

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВРЕМЕНИ РОДОВ ПО ПРИЛИВНЫМ ИЗМЕНЕНИЯМ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ

Рассматривается применение факторного и спектрального анализа для нахождения базовых параметров, которые используются в качестве параметров-аргументов в параметрических моделях прогноза.

Приводятся результаты прогноза, осуществленного по моделям, построенным методом наименьших квадратов и методом Д. Брандона.

Ключевые слова: анализ, факторный, спектральный, прогноз, ошибка, базовый.

Для реализации прогноза была построена матрица исследования со следующими параметрами-столбиками:

часы со дня года нарастающим итогом (деленные на 100)

поправка в момент времени– 0

поправка в момент времени– 1

поправка в момент времени– 2

поправка в момент времени– 3

поправка в момент времени– 4

поправка в момент времени– 5

поправка в момент времени– 6

поправка в момент времени– 7

поправка в момент времени– 8

поправка в момент времени– 9

поправка в момент времени-10

поправка в момент времени-11

поправка в момент времени-12

поправка в момент времени-13

поправка в момент времени-14

поправка в момент времени-15

поправка в момент времени-16

поправка в момент времени-17

поправка в момент времени-18

поправка в момент времени-19

поправка в момент времени-20

поправка в момент времени-21

поправка в момент времени-22

поправка в момент времени-23

скорость поправки в момент времени– 0

скорость поправки в момент времени– 1

скорость поправки в момент времени– 2

скорость поправки в момент времени– 3

скорость поправки в момент времени– 4

скорость поправки в момент времени– 5

скорость поправки в момент времени– 6

скорость поправки в момент времени– 7

скорость поправки в момент времени– 8

скорость поправки в момент времени– 9

скорость поправки в момент времени-10

скорость поправки в момент времени-11

скорость поправки в момент времени-12

скорость поправки в момент времени-13

скорость поправки в момент времени-14

скорость поправки в момент времени-15

скорость поправки в момент времени-16

скорость поправки в момент времени-17

скорость поправки в момент времени-18

скорость поправки в момент времени-19

скорость поправки в момент времени-20

скорость поправки в момент времени-21

скорость поправки в момент времени-22

скорость поправки в момент времени-23

ускорение поправки в момент времени– 0

ускорение поправки в момент времени– 1

ускорение поправки в момент времени– 2

ускорение поправки в момент времени– 3

ускорение поправки в момент времени– 4

ускорение поправки в момент времени– 5

ускорение поправки в момент времени– 6

ускорение поправки в момент времени– 7

ускорение поправки в момент времени– 8

ускорение поправки в момент времени– 9

ускорение поправки в момент времени-10

ускорение поправки в момент времени-11

ускорение поправки в момент времени-12

ускорение поправки в момент времени-13

ускорение поправки в момент времени-14

ускорение поправки в момент времени-15

ускорение поправки в момент времени-16

ускорение поправки в момент времени-17

ускорение поправки в момент времени-18

ускорение поправки в момент времени-19

ускорение поправки в момент времени-20

количество нулей производной-4
 среднее время нулей производной-1
 среднее время нулей производной-2
 среднее время нулей производной-3
 среднее время нулей производной-4
 показатель (время родов).

Строчками-наблюдениями в матрице исследования были значения параметров исследования по дням родов.

Было взято 190 родов для построения моделей прогноза.

Все времена родов были упорядочены по возрастанию с начала года рассмотрения и поделены на сто для получения более точных результатов (первый столбец матрицы исследования).

Суточное время родов было в последнем столбце матрицы исследования.

В качестве параметров-аргументов [2] в параметрических моделях прогноза рассматривались базовые параметры, найденные факторным анализом [4–7], и базовые параметры, найденные спектральным анализом [1].

В случае факторного анализа базовые параметры – это параметры, которые имеют максимальное значение модуля факторной нагрузки среди всех модулей факторных нагрузок параметров, объединившихся в соответствующих факторах.

В случае спектрального анализа базовые параметры – это параметры, у которых гармоника с максимальной амплитудой имеет тот же период и ту же фазу (или близкие значения), что и гармоника с максимальной амплитудой для суточного времени родов.

Базовые параметры, найденные факторным анализом:

- в факторе-10 базовый параметр-1 часы со дня года нарастающим итогом (деленные на 100),
- в факторе-3 базовый параметр – 4 поправка в момент времени – 2,
- в факторе-4 базовый параметр – 9 поправка в момент времени – 7,
- в факторе-2 базовый параметр – 113 четвертая производная поправки в момент времени – 15,
- в факторе-1 базовый параметр – 116 четвертая производная поправки в момент времени – 18,
- в факторе-7 базовый параметр – 123 количество нулей производной – 2,

- в факторе-6 базовый параметр – 124 количество нулей производной – 3,
- в факторе-5 базовый параметр – 125 количество нулей производной – 4,
- в факторе-9 базовый параметр – 127 среднее время нулей производной – 2.

Спектральные характеристики **суточного**

времени родов:

- количество гармоник для Фурье-анализа – 96,
- максимальная по амплитуде гармоника – 23,

– модель по максимальной гармонике

$$Y(t) = 12.646468 + (2.931872) * \cos((2 * \pi * t / T) * 23 + (-5.493880)), (1)$$
 период гармоника – 3.591334,
 фаза гармоника – (-5.493880).

Базовые параметры, найденные спектральным анализом:

– **параметр-27, скорость поправки в момент времени – 1:**

- количество гармоник для Фурье-анализа – 96,
- максимальная по амплитуде гармоника – 23,

– модель по максимальной гармонике

$$Y(t) = 1.142422 + (15.144871) * \cos((2 * \pi * t / T) * 23 + (-5.119105)), (2)$$
 период гармоника – 3.591334,
 фаза гармоника – (-5.119105).

– **параметр-28, скорость поправки в момент времени – 2:**

- количество гармоник для Фурье-анализа – 96,
- максимальная по амплитуде гармоника – 23,

– модель по максимальной гармонике

$$Y(t) = -2.503359 + (15.225729) * \cos((2 * \pi * t / T) * 23 + (-5.569974)), (3)$$
 период гармоника – 3.591334,
 фаза гармоника – (-5.569974).

– **параметр-61, ускорение поправки в момент времени – 11:**

- количество гармоник для Фурье-анализа – 96,
- максимальная по амплитуде гармоника – 23,

– модель по максимальной гармонике

$$Y(t) = -1.442547 + (6.517144) * \cos((2 * \pi * t / T) * 23 + (-5.415595)), (4)$$
 период гармоника – 3.591334,

фаза гармоника – (-5.415594).
 – параметр-82, третья производная поправки в момент времени – 8:

– количество гармоник для Фурье-анализа – 96,
 – максимальная по амплитуде гармоника – 23,

– модель по максимальной гармонике
 $Y(t) = -0.696606 + (3.266359) * \cos((2 * \pi * t / T) * 23 + (-5.465679))$, (5)
 период гармоника – 3.591334,
 фаза гармоника – (-5.465678).

– параметр-103, четвертая производная поправки в момент времени – 5:

– количество гармоник для Фурье-анализа – 96,
 – максимальная по амплитуде гармоника – 23,

– модель по максимальной гармонике
 $Y(t) = -0.324256 + (1.602007) * \cos((2 * \pi * t / T) * 23 + (-5.532101))$, (6)
 период гармоника – 3.591334,
 фаза гармоника – (-5.532100).

– параметр-115, четвертая производная поправки в момент времени – 17:

– количество гармоник для Фурье-анализа – 96,
 – максимальная по амплитуде гармоника – 23,

– модель по максимальной гармонике
 $Y(t) = -0.307349 + (1.584638) * \cos((2 * \pi * t / T) * 23 + (-5.369502))$, (7)
 период гармоника – 3.591334,
 фаза гармоника – (-5.369502).

Прогноз суточного времени родов на базовых параметрах, найденных факторным анализом:

– модель, построенная методом наименьших квадратов

$$y = + (0.17850136185670e-4) * (x1)^{**3} + (8) + (-0.55547417249883e-2) * (x1)^{**2} + (0.36850834928206e0) * (x1)^{**1} + (-0.86160577835516e-6) * (x4)^{**3} + (-0.26966600969317e-4) * (x4)^{**2} + (0.79340445446916e-1) * (x4)^{**1} + (0.86157782365759e-5) * (x9)^{**3} + (-0.24063361803708e-2) * (x9)^{**2}$$

$$y = y + (0.20391693252051e0) * (x9)^{**1} + (-0.20765902407360e-1) * (x116)^{**3} + (0.65013459887918e0) * (x116)^{**2} +$$

$$+ (0.22042623434275e1) * (x116)^{**1} + (-0.85814926060870e-1) * (x113)^{**3} + (0.10305897123557e1) * (x113)^{**2} + (-0.10652289093444e1) * (x113)^{**1} + (0.17637144378882e1) * (x123)^{**3}$$

$$y = y + (-0.13416858466836e2) * (x123)^{**2} + (0.28873086722211e2) * (x123)^{**1} + (-0.56612096725776e1) * (x124)^{**3} + (0.32288414484193e2) * (x124)^{**2} + (-0.16062339402182e2) * (x124)^{**1} + (0.36772149413574e0) * (x125)^{**3} + (-0.66915678086002e1) * (x125)^{**2} + (0.38186478531790e2) * (x125)^{**1}$$

$$y = y + (0.72452622433818e-2) * (x127)^{**3} + (-0.47706973386326e0) * (x127)^{**2} + (0.87075648817261e1) * (x127)^{**1} + (-0.22513653133853e3),$$

где в (8) $тер = m * 10^{**p}$,

* – умножение, ** – возведение в степень.

Средняя абсолютная ошибка аппроксимации – 4.868673.

Таблица 1. Вклады параметров-аргументов в модели (8)

Номер:	Название параметра	Вклад :
:	1: часы со дня года нарастающим	: 0.01415:
:	: итогом (деленные на 100)	: :
:	4: поправка в момент времени- 2	: 0.00539:
:	9: поправка в момент времени- 7	: 0.02120:
:	116: четвертая производная	: 0.00234:
:	: поправки в момент времени-18	: :
:	113: четвертая производная	: 0.00204:
:	: поправки в момент времени-15	: :
:	123: количество нулей	: 0.20771:
:	: производной-2	: :
:	124: количество нулей	: 0.46668:
:	: производной-3	: :
:	125: количество нулей	: 0.16787:
:	: производной-4	: :
:	127: среднее время нулей	: 0.11260:
:	: производной-2	: :

Результаты прогноза:

исход= 23.000000 прогноз= 12.124461
ошибка= 10.875539

исход= 4.830000 прогноз= 10.560796
ошибка= 5.730796

исход= 3.670000 прогноз= 9.503646
ошибка= 3.670000

ка= 5.833646
 исход= 13.750000 прогноз= 9.084411
 ошибка= 4.665589
 исход= 10.400000 прогноз= 13.485812
 ошибка= 3.085812
 исход= 19.750000 прогноз= 13.408462
 ошибка= 6.341538
 исход= 1.330000 прогноз= 8.350811 ошиб-
 ка= 7.020811
 исход= 18.000000 прогноз= 8.318625
 ошибка= 9.681375
 исход= 6.000000 прогноз= 6.221815 ошиб-
 ка= 0.221815
 исход= 19.000000 прогноз= 6.196654
 ошибка= 12.803346

Средняя абсолютная ошибка прогноза-
 6.626026.

– модель, построенная методом Д. Бран-
 дона

$$y = +(-4.3970765196) \cdot (x_1)^0 (9) + (0.2848125299) \cdot (x_1)^1 + (-0.0031817709) \cdot (x_1)^2 + (5.3374853253) \cdot (x_4)^0 + (0.1247858171) \cdot (x_4)^1 + (-0.0004067487) \cdot (x_4)^2 + (-0.7424377457) \cdot (x_9)^0 + (0.0183543143) \cdot (x_9)^1 + (-0.0000808389) \cdot (x_9)^2 + (0.1287987845) \cdot (x_{116})^0 + (1.7961311940) \cdot (x_{116})^1$$

Таблица 2. Вклады параметров-аргументов
 в модели (9)

НОМЕР	НАЗВАНИЕ ПАРАМЕТРА	ВКЛАД В МОДЕЛЬ
1	часы со дня года нарастающим итогом (деленные на 100)	0.0854
4	поправка в момент времени- 2	0.7016
9	поправка в момент времени- 7	0.0102
116	четвертая производная поправки в момент времени-18	0.0752
113	четвертая производная поправки в момент времени-15	0.0372
123	количество нулей производной-2	0.0322
124	количество нулей производной-3	0.0024
125	количество нулей производной-4	0.0208
127	среднее время нулей производной-2	0.0349

$$+ (0.5072833433) \cdot (x_{116})^2 + (-0.7395319503) \cdot (x_{113})^0 + (-0.8004769665) \cdot (x_{113})^1 + (0.5501638427) \cdot (x_{113})^2 + (4.9059412919) \cdot (x_{123})^0 + (-1.8777350480) \cdot (x_{123})^1 + (0.1401980793) \cdot (x_{123})^2 + (0.5860375203) \cdot (x_{124})^0 + (-0.1529493528) \cdot (x_{124})^1 + (-30.5283156091) \cdot (x_{125})^0 + (13.1344387681) \cdot (x_{125})^1 + (-1.3686011851) \cdot (x_{125})^2 + (-19.9335900469) \cdot (x_{127})^0 + (3.1363602124) \cdot (x_{127})^1 + (-0.1195727127) \cdot (x_{127})^2,$$

где в (9) * – умножение, ^ – возведение в степень.
 Средняя абсолютная ошибка аппроксима-
 ции – 4.93.

Результаты прогноза:

исход= 23.000000 прогноз= 11.162653
 ошибка= 11.837347
 исход= 4.830000 прогноз= 9.811751 ошиб-
 ка= 4.981751
 исход= 3.670000 прогноз= 8.518494 ошиб-
 ка= 4.848494
 исход= 13.750000 прогноз= 8.977346
 ошибка= 4.772654
 исход= 10.400000 прогноз= 14.400936
 ошибка= 4.000936
 исход= 19.750000 прогноз= 13.366672
 ошибка= 6.383328

исход= 1.330000 про-
 гноз= 7.551128 ошибка= 6.221128
 исход= 18.000000 про-
 гноз= 7.506086 ошибка= 10.493914
 исход= 6.000000 про-
 гноз= 5.671603 ошибка= 0.328397
 исход= 19.000000 про-
 гноз= 5.636256 ошибка= 13.363744

Средняя абсолютная
 ошибка прогноза – 6.723169.

Прогноз суточного вре-
 мени родов на базовых пара-
 метрах, найденных спектр-
 альным анализом: -модель,
 построенная методом наи-
 меньших квадратов

$$\begin{aligned}
 &y=+ \\
 &+(0.15030116794875e-3)*(x27)**3+(10) \\
 &+(0.12991861201308e-1)*(x27)**2+ \\
 &+(-0.19033342681548e0)*(x27)**1+ \\
 &+(-0.18690604090305e-5)*(x28)**3+ \\
 &+(-0.89800939227000e-2)*(x28)**2+ \\
 &+(0.96360414622217e0)*(x28)**1+ \\
 &+(0.64863073462594e-2)*(x61)**3+ \\
 &+(0.10677476238431e0)*(x61)**2 \\
 &y=y+ \\
 &+(0.35873054095090e1)*(x61)**1+ \\
 &+(-0.12848161161120e0)*(x82)**3+ \\
 &+(-0.17453989580469e1)*(x82)**2+ \\
 &+(-0.98131846353826e1)*(x82)**1+ \\
 &+(0.10916685520672e1)*(x103)**3+ \\
 &+(0.74828803343457e1)*(x103)**2+ \\
 &+(-0.48490459198070e1)*(x103)**1+ \\
 &+(-0.26483735595992e0)*(x115)**3 \\
 &y=y+ \\
 &+(-0.11579451914676e1)*(x115)**2+ \\
 &+(0.21582354567014e1)*(x115)**1+ \\
 &+(0.11106421172908e2),
 \end{aligned}$$

где в (10)

тер= $m \cdot 10^{**p}$,
* – умножение, ** – возведение в степень.

Средняя абсолютная ошибка аппроксимации – 4.950391.

Таблица 3. Вклады параметров-аргументов в модели (10)

Номер:	Название параметра	Вклад :
: 27:	скорость поправки в момент времени- 1	: 0.04906:
: 28:	скорость поправки в момент времени- 2	: 0.11977:
: 61:	ускорение поправки в момент времени-11	: 0.22933:
: 82:	третья производная поправки в момент времени- 8	: 0.36157:
: 103:	четвертая производная поправки в момент времени- 5	: 0.19225:
: 115:	четвертая производная поправки в момент времени-17	: 0.04803:

Результаты прогноза:

исход= 23.000000 прогноз= 12.782348
ошибка= 10.217652
исход= 4.830000 прогноз= 11.639807
ошибка= 6.809807

исход= 3.670000 прогноз= 10.458664
ошибка= 6.788664
исход= 13.750000 прогноз= 8.452844
ошибка= 5.297156
исход= 10.400000 прогноз= 11.687055
ошибка= 1.287055
исход= 19.750000 прогноз= 11.002314
ошибка= 8.747686
исход= 1.330000 прогноз= 9.543847
ошибка= 8.213847
исход= 18.000000 прогноз= 9.543847
ошибка= 8.456153
исход= 6.000000 прогноз= 8.474486
ошибка= 2.474486
исход= 19.000000 прогноз= 8.474486
ошибка= 10.525514
Средняя абсолютная ошибка прогноза – 6.881802.

– модель, построенная методом Д. Брандона

$$y=+(-0.8531650746)*(x27)^0(11)$$

$$\begin{aligned}
 &+(-0.0581700431)*(x27)^1 \\
 &+(0.0035816812)*(x27)^2 \\
 &+(1.5744807974)*(x28)^0 \\
 &+(0.0208370138)*(x28)^1 \\
 &+(-0.0061902411)*(x28)^2 \\
 &+(1.8946254769)*(x61)^0 \\
 &+(-0.3723512289)*(x61)^1 \\
 &+(-0.0560678783)*(x61)^2 \\
 &+(10.1179219938)*(x103)^0 \\
 &+(2.5227306316)*(x103)^1 \\
 &+(1.7462226256)*(x103)^2,
 \end{aligned}$$

где в (11) * – умножение, ^ – возведение в степень.

Средняя абсолютная ошибка аппроксимации -4.98.

Таблица 4. Вклады параметров-аргументов в модели (11)

НОМЕР	НАЗВАНИЕ ПАРАМЕТРА	ВКЛАД В МОДЕЛЬ
27	скорость поправки в момент времени- 1	0.0585
28	скорость поправки в момент времени- 2	0.0908
61	ускорение поправки в момент времени-11	0.1139
103	четвертая производная поправки в момент времени- 5	0.7367

Результаты прогноза:

исход= 23.000000 прогноз= 12.419593
ошибка= 10.580407

исход= 4.830000 прогноз= 11.000949 ошибка= 6.170949

исход= 3.670000 прогноз= 9.946064 ошибка= 6.276064

исход= 13.750000 прогноз= 10.485134 ошибка= 3.264866

исход= 10.400000 прогноз= 13.914564 ошибка= 3.514564

исход= 19.750000 прогноз= 13.425269 ошибка= 6.324731

исход= 1.330000 прогноз= 9.825393 ошибка= 8.495393

исход= 18.000000 прогноз= 9.825393 ошибка= 8.174607

исход= 6.000000 прогноз= 8.532868 ошибка= 2.532868

исход= 19.000000 прогноз= 8.532868 ошибка= 10.467132

Средняя абсолютная ошибка прогноза – 6.580158.

Выводы

1. Факторный анализ по результатам объединений параметров в факторах позволяет найти в каждом факторе базовый параметр.

2. Спектральный анализ дает возможность по спектральным характеристикам определить базовые параметры для моделей прогноза.

3. Отсутствие больших отличий в средних абсолютных ошибках аппроксимации и прогноза для различных базовых параметров говорит о правильности выбора базовых параметров.

4. Использование базовых параметров в качестве параметров-аргументов в параметрических моделях прогноза позволяет минимизировать число параметров исследования и упростить прогноз.

5. Показана возможность использования характеристик приливных изменений силы тяжести для прогноза суточных времен родов.

17.09.2010

Список литературы:

1. Бендат Д. Ж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. – М.: Мир, 1974.
2. Драйпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. – М.: Статистика, 1973.
3. Brandon D. B. Developing Mathematical Models for Computer Control // USA Journal, 1959, V. S, N7.
4. Харман Г. Современный факторный анализ. – М.: Статистика, 1972.
5. Иберла К. Факторный анализ. – М.: Статистика, 1980.
6. Lawley D.M. The estimation of factor loadings by the method of maximum likelihood. Proc. roy. Soc. Edinb. Abo. 64-82 (1940).
7. Kaiser H. F. [1]. The varimax criterio for analytic rotation in factor analysis // Psychometrica, 23, 187-200 (1958).

Сведения об авторах:

Чепасов Валерий Иванович, заведующий кафедрой информационных систем и технологий Оренбургского государственного университета, доктор технических наук, профессор
Константинова Ольга Дмитриевна, заведующий кафедрой акушерства и гинекологии Оренбургской государственной медицинской академии, доктор медицинских наук, профессор 460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, тел. (3532) 646225, e-mail: ist@unpk.osu.ru

UDC 519.237.7:616-073.584:618.4

Chepasov VI, Konstantinova OD

FORECAST OF DELIVERY TIME ON TIDAL GRAVITY CHANGES

The application of factor and spectral analysis to find the basic parameters that are used as parameters-arguments in the parametric model prediction is considered in this work.

The results of the forecast, carried out on models constructed using the least squares method and method of D. Brandon.

Key words: analysis, factor, spectral, forecast error, base.

References:

- 1 D. Bendat J., Piersol A. Measurement and analysis of random processes. – M.: Mir, 1974.
- 2 Drayper N., Smith H. Applied regression analysis. – Moscow: Statistics, 1973.
- 3 Brandon D. B. Developing Mathematical Models for Computer Control, USA Journal, 1959, VS, N7.
- 4 Harman G. Modern factor analysis. – M.: Statistika, 1972.
- 5 Iberl C. Factor analysis. – M.: Statistics, 1980.
- 6 Lawley D.M. The estimation of factor loadings by the method of maximum likelihood. Proc. roy. Soc. Edinb. Abo. 64-82 (1940).
- 7 Kaiser H. F. [1]. The varimax criterio for analytic rotation in factor analysis. Psychometrica, 23, 187-200 (1958).