

## **ЕКСПРЕС-СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМУ ЗМИТОГО ҐРУНТУ В КОМПЛЕКСНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛОЩОВОЇ ЕРОЗІЇ МЕТОДАМИ ФОТОГРАММЕТРІЇ**

© Глотов В.М., Процик М.Т., 2000

*В статье проводится анализ существующих способов определения количественных характеристик эрозии почв детального уровня исследования. Предложен экспресс-способ дистанционного зондирования вышеуказанных параметров. Приведён алгоритм оценки точности способа, а также результат экспериментально-исследовательских работ. Сделаны соответствующие выводы.*

*The analysis of the existed methods of determination of quantity characteristics of soil erosion of detailed level of search is considered in the paper. The express method of remote sensing above mentioned parameters is proposed. The algorithm of the method of evaluated accuracy and the results of experimental works are suggested. The conclusion is presented.*

Висока концентрація і надзвичайно інтенсивний розвиток як природного господарства в цілому, так і сільськогосподарського виробництва зокрема, різко підвищує техногенний вплив та зумовлює погіршення екологічної ситуації довкілля, що, в свою чергу, приводить до значних економічних та екологічних витрат. До таких негативних екологічних порушень належить ерозія ґрунтів (площова, струмениста та яркова), які розповсюджені на великих територіях сільськогосподарського призначення. Тому проведення ефективних невідкладних і рішучих заходів для збереження та охорони довкілля та раціонального використання природних ресурсів є одним із актуальних завдань, зокрема і питань, пов'язаних з картуванням ерозійних процесів у великих масштабах, проведення всебічного аналізу закономірностей їх виникнення та розвитку, на основі порівняння різночасових даних, визначення ареалів поширення, інтенсивності розвитку, динаміки перебігу в часі та просторі з метою створення протиерозійних заходів.

Дослідження та вивчення змивних процесів ґрунтів, на нашу думку, повинно виступати як підсистема моніторингу земельних ресурсів, про необхідність створення якого відмічено в Земельному кодексі України. Важливими у створенні такої підсистеми є збір, збереження, методи опрацювання та видачі необхідної інформації для оцінки стану змиву ґрунтів. Однак така інформація, як правило, отримується за допомогою трудомістких та низькопродуктивних методів, за результатами натурних польових обстежень, геодезичних та картометричних робіт, що в сучасних умовах не повною мірою задовольняє підвищені вимоги повноти, достовірності та точності отримання основних характеристик змиву, його динаміки, оскільки переважно обмежена принциповими можливостями існуючих технологічних схем. Одним із реальних шляхів отримання достовірної, оперативної та точної інформації з вивчення території та змивання ґрунтів є перехід до дистанційних методів на регіональному, локальному та детальному рівнях досліджень з використанням сучасних знімальних систем та фотограмметричних приладів обробки зображень та створення на цій основі інформаційних систем. Такий підхід дає можливість застосовувати комплексну (інтегровану) фотограмметричну технологію автоматизованого збирання і опрацювання даних, їх зберігання, отримувати нові кількісні і якісні характеристики процесів та явищ і визначати на їх основі не тільки статичні, але і динамічні моделі змиву.

Зупинимося тепер на деяких аспектах детального рівня дослідження площового змиву щодо визначення його кількісних параметрів засобами короткобазисної фотограмметрії. Як відомо [1, 2], одним із точних традиційних методів визначення кількісних параметрів змиву є стаціонарні дослідження на постійнодіючих модельних стокових площадках, які облаштовуються на схилах різної крутості, експозиції, агрофону тощо, та вимагає спеціального обладнання і вилучення із сільськогосподарського користування відповідної частки земель, що в сучасних умовах землекористування (індивідуального, фермерського тощо) є не завжди можливим.

Запропонований спосіб позбавлений перелічених вище недоліків, оскільки є дистанційним та не вимагає відведення спеціальних ділянок. В свою чергу, він забезпечує необхідну точність отриманих результатів, ефективність та мобільність [5, 6].

Цей спосіб може базуватись на використанні як сучасних цифрових фахових камер (наприклад, ДС-260), так і неметричних фотоапаратів (наприклад, "Київ 6С") та спеціальної установки для проведення знімання елементарних ділянок, на яких проходять ерозійні процеси, зокрема площинний змив [4, 3].

Розрахуємо апріорну точність обчислення об'ємів змиву, застосовуючи формулу методу вертикальної сітки 7 :

$$v = \frac{1}{3} B^3 \Delta x \Delta z f \left( \left[ \frac{1}{P_{cep}^3} \right] - \left[ \frac{1}{P_{cep}'^3} \right] \right). \quad (1)$$

Знайдемо часткові похідні та введемо заміну

$$\frac{\partial v}{\partial B} = \frac{B^2 \Delta x \Delta z f}{P^3} = \frac{Y^3 \Delta x \Delta z}{f^2 B}$$

$$\frac{\partial v}{\partial x} = \frac{B^3 \Delta z f}{3 P^3} = \frac{Y^3 \Delta z}{3 f^2}$$

$$\frac{\partial v}{\partial z} = \frac{B^3 \Delta x f}{3P^3} = \frac{Y^3 \Delta x}{3f^2}$$

$$\frac{\partial v}{\partial f} = \frac{B^3 \Delta x \Delta z}{3P^3} = \frac{Y^3 \Delta x \Delta z}{3f^3}$$

$$\frac{\partial v}{\partial p} = -\frac{B^3 \Delta x \Delta z f}{P^4} = \frac{Y^4 \Delta x \Delta z}{f^3 B}$$

Враховуючи ці значення похідних, отримаємо

$$m_v = \left[ \left( \frac{Y^3 \Delta x \Delta z}{f^2 B} \right)^2 m_B^2 + \left( \frac{Y^3 \Delta z}{3f^2} \right)^2 m_{\Delta x}^2 + \left( \frac{Y^3 \Delta x}{3f^2} \right)^2 m_{\Delta z}^2 + \left( \frac{Y^3 \Delta x \Delta z}{3f^3} \right)^2 m_f^2 + \left( \frac{Y^4 \Delta x \Delta z}{f^3 B} \right)^2 m_p^2 \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (2)$$

Кількісні параметри змиву обчислюються в локальній системі координат рамки, в яку вмонтована сітка квадратів із дроту відповідного діаметра. Одним із кількісних параметрів змиву ґрунту є його об'єм, змитий за відповідний проміжок часу. Очевидно для цього необхідно мати різночасові знімки цифрові чи фото- ідентичної елементарної ділянки.

Для апробації експрес-способу визначення об'ємів засобами короткобазисної фотограмметрії та встановлення точності проведений експеримент у лабораторних умовах, який полягає у такому. З метою всебічного аналізу запропонованого способу розроблено та виготовлено модель, за допомогою якої в лабораторних умовах можливо виконувати різноманітні дослідження. Модель складається з паралелепіпедної місткості розміром 650×650×100 мм, що забезпечує щільну посадку рамки із сіткою. У двох кутах місткості, зі сторонами бокових граней, а також відносно них в середній частині протилежного борту закріплені вивідні гвинти. За допомогою цих гвинтів нівелюється сітка або встановлюється на задані кути – моделюючи нахили схилу, що досліджується.

В нашому випадку, згідно з конструктивними особливостями моделі, маємо:

$$B = 150 \text{ мм}, Y = 1200 \text{ мм}, \Delta x = \Delta z = 10 \text{ мм}, f = 115 \text{ та } 100 \text{ мм}, m_B = 0.05 \text{ мм}, m_{\Delta x} = m_{\Delta z} = m_p = 5 \text{ мкм}$$

Підставляючи значення у формулу (2), отримаємо  $m_v = 10 \text{ см}^3$ .

Експериментальні роботи полягали у такому. В місткість засипався та нівелювався з відповідним стиском просіяний пісок. Після цього встановлювали рамку з ґраткою так, щоб дроти ґратки торкалися поверхні піску. Далі виконувалося знімання, послідовно цифровою камерою ДС-260 та фотокамерою "Київ 6С". Після закінчення знімання частина піску, що за площею відповідала повздовжньому перекриттю, усувалася на глибину 2–4 см та знову виконувалося знімання (модель різночасових знімків).

Цифрові знімки вимірювалися на цифровій фотограмметричній станції "Дельта-2", а фотографічні зображення, зроблені фотоапаратом "Київ-6С", – на стереокомпараторі "Стекометр". Отримані результати оброблялись за програмою, в основі якої були формули (1) та (2).

Окрім цього, проводилось визначення об'єму двома незалежними способами для наступної оцінки точності дистанційного методу.

Перший спосіб полягав у визначенні безпосередніх вимірювань параметрів ґратки та глибин між перетинами ґраток та поверхнею піску після його усунення. Другий метод полягав у визначенні об'єму за масою та питомою вагою піску.

За результатами досліджень встановлено, що запропонований спосіб має відносну похибку  $\frac{m_v}{V} \approx 2.5\%$ .

На основі проведеного аналізу формули (2) та результатами експериментально-дослідницьких робіт можливо зробити такі висновки:

1) похибка вимірювань базису становить приблизно 20 % від загальної. Відносна похибка базису з наведеного прикладу –  $\frac{1}{3000}$ . Практично збільшити точність вимірювання базису в умовах даного способу не є можливим;

2) друга та третя частина похибок ( $m_{\Delta x}, m_{\Delta z}$ ) складають від загальної похибки у сумі близько 30 % та можуть значно зменшуватись зі зменшенням розміру комірок рамки;

3) похибка фокусної відстані є лише 1,5 % від загальної. Отже, калібрування камер можливо робити з точністю до 0,05 мм. Окрім цього, встановлено, що точність способу залежить від довжин фокусної відстані. Однак застосування довгофокусних камер приведе до зменшення корисної площі знімання;

4) похибка паралаксів сягає до 50 % від загальної. Шляхів зменшення цієї похибки є декілька:

а) як вже вказувалось в п.2, зменшити розміри ґраток;

б) зменшити відстань до об'єкта та збільшити базис знімання. Однак це приведе до наслідків, описаних у п.3.

5) при отриманні формули (2) та при експериментальних роботах вважалося, що елементи зовнішнього орієнтування безпомилкові та відповідають заданим. У формулі не враховані похибки скосу, конвергенції, крену, які, безумовно, збільшили похибку визначення об'єму. Щодо проведення експериментів, то ці величини встановлювались (нормальний випадок знімання) за допомогою накладного 30" рівня як камери, так і ґратки (поверхні).

1. Болюх О.И., Канат А.П., Кит М.Г., Кравчук Я.С. Стационарное изучение плоскостного смыва в Предкарпатье. Львов, 1976. С.114. 2. Волощук М.Д. Грунтово-ерозійний моніторинг: завдання, зміст та види спостережень // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва в Україні. 1997. С.212–214. 3. Глотов В.М., Турук Д.М. Визначення метричних характеристик знімальної системи – камери Київ-6С // Зб. ДУ "Львівської політехніки". 1996. № 56. 4. Глотов В.М., Майоров Г.Є. Аналіз метричних властивостей цифрових знімальних систем // Зб. НУ "Львівської політехніки". 2000. № 59. 5. Мельник В.М., Нестробчук І.М. Метод короткобазисної фотограмметрії в системі агроекологічного моніторингу // Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва в Україні. 1997. С.154–159. 6. Нестробчук І.М. Картографо-фотограмметричне моделювання площинної ерозії: Автореф. дис. ... геогр. наук. – Львів, 1997. 7. Пузанов Б.С., Иванов Н.И. Методика измерений объемов и площадей по наземным стерефотоснимкам // Тр. института «Оргэнергострой». 1959.