

ВРЕМЕННОЙ ПРОГНОЗ ДНЕЙ ПЕРЕХОДА ТЕМПЕРАТУР

Для осуществления временного прогноза определялись ряды Фурье для каждого из параметров исследования. Для прогноза использовалась модель из 20-ти гармоник.

Для параметров исследования:

1. Порядковый номер (с начала года) дня перехода через весенний ноль градусов;
2. Порядковый номер (с начала года) дня перехода через осенний ноль градусов;
3. Порядковый номер (с начала года) дня перехода через весенние пять градусов;
4. Порядковый номер (с начала года) дня перехода через осенние пять градусов – были построены ряды Фурье.

Рассматривался временной диапазон 1966-1996 годы. То есть каждый параметр имел период $T = 31$ (год).

При проведении спектрального анализа

находились гармоника с максимальным значением амплитуды, ее период и фаза [1].

Для аппроксимации процесса использовалась модель с двадцатью гармониками.

Для осуществления прогноза параметра исследования на 1997, 1998... годы необходимо в модель прогноза с двадцатью гармониками подставить соответственно значения $t = 1997, 1998...$ и посчитать прогнозируемое значение параметра.

Для осуществления менее точного прогноза можно воспользоваться моделью с одной гармоникой с максимальным значением амплитуды.

Модели для временного прогноза

Показатель – порядковый номер (с начала года) дня перехода через весенний ноль градусов

Максимальная по амплитуде гармоника – 5.

Модель по максимальной гармонике

$$Y(t) = 85,2920 + (8,4613) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 5 + (-3,2303)) +$$

где $\pi = 3,14$, T - период процесса = 31,00, период гармоники = 6,20; фаза = -3,230

Модель с 20 гармониками

$$Y(t) = 85,2920 + (5,3466) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 1 + (-6,0739)) + (6,5823) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 2 + (-1,61)) + (7,6552) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 3 + (-4,50)) + (7,6938) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 4 + (-1,25)) + (8,4613) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 5 + (-3,23)) + (4,7856) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 6 + (-5,68)) + (4,4550) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 7 + (-1,51)) + (5,6910) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 8 + (-4,70)) + (1,8675) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 9 + (-1,80)) + (5,3826) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 10 + (-3,00)) + (5,1970) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 11 + (-6,19)) + (3,3120) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 12 + (-1,29)) + (2,9707) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 13 + (-5,01)) + (5,7092) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 14 + (-1,19)) + (4,8951) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 15 + (-3,73)) + (2,7410) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 16 + (-,14)) + (2,2721) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 17 + (-2,68)) + (3,6405) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 18 + (-4,87)) + (3,7371) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 19 + (-,69)) +$$

Проверка по 20 гармоникам:

средняя абсолютная ошибка = 5,2092

средняя относительная ошибка в % = 5,8068

Показатель - порядковый номер (с начала года) дня перехода через осенний ноль градусов

Максимальная по амплитуде гармоника – 9

Модель по максимальной гармонике

$$Y(t) = 116,0548 + (12,3779) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 9 + (-,6047)) +$$

где $\pi = 3,14$, T - период процесса = 31,00, период гармоники = 3,44 фаза = -,605

Модель с 20 гармониками

$$Y(t) = 116,0548 + (8,4880) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 1 + (-5,9049)) + (4,2605) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 2 + (-1,94)) + (9,4660) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 3 + (-4,81)) + (5,6500) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 4 + (-,70)) + (2,0177) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 5 + (-3,61)) + (4,9113) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 6 + (-5,62)) + (6,8522) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 7 + (-1,79)) + (7,2109) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 8 + (-4,06)) + (12,3779) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 9 + (-,60)) + (7,9404) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 10 + (-3,60)) + (9,1284) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 11 + (-5,47)) + (9,6904) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 12 + (-2,04)) + (7,4554) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 13 + (-4,73)) + (5,1887) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 14 + (-,96)) + (7,5089) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 15 + (-3,88)) + (4,7382) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 16 + (-,34)) + (5,0786) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 17 + (-2,27)) + (3,6173) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 18 + (-4,84)) + (2,6579) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot t / T) \cdot 19 + (-,89)) +$$

Проверка по 20 гармоникам:

средняя абсолютная ошибка = 6,8474

средняя относительная ошибка в % = 5,6171

Показатель - порядковый номер (с начала года) дня перехода через весенние пять градусов

Максимальная по амплитуде гармоника – 1
 Модель по максимальной гармонике
 $Y(t) = 96,0077 + (8,2817) * \cos((2 * \pi * t / T) * 1 + (-5,8766)) +$
 где $\pi = 3,14$, T - период процесса = 31,00,
 период гармоника = 31,00
 фаза = -5,877

Модель с 20 гармониками
 $Y(t) = 96,0077 + (8,2817) * \cos((2 * \pi * t / T) * 1 + (-5,8766)) +$
 $+ (5,3138) * \cos((2 * \pi * t / T) * 2 + (-1,69)) +$
 $+ (6,1725) * \cos((2 * \pi * t / T) * 3 + (-4,10)) +$
 $+ (7,6040) * \cos((2 * \pi * t / T) * 4 + (-1,17)) +$
 $+ (6,4277) * \cos((2 * \pi * t / T) * 5 + (-3,08)) +$
 $+ (6,3274) * \cos((2 * \pi * t / T) * 6 + (-5,69)) +$
 $+ (5,5855) * \cos((2 * \pi * t / T) * 7 + (-1,74)) +$
 $+ (5,2824) * \cos((2 * \pi * t / T) * 8 + (-4,58)) +$
 $+ (4,3472) * \cos((2 * \pi * t / T) * 9 + (-,96)) +$
 $+ (3,6030) * \cos((2 * \pi * t / T) * 10 + (-3,00)) +$
 $+ (5,5887) * \cos((2 * \pi * t / T) * 11 + (-6,15)) +$
 $+ (4,2253) * \cos((2 * \pi * t / T) * 12 + (-1,61)) +$
 $+ (4,4461) * \cos((2 * \pi * t / T) * 13 + (-4,97)) +$
 $+ (5,7092) * \cos((2 * \pi * t / T) * 14 + (-1,34)) +$
 $+ (5,2380) * \cos((2 * \pi * t / T) * 15 + (-3,53)) +$
 $+ (3,6674) * \cos((2 * \pi * t / T) * 16 + (-6,08)) +$
 $+ (4,0016) * \cos((2 * \pi * t / T) * 17 + (-2,63)) +$
 $+ (4,1553) * \cos((2 * \pi * t / T) * 18 + (-4,91)) +$
 $+ (4,1554) * \cos((2 * \pi * t / T) * 19 + (-,77)) +$

Проверка по 20 гармоникам:
 средняя абсолютная ошибка = 6,5652
 средняя относительная ошибка в % = 6,4733

Показатель - порядковый номер (с начала года) дня перехода через осенние пять градусов

Максимальная по амплитуде гармоника – 3
 Модель по максимальной гармонике
 $Y(t) = 100,3420 + (12,4129) * \cos((2 * \pi * t / T) * 3 + (-4,5052)) +$
 где $\pi = 3,14$, T - период процесса = 31,00,
 период гармоника = 10,33
 фаза = -4,505

Модель с 20 гармониками
 $Y(t) = 100,3420 + (5,5715) * \cos((2 * \pi * t / T) * 1 + (-5,8268)) +$
 $+ (3,9941) * \cos((2 * \pi * t / T) * 2 + (-2,29)) +$
 $+ (12,4129) * \cos((2 * \pi * t / T) * 3 + (-4,51)) +$
 $+ (3,6439) * \cos((2 * \pi * t / T) * 4 + (-5,46)) +$
 $+ (7,6813) * \cos((2 * \pi * t / T) * 5 + (-3,04)) +$
 $+ (9,2289) * \cos((2 * \pi * t / T) * 6 + (-5,92)) +$
 $+ (5,7625) * \cos((2 * \pi * t / T) * 7 + (-1,78)) +$
 $+ (5,6499) * \cos((2 * \pi * t / T) * 8 + (-4,29)) +$
 $+ (8,8721) * \cos((2 * \pi * t / T) * 9 + (-,74)) +$
 $+ (6,4339) * \cos((2 * \pi * t / T) * 10 + (-3,45)) +$
 $+ (3,6585) * \cos((2 * \pi * t / T) * 11 + (-5,88)) +$
 $+ (3,9790) * \cos((2 * \pi * t / T) * 12 + (-2,08)) +$
 $+ (6,4592) * \cos((2 * \pi * t / T) * 13 + (-4,85)) +$
 $+ (4,7125) * \cos((2 * \pi * t / T) * 14 + (-1,05)) +$
 $+ (6,9646) * \cos((2 * \pi * t / T) * 15 + (-3,43)) +$
 $+ (1,7390) * \cos((2 * \pi * t / T) * 16 + (-5,93)) +$
 $+ (3,7624) * \cos((2 * \pi * t / T) * 17 + (-2,35)) +$
 $+ (2,7806) * \cos((2 * \pi * t / T) * 18 + (-5,00)) +$
 $+ (3,6810) * \cos((2 * \pi * t / T) * 19 + (-,99)) +$

Проверка по 20 гармоникам:
 средняя абсолютная ошибка = 5,8920
 средняя относительная ошибка в % = 5,5943

Использованная литература:

1. Бендат Д.Ж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. – М.: Мир, 1974.