

МОЖНОСТИ ЗА АНАЛИЗА НА СОВРЕМЕНИТЕ ЕРОЗИВНИ ПРОЦЕСИ ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА СО КОРИСТЕЊЕ НА САТЕЛИТСКИ СНИМКИ

Ивица Милевски *

АПСТРАКТ

Проучувањето на современите ерозивни процеси, денес е актуелно во речиси сите подрачја во светот, особено поради зголемувањето на потребите за храна и намалувањето на земјишните ресурси. При тоа, голем проблем претставува правилната идентификација и квантификацијата на ерозивните процеси. Од тоа зависи какви мерки ќе се преземат и колкава ќе биде нивната успешност. Наместо класичните, застарени методи, во последно време, се изнаоѓаат нови можности за современа, објективна и прецизна анализа на просторната и временската динамика на ерозивноста. За таа цел, сè повеќе се користат ГИС апликации, сателитски снимки, дигитални модели на релјефот, специјализирани софтверски пакети и др. Во нашата држава, која по средногодишниот интензитет на ерозија е меѓу најзагрозените подрачја во Европа, во последно време се прават обиди за употреба на современи методи на проучување на ерозивноста. Во овој труд е прикажана една таква постапка на користење на сателитски снимки од серијата Ландсат 7, со кои се добиени добри резултати.

ABSTRACT

Researching of recent soil erosion is one of the main topics today in almost all parts in the world. The reason is enlarged needs for food production, in contrast to available arable lands. In this process, proper identification and quantification of soil erosion have key role because from that output depends what kind of measures will be performed, and their degree of success. For that purpose a modern research tools like GIS, satellite images, DEM models, took place against classical outdated means.

In Republic of Macedonia, the requirement for implementation of modern research tools is quite important. Most parts of country have high-excessive rate of soil losses, with great environmental impact. This is one of the reasons for shortening of available land resources, decreasing of quantity and quality of agriculture production, and influence entire socio-economic development. Following, in this paper is presented one application of analyzing soil erosion processes, with aid of satellite images from Landsat 7 series. Using specific spectral bands in monochromatic and multicolor images, it is possible to determinate dominant soil erosion processes, as well as estimate the rate of erosion.

Key words: soil erosion, satellite imagery, Landsat 7, color bands

ВОВЕД

Во светски рамки, истражувањето на интензитетот на рецентната ерозија, се интензивира кон крајот на 19-тиот век и тоа првин во САД, а потоа во Франција, Германија, Русија и др. Причина за тоа е потребата за зачувување на земјишните ресурси, кои постојано се намалуваат поради антропогеното влијание во просторот (несоодветно и нерационално користење на земјиштето). Зачувувањето и обновувањето на земјиштето е од фундаментално значење за задоволување на потребите за храна на се поголемиот број на население во светот. Дури во втората половина на 20-

* Ивица Милевски, ас. м-р, Институт за географија, ПМФ Скопје
e-mail: ivica@iunona.pmf.ukim.edu.mk

тиот век се увиде дека губењето на плодното земјиште како последица на современата ерозија е меѓу главните предизвици за опстанокот на човекот во иднина. Затоа, во овој период се вршени многубројни теренски, лабораториски и емпириски истражувања на ерозивните процеси, а особено на можностите за нивно квантитативно искажување. Од тие истражувања се произлезени бројни модели и методи за утврдување на износот на ерозија, кои имаат свои предности и недостатоци.

Самото истражување на процесите на рецентна ерозија, обично бара мултидисциплинарен приод, при што проблемот се разгледува од географи, шумари, педолози, хидролози и др. Најчесто применувани методи се теренските анализи, анализи на соодветни топографски, геолошки, вегетациски, педолошки карти, аерофото снимки, а во поново време и на топографски снимки. Со овие методи се идентификуваат ерозивните процеси, нивниот вид, застапеност и др. Покрај идентификацијата на ерозивните процеси, од голема важност е нивната квантитативна проценка или т.н. квантитативен потенцијал. Во Светот, за утврдување на квантитативниот потенцијал на ерозија се употребуваат неколку видови на постапки: теренски (мерења на експериментални парцели, геодетски мерења на реперски точки, мерења на концентрација на ^{137}Cs во почвата и др.), лабораториски (еродибилност на земјиштето, енергија на врнежите, влијание на наклоните и др.) и емпириски (равенки за износ на еродирано земјиште, USLE-RUSLE равенка, WEPP, EUROSEM и др.). Од нив најчесто се користат потврдените емпириски модели, бидејќи се релативно едноставни за примена, даваат брзи, задоволителни резултати и не бараат скапи аналитички техники (Reyes, 1998). Таква позната емпириска равенка која е резултат на претходни долготрајни експериментални и лабораториски истражувања е USLE (Universal Soil Loss Equation), развиена од земјоделските стручњаци во САД во 1955 година. Според досегашните искуства во различни делови на светот, оваа равенка дава доста добри резултати во квантификација на ерозивноста на почвата, но само доколку нејзините параметри добро се проценат. Поради одредени недостатоци, истата во 80-тите години е надополнета и приспособена за софтверско користење под називот RUSLE (Revised USLE), и како таква денес е застапена во многу софтверски ГИС пакети (Renard et al., 1991). Покрај неа, доста се користи равенката EUROSEM (за пресметка на количество наноси од една појава на врнежи) и др. Порано за одредување на членовите-параметрите на равенките се користеа стандардни методи теренско-картографски методи, но денес наместо нив се користат сателитски снимки и дигитални модели на релјефот кои се организираат во вид на леери во соодветен ГИС систем (Omakurt, 1989). Се смета дека така добиените резултати се пообјективни отколку оние добиени само со субјективна теренска или картографска проценка (Ozden, 1998).

КОРИСТЕЊЕ НА САТЕЛИТСКИ СНИМКИ ЗА ИДЕНТИФИКАЦИЈА НА ЕРОЗИВНИТЕ ПРОЦЕСИ

При истражување на рецентно-ерозивните процеси, обично се анализираат помали или поголеми речни сливови, региони, области, па и цели држави. За така големи подрачја, потребни се долготрајни студиозни проучувања, каде влијанието на субјективната проценка ќе биде минимално. Во нашата досегашна практика, идентификацијата на ерозивните процеси и нивната квантитативна проценка е вршена со теренски набљудувања и анализи на картографската и друга релевантна документација. Но со наведените постапки, особено со теренските истражувања, тешко може да се покрие целата потребна територија. При тоа обично се јавуваат значајни отстапувања во податоците. Затоа во светски рамки, веќе од 80-тите години, како една од многу полезните методи за рекогностирање на ерозивните подрачја се користат сателитски снимки. До средината на 90-тите години, достапноста на квалитетни сателитски снимки, кои покриваат поголеми територии беше ограничена и скапа. Состојбата значително е променета по 2000-та година, кога цели серии на сателитски снимки се поставени на интернет и е овозможено нивно слободно користење. Во таа смисла за нас од особено значење е серијата на сателитски снимки Landsat ETM, ETM+, со која е целосно покриена територијата на Република Македонија и тоа во повеќе спектрални опсега.

Покрај сателитски снимки, за идентификација на ерозивните процеси потребен е соодветен софтвер. Софтверот обично има за цел да состави соодветна снимка со комбинација на потребните спектри и растерските вредности од снимката да ги претвори во векторски или нумерички. Во нашата практика за таа цел се користи програмскиот пакет SAGA, кој може слободно да се превземе од Интернет. Со оваа програма, секоја боја од снимката се конвертира во нумеричка вредност, а потоа се врши анализа на застапеноста на одредени бои или вредности. Според тоа, претходно треба да се утврди што претставува секоја боја на снимката.

ПОСТАПКА

Како што е напомнимато претходно, снимките од типот *Landsat 7* се моноспектрални и го покриваат синиот (1), зелениот (2), црвениот (3), блиску-инфрацрвениот (4) и инфрацрвениот спектар (5, 7). Првиот и вториот спектар добро ги прикажуваат антропогените објекти, хидрографијата, релјефот и сл., додека третиот, четвртиот и петиот спектар се користи за согледување на вегетационата покривка. Воедно петиот и седмиот спектар покажуваат количество и променливост на влажност во вегетацијата и подлогата. Сите наведени монохроматски тематски снимки, се со резолуција од 30 m т.е. можат да се идентификуваат објекти поголеми од 30 m, што е сосема доволно за големи територии. Покрај наведените, во комплетот *Landsat 7* застапен е уште спектарот 6 и панхроматската снимка (8). Спектарот 6 се нарекува термален спектар, бидејќи ги одразува термичките промени на подлогата. Има резолуција од 60 m и главно се користи за идентификација и диференцијација на карпести маси и почвени типови. Панхроматската снимка служи за двојно подобрување на квалитетот (размерот) на останатите спектри, бидејќи истата е со резолуција од 15 m. Тоа значи дека од панхроматската снимка може да се идентификуваат објекти поголеми од 15 m, што е поволно кога се анализираат помали подрачја. Овде треба да се напомене дека спектрите ретко се користат одделно. Најчесто во споменатата програма SAGA или познатите комерцијални графички програми (Adobe Photoshop, Corel Photo Paint и др.), се прави комбинација од три спектри. Така, комбинацијата од спектрите 3, 2, 1, дава реална фотографска претстава за теренот, онака како што би изгледал теренот снимен од височина. Тоа е т.н. реална снимка и е најпогодна за идентификација и анализа на форми на површинска ерозија, бидејќи истите јасно се гледаат (обично во жолтеникава, белуздава или жолто-кафеава боја). Доколку е потребна поголема прецизност, реалната снимка може да се панхромира т.е. да се комбинира со спектарот 8. Тоа се изведува во горе споменатите програмски пакети, така што спектарот 8 се внесува како светлински елемент т.е. интензитет на светлина (brightness) во снимката.

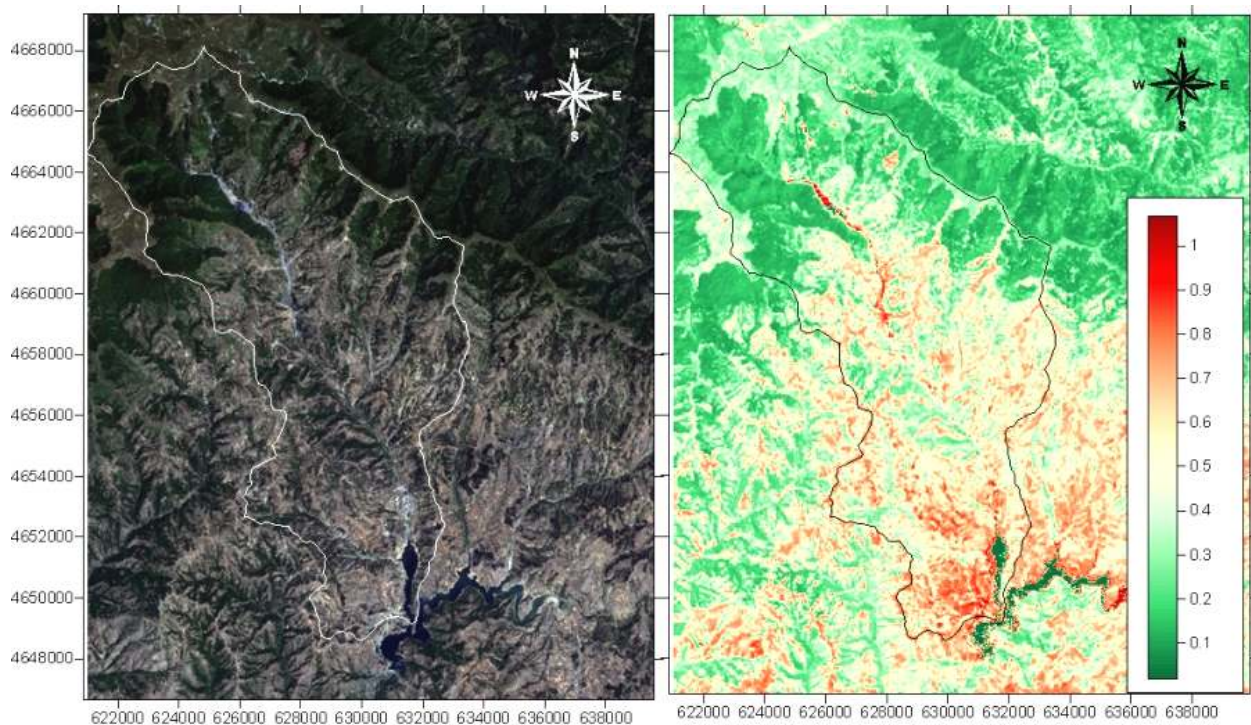
Покрај реалните снимки, за утврдување на ерозивните процеси од особено значење се псевдоколерните снимки. Боите на овие снимки не одговараат на реалните (природните), туку со нив се постигнува контрастност на некој просторен природен или антропоген елемент. Така, густината на растителната покривка на поголем простор може да се добие со анализа на псевдоколерни снимки од инфрацрвениот спектрален тип: 4, 3, 1 или 5, 3, 1 (Ејумнон, 1998). Врз основа на овие снимки обично се одредува густината на вегетацијата, се следат нејзините временски промени, или се утврдува видот на вегетацијата. Програмата SAGA има сопствен модул, со кој од сателитски снимки (спектрите 4 и 3) лесно се одредува густината на вегетацијата. резултатите се претставуваат растерски, преку таканаречен индекс на вегетација (vegetation index). Вредностите на овој индекс се движат помеѓу 0 и 1.2 и колку се поголеми, толку густината на вегетацијата е помала¹. Според вредностите може да се идентификува и видот на вегетација. Вредности од 0 до 0.2 претставуваат терени со густи шуми со добар склоп и структура (букови, дабови шуми, добро пошумени терени); од 0.2 до 0.8 се терени под пасишта, ливади, овоштарници и др., а од 0.8 до 1.2 се долини, водни површини, вештачки објекти и сл, т.е. терени без вегетација или со многу ретка тревно-жбунаста

¹ Овде се дадени вредностите по реципрочниот вегетационски индекс, така што одговараат за користење во равенките за потенцијалната водно-механичка ерозивност.

растителност. Освен за идентификување на растителноста, индексот на вегетација овозможува согледување на потенцијалната ерозивност. Ако се отфрлат антропогените објекти и водните површини, подрачјата со вредности над 0.8 се одликуваат со ретка вегетација или се големи т.е. простори подложни на водно-механичка ерозија. Од друга страна, вредностите околу 0.9 и 1.2 обично претставуваат подрачја со развиена површинска или длабинска ерозија (проверката може да се направи со реална снимка или со теренски набљудувања).

Освен што може да се идентификуваат ерозивните подрачја, доколку снимките се геокодирани, од нив може да се пресметаат димензиите на поголемите ерозивни форми, површината под одреден вид вегетација, површина под одредена категорија на ерозија и др.

На сл. 1, претставена е реална сателитска снимка на сливот на Каменичка Река (десна притока на Брегалница) и софтверски извлечениот индекс на вегетација. Со теренски проверки е утврдено дека вредностите сосема одговараат на реалната состојба, а високите вредности (над 0.8), се карактеристични за оголени терени со засилена површинска и длабинска ерозија.



Сл. 1: Реална сателитска снимка на сливот на Каменичка Река и софтверски извлечениот индекс на вегетација

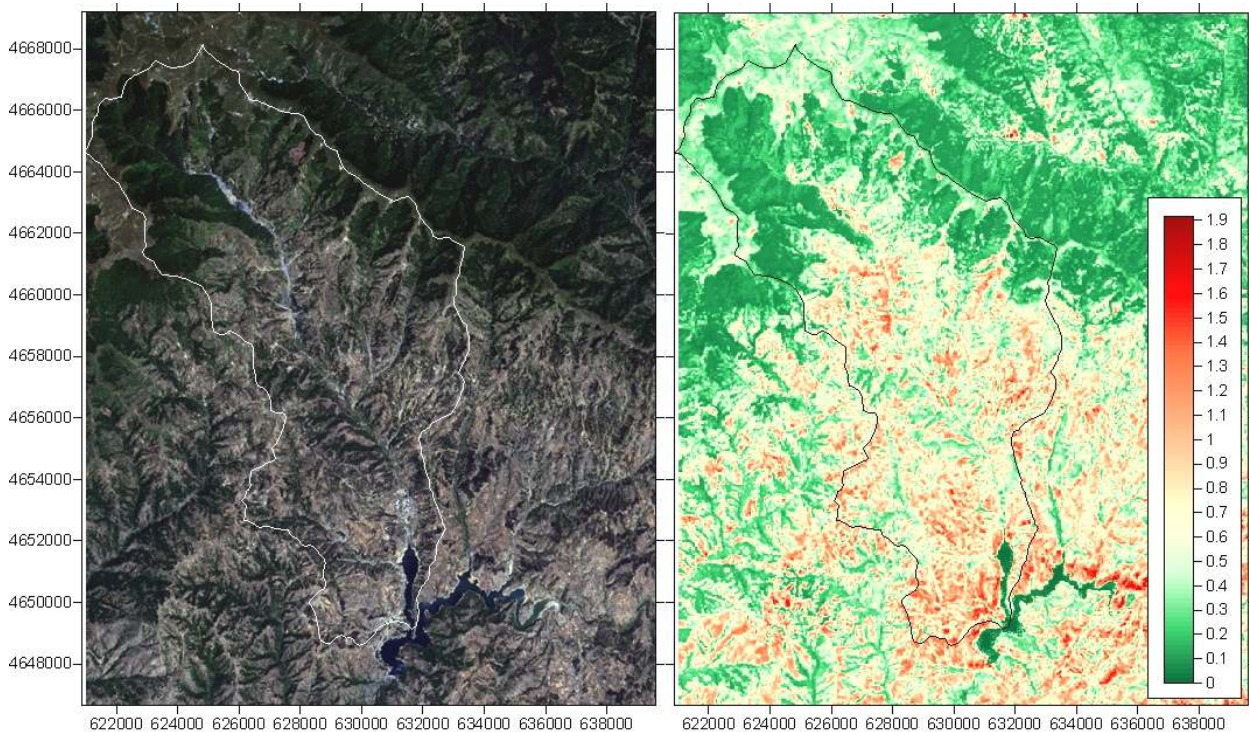
Со теренска проверка на вредностите, на помали тест подрачја, може да се допрецизира толкувањето на податоците и да се издвојат категории на ерозивни процеси.

КОРИСТЕЊЕ НА САТЕЛИТСКИ СНИМКИ ЗА КВАНТИТАТИВНО ОДРЕДУВАЊЕ НА ИНТЕНЗИТЕТОТ НА ЕРОЗИВНИТЕ ПРОЦЕСИ

Освен за идентификација на ерозивните процеси на некој простор, сателитските снимки се користат и за квантитативно утврдување на интензитетот на ерозија. Обично тоа е при одредување на вредностите на некои членови во емпириските равенки за интензитет на ерозија, како што се

USLE, WEPP и др. Покрај сателитски снимки, во поново време во овие постапки се користат дигиталниот модел на релјефот (ДМР, ДЕМ), дигитална карта на геолошкиот, педолошкиот состав и др.

Иако нудат големи можности и во светот се доста користени, во Република Македонија ваквите постапки уште немаат соодветна примена, односно се користат само стандардни теренски методи. Треба да се напомене дека од 2003 година, целата серија на снимки Landsat 6 и 7 (ETM, ETM+), која го покрива подрачјето на нашата држава е слободно достапна на интернет. Покрај неа достапни се и други серии, кои покриваат делови од државната територија (како серијата ASTER).



Сл. 2: Реална сателитска снимка и коефициентот на ерозија Z во сливот на Каменичка Река

Користењето на сателитските снимки е изведено при истражувањата на интензитетот на рецентната ерозија во тест подрачјето-сливот на р. Каменица (десна притока на р. Брегалница). Врз основа на нашите сознанија и достапната светска литература, од сателитските снимки аналитички е одредуван коефициентот на ерозија Z . Овој коефициент е главен член во равенката на С. Гавриловиќ (која е прифатена кај нас) и во себе вклучува неколку елементи: еродибилност на подлогата (Y), густина на растителната покривка и начин на користење на земјиштето (X^*a), видливи ерозивни процеси (ϕ) и среден наклон на подрачјето (J). Доколку објективно се одредат членовите на равенката, резултатите се доста реални (Милевски, 2001), па затоа параметрите се одредувани од сателитски снимки, дигитална геолошка и педолошка карта и дигиталниот модел на релјефот. Врз основа на сите наведени подлоги се изработени посебни дигитални карти, чии вредности одговараат на оние според упатството на Gavrilović (1972). Така, картата на коефициентот " X^*a " е изработена главно врз основа на сателитските снимки (спектар 4 и 3) од серијата Landsat 7 кои го покриваат истражуваниот простор, односно врз основа на претходно споменатиот индекс на вегетација. Картата на видливи траги на ерозија на земјината површина " ϕ " е направена со користење на реални сателитски снимки во спектрален опфат 3, 2, 1, а како дополна се користени дигиталниот модел на наклоните, сознанија добиени од теренски набљудувања и др. Со преклопување на сите споменати дигитални карти т.е. со нивно софтверско процесирање (преку

математички операции), добиена е карта на коефициентот на ерозија Z за целиот слив. Вредностите се движат од 0.15 за пошумениот планински простор во изворишниот дел на Каменичка Река до 1.8 за ерозивниот простор во левата притока-Косевица. Средна вредност на коефициентот Z изнесува 0.62, додека специфичната продукција на ерозивен нанос е доста висока и изнесува $1085 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{год}$. или за целиот слив $128,000 \text{ m}^3/\text{год}$. Тоа е малку пониска вредност од картата на ерозија (Ѓорѓевиќ et al., 1993), според која е $1257 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{год}$. Бидејќи не потојат директни мерења на пренос на нанос на профил Каменица, не може да се провери апсолутната точност на користениот метод. Сепак, споредбените сознанија од различни делови во светот покажуваат дека сателитските снимки нудат голема објективност во проценка на квалитативните и квантитативните аспекти на ерозивноста. Со нашите натамошни компаративни теренско-кабинетски истражувања, очекуваме подобра интерпретација на снимките и уште поточна квантификација на ерозивните процеси.

ЗАКЛУЧОК

Од презентираното се гледа дека сателитските снимки нудат големи можности за идентификација и квантификација на ерозивните процеси. При тоа, постапките се релативно едноставни и брзи, а добиените резултати се доста објективни (што е проверено со теренски методи). Затоа сателитските снимки треба почесто да се користат во практиката, особено ако се има во предвид дека денес и поквалитетните (понови) снимки се слободно достапни на интернет.

При користењето на снимките треба да се води сметка за прецизно составување на соодветни спектрални комбинации, правилно толкување на снимките (боите или вредностите) и отстапувањата што може да се појават во различни сезони. Од нашето искуство е забележано дека вредностите за поретка тревна вегетација и долини или подрачја со површинска ерозија се скоро идентични, иако во пракса на тревните површини ерозивноста е значително помала. Исто така, треба да се води сметка за периодот (сезоната) кога е вршено сателитското снимање, особено ако временски се споредуваат снимките т.е. ако се следи состојбата. Така, доколку една снимка е направена во летен, а друга во есенски период, вредностите за исто подрачје значително ќе се разликуваат.

ЛИТЕРАТУРА

- Ѓорѓевиќ М.; Трендафилов А.; Јелиќ Д.; Ѓорѓиевски С.; Поповски А. (1993): Карта на ерозија на Република Македонија, текстуален дел, Завод за водостопанство на Република Македонија, Скопје
- Eiumnoh A. (1998): Integration of Geographic Information Systems (GIS) and Satellite Remote Sensing (SRS) for Watershed Management. Klong Luang Thailand
- Милевски И. (2001): Софтверско моделирање на интензитетот на рецентната ерозија, на примерот на Кумановската котлина. Зборник од II Конгрес на Македонското Географско Друштво, Скопје стр. 49-57
- Gavrilović S. (1972): Inzinjering o bujičnim tokovima i eroziji, Casopis "Izgradnja"; Specijalno izdanje Beograd
- Özden Ş., Munsuz N. (1998): Quantitative determination of erosion by using remote sensing and geographic information systems in the vicinity of Ankara Çubuk Dam Lake, Ankara
- Omakupt M. (1989): Soil erosion mapping using Remote Sensing data and Geographic Information System, Asian conference of remote sensing, Bangkok
- Renard, K.G., Foster G.R., Weesies G.A., Porter J.P. (1991): RUSLE. Revised universal soil loss equation. Journal of Soil and Water Conservation 46. str. 30-33
- Reyes R. M. (1998): Comparing the Inputs and Outputs of the GLEAMS, RUSLE, EPIC and WEPP Models. ASAE Meeting, Orlando, str. 1-9

**ANALYSIS OF SOIL EROSION PROCESSES IN REPUBLIC OF MACEDONIA, FROM
SATELLITE IMAGES**

SUMMARY

Republic of Macedonia is one of the European regions with greatest intensity of soil erosion processes. That is result of appropriate natural conditions (geologic and pedologic structure of land, steep slopes), as well as human activities in the landscapes (deforestation, inappropriate land management). Because of hard erosion impact on the land (mainly in the east part of the country), and negative influence to the economic growth, researches must perform detailed studies for space patterns of erosion. In this sense, satellite imagery produced by Landsat 7 enhanced thematic mapper sensor, offer great possibilities for identification and regional quantification of soil erosion processes. Needed procedure for analyzing erosional processes are relatively fast, simply and accurate. With combining appropriate spectral bands, we can identify erosional sites and types (bands 3, 2, 1), or estimate a hardness or category of erosion (bands 5, 4, 3) with empirical models. It is important that obtained results are pretty correct (according our field analysis), with restricted subjective errors present in standard methodology. For this reasons, satellite imagery must be used more frequently, especially because they are in free public domain, and with good international coverage.