

*V. Spalević, A. Dlabač, B. Spalević, B. Fuštić, V. Popović*¹

**PRIMJENA RAČUNARSKO-GRAFIČKIH METODA
U PROUČAVANJU OTICANJA I INTENZITETA EROZIJE
ZEMLJIŠTA - I. PROGRAM SLIVOMI
APPLICATION OF COMPUTER - GRAPHIC METHODS
IN THE STUDIES OF DRAINING OUT AND INTENSITY OF GROUND
EROSION - I. PROGRAM "RIVER BASINS"**

Izvod

U radu je predstavljen program "Slivovi", dinamička tabela, koja obrađuje oticanje i intenzitet erozije zemljišta po metodi profesora Gavrilovića. Ovo je jedan od načina primjene računarsko-grafičkih metoda u oblasti erozije zemljišta, pomoću kojih se efikasno obezbjeđuje brzina i preciznost u radu.

Ključne riječi: erozija, oticanje, intenzitet erozije, slivovi, matematički modeli.

Abstract

In this research paper is present program "River Basins". It is based on a dynamic table, which express runoff and intensity of soil erosion by method of the Prof. Gavrilovic. This is one of the examples for using of computer-graphic methods in area of soil erosion. This method provides efficient work, speed and precision.

Key words: erosion, runoff, erosion intensity, river basins, mathematical models.

¹ Mr Velibor Spalević, dr Budimir Fuštić, Biotehnički institut, Podgorica,
Aleksandar Dlabač, inž., Berane,
Prof. dr Batrić Spalević, Poljoprivredni fakultet, Beograd,
Mr Vaso Popović, Institut za zemljište, Beograd

UVOD

Erozija zemljišta spada u najstarije probleme ljudske civilizacije, a erozivni procesi u najkompleksnije prirodne fenomene, koji se odvijaju pod velikim brojem prirodnih i antropogenih faktora. Stoga je kvantificiranje erozivnih procesa vrlo delikatan posao (Đeković, 1997).

Pretpostavlja se da je drevna Mesopotamija (današnji Irak) upravo dejstvom erozije izgubila velike površine poljoprivrednog zemljišta, što je indirektno uticalo i na propast te stare države (Đorović, Radojčić, 1966).

Danas je proces erozije problem koji ima veoma veliki uticaj na poljoprivredna zemljišta. Na području nekadašnjeg SSSR-a, po Zaharu (1970), erozijom je bilo ugroženo 200 miliona ha zemljišta, od čega je 4% bilo ugroženo najtežim, 20% jakim, 25% srednjim i ostatak - oko 50% slabim intenzitetom erozije.

Procesom erozije zemljišta u SAD-u su potpuno uništena ili teško oštećena 113.9 miliona hektara plodnog zemljišta, a na 313.1 mil ha erozija zemljišta je srednjeg intenziteta. Površine ugrožene erozijom se godišnje proširuju za 200.000 ha. U Jugoslaviji je problem erozije takode prisutan. Površine pod šumama pretrpjele su veliku redukciju usled bezobzirne sječe počev od doba Mletačke republike pa sve do današnjih dana (Đorović, 1975).

U SFRJ je procesima erozije zemljišta bila ugrožena površina od 19.2 miliona hektara, što je predstavljalo 75,7% od ukupne površine. Sa ove površine se odnosilo oko 90 miliona metara kubnih zemljišta svake godine, od čega 14 miliona završava svoj put u vodnim akumulacijama (Institut za Šumarstvo, Beograd, 1970).

Po Kadoviću (1999), procesima erozije zemljišta u SR Jugoslaviji, različitog tipa i intenziteta, zahvaćeno je 90.74 % ukupne površine (Crna Gora 95.10%, Srbija 86.39%).

Sagledavanje osnovnih elemenata stanja erozije zemljišta i režima bujičnoerozionih nanosa je potrebno radi boljeg korišćenja zemljišta, a onda hidroenergetskog potencijala, kao i zaštite voda od zagađenja sedimentima. Dobijeni rezultati o intenzitetu erozije i oticanju upućuju na savremene radove i mjere, radi boljeg i potpunijeg kontrolisanja erozije u slivnom području, a na taj način se umanjuju štetne posledice koje nastaju od razornih bujičnih voda i nanosa (Popović, 1999).

Podaci o oticanju i intenzitetu erozije zemljišta su najpouzdaniji ako su dobijeni neposrednim mjerenjima, ali takvih podataka nažalost uglavnom nema. U takvim slučajevima projektanti su prinuđeni da za određivanje godišnjeg pronosa nanosa koriste određene empirijske metode. Najčešće se u praksi za takve proračune koriste metode B.V. Poljakova i S. Gavrilovića (Kostadinov, 1990).

Proučavanja oticanja i intenziteta erozije zemljišta primjenom računarsko-grafičkih metoda novijeg je datuma. Jedan od pokušaja uvođenja ovih metoda je i program "Slivovi" koji u svojoj algoritamskoj pozadini obrađuje podatke po metodi Gavrilovića. Pomoću pomenutog programa dolazi se do rezultata na jednostavan i brz način pri čemu se dobijaja veća preciznost.

MATERIJAL I METOD

U teorijskom izučavanju karakteristika slivova primjenjen je računarsko-grafički metod, tj. urađen je program "Slivovi" koji služi za obradu dobijenih podataka sa terena.

Postoji veliki broj matematičkih modela za proračun količine nanosa. Za teritoriju naše zemlje po mnogim autorima jedan od najprihvatljivijih je model profesora Gavrilovića - analitički izraz za određivanje srednjegodišnjih zapremina erozionih nanosa (ukupni vučeni i suspendovani nanosi) za prirodni sliv, dio sliva ili gravitaciono područje. Stoga su se autori ovoga rada opredijelili za modeliranje upravo metode profesora Gavrilovića, koju navodimo stoga što je ona algoritamska podrška programu "Slivovi".

Površine slivova, (F), obim slivova, (dužina linije vododjelnice - O), dužina slivova po matici glavnog vodotoka, (Lv), mjere su pomoću programa "Površine i rastojanja".

Koeficijent oblika sliva (po Prof. Gavriloviću) računa se po formuli

$$A=0.195 \times O/L$$

gdje je :

O - dužina linije vododelnice (obim sliva), u km,

L - dužina sliva po matici glavnog vodotoka, u km,

Koeficijent razvijenosti vododelnice (po Biolčevu) izračunava se po formuli

$$m = \frac{L}{2\sqrt{\pi F}}$$

gdje je:

L - dužina vododelnice u km,

F - površina sliva u km²,

Srednja širina sliva (po Biolčevu) računa se po formuli

$$B = \frac{F}{L_b}$$

gdje je:

F - površina sliva u km²

L_b - dužina sliva mjerena serijom paralelnih linija u km

(A)simetričnost sliva izračunava se po formuli:

$$a = \frac{F_v - F_m}{0,5 \cdot (F_v + F_m)}$$

gdje je:

F_v - površina većeg dijela sliva u km²,

F_m - površina manjeg dijela sliva u km²,

Analizom rečne mreže slivova proučavane su: gustina rečne mreže slivova i koeficijent vijugavosti tokova.

Gustina rečne mreže sliva računa se po formuli:

$$G = \frac{\sum L}{F}$$

gdje je:

ΣL - ukupna dužina glavnog vodotoka sa pritokama I i II reda u km,

F - površina sliva (km²),

Koeficijent vijugavosti toka se izračunava po formuli:

$$K = \frac{L_v}{L_m}$$

gdje je:

L_v - prirodna dužina glavnog vodotoka, u km,

L_m - najkraće rastojanje između izvorišta i ušća, u km,

Srednja nadmorska visina sliva računa se po formuli:

$$H_{sr} = \frac{\sum (h \cdot f)}{F}$$

gdje je:

h - srednja nadmorska visina dvije susjedne izohipse u km,

f - površina između dvije susjedne izohipse u km²,

F - površina sliva u km²,

Srednja visinska razlika sliva računa se po formuli:

$$D = H_{sr} - H_{min}$$

gdje je :

H_{sr} - srednja nadmorska visina, (m),

H_{min} - najniža kota u slivu, (m),

Srednji pad sliva izračunava se po formuli:

$$I_{sr} = \frac{\sum (L_{sr} \cdot \Delta h)}{F}$$

gdje je:

L_{sr} - srednja dužina dvije susjedne izohipse u km,

h - ekvidistanca, u km,

F - površina sliva, u km²,

Visina lokalne erozije baze sliva računa se po formuli:

$$H_{leb} = H_{max} - H_{min}$$

gdje je:

H_{max} - najviša kota sliva, u m,

H_{min} - najniža kota sliva, u m,

Koeficijent erozije energije reljefa sliva izračunava se po formuli:

$$Er = \frac{H_{leb}}{\pi \cdot \sqrt[4]{F}}$$

gdje je:

H_{leb} - visina lokalne erozije baze, u m,

F - površina sliva, km²,

Intenzitet erozije u slivovima se računa analitički po metodi profesora Gavrilovića:

$$W_{god} = T \cdot H_{god} \cdot \pi \cdot \sqrt{Z^3} \cdot F$$

gdje je:

W_{god} - ukupna produkcija erozionog nanosa, m³/god,

T - temperaturni koeficijent područja

$$T = \sqrt{\frac{t_0}{10} + 0,1}$$

pri čemu je:

t_0 - srednja godišnja temperatura vazduha, u °C,

H god - srednja godišnja količina padavina, u mm,

Z - koeficijent erozije sliva

$$Z = Y \cdot X \cdot a \cdot (\varphi + \sqrt{J_{sr}})$$

pri čemu je:

Y - recipročna vrijednost koeficijenta otpora zemljišta na eroziju i u funkciji je tipa zemljišta

X a - koeficijent uređenja sliva, vrijednosti su date tablično,

φ - brojni ekvivalent vidljivih i jasno izraženih procesa erozije zemljišta,

Ova metoda daje ukupnu sumu proizvedenog erozionog nanosa u slivu ili gravitacionom području. Međutim, nanos proizveden erozionim procesom u slivu ne dopijeva u cjelokupnoj količini do najniže tačke sliva. Znatna dio nanosa zastaje po uvalicama i depresijama. Zbog toga su mnogi istraživači pokušali da izdvoje "produkciju" erozionog nanosa od prosječne godišnje zapremine nanosa koji dopijeva na određeni hidrometrijski profil (Spalević, 1995). Uveden je pojam koeficijenta retencije erozionog nanosa, koji glasi:

$$Ru = \frac{(O \cdot D)^{0,5}}{0,25(L + 10,0)}$$

gdje je:

Ru - koeficijent retencije nanosa,

O - obim sliva, (km),

D - srednja visinska razlika sliva, (km),

L - dužina sliva mjerena glavnim vodotokom, (km).

Koeficijent retencije erozionih nanosa predstavlja činilac kojim se smanjuju opšte količine prosječno godišnje proizvedenih nanosa. Smanjivanje količine erozionih nanosa od izvorišta ka ušću sliva predstavlja prirodan proces.

Uvođenjem koeficijenta erozije obrazac prof. Gavrilovića glasi:

$$G_{god} = W_{god} \cdot Ru$$

$$G_{god} = T \cdot H_{god} \cdot \pi \cdot \sqrt{Z^3} \cdot F \cdot Ru$$

gdje je G_{god} predstavlja stvarne gubitke zemljišta.

Maksimalno oticanje iz sliva računa se analički

$$Q_{max} = A \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot W \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot F}$$

gdje je:

A - koeficijent oblika sliva, koji se računa po formuli:

$$A = 0,195 \cdot \frac{O}{L}$$

S_1 - koeficijent vodopropusnosti područja, koji se računa po formuli:

$$S_1 = 0,4f_p + 0,7f_{pp} + 1,0f_0$$

gdje je:

f_p - dio površine sliva koji je sastavljen od jako vodopropustljivih tvorevina iz stijena (krečnjak, pijesak, šljunak), u %,

f_{pp} - dio površine sliva koji je sastavljen od stijena srednje vodopropustljivosti (škriljci, laporci, pješčari), u %,

f_0 - dio površine sliva koji je sastavljen od stijena slabe vodopropustljivosti (teška glina, jedri eruptivi), u %,

S_2 - koeficijent vegetacionog pokrivača, koji se računa po formuli:

$$S_2 = 0,6f_s + 0,8f_t + 1,0f_g$$

gdje je:

f_s - dio površine sliva pod šumom, u %,

f_t - dio površine sliva koji se nalazi pod travama, livadama, pašnjacima i voćnjacima, u %,

f_g - dio površine sliva koji je pod goletima, oranicama i zemljištima bez travne vegetacije, u %,

W - analitički izraz retencije vode u doticaju

$$W = h_b (15,0 - 22,0 \cdot h_b - 0,3\sqrt{L})$$

gdje je:

h_b - visina bujične kiše, m,

L - dužina sliva po matici glavnog vodotoka, u km,

$2gDF^{1/2}$ - energetski potencijal slivanja vode za vrijeme bujičnih kiša,

gdje je:

g - ubrzanje zemljine teže, ($9,81\text{m/s}^2$)

D - srednja visinska razlika sliva, m,

F - površina sliva, u km^2 .

RETULTATI I DISKUSIJA

Program "Slivovi" je dinamička tabela. Glavna performansa mu je brzina dobijanja i tačnost dobijenih rezultata. U odnosu na klasičan način rada u proračunu pojedinih elemenata brzina dobijanja rezultata je povećana i do 1000 puta.

Pored brzine dobijenih rezultata i tačnosti, prednost korišćenja programa "Slivovi" je i u tome što otkriva "logične greške", tj. nelogičnosti u ulaznim podacima za razliku od klasičnog računanja. Poznato je, na primjer, da broj izohipsi mora biti za jedan veći od broja površina između izohipsi (uključujući tu i tačke na najnižoj i najvišoj koti sliva) - ukoliko uslov nije ispunjen program javlja grešku.

Ovakav pristup obradi podataka je moguć i na drugim matematičkim modelima, uz ista obrazloženja kao i za program "Slivovi".

Da bi dobili predstavu o osobinama slivova sa aspekta erozije proučavaju se geometrijske, hidrološke i topografske karakteristike slivova, a rade se i proračuni količine nanosa po metodi prof. Gavrilovića za intenzitet erozije zemljišta, kao i proračuni za maksimalno oticanje iz sliva, takođe po Gavriloviću. U radu se preporučuje korištenje, umjesto do sada planimetra i kurvimetra, računarsko grafičke metode za izračunavanje površina i dužina pomoću programa "Površine i rastojanja" (Spalević, 1999.). Vrijednosti dobijene navedenim programom predstavljale bi ulazne vrijednosti za program "Slivovi", koji vrši dalju obradu podataka i daje konačne rezultate po metodici Gavrilovića (Spalević 1994., Spalević 1995).

Program "Slivovi" radi na sledeći način:

U polja na maski programa unosi se vrijednost za sledeće podatke, koje smo većinom dobili pomoću programa "Površine i rastojanja" ili na druge, klasične, načine:

Geometrijske karakteristike sliva

1. površina slivova, (F), u km^2 ,
2. obim sliva, (dužina linije vododelnice), (O), u km,
3. dužina sliva po matici glavnog vodotoka, (L_v), u km,
4. dužina sliva mjerena serijom paralelnih linija, (L_b), u km,
5. površina većeg dijela sliva (F_v), u km^2 ,
6. površina manjeg dijela sliva (F_m), u km^2 .

Topografske karakteristike sliva

1. srednja nadmorska visina dvije susjedne izohipse (liz), u km,
2. površina između dvije susjedne izohipse (f), u km^2 ,
3. vrijednost najniže izohipse, (h_0), u m,
4. ekvidistanca (Δh), u km,
5. najniža kota u slivu (H_{\min}), u m,
6. najviša kota u slivu (H_{\max}), u m.

Hidroloke karakteristike sliva

1. ukupna dužina glav. vodotoka sa pritokama I i II reda (ΣL), u km,
2. najkraće rastojanje između izvorišta i ušća (L_m), u km.

Maksimalno oticanje iz sliva

1. dio površine sliva koji je sastavljen od jako vodopropustljivih tvorevina iz stijena (krečnjak, pijesak, šljunak) (f_p), u %,
2. dio površine sliva koji je sastavljen od stijena srednje vodopropustljivosti (škriljci, laporci, pješčari), (f_{pp}), u %,
3. dio površine sliva koji je sastavljen od stijena slabe vodopropustljivosti (teška glina, jedri eruptivi), (f_o), u %,
4. dio površine sliva pod šumom, (f_s), u %,
5. dio površine sliva koji se nalazi pod travama, livadama, pašnjacima i voćnjacima, (f_t), u %,
6. dio površine sliva koji je pod goletima, oranicama i zemljištima bez travne vegetacije, (f_g), u %,
7. visina bujične kiše, (h_b) u mm.

Intenzitet erozije zemljišta

1. srednja godišnja temperatura vazduha, (t_0), u $^{\circ}\text{C}$,
2. srednja godišnja količina padavina, (H god), u mm,
3. tipovi zemljišnih tvorevina i srodne vrste
4. recipročna vrijednost koeficijenta otpora zemljišta na eroziju i u funkciji je tipa zemljišta, (Y),
5. uređenje sliva, koeficijent uređenja sliva (X a),
6. brojni ekvivalent vidljivih i jasno izraženih procesa erozije zemljišta, (φ).

Izgled programa "Slivovi" dat je na slici 1.

Dobijanje srednjih vrijednosti podataka za tipove zemljišnih tvorevina, (y), uređenje sliva, (X a), kao i za brojni ekvivalent vidljivih i jasno izraženih procesa erozije zemljišta, (φ), vrši se pomoću posebnih podprograma koji se aktiviraju preko dugmeta "Unos".

Izgled programa "Unos koeficijenata" dat je na slici 2.

The screenshot shows the 'Slivovi' software interface with the following sections and data:

- Geometrijske karakteristike sliva:**
 - F= 8.53 km², O= 15.03 km², Lv= 3.81 km, Lb= 5.73 km, Fv= 5.1 km², Fvb= 3.43 km²
- Topografske karakteristike sliva:**
 - Liz: 0.89, 2.88, 3.04, 3.45, 4.2, 4.23
 - Liz= [] km
 - f: 0.06, 0.57, 1.3, 1.45, 1.33, 1.97
 - f= [] km²
 - h0= 700 m, Δh= 100 m, Hmin= 698 m, Hmax= 1280 m
- Hidrološka karakteristika sliva:**
 - ΣL= 6.17 km, Lm= 3.81 km
- Maksimalno oticanje iz sliva:**
 - fp= 0.52, fpp= 0.085, fo= 0.395, fi= 0.469, ft= 0.453, fg= 0.078, bb= 36 mm
- Intenzitet erozije zemljišta:**
 - to= 8 $^{\circ}\text{C}$, Hgod= 947 mm
- Tipovi zemljišnih tvorevina i srodne vrste (Y):** 0.52 (Unos, Izmjena)
- Uređenje sliva (Xa):** 0.79 (Unos, Izmjena)
- Brojni ekvivalent vidljivih i jasno izraženih procesa erozije zemljišta (φ):** 0.82 (Unos, Izmjena)

At the bottom, there is a text field for 'Naziv sliva: Navatinski potok' and buttons for 'Rezultati', 'Salmanje', 'Uklonjenje', 'Novi sliv', and 'Kraj'.

Sl.1. Izgled programa **Slivovi**
Fig.1. Prewiev of programe **Slivovi**

Soil Type	Percentage (%)
Pijesakovi, šljunak i mešovana zemljišta	12
Lex, tufovi slatine, stepska zemljišta	
Raspadnuti krečnjaci i laporet	
Serpentini, crveni peščari, ribnje naslage	
Podzoli i parapodzoli, raspadnuti škriljci	
Jedri i škriljasti krečnjaci, crvenice i humuroidna zemljišta	
Gajnjače i planinska zemljišta	65
Šmonice, riške oranice i močvarna zemljišta	
Černozemi i aluvijalni nanosi dobre strukture	13
Goli, kompaktni eruptivi	10

Sl. 2. Izgled programa "Unos koeficijenta"
 Fig.2. Preview of programe "Unos koeficijenta"

Rezultati

Ime sliva: Dapsicka rijeka

Ulazni podaci:

F = 81.01km²
 O = 41.77km
 Lv = 15.98km
 Lb = 14.10km
 Fv = 40.73km²
 Fm = 40.27km²
 Liz:

12.99km
 23.45km
 23.44km
 34.64km
 34.29km
 24.79km
 10.87km
 13.81km
 7.10km
 4.68km

l:

4.04km²

Sl. 3. Izgled programa "Rezultati"
 Fig.3. Preview of programe "Rezultati"

Nakon pritiska na dugme "**Rezultati**" program provjerava korektnost unijetih podataka i, eventualno, ukaže na nelogičnosti. Ukoliko su podaci u redu, program prikazuje rezultate u prozoru čiji je izgled dat na slici 3. U prozoru je prikazan samo dio rezultata koji se pregledaju uz pomoć skrola, a mogu se i iskopirati i direktno prenijeti u tekst u nekom od programa iz Windows okruženja. Kompletni rezultati koje dobijamo uz pomoć opisanog programa su:

Naziv sliva: Dapsicka rijeka

Ulazni podaci:

```
-----
F = 81.01km2
O = 41.77km
Lv = 15.98km
Lb = 14.10km
Fv = 40.73km2
Fm = 40.27km2
Liz :
    12.99km
    23.45km
    23.44km
    34.64km
    34.29km
    24.79km
    18.87km
    13.81km
    7.10km
    4.68km
f :
    4.04km2
    9.98km2
    15.20km2
    9.72km2
    12.83km2
    8.82km2
    7.32km2
    4.72km2
    3.51km2
    1.85km2
    0.88km2
h0 = 700m
dh = 100m
Hmin = 699.0m
Hmax = 1688.0m
Suma L = 67.46km
Lm = 13.70km
```

```
fp = 0.280
fpp = 0.155
fo = 0.565
fs = 0.469
ft = 0.453
fg = 0.078
hb = 96.0mm
to = 8.00°C
Hgod = 974.00mm
Y = 0.78
Xa = 0.49
Fi = 0.27
```

Izlazni podaci:

```
-----
A = 0.51
m = 0.50
B = 5.75km
a = 0.01
Hsr = 999.94m
D = 300.94m
Isr = 24.45%
Hleb = 989.00m
Er = 104.93
G = 0.83
K = 1.17
S1 = 0.79
S2 = 0.72
W = 1.3247m
2gDF^(1/2) = 691.61m/s
Qmax = 264.76m3/s
T = 0.95
Z = 0.292
Wgod = 37139.3979m3/god
Ru = 0.273
Ggod = 10136.74m3/god
Ggod/km2 = 125.13m3/km2god
```

Raspored komponenata na obrascu *GlavniForm* dat je na slici 4., komponenata za *Unos koeficijenata* dat je na slici 5., a komponenata na obrascu *RezultatiDlg* dat je na slici 6.

Glavni

Geometrijske karakteristike sliva
 $F =$ Edit2 km' $O =$ Edit4 km $L =$ Edit6 km $L_b =$ Edit7 km $F_v =$ Edit8 km' $km =$ Edit9 km'

Topografske karakteristike sliva
 Lix: Memo1 $L =$ Edit1 km $f =$ Edit3 km' $h_0 =$ Edit24 m
 $\Delta h =$ Edit25 m $H_{min} =$ Edit26 m $H_{max} =$ Edit27 m
 Button3 Button4

Hidrološke karakteristike sliva
 $\Sigma L =$ Edit28 km $L_m =$ Edit30 km SaveDialog1 OpenDialog1

Maksimalna otkanjanje iz sliva
 $f_{pp} =$ Edit31 $f_{yp} =$ Edit32 $f_o =$ Edit33 $f_s =$ Edit34 $f_t =$ Edit35 $f_g =$ Edit36 $b_h =$ Edit37 mm

Intenzitet erozije zemljišta
 $t_o =$ Edit38 °C $H_{god} =$ Edit39 mm
 Tipovi zemljišnih tvorevina i srednje vrste (Y): Edit10 Button8 Button11
 Uređenje sliva (Xa): Edit11 Button9 Button12
 Brojni ekvivalent vidljivih i jasno izraženih procesa erozije zemljišta (ep): Edit12 Button10 Button13

Naziv sliva: Edit5 Button1 Button6 Button7 Button2 Button5

Sl. 4. "GlavniForm"
 Fig. 4. "GlavniForm"

Unos koeficijenata

Label1 Edit1 %
 Label2 Edit2 %
 Label3 Edit3 %
 Label4 Edit4 %
 Label5 Edit5 %
 Label6 Edit6 %
 Label7 Edit7 %
 Label8 Edit8 %
 Label9 Edit9 %
 Label10 Edit10 %

OK:Btn Cancel:Btn

Sl.5. "Unos koeficijenata"
 Fig.5. "Unos koeficijenata"



Sl. 6. "RezultatiDlg"

Fig. 6. "RezultatiDlg"

Kompletan listing projekta **Slivovi** zbog obima nije prikazan u radu. Prezentujemo samo dio listinga pomoću koga dobijamo vrijednosti za A, m, B, ..., Z, Wgod, Ggod, kao i dio koda kontrole grešaka u unosu.

- - -

```
F:=StrToFloat (Edit2.Text);
O:=StrToFloat (Edit4.Text);
Lv:=StrToFloat (Edit6.Text);
Lb:=StrToFloat (Edit7.Text);
Fv:=StrToFloat (Edit8.Text);
Fm:=StrToFloat (Edit9.Text);
A:=0.195*O/Lv;
m:=Lv/(2*Sqrt (Pi*F));
B:=F/Lb;
asim:=2*(Fv-Fm)/(Fv+Fm);
h0:=StrToFloat (Edit24.Text)/1000;
dh:=StrToFloat (Edit25.Text)/1000;
Hmin:=StrToFloat (Edit26.Text)/1000;
Hmax:=StrToFloat (Edit27.Text)/1000;
Hsr:=0;
For I:=1 to BrojL do
  h [I]:=h0+(I-1)*dh;
h [0]:=Hmin;
```

```

If Hmax<=h [BrojL] then
  Begin
    MessageBeep (MB_ICONEXCLAMATION);
    Edit27.SetFocus;
    Exit
  End;
h [BrojL+1]:=Hmax;
For I:=1 to BrojF do
  Hsr:=Hsr+(h [i-1]+h [i])/2*fiz [i];
Hsr:=Hsr/F;
D:=Hsr-Hmin;
Isr:=0;
Liz [0]:=0;
Liz [BrojL+1]:=0;
For I:=0 to BrojL do
  Isr:=Isr+(Liz [I]+Liz [I+1])/2*dh;
Isr:=Isr/F*100;
Hleb:=Hmax-Hmin;
Er:=Hleb*1000/(Pi*Sqrt (Sqrt (F)));
SL:=StrToFloat (Edit28.Text);
Lm:=StrToFloat (Edit30.Text);
G:=SL/F;
K:=Lv/Lm;
fp:=StrToFloat (Edit31.Text);
fpp:=StrToFloat (Edit32.Text);
fo:=StrToFloat (Edit33.Text);
If Abs (1-(fp+fpp+fo))>1e-7 then
  Begin
    MessageBeep (MB_ICONEXCLAMATION);
    ShowMessage ('Zbir fp, fpp i fo mora biti 1.');
```

```

    Edit31.SetFocus;
    Exit
  End;
fsh:=StrToFloat (Edit34.Text);
ft:=StrToFloat (Edit35.Text);
fg:=StrToFloat (Edit36.Text);
If Abs (1-(fsh+ft+fg))>1e-7 then
  Begin
    MessageBeep (MB_ICONEXCLAMATION);
    ShowMessage ('Zbir fs, ft i fg mora biti 1.');
```

```

    Edit34.SetFocus;
    Exit
  End;
hb:=StrToFloat (Edit37.Text)/1E6;
S1:=0.4*fp+0.7*fpp+1.0*fo;
S2:=0.6*fsh+0.8*ft+1.0*fg;
W:=hb*(15.0-22.0*hb-0.3*Sqrt (Lv));
gDF2:=2*9.81*D*1000*F;
Qmax:=A*S1*S2*W*Sqrt (gDF2);
t0:=StrToFloat (Edit38.Text);

```

```

Hgod:=StrToFloat (Edit39.Text)/1E6;
Tk:=Sqrt (t0/10+0.1);
Y:=StrToFloat (Edit10.Text);
Xa:=StrToFloat (Edit11.Text);
Fi:=StrToFloat (Edit12.Text);
Z:=Y*Xa*(Fi+Sqrt (Isr/100));
Wgod:=Tk*Hgod*1E6*Pi*Sqrt (Z*Z*Z)*F;
Ru:=Sqrt (O*D)/(0.5*(Lv+10));
Ggod:=Wgod*Ru;
Ggod2:=Ggod/F;

```

ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata došlo se do sledećih zaključaka:

Matematički modeli koji su korišćeni u oblasti konzervacija zemljišta i voda za prognozu maksimalnog oticanja i intenziteta erozije zemljišta mogu se uspješno transformisati u računarsko-grafičke metode, čime se postiže velika preciznost i brzina u radu.

Za transformaciju su izabrani matematički modeli prof. Gavrilovića za proračun oticanja

$$Q_{\max} = A \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot W \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot F}$$

i proračun intenziteta erozije

$$W_{\text{god}} = T \cdot H_{\text{god}} \cdot \pi \cdot \sqrt{Z^3} \cdot F$$

Za ostvarenje postavljenog cilja urađen je program "Slivovi", pomoću kojeg se obrađuju podaci koji su većinom dobijeni pomoću programa "Površine i rastojanja" i ostali podaci dobijeni na neki drugi način.

Transformacija u RG metode moguća je i kod drugih matematičkih modela za oticanje iz sliva i intenzitet erozije zemljišta po istom pristupu kao i kod matematičkih modela prof. Gavrilovića.

Program "Slivovi" je vrlo jednostavan za korišćenje. Ne zahtijevaju visok nivo poznavanja rada na računaru, što omogućava široku primjenu.

Glavna performansa programa "Slivovi" je brzina dobijanja i tačnost dobijenih rezultata. U odnosu na klasičan način rada u proračunu pojedinih elemenata brzina dobijanja rezultata je povećana i do hiljadu puta.

Program "Slivovi" omogućuje otkrivanje tzv. "logičnih grešaka" tj. nelogičnosti u ulaznim podacima. Kod klasičnih metoda se sa pogrešnim podatkom može doći do rezultata - ovdje to nije moguće jer program javlja grešku.

Program je veoma adaptivan. Kod programa se rezultati mogu mijenjati na bazi promjene vrijednosti ulaznih parametara u matematičkim modelima, čime se obezbjeuje trajnost programa.

LITERATURA

- Deković, V.: Projektovanje u bujičarstvu, Šumarski fakultet, Beograd, 1997.
- Dorović, M., Radojičić, M.: Nestanak starih civilizacija kao posledica erozije zemljišta, Šumarstvo 11/12, Beograd, 1966.
- Dorović, M.: Gubici zemljišnog materijala i vode dejstvom erozije s raznih tipova zemljišta u SR Srbiji. Beograd, 1975.
- Institut za Šumarstvo i drvenu industriju: Study of Intensity of Water Erosion. FG-YU-140. Beograd, 1973.
- Kadović, R.: Protiverozioni agroekosistemi - Konzervacija zemljišta, Šumarski fakultet, Beograd, 1999.
- Kostadinov, S.: Bujični tokovi i erozija, Šumarski fakultet, Beograd, 1996.
- Popović, V., Spalević, V., Petrović, P.: Uticaj bujičnog nanosa na hidroenergetski potencijal gornjeg toka Lima. 28 konferencija Zaštita voda 99. Jugoslovensko društvo za zaštitu voda i društvo za zaštitu voda Srbije, Soko Banja, 12.-15. oktobar 1999.
- Spalević, B.: Konzervacija zemljišta i voda. Poljoprivredni fakultet, Beograd, 1997.
- Spalević, B.: Konzervacija zemljišta i voda (predavanja na odsjeku melioracija zemljišta i voda). Poljoprivredni fakultet, Beograd, 1994.
- Spalević, V.: Stanje erozije i mere konzervacije u gornjem delu sliva Šekularske rijeke. Diplomski rad. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu, Zemun, 1995.
- Spalević, V., Spalević, B., Fuštić, B., Popović, V.: Stanje erozije i mjere konzervacije zemljišta u slivu Prijedolskog potoka. Saopštenje na Kongresu JDPZ, Novi Sad, 1997.
- Spalević, V.: Primjena računarsko-grafičkih metoda u proučavanju oticanja i intenziteta erozije zemljišta u Beranskoj kotlini. Magistarska teza. Poljoprivredni fakultet, Beograd, 1999.
- Zahar, D.: Erozia pody. Bratislava, 1970.

***APPLICATION OF COMPUTER - GRAPHIC METHODS IN THE
STUDIES OF DRAINING OUT AND INTENSITY OF GROUND EROSION
I.PROGRAM "RIVER BASINS"***

by

***Mr Velibor Spalević, dr Budimir Fuštić, Biotehnicki institut, Podgorica,
Aleksandar Dlabáč, ing., Berane,
Prof. dr Batrić Spalević, Agricultural faculty, Belgrade,
Mr Vaso Popović, Institute for Soil science, Belgrade***

Summary

In this research paper is present program "River Basins".

Many authors have done studies of the erosion process, using classical quantitative and qualitative methods in the examination of the intensity of this process. They have applied numerous mathematical models, which helped obtain data on draining out in certain river basins as well as data concerning ground loss in these basins.

Therefore, a new idea was developed in order to obtain precise and accurate results in a simple and quick way, using the same mathematical models. It became clear that the application of computer and graphic methods could secure above-mentioned requirements in terms of speed and accuracy.

Program "Program Basins" is based on a dynamic table, which express runoff and intensity of soil erosion by method of the Prof. Gavrilovic. This is one of the examples for using of computer-graphic methods in area of soil erosion. This method provides efficient work, speed and precision.