

В. І. Пічура,

*Херсонський державний аграрний
університет,
pichura@yandex.ru*

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІКИ ПІДГРУНТОВИХ ВОД НА ПРИКЛАДІ ГОСПОДАРСТВ СКАДОВСЬКОГО РАЙОНУ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ)*

Постановка проблеми. Вивчення динаміки та прогнозування площ за рівнем підґрунтових вод (РПВ) є важливою задачею при здійсненні меліоративних заходів. Аналіз підтоплення, його виникнення, розвиток РПВ є основною складовою меліоративного режиму, яка впливає на формування показників родючості зрошуваних земель і відповідно на ефективність урожаю сільськогосподарських культур.

При аналізі змін рівнів та площ залягання підґрунтових вод одержані в результаті моделювання прогнози є часто несвоєчасними, неадекватними і недостовірними для відображення динаміки розвитку процесу підтоплення територій сільськогосподарських земель та населених пунктів. Тому для підвищення оперативності і достовірності прогнозування змін підґрунтових вод пропонується адаптувати експрес-метод прогнозування часових рядів «штучні нейронні мережі» із застосування інструментів ГІС-технологій для створення просторових моделей розподілу земельних площ за рівнями залягання підґрунтових вод.

Аналіз останніх публікацій та досліджень. Різні підходи до процесу моделювання і прогнозування еколого-меліоративного стану агроландшафтів в т.ч. рівнів підґрунтових вод вчені обґрунтовують і пропонують в своїх наукових працях Авер'янов С.Ф., Айдаров І.П., Баєр Р.О., Бакушева Л.П., Балюк С.А., Гавич І.К., Гоголев І.М., Жовтоног О.І., Кац Д.М., Коваленко П.І., Ковальчук П.І., Лебедєв А.В., Медведєв В.В., Мирзаєв С.Ш., Пешковський І.С., Позняк С.П., Ромащенко М.І., Соїфер А.М., Ходжибаєв М.М., Шебеко В.Ф., Шестаков В.М., Шестаков В.М. та інших вчених[1-7].

У працях Аксенов С.В., Новосельцев В.Б., Бодянский Е.В., Руденко О.Г., Горбань А.Н., Заенцев И.В., Зайченко Ю.П., Каллан Р., Круглов В.В., Борисов В.В., Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л., Хайкин С., Шитиков В.К., Шитиков В.К., та інших вчених [9-20] сформульований новий методологічний підхід до прогнозування змін динаміки вивчаємих процесів із застосуванням методу нейронних мереж.

Мета досліджень. Застосування сучасних експрес-методів для моделювання і прогнозування розподілу земельних площ за рівнями залягання підґрунтових вод на прикладі Скадовського району Херсонської області із використанням методу штучних нейронних мереж та інструментів ГІС-технологій.

Завдання досліджень: просторове моделювання динаміки рівнів підґрунтових вод; розробка моделей штучних нейронних мереж для прогнозування розподілу земельних площ за рівнями залягання підґрунтових вод до 2015 року; аналіз та узагальнення результатів прогнозування зміни розподілу площ в Скадовському районі за рівнем залягання підґрунтових вод.

Матеріал дослідження. Однією із основних пріоритетів Стратегії розвитку Херсонської області на період до 2015 року [8] є захист території від підтоплення. Підтоплення території Херсонської області є головною екологічною проблемою регіону. Процеси підтоплення охоплюють близько 1040 км², або 3,6% території області. Найбільш небезпечною з точки зору розвитку процесів підтоплення є території Генічеського, Новотроїцького, Каланчацького, Голопристанського, Скадовського, Білозерського, Цюрупинського та Чаплинського районів. Причинами підтоплення є зарегульованість р. Дніпро, техногенне живлення ґрунтових вод за рахунок зрошувальних систем, високе гідрологічне навантаження, низька регіональна природна дренажність та наявність 9,9 тис. км² безстічної території тощо [8]. Всі ці фактори мають постійний циклічний вплив на формування розподілу площ з різним рівнем заляганням підґрунтових вод.

На основі даних Каховської гідрогеолого-меліоративної експедиції нами, за допомогою програмного інструменту ArcGIS 9.3, створені просторові моделі (рис.1) динаміки РПВ в Скадовському районі за період 2006-2010 рр., що відображають систематичне підтоплення територій, зайнятих під рис, уздовж узбережжя Чорного моря та Краснознам'янського магістрального каналу.

Для прогнозування розподілу площ сільськогосподарських угідь (землі без рисових систем) на початок і кінець вегетаційного періоду Скадовського району Херсонської області, були створені моделі різних архітектур штучних нейронних мереж із використанням модуля Statistics Neural Networks (SNN) програмного продукту STATISTICA 6.0: лінійні мережі, мережі основані на радіальних

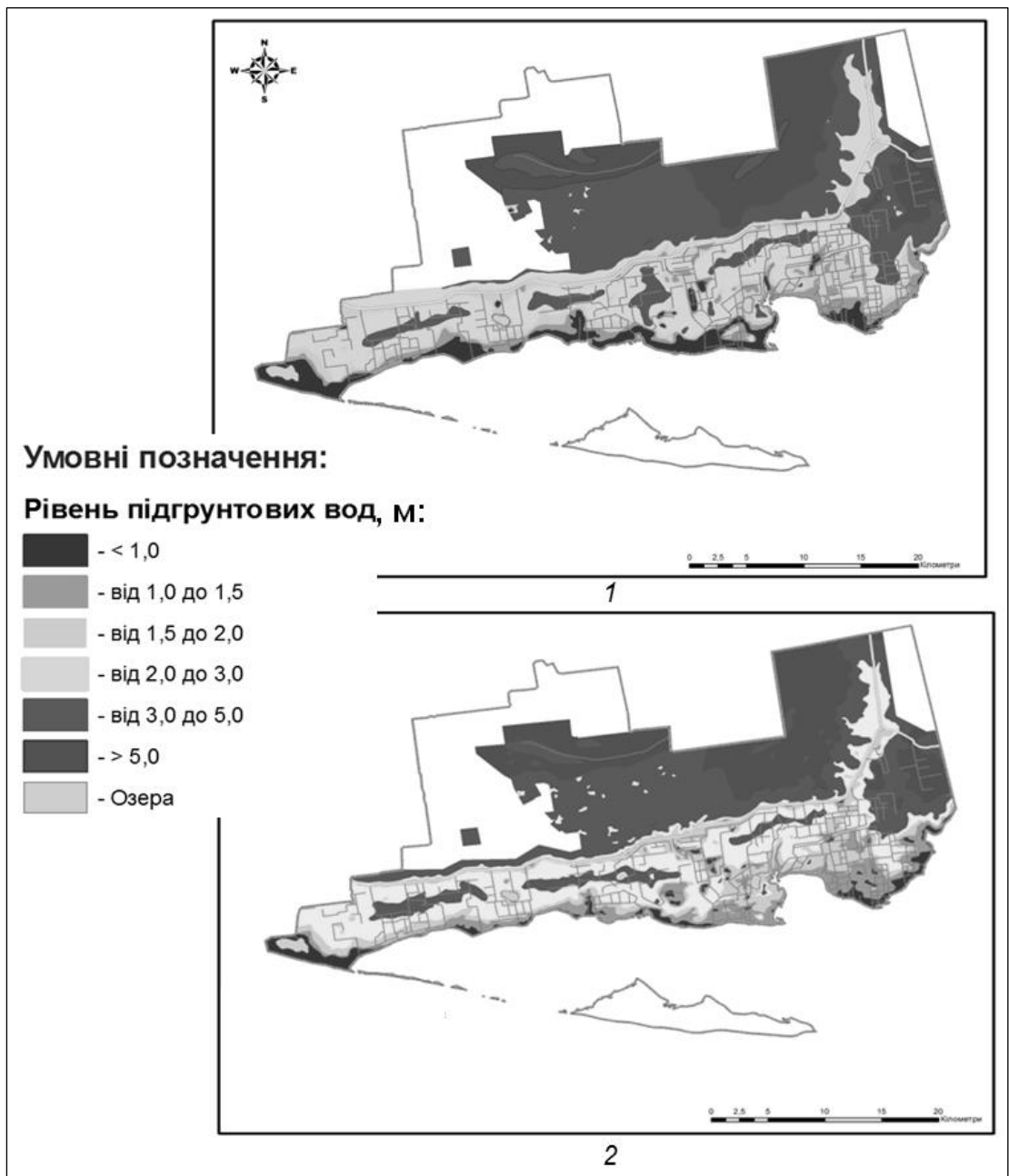


Рис. 1. Картограми просторової динаміка рівнів підґрунтових вод Скадовського району Херсонської області:

1 – станом на 04.2006р.; 2 – станом на 04.2010р.

- для прогнозування РПВ на початок вегетаційного періоду (рис. 2-1): чотирьохшаровий перцептрон (24-10-10-6) з десятьма нейронами в першому прихованому шарі і десятьма в другому прихованому шарі, продуктивністю 0,00 та похибкою 0,010 (метод навчання: зворотній розподіл (100 епох) і пов'язаних градієнтів (20 епох)). Відгук нейронної мережі на вхідний вектор визначається за системою формул:

$$S_n = \sum_{n=1}^{24} w_n^{(1)}(t) x_n^{(t)}; \quad S_j = \sum_{j=1}^{10} w_j^{(2)}(t) f(S_n); \quad S_m = \sum_{m=1}^{10} w_m^{(3)}(t) f(S_j);$$

$$y_i(t) = f(S_m), \text{ де } i = \overline{1,6}$$

Систему формул можна представити у вигляді:

$$y_i(t) = f\left(\sum_{m=1}^{10} w_m^{(3)}(t) f\left(\sum_{j=1}^{10} w_j^{(2)}(t) f\left(\sum_{n=1}^{24} w_n^{(1)}(t) x_n^{(t)}\right)\right)\right), \text{ де } i = \overline{1,6}$$

де t – дискретний значення часового ряду; w – матриця вагових коефіцієнтів; $x_n^{(t)}$ - n -а координата вхідного вектора в певний момент часу t ; $f(S_n; S_j; S_m): f(S) = \frac{1}{1 + e^{-S}}$ – сигмоїдна передаточна функція скритих і вихідного шарів нейронної мережі.

- для прогнозування РПВ на кінець вегетаційного періоду (рис. 2-2): чотирьохшаровий перцептрон (24-7-8-6) з сьома нейронами в першому прихованому шарі і вісьма в другому прихованому шарі, продуктивністю 0,17 та похибкою 0,037 (метод навчання: зворотній розподіл (100 епох) і пов'язаних градієнтів (20 епох)).

$$y_i(t) = f\left(\sum_{m=1}^8 w_m^{(3)}(t) f\left(\sum_{j=1}^7 w_j^{(2)}(t) f\left(\sum_{n=1}^{24} w_n^{(1)}(t) x_n^{(t)}\right)\right)\right), \text{ де } i = \overline{1,6}$$

Створенні нейронні моделі дають можливість спрогнозувати площу з різними рівнями залягання підґрунтових вод на початок і кінець вегетаційного періоду із середньою достовірністю 86-84% відповідно.

В результаті аналізу залежності змін динаміки площ за рівнем залягання підґрунтових вод на звичайних зрошувальних системах (ЗЗС) і рисових зрошувальних системах (РЗС), були встановлені переважно тісна і дуже тісна лінійна залежність (табл. 1). Залежність площ за РПВ більше 5 м не враховувалась із-за відсутності таких площ на рисових зрошуваних системах.

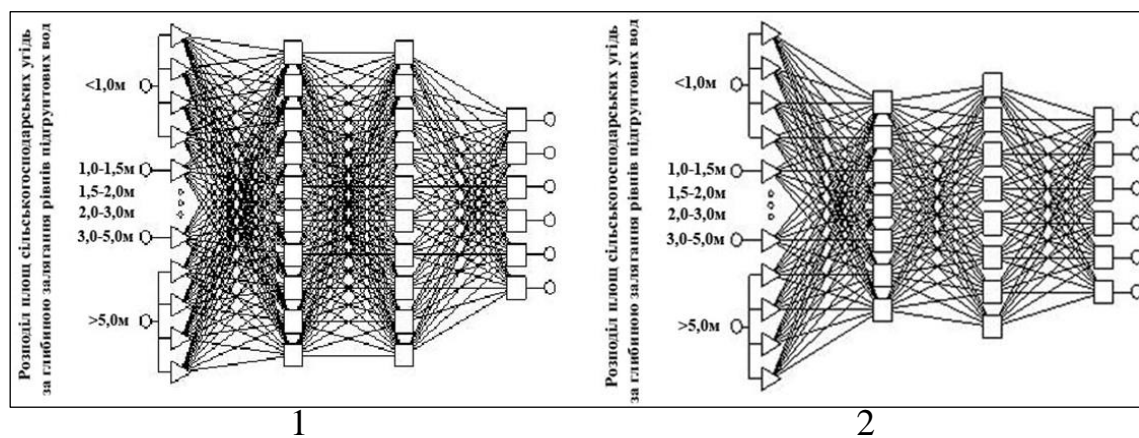


Рис. 2. Схема нейромережевої моделі прогнозування зміни розподілу площ сільськогосподарських угідь за глибиною залягання рівнів підґрунтових вод Скадовського району Херсонської області:

1 – початок вегетаційного періоду (схема 400 вагових коефіцієнтів);
2 – кінець вегетаційного періоду (272 вагових коефіцієнтів)

Таблиця 1. Регресійні моделі прогнозування змін площ за РПВ на рисових системах Скадовського району Херсонської області

Показник РПВ	Функція залежності	Рівень кореляції (R)	Рівень детермінації
Початок вегетаційного періоду			
<1,0	$PC_{<1,0} = 0,8687 * ZC_{<1,0}$	0,99	0,98
1,0-1,5	$PC_{1,0-1,5} = 0,714 * ZC_{1,0-1,5}$	0,99	0,98
1,5-2,0	$PC_{1,5-2,0} = 0,5907 * ZC_{1,5-2,0}$	0,92	0,84
2,0-3,0	$PC_{2,0-3,0} = 0,1013 * ZC_{2,0-3,0}$	0,87	0,75
Кінець вегетаційного періоду			
<1,0	$PC_{<1,0} = 1,0864 * ZC_{<1,0}$	0,98	0,96
1,0-1,5	$PC_{1,0-1,5} = 0,7414 * ZC_{1,0-1,5}$	0,95	0,91
1,5-2,0	$PC_{1,5-2,0} = 0,7227 * ZC_{1,5-2,0}$	0,67	0,45
2,0-3,0	$PC_{2,0-3,0} = 0,2114 * ZC_{2,0-3,0}$	0,81	0,66
3,0-5,0	$PC_{3,0-5,0} = 0,1218 * ZC_{3,0-5,0}$	0,76	0,58

Прогноз динаміки розподілу площ за рівнем залягання підґрунтових вод представлений в табл.2.

Висновки

1. Однією з основних задач при реалізації Стратегії розвитку Херсонської області на період до 2015 року є вдосконалення існуючих і впровадження нових методів прогнозування структури розміщення земель Херсонської області за рівнем залягання підґрунтових вод. Достовірне прогнозування та імітаційне просторове моделювання із застосуванням ГІС-технологій дає можливість представити територіальну ситуацію досліджуваного об'єкту та його подальший розвиток для прийняття раціональних управлінських рішень, щодо покращення еколого-меліоративного стану земель.

Таблиця 2. Прогноз зміни розподілу площ в Скадовському районі за рівнем залягання ПВ на 2010-2015 рр.

РПВ	Середнє значення за 2005-2009 рр., га	Прогноз середнього значення на 2010-2015 рр., га	+/-, %
на землях без рисових зрошувальних систем			
менше 1,0 м	791	734	-7,2
1,0-1,5 м	569	652	+14,6
1,5-2,0 м	2856	2982	+4,4
2,0-3,0 м	9846	9705	-1,4
3,0-5,0 м	14205	13370	-5,9
більше 5,0 м	10537	11360	+7,8
на землях, що зайняті під рисовими зрошувальними системами			
менше 1,0 м	727	659	-9,3

1,0-1,5 м	498	514	+3,2
1,5-2,0 м	2003	1854	-7,4
2,0-3,0 м	2606	2890	+10,9
3,0-5,0 м	422	339	-19,7
більше 5,0 м	0	0	0

2. Дослідженнями встановлено, що для прогнозування часових рядів динаміки рівнів підґрунтових вод слід використовувати архітектуру штучних нейронних мереж типу багатошаровий перцептрон.

3. Результати просторового моделювання динаміки рівнів підґрунтових вод на землях Скадовського району за період 2006-2010 рр., для умов рисових і звичайних зрошувальних систем, свідчать про розвиток систематичного підтоплення територій, зайнятих під рисом, уздовж узбережжя Чорного моря і Краснознам'янського магістрального каналу. Прогнозування до 2015 р. вказує на тенденцію поширення територій з рівнем залягання підґрунтових вод менше критичних глибин 1,0-1,5 м на 3,2-14,6% і 2,0-3,0 м на 11% за рахунок зменшення площ з РПВ – 3,0-5,0м, що є наслідком неефективної роботи колекторно-дренажних систем.

Список використаних джерел:

1. Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель / Аверьянов С.Ф. - Москва: Колос, 1978. – 288 с.
2. Кац Д.М. Влияние орошения на грунтовые воды / Кац Д.М. - М.: Колос, 1976. – 271 с.
3. Лебедев А.В. Методы изучения баланса грунтовых вод / Лебедев А.В. – [2-е изд.] – М.: Недра, 1976. – 220 с.
4. Мирзаев С.Ш. Оценка влияния водохозяйственных мероприятий на запасы подземных вод / Мирзаев С.Ш., Бакушева Л.П. - Ташкент, 1979. – 124 с.
5. Орошение на Одессине. Почвенно–экологические и агротехнические аспекты / И.Н. Гоголев, Р.А. Баер, А.Г. Кулибабин и др.; Науч. Ред. И.Н. Гоголев, В.Г. Друзьяк. – Одесса, Ред. – изд. отдел, 1992. – 436 с.
6. Ромащенко М.І. Інформаційне забезпечення зрошуваного землеробства. Концепція, структура, методологія організації / Ромащенко М.І., Драчинська Е.С., Шевченко А.М.; за ред. М.І. Ромащенко. – К.: Аграрна наука, 2005. – 196 с.
7. Шестаков В.М. Динамика подземных вод / Шестаков В.М. - М.: Изд-во МГУ, 1979. – 368с.
8. Стратегія економічного та соціального розвитку Херсонської області до 2015 року. – Херсон, 2007-2008. – 272с. Аксенов С.В., Новосельцев В.Б. Организация и использование нейронных сетей (методы и технологии) / Под общ. ред. В.Б. Новосельцева. – Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 128 с.
9. Бодянский Е.В., Руденко О.Г. Искусственные нейронные сети: архитектуры, обучение, применение. – Харьков: ТЕЛТЕХ, 2004. – 369 с.
10. Головка В.А. Нейроинтеллект: Теория и применение. Организация и обучение нейронных сетей с прямыми и обратными связями / Головка В.А. – Брест: БПИ, 1999. – 260 с. – (Книга 1).
11. Горбань А.Н. Нейроинформатика / [Горбань А.Н., Дунин-Барковский В.Л., Кирдин А.Н. и др.]. – Новосибирск: Наука. Сибирское предприятие РАН, 1998. – 296 с.
12. Заенцев И.В. Нейронные сети: основные модели: [Учебное пособие] / Заенцев И.В. – В.: Изд-во ВГУ, 1999. – 76 с.

13. Зайченко Ю.П. Основы проектирования интеллектуальных систем / Зайченко Ю.П. - К.: Видавничий дім "Слово", 2004. - 352 с.
14. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей / Каллан Р. - М.: Издательский дом "Вильямс", 2001. - 288 с.
15. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 291 с.
16. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. – 2-е изд., стереотип. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 382 с.
17. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.
18. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.
19. Шитиков В.К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации / Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
20. Шитиков В.К. Нейросетевые методы оценки качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям / Шитиков В.К., Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. // Изв. Самар. НЦ РАН. - 2002. - Т.4, № 2. - С. 280-289.

** Робота виконана за підтримки Російського фонду фундаментальних досліджень, проект № 11-05-90902-моб_снд_ст.*