

**В.М.Стасюк**, начальник відділу застосування КЗ та НДВР.

**М.Ю.Пакшин**, начальник станції.

**І.І.Білан**, інженер станції.

**О.В.Скубко**, інженер станції

## **МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗА ДОПОМОГОЮ ДАНИХ ДЗЗ.**

Відображена методика прогнозування урожайності сільськогосподарських культур за допомогою даних ДЗЗ. Приведена математична модель (нейронної мережі), за допомогою якої отриманий прогноз урожайності озимої пшениці.

**Ключові слова:** дистанційне зондування землі (ДЗЗ), сільське господарство, вегетаційний період, індекс вегетації (NDVI), наземна біомаса рослин, біологічна врожайність, прогнозування врожайності, математична модель.

### **Вступ**

Перед керівництвом держави постало питання отримання оперативних даних про стан сільськогосподарського виробництва. Це досить непросте завдання, оскільки в Україні кожен рік змінюються межі посівних площ, характеристики ґрунтів і умови вегетації, а такі фактори негативно впливають на достовірне прогнозування урожайності сільськогосподарських культур та раціонального використання земельних ресурсів.

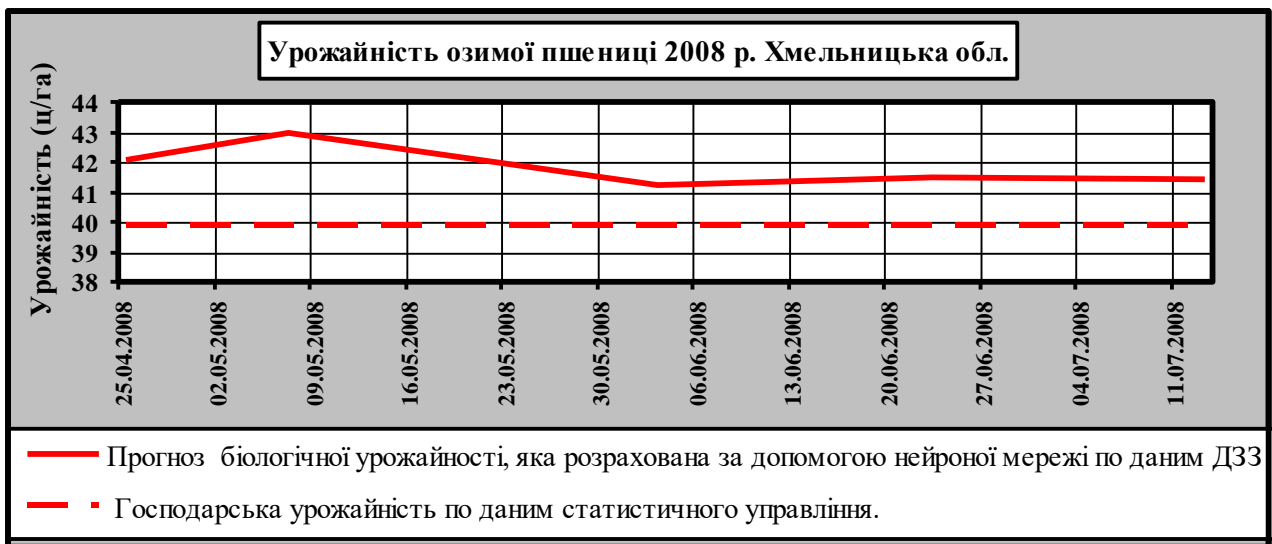
В статті розглянутий варіант вирішення завдань моніторингу сільськогосподарських культур і прогнозування урожайності за допомогою дистанційного зондування Землі залучалися технічні засоби - пункти прийому інформації ДЗЗ.

### **Застосування нейронних мереж для розрахунків біомаси сільськогосподарських культур і прогнозування урожайності на всіх стадіях вегетації.**

За допомогою космічних і наземних досліджень 2005 - 2008 р. на тестових ділянках Центру прийому і обробки спеціальної інформації та контролю навігаційного поля (м. Дунаївці) та Подільського державного аграрно-технічного університету (м. Кам'янець-Подільський) виділено ряд факторів, що впливають на динаміку розвитку озимої пшениці, а саме:

1. NDVI на всіх стадіях розвитку рослин.
2. Біомаса на всіх фазах розвитку рослин.
3. Урожайність на останній фазі розвитку рослин.
4. Забур'яненість тестових ділянок.
5. Сорти пшениці.

На протязі 2006 – 2008 років, проводились дослідження прогнозуючої системи біомаси і урожайності озимої пшениці, на основі нейронної мережі. Остання модель нейронної мережі, яка була навчена у 2007 році, показала непогані результати по прогнозуванню біомаси і урожайності озимої пшениці у 2008 році.



Мал.1 Порівняльні графіки прогнозу урожайності озимої пшениці, яка розрахована за допомогою нейронної мережі і реальної господарської урожайності по даними статистичного управління.

Але в діючій математичній моделі нейронної мережі були виявлені наступні недоліки:

- Спроба звести всі дані по сортам озимої пшениці в одну нейронну мережу, при навчанні нейронної мережі, привела до неоправданого ускладнення нейронної мережі.
- Значне збільшення похибок в прогнозуванні біомаси і урожайності при використанні вхідних даних, котрі значно відрізнялись (випадали) від навчаючого набору. Наприклад, на тестових ділянках де було найвище значення біомаси озимої пшениці за весь період спостереження 2005 – 2008 р, відносна похибка в прогнозуванні урожайності була найбільшою і наближалась до 30%.
- Накопичення наземних даних і даних вимірювань ДЗЗ вимагає постійного доучання нейронної мережі, що приводить до зміни формул, які описують нейронну мережу. Як наслідок - необхідно постійно модернізувати програмний модуль розрахунків прогнозування за допомогою нейронної мережі.

Щоб позбутися цих недоліків, в 2008 році було прийнято рішення про перехід на аналітичну платформу, яка основана на програмному продукті «Deductor Studio» відомої російської фірми «BaseGroup». Deductor є аналітичною платформою, яка призначена для створення закінчених прикладних рішень в галузі аналізу даних.

Технології, які реалізовані в Deductor, дозволяють на базі єдиної архітектури пройти всі етапи побудови аналітичної системи: від створення бази даних - до автоматичного підбору моделей і візуалізації отриманих результатів.

Для прогнозування біомаси і урожайності сільськогосподарських культур в 2008 році нами була використана академічна версія програми, що надається для навчання. Вона обмежена в роботі з багатомірним сховищем даних, але дозволяє оперативно накопичувати дані вимірювань і навчати вбудовану в програму нейронну мережу. Вхідні дані можна зберігати і накопичувати у вигляді текстових файлів. Навчена нейронна мережа зберігається у вигляді вихідного файлу [Deductor Studio](#).

С урахуванням попереднього досвіду роботи з нейронними мережами, було прийняте рішення про створення нейронної мережі на кожний сорт озимої пшениці. Це значно спрощує нейронну мережу і час на її навчання.

Прогнозування біомаси і урожайності сільськогосподарських культур, за допомогою нейронної мережі, складається з таких етапів:

- Збір і формування вхідних даних, для навчання нейронної мережі, у вигляді текстового файлу.
- Фільтрація даних, видалення аномальних значень.
- Необхідно задати параметри нейронної мережі (кількість входів, кількість виходів, кількість внутрішніх слоїв та інше).
- Навчання нейронної мережі.
- Вивід результатів і їх аналіз.
- Зберігання проекту для подальшого використання.
- Прогнозування біомаси в процесі роботи з даними ДЗЗ.
- Прогнозування урожайності в процесі роботи з даними ДЗЗ.

Як приклад, приведемо результати роботи з прогнозування урожайності озимої в 2008 році сорту пшениці "Миронівська-65".

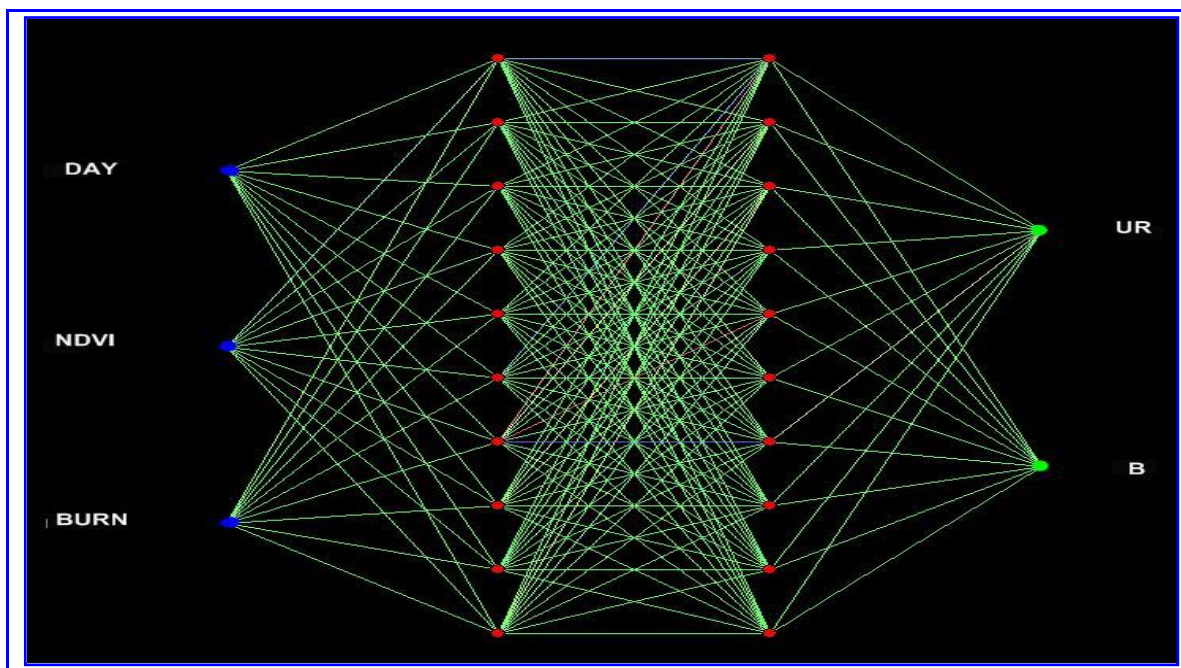
Нейронна мережа, що спроектована, має три входи:

- DAY (кількість днів від начала року).
- NDVI (нормалізований індекс вегетації).
- BURN (процентна складова буряна на полі).

Виходи нейронної мережі:

- B (біомаса, яка прогнозується).
- UR (урожай, який прогнозується).

Приклад графа навченої нейронної мережі для озимої пшениці "Миронівська-65" приведений на мал.2.



Мал. 2. Граф нейронної мережі озимої пшениці "Миронівська-65".

**Висновки і перспективи досліджень.** Проведені в 2008 році дослідження показали можливість використання нейронної мережі «Deductor Studio» для прогнозування

урожайності сільськогосподарських культур за допомогою даних ДЗЗ. Для точного прогнозу потрібні якісно оброблені дані ДЗЗ. Для підвищення якості моніторингу сільськогосподарських культур та визначення кількісних показників необхідно застосовувати знімки високої розподільчої здатності з проведеною нормалізацією. При навчанні нейронної мережі необхідне обов'язкове звіряння з даними наземних досліджень. Навчена нейрона мережа дозволяє проводити прогноз на територію з якої були отримані дані. Для отримання прогнозу по всій території України необхідно створити полігони для тестових досліджень в усіх характерних регіонах.

### Література.

1. Системні дослідження та моделювання в землеробстві./ За редакцією академіка АІН України Шевченка А.О. Київ, Нива, 1998.  
(141-150; 151-164; 193-207; 266-296)
2. Інформація аерокосмічного землезнавства./ За редакцією Довгого С.О. і Лялька В.І. . Київ, Наукова думка, 2001.  
(31-47; 211-250)
3. Виноградов Б.В. . Аэрокосмический мониторинг экосистем./ Москва, Наука, 1984.  
(36 -60)
4. П. Кронберг. Дистанционное изучение Земли. Москва, Мир, 1988.  
(52 - 63)
5. Лурье И.К. , Косиков А.Г. Теория и практика цифровой обработки изображений. Москва. Научный мир, 2003.  
(104 - 117)
6. Кашкин В.Б., Сухинин А.И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений. Учебное пособие. Москва, Логос, 2001.  
(145 – 152; 215-220)
7. Дейвис Ш.М., Ландгребе Д.А., Филипс Т.Л., Свейн Ф.Х., Хоффер Р.М., Ланденлауб Д.С., Ле Р.Ф. Дистанционное зондирование: количественный подход. Пер.изд.США, 1978.  
(239 - 249)
8. Гарбук С.В., Гершензон В.Е. Космические системы дистанционного зондирования Земли. Москва. Издательство А и Б, 1997.  
(20 - 26)

**Аннотация.** Изложена методика использования нейронных сетей для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур с помощью данных дистанционного зондирования земли из космоса.

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование земли (ДЗЗ), космические аппараты, сельское хозяйство, вегетационный период, индекс вегетации (NDVI), наземная биомасса растений, биологическая урожайность, типы грунтов, тематические карты, прогнозирование урожайности, математическая модель.

**Summary.** The methods of researches of agricultural cultures with the help of the data of remote probing of ground from space are set up.

**Keywords:** remote probing of ground, space vehicles, agriculture, vegetation period, vegetation index (NDVI), land biomass of plants, biological productivity, types of grounds, theme cards, prediction of productivity, mathematical model.