

ISSN 2304-9081

Учредители:
Уральское отделение РАН
Оренбургский научный центр УрО РАН

Бюллетень
Оренбургского научного центра
УрО РАН
(электронный журнал)



2014 * № 4

On-line версия журнала на сайте
<http://www.elmag.uran.ru>

© В.Е. Тихонов, А.А. Неверов, 2014

УДК 523.745:550:38:631.559(470.56)

В.Е. Тихонов, А.А. Неверов

ДОЛГОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ ПЛАНЕТНО-СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫХ СВЯЗЕЙ В СТЕПНОМ ПРЕДУРАЛЬЕ

Оренбургский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Оренбург, Россия

Цель. Поиск путей решения задач долгосрочного прогнозирования урожайности яровой пшеницы на примере Бузулукского района Оренбургской области.

Материалы и методы. Для решения поставленных задач использовали длительные ряды урожайности яровой пшеницы по Бузулукскому району Оренбургской области с 1886 по 2014 гг., а также расчетные значения расстояний от центра Земли до планет Солнечной системы. Решение проблемы прогнозирования урожайности базировалось на современных знаниях ритмики планетно-солнечно-земных связей. Прогнозные оценки урожайности яровой пшеницы моделировались с применением метода нейронных сетей (многослойные перцептроны в регрессиях и в задачах прогнозирования временного ряда) и метода остаточных отклонений в совокупности с методом наложения эпох.

Результаты. При использовании разных математических алгоритмов получены сходные результаты прогнозных оценок урожайности яровой пшеницы на 2015 год на примере Бузулукского района Оренбургской области.

Заключение. Использование различных методов оценки нелинейных связей гравитационного взаимодействия планет солнечной системы позволило решить поставленную задачу: прогнозируемые уровни урожайности яровой пшеницы на 2015 год в Бузулукском районе Оренбургской области составили от 0,46 до 0,66 т с 1 га. Это даёт возможность в годы засух своевременно принимать управленческие решения по оптимизации затрат на производство продукции.

Ключевые слова: засуха, ритмика планет, методы описания нелинейных связей, прогноз урожайности.

V.E. Tikhonov, A.A. Neverov

LONG-TERM FORECASTING YIELDS OF FIELD CROPS ON THE BASIS OF PLANETARY-SOLAR-TERRESTRIAL RELATIONS IN THE STEPPE-URAL REGION

Orenburg Research Institute of Agriculture, Orenburg, Russia

Aim. The search for solutions to the problems of long-term forecasting of the yield of spring wheat on the example of Buzuluk district of the Orenburg region.

Materials and methods. For solving the tasks used for a long series of yield of spring wheat in Buzuluk district of the Orenburg region from 1886 to 2014, as well as the calculated values of the distances from the center of the Earth to the planets of the Solar system. The solution to the problem of forecasting the yield was based on contemporary knowledge, the rhythm of the planetary-solar-terrestrial relations. Solution based on modern knowledge of rhythmic planetno-solar-terrestrial relations. Spring wheat crop estimates were modeled by neural networks (multi-layer perceptrons in regression and time series prediction tasks) and residual variance method in conjunction with the method of overlapping eras.

The Results. Obtained similar results forecasts the yield of spring wheat in the year 2015 when using different mathematical algorithms.

Conclusion. The use of different estimation methods for nonlinear relations of the gravitational interaction between the planets of the solar system has allowed to solve the problem:

projected levels of yield of spring wheat in 2015 in Buzuluk district of the Orenburg region was from 0,46 to 0,66 т per 1 hectare. This makes it possible in years of drought to make timely management decisions on cost of production.

Key words: drought, the rhythm of the planets, techniques of description of nonlinear relationships, forecast crop yields.

Введение

В настоящее время для регионов с неустойчивым атмосферным увлажнением сложно разработать универсальную технологию возделывания сельскохозяйственных культур. Наиболее целесообразным является заблаговременный прогноз урожайности, благодаря которому производство зерна было бы научно обосновано [1]. За последние шесть лет (2009-2014 гг.) засуха различной интенсивности наблюдалась в Оренбургской области 5 лет. Ежегодный ущерб для агропромышленного комплекса (АПК) составил несколько миллиардов рублей. Поэтому актуальность проблемы прогнозирования уровня урожайности, косвенно отражающего в условиях сухой степи неблагоприятные условия (в первую очередь, засухи), не подлежит сомнению.

К настоящему времени, фактически, сложился раздел научных знаний, называемый «солнечно-земные связи», который предполагает изучение совокупности всех возможных взаимодействий гелио- и геофизических явлений [2, 3]. Под гравитационным воздействием со стороны планет Солнце вынуждено совершать достаточно сложное переменное движение вокруг центра масс Солнечной системы (барицентра). В результате этого орбиты планет не могут оставаться строго гелиоцентрическими, поскольку центр тяжести Солнца может не совпадать с фокусами эллиптических траекторий планет [4]. Воздействие планет на Солнце приводит к модуляции солнечной активности. Некоторые описания предполагаемых механизмов гравитационных взаимодействий планет можно встретить в литературе [4, 5].

В соответствии с работами О.В. Пономарёвой [6, 7], планетам отводится роль первоисточника вариаций как солнечной активности, так и циклических процессов на Земле (периодическое движение географического полюса Земли, то есть прямая связь: планеты – Земля). Автор также указывает на то, что цикличность, наблюдаемая в орбитальном движении Луны, проявляется и в колебаниях полюса Земли. Так, узлы лунной орбиты непрерывно перемещаются по эклиптике к западу, совершая полный оборот за 18,613 г.; пери-

гей лунной орбиты движется к востоку, совершая оборот за 8,85 г., в результате такого встречного движения соединения узла лунной орбиты с перигеем Луны происходит ровно через 6 лет. Утверждается, что за время эволюции Солнечной системы скорость суточного вращения Земли и процессы, происходящие на ней, синхронизировались с циклами Солнечной системы.

Кроме того, в работе О.В. Пономарёвой [7] определена ответственность планет земной группы за изменение числа солнечных пятен с периодами: $T = 11,083$ лет; $T = 8$ лет; $T = 6,778$ лет; $T = 1,611$ лет, которые, по утверждению автора, можно считать универсальными гелиофизическими константами. В нашем понимании, их влияние на земные процессы происходит по «каналам обратной связи», то есть планеты – Солнце – Земля. Юпитер в составе планет-гигантов ответственен за «долгопериодные» циклы солнечной активности, кратные среднему периоду $T = 11,853$ лет.

В последующих публикациях О.В. Пономарёва [8,9], анализируя ряд работ, указывающий на возможность влияния переменного во времени гравитационного взаимодействия на Солнечную систему, рассматривает модель влияния гравитационных волн, излучаемых барицентрами планетных групп Солнечной системы, на изменение формы Земли, которое, в свою очередь, связано с вариациями гравитационной постоянной (ГП) и геодинамическими показателями: периодическим движением полюса Земли (ПДП), вариациями длительности суток (LOD) и сейсмической активности Земли. В заключении автор пишет: «Исследования вариаций гравитационной постоянной позволяет сделать вывод о переменности ГП, связанной не только с галактическими процессами и текущими изменениями в конфигурации планет Солнечной системы, но и с влиянием гравитационного поля планет на динамику формы Земли... Гравитационные массы, движущиеся с переменным ускорением (при движении планет по «кеплеровским» орбитам ускорение всегда переменное), излучают гравитационные волны, которые, воздействуя на тела, вызывают деформацию последних.» [9, с. 376].

В свою очередь, гравитационные волны влияют на вариацию солнечной активности, и далее по каналам обратной связи на атмосферу и литосферу Земли. В качестве результата всех этих возмущающих воздействий С.В. Авакяном [10] предложен механизм трёхступенчатого триггерного воздействия факторов солнечно-геомагнитной активности на тропосферные характе-

ристики. Это позволило данному автору ионизирующее излучение солнечных вспышек и корпускулярные выбросы при геомагнитных возмущениях рассматривать в качестве основы воздействий солнечной variability на погодно-климатические характеристики. Последнее аргументируется тем, что факторы солнечно-магнитной активности – вспышки и геомагнитные бури – преобладают по энергетике, и, главное, по частоте повторяемости при сравнении с космическими лучами как галактическими, так и солнечными. Утверждается, что по статистике распределения крупных солнечных вспышек и мировых магнитных бурь появляется возможность выявлять вариации в температуре приземного воздуха и интенсивности осадков в интервале 2-5,5 лет. Для статистики таких событий внутри 11-летнего цикла можно оценочно считать, что между максимумами значимых солнечных вспышек проходит 2-4 года, а для геомагнитных бурь этот период шире – 2-6 лет [10].

Специфика и эффективность системы экологического прогнозирования на современном этапе состоит, прежде всего, в видении одного и того же феномена с помощью множества различных и более-менее равноценных моделей (проявление принципа множественности моделей) [11].

Цель работы – поиск путей решения задач долгосрочного прогнозирования урожайности яровой пшеницы на примере Бузулукского района Оренбургской области.

Материалы и методы

Для решения поставленных задач использовали длительные ряды урожайности яровой пшеницы по Бузулукскому району Оренбургской области с 1886 по 2014 гг., а также расчетные значения расстояний от центра Земли до планет Солнечной системы, определяющие волновой канал гравитационного влияния их на Землю 01, 11, 21 числа каждого месяца за указанные годы.

Для построения модели с прогнозируемыми реакциями любой реальной системы важнейшей процедурой становится обнаружение существенных переменных изучаемой системы [12]. Исходный массив данных, пригодный для долгосрочного прогнозирования, должен охватывать достаточно продолжительный (многие годы) интервал времени.

Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур осуществляется в основном с помощью динамических моделей временных рядов. Но статистические связи не всегда причинно-обусловлены, а могут зависеть

от других, не выявленных факторов.

К наиболее важным особенностям агрометеорологической информации, которые порождают проблемы в разработке прогностических моделей и которые сформулированы В.В. Костюковым [13], можно отнести: 1) крайне малые объёмы выборок, 2) отсутствие достоверных сведений об ошибках измерения агрометеорологических данных, а для самой урожайности даже смысл термина «точность измерения» до сих пор не определён. Кроме того, характер динамики урожайности на архивном и прогностическом периоде может заметно различаться. Это происходит из-за колебаний регионального климата, антропогенных воздействий, культуры земледелия, ибо в определённые годы используются разные сорта и конкретные поля.

В последние десятилетия наблюдается взрыв интереса к нейронным сетям. Они вошли в практику везде, где нужно решать задачи прогнозирования, классификации или управления. Методы нейронных сетей применимы практически в любой ситуации, когда имеется связь между переменными - предикторами (входами) и прогнозируемыми переменными (выходами), даже если эта связь имеет очень сложную природу и её трудно выразить в обычных терминах "корреляций" или "различий между группами". Но следует отметить, что прогнозирование возможно только тогда, когда предыдущие изменения действительно в какой-то степени предопределяют будущие [СТАТИСТИКА 6.1. Нейронные сети].

Преимущества нейронных сетей в построении прогностических моделей перед традиционной множественной регрессией очевидны. В них отсутствуют ограничения присущие последним. Если во множественной регрессии исключаются коррелируемые между собой предикторные переменные, и их количество существенно ограничивается, то в нейронных сетях при использовании логистических функций активации эти ограничения устранены. Поэтому множественная регрессия рассматривается как некая схема взаимосвязи наиболее существенных переменных, а более полную картину воспроизводит многослойный персептрон по принципу распознавания образов.

Задача решалась путём использования различных стохастических алгоритмов аппроксимации.

1) Разработка многомерных регрессионных моделей влияния гравитационного взаимодействия планет Солнечной системы на динамику временных

рядов урожайности. «СТАТИСТИКА 6.1. Нейронные сети».

2) При этом программный продукт «СТАТИСТИКА 6.1. Нейронные сети» использовался для аппроксимации временного ряда по одной и той же переменной на входе и выходе (многослойный персептрон в задаче прогнозирования временного ряда). Использовались логистические функции активации нейронов.

3) Для учёта влияния суперпозиции природных ритмов на урожайность сельскохозяйственных культур была создана оригинальная компьютерная программа «ПРОГНОСТИК». Основа программы – матрица периодических и циклических компонент для реализации анализа ритмики динамических рядов. Анализ ритмики состоит из решения ряда задач по размещению количественного состава и перестановкам циклов в модели, а также формирование, обучение и тестирование выборок временного ряда.

Поиск циклов и периодов, отражающих реальные события на изучаемой территории, проводился по результатам моделирования.

Результаты и обсуждение

Нейронные сети не программируются в привычном смысле этого слова, они обучаются. Возможность обучения – одно из главных преимуществ нейронных сетей перед традиционными алгоритмами.

Во всех используемых нами методических подходах по общепринятым установкам математической статистики длина проекции не должна превышать двух лет, поэтому 2012 г. прогнозируется при уже известной величине урожайности и используется в качестве внешнего теста. Полученная модель без коррекции проецируется до 2014 г., и далее экстраполируется на 2015 г.

В таблице 1 представлены результаты моделирования в нейронных сетях в рамках многомерной регрессии прогнозных оценок урожайности яровой пшеницы в Бузулукском районе на 2015 г. В качестве предикторов использованы подекадные показатели гравитационного воздействия планет Солнечной системы на Землю.

Способности нейронной сети к прогнозированию напрямую следуют из её способности к обобщению и выделению скрытых зависимостей между входными и выходными данными. После обучения сеть способна предсказать будущее значение некой последовательности на основе нескольких предыдущих значений и/или каких-то существующих в настоящий момент факторов.

При обучении модели набор исходных данных делят на две части – собственно обучающую выборку и тестовые (проверочные) данные; принцип разделения может быть произвольным.

Таблица 1. Работоспособность моделей прогнозирования урожайности яровой пшеницы для Бузулукского района на 2015 г. Регрессия на гравитацию планет

№ модели	Урожайность, тонн с 1 гектара			
	тест на 2012 г. (факт 0,54)	проекция		экстраполяция на 2015 год (прогноз)
		на 2013 г. (факт 0,73)	на 2014 г. (факт 0,94)	
Ряд урожайности за период 1886-2014 гг.				
276	0,50	0,73	1,01	0,59
278	0,54	0,74	0,99	0,66
287	0,52	0,83	1,02	0,84
289	0,51	0,77	1,00	0,91
291	0,49	0,76	0,96	0,79
292	0,42	0,70	0,92	0,73
294	0,46	0,71	0,98	0,70
225	0,56	0,74	0,90	0,55
233	0,55	0,73	1,01	0,54
236	0,55	0,78	0,89	0,53
237	0,48	0,71	0,95	0,54
238	0,50	0,74	0,88	0,60
239	0,53	0,75	0,95	0,55
Среднее	0,51	0,75	0,96	0,66
Ряд урожайности за период 1935-2014 гг.				
295	0,58	0,71	1,27	0,48
296	0,54	0,70	1,22	0,46
714	0,56	0,73	0,98	0,18
715	0,55	0,76	0,89	0,22
1598	0,55	0,83	0,76	0,58
1830	0,60	0,83	0,80	0,62
1840	0,63	0,94	0,84	0,65
1916	0,55	0,91	0,71	0,30
2398	0,59	1,03	0,94	0,61
Среднее	0,57	0,83	0,93	0,46

Обучающие данные подаются сети для обучения, а проверочные используются для расчета ошибки сети (проверочные данные никогда для обучения сети не применяются). Таким образом, если на проверочных данных ошибка уменьшается, то сеть действительно выполняет обобщение. Этот же принцип нами был заложен и в алгоритм метода остаточных отклонений. Итоговая ста-

тистика, представленная в таблице 2, характеризует качество моделей.

Таблица 2. Итоговая статистика для выборок моделей прогноза урожайности яровой пшеницы в Бузулукском районе Оренбургской области на 2015 г.

№ сети	Выборки					
	обучающая		контрольная		тестовая	
	среднее абсолютной ошибки, т/га	отношение стандартных отклонений	среднее абсолютной ошибки, т/га	отношение стандартных отклонений	среднее абсолютной ошибки, т/га	отношение стандартных отклонений
Период 1886-2014 гг.						
276	0,029	0,085	0,088	0,195	0,065	0,141
278	0,023	0,073	0,040	0,109	0,081	0,207
287	0,037	0,111	0,053	0,146	0,056	0,142
289	0,038	0,108	0,042	0,121	0,068	0,137
291	0,036	0,104	0,051	0,150	0,047	0,144
292	0,037	0,104	0,064	0,144	0,050	0,150
294	0,025	0,079	0,045	0,142	0,108	0,206
225	0,055	0,179	0,074	0,189	0,104	0,204
233	0,038	0,112	0,068	0,192	0,079	0,187
236	0,041	0,124	0,056	0,153	0,053	0,118
237	0,031	0,086	0,037	0,151	0,046	0,107
238	0,023	0,069	0,071	0,152	0,042	0,090
239	0,027	0,092	0,019	0,102	0,056	0,128
Период 1935-2014 гг.						
295	0,018	0,047	0,065	0,203	0,046	0,110
296	0,007	0,024	0,085	0,199	0,069	0,201
714	0,031	0,084	0,062	0,135	0,074	0,201
715	0,040	0,128	0,059	0,145	0,064	0,149
1598	0,065	0,185	0,063	0,136	0,094	0,216
1830	0,075	0,219	0,072	0,178	0,090	0,222
1840	0,054	0,142	0,075	0,215	0,081	0,206
1916	0,047	0,136	0,074	0,218	0,086	0,212
2398	0,030	0,075	0,073	0,183	0,040	0,167

Моделирование, в сущности, представляло собой аппроксимацию огромного количества моделей (десятки тысяч) и выбор наиболее оптимального варианта. Ряд наблюдений делится на выборки: обучающая, контрольная и тестовая. Из большого количества моделей прогноза урожайности зерна выбирались лучшие, в которых предсказанная урожайность во всех выборках (обучающая, контрольная, тестовая) наиболее близка к фактическому ряду

наблюдений. Из них создавался ансамбль.

Наиболее важным показателем оценки работы сети (модели) является отношение стандартных отклонений. Оно представляет собой отношение стандартного отклонения ошибки прогноза к стандартному отклонению обучающих данных. Это регрессионное отношение (точнее, величину единица минус это отношение) называют долей объяснённой дисперсии модели. В представленных моделях эта доля составила более 80%.

В таблице 3 представлен анализ чувствительности нейронной сети к входным переменным, то есть к их значимости.

Таблица 3. Независимые переменные в порядке ранжирования значимости из общего числа предикторов для обучающих выборок моделей

Сеть	Ранг (значимость) независимой переменной							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Период 1886-2014 гг.								
276	Н1д2	Н7д2	Ме6д2	Л5д3	Ме1д3	Н5д1	Н6д2	Н2д1
287	Н7д2	Н1д2	Ме6д3	Л5д3	Ме12д2п	Ме1д3	Н5д1	В2д1
289	Н1д2	Н7д2	Ме6д3	Л5д3	Ме12д2п	Ю3д3	Ме1д3	С8д1
291	Н1д2	Л5д3	Н7д2	Ме6д3	В2д1	Ме12д2п	Н5д1	Ме1д3п
292	Н1д2	Н7д2	Ме6д3	Л5д3	Ме12д2п	Н5д1	В1д2	Ме1д3
233	Ме6д2	Ме8д2	Ме3д1	Ме3д2	В1д3	Ю8д3	Л11д1п	Ме6д1
236	Ме6д2	В1д3	Ме3д1	Ме3д2	Н2д2	Ме8д2	Ю8д3	Ме6д1
237	Ме8д2	Ме6д2	Ме3д1	Ме3д2	Н2д2	Ю6д3	Н6д3	Ю8д3
238	Ме6д2	Ме3д2	Ме8д2	В1д3	Л11д1п	Н2д2	Ю8д3	Ме3д1
239	Ме6д2	Ме1д3	Ме3д2	Ме8д2	В1д3	Ю8д3	Л11д1п	Н2д2
Период 1935-2014 гг.								
295	У1д3	Ю5д3	Н3д1	Ме5д2	Ме1д3	У7д1	Ю11д2п	Ю7д2
296	У1д3	Н3д1	Ю5д3	Ю4д3	Ме5д2	Ме1д3	У7д1	М11д2п
714	М3д3	Ме10д3п	Ме9д2п	Л3д2	У2д3	Ме1д3	Ме2д1	М1д2
715	М3д3	Ме9д2п	Ме10д3п	В3д3	У2д3	Л3д2	У4д1	Ме2д1
1598	Ме11д3п	Л5д2	Ю9д2п	Ме7д3	У12д2п	Ме9д1п	Ю9д1	Л12д1п
1830	Л12д2п	Л10д2п	Л1д1	Ме8д1	С2д2	У9д1п	Ме11д2п	Ме9д2п
1840	Л10д2п	Л12д2п	Л1д1	У9д1п	Ме8д1	Ме11д2п	С2д2	У10д3п
1916	У8д1	Л6д3	У4д2	Ю6д3	У9д2	Ме1д1	Ю9д1	Ю7д3
2398	Л9д1п	Ме1д1	Ю2д2	Л7д3	Ме7д1	Л6д3	В1д3	У7д1

Примечание. Обозначение предикторов: Л – Луна, В – Венера, М – Марс, Ю – Юпитер, Ме – Меркурий, У – Уран, Н – Нептун, С – Сатурн. Цифра после названия планеты – номер месяца в году, д – декада и её номер, п – предиктор предшествующего года.

Такая процедура позволяет сделать вывод об относительной важности входных переменных для конкретной нейронной сети и при необходимости удалить входы с низкими показателями чувствительности. В общем же случае входные переменные не являются независимыми. Поэтому низкий показатель чувствительности может быть присвоен переменной, которая является ключевой. Подобным же образом высокую чувствительность может иметь одна не очень существенная переменная по сравнению с комбинацией других переменных, которые в совокупности содержат важную информацию [СТАТИСТИКА 6.1. Нейронные сети].

Опыт показал, что добиться нужных соотношений длины ряда наблюдений и количества предикторов, учитывая выше сказанное о роли чувствительности переменных, – задача не из лёгких. Как видно из данных, представленных в таблице 3, из всех предикторов чаще всего в моделях присутствуют декадные показатели влияния Меркурия, Луны, Нептуна и Урана.

Тем не менее, использование регрессий в программном продукте «Нейронные сети» с применением предикторов, используемых в данной работе, является перспективным в решении задач долгосрочного прогнозирования урожайности, поскольку показатели данных предикторов (масса планет и их расстояние до Земли в любой день) могут быть predeterminedены на много лет вперёд.

В предыдущих примерах рассмотрены различные задачи регрессии. Во всех подобных задачах данные состоят из множества наблюдений, каждое из которых содержит значения для соответствующих переменных. Цель заключается в прогнозировании значения одной выходной переменной на основе нескольких входных переменных. Кроме того, существует важное предположение о независимости различных наблюдений, что определяет неединственность разрабатываемых моделей.

Существует множество практических задач на основе временных рядов. В наших исследованиях решалась задача предсказать значение переменной в заданный момент времени на основе этой же переменной в предыдущие моменты. В большинстве случаев изучается одна числовая переменная, а цель заключается в прогнозировании следующего значения переменной на основе предыстории. Основные трудности – это поиск ритмики в ряду наблюдений с целью определения окна прогноза (табл. 4).

Таблица 4. Оценка работоспособности моделей прогнозирования урожайности яровой пшеницы для Бузулукского района на 2015 г. Метод нейронных сетей: многослойные персептроны в задаче прогнозирования временного ряда

№ модели п/п	Урожайность, тонн с 1 гектара			
	тест на 2012 год (факт 0,54)	проекция		экстраполяция на 2015 год (прогноз)
		на 2013 год (факт 0,73)	на 2014 год (факт 0,94)	
Период 1886-2014 гг.				
Окно прогноза* = 20				
1	0,67	0,80	0,99	0,56
2	0,68	0,69	0,95	0,53
3	0,68	0,76	0,94	0,54
4	0,69	0,72	1,03	0,54
Окно прогноза = 27				
5	0,55	0,80	0,98	0,59
6	0,56	0,84	0,90	0,56
7	0,54	0,82	1,03	0,54
8	0,53	0,84	1,07	0,53
Среднее	0,61	0,78	0,99	0,55
Период 1935-2014 гг. Окно прогноза = 15				
1	0,63	0,64	0,94	0,44
2	0,72	0,65	0,95	0,45
3	0,51	0,61	0,86	0,60
4	0,33	0,60	1,00	0,68
5	0,58	0,68	0,84	0,56
6	0,47	0,69	0,91	0,44
7	0,58	0,83	0,85	0,66
8	0,41	0,79	0,81	0,42
Среднее	0,53	0,69	0,90	0,53

Примечание: * Окно прогноза – заданное количество предыдущих наблюдений для построения прогноза.

Подобная задача является специальным видом задачи регрессии, и, соответственно, для ее решения можно воспользоваться любой нейронной сетью, разработанной для решения задач регрессии.

В процессе решения задач прогнозирования временного ряда урожайности яровой пшеницы для Бузулукского района получены результаты, близкие к результатам, в выше приведённых задачах регрессии.

При гармоническом анализе не уточняется ни природа тенденций, ни вид изменения спектра. Поэтому существует некоторый произвол в разложе-

нии ряда. Для одной и той же совокупности данных можно подобрать множество вариантов гармонических колебаний, которые будут удовлетворять исходный ряд. Не единственность гармоник приводит к накоплению различных ошибок, которые существенным образом сказываются на значении прогнозных оценок [14]. На этот принципиальный момент необходимо обратить особое внимание.

Поскольку в различных природных явлениях, в том числе и в колебаниях погоды и климата, было выявлено множество циклов, то очень важно уяснить какая реальность их обуславливает. На сегодняшний день – это наименее исследованная проблема.

Указанные выше циклы и периоды использованы нами для расчёта прогнозных оценок урожайности сельскохозяйственных культур методом остаточных отклонений в совокупности с методом наложения эпох.

Кроме того, необходимо учитывать возможность распада некоторых циклов на обертоны или наоборот, объединение двух и более коротких циклов в один более длинный в рядах динамики агрометеорологических величин.

Специфические трудности, возникающие при анализе рядов динамики из-за множественности причинной обусловленности изменчивости критерия, устраняются в процессе математической обработки (табл. 5).

Таблица 5. Результаты моделирования урожайности яровой пшеницы для Бузулукского района на 2015 г. (Метод остаточных отклонений в совокупности с методом наложения эпох)

№ модели п/п	Урожайность, тонн с 1 гектара			
	тест на 2012 год (факт 0,54)	проекция		экстраполяция на 2015 год (прогноз)
		на 2013 год (факт 0,73)	на 2014 год (факт 0,94)	
Период 1886 - 2014 гг.				
1	0,59	0,73	0,93	0,60
Период 1935 - 2014 гг.				
2	0,53	0,72	0,84	0,61

В разработанные модели вошли следующие циклы, лет:
за период 1886-2014 гг.: **6; 2.09; 7.4; 14; 1.611; 11.8; 6.778; 11; 11+12; 14.18; 13.25; 18.61; 10+11; 19.85; 25.2; 31.8.**

Относительная ошибка модели – 17,3%;

Абсолютная ошибка модели – 0,18 тонн с 1 гектара;

Коэффициент множественной детерминации – 0,835.

За период 1935-2014 гг.: **6; 11.8; 11; 6.778; 7.4; 18.61; 10+11; 14.18; 14; 8+9; 11+12; 25.2; 19.85;**

Относительная ошибка модели – 9,2%;

Абсолютная ошибка модели – 0,12 тонн с 1 гектара;

Коэффициент множественной детерминации – 0,927.

Для описания дисперсии временных рядов урожайности различной длительности на уровне более 80% требуется различное количество циклических составляющих. Следовательно, прогноз урожайности на каждый предстоящий год рассчитывается отдельно, поскольку происходит динамика тенденций временного ряда.

При удовлетворительной реализации прогноза можно будет предположить и принять во внимание как факт, что все циклические составляющие или многие из них ответственны за реальную ритмику процессов в биосфере в степной зоне Урала в указанные временные периоды. При этом учитывался один из основополагающих тезисов В.И. Вернадского: «Основная и решающая часть научного знания – факты и их крупные и мелкие эмпирические обобщения. Научные теории и гипотезы не входят, несмотря на их значение в текущей научной работе, в основную и решающую часть научного знания. Основное значение гипотез и теорий – кажущееся» [15, с. 95].

Таким образом, в результате наших исследований в рядах динамики урожайности выявлены циклы, известные в природе как реальные, что является основополагающим аргументом, подтверждающим правильность экзогенной интерпретации атмосферных процессов.

Заключение

Использование различных методов оценки нелинейных связей гравитационного взаимодействия планет солнечной системы позволило решить поставленную задачу: прогнозируемые уровни урожайности яровой пшеницы на 2015 год в Бузулукском районе Оренбургской области составили от 0,46 до 0,66 т с 1 га. Это даёт возможность в годы засух своевременно принимать управленческие решения по оптимизации затрат на производство продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тихонов В.Е., Кондрашова О.А., Неверов А.А. Агроклиматические ресурсы степного Приуралья. Изменчивость и прогнозирование. Оренбург: ООО «Агентство «Пресса», 2013. 323 с.
2. Петрукович А.А. Солнечно-земные связи и космическая погода. В кн.: Плазменная геблиогеофизика (в двух томах)/ Под ред. Л.М. Зелёного, И.С. Веселовского. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 2(8): 175-251.
3. Ермолаев Ю.И., Ермолаев М.Ю. Солнечные и межпланетные источники геомагнитных бурь: аспекты космической погоды. Геофизические процессы и биосфера. 2009. 8 (1): 5-35.
4. Константиновская Л.В. Солнечная активность [Электронный ресурс]. Официальный личный сайт автора. <http://www.astronom2000.info/> (дата обращения: 11.12.2014 г.)
5. Трунев А.П. Моделирование электромагнитного и гравитационного влияния небесных тел Солнечной системы на смещение географического полюса и магнитное поле Земли. Научный журнал КубГАУ. 2010. 61 (07): 1-30.
6. Пономарёва О.В. О механизме возмущения периодического движения полюса Земли планетами Солнечной системы. [Электронный ресурс]. ДВО РАН Камчатский научный центр http://www.kscnet.ru/ivs/publication/volc_day/2007/art20.pdf. (дата обращения: 18.12.2014 г.)
7. Пономарёва О.В. Роль планет и планетных групп в активности солнца. [Электронный ресурс]. ДВО РАН Камчатский научный центр <http://www.emsd.ru/konf071112/pdf/t2/str212.pdf>. (дата обращения: 15.12.2014 г.)
8. Пономарёва О.В. Влияние вариаций Гравитационной постоянной на сейсмическую активность Земли. Сергеевские чтения. Моделирование при решении геоэкологических задач. М. ГЕОС. 2009. 11: 17-22.
9. Пономарёва О.В. Связь вариаций гравитационной постоянной с некоторыми геодинамическими показателями. В кн.: Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Петропавловск-Камчатский, 2010: 371-376.
10. Авакян С.В. Роль активности Солнца в глобальном потеплении. Вестник Российской академии наук. 2013. 83 (5): 425-436.
11. Розенберг Г.С., Шитиков В.К., Брусиловский П.М. Экологическое прогнозирование (функциональные предикторы временных рядов). Тольятти, 1994. 182 с.
12. Кочерина Н.В., Драгавцев В.А. Введение в теорию эколого-генетической организации полигенных признаков растений и теорию селекционных индексов. СПб.: СЦДБ, 2008. 88 с.
13. Костюков В.В., Н.И. Костюкова, Черникова М.И. Комплексное прогнозирование урожайности яровой пшеницы для Западной Сибири. Зерновое хозяйство. 2004. (2): 14-16.
14. Игуменцев А.Ф., Шикота Н.Г., Лазуренко Э.К. и др. Цикличность погоды и прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур. Луганск, 1990. 48 с.
15. Вернадский В.И. Научная мысль как планетное явление. М.: Наука, 1991. 271 с.

Поступила 18.12.2014 г.

(повторно - 29.12.2014 г.)

(Контактная информация: Тихонов Вячеслав Евгеньевич – доктор географических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела селекции Оренбургского НИИ сельского хозяйства; адрес: г. Оренбург, проспект Гагарина, 27/1; тел. 8 (3532) 44-68-91;

Неверов Александр Алексеевич – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела технологий кормовых культур Оренбургского НИИ сельского хозяйства; адрес: г. Оренбург, проспект Гагарина, 27/1; моб. тел. 89226217236; E-mail: nevalex2008@yandex.ru).