

Анотований звіт

про виконання робіт за Договором № 3-15 від 02.03.2015

«Методи дистанційного оцінювання біофізичних параметрів лісових рослинних угруповань та агрофітоценозів в межах різних ландшафтно-кліматичних зон території України»

за період з 02.03.2015 по 31.12.2015

Протягом звітного періоду проведено комплекс робіт з удосконалення та розроблення методів визначення фізичних характеристик земної поверхні та біофізичних характеристик рослинних угруповань на ній.

Також продовжено збір польових завіркових даних біофізичних параметрів (спектральних та газометричних) в межах різних типів рослинного покриву впродовж вегетаційного сезону в різних ландшафтно-кліматичних зонах України та створення відповідної бази. Продовжено дослідження з адаптації та удосконалення регресійних моделей оцінювання якості рослинності за багатоспектральними космічними знімками та наземними завірковими даними.

В ході виконання поточних завдань етапу НДР отримано наступні основні результати:

1. Проведено польові експериментальні роботи на тестових ділянках в межах агроценозів для встановлення параметрів валової первинної продуктивності (GPP) та чистої первинної продуктивності (NPP) рослинного покриву та інтенсивності абсорбції вуглекислого газу з використанням наземних спектро- та газометричних зйомок та супутникових даних. Проведено класифікації супутникових знімків з виділенням основних типів рослинного покриву для території розташування тестових ділянок.

Крім того, синхронно проводились інші виміри - температури та вологості повітря в системі за допомогою сенсору та вимірювання освітленості за допомогою люксметра. Також були відібрані проби для оцінки вологості ґрунту ваговим методом на глибинах 5 та 20 см. Виконано оцінку біомаси ваговим методом і листового індексу прямими вимірами площі листової поверхні на ділянках газометричних та спектрометричних вимірів. NPP визначалось газометричними вимірами та прямим ваговим методом на різних фазах вегетації озимої пшениці сортів “Богдана” та “Скаген” в межах виробничих посівів на полігоні “Березань”. Це було одним з важливих завдань поточного року. Порівняння наземних даних визначення GPP та NPP з даними продукту MOD17A2 (рис. 1) дозволило оцінити динаміку зміни біофізичних параметрів за наземними і супутниковими вимірами і визначити розходження між ними, що необхідно для калібрування супутникових даних.



Рис. 1. Зіставлення класифікованого зображення за результатами обробки знімків Landsat-8 (А) з пікселами знімку MOD17A2 (Б) для визначення пікселу MOD17A2, для якого виконано зіставлення з наземними даними та побудована кореляційна залежність між значеннями NPP за продуктом MOD17 A2 і наземними вимірами для озимої пшениці сорту “Скаген” в Баришівському районі Київської області (В).

Також було передбачено проведення спектрометричних вимірів в межах виробничих посівів озимої пшениці на різних фазах вегетації на тестових ділянках “Березань” синхронно з газометричними вимірами. Загалом, виконання вказаних польових експериментальних робіт в межах агроценозів проводилось для розробки методики використання спектрометричних характеристик рослинного покриву (рис. 2) для оцінки його продуктивності, використовуючи

кореляційні зв'язки між вегетаційними індексами за даними спектрометрування та газометричними вимірами валової та первинної чистої продуктивностей рослинного покриву.

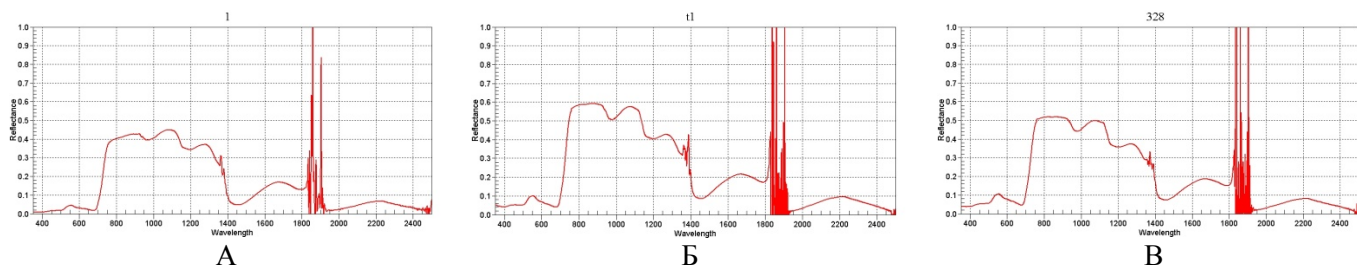


Рис. 2. Спектрометрична крива пшениці озимої сорту “Скаген”: А - фаза кущіння , Б - фаза виходу в трубку і початок колосіння, В - фаза колосіння

2. Проведено тестування методів оцінки стану зволоження земного покриття за результатами дистанційних спостережень.

Для продовження досліджень щодо зволоження території України та тестування даного методу нами було накопичено дані продуктів MODIS [2]: MOD09A1 в кількості 104 файли для 2015 року, тобто на 26 дат; було отримано 8-денні композиції продукту MOD09A1 по 4 файли на одну дату, оскільки територія України знаходиться в межах 4 квадрантів. Для розрахунку нового індексу MCRI за допомогою програми з обробки космічних знімків Erdas Imagine з використанням модуля Modeler/Model Maker була сформована послідовність розрахунків. Новий індекс MCRI був обчислений для 2007 та 2015 років (рис. 3) за даними продукту MOD09A1.

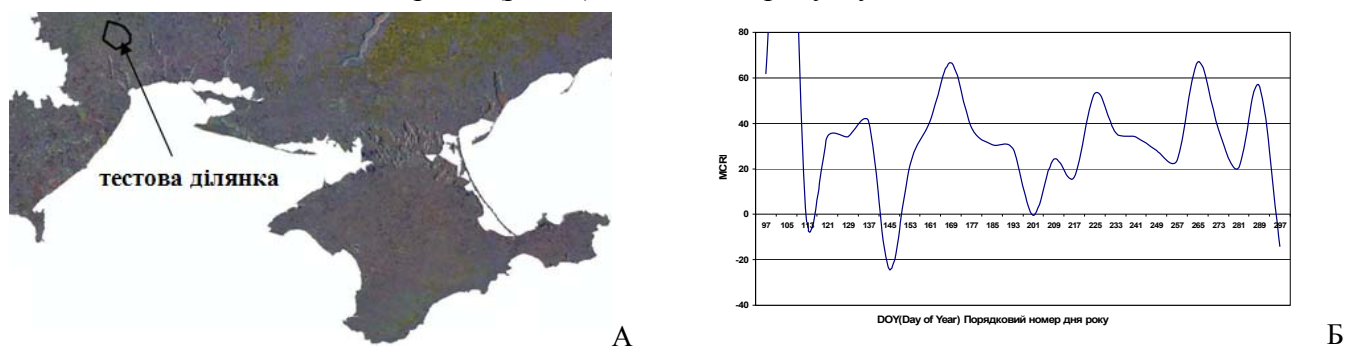


Рис. 3. Результати розрахунків нового індексу MCRI для тестової ділянки з використанням даних продукту MOD09A1 за 2007 та 2015 роки (А); зіставлення на вміст вологи тестової ділянки в 2015 році відносно 2007 року за індексом MCRI (Б).

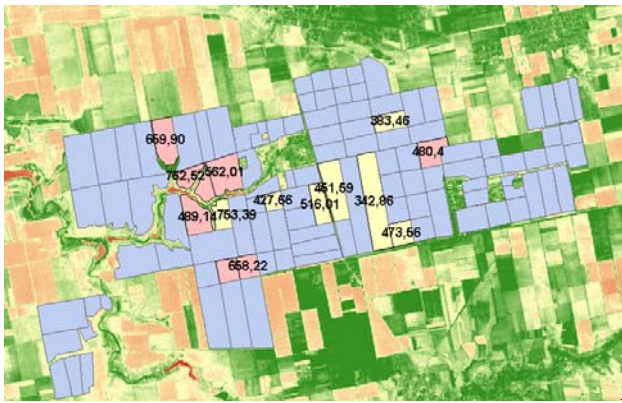
Такий графік індексу MCRI при порівнянні 2015 та 2007 років може означати, що в 2015 році посухи не було, а окремі від’ємні значення індексу MCRI впродовж 3-ох вимірів DOY (113, 145 та 201) можливо пояснити тим, що за 8 днів не було ясної погоди і в результуючий файл входять значення хмарного покриву, що безумовно, вносить похибку в розрахунки, оскільки порівнюються спектральні яскравості хмар та підстильної поверхні. Тобто, можливо зробити висновок, що відносно теплий 2015 рік так і не став роком посухи.

3. Розроблено регресійну модель оцінювання якості рослинності за багатоспектральними космічними знімками та наземними завірковими даними. Запропоновані положення були реалізовані при модельному розрахунку дефіциту вологи сільськогосподарських культур у 2002 році на пілотній території господарства “Степовий” Кам’янсько-Дніпровського району Запорізької області.

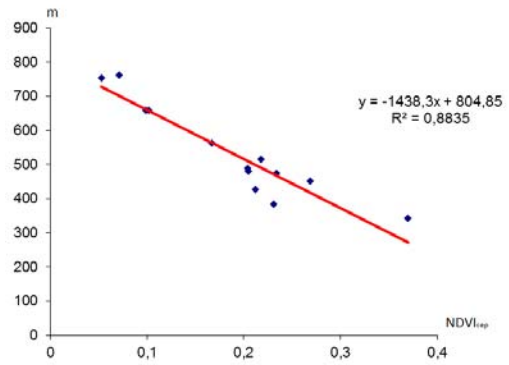
За супутниковим знімком IRS від 6.08.2002 було побудовано карту розподілу NDVI та розраховано зональну статистику в межах кожного з полів кукурудзи даного господарства (рис. 4), аналіз якої дозволив встановити таку аналітичну залежність вологопотреби рослин від NDVI по окремих полях:

$$w = w_{\max} (1 - NDVI_{\text{сер}} / NDVI_{\text{max}}), \text{ м}^3/\text{га},$$

де w_{\max} – розрахункове значення найбільшої кількості легкодоступної для рослин вологи, $NDVI_{\text{сер}}$ та $NDVI_{\text{max}}$ - відповідно середнє та максимальне значення NDVI по полю.



А



Б

Рис. 4. Карта дефіциту води кукурудзи по полях станом на 06.08.2002, цифрами позначено актуальний дефіцит води в межах поля, м³/га (А) та залежність дефіциту води від середнього значення $NDVI_{ср}$ (Б).

4. Розроблено алгоритми визначення температури та спектральних коефіцієнтів теплового випромінювання земної поверхні за матеріалами інфрачервоного знімання. Вихідними даними є значення спектральної густини енергетичної яскравості на апертурі сенсора в робочих діапазонах сенсора L_i (мінімум два), які необхідно попередньо відкалібрувати та усунути вплив на випромінювання теплового діапазону факторів, які вносяться атмосферою, значення робочої довжини хвилі випромінювання у кожному каналі сенсора та вихідне максимальне значення коефіцієнта теплового випромінювання (ε_{max}), близького до абсолютно чорного тіла (наприклад, 0,99). Даний метод на основі багатоканального знімання дозволяє позбутися невизначеності при визначенні коефіцієнта теплового випромінювання (внутрішнього параметра поверхні і, як наслідок, незалежної змінної) та температури поверхні (залежної змінної) за попередньо відкаліброваними даними багатоканального знімання у тепловому діапазоні електромагнітного спектру, до яких також застосовується коригування впливу атмосфери. Також він дозволяє побудувати регресійну залежність спектральної густини енергетичної яскравості від коефіцієнта теплового випромінювання в заданому діапазоні електромагнітного спектру.

5. На основі методів математичного моделювання та цифрової обробки даних вирішено задачу обґрунтування методів побудови регресійних моделей оцінювання спектральних коефіцієнтів теплового випромінювання земної поверхні за спектрорадіометричними вимірюваннями в різних інфрачервоних спектральних діапазонах. Обґрунтовано доцільність використання робастних регресійних моделей. Описано алгоритм побудови робастних регресійних моделей оцінювання коефіцієнтів теплового випромінювання земної поверхні.

Для розв'язання задачі побудови нелінійних робастних моделей запропоновано використати метод опорних векторів. Приведено теоретичне обґрунтування робастності. Чисельне моделювання показало, що метод SVM може знизити вплив коефіцієнтів теплового випромінювання земної поверхні і шуму на якість регресійної моделі і його властивості кращі, ніж моделювання на основі нейронних мереж. SVM метод має більш високі можливості для моделювання спектральних коефіцієнтів теплового випромінювання земної поверхні.

Побудовано та проведено тестування робастних регресійних моделей оцінки спектральних коефіцієнтів теплового випромінювання земної поверхні та визначено умови їх застосування. Встановлено, що для побудови тривимірних моделей доцільно використати бікубічне регресійне рівняння. Приведені чисельні порівняння регресійних моделей показали, що робастні моделі більш адекватно описують експериментальні дані у порівнянні з неробастною поліноміальною регресією.

6. Описано стендове обладнання для калібрування та отримання даних для розробки методики визначення температур і коефіцієнтів теплового випромінювання різноманітних матеріалів.

За час виконання проекту в рамках «Цільової комплексної програми НАН України з наукових космічних досліджень на 2012-2016 рр.» створено потужну теоретичну основу для підвищення достовірності визначення ряду біофізичних параметрів типових фітоценозів та фізичних характеристик земної поверхні основних ландшафтно-кліматичних зон України на

основі комплексного оброблення багатоспектральних супутникових зображень та даних завіркових наземних вимірювань. На подальше доцільне проведення наступних досліджень:

- розробка і тестування алгоритмів та демонстраційних програмних модулів для дистанційного оцінювання фізичних характеристик земної поверхні та біофізичних характеристик рослинних угруповань на ній;
- розробка рекомендацій щодо застосування обраних біофізичних параметрів для контролю екологічного стану заповідних територій, оцінювання біорізноманіття та динаміки екосистем, прогнозування врожайності сільськогосподарських культур в межах різних ландшафтно-кліматичних зон.

Такі дослідження мають підтвердити ефективність запропонованих нових методів дистанційного оцінювання біофізичних параметрів лісових рослинних угруповань та агрофітоценозів і спрощують для кінцевого користувача (установи ДКА України, Мінагрополітики, Мінприроди України) їх впровадження та використання.

Публікації

1. Лялько В.І. Експериментальне визначення абсорбції вуглекислого газу рослинами основних агрокультур України для оцінки продуктивності посівів та балансу парникових газів / В.І. Лялько, О.О. Халаїм, О.І. Сахацький, Г.М. Жолобак, М.В. Ваколюк // Одеса: Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова, 2015.– С.211.
2. Попов М. Метод визначення фітомаси деревостану сосни звичайної на основі матеріалів авіаційної лідарної зйомки / М. Попов, І. Козак (I. Kozak), І. Семко, П. Коцюба (P. Kosiuba) // Астрономічна школа молодих вчених: Тези доповідей Міжнародної наукової конференції. Житомир: 2015 р. – К.: НАУ, 2015. – С. 66–67.
3. Stankevich S.A. Accuracy improvement of the land surface physical parameters estimation by infrared satellite imaging / S.A. Stankevich, V.M. Tiagur, C.V. Dobrovolska, N.S. Lubsky // Одеса: Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова, 2015.– С.212
4. Лубський М.С. Застосування космічних систем дистанційного зондування для глобального теплового моніторингу / Тези доповідей міжнародної наукової конференції Астрономічна школа молодих вчених // Житомир: Житомирський державний університет ім. І. Франка, 2015.– С.53
5. Лубський М.С. Методика розрахунку приповерхневої температури за даними знімання у дальньому інфрачервоному діапазоні // Лубський М.С. Крилова Г.Б // Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції «Теоретичні та прикладні аспекти використання математичних методів та інформаційних технологій у науці, освіті, економіці та у виробництві» – Маріуполь: МДУ, 2015. с. 82-85.
6. Станкевич С.А. Технологія підвищення розрізненості інфрачервоних мікроболометричних спектрорадіометрів для задач цивільного захисту // С.А. Станкевич, М.С. Лубський, К.В. Добровольська // Актуальні проблеми моделювання ризиків і загроз виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури – Праці міжнародної науково-практичної конференції 20-21 квітня 2015, с. 241-247.
7. Лубський М.С. Шляхи підвищення інформативності супутникових зображень теплового інфрачервоного діапазону // IX Міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій" ПТ-2015: Збірник матеріалів конференції. К.: НТУУ "КПІ", 2015. – с. 403-405.