

НЕЙРОПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РИСКОВ

Г. Н. Камышова¹, Н. Н. Терехова²

¹*Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия*

²*Саратовский государственный аграрный университет, Россия*

E-mail: gnkamyshova@fa.ru, nterehova2015@yandex.ru

Водные ресурсы играют ключевую роль в сельском хозяйстве. Пробелы в их прогнозировании приводят к значительным рискам. Для прогнозирования водных ресурсов предлагается использовать инструменты теории искусственных нейронных сетей, а именно комбинацию нескольких многослойной нейронной сети и вероятностной нейронной сети для прогнозирования зимнего притока в водохранилища для использования воды на нужды орошения. Предлагаемый алгоритм показал улучшение точности прогноза что способствует снижению сельскохозяйственных рисков.

NEUROFORECASTING OF WATER RESOURCES TO REDUCE AGRICULTURAL RISKS

G. N. Kamyshova, N. N. Terekhova

Water resources play a key role in agriculture. Forecasting gaps lead to significant risks. To predict water resources, it is proposed to use the tools of the theory of artificial neural networks, namely, a combination of several multilayer neural networks and a probabilistic neural network to predict the winter inflow into reservoirs for the use of water for irrigation needs. The proposed algorithm has shown an improvement in forecast accuracy, which helps to reduce agricultural risks.

В современных экономических и экологических условиях устойчивое обеспечение отраслей экономики водными ресурсами в необходимых объемах и надлежащего качества рассматривается в контексте проблем устойчивого развития. Несмотря на то, что Российская Федерация является одной из наиболее обеспеченных водными ресурсами страной, вопросы обеспечения их рационального водопользования, являются одними из наиболее актуальных вопросов социально-экономического развития государства. А для развития сельского хозяйства эти вопросы приобретают особое значение, так как орошаемое земледелие один из драйверов развития АПК. Саратовская область – один из ведущих регионов орошаемого земледелия. В пределах Саратовской области протекает 358 рек длиной более 10 км, которые относятся к трем бассейнам: Волжскому, Донскому, Камыш-Самарских озер. Среднегодовое количество водных ресурсов речного стока области составляют 264,8 км³/год, в том числе 6,91 км³/год формируется в пределах ее границ; удельные ресурсы – 69 тыс. м³/год на 1 км² территории и 2,5 тыс. м³/год на одного жителя. Анализ распределения водных ресурсов по территории области позволяет констатировать его крайнюю неравномерность: так на долю бассейна р. Волга приходится 49,6% удельных водных ресурсов (при 53% занимаемой площади), на долю бассейнов р. Дон и Камыш-Самарских озер

37,6% и 12,8% соответственно (при 30% и 17% занимаемой площади). Принятие решений по управлению водными ресурсами значительных по площади территорий должно базироваться на анализе факторов, определяющих водопотребление и водоотведение, а также адекватном прогнозировании наличия водных ресурсов с учетом изменчивости климата.

Классический анализ геопространственного моделирования водопотребления из поверхностных источников по территории Саратовской области позволяет сделать вывод, что наибольшие объемы водопотребления приурочены к бассейну реки Волга (восточные районы Правобережья Саратовской области и западные районы Левобережья Саратовской области) и западной части Саратовской области в бассейне реки Дон в то время, как их минимальные значения наблюдаются в бассейне Камыш-Самарских озер (южные районы Левобережья Саратовской области). На рис. 1 представлена карта пространственного распределения удельного водопотребления в $\text{м}^3/\text{км}^2$ из поверхностных источников по территории Саратовской области.

Искусственные нейронные сети показывают хорошие результаты в решении различных задач управления аграрным производством. Некоторые их приложения приведены в [1], [2]. В [3] рассмотрены некоторые задачи нейромоделирования для снижения рисков орошаемого земледелия.

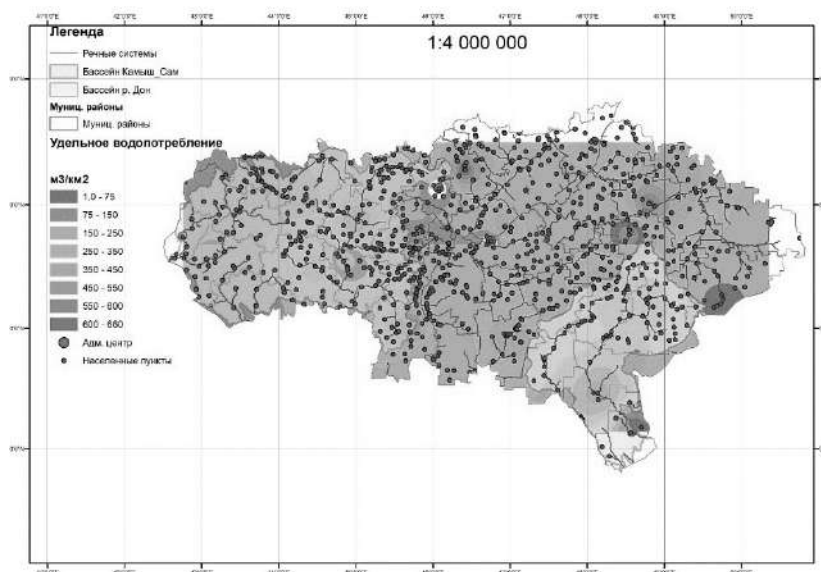


Рис. 1. Карта пространственного распределения удельного водопотребления в $\text{м}^3/\text{км}^2$ из поверхностных источников по территории Саратовской области

В этой связи особенно остро встает вопрос прогнозирования зимнего притока (приток с января по март) в водохранилища для использования воды на нужды орошения. Одним из мощных инструментов решения таких задач выступают искусственные нейронные сети (например, [4]).

Целью настоящей работы является создание модели на основе ИНС для прогнозирования зимнего притока. В основу предлагаемой нами модели

положена комбинация нескольких ИНС (многослойная нейронная сеть и вероятностная нейронная сеть) рис. 2.

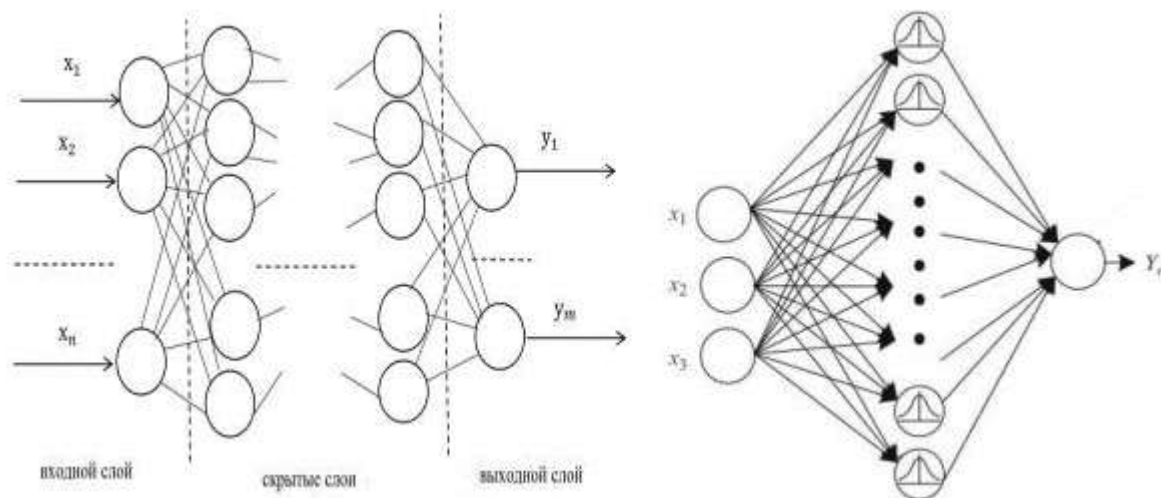


Рис. 2. Многослойная нейронная сеть (слева), вероятностная нейронная сеть (справа)

Основная идея подхода заключается в применении разных сетей, каждая из которых обучена оптимальнее работать в определенных условиях. А именно, одна сеть обучена моделировать засушливые условия (поток воды ниже среднего), а другая сеть обучена для влажных сезонов (поток воды выше среднего). Для переключения между двумя сетями при прогнозировании в реальном времени, применяется классифицирующая вероятностная нейронная сеть (PNN), чтобы решить, будет ли условие засушливым или влажным сезоном.

Помимо этого исследования проводились для многослойных нейронных сетей с обычной функцией

$$E = \sum_{p=1}^n (y_p - y'_p)^2$$

и модифицированной функцией

$$E = \sum_{p=1}^n (y_p - y'_p)^2 * 1,2^{(31-p)} .$$

Диаграмма модели представлена на рис. 3.

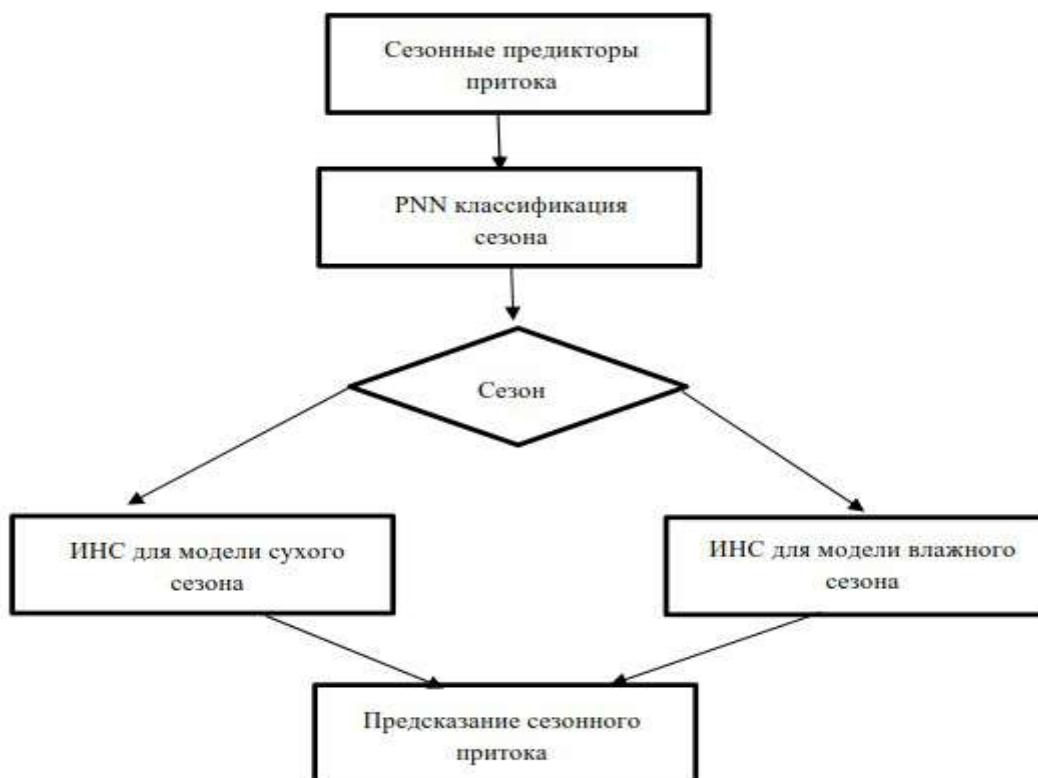


Рис. 3. Алгоритм модели

Вычислительные эксперименты проводились на данных за 25-летний. Предикторы зимнего стока включают «сток с октября по декабрь» и «количество осадков с октября по декабрь» (см. таблицу).

Предикторы зимнего стока в период с 1996 по 2020 гг.

Год	Предиктор 1: Приток с октября по декабрь	Предиктор 2: Осадки с октября по декабрь	Зависимая переменная: Приток с января по март
1996	112	281	187
1997	241	365	223
...
2020	150	163	449

Сравнение традиционного и модифицированного моделирования, полученного с помощью моделей засушливого и влажного сезонов, показано на рис. 4.

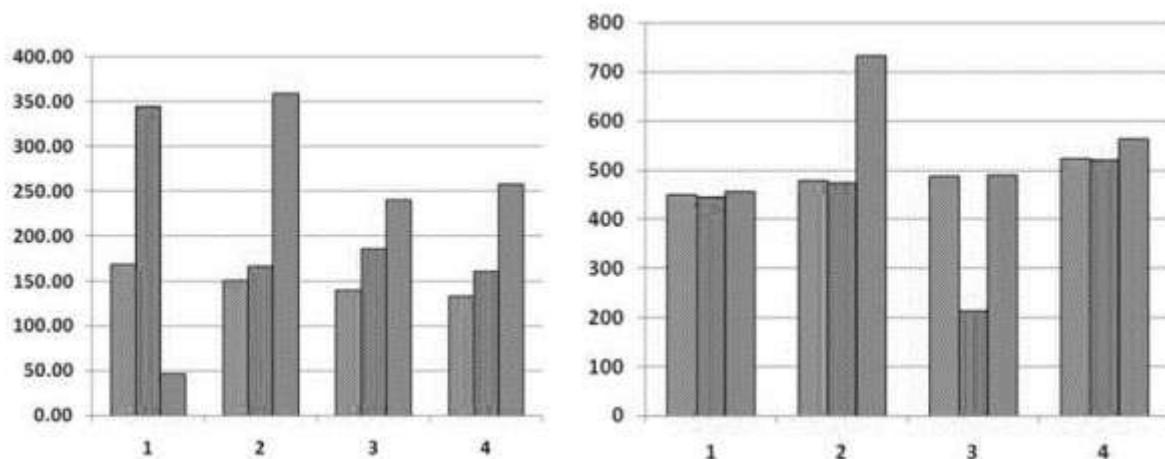


Рис. 4. Сравнение результатов (синий – реальный приток, красный и зеленый – прогнозные модели для модифицированной традиционной моделей)

Итоги вычислений приводят к следующим выводам: использование комбинация нескольких искусственных нейронных сетей (многослойной и вероятностной) наряду с модификацией функции Е приводит к улучшению точности прогноза и, как следствие, снижению сельскохозяйственных рисков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соловьев Д. А., Камышова Г. Н., Макаров С. А., Терехова Н. Н., Бакиров С. М. Совершенствование дождевальной техники на основе методов нейрорегулирования // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 4 (40). С. 23-38.
2. Kamyshova G. N., Soloviov D. A., Kolganov D. A., Korsak V. V. Terekhova N. N. Neuro-modeling in Irrigation Management for Sustainable Agriculture // Advances in Dynamical Systems and Applications. 2021. Vol. 16. № 1. P. 159-170.
3. Kamyshova, G. N. Neural network models in reducing the risks of irrigated agriculture // E3S Web of Conferences. ERSME-2020. 2020. Vol. 217. 10004.
4. Muller B., Reinhardt J. Neural Networks. An introduction. Berlin : Springer-Verlag, 1991. 266 p.