



# ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ КАРТОГРАФІЧНИХ ДАНИХ ДЛЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПРЕЦИЗІЙНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

УДК 004.65:528.913 (045)

## **ВАСЮХІН Михайло Іванович**

доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерних мереж і телекомунікацій Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Наукові інтереси: інтерактивні геоінформаційні комплекси оперативної взаємодії.

## **ТКАЧЕНКО Олексій Миколайович**

кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних наук Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Наукові інтереси: технології програмування, прикладні інформаційні системи, інтелектуальні системи.

## **КАСІМ Аніса Мохаммадівна**

кандидат технічних наук, молодший науковий співробітник Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України.

Наукові інтереси: геоінформаційні системи різного рівня та призначення.

## **ДОЛИННИЙ Василь Володимирович**

аспірант Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України.

Наукові інтереси: методи і технологічні засоби побудови баз картографічних даних геоінформаційних систем.

## **ІВАНІК Юлія Юріївна**

аспірантка Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України.

Наукові інтереси: методи та засоби побудови баз картографічних даних.

## **ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ**

Прецизійне землеробство – це новітня система у аграрній галузі, яка застосовує наукоємні технології, останні досягнення техніки та інтелектуальні методи управління. Її фундаментальною частиною є розвиток і адаптація стратегії та практики ведення сільського господарства в сучасних умовах. Головні завдання, що постають при такому підході, – виміряти, оцінити, оптимізувати і використати на практиці фактори, що впливають на продуктивність рослин, а саме: водно-фізичні та хімічні властивості ґрунту, ландшафтні особливості сільськогосподарських ділянок, сорти насіння, строки сівби і збирання, засоби боротьби з хворобами рослин, шкідниками, облік агрокліматичних умов біологічного розвитку тощо. Ефективне вирішення згада-

них завдань неможливе без розробки, створення і впровадження дієвих геоінформаційних систем прецизійного землеробства (ГІС ПЗ), ключовим інформаційним блоком яких є бази картографічних даних (БКД).

Просторова неоднорідність родючості ґрунту в межах кожного поля має свої особливості залежно від ґрунтово-кліматичних умов, рельєфу, типу ґрунту, гранулометричного складу, рослинних залишків, мікроклімату, технології вирощування культур у попередні роки (сівозмін) та інших даних. Перерахована інформація має географічну складову – координатну прив'язку до конкретної території або до її моделі, карти. Тому актуальність проблематики створення цифрової картографічної основи у вигляді БКД для ГІС ПЗ не викликає сумнівів.

## ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

На початковому етапі створення бази картографічних даних геоінформаційної системи прецизійного землеробства проводиться аналіз забезпечення району робіт топографо-геодезичними, планово-картографічними матеріалами, а саме перевіряється наявність:

- вихідних пунктів державної геодезичної мережі (ДГМ);
- карт та планів різних масштабів на дану територію.

Після чого наявні матеріали геодезичних, землепорядних, облікових, топографічних робіт, що виконувались на даній території, аналізуються на предмет:

- місця розташування вихідних пунктів ДГМ;
- наявності карти масштабу 1:10000;
- забезпечення тематичними картами (планами), що містять відомості про якісні властивості ґрунтів;
- встановлення меж території та її приналежність до відповідної сільської ради [1,2].

В результаті аналізу вищезгаданих матеріалів можна виділити два основні способи створення цифрового картографічного матеріалу, рис. 1:

- оновлення існуючих паперових карт та актуалізація застарілих векторних карт;
- створення нових карт «з нуля».

В Україні оновлення картографічного матеріалу, поданого в паперовому вигляді (переважно з радянських часів), проводиться шляхом його сканування з подальшими маніпуляціями над отриманим растровим картографічним зображенням: геоприв'язка, видалення зниклих геооб'єктів, нанесення нових елементів змісту тощо.

Якщо вимоги при скануванні мінімальні, що задовольняє умові, коли відсканована карта слугує для потреб візуального аналізу, або як растровий фон, поверх якого наносяться тематичні об'єкти, то досить буде тієї якості, при якій людське око розрізняє необхідні деталі. Вважається, що людське око не може бачити більш ніж 300 точок на дюйм (dpi), тому для сканування топографічних карт масш-

табів від 1:100000 і дрібніше застосовується саме така величина роздільної здатності.

Якщо ж сканування карти проводиться з метою її подальшої векторизації, то розрахунок роздільної здатності виконується за формулою [3]:

$$\delta = 2/n \quad (1)$$

де:  $\delta$  – роздільна здатність, з якою слід сканувати;  
 $n$  – мінімальна товщина лінії на карті.

Це означає, що найтонша лінія, накреслена на карті, повинна складатися як мінімум з 2 пікселів. В такому разі для топографічних карт, мінімальна товщина ліній для яких за нормативами складає 0,1 міліметра, мінімально достатня роздільна здатність повинна становити 20 пікселів на міліметр, або 508 dpi. А для топокарт масштабу 1:200 000, обернена величина дорівнюватиме 10 метрів на піксель. Для створення векторних карт крупнішого масштабу в результаті сканування вихідне зображення повинне мати роздільну здатність не менше ніж 508 dpi.

Після завершення сканування отримані зображення необхідно записати у растрові файли одного з форматів \*.TIFF, \*.bmp, \*.Jpg тощо, та здійснити їх прив'язку до заданої системи координат.

Актуалізація існуючих векторних карт здійснюється шляхом внесення змін в геометрію або атрибути об'єктів на основі даних, отриманих після останніх наземних або дистанційних обстежень заданої ділянки території.

Збір вхідних даних для побудови баз картографічних даних ГІС ПЗ, а отже для створення цифрових карт заданого масштабного ряду, здійснюється за допомогою проведення топографічних знімальних. Види топографічного знімання класифіковано на дистанційні та наземні, рис. 2, а вибір методу визначається, в першу чергу, технічними можливостями та економічною доцільністю, табл. 1, 2.

Аеро- і космозйомка в даний час – найбільш широко використовуваний вид дистанційного зондування природного середовища, табл. 3. Ефективність застосування дистанційних фотозйомок пов'язана з високим ступенем просторової та спектральної розрізненості. Завдяки великому обсягу одержуваної інформації і

відносній простоті застосування, дистанційні фотографічні методи зайняли провідне місце в створенні картографічної інформації. Так, на відміну від тахеометричного, мензульного та наземного фототопографічного знімань, аерофототопографічне знімання значно скорочує витрати часу і коштів на складання та оновлення топографічних карт. Це відбувається, насамперед, за рахунок того, що фотознімання дає змогу отримати

одномоментні зображення значної за розміром ділянки місцевості у вигляді аерофотознімка, а під час наземного традиційного знімання на це потрібно значно більше часу, тому що зображення місцевості створюється поступово, від точки до точки. Крім того, більшість робіт для створення карти виконується за допомогою технічних засобів у камеральних умовах.

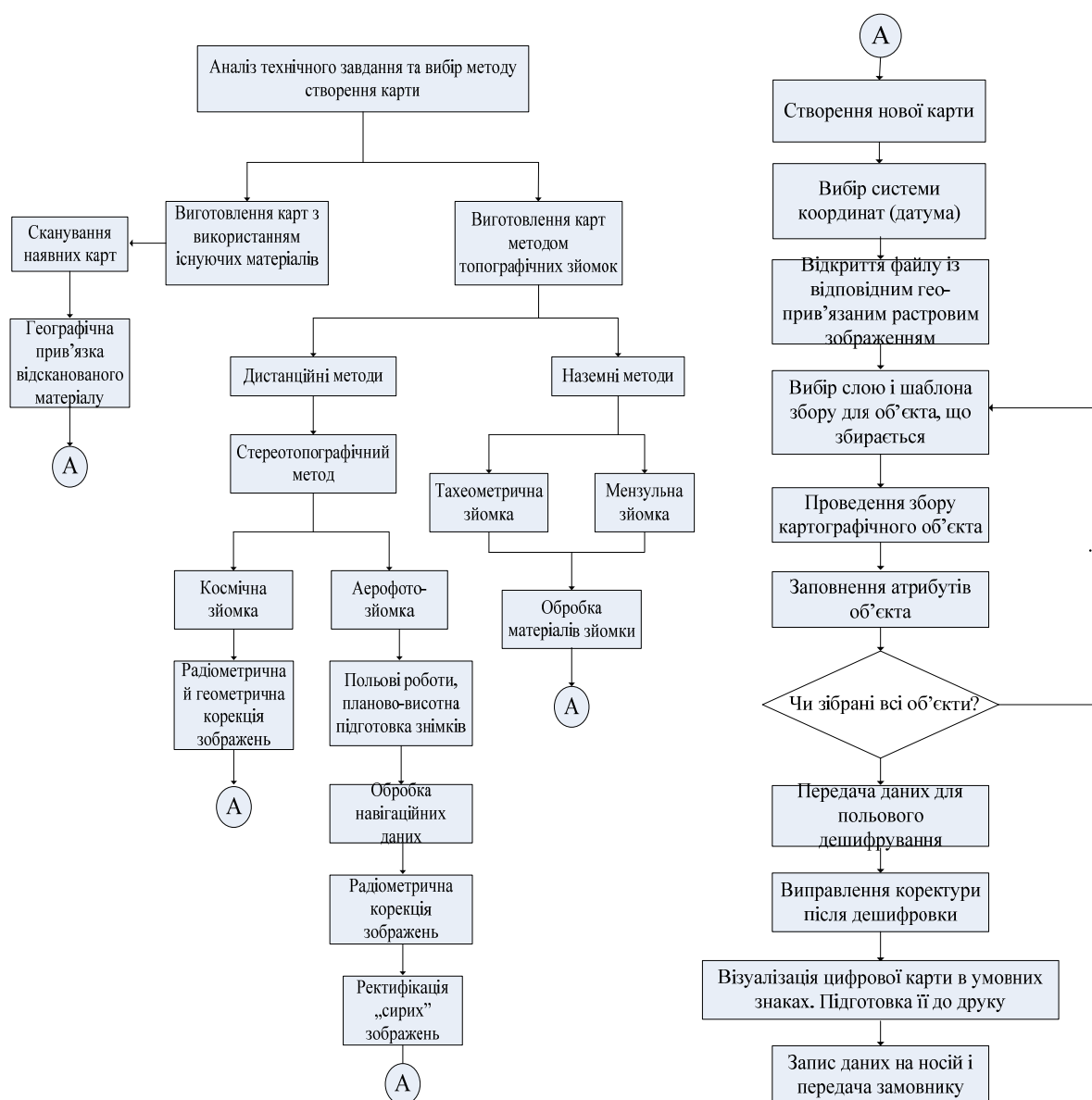


Рисунок 1 – Технологічна схема створення цифрового картографічного матеріалу

Для перетворення знімка в карту чи план, окрім фотографування місцевості, потрібно провести у пов-

ному обсязі польові топографо-геодезичні й камеральні фотограмметричні роботи. Останні пов'язані з деши-

фруванням фотознімків та визначенням виду, форми, значно скорочується обсяг польових робіт. положення об'єктів місцевості тощо, внаслідок чого

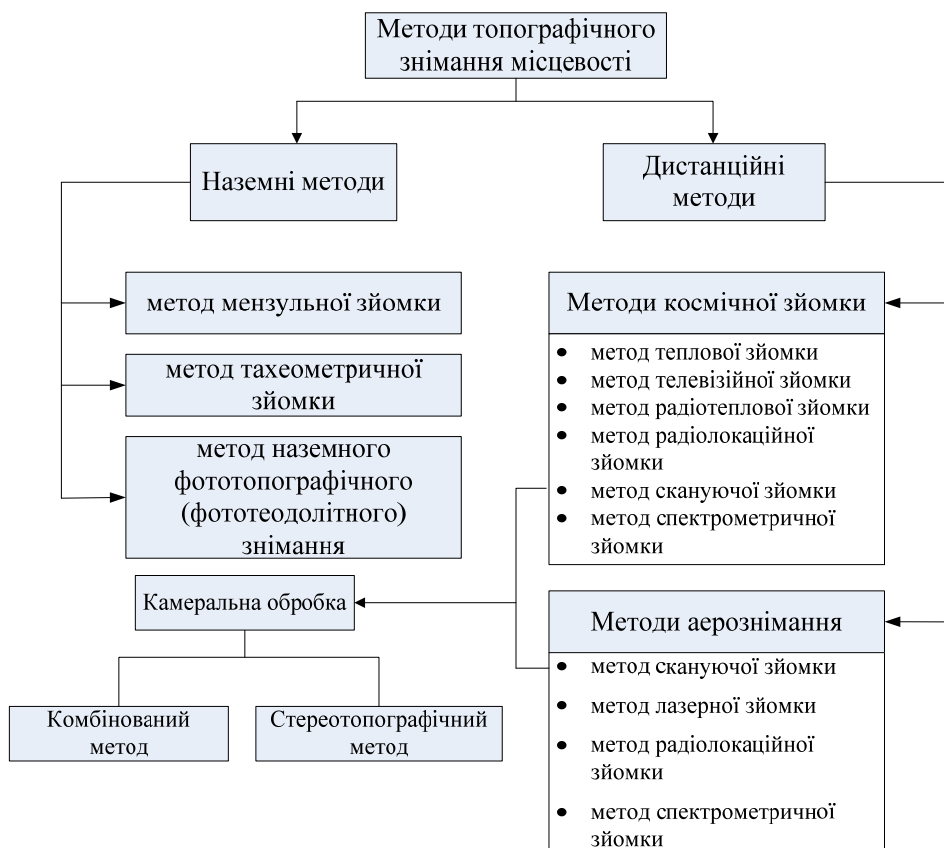


Рисунок 2 – Класифікація видів топографічного знімання

Таблиця 1

Порівняльна таблиця наземних видів топографічного знімання місцевості

Характеристики Вид знімання	Знімальне обладнання	Рельєф території	Мета, поєднання з іншими видами	Вихідна інформація
Мензульне	мензула, кіпрегель, рейка	промислові об'єкти, гірські території	закриття «мертвих просторів», що виникають при теодолітному зніманні	координати об'єктів, план території на мензульному планшеті
Тахеометричне	теодоліт, тахеометр	забудована територія	складання плану ділянки місцевості	координати і висоти точок місцевості
Фототеодолітне	фототеодоліт, прилади для фотограмметричної обробки знімків	гірські та гористі території	з аерофотозніманням для фотографування «мертвих зон»	зображення території

Таблиця 2

**Порівняльна таблиця дистанційних видів топографічного знімання місцевості**

Параметри Вид	Спектральний діапазон	Сегмент знімання	Знімальні засоби	Залежність від метеоумов і часу доби	Вихідні дані	Масштаб	Оглядовість	Роздільна здатність	Об'єкти та явища, найбільш придатні для вивчення
Телевізійне	видимий, світловий	космос	відікон	+	фотозображення	дрібний	глобальна	дуже низька	комплексне і тематичне картографування земної поверхні
Скануюче	оптичний	космос/повітря	сканер	+	сканерне зображення	крупний	локальна	надвисока	землевпорядні роботи
Фототелевізійне	видимий, світловий	космос	фотокамера	+	фотографія	середній	локальна	висока	інженерні вишукування
Теплове	інфрачервоний (ІЧ)	космос	ІЧ-радіометр	+	теплове ІЧ-зображення	середній	регіональна	середня	зневоднення, заболочення, танення мерзлоти
Радіотеплове	мікрохвильовий	космос/повітря	мікрохвильовий радіометр	-	мікрохвильове зображення	середній	регіональна	середня	піски, глини, торфосховища
Радіолокаційне	метровий, дециметровий, сантиметровий, міліметровий радіодіапазони	космос/повітря	радіометр	-	радіолокаційне зображення	крупний	локальна	надвисока	льодовики
Спектрометричне	видима частина ближньої інфрачервоної зони	космос/повітря	спектрометр	-	спектрозональні знімки	середній	регіональна	висока	екологічний та сільськогосподарський моніторинг
Лазерне	оптичний	повітря	лазерний локатор	+	3D цифрове зображення	крупний	локальна	висока	складання цифрових моделей рельєфу

Таблиця 3

**Порівняльна характеристика двох основних видів дистанційного знімання місцевості**

Вид фотознімання	Знімальна апаратура	Роздільна здатність	Вартість	Програмне забезпечення	Масштаб	Додаткові ресурси
Аерознімання	Цифрові сенсори Vexcel UltrCam, Leica ADS, DiMAC, Visionmap A3, «Геосистема»	до 5см	30-100 USD/км <sup>2</sup>	MapInfo, ArcGis, Панорама, ERDAS, PCI,	1:200 – 1:5000	наявність цифрових фотограмметричних станцій, відповідних фахівців
Космознімання	Сенсори супутників GeoEye, QuickBird, Eros-B, IKONOS, OrbView-3, KOMPSAT	до 0,5 метра	9,5-12 USD/км <sup>2</sup>	Digital, PHOTO-MOD	1:5000 – 1:30 млн	цифрова модель рельєфу, програмне забезпечення

Наповнення тематичної бази даних ГІС ПЗ вимагає збору специфічної агрохімічної інформації, на основі якої здійснюється побудова ряду тематичних електронних карт:

- карти типів ґрунтів і ґрунтових відмінностей;
- карти початкового стану ґрунтів (для планування агротехнічних операцій) складених на підставі результатів обстеження таких факторів як електрич-

на провідність ґрунтів і рельєф поля. Електропровідність (electrical conduction - EC) об'єднує такі властивості ґрунту, що впливають на врожайність сільськогосподарських культур, як: вологість, гранулометричний склад, засоленість, вміст обмінних катіонів кальцію (Ca) і магнію (Mg), показник рН;

- схеми відбору проб ґрунту;
- карти продуктивної здатності ґрунтів, які містять дані про вміст рухомого фосфору та калію, обмінну кислотність тощо;
- карти розподілу фактичної урожайності по полю, які дають можливість визначити проблемні ділянки, що вимагають детального обстеження;
- карти диференціального внесення добрив.

Технологія отримання необхідних тематичних даних потребує проведення детального фізико- та агрохімічного обстеження властивостей родючості ґрунту, оснований на цифрових моделях рельєфу поля і карт електричної провідності (однорідні зони). Для цього використовується мобільний автоматизований комплекс, обладнаний автоматичним ґрунтовим пробовідбірником і спеціальним програмним забезпеченням. Призначення такого комплексу полягає у швидкому відборі ґрунтових зразків з точною прив'язкою координат їх розміщення у просторі та часі.

Відібрані з полів зразки ґрунту піддаються агрохімічному лабораторному аналізу, який складається з низки вимірювань, що дозволяє здійснити визначення широкого спектру показників, які характеризують придатність ґрунту до агровиробництва обраної культури. На основі отриманих результатів створюються електронні агрохімічні картограми, що містять дані про активну, обмінну та гідролітичну кислотність ґрунтів, вміст гумусу, мінерального (амонійного і нітратного)

азоту, вологості ґрунту, рухомих сполук фосфору, калію, кальцію, магнію, натрію, сірки, міді, цинку тощо.

На основі даних, отриманих комбайнами, оснащеними датчиками ваги і вологості, безпосередньо при збиранні культури, будуються карти врожайності полів. Карта врожайності дозволяє встановити зони з високими і низькими рівнями продуктивності сільськогосподарських культур, при аналізі причин цього за допомогою інших даних приймаються рішення щодо раціонального і науково обґрунтованого внесення добрив і застосування інших елементів технологій вирощування сільськогосподарських культур [5, 7, 8].

В процесі розрахунку норм мінеральних добрив відповідно до оптимальної програми їх застосування та надання подальших рекомендацій з агровиробництва використовуються такі методи:

- балансово-розрахунковий (за запасами поживних речовин у ґрунті, на заплановану врожайність, на надбавку врожайності);
- метод, що використовує результати польових дослідів, типових для даної зони, для визначення витрат і доведення вмісту рухомих форм елементів живлення в ґрунті до оптимального рівня;
- економіко-математичні (емпірико-статистичні) методи.

## ВИСНОВКИ

У статті запропоновано та описано технологію отримання картографічних даних методами топографічного знімання місцевості, проведено порівняльний аналіз наземних та дистанційних видів зйомки. Виділено множини тематичних даних, характерних для предметної області прецизійного землеробства, та визначено технологію їх збору.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Zakon UkraYini «Pro topografo-geodezichnu i kartografichnu dlyalnist» (Vidomosti VerhovnoYi Radi UkraYini (VVR), 1999, N 5-6, st.46).
2. Instruksiya z topografichnogo znlmannya u masshtabah 1:5000, 1:2000, 1:1000 ta 1:500 (GKNTA-2.04-02-98) / Zatverdzheno nakazom Golovnoho upravlnnya geodeziyi, kartografiyi ta kadastru pri Kabineti Mlnistriv UkraYini vld 9 kvitnya 1998 r. N 56.
3. Skaniruvanie kart i obrabotka izobrazheniya [Elektron. resurs]. - Vinnitsa 2013. - Rezhim dostupa: [http://mapexpert.com.ua/index\\_ru.php](http://mapexpert.com.ua/index_ru.php).
4. Distantnyne zonduvannya z osnovami fotogrammetriyi: navchalniy poslbnik / V.V. Blous, S.P. Bodnar, T.M. Kurach, A.M. Molochko, G.O. Patichenko, I.O. Plidsetska; uporyad. T.M. Kurach. - K.: VidavnicHO-pollgrafichniy tsentr «Kiyivskiy unversitet», 2011, s. 111-135.
5. Distantionnoe zondirovanie i geograficheskie informatsionnye sistemy / Chandra A.M., Gosh S.K. - Moskva: Tehnosfera, 2008, s. 82-88.
6. M. Aristov, Kosmicheskiy snimok ili aeros'emka dlya kartografirovaniya v krupnyih masshtabah // InternetGeo. - 5'2011. - S. 10-19.
7. Barreto H.J., Westerman R.L. YIELDFIT: A computer program for determining economic fertilization rates // Journal of Agronomic Education. - 1987. - Vol. 16, pp 11-14.
8. Bill R., Nash E., Grenzörffer G. GIS in Agriculture / Springer Handbook of Geographic Information. - 2012, pp 461-476.