УДК 528.9.72/73

В. Глотов, Ю. Голубінка, Т. Ільків
Національний університет «Львівська політехніка»

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ НАЗЕМНОГО ЦИФРОВОГО ЗНІМАННЯ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД

© Глотов В., Голубінка Ю., Ільків Т., 2009

В статье приведена технологическая схема и ее анализ комбинированного метода создания крупномасштабных планов гидротехнических сооружений, которая включает тахеометрическую и цифровую стереофотограмметрическую съемки.

Technological scheme of combined method for creation of large scale plans of hydrotechnical construction is presented in the paper. This scheme includes tacheometric and digital stereophotogrammetric surveys.

Постановка проблеми

Великомасштабні топографічні знімання не перестають бути актуальними для сьогодення і майбутнього нашої держави при розв’язанні питань проектування капітального будівництва і експлуатації цивільних, промислових, гірничих та сільськогосподарських підприємств усіх галузей економіки. Виконання таких знімань у масштабі 1:500 проводяться на основі технічного проекту, який визначає зміст, обсяги, трудові витрати, вартість, основні технічні умови та організацію виконання робіт.

При створенні топографічних планів технічних споруд не завжди можна тим чи іншим способ виконати знімання в повному обсязі і тому виникає необхідність у поєднанні різних способів знімання для створення великомасштабних планів. Особливо актуальним це питання постає при побудові планів гідротехнічних споруд.

Отже, виникає проблема розробити і дослідити оптимальну технологію створення великомасштабних планів гідротехнічних споруд.

Зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.

Складання цифрових планів в масштабі 1:500 для гідротехнічних споруд дає можливість виконувати моніторинг всіх без виключення об’єктів, які знаходяться в зоні гідростанції. Вести відповідні гідротехнічні, геологічні, деформаційні дослідження із точною прив’язкою до місцевості. Окрім цього, цей план може слугувати, як основа під геоінформаційну систему гідротехнічних споруд.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Для підтвердження актуальності поставленої задачі проведемо аналіз сучасних літературних джерел. У роботах [1, 6, 7] акцентується увага на використанні цифрових немеретричних камер в наземній фотограмметрії. Підвищений інтерес до застосування цифрових камер пов’язаний перш за все з постійним зниженням собівартості, а з іншої – покращенням технічних характеристик. Цифрове наземне знімання, на відміну від наземного лазерного сканування, фасадів за допомогою електронних тахеометрів є найбільш доступним оскільки не потребує застосування дорогого обладнання, але дозволяє побудувати модель із заданою точністю.

Практичність застосування цифрової неметричної камери при наземному зніманні для складання великомасштабних планів висвітлено у роботах [4, 5]. Використання тільки геодезичних методів носить контактний характер і мають великий об’єм польових робіт, а з точки зору охорони праці та безпеки життєдіяльності є небезпечними для життя, особливо це питання є актуальним для гідротехнічних об’єктів. Тому практичне використання дистанційних методів зондування (аерофотознімання та цифрове наземне стереофотограмметричне знімання) в повній мірі відповідають технічним вимогам і до мінімуму зводять небезпечність при виконанні таких робіт.

Застосування цифрової камери для наземного знімання в перше чергу вимагає використання таких камер, які б відповідали технічним характеристикам (роздільна здатність була якомога більшою, а розміри ПЗЗ-матриці були максимальними). Відзначимо, що при максимальній фокусній відстані об'єктиву цієї камери дисторсія практично не перевищує допустимих значень підкреслюється у праці [3].

Постановка завдання. Полягає у визначенні особливостей комбінованого методу на підставі його аналізу та дасть можливість оптимізувати процеси із точки зору досягнення оперативності та максимальної точності отримання картматеріалів.

Виклад основного матеріалу дослідження.

На данному етапі розвитку геодезичних та фотограмметричних технологічних схем, створення різних планів та карт постають задачі, які можна вирішити за умови поєднання таких технологій.

Використання одного або іншого окремо взятого способу не може дати позитивного результату для отримання планів із заданою точністю та максимального відображення елементів і тому виникає необхідність у поєднанні геодезичного та стереофотограмметричного методу створення цифрової моделі місцевості.

Застосування стереофотограмметричного методу до теперішнього часу було дуже обмежене. Це зумовлено тим, що в більшості для його реалізації почали застосовуватися неметричні цифрові камери та макетні зразки цифрових фототеодолітів, адже собівартість цих приладів на декілька порядків нища порівняно із метричними камерами. Проблема ця розв'язується шляхом врахування дисторсійних спотворень по-піксельно та створення макетних зразків фототеодолітних комплектів [3].

Тому виходячи із вище вказаного потрібно розробити технологічну схему складання великомасштабних планів гідротехнічних споруд Дністровської ГЕС-1.

Для підтвердження можливості застосування цифрового стереофотограмметричного методу розрахуємо апріорну оцінку точності визначення просторових координат місцевості.

Середні квадратичні похибки визначаться формулами [8]:

$$m_X = mx_1\left[\left(\frac{m_B}{B}\right)^2 + \left(\frac{m_{x_1}}{x_1}\right)^2 + \left(\frac{m_p}{\frac{f}{Y}\cdot B}\right)^2 + \left(\frac{f^2 + x_1^2}{x_1\cdot f}\right)^2 m_\alpha^2 + \left(\frac{z_1}{f}\right)^2 m_\omega^2 + \left(\frac{z_1}{x_1}\right)^2 m_\kappa^2 +,\right.$$

$$+\left(\frac{f}{\frac{f}{Y}\cdot B}\right)^2 m_{\Delta\alpha}^2 + \left(\frac{b}{p}\right)^2 m_{\nu'}^2 + \left(\frac{x_1^2}{f\cdot\left(\frac{f}{Y}\cdot B\right)} m_{\Delta\alpha}\right)^2 + \left(\frac{x_1 z_1}{f\cdot\left(\frac{f}{Y}\cdot B\right)} m_{\Delta\omega}\right)^2 +$$

$$\left.+\left(\frac{z_1}{\frac{f}{Y}\cdot B} m_{\Delta\chi}\right)^2 + \left(\frac{x_1}{f}\right)^2 m_{\nu'}^2\right]^{1/2},$$

$$m_Z = mz_1\left[\left(\frac{m_B}{B}\right)^2 + \left(\frac{m_{z_1}}{z_1}\right)^2 + \left(\frac{m_p}{\left(\frac{f}{Y}\cdot B\right)}\right)^2 + \left(\frac{x_1}{f}\right)^2 m_\alpha^2 + \left(\frac{f^2+z_1^2}{z_1\cdot f}\right)^2 m_\omega^2 + \left(\frac{x_1}{z_1}\right)^2 m_\kappa^2 + \left(\frac{f}{\left(\frac{f}{Y}\cdot B\right)}\right)^2 + \right.$$

$$\left. + m_{\Delta\alpha}^2 + \left(\frac{b}{\left(\frac{f}{Y}\cdot B\right)}\right)^2 m_{\nu'}^2 + \left(\frac{x_1^2}{f\cdot\left(\frac{f}{Y}\cdot B\right)} m_{\Delta\alpha}\right)^2 + \left(\frac{x_1 z_1}{f\cdot\left(\frac{f}{Y}\cdot B\right)} m_{\Delta\omega}\right)^2 + \left(\frac{z_1}{p} m_{\Delta\chi}\right)^2 + \left(\frac{x_1}{f}\right)^2 m_{\nu'}^2\right]^{1/2}, \quad (1)$$

$$m_Y = m\cdot f\cdot\left[\left(\frac{m_B}{B}\right)^2 + \left(\frac{m_f}{f}\right)^2 + \left(\frac{m_p}{\left(\frac{f}{Y}\cdot B\right)}\right)^2 + \left(\frac{f}{\left(\frac{f}{Y}\cdot B\right)}\right)^2 m_{\Delta\alpha}^2 + \left(\frac{b}{f}\right)^2 m_{\nu'}^2 + \left(\frac{x_1^2}{f\cdot\left(\frac{f}{Y}\cdot B\right)} m_{\Delta\alpha}\right)^2 + \right.$$

$$\left. + \left(\frac{x_1 z_1}{f\cdot\left(\frac{f}{Y}\cdot B\right)} m_{\Delta\omega}\right)^2 + \left(\frac{z_1}{\left(\frac{f}{Y}\cdot B\right)} m_{\Delta\chi}\right)^2 + \left(\frac{x_1}{f}\right)^2 m_{\nu'}^2\right]^{1/2}.$$

де m -знаменник масштабу знімання, (відповідно 100м – 2000, 200 м – 4000, 300 м - 6000)

f =55 мм– фокусна віддаль цифрової камери Canon EOS350D,

x_1=10мм, z_1=7мм – абсциса та апліката відповідно кадрової рамки ПЗЗ-матриці цифрової камери,

$m_p = m_{x_1} = m_{z_1}$ =0,005мм - середні квадратичні похибки вимірювання координат точок знімку на ЦФС «Дельта-2»,

$m_\alpha = m_\omega = m_\kappa = m_{\nu'} = m_{\Delta\alpha} = m_{\Delta\omega} = m_{\Delta\kappa} = 3''$ - середні квадратичні похибки визначення кутових елементів зовнішнього орієнтування. Результаті проведених обчислень представлені у таблиці

$Y(м)$	m_X , (см)	m_Z ,(см)	m_Y ,(см)
100	0.7	0.5	3.3
200	2.4	1.7	13.3
300	5.5	3.8	30.0

Для реалізації запропонованої методики у першу чергу була створена опорна геодезична мережа на теренах Дністровської ГЕС-1, площа якої займає 70 гектарів.

Для визначення планових координат 6 пунктів планово-висотної основи території Дністровської ГЕС-1 було використано метод полігонометрії 1 розряду (рис.1). Для вимірів застосовувався електронний тахеометр Topcon GTS-233 (СКП виміру кута 3", СКП виміру довжини лінії 2 мм+2*10^{-6} *S).

Між пунктами GPS № 17, 18, та 27, С прокладено полігонометричний хід, довжиною 677,52 м. Нев'язка по координаті X склала 0,037 м. та відповідно по Y -0,025 м., відносна похибка склала 1:15000, що відповідає точності полігонометрії 1-го розряду [10].

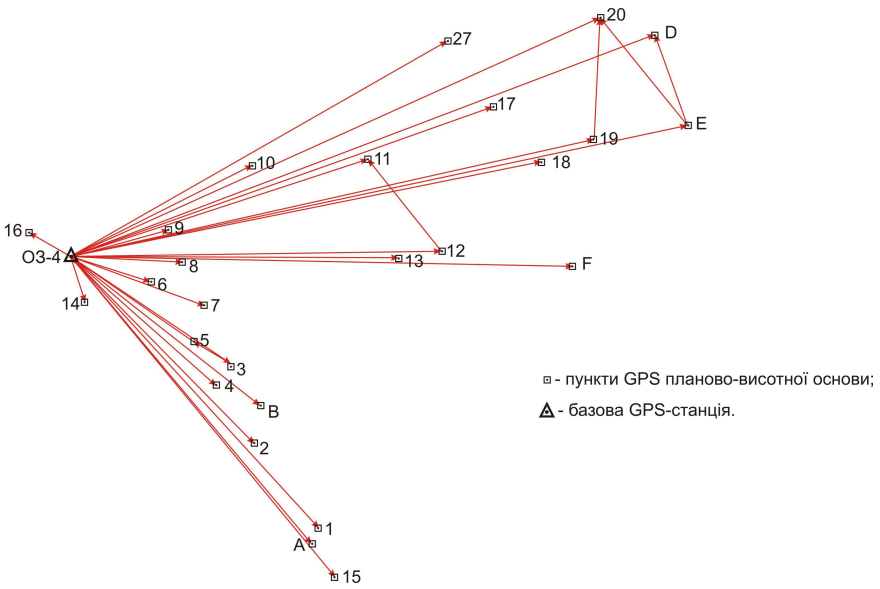

Рис.1 Схема розташування пунктів планово-висотної основи для виконання знімання в масштабі 1:500 території Дністровської ГЕС-1 визначених методом GPS

Необхідно відмітити, що ГЕС розташована на середньому руслі річки Дністер між схилами із середнім перепадом висот до 80 метрів. Фактично це дало можливість застосування наземного цифрового знімання території станції. Загальний вигляд гідротехнічних споруд та її околиці представлено на рис.2.

Рис.2 Загальний вигляд території Дністровської ГЕС-1

В подальшому був складений проект розподілу територій під тахеометричну зйомку та цифрове стереофотограмметричне знімання. Тахеометричним зніманням виконувалось визначення координат горизонтальних поверхонь, «мертвих зон» та складної забудованої території із врахуванням опорних та контрольних точок для цифрових стереопар, знімання яких проводилось «з руки» у міжвегетаційний період. На збільшених відбитках при тахеометричній зйомці відразу опізнавались і наносились опорні та контрольні точки.

Технологічна блок-схема методу представлена на рис.3.

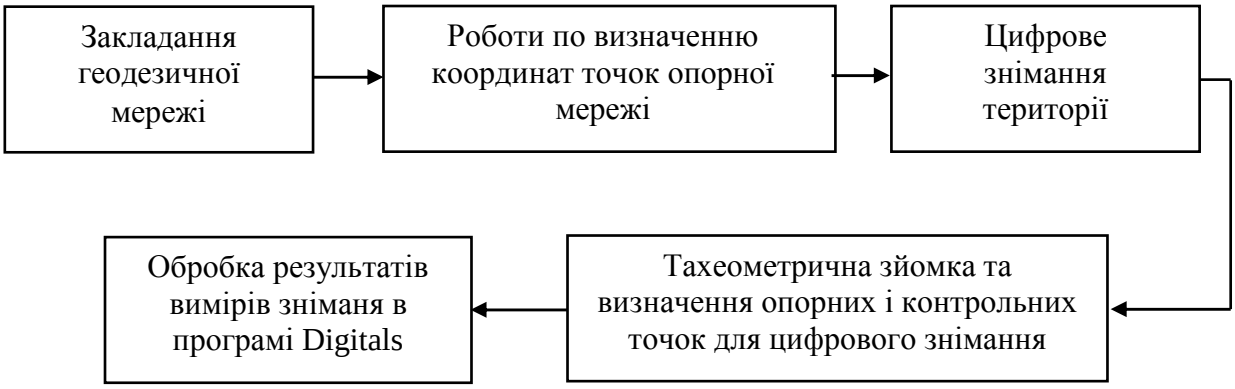

Рис.3 Технологічна блок-схема складання великомасштабних планів наземним цифровим стереофотограмметричним методом

Цифровий знімок фрагменту об’єкту та план території із розмежуванням тахеометричної зйомки та цифрового стереофотограмметричного знімання (рис.4).

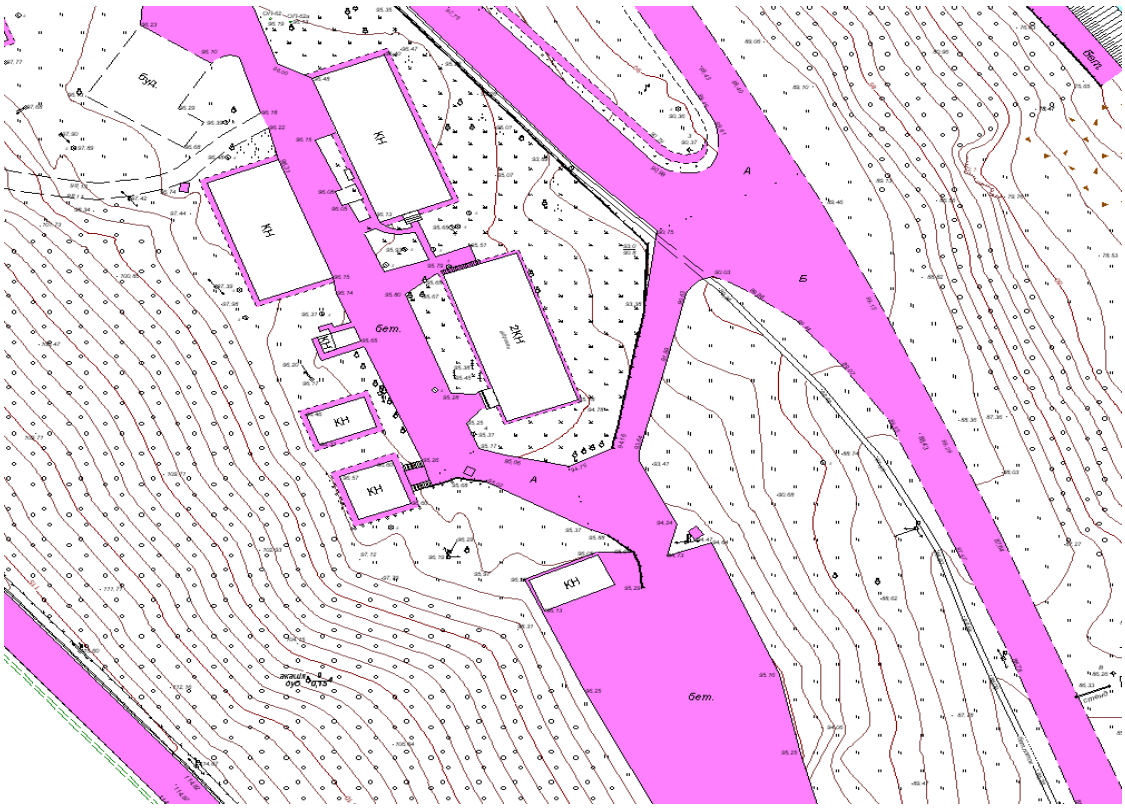

Рис.4 Цифровий знімок та фрагмент плану теритрої Дністрвоської ГЕС

Виходячи із ландшафтних особливостей берегової лінії цифрове наземне знімання території Дністровської ГЕС-1 виконувалося з протилежних берегів. Цифрове наземне стереофотограмметричне знімання виконувалося цифровою камерою Canon EOS350D із фокусною відстанню 55 мм. Після детального аналізу результатів цифрового знімання були опізнані та визначені за допомогою електронного тахеометра Topcon GTS-233 прямою геодезичною засічкою координати опорних та контрольних точок.

Необхідно відзначити, що за матеріалами цифрового знімання складалися частини планів схилів лук та залісеної території, до яких згідно нормативних документів точність нища [9].

Безпосередньо знімання греблі виконувалось із човна при мінімальній відстані до об’єкту, що дало змогу отримати координати із відповідною точністю. При цьому човен баражував паралельно греблі, а оператор виконував знімання «з руки». Опорні точки для цих стереопар були визначені шляхом тахеометричної зйомки горизонтальних територій греблі; відповідно за середньому та верхньому б’єфах. На рис.5 представлено один із знімків греблі та фрагмент плану.

Подальша робота по створенню планів на даний об’єкт виконувалася на цифровій стереофотограмметричній станції «Дельта-2». Результатом обробки цифрових знімків на станції були плани масштабу 1:500 на дану територію.

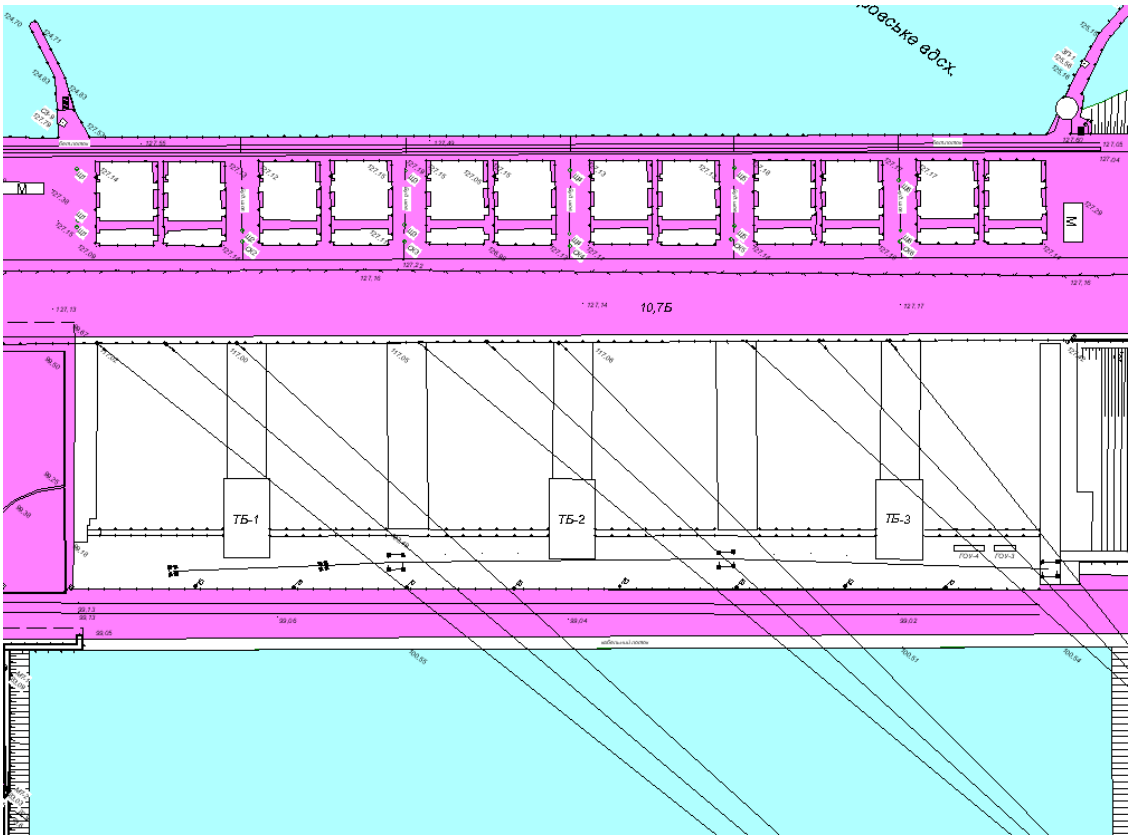

Рис.5 Фрагмент цифрового знімку та плану греблі Дністровської ГЕС-1

Висновки. 1. Апріорна оцінка точності цифрового наземного знімання підтвердили можливість застосування цифрового стереофотограмметричного методу для складання планів більшості території Дністровської ГЕС.

2. Застосування цифрового знімання значно підвищило об'єктивність відображення рельєфу прилягаючої території, оскільки він в більшості своїй території спотворений техногенною діяльністю.

3. Знімання цифровою камерою безпосередньо греблі дало також можливість детально відобразити всі недоступні місця споруди.

4. Порівняльний аналіз точності за контрольними точками отриманими при тахеометричній зйомці підтвердив можливість застосування наземного цифрового знімання для складання великомасштабних планів гідротехнічних споруд.

5. Запропонована методика створення великомасштабних планів Дністровської ГЕС надала можливість оперативно, об'єктивно та з необхідною точністю скласти плани цього об'єкту.

1. Алчинов А.И., Баландин С.В., Кекелидзе В.Б. Наземная цифровая фотосъемка //Научно-технический журнал «Геопрофи» 2006. - №4. – С.13-15. 2. Глотов В.М. Визначення координат орієнтирів та цілей цифровим стереофотограмметричним методом // Збірн. наук. праць „Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва" – Львів. - 2001. - С. 118-121. 3. Глотов В.М. Визначення дисторсії цифрових знімальних систем // Вісник національного університету водного господарства та природокористування. Частина 1. - 2004. - Випуск 4(28). - С. 207-213. 4. Глотов В.М. Особливості цифрового знімання при створенні великомасштабних планів Антарктичного узбережжя в районі станції „Академік Вернадський" // Наук.-техн. журн. „Вісник геодезії та картографії". - Київ. - 2005 р. - № 3. - С.22-25. 5. Глотов В. Технологія цифрового фототеодолітного знімання для складання топографічних планів у масштабі 1:1000 Антарктичної станції Вернадський // Збірн.наук. праць «Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва». - Л. - 2004. – С. 264-268. 6. Кацарский И.С. О цифровой фотограмметрии и перспективах ее применения. //Научно-технический журнал «Геопрофи» 2006. - №6. – С.4-8. 7. Коева М.Н., Петрова В.П., Жечев Д.В. Возможности неметрических камер в наземной фотограмметрии. // Научно-технический журнал «Геопрофи» 2003. - №4. – С.19-21. 8. Лобанов А.Н. Фотограмметрия. - М.: Недра, 1984. – 552 с.9. Топографо-геодезична та картографічна діяльність законодавчі та нормативні акти Частина 1. К., ТОВ "АНТЕКС" 2000р. 10. Топографо-геодезична та картографічна діяльність законодавчі та нормативні акти Частина 2. К., ТОВ "АНТЕКС" 2002р.