh, B. J. (2003): Land evaluation for Land Use Planning with especial attention to sustainable fodder production in the Rouzeh Chai catchment of Orumiyeh area - Iran. M.S. unpublished Thesis. International Institute for Geo-information Science and Earth Observation, The Netherlands.
- Richards, J. A. (1993): *Remote sensing digital image analysis: An introduction*. Springer-Verlag, Germany.
- Sauer, C. (1919): Mapping the utilization of land, *Geographical review*, 13-26.
- Singh, J. (1997): *Agricultural Development in south Asia: A comparative study in the Green Revolution experiences*, New Delhi, National Book organization.
- Singh, J., Dhillon, S. S. (2004): *Agricultural Geography*. Delhi, Tata Mc Graw-Hill.