

УДК 339.03

Гарнець С.В.<sup>1</sup>

## МОЖЛИВОСТІ ПРИЛАДІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ІЗ СУПУТНИКІВ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

**Анотація.** В даній статті дистанційне зондування землі представлено, як найбільш сучасний засіб проведення робіт з моніторингу земель сільськогосподарського призначення в Україні та обґрунтовується перспективність і доцільність досліджень в цьому напрямку.

*Ключові слова:* моніторинг, дистанційне зондування землі.

**Аннотация.** В данной статье дистанционное зондирование земли представлено, как наиболее современный способ проведения работ по мониторингу земель сельскохозяйственного назначения в Украине и обосновывается перспективность и целесообразность исследований в этом направлении.

*Ключевые слова:* мониторинг, дистанционное зондирование земли.

**The summary.** In the article the remote sensing of ground is submitted, as the most modern way of realization of monitoring land for agricultural purpose in Ukraine. Also perspective and necessary of researches in this professional field is well-grounded.

*Key words:* monitoring, remote sensing of ground.

**Вступ та постановка задачі.** У зв'язку з незадовільним станом обліку земель сільськогосподарського призначення в Україні, а також численними порушеннями у сфері землекористування виникає необхідність проведення постійного моніторингу таких земель. Моніторинг має проводитись сучасними засобами, одним з яких є дистанційне зондування землі (ДЗЗ), які давно використовуються в розвинених країнах світу.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** В сучасній вітчизняній та закордонній науковій літературі, періодиці та електронних ЗМІ чимало публікацій присвячено питанням використання технологій дистанційного зондування землі при проведенні моніторингу земель взагалі і питанням моніторингу земель сільськогосподарського призначення у тому числі.

Наприклад, в роботах [1, 3] та інших йдеться про численні переваги застосування дистанційного зондування землі (такі як: висока точність та швидкість виконання робіт, мобільність, здатність знімати масштабі і складні за конфігурацією ділянки та багато інших) при проведенні робіт з землеустрою і зокрема моніторингу земель.

Метою публікації є обґрунтування використання дистанційного зондування землі, як найбільш перспективного засобу дослідження землі і, відповідно, одного з самих передових, на сьогоднішній день, інструментів для проведення моніторингу земель взагалі і зокрема сільськогосподарського земель.

**Виклад основного матеріалу.** З перших років освоєння космічного простору однією з пріоритетних була задача дистанційного спостереження Землі. Перші регулярні зображення були отримані з борту американського супутника ERTS-1 (пізніше перейменованій в Landsat - 1) в 1972 р. В даний час існує ряд супутникових систем, створених різними країнами і спрямованих на дослідження природних

ресурсів. Дані, що одержують із супутників ДЗЗ використовуються в різних напрямках моніторингу Землі, в тому числі, в інтересах вивчення стану сільськогосподарських земель. Найбільш широко використовуються для моніторингу рослинності ДЗЗ у видимій, ближній ІЧ і середній ІЧ зонах електромагнітного спектра. Супутникові зображення в цих зонах спектру дозволяють ефективно відділяти зелену рослинність від інших типів земного покриву. Побудова систем моніторингу сільськогосподарських земель вимагає апріорних знань про спектральні відбивні властивості об'єктів, що спостерігаються. До таких об'єктів, в першу чергу, відносяться сільськогосподарські культури, що спостерігаються. Відбивні властивості сільськогосподарських культур досить добре вивчені за даними наземних і спостережень з літаків [6, 7]. Основними чинниками, що визначають відбивні властивості рослинності, є наявність хлорофілу та інших рослинних пігментів, будова листя і структура рослинного покриву. Вплив на результати вимірювань також надають геометричні умови спостереження і відображення підстилаючою поверхнею при неповному проективному покритті рослинним покривом.

Найважливішою характеристикою одержуваних ДЗЗ є просторове розрізнення. Доступні ДЗЗ можна розділити на чотири категорії відповідно до величини просторового розрізнення: дані низького розрізнення (~ 1 км), середнього розрізнення (150-300 м), високого розрізнення (20-80 м), надвисокого розрізнення (до 20 м).

Дані низького розрізнення (~ 1 км) знаходять широке застосування в моніторингу суші і океану. Ці дані відрізняє висока доступність (вільне розповсюдження або низька вартість) та можливість спостереження всій поверхні Землі з періодичністю близько однієї доби. До широко використовуваних даних низького просторового розрізнення відносяться зоб-

<sup>1</sup> Гарнець С.В., аспірант кафедри "Землепорядкування і кадастру" КНУБА.

раження, одержувані знімальною системою AVHRR, встановленої на борту супутників серії NOAA, а також знімальною системою Vegetation з супутника SPOT-5.

Прилад AVHRR забезпечує проведення зйомки Землі у шести спектральних каналах з дозволом 1,1 км при спостереженні в надір. Так як одночасно на орбіті функціонують кілька супутників NOAA, періодичність зйомки будь-якої території становить кілька годин. Передані дані можуть бути прийняті в оперативному режимі на стандартні антени, а архівні дані зйомки вільно розповсюджуються низкою урядових відомств і наукових організацій. Зокрема, Геологічна служба США забезпечує доступ до архівних даних за період починаючи з 1973 року.

Прилад Vegetation встановлений на борту французького супутника SPOT-5 веде зйомку в чотирьох спектральних каналах з розрізненням при спостереженні в надір 1,15 км. Відмінною особливістю приладу є краща у порівнянні з AVHRR геометрична точність суміщення спектральних каналів (0,1 км) та різночасових зображень (0,3 км). Дані зйомки вільно доступні для використання в наукових цілях і поширюються через Інтернет із затримкою три місяці. Зйомка приладом SPOT-5 - Vegetation ведеться починаючи з березня 1998 року.

В останні роки набувають все більшого використання супутникові прилади (Terra / Aqua-MODIS, Envisat-MERIS), які проводять зйомку поверхні Землі із середнім просторовим розрізненням (250-500 м). Особливістю зазначених приладів є наявність великого числа спектральних каналів, при цьому зйомка ведеться у вузьких спектральних зонах, шириною до 10 нм. Це дає можливість вести спостереження в смугах поглинання хлорофілу, води та інших важливих компонентів, підвищує достовірність розпізнавання об'єктів підстилаючої поверхні і оцінки їх стану за спектральними ознаками. Досить широка смуга зйомки вказаними приладами дозволяє спостерігати будь-яку точку земної поверхні з періодичністю 1-2 дні. Важливою особливістю використання зазначених приладів середнього просторового розрізнення в інтересах агромоніторингу є можливість спостереження окремих сільськогосподарських полів, розміри яких в зоні інтенсивного землеробства України, як правило, у кілька разів перевищують величину просторового розрізнення отримуваних даних, при одночасному забезпеченні досить високої частоти спостережень.

Скануючий радіометр середнього розрізнення MODIS розміщений на борту двох американських супутників, Terra і Aqua. Супутник Terra запущений в 1999 році, Aqua - в 2002 році. Дані спостережень поширюються вільно Геологічною службою США через Інтернет. MODIS забезпечує проведення зйомки в 36 спектральних каналах в діапазоні 0,4-14,4 мкм. Просторове розрізнення даних, одержуваних в червоному і ближньому ІЧ каналах, призначених для моніторингу рослинності, становить 250 м. Розробка такого роду гіперспектральних приладів середнього розрізнення є перспективним напрямком розвитку систем спостереження Землі. Супутники Terra і Aqua є експери-

ментальними в рамках програми НАСА з побудови системи спостереження Землі (EOS). По завершенні роботи Terra і Aqua планується отримувати аналогічні дані в режимі промислової експлуатації розроблюваних в даний час супутників NPOESS.

Прилад MERIS встановлений на борту супутника Envisat, що належить ESA. MERIS веде зйомку в п'ятнадцяти спектральних каналах з просторовим розрізненням 300 м в діапазоні 0,4-1,05 мкм. Дані поширюються ESA в неоперативному режимі за спеціальними заявками для проведення наукових досліджень.

Зйомку поверхні Землі з високою роздільною здатністю веде цілий ряд супутникових систем. Найбільш широко використовуваною є серія супутників Landsat, на яких послідовно встановлювалися прилади MSS (Landsat - 1, 2, 3, 4, 5), TM (Landsat - 4, 5) і ETM+ (Landsat - 7). Найбільш сучасний прилад ETM+ має вісім каналів зйомки в діапазоні 0,4-13 мкм з дозволом 15-60 м. Періодичність зйомки складає 16 днів. Дані ETM+ поширюються на комерційній основі, проте досить великий набір архівних зображень, що мають глобальне покриття, поширюється вільно університетом штату Меріленд.

Прилад спостереження Землі МСУ-Е, послідовно діяв на ряді російських супутників (Ресурс - О, Ресурс - О1 і Метеор - ЗМ), забезпечує проведення зйомки з роздільною здатністю близько 40 м в трьох спектральних каналах діапазону 0,5-0,9 мкм. Знімальна апаратура чинного в даний час російського супутника Монітор-Е забезпечує проведення зйомки в чотирьох каналах спектрального діапазону 0,5-0,9 мкм при ширині смуги захоплення 160 км. Дані передбачається поширювати для задоволення потреб російських державних споживачів, а також іншим зацікавленим споживачам на комерційній основі.

Дані надвисокої роздільної здатності для моніторингу рослинності на регіональному та національному рівнях практично не використовуються. Такі дані в даний час неможливо отримувати з досить високою періодичністю при одночасному забезпеченні охоплення великих територій. Крім того, важливим фактором, що стримує широке і регулярне використання супутникових даних надвисокої роздільної здатності, є їх висока вартість.

Технічні характеристики приладів ДЗ, найбільш широко використовуваних для моніторингу сільського господарства, наведені в *Таблиці 1*. Використання ДДЗ для моніторингу сільськогосподарських земель ведеться з 70-х років минулого століття. Вибір даних того чи іншого приладу визначається особливостями завдання моніторингу. При проведенні глобального моніторингу використовуються супутникові прилади низького розрізнення, що дозволяють за короткий період отримувати дані на всю поверхню Землі, але не забезпечують можливості збору інформації на рівні окремих сільськогосподарських полів. Дані високого розрізнення зазвичай застосовуються для епізодичного моніторингу невеликих територій з високою просторовою деталізацією. Ці дані часто використовуються для проведення локальних досліджень або експериментів. Дані середнь-

ого розрізнення дозволяють вести спостереження з високою частотою і просторовим розрізненням, достатнім для спостереження великих сільськогосподарських полів.

Таким чином:

- **дані низького розрізнення** - можуть використовуватися для прогнозування врожайності на великій території і якісної оцінки стану посівів;
- **дані високого розрізнення** - можуть застосовуватися для цілей картографування посівів, визначення їх стану, прогнозу врожайності на локальному рівні;
- **дані середнього розрізнення** - можуть бути використані як для картографування посівів, так і для регулярного їх моніторингу.

З їх допомогою можна вирішувати завдання оцінки стану посівів і прогнозування врожайності. Можливості основних супутникових систем для моніторингу сільськогосподарських земель наведено в Таблиці 2.

Найбільш активними напрямками практичних розробок в області використання ДДЗ для моніторингу сільськогосподарських земель є:

- дослідження можливостей застосування ДДЗ для визначення площ і розміщення посівів культур;
- картографування використовуваних сільськогосподарських земель;
- прогнозування врожайності;
- моніторингу стану посівів;
- оцінки параметрів ґрунту;

- оцінки збитку, що наноситься зовнішніми чинниками (повені, засухи) посівам сільськогосподарських культур;
- оцінки фенологічних дат розвитку посівів;
- оцінки біомаси;
- інвентаризації та картографування земельних угідь;
- вивчення динаміки сільськогосподарського використання земель;
- контролю за проведенням агротехнічних заходів;
- вивчення систем землеробства.

Ефективне вирішення тематичних задач сільськогосподарського моніторингу, як правило, вимагає проведення попередньої обробки супутникових зображень. Зокрема, така обробка потрібна для виявлення пікселів, закритих хмарами, снігом, або зашумлених під впливом апаратних збоїв.

**Висновки.** Таким чином, використання даних дистанційного зондування Землі при проведенні моніторингу земель сільськогосподарського призначення та агроресурсів дозволяє вирішувати багаточільові задачі в галузі землекористування, володіє багатьма перевагами порівняно з традиційними методами і, таким чином, є найбільш сучасним засобом проведення робіт з моніторингу земель сільськогосподарського призначення та агроресурсів в Україні, а подальші дослідження в цьому напрямку є перспективними і доцільними.

Таблиця 1.

Характеристики основних супутникових систем ДЗ, що використовуються для вирішення задач сільськогосподарського моніторингу.

Прилад (супутник)	Спектральні канали і просторове розрізнення при зніманні в надір	Періодичність знімання, доб.	Доступність	Час функціонування	Адреса веб-сайту
AVHRR (серія супутників NOAA-1,17)	0,58-0,68 мкм (1100 м) 0,73-1,00 мкм (1100 м) 1,58-1,64 мкм (1100 м) 3,55-3,93 мкм (1100 м) 10,3-11,3 мкм (1100 м) II I, 5-12,5 мкм (1100 м)	1-2	Вільне розповсюдження.	З 1973 р. В даний час працюють NOAA-12,15,16, 17.	<a href="http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/avhrr.html">http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/avhrr.html</a>
Vegetation (SPOT-5)	0,43-0,47 мкм (1100 м) 0,61-0,68 мкм (1100 м) 0,78-0,89 мкм (1100 м) 1,58-1,75 мкм (1100 м)	1-2	Вільно із записом у 3 місяці. Оперативні дані - на договірних засадах.	З березня 1998 р.	<a href="http://www.spot-vegetation.com/">http://www.spot-vegetation.com/</a> <a href="http://www.vgt.vito.be/catalogue/catalogue.html">http://www.vgt.vito.be/catalogue/catalogue.html</a>
MODIS (Terra, Aqua)	0,4-14,4 мкм 250 м ( 1-2 канали) 500 м (3-7 канали) 1000 м (8-36 канали)	1-2	Вільне розповсюдження.	З грудня 1999 р. (Terra) З травня 2002 р. (Aqua)	<a href="http://modis.gsfc.nasa.gov/">http://modis.gsfc.nasa.gov/</a>
MERIS (Envisat)	0,4-1,05 мкм (300 м)	2-3	За попередніми заявками.	З 2000 р.	<a href="http://envisat.esa.int/mstruments/meris/">http://envisat.esa.int/mstruments/meris/</a>
MSS (серія супутників Landsat-1, 2, 3, 4, 5)	0,5-0,6 мкм (80 м) 0,6-0,7 мкм (80 м) 0,7-0,8 мкм (80 м) 0,8-1,1 мкм (80 м) 10,41-12,6 мкм (237 м, тільки на Landsat-3)	18	На комерційних засадах.	Липень 1972 – січень 1978 (Landsat-1) Січ. 1975 - лют. 1982 (Landsat-2) Берез. 1978 - берез. 1983 (Landsat-3) Липень 1982 - Липень 2001 (Landsat-4) Берез. 1984 - серп. 1995 (Landsat-5)	<a href="http://landsat.gsfc.nasa.gov/">http://landsat.gsfc.nasa.gov/</a> <a href="http://glcfapp.umiac.edu">http://glcfapp.umiac.edu</a>

Продовж. табл.1

Прилад (супутник)	Спектральні канали і просторове розрізнення при зніманні в надір	Періодичність знімання, доб.	Доступність	Час функціонування	Адреса веб-сайту
TM (Landsat-4,5)	0,45-0,52 мкм (30 м) 0,53-0,61 мкм (30 м) 0,63-0,69 мкм (30 м) 0,75-0,90 мкм (30 м) 1,55-1,75 мкм (30 м) 10,4-12,5 мкм (60 м на ETM+, 120 м на TM и ETM) 2,09-2,35 мкм (30 м) 0,52-0,9 мкм (30 м, тільки на ETM и ETM+)	16	На комерційних засадах.	Липень 1982 - Липень 2001 (Landsat-4) 3 берез. 1984 (Landsat-5)	
ETM (Landsat-6)			—	Втрачений при запуску (жовт. 2005 р.)	
ETM+ (Landsat-7)			На комерційних засадах.	3 квітня 1999 р.	
ПСА, РДСА (Монітор-Е)	0,54-0,59 мкм (20/40 м) 0,63-0,68 мкм (20/40 м) 0,79-0,90 мкм (20/40 м) 0,51-0,85 мкм (5 м)		На комерційних засадах.	3 серпня 2005 р.	<a href="http://www.khrunichev.ru/khrunichev/live/full_mka.asp?id=13192">http://www.khrunichev.ru/khrunichev/live/full_mka.asp?id=13192</a> <a href="http://www.ntsomz.ru/satellites/rus_satellites/monitor_e">http://www.ntsomz.ru/satellites/rus_satellites/monitor_e</a>
М-3М	0,5-0,6 мкм (35 м) 0,6-0,7 мкм (35 м) 0,8-0,9 мкм (35 м)		На комерційних засадах.	Грудень 2001 - листопад 2005.	<a href="http://www.roscomos.ru/AddInfo/meteor-3m.asp">http://www.roscomos.ru/AddInfo/meteor-3m.asp</a> <a href="http://www.ntsomz.ru/m3/m3m.htm">http://www.ntsomz.ru/m3/m3m.htm</a>

Таблиця 2

Основні можливості супутникових систем для моніторингу сільськогосподарських земель.

Напрямок моніторингу сільськогосподарських земель	Супутникові прилади для вирішення задач моніторингу сільськогосподарських земель			
	Низьке розрізнення (близько 1000 м)	Середнє розрізнення (250-500 м)	Високе розрізнення (20-50 м)	Детальне розрізнення (1-5 м)
Картографування сільськогосподарських земель		Terra/Aqua-MODIS Envisat-MERIS	Landsat-TM/ETM+; Terra-ASTER; SPOT-HRV/HRVIR; Монітор-Е; IRS-USS	
Прогнозування врожайності	NOAA-AVHRR SPOT-Vegetation	Terra/Aqua-MODIS	Landsat-TM/ETM+; Terra-ASTER; SPOT-HRV/HRVIR; Монітор-Е IRS-LISS	
Картографування посівів		Terra/Aqua-MODIS Envisat-MERIS	Landsat-TM/ETM+ Terra-ASTER SPOT-HRV/HRVIR Монітор-Е IRS-LISS	
Оцінка стану посівів		Terra/Aqua-MODIS Envisat-MERIS	Landsat-TM/ETM+ Terra-ASTER SPOT-HRV/HRVIR Монітор-Е IRS-LISS	
Оцінка наслідків дії негативних факторів (заморозки, повені і т.п.)		Terra/Aqua-MODIS		
Точне землеробство			Landsat-TM/ETM+ Terra-ASTER SPOT-HRV/HRVIR Монітор-Е IRS-LISS	DCONOS Quick-Bird SPOT-HRG IRS-PAN
Оцінка біофізичних параметрів		Terra/Aqua-MODIS Envisat-MERIS	Landsat-TM/ETM+ Terra-ASTER SPOT-HRV/HRVIR Монітор-Е IRS-LISS	
Оперативний моніторинг розвитку сільськогосподарських культур		Terra/Aqua-MODIS		

## Література

1. *Р.М. Панас* «Основи моніторингу та прогнозування використання земель», м. Львів, «Новий світ – 2000», 2007 р.;
2. *Розпорядження Уряду Російської Федерації* від 30 липня 2010 р. №1292-р «О Концепции развития государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и земель, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий, и формирования государственных информационных ресурсов об этих землях на период до 2020 года.»
3. *Юрій Зайцев*, дійсний академічний радник Академії інженерних наук РФ, Стаття «Землі потрібна підтримка з космосу» (Електронний ресурс «Міжнародне життя», <http://interaffairs.ru/read.php?item=404>).
4. *В.В. Чудовець*, стаття «Удосконалення методичних підходів та документального забезпечення інвентаризації земель сільськогосподарського призначення».
5. *Муратова Н.Р.* Контроль севооборота пахотных земель северного Казахстана по данным TERRAMODIS / Сб. науч. стат. Второй всерос. конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» Муратова Н.Р., Сулпангазин У.М., Терехов А.Г., под ред. О.Ю.Лавровой, Е.А.Лукина. – М.: GRANP polygraph, 2005. - С. 302-307.
6. *Барталев С.А.* Организация системы сбора и обработки спутниковых данных для мониторинга сельскохозяйственных районов / [Барталев С.А., Ершов Д.М., Лурия Е.А., Мазуров А.А., и др.] / Тез. Всерос. конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», Москва, ИКИРАН, 2003. - С. 26.
7. *Нейштадт И.А.* Оценка площадей посевов сельскохозяйственных культур по данным дистанционного зондирования / Нейштадт И.А., Барталев С.А. / Тез. Конф. молодых ученых, поев, вопросам исследования и использования космического пространства в интересах фундаментальных наук, Москва, ИКИРАН, 2005. - С. 30.

УДК 624.012.45: 624.046.2

Козак О.В.<sup>1</sup>

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РОЗРАХУНКУ ПЕРЕРІЗІВ ЗГІНАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗА ПОПЕРЕЧНОЮ СИЛОЮ

*АННОТАЦІЯ.* Розглянуті основні методики розрахунку міцності похилих перерізів залізобетонних балок, виконані порівняльні чисельні розрахунки проміжної опори монолітної залізобетонної нерозрізної балки відповідно до розглянутих методів.

*Ключові слова:* похилі перерізи, поперечна сила, міцність, напруження на бетон.

*АННОТАЦИЯ.* Рассмотрены основные методики расчета прочности наклонных сечений железобетонных балок, выполнены сравнительные численные расчеты промежуточной опоры монолитной железобетонной неразрезной балки согласно рассмотренных методов

*Ключевые слова:* наклонные сечения, поперечная сила, прочность, напряжения на бетон.

*SUMMARY.* Discussed the basic methods for calculating the strength of the inclined sections of reinforced concrete beams, completed the comparative numerical calculations of the intermediate support reinforced concrete continuous beam according to the methods considered

*Keywords:* inclined sections, shear force, strength, post-tension.

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день будівництво потребує як ефективної технології виробництва так і підвищення якості проектних рішень із раціональним використанням конструкцій та матеріалів. Грамотне проектування та конструювання залізобетонних конструкцій заключається в правильному виборі розрахункових моделей та конструктивних форм.

На відміну від проблем міцності нормальних перерізів згинальних елементів (в області якої виконано масу експериментальних досліджень та досягнуто принципово рішення щодо визначення несучої здатності по нормальному перерізу), напружено-деформований стан похилих перерізів залишається менш вивченим, підтвердження чого є відсутність єдиної методики розрахунку несучої

здатності похилих перерізів, яка б враховувала всі фактори, які впливають на роботу залізобетонних елементів при одночасній дії згинального моменту, поперечної та поздовжньої сили.

Невирішеність проблеми опору дії поперечних сил, в одному випадку призводить до ускладнення армування та збільшення матеріалів, а в іншому випадку – до недостатньої міцності похилих перерізів проєктованих конструкцій.

**Аналіз публікацій.** Методики розрахунку міцності залізобетонних елементів на дію поперечних сил розробляються з початку перших експериментальних досліджень та вдосконалюються по сьогоднішній день. Існує ряд пропозицій щодо розрахунку міцності похилих

<sup>1</sup> Козак О.В., аспірант (Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ).