Техника искусственных нейронных сетей для разносрочного предсказания индексов солнечной активности

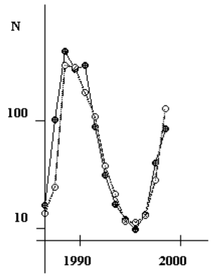
Н.А. Бархатов, А.В. Королев, С.М. Пономарев, С.Ю. Сахаров

Нижегородский государственный педагогический университет, Нижний Новгород, Россия

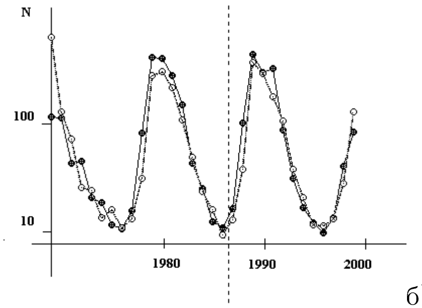
В данной работе анализируется использование искусственной нейронной сети (ИНС) с обратным распространением ошибки и включенной обратной связью для предсказания временного ряда ежемесячного числа солнечных пятен на разные сроки. Для этого было проведено создание соответствующей компьютерной программы с сервисом, позволяющем менять параметры выбранной ИНС. Учитывая физическую зависимость различных проявлений солнечной активности от числа солнечных пятен, в последовательность входных величин ИНС включены данные о других индексах солнечной активности: цюрихские классы чисел Вольфа, площадь факельных площадок, 2800 MHz, полный поток солнечного излучения, интенсивность вспышек в линии H_α. Использование этих данных для построения разносрочных прогнозов временного ряда числа солнечных пятен в некоторых случаях ограничивалось доступными нам и надежными с современных позиций интервалами определения этих индексов: от 50 до 100 лет. Эта особенность принималась во внимание при проведении процесса обучения ИНС. Проводилось варьирование в количестве скрытых величин, включение и отключение обратной связи, моделирование воздействия предистории изучаемого процесса методом подачи на входные нейроны рядов индексов в за предыдущие временные интервалы, т.е. обеспечивалась линия задержки.

В результате применения выбранной ИНС удалось выполнить удовлетворительные обучения и, следовательно, прогнозирования относительного числа солнечных пятен на интервалы в один год, на 11 лет и на весь 24 цикл. В первом случае для получения наилучшего результата, как было установлено в процессе тестовых проверок, в качестве входных величин потребовалось выбирать максимальное число индексов. В последнем - обучение для успешного тестового предсказания велось в основном на основе ежегодных относительных чисел пятен полученных за последние 3 цикла солнечной активности.

Некоторые результаты, полученные при работе ИНС предварительно обученной за интервал 1700-1985 гг., представлены на четырех рисунках. Во всех численных экспериментах количество скрытых величин равнялось 10, задержка - 6 годам, обратная связь включена. В первом эксперименте (Рис. 1а) проводилось проверка возможности прямого предсказания, т.е. на год вперед, среднегодовых чисел Вольфа в интервале с 1987 по 1999 г. Введение в число проверяемых дополнительных значений за предыдущие 18 лет способствует “прогреву” ИНС и улучшению предсказания за выбранный выше интервал (Рис. 1б). Величина дополнительного интервала выбиралась исходя из завершенности “прогрева”. Второй эксперимент посвящен возможности итерационного предсказания. Это означает, что в качестве входной величины используется не реальное значение числа Вольфа, а предсказанное за предыдущий год. На Рис. 2а представлены результаты проверки предсказания на 14 лет с 1986 г., т.е. на прошедшие годы. На Рис. 2б показано настоящее предсказание среднегодового числа Вольфа на 11 лет вперед с 2000 г. В обоих случаях осуществлялся "прогрев" ИНС по вышеупомянутой схеме.

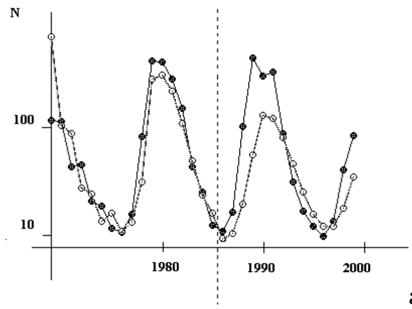


а)

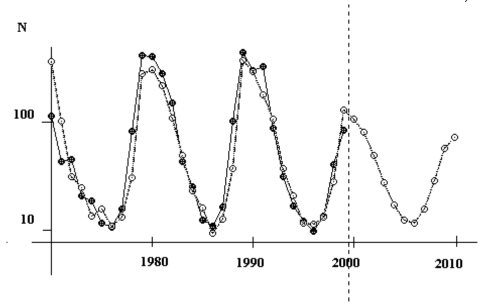


б)

Рис. 1: а) Проверка прямого предсказания на год вперед обученной ИНС; б) Проверка прямого предсказания на год вперед обученной ИНС с использованием прогрева. Участок прогрева отделен от проверочного ряда вертикальной пунктирной линией. По вертикальной оси отложены значения среднегодового числа Вольфа (N), по горизонтальной - время в годах. Белые кружки - значения, полученные ИНС. Черные кружки - реальные значения.



a)



б)

Рис. 2: а) Проверка итерационного предсказания на 14 лет вперед обученной ИНС с использованием прогрева. Участок прогрева отделен от проверочного ряда вертикальной пунктирной линией; б) Итерационное предсказание на 11 лет с 2000 г. вперед обученной ИНС с использованием прогрева. Участок прогрева отделен от предсказания вертикальной пунктирной линией. По вертикальной оси отложены значения среднегодового числа Вольфа (N), по горизонтальной - время в годах. Белые кружки - значения, полученные ИНС. Черные кружки - реальные значения.