

СОФТВЕРСКО МОДЕЛИРАЊЕ НА ИНТЕНЗИТЕТОТ НА РЕЦЕНТНАТА ЕРОЗИЈА НА ПРИМЕРОТ НА КУМАНОВСКАТА КОТЛИНА

Ивица Милевски *

А П С Т Р А К Т

Во светот, за утврдување на интензитетот на рецентната ерозија се користат бројни методи и модели. Тие во основа можат да се поделат на теренски, лабораториски и емпириски. Сите имаат свои предности и недостатоци, но како доста практични и најчесто употребувани се емпириските математички образци кои во комбинација со современите софтверски решенија нудат голема реалност и деталност во изведување на постапките. Во трудот е презентираан еден таков пример кој се однесува на Кумановската Котлина.

A B S T R A C T

For estimation of intensity of soil erosion, in the World scientists using numerous methods and models. All they may be divided in open space methods, laboratorial and empirical. All of them have some advantages and disadvantages, but often are used empirical mathematical expressions in combination with contemporary software packages in which case offers great reality and detaility applications . In this work is presented one example who is related with Kumanovo basin.

ВОВЕД

Најсложен дел од проучувањето на рецентната ерозија е утврдување на нејзиниот просторен и временски интензитет. Тоа претставува многу тежок проблем кој не може да се реши идеално. Тешкотиите доаѓаат од постоење на многу голем број фактори од кои зависи интензитетот на ерозија, како и неможноста од нивно диференцирање и мултиплицирање (*Лазаревиќ, 1968*). Од друга страна, дури и кога би можело да се опфатат сите фактори, останува најтешкиот проблем - мерење или квантитативно утврдување на износот на ерозија, бидејќи ерозијата е непрекинат процес, во кој се сменуваат откинување, транспорт и акумулација. Со други зборови, наносот кој стигнал до мерниот инструмент, можеби повеќе пати бил придвижувач во правец на наклонот (*Лазаревиќ, 1975*). Во основа, постапките што се користат се различни и зависат од бројни фактори (вид на ерозија, големина на истражувачкото подрачје, потребите, целите и можностите кои се на располагање и сл.).

* Ивица Милевски, Институт за географија, Природно-математички факултет, Гази Баба 66, Скопје

ОСНОВНИ МЕТОДИ ЗА УТВРДУВАЊЕ НА ИНТЕНЗИТЕТОТ НА РЕЦЕНТНАТА ЕРОЗИЈА

За утврдување на интензитетот на ерозија се користат разновидни теренски, лабораториски и емпириски постапки. Недостатокот на првите е неможноста да се повторат и проверат затоа што се одвиваат со учество на брзо променливи елементи (климатските елементи, релјефот, растителниот покривач и др) и релативно непроменливи фактори (геолошкиот состав и др.). Од друга страна, лабораториските методи овозможуваат повторување и контрола, но во услови кои не се идентични со природните, бидејќи е скоро неможно да се пренесат сложените природни услови и нивната меѓузависност.

1. ТЕРЕНСКИ МЕТОДИ

Теренските методи се карактеристични по тоа што се применуваат во природна средина и ги одразуваат реалните природни услови. Но истите тие услови се многу променливи како просторно, така и временски, па скоро е неможно да се повторат или да се генерализираат. На пример, дури и во сосема мало сливно подрачје, можат да се јават разновидни наклони, различен геолошки состав, различен растителен и животински свет и др. Исто така, во време кога се користи теренскиот метод, можеби ќе се појави неочекувано големо количество на врнежи, или пак неочекувано сушен период, па добиените резултати значително ќе се разликуваат од реалните. Затоа ваквите методи се користат со одредени ограничувања, односно се комбинираат и надополнуваат со останатите. Покарактеристични теренски методи се:

- а) Метод на профили;
- б) Метод на плочници;
- в) Метод на ерозивни парцели;
- д) Метод на репери;
- е) Хидротехнички методи;
- ф) Метод на карпест примерок;
- г) Метод на радиоактивен *Ce-137*;
- х) Фотограметриски методи (методи на далечинска детекција) и др.

Во пракса, најмногу се користи методот на ерозивни парцели, за кој се смета дека дава и најдобри резултати. Суштина на методата е што според однапред дефинирани критериуми, се издвојуваат површини со прецизно утврдена големина. Во подножјето т.е. најнискиот дел на секоја парцела се поставуваат тотализатори или резервоари за мерење на количеството на еродиран нанос. Бидејќи парцелите се поставени на отворен простор, под различни природни услови (наклони, педолошки состав, вегетација), добиените резултати се доста реални.

Истражувањата на ерозивните парцели, заедно со лабораториските анализи, послужиле како основа за добивање на емпириски модели, кои денес се широко користени за проценка на просторниот интензитет на ерозија.

2. ЛАБОРАТОРИСКИ МЕТОДИ

Лабораториските методи чинат посебна група, кои можат да бидат дополние на теренските, а заедно со нив да послужат и како основа за изведување на емпириски модели. Суштина во нивната примена е што пореално „пренесување“, на природните услови во лабораторија (од отворен или затворен тип), а воедно и забрзување на природните процеси за да бидат резултатите видливи за пократок временски период. Во зависност од типот на мерења (дали се анализира растресито земјиште, полуврзани или компактни карпести маси, дали е во прашање водна ерозија или термичка ерозија, се користи различна опрема. При лабораториска анализа на интензитетот на водна ерозија врз растресито земјиште, се користи специјално конструирана лизиметриска апаратура, во која се поставува непореметено земјиште со одредени карактеристики. Од горната страна, на променлива височина, се поставуваат дождовни агрегати, кај кои може да се регулира пречникот на капките, интензитетот на врнење, времетраењето и др. Така, за период од неколку месеци можат да се симулираат услови кои во природата траат неколку години. Добро е во почетокот да постојат симултани мерења - во природна и лабораториска средина, за да се согледа степенот на отстапување. Значи предностите се во значително пократкото време на изведување на експериментот, можноста за повторување на истиот и сл., а недостатоците се тоа што колку и да се тежнее, не е можно да се изврши целосно "копирање" на природните услови во лабораторија. Посебен проблем претставува "производство" на водени капки кои по пречник и брзината, односно кинетичката енергија ќе одговараат на оние во природата. Така, дождовните агрегати колку и да се високо поставени, а максимумот во светските лаборатории е околу 10 м, не можат да ги забрзаат капките до брзината што ја има дождот при ударот во тлото. Овој проблем обично се разрешува со нивно истиснување под голем притисок, што пак доведува до зголемен интензитет на врнење и помал пречник на капките. Најголем дождовен симулатор за лабораториско испитување на интензитетот на ерозија, кој има можности за промена на наклонот на земјиштето, изграден е во ентарот за геоморфологија во Каена, Франција. Апаратурата е долга 20.4 м, широка 1.4 м и длабока 0.7 м. (*Govers u др, 1987*).

Најнов тренд во светот е комбинација на лабораториски методи и методот на ерозивни парцели. Често, помалите дождовни симулатори, од лабораторијата се изнесуваат во природна средина и се согледува разликата во резултатите од двете мерења. Се смета дека ваквата комбинација, може да даде најточни резултати, па во иднина веројатно двете методи се почесто ќе се комбинираат.

3. ЕМПИРИСКИ МОДЕЛИ

Бидејќи теренските и лабораториските методи се многу скапи, некаде тешко применливи па и сосема несоодветни, посебно ако станува збор за поголема површина, разработени се бројни емпириски модели (изрази) за што пообјективно (квантитативно) одредување на интензитетот на ерозија. При тоа, правени се разновидни споредби, анализирани се резултатите од теренските и лабораториските испитувања за различни типови на земјишта при променливи природни услови (анализа на факторите на ерозија), а добиените емпирии се проверувани во природни услови.

Според Грегори и Валинг, емпириските модели во основа се делат на: прости (*black box*) каде се земаат во предвид само главните параметри (само врнежи или само наклони и сл.), дополнети (*grey box*) каде се земаат во предвид и некои детали, односно повеќе параметри и сложени (*white box*) каде се вклучени речиси сите детали т.е. параметри од кои зависи интензитетот на ерозија (*Gregory & Walling, 1973*). Од овие образози, денес во светот главно се користат сложените, т.е. оние кои земаат во предвид голем број на показатели.

Во последно време, покрај математичките образози, изработени се и компјутерски модели кои врз база на дадените податоци за потребните фактори, односно соодветниот алгоритам, многу брзо го пресметуваат степенот на ерозија за дадено подрачје т.е. слив, односно продукцијата на наноси (годишно, за повеќе години, по км² и сл.) и други елементи. Најпознати такви програми се *EPIC, RUSLE, GRASS, SPATIAL ANALYST* и други. Од досегашното искуство во работа со овие програмски пакети, може да се заклучи дека се засноваат врз препокривање на дигитализирани тематски карти на даден простор: геолошка карта, хипсометриска карта, вегетациска карта, карта на врнежи и сл. Со нивна комбинација, програмата ги пресметува соодветните параметри и изработува карта на интензитет на ерозија. Добиевата база може да се поврже со ГИС апликации и да послужи како индикатор за превземање на активности за заштита од ерозија и конзервација на земјиштето.

СОФТВЕРСКИ МОДЕЛ НА РЕЦЕНТНАТА ЕРОЗИЈА ВО КУМАНОВСКАТА КОТЛИНА

При проучување на рецентната ерозија (и акумулација) на просторот од Кумановската Котлина, направен е обид да се добие софтверски модел кој е заснован на емпирискиот образец од С. Гавриловиќ (*Gavrilovic, 1972*). Овој образец, иако е создаден уште во шеесетите години, сепак може да се смета како доволно прифатлив за просторот од Република Македонија. Имено, тој е произлезен од теренските и лабораториските проучувања на интензитетот на ерозија во сливот на Јужна Морава (СР Југославија), кој по природно-географската физиономија е многу сличен со централниот и источниот дел на нашата држава, а во тие рамки и Кумановската Котлина. Исто така, досегашните мерења на засипувањето на водните акумулации во Македонија, покажуваат дека резултатите се доста реални, односно е констатирано нивно мало отстапување од оние добиени по емпирискиот пат (I'). Самиот образец гласи:

$$W_{god} = T * H_{god} * \pi * \sqrt{Z^3} * F = m^3 / \bar{z} \text{од. каде}$$

- W_{god} - претставува вкупна продукција на ерозивни наноси во одреден слив во м³;
- T - е температурниот коефициент на подрачјето кој се добива по образецот:
-

$$t = \sqrt{\frac{t^o}{10 + 0.1}}$$

- H_{god} - претставува средна годишно количество на врнежи во мм, а се добива од изохиетските карти;
- π - изнесува 3.14;
- Z - е коефициент на ерозија во сливот. Тоа е најважниот член на равенката и може да се добие аналитички од терен, или пак според образецот:

$$Z = y * X * a (\varphi + \sqrt{j})$$

Вредноста на коефициентот е од 0.1 (најслаба ерозија) до 1.5 и повеќе (најсилна ерозија). Членовите од последниот израз се разработени во понатамошниот текст.

Наведениот образец служи за одредување на средногодишната продукција на ерозивен нанос и негов пронос низ даден профил (во вид на суспендиран и влечен нанос). При проучувањето на интензитетот на рецентна ерозија во Кумановската Котлина, за прв пат истиот е применет на еден сосема нов начин. Имено, наместо да се анализираат сливните подрачја како најмали просторни целини за кои се пресметува интензитетот на ерозија, па врз база на нив да се добие износот за целата котлина, постапката е изведена во обратна насока. Тоа од причина што станува збор за голем простор, така што ако се тргне од сливните подрачја, можат да се јават кумулативни отстапувања во добиените резултати. Во светот веќе е применувана ваквата методологија, дури и кај анализа на самите сливни подрачја. При деталната разработка на факторите на рецентната ерозија на котлината, е согледано дека разликите во рамките на едно сливно подрачје можат да бидат многу големи, а од друга страна, делови од неколку соседни слива, можат да бидат со речиси идентични карактеристики. Затоа, за утврдување на интензитетот на ерозија, се тргна со издвојување на многу помали просторни единици кои ќе бидат рамномерно распоредени низ целата котлина. Се поставува прашање колкава треба да биде површината на секоја единица, за да се постигне оптимален распоред и покриеност на просторот. Во методологијата за изработка на картата на хемиска ерозија во Република Србија, П. Манојловиќ, како лимит одредува површини од по 1 км², за кои се анализираат сите потребни параметри (*Manojlović, 1992*). Но дури и на така мала површина, можат да се јават големи разлики во поглед на наклоните, геолошкиот состав, вегетацијата и останатите фактори. Затоа со помош на програмскиот пакет SURFER, извршено е гридување на котлината, при што се издвоени 47.200 рамномерно распоредени точки или околу 35 точки (ареали) на км², со единечна површина од 0.02875 км² односно околу 2.9 ха (1357,03 : 47200 = 0,02875). Секоја точка е дефинирана со своите правоаголни координати и надморска височина. Понатаму, според образецот на С. Гавриловиќ (а тој не е ограничен во однос на просторниот опфат), одреден е климатско-хипсометрискиот потенцијал на ерозија кој се однесува на врнежите и температурите (пресметан е температурниот коефициент за секоја точка, како и висината на врнежите за истата). Постапката е изведена со помош на надморската височина на секоја точка и регресијата за температурите и врнежите по образецот на А. Лазаревски*. За температурата истиот гласи: $t = 13.49 - 0,35H - 0.009H^2$, а за врнежите $R = 407,05 + 49,68H - 0,60H^2$, каде H

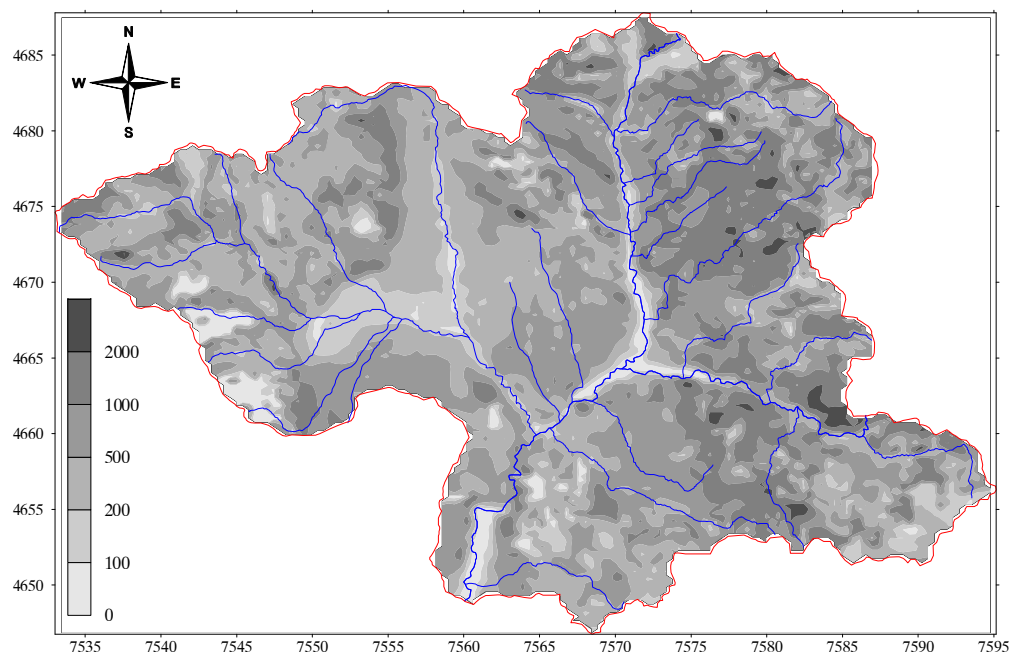
* Образецот се однесува за дел од Република Македонија во кој е опфатен и проучуваниот простор. (*Лазаревски, 1993*).

претставува надморска височина во хектометри (1 хектометар = 100 м). Со множење на температурниот коефициент и средногодишната сума на врнежи за секоја точка, добиена е карта на потенцијалот на ерозија во Кумановската Котлина, која не ги зема во предвид другите детерминанти, односно под претпоставка коефициентот на ерозија Z за секоја точка да одговара на единица. Картата покажува какво влијание (релативно) има надморската височина и климата (температурите и врнежите) врз интензитетот на рецентната ерозија. Според тоа, би требало интензитетот на ерозија да расне со зголемување на надморската височина. Но тоа е најупростена шема која не ги зема во предвид останатите, многу значајни фактори како геолошкиот состав и педолошките карактеристики, вегетацијата и начинот на користење на земјиштето, наклоните и видливите процеси на ерозивно дејство. Затоа, картата на потенцијалот на ерозија, многу отстапува од реалната состојба.

Во понатамошната постапка е преминато кон аналитичко одредување на коефициентот на ерозија Z за секоја од наведените 47.200 точки. За таа цел, првин се определувани коефициентите Y (коефициент на еродибилност на карпестите маси и почвената покривка и се движи од 0,025 за голи и компактни еруптивни карпи до 2,0 за песокливи неврзани почви) и $X * a$ (коефициент на уреденост на просторот кој се движи од 0,1 за густо пошумени подрачја до 1,0 за голини). Вредностите за коефициентот Y се добиени со дигитализација на геолошка (инженерско-геолошка) и педолошка карта на Кумановската Котлина и издвојување на соодветните членови кои се разликуваат по степенот на еродибилност. При тоа е обратено внимание на карактерот на тлото, односно дали станува збор за педолошки покривач или гола карпеста маса. При одредување на соодветните вредности, освен тематските карти, користен е методот на теренско истражување. Коефициентот на уреденоста на теренот " $X * a$ " е добиен со дигитализација на топографски карти во размер 1 : 100.000 со кои е опфатена Кумановската Котлина, при што се издвојувани подрачја со различна вегетациона покривка. Во текот на постапката водена е голема сметка за детално и прецизно ограничување на шумски подрачја, подрачја со густа жбунеста растителност, пасишта, ливади, овоштарници, лозја, оранични површини и сл. Освен картографската основа, користени се аерофото снимки, панорамски фотографии, теренски забелешки и останата расположлива документација. Вториот дел, претставува збир од коефициентот ϕ (броен еквивалент на видливи и изразени ерозивни процеси одредуван со детални теренски истражувања и се движи од 0,1 за подрачја без видливи траги на ерозија, до 1,0 за силно еродирани подрачја) и наклоните на теренот во проценти. Производот од првиот и вториот дел на образецот ја дава вкупната вредност на коефициентот на ерозија.

Со користење на наведениот метод, добиена е средна вредност на коефициентот Z за Кумановската Котлина која изнесува 0.41 (средна површинска ерозија). Поради тоа што коефициентот е определен за секоја единечна површина од 2,875 ха (а такви се 47.200), може софтверски да се добие просечната вредност за било кој просторен опфат во рамките на котлината. На крај, со множење на потенцијалот на ерозија и коефициентот на ерозија, се добива продукција на ерозивен нанос за секој ареал. На пример, како е добиен интензитетот на ерозија на даден ареал во подрачјето над каменоломот Краста? Со дигитализација на топографската карта, на точката за која се одредува количеството на ерозивен нанос и се доделени правоаголни координати и соодветна надморска височина ($x = 7561.51$; $y = 4660.11$; $z = 479$ m). За оваа височина софтверски пресметаниот потенцијал на ерозија според образецот на

Гавриловиќ изнесува 2226 (врнежи 632 мм, * температурен коефициент $T = 1.12 * 3.14 = 2226$). За коефициентот "Y" дадена е вредност 0.9 (бидејќи теренот е изграден од компактни јурски варовници, наместа прекриени со црвеница), а вредноста за $X * a$ изнесува 0.77 (сиромашна тревна вегетација). Поради слабо изразените видливи ерозивни процеси, за ϕ (фи) е дадена вредност од 0.2. Наклонот на теренот добиен софтверски е 31%, односно 0.31. Според тоа, коефициентот на ерозија Z ќе изнесува $0.9 * 0.77 * (0.2 + 0.31) = 0.69 * 0.51 = 0.35$, а интензитетот на ерозија $W_{\text{год}} = 2226 * \sqrt{0.35^3} = 460 \text{ м}^3/\text{км}^2$. Тоа значи дека теренот се одликува со слаба ерозија, што е главно резултат на геолошкиот состав, иако останатите фактори се доста поволни.



Карта бр. 1: Специфична средногодишна продукција на нанос во Кумановската Котлина (во $\text{м}^3/\text{км}^2/\text{год}$.)

Од изведените пресметки произлегува дека вкупната средногодишна продукција на ерозивен нанос во Кумановската Котлина изнесува 899.923 м^3 или околу 2 милиони тони, а специфичната $663,157 \text{ м}^3/\text{км}^2/\text{год}$, односно околу $1460 \text{ т}/\text{км}^2/\text{год}$ *.

Моделот дава точна картографска претстава за просторниот интензитет на ерозија, така што во зависност од потребите и целите на проучување, можат да се издвојуваат подрачја кои што се од интерес, а се карактеризираат со различен интензитет на ерозија.

* Претворањето на м^3 во тони е според општо усвоените вредности за тежина на наносниот материјал, по кој 1 м^3 има тежина од 2,2 тони. Но тоа е само окуларен приод, бидејќи треба да се земе во предвид и карактерот на еродираниот материјал: тип на карпести маси односно земјиште, гранулометриски состав и сл.

Во табела бр. 1, дадени се површините со соодветен средногодишен интензитет на ерозија, односно средногодишна специфична продукција на нанос, без посебно да се издвојат површините под акумулација.

Табела бр. 1: Преглед на површините од Кумановската Котлина со специфична средногодишна продукција на ерозивен нанос.

специф. прод. на нанос во $m^3/km^2/год.$	површина	
	во km^2	во %
< 100	54.92	4.05
100-200	127.38	9.39
200-500	425.67	31.37
500-1000	471.72	34.76
1000-2000	257.67	18.99
> 2000	19.67	1.45
се	1357.03	100.00

Во котлината, се јавуваат површини со различен средногодишен интензитет на водно-механичка ерозија. Малиот интензитет на ерозија (до $200 m^3/km^2/год.$) е карактеристичен за крајните западни делови од котлината, кои се покриени со густа шумска вегетација (бука и даб), како и алувијалните рамнини на поголемите реки: Пчиња, Кумановка и Крива Река. Од друга страна, големи површини од источниот дел на котлината, се подложни на интензивни рецентно-ерозивни процеси, така што специфичната годишна продукција на нанос, достига над $3.000 m^3/km^2/год.$, особено во сливот на Петрошница, Држава и Бистрица.

Може да се воочи дека најголем дел од Кумановската Котлина се карактеризира со средна до умерено силна ерозија, односно со средно годишна продукција на нанос од 500 до $1000 m^3/km^2/год.$ Тоа се главно средишните брановидно ритчести подрачја, кои се карактеризираат со песоклива почвена покривка, а се користат за одгледување на едногодишни житни култури посебно пченица и пченка. Нешто помала површина зафаќа подрачјето со продукција на нанос од 200 до $500 m^3/km^2/год.$ Претставуваат терени со мал наклон, покриени со деградирана шумска вегетација или под пасишта, овоштарници, лозја и сл. Просторно се разместени по северозападните делови на Скопска Црна Гора и околу алувијалните рамнини на Липковска Река и Коњарка.

Површините со средногодишна продукција на ерозивен нанос помеѓу 1000 и $2000 m^3/km^2/год.$ зафаќаат 19%. Тоа се подрачја со силна ерозија, поголеми наклони на теренот, прекриени со сиромашна тревна вегетација или сосема оголени. На нив се јавуваат форми на површинска и длабинска ерозија, како и сипари, лизгалишта, урниси и сл. Најголемо пространство зафаќаат во Козјачија, во сливот на Крива Река и крајните источни падини на Скопска Црна Гора.

Според пресметките, делови од Кумановската Котлина со средногодишна продукција на нанос помеѓу 100 и $200 m^3/km^2/год.$ зафаќаат само 9.4 % од вкупната површина. Тоа се најниските подрачја од Кумановското Поле, помеѓу Липковска Река и Коњарка. Слабиот интензитет на ерозија, се должи на глиневата почва со добра структура на која се одгледуваат житарици, тутун и градинарски култури.

Најмала површина зафаќаат подрачјата со сосема слаба ерозија од една и екцесивна ерозија од друга страна. Првите просторно се наоѓаат во

југоисточните густо пошумени делови од Скопска Црна Гора, алувијалните рамнини на поголемите реки кои се под ливади, шуми, овоштарници и останата густа растителност и на други помали локалитети. Вторите се јавуваат во источните делови од котлината и се резултат на влијание на повеќе фактори: песоклива почвена покривка или терен изграден од вулкански туфови, оголеност на теренот и бројни форми на површинска и длабинска ерозија.

ЗАКЛУЧОК

Во трудот "Софтверско моделирање на интензитетот на рецентната ерозија на примерот на Кумановска Котлина", направен е обид современите достигнувања од информатичката област да се применат врз утврдување на интензитетот на ерозија во наведениот простор. Работата на софтверскиот модел, покажа дека самата постапка е многу поедноставена во однос на "класично изведуванието" и се состои од "преклопување" на неколку тематски карти кои содржат елементи од кои најмногу зависи интензитетот на ерозија (според образецот на С. Гавриловиќ). Така, со преклопување на подрачја со поголемо средногодишно количество на врнежи, мала пошуменост, големи наклони, еродибилен геолошки состав и видливи форми на ерозија, се добиваат површини со многу висок средногодишен интензитет на ерозија. Проверките и споредбите на добиените резултати покажаа дека истите се доста прифатливи, а голема предност е и тоа што тематските нивоа може континуирано да се менуваат во зависност од состојбата на теренот и за краток временски период да се добијат што пореални резултати. Моделот не е ограничен во однос на големината на анализираниот простор, а освен наведениот програмски пакет, може да се користат и други - посебно од редот на актуелните ГИС - апликации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Browning G. M. (1947): *A Method For Estimating Soil Management Requirements*, A. E. Iowa
2. Gavrilovic S. (1972): *Inzinjering o bujicnim tokovima i eroziji*. Casopis "Izgradnja" - specijalno izdanje, Beograd
1. Govers G., Everaert W., Poesen J., Rauws G., De Ploey J. (1987): *Susceptibilite d'un sol limoneux a l'erosion par rigoles: essais dans le grand canal de Caen*. Bulletin du centre de Geomorphologie CNRS Caen
2. Gregory K. J., Walling D. E. (1973): *Drainage basin form and process*. London, Edward Arnold.
3. Ѓорѓевиќ М., Трендафилов А., Јелиќ Д., Ѓорѓиевски С., Поповски А. (1993): *Карта на ерозија на Република Македонија*, книга I - текстуален дел, Завод за водостопанство, Скопје
4. Kittredge J (1948): *Forest influences. Erosion*. Amer. Forestry Servis, New York
5. Лазаревиќ, Р. (1968): *Методи за утврђување интензитетот на ерозија и транспортот на наноса*, Зборник од осмиот конгрес на географите од СФРЈ, Скопје 1968
6. Лазаревиќ Р (1975): *Геоморфологија*, Наша књига Београд
7. Manojlović P. (1992): *Metodologija izrade karte intenziteta hemijske erozije Srbije*, Zbornik radova geografskog fakulteta, Beograd
8. Morgan R. P. C. (1995): *Soil Erosion & Conservation*, London
9. Hudson N. V. (1957): *The design of field experiments on soil erosion*. Journal of agricultural Engineering Research 2