

the variation series of the distances of certain surveys. A detailed mathematical treatment of the results of double non-equal measurements of distances between brands at the test site in terms of the significance of the systematic error was made, the mean square errors of the mean measured distances and the denominators of the relative errors in the distance lengths of the surveys were calculated. The mathematical models of approximations of the dependencies of the mean square errors on the difference between the lengths of the measured distances, the difference between the lengths of the measured segments from the lengths of the measured distances, the mean square errors from the lengths of the measured distances are given. The regression equations and correlation coefficients are given, the relation between the obtained indices is determined.

Keywords: UAV, distances, tachometric survey, GPS-survey, software Delta Digital, double non-equal measurements, mean square errors.

Надійшла до редакції

26.05.2017

УДК 528.8.04

Л.Ю. Солом'янчук, асп. кафедри геоінформатики та фотограмметрії

Київський національний університет будівництва і архітектури

ТОВ «ЕСОММ Со», старший інженер комп'ютерних систем (ГІС)

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

У статті проаналізовано використання даних дистанційного зондування землі в сільському господарстві. Розглянуто досвід використання даних дистанційного зондування землі в США, Китаї та Казахстані для моніторингу стану сільськогосподарських культур. Визначено основні завдання, які можуть бути вирішені за допомогою даних дистанційного зондування землі в сільському господарстві. Обґрунтовано потребу у створенні методичних рекомендацій щодо використання даних ДЗЗ для моніторингу стану сільськогосподарських культур в Україні.

Ключові слова: дані дистанційного зондування землі, роздільна здатність, сільське господарство, моніторинг.

Вступ. Сільське господарство є важливою галуззю економіки України. Агропромислова політика держави нині спрямована на те, щоб зробити цю галузь високоефективною та високорентабельною, а також орієнтованою на експорт вітчизняної сільськогосподарської продукції.

Для успішного ведення сільського господарства потрібно щодня обробляти й аналізувати велику кількість інформації, яка зазвичай є досить різнохарактерною та містить сукупність природних, економічних і соціальних показників, що взаємодіють між собою. Повноцінний багатофакторний аналіз

різнопланової інформації на сучасному рівні потребує використання новітніх технологій.

Починаючи з 1970-х років дані дистанційного зондування землі почали активно використовувати для моніторингу стану сільськогосподарських територій. Це пов'язано із запуском великої кількості супутників та наявністю різноманітних даних дистанційних спостережень.

Аналіз досліджень і публікацій. Нині дані дистанційного зондування землі активно застосовують в багатьох країнах світу для моніторингу фактичного використання земель, а саме для оцінки площ посівів, стану сільськогосподарських культур, прогнозування їх розвитку і врожайності, стану рослинності загалом, контролю за екологічною безпекою, для автоматичної оцінки стану земель, оцінки змін ландшафту, контролю за сівозмінами, у більшості країнах Європейського Союзу – також для контролю за використанням субсидій на ведення сільського господарства та коштів у сфері сільськогосподарського виробництва.

Постановка завдання. Метою статті є аналіз досвіду використання даних дистанційного зондування землі для збору й аналізу інформації, а також для оперативного прийняття управлінських рішень.

Основна частина. Протягом 20 років у багатьох країнах світу (Канада, США, країни ЄС, Індія, Японія, Китай та ін.) державні служби у своїй діяльності широко використовують ДДЗ сільськогосподарських угідь. Наприклад, система MARS (сільськогосподарський моніторинг на основі ДДЗ), запроваджена в країнах Європейського Союзу, дає змогу визначати площу посівів і врожайність сільськогосподарських культур як у масштабах країни, так й окремих фермерських господарств. Результати аналізу використовують для оптимізації управління сільськогосподарським виробництвом, зокрема для контролю за обсягами виробництва в межах державних програм з підтримки сільськогосподарських виробників [2].

Багаторічний досвід різнопланового практичного застосування ДДЗ накопичено і в Сполучених Штатах Америки. У всіх штатах науково-дослідні та прикладні роботи виконує сільськогосподарська служба, служба охорони природи та стабілізації в сільському господарстві, бюро з меліорації, бюро з управління земельними площами та ін. Наприклад, на полігонах у штатах Південна Дакота й Арізона матеріали наземних досліджень, аерофотознімання та супутникові дані широко використовують для потреб сільськогосподарського виробництва: оцінки врожайності і продуктивності пасовищ, виявлення зв'язку між родючістю і вологістю, топографією місцевості, картографування ґрунтового і рослинного покривів. При департаменті сільського господарства США є спеціальний відділ – Foreign Agricultural Service (FAS USDA), що займається моніторингом країн – виробників сільськогосподарської продукції й активно використовує супутникові дані. Результати аналізу публікують кожні два тижні в спеціальному комерційному бюлетені World Agricultural Statistical Production Estimation.

Національна сільськогосподарська статистична служба (NASS) забезпечує актуальною та достовірною статистичною інформацією для ведення сільського господарства США. Статистична інформація охоплює кожен аспект

сільськогосподарської діяльності – від отримання і постачання сільськогосподарської продукції до вартості продукції та доходів фермерів. Кожні п'ять років NASS здійснює сільськогосподарський перепис з метою всебічного статистичного огляду аспектів сільськогосподарської діяльності США. Технології та дані дистанційного зондування Землі є одним з головних інструментів, що підвищують точність статистичних даних. NASS використовує дані ДЗЗ для збору і перевірки статистичних даних, оцінки посівних площ, а також створення спеціальних шарів сільськогосподарського землекористування для ГІС [1].

Варто також відзначити, що NASS використовує знімки Landsat, цифрові ортофотоплани та інші матеріали ДЗЗ на територію штатів з метою вибору тестових територій для вимірювання цілісності та достовірності сільськогосподарського перепису, створення базису для наземного сільськогосподарського знімання. Крім того, щороку NASS створює нові тестові полігони для двох штатів. У проєкті оцінки територій, обробленої за допомогою ДДЗ, аналізуються дані з супутника Resourcesat-2 AWiFS для штатів, що є основними виробниками сої та кукурудзи, з метою отримання незалежних величин площ на рівні штатів та країни загалом. Також за допомогою ДДЗ проводиться категоризація сільськогосподарських земель за типами оброблюваних культур. NASS постійно співпрацює з сільськогосподарською науково-дослідною службою департаменту сільського господарства США (USDA) в галузі використання даних MODIS для раннього прогнозування урожаю.

Система GIEWS, розроблена організацією з продовольства і сільського господарства (Food and Agriculture Organization, FAO), була запроваджена в 1975 р. для прогнозування попиту і пропозиції на сільськогосподарську продукцію. GIEWS провадить моніторинг виробництва, запасів, торгівлі і ринкових цін на сільськогосподарську продукцію в глобальному масштабі. Інформацію GIEWS використовують для прогнозування ймовірної значної нестачі продовольства в окремих регіонах, для того щоб ООН, інші міжнародні та національні агентства могли оцінити потреби в допомозі. GIEWS регулярно інформує про ситуацію в регіонах, де ризик нестачі продовольства є найвищим. У GIEWS використовуються дані дистанційного зондування землі низької роздільної здатності для визначення кількості опадів і моніторингу розвитку рослинності. GIEWS використовує також інформацію ДЗЗ про типи земного покриву та землекористування разом з даними сільськогосподарської статистики, інформацією про сільськогосподарські ринки і погодні умови для моніторингу і прогнозування виробництва сільськогосподарської продукції.

У Китаї дослідження щодо застосування даних ДЗЗ для цілей сільськогосподарського моніторингу розпочалися наприкінці 1970-х рр., а в 1990-х впроваджено оперативну систему моніторингу посівів.

Сучасна оперативна система сільськогосподарського моніторингу в КНР охоплює систему космічного сільськогосподарського моніторингу Міністерства сільськогосподарства Китаю (CHARMS), систему спостереження за посівами академії наук КНР (CCWS) та систему моніторингу вирощування

сільськогосподарських культур і прогнозування врожайності Метеорологічної служби країни.

Система CHARMS була розроблена центром застосування даних ДЗЗ Міністерства сільського господарства КНР. Вона здійснює моніторинг площ посівів сільськогосподарських культур, врожайності, продуктивності, засухи та інших сільськогосподарських параметрів для п'яťох основних культур Китаю. Для цього використовують дані, отримані із супутників Landsat, SPOT, IRS, Envisat, Terra / MODIS та ін. Центр надає інформацію Міністерству сільського господарства та відповідним сільськогосподарським управлінням у встановлені дати п'ять разів на місяць протягом вегетаційного періоду. У той же час проводяться наземні обстеження на тестових полях, яких в КНР налічується близько шести тисяч.

Систему CCWS розроблено інститутом дистанційного зондування академії наук в 1998 році. В рамках CCWS здійснюється моніторинг умов вирощування сільськогосподарських культур, продуктивності, засухи, структури полів та індексу збору врожаю [1].

У 2004 році національне статистичне бюро КНР почало використовувати дані ДЗЗ для поліпшення сільськогосподарської статистики. Технології дистанційного зондування широко застосовують для сільськогосподарського моніторингу та менеджменту в Китаї. Актуальною для країни є проблема відведення сільськогосподарських земель під забудову. Саме тому Міністерство земельних і природних ресурсів Китаю виконує роботи з виявлення, за даними ДЗЗ, земель, які не використовуються за призначенням.

З-поміж країн пострадянського простору одним з найактивніших користувачів даних ДЗЗ є Казахстан (проект «Національна система космічного моніторингу сільського господарства»). Практичне використання ДДЗ для визначення розмірів посівних площ ярих зернових культур у Північному Казахстані було ініційоване на замовлення уряду Республіки Казахстан в 1997 році. На початку проекту використовувалися супутникові дані низької роздільної здатності (розрізнялися об'єкти, лінійні розміри яких перевищували 1100 м). У 2000-2001 рр. за допомогою спеціальної програми технічної допомоги Європейського Союзу (TACIS, проект ISEAM) була впроваджена європейська технологія аналізу сільськогосподарського виробництва. Відповідність між наземними зніманнями однієї з областей республіки та даними дешифрування космічної інформації середньої роздільної здатності (PESURC / MSU-CK та TERRA / MODIS) становила понад 95%. З 1327 сільськогосподарських полів, розпізнаних на основі ДДЗ як посіви ярих зернових культур, засіяними зерновими виявилися 1268 полів. Аналіз виявив, що невідповідність розміром 5% пояснюється переважно використанням знімків, частина території на яких на момент зйомки була закрита хмарами. У 2002 році протягом вегетаційного сезону проведено космічний моніторинг сільськогосподарських угідь ще п'яťох областей, що охоплював оцінку посівних площ і прогноз врожайності зернових культур на підставі даних, одержаних з супутників NOAA, MODIS та Метеор-3М. Для кожної області побудовано карти-схеми розміщення посівів у масштабі 1:1 000 000, розраховано розмір посівних площ, виконано аналіз

агрометеорологічних умов за період від травня до липня та складено прогноз врожайності, представлений в обсязі валової продукції.

У багатьох країнах діють національні системи моніторингу сільського господарства з використанням даних ДЗЗ. Тому, аналізуючи світовий досвід із застосування ДДЗ в сільському господарстві, можна відзначити, що для оперативного моніторингу земель сільськогосподарського призначення найчастіше застосовують два основні методи:

- використання даних низької та середньої роздільної здатності для покриття великих територій. Ці дані можуть бути отримані практично для будь-якого регіону, мають низьку вартість та високу періодичність (до декількох знімків на добу). Аналіз послідовних серій зображень дає змогу створювати на їх основі синтезовані карти за багатьма параметрами;

- використання даних високої роздільної здатності для окремих територій. Висока вартість цих даних, неповне покриття потрібних регіонів та недостатня періодичність не завжди дають можливість використовувати такі дані для оперативного моніторингу, однак вони цілком придатні для картографування земель сільськогосподарського призначення, розпізнавання культур (разом з даними еталонних ділянок) для розв'язання різноманітних прикладних завдань на регіональному та районному рівнях.

Особливого значення методи ДЗЗ набувають також у відносно новій сфері сільського господарства - «точному землеробстві», суть якого полягає в тому, що для отримання максимально якісної та найбільш дешевої продукції з певного поля для всіх рослин сільгоспугіддя створюють однакові умови вирощування та дозрівання, без порушення норм екологічної безпеки. «Точне землеробство» впроваджують шляхом поступового освоєння нових агротехнологій на основі використання сучасних високоефективних й екологічно безпечних технічних та агрохімічних засобів.

Першочергове значення для «точного землеробства» має постійний контроль за станом рослинності. Важливою складовою цієї технології є своєчасне виявлення і локалізація ділянок пригніченого стану рослинності в межах одного поля, що може бути спричинене різними факторами: враженням рослин шкідниками, наявністю бур'янів тощо. Для оперативного реагування на такі ситуації необхідне дотримання таких вимог: можливість оперативного отримання даних ДЗЗ та їх обробки; наявність даних високої та надвисокої роздільної здатності для підвищення точності визначення біофізичних параметрів рослинного покриву; наявність мультиспектральних даних, що дають змогу визначити відмінності спектральних характеристик зображення; наявність даних, отриманих з достатньою періодичністю.

Висновки. Нині в багатьох країнах світу ДЗЗ є потужним джерелом отримання актуальної й оперативної просторової інформації, яку широко використовують для вирішення різноманітних завдань, зокрема для моніторингу стану сільськогосподарських культур. Використання даних ДЗЗ в сільському господарстві дає можливість вирішувати ряд проблем, а саме: знижувати затрати на виконання наземних обстежень сільськогосподарських угідь, отримувати високоточну і надійну інформацію, провадити моніторинг стану агрокультур, а

також прогнозувати врожайність та інші характеристики сільськогосподарських земель.

В Україні використання даних ДЗЗ для моніторингу стану сільськогосподарських культур є практично не розвинутим напрямом. Правові основи моніторингу земель визначено ст. 191 Земельного кодексу України, згідно з яким його територіальними рівнями є національний, регіональний і локальний (їх вибір залежить від цілей спостережень та ступеня охоплення моніторингом різнорангових територій). Функцію ведення моніторингу земель покладено на центральні органи виконавчої влади, що реалізують державну політику у сфері земельних відносин та сфері охорони навколишнього природного середовища [5].

Тому з огляду на важливе екологічне, економічне та соціальне значення сільського господарства в Україні, брак об'єктивної та достовірної інформації про використання орних земель можна стверджувати, що використання методів супутникового моніторингу сільськогосподарських земель України варто вважати пріоритетним завданням сільського господарства.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мышляков С.Г. Системы космического мониторинга сельскохозяйственных земель Европейского союза, США, Китая / С. Г. Мышляков // Геоматика. – 2012. – №2. – С. 87-90.

2. Абросимов А.В. Перспективы применения данных ДЗЗ из космоса для повышения эффективности сельского хозяйства в России / А.В. Абросимов, Б.А. Дворкин // Геоматика. – 2009. – №4. – С. 46-49.

3. Минсельхоз ставит на новые технологии: внедрение ГИС в сельском хозяйстве началось [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.dataplus.ru/news/arcreview/> – Назва з екрана.

4. Геоинформационное картографирование сельскохозяйственной растительности, [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://1111.ru/agriculture/>. – Назва з екрана.

5. Земельний кодекс України // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 2002. – № 3-4. – 27 с.

6. Remote Sensing of Irrigated Agriculture: Opportunities and Challenges, [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.mdpi.com/journal/remotesensing> – Назва з екрана.

REFERENCES

1. Myshliukov, S.H. (2012) *Sistema kosmicheskogo monitoringa selkohoziustvenuh zemel Yevropeiskogo soiuz, SShA, Kitaia* [Space monitoring systems of agricultural lands of the European Union, USA, China]. Geomatica, 87-90 [in Russian].

2. Abrosimov, A.V. Dvorkin, B.A. (2009) *Perspektivy prymeniia danyh DZZ iz kostosa dlia povysheniya effektivnosti selskogo khosiaistva v Rossii* [Perspectives of using remote sensing data from space for increasing the efficiency of agriculture in Russia]. 87-90 [in Russian].

3. *Minselkhoz stavit na novye tekhnologii: vnedrenie GIS v selskom khoziaistve nachalos* [The Ministry of Agriculture stake on using new technologies: the introduction of GIS in agriculture began], [in Russian]. Retrieved from

<https://www.dataplus.ru/news/arcreview/>.

4. *Geoinformatsionoe kartografirovanie selskokhosiaistvenoi rastitelnosti* [Geoinformation mapping of agricultural vegetation], [in Russian]. Retrieved from

<http://1111.ru/agriculture/>.

5. *Zemelnyi kodeks Ukrainy*, 27 [in Ukrainian].

6. *Remote Sensing of Irrigated Agriculture: Opportunities and Challenges*. Retrieved from

<http://www.mdpi.com/journal/remotesensing>.

Л.Ю. Соломянчук

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В статье проанализировано использование данных дистанционного зондирования земли в сельском хозяйстве. Рассмотрен опыт использования данных дистанционного зондирования земли в США, Китае и Казахстане для мониторинга состояния сельскохозяйственных культур. Определены основные задачи, которые могут быть решены с использованием данных дистанционного зондирования земли в сельском хозяйстве. Обоснована необходимость в создании методических рекомендаций относительно использования данных ДЗЗ для мониторинга состояния сельскохозяйственных культур в Украине.

Ключевые слова: данные дистанционного зондирования земли, разрешение, сельское хозяйство, мониторинг.

L. Solomianchuk

ANALYSIS OF THE USE OF REMOTE SENSING DATA IN AGRICULTURE

In the article the usage of remote sensing data in agriculture was analyzed. The experience of using remote sensing data in the USA, China and Kazakhstan for monitoring the state of crops was also considered. The basic tasks which can be solved using the data of remote sensing of land in agriculture are determined. As a result of the analysis of world experience of the using of remote sensing data in agriculture, the main methods of operational monitoring of agricultural land was identified. Given the current importance of ecological, economic and social magnitude of agriculture in Ukraine, the lack of objective and reliable information about the usage of tillable land, the necessity for the creation of methodical recommendations for the usage of remote sensing data for monitoring the state of crops in Ukraine is substantiated.

Key words: remote sensing data, resolution, agriculture, monitoring.

Надійшла в редакцію

29.05.2017

О.М. Гончерюк, асп.кафедри інженерної геодезії
Київський національний університет будівництва і архітектури

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ТА МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО КАЛІБРУВАННЯ ЦИФРОВИХ НЕМЕТРИЧНИХ КАМЕР ЗА ПЛОЩИННИМИ ТЕСТОВИМИ ОБ'ЄКТАМИ

У роботі виконано детальний аналіз і практичні експериментальні дослідження програмних засобів для калібрування цифрових неметричних камер. Запропоновано класифікацію програмних засобів, в основу якої покладено критерії вартості, моделі врахування дисторсії об'єктива, стабільності і точності обчислювального алгоритму. Оскільки цифрові неметричні камери використовують переважно для вирішення прикладних локальних завдань, найбільш ефективним є використання недорогого спеціалізованого програмного забезпечення. В роботі досліджено умовно дорогі програми *Australis* (Австралія), *PhotoScan Pro* (Ізраїль), *PhotoModeler* (США) та *3D Image Master* (Японія). Кожна з цих програм має певні переваги і недоліки, найефективнішою виявилася програма *PhotoModeler*. Найбільш цікаві результати були отримані в процесі дослідження дешевих програмних засобів: *XSIGNO Photogrammetry* (Японія), *GML Camera Calibration* (Росія), *Camera Calibration Tools* (Великобританія), *CameraCalibrator* (фірма *Photometrix*, розробник *iWitness* и *Australis*), *Image Master Calib* (фірма *TOPCON*), *Agisoft Lens* (фірма *Agisoft*, розробник *PhotoScan Pro*), *Fauncal Matlab*, *Matlab Camera Calibration TOOLBOX*. Загальний аналіз результатів засвідчив, що у калібруванні перевагу слід віддати програмам типу *PhotoModeler*, а за фінансових обмежень – програмам типу *Fauncal* для *Matlab*.

Ключові слова: цифрова фотограмметрія, неметрична камера, калібрування, параметри дисторсії, тестовий об'єкт.

Вступ. Сучасна інженерна геодезія є галуззю знань, в якій знаходять застосування останні досягнення як із суміжних з нею напрямів, таких як вища геодезія, навігація, глобальні навігаційні супутникові системи, фотограмметрія та ін., так і з сучасних технологій в інших галузях – цифрового оброблення зображень і сигналів, комп'ютерного і геометричного моделювання, будівництва та експлуатації будівель і споруд та ін. Результатом такого симбіозу стало виникнення нового напрямку досліджень, який можна назвати *інженерною цифровою фотограмметрією*.

Завданням інженерної цифрової фотограмметрії є вирішення завдань інженерної геодезії засобами фотограмметрії на основі цифрових технологій. На відміну від класичної інженерної (прикладної) фотограмметрії в інженерній цифровій фотограмметрії засобами отримання інформації є не аналогові фототеодоліти або плівкові камери, а цифрові камери будь-якого класу (від цифрових камер мобільних телефонів до професійних цифрових камер вищого класу) або фототахеометри.