

Олег Житник, Ірина Бальченко

СТРУКТУРНІ МОДЕЛІ ЗАСОБІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В ГАЛУЗІ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Актуальність теми дослідження. Завдяки бурхливому розвитку інформаційні технології все більше знаходять своє практичне значення в багатьох сферах, серед яких сільське господарство. Агропідприємства зацікавлені у підвищенні показників своїх врожайів, але для цього необхідно постійно слідкувати за станом посівів та оперативно реагувати на несприятливі чинники. Оскільки їхні земельні площі є достатньо великими за своїми розмірами, то раціонально залучити до технологічного процесу засоби дистанційного зондування, які б забезпечили аграріїв своєчасним збором даних для визначення стану сільськогосподарських культур.

Постановка проблеми. Існують різні підходи для проведення процесу дистанційного зондування. За наземними об'єктами можна слідкувати на космічному, повітряному чи наземному рівнях. Тому постає завдання вирішити, який саме рівень є найбільш відповідним для проведення досліджень стану сільськогосподарських культур на полях агробізнесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні тема дистанційного зондування є досить популярною, зокрема тема його використання для сільськогосподарських цілей. Нею займаються як зарубіжні вчені, так і вітчизняні науковці, значущість робіт яких важко недооцінити.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Нині постає завдання для розгляду та обґрунтування, дані якого рівня досліджень дистанційного зондування є відповідними для визначення експертом чи експертною системою уражень культурних рослин на полях.

Постановка завдання. Необхідно розглянути три рівні досліджень – космічний, повітряний та наземний – та обрати найбільш відповідний підхід для проведення моніторингу стану сільськогосподарських культур з метою подальшого аналізу та виявлення їхніх уражень.

Виклад основного матеріалу. Дистанційне зондування на рівні космічних досліджень хоча і дозволяє отримати зображення полів, але просторова роздільна здатність сучасних оптико-електронних систем, встановлених на них, та дорожнеча знімків не сприяють їхньому залученню до моніторингу земельних ділянок полів. Натомість знімки, зроблені на повітряному рівні, є більш практичним підходом для агробізнесу, але й вони не позбавлені недоліків. У свою чергу, наземні дослідження є найбільш точним способом визначити ураження культурних рослин на полях, але такий підхід є досить трудомістким та неоперативним, що також змушує шукати інші варіанти.

Висновки. Розглянувши усі рівні досліджень полів, жоден з них не виявився однозначно кращим, але при комбінації повітряного та наземного рівня результати спостережень за полями мають бути найбільш точними та ефективними.

Ключові слова: дистанційне зондування; аерокосмічна зйомка; аерофотозйомка; безпілотні літальні апарати; сканування; розпізнавання образів; точне землеробство.

Рис.: 2. Бібл.: 8.

Постановка проблеми. На сьогодні сільське господарство в Україні продовжує активно розвиватись, зокрема це також стосується галузі рослинництва. Історично так склалося, що усі успіхи і визначні результати у цій сфері досягалися за рахунок екстенсивного [1] господарювання. Такий підхід є неприйнятним для країни, яка має досить потужні запаси родючих земель. Більш ефективним бачиться шлях з інтенсивним веденням сільськогосподарських справ. У такому випадку аграрії змогли б із менших орних площ збирати більшу кількість урожаю. Це б призвело до зростання рентабельності агробізнесу переважно за рахунок меншої кількості витрат на паливо для сільськогосподарської техніки, води для поливу та зрошення полів, а також добрива та пестициди для забезпечення підтримки посівів у нормальному для них стані – що стосується витрат, та більшої врожайності полів – з позиції здобутків.

Також слід враховувати, що поля є великими за площею ділянками землі, тому для них часто характерна неоднорідність. Для кожної ділянки поля можуть бути свої нормальні умови, які не є максимально прийнятними для іншої ділянки поля, і якщо застосувати ідентичні агротехнічні заходи щодо всього поля, то не завжди на кожній ділянці поля результати його проведення будуть однаковими. Також, поле можна вважати неоднорідним з огляду на те, що будь-який негативний прояв (хвороби, шкідники, бур'яни і т. ін.) мають свою зону поширення в межах полів і тому підхід до кожної ділянки варто розглядати окремо.

Ці всі вищезгадані причини призвели до того, що утворився такий напрям у рослинництві, як точне землеробство. Ключовими особливостями його є відстеження стану земельних ділянок у межах одного поля та індивідуальний підхід до кожної з них.

Такий підхід, у свою чергу, приводить до ефективного вирощування сільськогосподарських культур, оскільки вчасна та відповідна реакція на дію негативних чинників сприяє збереженню посівів та підтримці їх у належному стані.

Натомість моніторинг за кожною ділянкою поля, особливо який потребує великої частоти спостережень, є досить трудомістким процесом. Для такого підходу знадобився б достатньо дієвий у таких умовах засіб, який би міг забезпечити швидке та своєчасне спостереження за сільськогосподарськими насадженнями середніх та великих площ. З розвитком технологій на сьогодні наука та техніка пропонує для цього використання методів дистанційного зондування. При цьому користувач зміг би за допомогою спеціального програмного забезпечення та фотокамери, якою обладнаний, наприклад, космічний літальний апарат, безконтактно відслідковувати з висоти стан його сільськогосподарських угідь.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дистанційне зондування хоча і не є новою технологією, але за останній час отримало нові відчутні витки свого розвитку. Воно на сьогодні часто застосовується на практиці, наприклад, для відстеження рельєфу морського дна, пошуку в надрах корисних копалин, моніторингу розповсюдження результатів дії стихійних явищ, таких як лісові пожежі, повені та багато інших цілей. Дистанційне зондування активно висвітлюється як у зарубіжній літературі, так і в українській. Серед них роботи з дослідження використання цього підходу в сільському господарстві можна зустріти у таких вітчизняних науковців, як В. І. Лялько [2], В. Кравчук [3] та ін. та зарубіжних – Д. Д. Мулла [4], С. К. Сілан [5] тощо. У праці [6] А. А. Воробйова зазначає, що дистанційне зондування може проводитися з використанням різних засобів – космічних апаратів та супутників, безпілотних та пілотних літальних апаратів, а також спеціальних веж та подібних наземних споруд. Таким чином, вона виділяє відповідно три рівні проведення віддаленого спостереження – космічний, повітряний та наземний. У подальшому будемо розглядати доцільність використання цих рівнів у галузі сільського господарства.

Мета статті. У статті пропонується дослідити усі існуючі рівні дистанційного зондування для виділення найбільш відповідного підходу для забезпечення моніторингу за станом сільськогосподарських культур у галузі рослинництва.

Застосування дистанційного зондування в сільському господарстві на рівні космічних досліджень. Навколо Землі літає безліч штучних супутників, які належать космічним агентствам різних країн. Всі вони мають певну мету і виконують певну роботу. Одні космічні апарати забезпечують користувачів GPS-навігацією, інші – ретранслюють радіосигнали для підтримки зв'язку. Є серед них і такі, що слідкують за поверхнею Землі. Вони оснащені спеціальним оптичним чи оптико-електронним обладнанням, яке дозволяє спостерігати за поверхнею материків та океану. Нині найвідомішими представниками таких штучних супутників є космічні апарати серії Landsat та SPOT. Ще десятиліття тому важко було уявити, що з такої висоти можна отримати досить детальне зображення поверхні планети, але на сьогодні це вже можливо – такі супутники космічних програм, як Pleiades, GeoEye, WorldView здатні отримувати зображення з простою роздільною здатністю аж до частин метра [7].

Структурна модель проведення дистанційного зондування космічного рівня представлена на рис. 1.

Таким чином, для того щоб зафіксувати зображення з поверхні Землі оптико-електронною системою орбітального штучного супутника, необхідно, щоб ділянка, яка сканується, була освітленою. Це потрібно для того, щоб під час проведення пасивного дистанційного зондування супутник міг зафіксувати електромагнітне випромінювання з поверхні Землі. Сонце є прекрасним джерелом електромагнітного випромінювання. Саме тому на космічних знімках територій поверхні Землі завжди світла пора доби.



Рис. 1. Структурна модель використання дистанційного зондування на космічному рівні

Іноді постає завдання, щоб відзняти певну площу поверхні Землі вночі, тобто коли вона не є освітленою, або ж коли певна територія більшу частину часу перебуває під густим покривом хмар, або коли взагалі справджуються обидві умови. У такому разі використовується активне дистанційне зондування. За таких умов джерелом електромагнітного випромінювання є вже сам супутник реєстрації картинки з поверхні Землі. Він має бути оснащений активною оптико-електронною системою і для того, щоб зробити знімок певної ділянки, супутник має виконати дії на кшталт ехолота. Штучний космічний апарат має відправити сигнал, який сягне поверхні Землі. Після того, як він відіб'ється від її поверхні, супутник зареєструє відбите випромінювання і таким чином отримує дані про зображення об'єктів на ній.

Після того як штучний супутник зробив знімок, він його може записати собі у постійну пам'ять, що може знаходитися у нього на борту, але зазвичай він відправляє його по радіоканалу на наземну станцію. Врешті-решт, фахівці, отримавши цей знімок, можуть одразу дослідити наявні на зображенні об'єкти або ж за допомогою спеціального програмного забезпечення дослідити його після доопрацювання.

Хоча на сьогодні й існують супутники, що здатні фіксувати знімки поверхні Землі з досить значною просторовою роздільною здатністю, але, по-перше, така величина цього параметра дозволить досліджувати лише досить великі ділянки полів, а по-друге, вони є платними і досить недешевими, тому навряд чи такий підхід зможе використати агропідприємство.

Застосування дистанційного зондування в сільському господарстві на рівні повітряних досліджень. Дистанційне зондування на повітряному рівні являє собою систему, в якій головним елементом є літальний апарат зі знімальною камерою. Нині активно використовуються саме безпілотні літальні апарати, оскільки вони не потребують багато ресурсів в порівнянні з пілотними. Останні доцільніше використовувати за несприятливих для безпілотних літальних апаратів умов, але вони є порівняно досить ресурсоемними, тому відчутно програють позиції своєму конкуренту.

Безпілотні літальні апарати є зручним вирішенням зйомки локальних територій з невеликої висоти. Вони можуть управлятися як за допомогою дистанційного пульта керування, так і бути заздалегідь запрограмованими. Надійним підходом є використання комбінації цих способів управління безпілотним літальним апаратом [8].

Принцип дії може не відрізнятися від представленого на рис. 1, крім того, що замість космічного апарату буде літальний засіб, але може й відрізнятися (рис. 2). У такому випадку безпілотний літальний апарат записує усі відзняті дані та може не передавати їх по радіоканалу на наземну станцію, а користувач сам їх потім вилучить після того, як засіб повернеться назад, щоб дослідити їх одразу або ж після комп'ютерного доопрацювання.

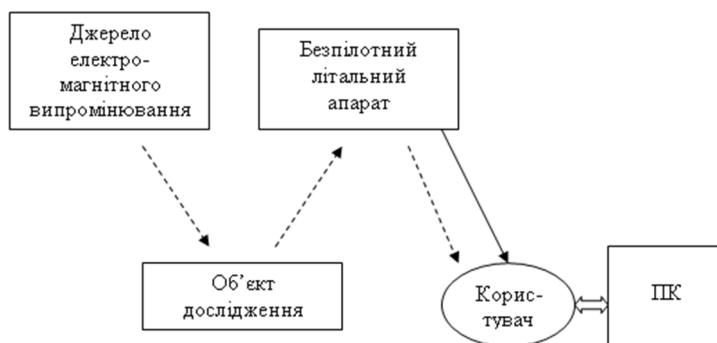


Рис. 2. Структурна модель використання дистанційного зондування на повітряному рівні

Розглянутий підхід для аграріїв є більш прийнятним, ніж з використанням космічної зйомки. Це пов'язано передусім з тим, що за допомогою такого способу можна проводити моніторинг як великих полів, так і полів середніх та малих розмірів. Також на протигагу космічним знімкам користувач вже може отримувати дані про більш детальні об'єкти на зображенні, бо зйомка проводиться з відносно невеликої висоти і властивості знімків обмежуються лише параметрами камери, розміщеної на борту. До того ж користувач може сам вирішувати, за яким графіком застосовувати спостереження, яким чином управляти літальним апаратом та яку саме ділянку відзняти. До недоліків такого способу можна віднести хіба що неможливість проведення зйомки в екстремальних погодних умовах та невеликий захват площі за один знімок, що може стати навіть перевагою перед підходом рівня космічних досліджень для відповідних цілей.

Застосування досліджень у сільському господарстві на рівні наземних досліджень. Розглянувши використання літальних апаратів для дистанційного зондування, можна зробити висновок, що вони поки що є найбільш вдалим варіантом використання для моніторингу стану сільськогосподарських культур, але знімки, зроблені за їх допомогою, не завжди можуть бути чіткими попри систему стабілізації, а самі об'єкти на зображенні не завжди можуть бути однозначно визначені. Тому для таких випадків доцільно розглянути наземний рівень досліджень стану культурних посівів.

Такі дослідження полягають у тому, що експерт сам або за допомогою пересувної лабораторії визначає стан сільськогосподарських культур прямо на місці, куди він прибув, але очевидно, що такі дослідження хоча і є найбільш точними серед згаданих, але таким чином важко охопити більшість земельних ділянок поля для дослідження.

Саме для цього пропонується об'єднати дослідження даних двох різних рівнів в одне комплексне, двофакторне дослідження, під час якого експерт зміг би спочатку оцінити стан ділянок поля загалом на основі даних дистанційного зондування повітряного рівня, а якщо будуть виявлені уражені ділянки полів чи такі ділянки, які важко однозначно трактувати, то він може провести експертизу вже на місці за допомогою наземних досліджень.

Таким чином, двофакторна перевірка даних має позитивно вплинути на точність визначення стану сільськогосподарських рослин, забезпечити використання найсильніших сторін кожного з методів дослідження та нівелювати слабкі сторони кожної з них.

Висновки та пропозиції. Проаналізувавши усі три рівні дослідження можна зробити висновок, що жоден з вищеписаних не є найбільш підходящим способом визначати стан культурних рослин на ділянках полів. Усі підходи мають свої переваги та недоліки. Проаналізувавши усі сильні та слабкі сторони кожного методу дослідження можна зробити висновок, що найбільш оптимальним вирішенням проблеми може бути дослідження, яке включає в себе аналіз даних, зроблених на різних рівнях. Оцінивши усі три підходи, можна сказати, що найбільш підходящими для цього є дані, зібрані на повітряному та наземному рівнях, оскільки при використанні їх у комбінації вони дають достатньо точні й ефективні результати в порівнянні з використанням інших варіантів комбінацій чи кожного варіанта досліджень стану сільськогосподарських культур окремо.

Список використаних джерел

1. Шиян В. Й. Інтенсивні та екстенсивні фактори розвитку сільськогосподарського виробництва / В. Й. Шиян, Д. В. Шиян // *Нова економічна парадигма формування стратегії національної продовольчої безпеки України у XXI ст.* – К. : ІАЕ УААН, 2001. – С. 563–566.
2. Лялько В. І. Стан та перспективи розвитку дистанційних методів дослідження Землі в Україні / В. І. Лялько, М. О. Попов // *Геол. журн.* – 2011. – № 1. – С. 50–58.
3. Кравчук В. Моніторинг росту та прогнозування врожайності сільськогосподарських культур. Проект Марс / В. Кравчук, О. Ковтуненко // *Техніка і технології АПК.* – 2010. – № 7 (10). – С. 16–21.
4. Mulla D. J. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gap / D. J. Mulla // *Biosys.* – 2013. – № 114. – Pp. 358–371.
5. Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach / S. K. Seelan, S. Laguette, G. M. Casady, G. A. Seielstad // *Environment.* – 2003. – № 88 (1). – Pp. 157–169.
6. Воробьева А. А. Дистанционное зондирование Земли / А. А. Воробьева. – СПб. : СПбУ ИТМО, 2012. – 168 с.
7. Литвинов В. В. Порівняльний аналіз засобів космічної зйомки з різною просторовою роздільною здатністю / В. В. Литвинов, О. Е. Житник // *Технічні науки та технології.* – 2017. – № 1 (7). – С. 106–115.
8. Акименко А. М. UML-модель системи управління безпілотним авіаційним комплексом / А. М. Акименко, С. О. Нестеренко // *Технічні науки та технології.* – 2017. – № 1 (7). – С. 116–124.

References

1. Shyian, V.I., Shyian, D.V. (2001). Intensive and extensive factors in the development of agricultural production. *Nova ekonomichna paradygma formuvannia stratehii natsionalnoi prodovolchoi bezpeky Ukrainy u XXI st.* – A new economic paradigm for shaping the national food security strategy of Ukraine in the XXI century. Kyiv: IAE UAAS, pp. 563–566 (in Ukrainian).
2. Lialko, V.I., Popov, M.O. (2011). Stan ta perspektyvy rozvytku dystantsiinykh metodiv doslidzhennia zemli v Ukraini [The state and prospects of the development of remote methods for the study of the Earth in Ukraine]. *Heolohichniy zhurnal – Geology journal*, № 1, pp. 50–58 (in Ukrainian).
3. Kravchuk, V., Kovtunencko, O. (2010). Monitorynh rostu ta prognozuvannia vrozhaivosti silskohospodarskykh kultur. Proekt Mars [Monitoring of growth and forecasting of crop yields. Mars project]. *Tekhnika ta tekhnolohii APK – Technics and Technologies of AIC*, № 7 (10), pp. 16–21 (in Ukrainian).
4. Mulla, D.J. (2013). Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gap. *Biosys*, № 114, pp. 358–371.
5. Seelan, S.K., Laguette, S., Casady, G.M., Seielstad, G.A. (2003). Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach. *Environment*, № 88 (1), pp. 157–169.
6. Vorobeveva, A.A. (2012). *Distantcionnoe zondirovanie Zemli [Remote Sensing]*. St. Petersburg: SPbU ITMO (in Russian).
7. Lytvynov, V.V., Zhytnyk, O.E. (2017). Porivnialnyi analiz zasobiv kosmichnoi ziomky z riznoiou prostoroivoiu rozdilnoiou zdatnistiu [Comparative analysis of different spatial resolution satellite with different imagery means]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical sciences and technologies*, № 1 (7), pp. 106–115 (in Ukrainian).
8. Akymenko, A.M., Nesterenko, S.O. (2017). UML-model systemy upravlinnia bezpilotnym avia-tsiinym kompleksom [UML-model control system unmanned aircraft systems]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical sciences and technologies*, № 1 (7), pp. 116–124 (in Ukrainian).

UDC 528.8:631.15

Oleh Zhytnyk, Iryna Balchenko

**STRUCTURAL MODELS OF REMOTE SENSING EQUIPMENT
FOR APPLICATION IN THE PRECISION FARMING FIELD**

Urgency of the research. Thanks to the rapid development of information technology increasingly are of practical importance in many areas, including agriculture. Agrarian enterprises are interested in increasing their yields, but for this it is necessary to constantly monitor the state of crops and respond promptly to adverse factors. Since their land areas are large enough in size, then it is rational to involve remote sensing equipment in the process of production, which would provide farmers with timely collection of data to determine the state of crops.

Target setting. There are different approaches to remote sensing. Terrestrial objects can be observed on space, air or ground levels. Therefore, the task is to decide which level is the most suitable for carrying out studies on the state of agricultural crops in the fields of agro-enterprises.

Actual scientific researches and issues analysis. Today the topic of remote sensing is quite popular, in particular, its use for agricultural purposes. It is engaged both by foreign scientists and by domestic scientists, whose significance is hard to underestimate.

Uninvestigated parts of general matters defining. The task for consideration and justification, the data of which level of remote sensing research is appropriate for determining the expert or expert system of damage to cultivated plants in the fields is now under consideration.

The research objective. Three levels of research - space, air and land - should be considered, and the most appropriate approach for monitoring the state of crops should be chosen to further analyze and identify their impacts.

The statement of basic materials. Remote sensing at the level of space research, although it allows to obtain image fields, but the spatial resolution of modern optoelectronic systems installed on them, and high cost photos do not facilitate their involvement in monitoring the land areas of fields. Instead, aerial photographs are a more practical approach for agribusinesses, but they have disadvantages. On the contrast land surveys are the most accurate way to determine the damage of cultivated plants in the fields, but this approach is quite labor intensive and inoperative, which also makes searching for other options.

Conclusions. Having considered all levels of field research, none of them was definitely better, but the combination of air and land level observations of fields should be the most accurate and effective.

Key words: remote sensing; aerospace survey; aerial photography; unmanned aerial vehicles; scanning, pattern recognition; precision agriculture.

Fig.: 2. Bibl.: 8.

УДК 528.8:631.15

Олег Житник, Ирина Бальченко

СТРУКТУРНЫЕ МОДЕЛИ СРЕДСТВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СФЕРЕ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Из года в год отрасль сельского хозяйства постепенно развивается в Украине. Еще более ощутимому прогрессу подвергается сфера информационных технологий. Ее бурное развитие способствует активному появлению все новых и новых разработок. Также остаются актуальными и технологии, которые уже зарекомендовали себя наилучшим образом. Подвергаясь процессам поддержки и непрерывного совершенствования, они часто остаются мощными инструментами для актуальных на сегодня потребностей. Все разработки являются перспективными и постоянно находят свое практическое применение. Причем сферы их внедрения могут быть самыми разнообразными.

Данная работа посвящена рассмотрению перспективных идей относительно возможного использования разработок в сфере ИТ для их применения в сельском хозяйстве при выращивании культурных растений на примере подхода для отслеживания их состояния с помощью методов дистанционного зондирования и обоснованию использования тех или иных подходов реализации дистанционного зондирования на практике при дальнейших исследованиях в данном направлении.

Ключевые слова: дистанционное зондирование; аэрокосмическая съемка; аэрофотосъемка; беспилотные летательные аппараты; сканирование; распознавание образов; точное земледелие.

Рис.: 2. Библ.: 8.

Житник Олег Едуардович – аспірант, асистент кафедри інформаційних технологій та програмної інженерії, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Житник Олег Эдуардович – аспирант, ассистент кафедры информационных технологий и программной инженерии, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Zhytnyk Oleh – PhD student, assistant of the Information Technologies and Programming Engineering Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: zhytnykoleh@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2792-3820>

ResearcherID: F-6311-2016

Бальченко Ирина Владимировна – кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій та програмної інженерії, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Бальченко Ирина Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий и программной инженерии, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Balchenko Iryna – Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Associate Professor of the Information Technologies and Program Engineering Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: iryna.balchenko@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3092-678X>

ResearcherID: G-3887-2014