

МИЛЕНА МИТОВА, СВЕТЛА РУСЕВА

Институт по почвознание, агротехнологии и защита на растенията „Н. Пушкиarov”, София

Анализ на чувствителността на прогнозните почвени загуби от ерозия от факторите, които ги определят

Sensitivity Analysis of Predicted Soil Loss from Erosion to Its Determining Factors

M. Mitova, S. Rousseva

N. Poushkarov Institute of Soil Science, Agrotechnologies and Plant Protection, Sofia, Bulgaria

Abstract

Soil erosion risk assessments are based on a model for predicting the average annual soil loss (Universal Soil Loss Equation), adapted to the conditions of Bulgaria. The factors that determine the potential risk of soil erosion are rainfall erosivity, soil erodibility and topography. The report presents statistical analysis of the relationships of the potential erosion risk from indices for assessing these factors. The results obtained showed that the topography factor has the highest relative impact on the estimated soil loss, followed by the rainfall erosivity and the soil erodibility factors. Sensitivity analysis of predicted soil loss from erosion to its determining parameters clarifies the relationship between the potential erosion risk and the erosion factors and supports the optimization of soil protection measures and erosion control planning, with a focus on the most important factors. Control of these factors could enable reduction of soil loss to tolerable limits.

Key words: Universal Soil Loss Equation, potential erosion risk, rainfall erosivity, soil erodibility, topography factor

Оценката на риска от плоскостна водна ерозия на почвата се основава на модел за прогнозиране на вероятните средногодишни почвени загуби от ерозия, адаптиран за условията на България. Факторите, които определят потенциалния риск от ерозия на почвата са ерозионност на дъждовете, податливост на почвата към ерозиране и топография, като топографският фактор има най-силно относително влияние върху прогнозните почвени загуби, следван от ерозионността на дъждовете и податливостта на почвата към ерозиране. Анализът за чувствителността на прогнозните почвени загуби от параметрите, които го определят, изяснява връзката между потенциалния ерозионен риск и ерозионните фактори и подпомага оптимизирането на почвозащитни мерки

и противоерозионното проектиране, с насочване на вниманието към факторите от които зависи най-силно. Чрез въздействието върху тях стойностите на почвените загуби биха могли да се сведат в допустими граници.

Потенциалният риск от плоскостна водна ерозия (A) се прогнозира чрез Универсалното уравнение за почвени загуби (Universal Soil Loss Equation – USLE) (Wischmeier, Smith, 1978) като средногодишна стойност на количеството ерозирана почва [t/ha y] при отсъствие на растителна покривка, т. е. стойностите на индексите за факторите за почвозащитно действие на растителността и почвозащитните мерки са равни на единица – C = 1 и P = 1.

Уравнението има вида: $A = R K L S C$, (1)
където: A са изчислените средногодишни за-

Таблица 1. Средни, минимални и максимални стойности на индекса за ерозионност на дъждовете, индекса за податливост на почвата към ерозиране и топографския индекс
 Table 1. Average, minimum and maximum values for rainfall erosivity, soil erodibility and topography factors

Показател	Индекс за ерозионността на дъждовете (EI_{30}), MJ mm/ha h	Индекс за податливостта на почвата към ерозиране (K), t ha h/ha MJ mm	Топографски индекс (LS)
Средна	812	0,029	1,5
Минимум	318	0,003	0,3
Максимум	1998	0,051	8,7

Таблица 2. Коефициенти на корелация (R), детерминация ($r = R^2$) и линейна регресия (интерсепта - a_0 , наклон - a_1) между потенциалния риск от ерозия и нормализираните стойности на факторите, които го определят (X)
 Table 2. Coefficients of correlation (R), determination ($r = R^2$) and linear regression (intercept - a_0 , slope - a_1) between potential soil erosion risk and the normalized values of its determining factors (X)

X	R	r	a_0	a_1
R-фактор	1	1	50,025	22,568
K-фактор	1	1	36,540	19,258
LS-фактор	1	1	106,214	64,089

губи (t/ha y), R - индекс за ерозионност на дъждовете (MJ mm/ha h), K - индекс за податливост към ерозиране на почвата (t ha h/MJ ha mm), LS - топографски индекс, C - индекс за почвозащитното действие на растителността, P - индекс за почвозащитното действие на приложените почвозащитни мерки.

Оценката на потенциалния риск от плоскостна водна ерозия дава възможност за контролиране и намаляване на вероятните почвени загуби до екологично приемливи количества.

Целта на разработката беше да се анализира чувствителността на потенциалния ерозионен риск (A), определен по формула (1), по отношение на факторите, които го определят – индексът за ерозионност на дъждовете (R-фактор), индексът за податливост на почвите към ерозиране (K-фактор) и топографският индекс (LS-фактор).

Материал и методи

Статистическите анализи за оценка на зависимостта на потенциалния ерозионен риск (A) на почвите от факторите, които го определят по универсалното уравнение за почвени загуби (USLE), са направени в MS Excel. Чрез

корелационни анализи е определена степента на свързаност между потенциалния ерозионен риск, от една страна и фактора за ерозионност на дъждовете (R-фактор), фактора за податливост на почвите към ерозиране (K-фактор) и топографския индекс (LS-фактор). За факторите, чийто коефициент на детерминация с потенциалния ерозионен риск е над 0,75, е направен регресионен анализ. Чувствителността на потенциалния ерозионен риск по отношение на даден фактор е изследвана при варирането му между възможните минимални и максимални стойности при определена средна стойност на останалите фактори. Средните, минимални и максимални стойности на всеки от тях са определени от географската база данни за ерозионните фактори и риск (Русева, 2002).

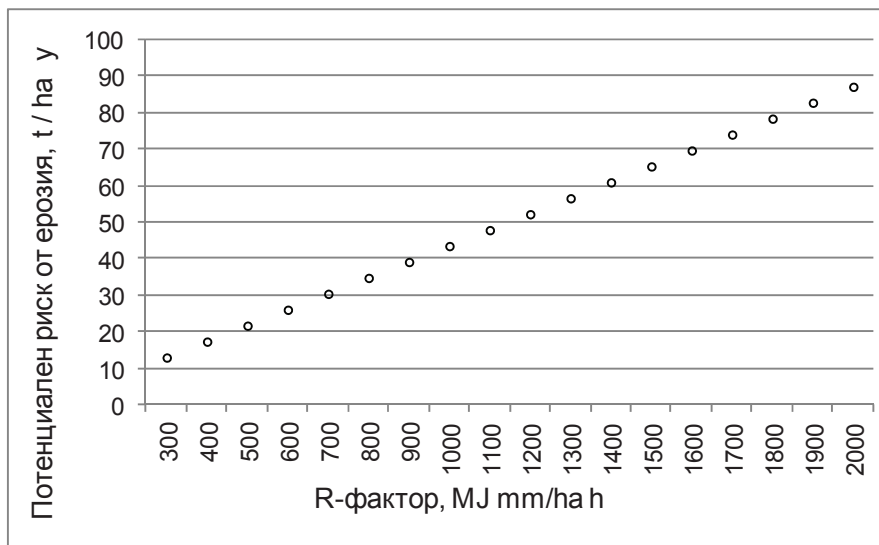
От данните в табл. 1 се вижда, че стойностите на факторите, които определят прогнозните почвени загуби от ерозия (A) са с различни дименсии и варират в много широки граници – от 0,003 до 1998 MJ mm/ha h, което затруднява сравняването на тяхното влияние върху потенциалния риск от ерозия. Поради тази трудност е направена трансформация за нормализиране на редиците (x_{ij}) на отделните фактори (x_i , при $i = 1, 2, 3$) чрез съответните средни (x_{iav}) и стандартни отклонения (σ_i), по формулата:

$$X_{ij} = (x_{ij} - x_{iav})/\sigma_i, \quad (2)$$

където X_{ij} са съответните трансформирани стойности.

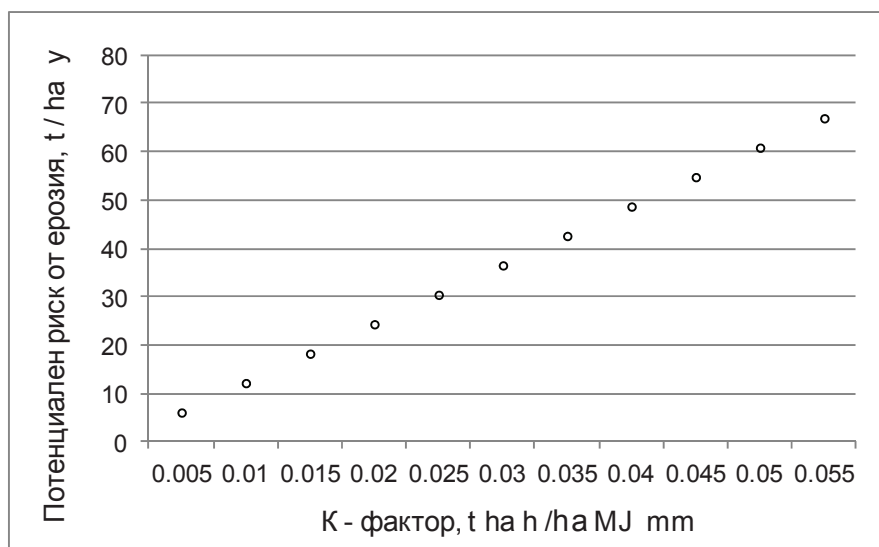
Резултати и обсъждане

Първата зависимост, която е изследвана – за чувствителност, е между потенциалния риск и фактора за ерозионност на дъждовете (R-фактор). Предвид резултатите от корелационния анализ тя може да се опише с линейна зависимост, тъй като коефициентът между две-



Фиг. 1. Линейна зависимост между прогнозните почвени загуби от ерозия и индекса за ерозионност на дъждовете (R)

Fig. 1. Linear relationship between predicted soil loss from erosion and the rainfall erosivity factor (R)



Фиг. 2. Линейна зависимост между прогнозните почвени загуби от ерозия и индекса за податливост на почвата към ерозия (K)

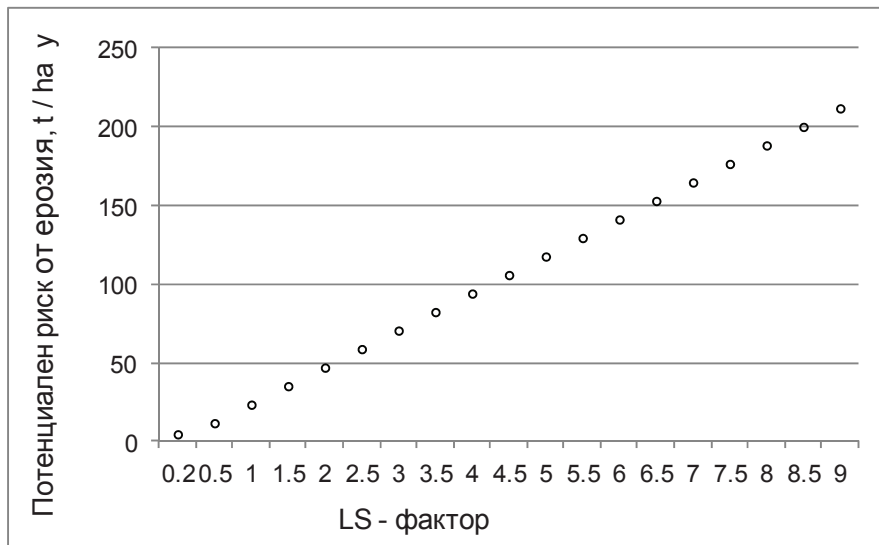
Fig. 2. Linear relationship between predicted soil loss from erosion and the soil erodibility factor (K)

те величини е 1. Анализът показва, че с увеличаването на количеството на валежите със 100 MJ mm/ha h стойността на потенциалния риск от ерозия нараства с 4,35 t/ha y (фиг. 1). Това е свързано и с формирането на по-голям повърхностен воден отток, който е причина за протичането на по-интензивни ерозионни процеси.

Следващата зависимост, която е изследвана, е между потенциалния риск от ерозия и

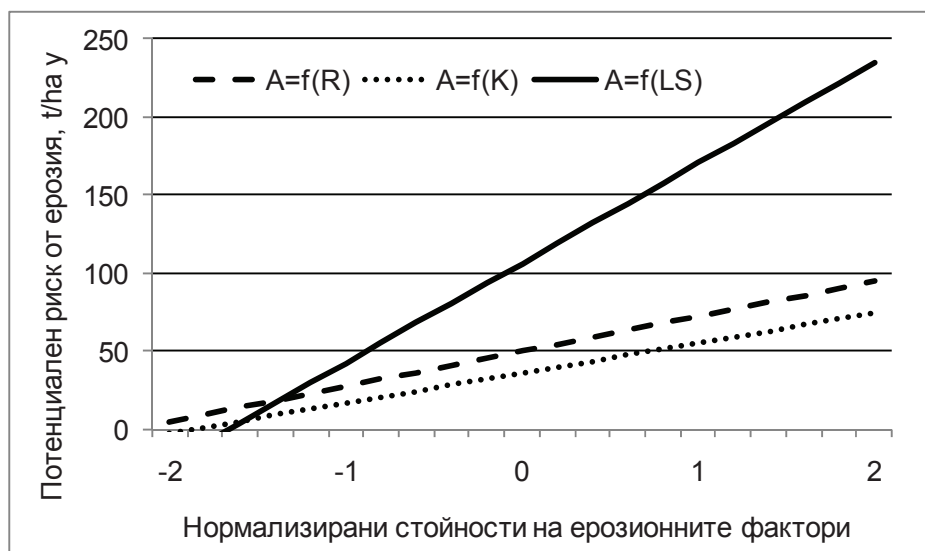
индекса за податливостта на почвата към ерозиране (K-фактор). Тя също е правопрпорционална (фиг. 2). При увеличаване стойността на податливостта на почвата към ерозиране с 0,5 t ha h/ha MJ mm стойността на потенциалния риск от ерозия нараства с 12,18 t/ha y.

С увеличаване на стойностите на топографския индекс (LS-фактор), стойността на потенциалния риск от ерозия също нараства (фиг. 3). По-



Фиг. 3. Линейна зависимост между прогнозните почвени загуби от ерозия и топографския индекс (LS)

Fig. 3. Linear relationship between predicted soil loss from erosion and the soil topography factor (LS)



Фиг. 4. Зависимости между потенциалния риск от ерозия и нормализираните стойности на ерозионните фактори

Fig. 4. Relationships between potential soil erosion risk and the normalized values of soil erosion factors

големият наклон е предпоставка за формиране на повърхностен воден отток с по-голяма скорост, което е предпоставка за по-голямо количество ерозирана почва. При увеличаване на стойностите на топографския индекс с 0,5 стойността на потенциалния риск от ерозия се увеличава с 23,55 t/ha.

Резултатите от корелационните и регресионните анализи за нормализираните стойности

на факторите, които определят потенциалния риск от ерозия (A) показват (табл. 2) високата степен на корелация между A и факторите, които го определят. Данните за стойностите на наклона на линейните регресии потвърждават изводите, направени по-горе за правата пропорционалност на зависимостта на потенциалния риск от ерозия от индекса за ерозионност на дъждовете (R-фактор), индекса за податливост

на почвата към ерозиране (K-фактор) и от топографския индекс (LS-фактор), която произлиза от уравнение (1).

Абсолютните стойности на наклона на линейната регресия показват, че топографският индекс има най-силно относително влияние върху прогнозните почвени загуби от ерозия (при относителното му нарастване с 1, потенциалните загуби от ерозия нарастват с около

64 t/ha y), следван от индекса за ерозионност на дъждовете (при относителното му нарастване с 1, потенциалните загуби от ерозия нарастват с близо 23 t/ha y), и индекса за податливост на почвата към ерозиране (при относителното му нарастване с 1, потенциалните загуби от ерозия нарастват с над 19 t/ha y). Тези изводи ясно са илюстрирани в графиката на фиг. 4.

Изводи

Резултатите от корелационния анализ на данните показват, че съществува много тясна правопрпорционална връзка между прогнозните почвени загуби от ерозия (A) и факторите, които ги определят – индексът за ерозионност на дъждовете (R-фактор), индексът за податливост на почвите към ерозиране (K-фактор) и топографският индекс (LS-фактор).

Резултатите от проведените регресионни анализи показват, че топографията има най-силно относително влияние върху прогнозните почвени загуби от ерозия, следвана от ерозионността на дъждовете и податливостта към ерозиране на почвите. Когато относителната стойност на топографския индекс (LS-фактор) се увеличи с 1, стойността на потенциалния риск от ерозия се увеличава с около 64 t/ha y. При нарастване на относителната стойност на индекса за ерозионност на дъждовете (R-фактор) с 1, стойността на потенциалния риск от ерозия се увеличава с близо 23 t/ha y. С увеличаване на относителната стойността на индекса за податливостта на почвата към ерозиране (K-фактор) с 1, потенциалният риск от ерозия нараства с над 19 t/ha y.

Литература

Русева, С. С. 2002. Информационна основа на географска база данни за площната водна ерозия. Хабилитационен труд. ИП „Н. Пушкиров“, С., 28; 147 с.

Wischmeier, W. H., D. D. Smith. 1978. Predicting rainfall-erosion losses – A guide to conservation planning. Agricultural Handbook No. 537.