

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЧИСЕЛ ВОЛЬФА БЕЗ ПРОЦЕДУР ЭКСТРАПОЛЯЦИИ

Назаров А.И.

*Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада
ал-Хоразмий*

Аннотация. В статье проведен системный анализ солнечных вспышек, влияющие на устойчивость радиосвязи. Регрессионные модели прогноза солнечных вспышек (числа Вольфа) построены с учетом корреляционного влияния суммарного воздействия сил гравитации планет солнечной системы.

Регрессионные модели прогноза имеют трехчасовое разрешение и дают оценку количества чисел Вольфа. Модели прогноза чисел Вольфа построены на основе метода наименьших квадратов и не зависят от времени, т.к. не имеют процедур экстраполяции.

Ключевые слова: числа Вольфа, корреляция, регрессионная модель, силы гравитации планет солнечной системы, адекватность.

ВВЕДЕНИЕ

В мире уделяется особое внимание прикладным исследованиям по влиянию солнечной активности на устойчивость радиосвязи. Большое влияние оказывает интенсивность солнечных вспышек на возмущение магнитосферы Земли. В результате появляется необходимость прогнозирования электромагнитного состояния околоземной среды с целью уменьшения негативного воздействия магнитных бурь на работу наземных радиосистем, радиолокации и радиопеленгации. Например, жёсткое ультрафиолетовое и рентгеновское излучение солнечных вспышек – основной фактор, ответственный за формирование ионосферы, способный существенно изменять свойства верхней атмосферы: плотность её существенно повышается. Это

приводит к разогреву и дополнительной ионизации верхней атмосферы. В результате разогрева под воздействием излучения, атмосфера “раздувается”, т.е. плотность ее на фиксированной высоте сильно увеличивается, происходит возникновение геомагнитных бурь, которые определенным образом влияют на технику и биологические объекты [5].

При прогнозировании солнечных вспышек, как правило, используют статистический метод, метод аналогий и причинный и следственный метод.

Недостатком статистического метода являются наличие процедур экстраполяции, что позволяет осуществить только краткосрочный прогноз. Точность прогнозов при этом составляет менее 70%.

Метод аналогий учитывает передвижение пятен по диску Солнца и позволяет осуществлять прогнозы солнечных вспышек с точностью до 80 – 90%.

Оба эти подхода не дают объяснения причин изменения солнечных вспышек и не позволяют прогнозировать на более длительные периоды.

Причинный и следственный метод подразумевает, что солнечные вспышки обусловлена внутренними физико – химическими процессами самого Солнца, которые недоступны для наблюдения. Отсюда многие исследователи приходят к заключению о невозможности долгосрочного прогноза параметров солнечных вспышек и не могут сказать, что вызывает изменение их интенсивности.

В качестве причин выдвигается множество теорий и предположений. Одни ученые склоняются к мнению, что ее основой являются внутренние механизмы, другие утверждают, что это гравитационные влияния обращающихся вокруг Солнца планет, а также обращение планет происходит вокруг общего центра тяжести всей Солнечной системы, где само Солнце описывает сложную кривую. Выявлено, что воздействия планет на Солнце вызывает значительные напряжения, ведущие к изменению электромагнитных и других процессов внутри светила. В частности, установлено, что изменение

расстояния планет влияет на изменение гравитационного, а также изменение их скорости на электромагнитное поле Солнца. Эти гравитационные взаимодействия также растягивают атмосферу, гидросферу и литосферу Земли, являются одной из основных причин синхронных колебаний климата, активности землетрясений и вулканов [3]. Если учесть, что Солнце – не твердое тело, то такая динамика вращения непременно воздействует и на динамику движения всей солнечной плазмы, задавая ритмы солнечной активности [2].

Эти факты дают основание предположить, что гравитационные воздействия планет точно так же создают динамику приливных явлений на Солнце.

В пользу такого подхода можно отнести ряд преимуществ характерных для гравитационных сил:

- влияют на любой объект, имеющий массу;
- *полностью описывают лунные, земные, солнечные и другие циклы;*
- *позволяют учесть влияние любой планеты солнечной системы на солнечные вспышки.*

Альтернативный классическим методам предлагается долгосрочный прогноз чисел Вольфа без процедур экстраполяции, основанный на влиянии сил гравитации планет солнечной системы и позволяющий произвести оценку степени влияния магнитных бурь (МБ) на устойчивость ионосферной радиосвязи.

Исследования, связанные с влиянием чисел Вольфа на ионосферную радиосвязь, одно из важных и современных направлений в мире [4]. У нас в стране исследованием влияния чисел Вольфа на геомагнитное возмущение посвящен ряд работ авторов: Ахмедова Б.Ж., Фазиловой Б.Ж., Туримова Б., Кадилова Р.Х. и других.

В статье разработаны модели и алгоритм прогноза чисел Вольфа на основе влияния сил гравитации планет солнечной системы.

Материал и методы. Для решения задач исследования использованы данные чисел Вольфа: <http://www.wdcb.ru/stp/data/solar.act/sunspot/ru>.

В исследование вошли данные трехчасового разрешения с 1938 по 1991 годы. Точность статистических оценок и адекватность математических моделей определяется качеством исходных данных, выполнена следующая предварительная обработка статистической информации:

- заполнение пробелов в таблице данных методом восстановления при помощи кубического сплайна;
- робастная предобработка экспериментальных данных.

При организации робастной процедуры построения эмпирической линии регрессии с последующей параметрической идентификацией МНК приняты медианы вариационных рядов 5 оценок абсцисс и ординат. В соответствии с медианной оценкой для упорядоченной выборки значений каждого входного параметра $x_{j1} < x_{j2} < \dots < x_{jN}$; $j = \overline{1, k}$ определяется число классов по правилу Старджеса $L = \lceil 1 + 3,322 \lg N \rceil$, где $\lceil \cdot \rceil$ - знак округления в сторону ближайшего большего целого.

Применительно к каждому i -му выходному параметру внешней среды в каждом классе определяются медианы центров с координатами (x_{jl}^*, y_{jl}^*) , $l = \overline{1, L}$, как медианы вариационных рядов пяти оценок абсцисс $\overline{x_{jl}}, x_{jl}^c, x_{jl}^p, x_{jl}^m, \overline{x_{jl}^{0,5}}$ и ординат $\overline{y_{jl}}, y_{jl}^c, y_{jl}^p, y_{jl}^m, \overline{y_{jl}^{0,5}}$ $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, k}$.

1. Среднее арифметическое для l -го интервала определяется по формуле:

$$\overline{x_{jl}} = \frac{1}{n_l} \sum_{i=1}^{n_l} x_{ji} \quad (1)$$

2. Центр сгиба определяется по формуле:

$$x_{jl}^c = (x_{jl}^{0,25} + x_{jl}^{0,75}) / 2 \quad (2)$$

где: $x_{jl}^{0,25}, x_{jl}^{0,75}$ - 25% и 75% квантили для l -го интервала, соответственно;

3. Центр размаха для l -го интервала определяется по формуле:

$$x_{jl}^p = (x_{jl1} + x_{jl n_l}) / 2 \quad (3)$$

4. Медиана для l -го интервала определяется по формуле:

$$x_{jl}^m = x_{jlk}; k = \text{int}(n_l / 2) \tag{4}$$

где: int – знак операции округления в сторону ближайшего целого;

5. Среднее арифметическое 50% наблюдений определяется по формуле:

$$\overline{x_{jl}^{0,5}} = \frac{2}{n_l} \sum_{i=i_1}^{n_l} x_{jli} \tag{5}$$

где: $i_1 = \text{int}(0,25n_l)$; $n_l = \text{int}(0,75n_l)$.

Поле суточных экспериментальных данных чисел Вольфа разбивается как медиана 5 оценок центра по абсциссам и ординатам. Затем по найденным точкам проводится аппроксимирующая функция (рис.1).

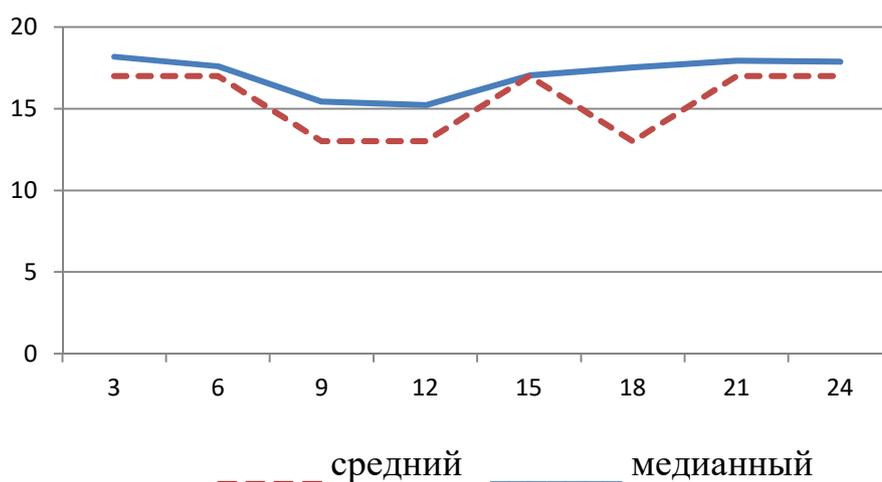


Рис.1. Робастная предобработка суточных данных (числа Вольфа)

Качественное и количественное значение чисел Вольфа зависит от факторов, которые условно можно разбить на следующие категории [7]:

1. Категория «Место наблюдения (M(i))».
2. Категория «Время». Числа Вольфа меняются в течение суток t .
3. Категория «Дата (Время года)». Числа Вольфа меняются в течение года.
4. Категория «Гравитационные силы» (F(k)). Гравитационные силы планет в солнечной системе влияют на числа Вольфа.

Таким образом, для получения эффективных прогнозов по динамике чисел Вольфа (W), необходимо производить построение регрессионного уравнения в виде:

$$P_w = f(M(i), t, Data, F(k)) \quad (6)$$

где: P_w – прогноз чисел Вольфа.

В этом случае, математическая модель прогноза чисел Вольфа будет зависеть от многих факторов, которые в свою очередь непрерывно меняются во времени и пространстве. Это приводит к нарушениям требований МНК. Для повышения однородности исходной выборки данных предлагаются следующие процедуры.

Фактор «Место наблюдения». Любая географическая точка характеризуется следующими характеристиками: географическая широта и долгота, высота над уровнем моря, степень загрязненности атмосферы.

Если из исходного статистического массива данных чисел Вольфа отобрать наблюдения, зафиксированные в одной географической точке, то полученный массив данных будет являться однородным по отношению к специфическим особенностям места наблюдения. В этом случае можно считать, что отмечаемые изменения значений чисел Вольфа обусловлены факторами других категорий.

Таким образом, факторы категории «Место наблюдения» из разряда переменных переходят в разряд фиксированных величин $M(i) = \text{const}$ и исходная модель (6) преобразуется к виду:

$$P_w = f(t, Data, F(k)) \quad (7)$$

Используя эту процедуру, мы повышаем однородность исходного массива данных за счет исключения из рассмотрения характеристик, описывающих специфические особенности места наблюдения.

Фактор «Время суток» и «ДАТА». С астрономической точки зрения «Время» и «Дата» четко разделены. Время суток t определено вращением

Земли вокруг своей оси, а Data – координатами (x,y) расположения центра Земли на своей орбите по отношению к Солнцу. При этом сезонность описывается углом наклона оси вращения Земли к эклиптике.

Допустим, что положение Земли относительно Солнца, соответствует 1 января 1952 года (таблица 1). Эта позиция Земли по отношению к Солнцу будет отмечаться каждый год 1 января.

Таблица 1. Значения чисел Вольфа на 1 января с 1938 – 1991 годы.

№	Индекс SA	Время	День	Год
1	W1	12.00	1 января	1938
2	W2	12.00	1 января	1939
3	W3	12.00	1 января	1940
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
k	Wn	12.00	1 января	1991

Для исходных данных таблицы 1 параметры t, Data являются фиксированными величинами, и, следовательно, исходная модель (7) преобразуется к виду:

$$P_w = f(F(k)) \tag{8}$$

Таким образом, можно констатировать, что использование процедур позволяет параметры категорий «Время», «Дата» перевести в разряд фиксированных величин. Индекс W являются функцией силы гравитации.

Расчет гравитационных сил производился на основе теории приливообразующего потенциала [6]. Известно что, приливообразующий потенциал есть результат суммарного воздействия волн различной длины.

$$H = a\tau + bs + ch + dp + eN' + fp_s \tag{9}$$

где:

$s = s(T)$ - средняя долгота Луны;

$h = h(T)$ - средняя долгота Солнца;

$p = p(T)$ - долгота перигея Луны;

$N = N(T)$ - долгота восходящего узла Луны;

$p_s = (p_s)$ - долгота перигея Солнца;

τ - тип волны.

$$\tau = 360^0 * T - (s - h) + 180^0 \quad (10)$$

T - время, выраженное в юлианских столетиях. Первый юлианский год соответствует 4713 году до н.э.

Параметр N – определяет вид функции. Можно произвести полное и чисто гармоническое разложение этой функции по сферическим гармоникам:

$$U = \frac{Gm}{r} \left\{ 1 + \sum_{n=2}^{\infty} \left(\frac{a}{r} \right)^n \sum_{k=0}^n (C_{nk} \cos [k\lambda] + S_{nk} \sin [k\lambda]) P_{nk} [\sin \Phi] \right\} \quad (11)$$

где:

G – гравитационная постоянная;

m – масса планеты;

a - экваториальный радиус планеты;

r, Φ, λ – сферические координаты частицы;

P_{nk} – присоединенные функции Лежандра (при $k > 0$);

P_n – полиномы Лежандра (при $k = 0$);

C_{nk}, S_{nk} – коэффициенты тессеральных гармоник разложения потенциала;

$J_n = C_{n0}$ – коэффициенты зональных гармоник разложения потенциала.

Д. К. Картрайтом опубликовано полное разложение приливного потенциала, содержащее 550 волн [6]:

- 99 секториальных третьсуточных волн,
- 150 секториальных полусуточных волн,
- 197 тессеральных суточных волн,
- 104 зональных долгопериодических волн.

Каждая из 550 волн может быть рассмотрена в проекциях на параллель, меридиан и вертикаль в их кинематических характеристиках смещение, скорость и ускорение.

Расчет приливообразующего потенциала можно произвести при помощи уравнения:

$$W = D(c/r)^3 [\cos^2 \phi \sin^2 \delta \cos 2H + \sin 2\phi \sin 2\delta \cos H + 3(\sin^2 \phi - 1/3)(\sin^2 \delta - 1/3)] \quad (12)$$

Отсюда рассчитываются составляющие приливообразующего потенциала в проекциях на параллель, меридиан и вертикаль:

Долгопериодная (зональная) волна

вертикальная $F_w^d = D(c/r)^3 [3(\sin^2 \phi - 1/3)(\sin^2 \delta - 1/3)]$

меридианная $F_m^d = D(c/r)^3 [-3 \sin 2\phi (\sin^2 \delta - 1/3)]$

параллельная $F_p^d = 0$

Суточная (тессеральная) волна

вертикальная $F_w^s = D(c/r)^3 [\sin 2\phi \sin 2\delta \cos H]$

меридианная $F_m^s = D(c/r)^3 [-2 \cos 2\phi \sin 2\delta \cos H]$

параллельная $F_p^s = D(c/r)^3 [2 \sin \phi \sin 2\delta \sin H]$

Полусуточная (секториальная) волна

вертикальная $F_w^p = D(c/r)^3 [\cos^2 \phi \cos^2 \delta \cos 2H]$

меридианная $F_m^p = D(c/r)^3 [\sin 2\phi \cos^2 \delta \cos 2H]$

параллельная $F_p^p = D(c/r)^3 [2 \cos \phi \cos^2 \delta \sin 2H]$

где: F_B^A – верхний индекс А означает тип волны: d – долгопериодная; s – суточная; p – полусуточная; а нижний индекс В означает проекцию w – на вертикаль; m – на меридиан; p – на параллель.

$D' = 0,46051 D$ – постоянная Дудсона для Солнца.

$D = 26277 \text{ cm}^2 / \text{cek}^2$ – постоянная Дудсона для Луны.

Расчет постоянной Дудсона для планет производится по формуле:

$$D = 3mg_1 a_1^2 (a_1 + r_0)^2 / 4c^3 \quad (13)$$

где: $g_1 = 982,04 \text{ cm/cek}^2$ - ускорение свободного падения;

$a_1 = 6378160 \text{ m}$ - средний радиус Земли;

r_0 – высота над уровнем моря места наблюдения;

$c = 60,27 a_1$;

$m = m_{ob} / m_z$ - отношение массы объекта к массе Земли;

для Меркурия: $m = 0,005$; для Венеры: $m = 0,816$; для Марса: $m = 0,107$;

для Юпитера: $m = 318$; для Сатурна: $m = 95,1$; для Урана: $m = 14,6$;

для Нептуна: $m = 17,2$; c/r – радиус – вектор.

Радиус – вектор Земля – Солнце определяется формулой:

$$c/r = 1 + 0,0167301 \cos(h - p_s) + 0,000281 \sin 2(h - p_s) + 0,000005 \sin 3(h - p_s)$$

(14) Радиус – вектор Земля - Небесное тело определяется формулой:

(Луна, Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун)

$$c/r = 1 + 0,055 \cos(s - p) + 0,010 \cos(s - 2h + p) + 0,008 \cos(2s - 2h) + 0,003 \cos(2s - 2p) \quad (15)$$

ϕ – географическая широта места наблюдения на Земле

Склонение Солнца определяется формулой:

$$\sin \delta = 0,406 \sin \alpha + 0,003 \sin 3\alpha$$

где: восхождение для Солнца $\alpha = h - 0,0435 \sin 2h$

Склонение Небесного тела определяется формулой:

$$\sin \delta = 0,406 \sin \alpha + 0,008 \sin 3\alpha + 0,090 \sin(\alpha - N) + 0,006 \sin(3\alpha - N) \quad (16)$$

Восхождение для Небесного тела определяется формулой:

$$\alpha = s - 0,043 \sin 2s + 0,019 \sin N - 0,019 \sin(2s - N)$$

$H = a\tau + bs + ch + dp + eN' + fp_s$ - определяет вид функции из таблиц

где: h – средняя долгота Солнца определяется формулой:

$$h = 279,69668^0 + 36000,76892^0 * T + 0,00030^0 * T^2 \quad (17)$$

где: s - средняя долгота Небесного тела

$$\text{для Луны } s = 270,43659^0 + 481267,89057^0 * T + 0,00198^0 * T^2 + 0,000002^0 * T^3$$

$$\text{для Меркурия } s = 908103,26^0 + 538106660,097^0 * T + 1,0943^0 * T^2 + 0,0001^0 * T^3$$

$$\text{для Венеры } s = 655127,283^0 + 210669166,909^0 * T + 1,1182^0 * T^2 + 0,0001^0 * T^3$$

$$\text{для Марса } s = 1279559,789^0 + 68910107,309^0 * T + 1,1195^0 * T^2 + 0,0001^0 * T^3$$

$$\text{для Юпитера } s = 123665,342^0 + 10930690,04^0 * T + 0,8055^0 * T^2 + 0,0159^0 * T^3$$

$$\text{для Сатурна } s = 180278,897^0 + 4404639,651^0 * T + 1,8703^0 * T^2$$

$$\text{для Урана } s = 1130598,018^0 + 1547510,602^0 * T + 1,0956^0 * T^2 + 0,0001^0 * T^3$$

$$\text{для Нептуна } s = 1095655,196^0 + 791579,913^0 * T + 1,1133^0 * T^2 + 0,0001^0 * T^3$$

p_s – долгота перигея Солнца

$$p_s = 281,22083^0 + 1,71902^0 * T + 0,00045^0 * T^2 + 0,000003 * T^3$$

p – долгота перигея Небесного тела

$$\text{для Луны } p = 334,32956^0 + 4069,03403^0 * T - 0,01032^0 * T^2 - 0,00001 * T^3$$

$$\text{для Меркурия } p = 278842,029^0 + 5603,318^0 * T + 1,0652^0 * T^2 + 0,0002 * T^3$$

$$\text{для Венеры } p = 473629,346^0 + 5047,994^0 * T - 3,8618^0 * T^2 - 0,0189 * T^3$$

$$\text{для Марса } p = 1209816,842^0 + 6627,759^0 * T + 0,4864^0 * T^2 + 0,001 * T^3$$

$$\text{для Юпитера } p = 51592,713^0 + 5805,497^0 * T + 3,7132^0 * T^2 - 0,0159 * T^3$$

$$\text{для Сатурна } p = 335004,434^0 + 7069,538^0 * T + 3,015^0 * T^2 + 0,0181 * T^3$$

$$\text{для Урана } p = 622818,573^0 + 5350,965^0 * T + 0,7722^0 * T^2 + 0,0015 * T^3$$

$$\text{для Нептуна } p = 1095655,196^0 + 791579,913^0 * T + 1,1133^0 * T^2 + 0,0001 * T^3$$

$N = -N'$ – долгота восходящего узла Небесного тела

$$\text{для Луны: } N = 259,18328^0 - 1934,14201^0 * T + 0,00208^0 * T^2 + 0,000002 * T^3$$

$$\text{для Меркурия: } N = 173991,215^0 + 4270,279^0 * T + 0,6332^0 * T^2 + 0,0008 * T^3$$

$$\text{для Венеры: } N = 276047,713^0 + 3244,033^0 * T + 1,4639^0 * T^2 - 0,0003 * T^3$$

$$\text{для Марса: } N = 178409,136^0 + 2779,544^0 * T + 0,0578^0 * T^2 + 0,0082 * T^3$$

$$\text{для Юпитера: } N = 361671,986^0 + 3675,433^0 * T + 1,4440^0 * T^2 + 0,0021 * T^3$$

$$\text{для Сатурна: } N = 409195,885^0 + 3157,539^0 * T - 0,4347^0 * T^2 - 0,0084 * T^3$$

для Урана: $N = 266421,41^0 + 1876,056^0 * T + 4,8236^0 * T^2 + 0,0666 * T^3$

для Нептуна: $N = 474422,605^0 + 3967,929^0 * T + 0,9359^0 * T^2 - 0,0022 * T^3$

$$T = (T_j - T_{j_0}) / 36525 \quad (18)$$

T_j – число суток, прошедших за период с 1 юлианского года до года исследования.

T_{j_0} – число суток, прошедших за период с первого юлианского года до 1 юлианского января 1899 года.

В общей сложности в рассмотрение может быть включено 44550 характеристик (7 планет, Луна, Солнце * 3 проекции* 3 кинематические характеристики* 550 волн), которые и были использованы в качестве независимых переменных для построения моделей прогноза.

Регрессионные модели чисел Вольфа построены без использования процедур экстраполяции. При этом использовались только те характеристики результирующего потенциала, которые имеют достоверную корреляционную связь со значениями чисел ($p < 0,05$). Из кинематических характеристик включены только смещения. Чтобы исключить нарушение предположений о ранге МНК гравитационные волны были объединены в 6 групп в зависимости от проекции: меридианная (mer), параллельная (par) вертикальная (wer) и характера корреляционной связи с W ($r > 0$, $r < 0$). При построении регрессионных моделей W использовано 17824 замеров, получено 384 прогностических моделей.

Приведена модель прогноза индекса W на 1 неделю января 15.00 час.

$$W 1 = 8,859332 + 0,5825017 * Fp^{mer+}$$

$$W 2 = 38,61404 - 1,407452 * Fp^{mer-}$$

$$W 3 = 32,74683 + 1,764152 * Fp^{par+}$$

$$W 4 = 32,91996 - 1,584996 * Fp^{par-}$$

$$W 5 = 39,00345 + 2,69271 * Fp^{wer+}$$

$$W 6 = - 8,293079 - 2,0071 * Fp^{wer-}$$

$$W_{cp} = (W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6) / 6 \quad (19)$$

где: Fp^{mer+} , Fp^{mer-} – меридианный результирующий потенциал, имеющий положительное и отрицательное корреляционное воздействие на индекс W соответственно;

Fp^{par+} , Fp^{par-} – параллельный результирующий потенциал, имеющий положительное и отрицательное корреляционное воздействие на индекс W соответственно;

Fp^{ver+} , Fp^{ver-} – вертикальный результирующий потенциал, имеющий положительное и отрицательное корреляционное воздействие на индекс W соответственно.

На рис.2 представлен график значений индекса W трехчасового разрешения и его отклонение от реальных значений.

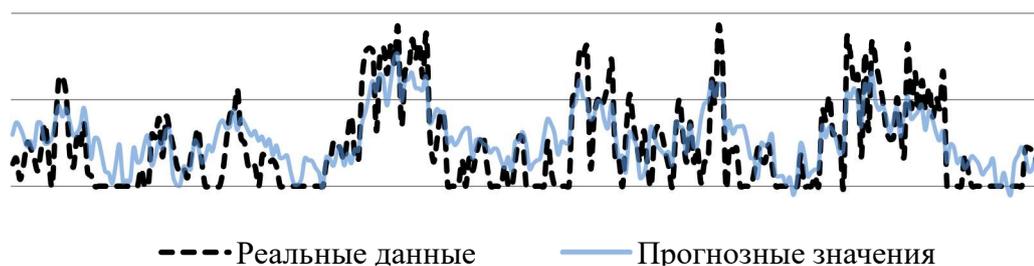


Рис.2. График реальных и модельных значений индекса W трехчасового разрешения.

Адекватность модели прогноза индекса W представлена в виде: статистическая ошибка $\sigma = \pm 0,423$, коэффициент детерминации $R^2 = 0,999$, коэффициент Фишера $F = 64,07$.

Числа Вольфа оказывают значительное влияние не только на качество радиосвязи, но также и на здоровье людей. Поэтому в качестве потребителей могут выступать медицинские учреждения МЗ РУз и само население. Проведённые научные исследования показали, что имеет место устойчивая корреляционная зависимость прединсультных состояний (ПС) человека от магнитных бурь, которые являются следствием воздействия солнечных вспышек [7].

Используем алгоритм прогноза ПС человека на основе влияния сил гравитации.

Пусть имеется база данных ПС человека в виде:

$$X = \{x_{i,j}\}, i = 1, n; j = 1, 5, \quad (20)$$

где: n – количество замеров, $j=1$ - значение ПС, $j=2$ –год, $j=3$ –месяц, $j=4$ – день и $j=5$ - время (час) замера.

Тогда, предлагаемый метод расчета можно описать в виде следующего алгоритма.

1 этап. Формируется база данных, соответствующая одной географической точке (город).

2 этап. Из сформированной базы данных отбираются значения ПС, соответствующие одному и тому же месяцу, дню (неделе) и часу замера, но зафиксированные в разные годы.

3 этап. Для данных, сформированных на 2 этапе, по значениям дата и время рассчитываются значения гравитационных волн F , воздействующих на конкретную точку Земли (город) [25]:

$$Y = \{x_{s,1}, F_{s,k}\}; s = 1, p; k = 2, 49501 \quad (p < n) \quad (21)$$

4 этап. Отбираются гравитационные волны $F(s, k)$, имеющие достоверную корреляционную связь ($p < 0,05$) с ПС. Остальные исключаются из рассмотрения.

5 этап. На основе отобранных волн формируется «чистый сигнал». В нашем исследовании введено суммирование по проекциям приливного потенциала независимо от длины волны и небесного тела. Чтобы не допустить взаимной компенсации положительно и отрицательно коррелированных волн суммирование производилось отдельно с учетом характера корреляционной связи. В итоге было получено 6 обобщенных характеристик, имеющих достоверную корреляционную связь с ПС:

$$Z = \{x_{s,1}, Sum_{s,v}\}; s \equiv 1, p; v = 2, 7 \quad (p < n) \quad (22)$$

где: $x_{s,l}$ – значения ПС;

$\text{Sum}_{s,v}$ – сумма проекций волн, имеющих положительную или отрицательную корреляционную связь с ПС.

6 этап. По МНК были построены простые регрессионные уравнения ПС от каждой из сумм. При построении на коэффициенты модели накладываем условие их эффективности не ниже уровня $p < 0,05$ по критерию Стьюдента. За окончательный результат принималась среднее – арифметическое значение простых регрессий.

ВЫВОДЫ

Результаты проведенного исследования по прогнозу чисел Вольфа без процедур экстраполяции позволяют сделать следующие выводы:

1. Системный анализ параметров солнечной активности показывает о влияние сил гравитации планет Солнечной системы на числа Вольфа.

2. Робастная предобработка экспериментальных данных повысила устойчивость математических моделей.

3. Произведен расчет сумм проекций гравитационных сил планет Солнечной системы и определены их корреляционные связи с числами Вольфа.

4. Разработаны статистические модели долгосрочного прогноза чисел Вольфа трехчасового разрешения на основе суммы проекций сил гравитации планет Солнечной системы.

5. Разработана процедура по прогнозированию чисел Вольфа на основе их корреляционных связей со значениями суммы проекций гравитационных сил планет Солнечной системы.

6. Представлен алгоритм прогноза прединсультных состояний человека на основе влияния сил гравитации планет Солнечной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бердалиева Н, Карачик Н. «Уникальный архив солнечных данных Астрономического института АН РУз». Ташкент, 2018, с. 79.

2. Гвишиани А. Д., Старостенко В. И., Сумарук Ю. П. и др. Уменьшение солнечной и геомагнитной активности с 19 – го по 24 – й цикл // Геомагнетизм и аэрономия. 2015. Т 55. № 3. С. 314–322.
3. Константиновская Л.В. Положение планет и долгосрочное прогнозирование. – Математические методы анализа цикличности в геологии, вып.6, РАЕН, М., 1994, с.113–117.
4. Руднева Н.М., Гинзбург Е.А., Нусинов А.А. Оценки сезонных вариаций магнитной активности//Гелиогеофизические исследования, 2015, выпуск 13, с.97 – 105.
5. Сергеева М.А. Влияние авроральной ионосферы на коротковолновую радиосвязь // Научная сессия ГУАП (Сборник докладов), Ч. I. Технические науки, ГУАП, Спб, 2006, с.180–182.
6. Cartwright D.E., Tayler R.I. New Computations of the Tide – generating Potential. Geophys. J. Roy. Astron. Soc., 23, с.45 – 47 (1971).
7. Kadirov R.H., Kamilov A.I., Nazarov A.I. About influences of forces of gravitation of change of a climate on the Earth. // Perspectives for the development of information technologies ITPA–2015, Tashkent – 2015, p. 164 – 167.
8. Индексы СП: <http://www.wdcb.ru/stp/data/solar.act/sunspot/ru>.