

## ПРОГНОЗ КОЛИЧЕСТВА ВЫЗОВОВ СКОРОЙ ПОМОЩИ ВО ВРЕМЕННОЙ И СПЕКТРАЛЬНОЙ ОБЛАСТЯХ

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

- время, часы,
- поправка приливных изменений силы тяжести,
- скорость поправки приливных изменений силы тяжести,
- ускорение поправки приливных изменений силы тяжести,
- третья производная поправки приливных изменений силы тяжести,
- четвертая производная поправки приливных изменений силы тяжести,
- общее количество вызовов скорой помощи по астме.

Строчками-наблюдениями в матрице исследования были значения рассматриваемых параметров по часам суток.

Во временной области была построена параметрическая модель прогноза общего количества вызовов скорой помощи по астме.

Параметрами-аргументами в параметрической модели прогноза были поправки, скорости, ускорения, третьи, четвертые производные приливных изменений силы тяжести.

Полиномиальные модели прогноза строились методом наименьших квадратов и упрощенным методом Д. Брандона [2, 3].

Модель параметрического прогноза, построенная методом наименьших квадратов для общего количества вызовов скорой помощи по астме:

$$\begin{aligned}
 y = & + (0,883304187323261D-08) * (x2) **4 + \\
 & + (-0,454222046856311D-05) * (x2) **3 + \\
 & + (0,722235408563517D-03) * (x2) **2 + \\
 & + (-0,395172753710683D-01) * (x2) **1 + \\
 & + (-0,404821124397267D-06) * (x3) **4 + \\
 & + (0,885173842830225D-05) * (x3) **3 + \\
 & + (0,136047404919904D-03) * (x3) **2 + \\
 & + (-0,411157126213441D-02) * (x3) **1 \\
 y = & y + \\
 & + (-0,757989901217949D-04) * (x4) **4 + \\
 & + (-0,115477672673857D-02) * (x4) **3 + \\
 & + (0,734572331998700D-02) * (x4) **2 +
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 & + (0,944060460514306D-01) * (x4) **1 + \\
 & + (0,201597036172287D-02) * (x5) **4 + \\
 & + (0,438495131453898D-02) * (x5) **3 + \\
 & + (-0,756474419520866D-01) * (x5) **2 + \\
 & + (-0,661480161886163D-01) * (x5) **1 \\
 y = & y + \\
 & + (0,152813713880687D-01) * (x6) **4 + \\
 & + (-0,730960423910222D-01) * (x6) **3 + \\
 & + (-0,642614986236707D-02) * (x6) **2 + \\
 & + (0,300358265624334D+00) * (x6) **1 + \\
 & + (0,152301142439387D+01) ,
 \end{aligned}$$

где в (1)  $y$  – общее количество вызовов скорой помощи по астме,

$x_2$  – поправка приливных изменений силы тяжести,

$x_3$  – скорость поправки приливных изменений силы тяжести,

$x_4$  – ускорение поправки приливных изменений силы тяжести,

$x_5$  – третья производная поправки приливных изменений силы тяжести,

$x_6$  – четвертая производная поправки приливных изменений силы тяжести,

\* – умножение,

\*\* – возведение в степень,

$$mDp = m * 10^{**p}.$$

Средняя абсолютная ошибка прогноза по модели (1) составила 0,4892.

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

Номер:	Название параметра	Вклад
2:	(поправка)	0,82552:
3:	(скорость поправки)	0,01565:
4:	(ускорение поправки)	0,09362:
5:	(третья производная поправки)	0,04215:
6:	(четвертая производная поправки)	0,02307:

Модель параметрического прогноза, построенная упрощенным методом Д. Брандона для общего количества вызовов скорой помощи по астме:

$$\begin{aligned}
 y = & +0,3268 * x_2 **0 + (-0,0049) * (x_2) **1 (2) \\
 & + (0,0001) * (x_2) **2 + (0,0000) * (x_2) **3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &+ (0,0869) * (x3) **0 + (-0,0094) * (x3) **1 \\
 &+ (-0,0002) * (x3) **2 + (0,0000) * (x3) **3 \\
 &+ (0,1750) * (x4) **0 + (0,0384) * (x4) **1 \\
 &+ (-0,0021) * (x4) **2 + (0,0000) * (x4) **3 \\
 &+ (0,2862) * (x5) **0 + (-0,0560) * (x5) **1 \\
 &+ (-0,0307) * (x5) **2 + (0,0030) * (x5) **3 \\
 &+ (0,1310) * (x6) **0 + (0,1702) * (x6) **1 \\
 &+ (-0,0524) * (x6) **2 + (-0,0160) * (x6) **3,
 \end{aligned}$$

где в (2) у - общее количество вызовов скорой помощи по астме,

x2 - поправка приливных изменений силы тяжести,

x3 - скорость поправки приливных изменений силы тяжести,

x4 - ускорение поправки приливных изменений силы тяжести,

x5 - третья производная поправки приливных изменений силы тяжести,

x6 - четвертая производная поправки приливных изменений силы тяжести,

\* – умножение, \*\* – возведение в степень.

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

НОМЕР	НАЗВАНИЕ ПАРАМЕТРА	ВКЛАД В МОДЕЛЬ
2	(поправка)	0,3133
3	(скорость поправки)	0,1155
4	(ускорение поправки)	0,2619
5	(третья производная поправки)	0,1802
6	(четвертая производная поправки)	0,1290

Таблица 3. Характеристики модели (2)

ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДЕЛИ	ЗНАЧЕНИЯ
Коэффициент детерминации	0,35
Средняя абсолютная ошибка	0,50
Средняя ошибка в процентах	119,48

На исходной матрице исследования был проведен спектральный анализ [1], и была построена матрица исследования со следующими параметрами-столбиками:

– амплитудный спектр поправки приливных изменений силы тяжести,

– фазовый спектр поправки приливных изменений силы тяжести,

– амплитудный спектр скорости поправки приливных изменений силы тяжести,

– фазовый спектр скорости поправки приливных изменений силы тяжести,

– амплитудный спектр ускорения поправки приливных изменений силы тяжести,

– фазовый спектр ускорения поправки приливных изменений силы тяжести,

– амплитудный спектр третьей производной поправки приливных изменений силы тяжести,

– фазовый спектр третьей производной поправки приливных изменений силы тяжести,

– амплитудный спектр четвертой производной поправки приливных изменений силы тяжести,

– фазовый спектр четвертой производной поправки приливных изменений силы тяжести,

– амплитудный спектр общего количества вызовов скорой помощи по астме,

– фазовый спектр общего количества вызовов скорой помощи по астме.

На матрице исследования в спектральной области были построены модели параметрического прогноза для амплитудного и фазового спектров общего количества вызовов скорой помощи по астме.

Модель для амплитудного спектра общего количества вызовов скорой помощи по астме (метод наименьших квадратов):

$$\begin{aligned}
 &Y = + \quad (3) \\
 &+ (-0,169533902328289D-04) * (x1) **4 + \\
 &+ (0,183237288477835D-02) * (x1) **3 + \\
 &+ (0,238932391964254D+00) * (x1) **2 + \\
 &+ (-0,552816507791343D+01) * (x1) **1 + \\
 &+ (0,277058428672508D+00) * (x2) **4 + \\
 &+ (0,217804744351048D+02) * (x2) **3 + \\
 &+ (0,176056386823986D+03) * (x2) **2 + \\
 &+ (0,477457120355928D+03) * (x2) **1 \\
 &Y = y + \\
 &+ (-0,383489783073666D-01) * (x3) **4 + \\
 &+ (0,111630886356750D+01) * (x3) **3 + \\
 &+ (-0,724320466568398D+01) * (x3) **2 + \\
 &+ (0,179057771837624D+02) * (x3) **1 + \\
 &+ (0,241422685515127D+00) * (x4) **4 + \\
 &+ (0,223257428735320D+01) * (x4) **3 + \\
 &+ (0,360310386987975D+01) * (x4) **2 + \\
 &+ (-0,602011480188433D+01) * (x4) **1 \\
 &Y = y + \\
 &+ (-0,127691105394830D+01) * (x5) **4 + \\
 &+ (0,741686433400567D+01) * (x5) **3 + \\
 &+ (-0,283438654016581D+02) * (x5) **2 + \\
 &+ (0,438005894147917D+01) * (x5) **1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + (0,109224480629159D+01) * (x6) **4+ \\
& + (0,209809766401656D+02) * (x6) **3+ \\
& + (0,137537609480455D+03) * (x6) **2+ \\
& + (0,356371571012595D+03) * (x6) **1
\end{aligned}$$

Y=Y+

$$\begin{aligned}
& + (0,194966639474404D+03) * (x7) **4+ \\
& + (-0,335327452535952D+03) * (x7) **3+ \\
& + (0,345745061541290D+03) * (x7) **2+ \\
& + (-0,678063930427670D+02) * (x7) **1+ \\
& + (0,165087915922881D-02) * (x8) **4+ \\
& + (-0,103349894321396D+01) * (x8) **3+ \\
& + (-0,116107065392146D+02) * (x8) **2+ \\
& + (-0,442242768714014D+02) * (x8) **1
\end{aligned}$$

Y=Y+

$$\begin{aligned}
& + (-0,194834885275974D+04) * (x9) **4+ \\
& + (0,915193092157930D+03) * (x9) **3+ \\
& + (-0,129858882406047D+03) * (x9) **2+ \\
& + (-0,454770482436410D+02) * (x9) **1+ \\
& + (0,379142650016738D+00) * (x10) **4+ \\
& + (0,353333316385117D+01) * (x10) **3+ \\
& + (0,118700688420820D+02) * (x10) **2+ \\
& + (0,160259844657042D+02) * (x10) **1 \\
& + (0,681873654582707D+03),
\end{aligned}$$

где в (3)  $y$  – амплитудный спектр общего количества вызовов скорой помощи по астме,

$x1$  – амплитудный спектр поправки приливных изменений силы тяжести,

$x2$  – фазовый спектр поправки приливных изменений силы тяжести,

$x3$  – амплитудный спектр скорости поправки приливных изменений силы тяжести,

$x4$  – фазовый спектр скорости поправки приливных изменений силы тяжести,

$x5$  – амплитудный спектр ускорения поправки приливных изменений силы тяжести,

$x6$  – фазовый спектр ускорения поправки приливных изменений силы тяжести,

$x7$  – амплитудный спектр третьей производной поправки приливных изменений силы тяжести,

$x8$  – фазовый спектр третьей производной поправки приливных изменений силы тяжести,

$x9$  – амплитудный спектр четвертой производной поправки приливных изменений силы тяжести,

$x10$  – фазовый спектр четвертой производной поправки приливных изменений силы тяжести,

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

Средняя абсолютная ошибка прогноза по модели (3) составила 0,00000059.

Таблица 4. Вклады параметров-аргументов в модели (3)

Номер	Название параметра	Вклад
1	амплитудный спектр- (поправка)	0,07223
2	фазовый спектр- (поправка)	0,13809
3	амплитудный спектр- (скорость поправки)	0,08479
4	фазовый спектр- (скорость поправки)	0,01610
5	амплитудный спектр- (ускорение поправки)	0,05256
6	фазовый спектр- (ускорение поправки)	0,42636
7	амплитудный спектр- (третья производная поправки)	0,12224
8	фазовый спектр- (третья производная поправки)	0,01631
9	амплитудный спектр- (четвертая производная поправки)	0,05364
10	фазовый спектр- (четвертая производная поправки)	0,01767

Модель для фазового спектра общего количества вызовов скорой помощи по астме (метод наименьших квадратов):

$y = + (4)$

$$\begin{aligned}
& + (0,951005110818047D-02) * (x1) **4+ \\
& + (-0,103467303255534D+01) * (x1) **3+ \\
& + (-0,141499337458614D+03) * (x1) **2+ \\
& + (0,313100216362964D+04) * (x1) **1+ \\
& + (-0,220615974340587D+04) * (x2) **4+ \\
& + (-0,321419157718870D+05) * (x2) **3+ \\
& + (-0,167230107249992D+06) * (x2) **2+ \\
& + (-0,372826242737732D+06) * (x2) **1
\end{aligned}$$

Y=Y+

$$\begin{aligned}
& + (0,236181500097250D+02) * (x3) **4+ \\
& + (-0,582077743187016D+03) * (x3) **3+ \\
& + (0,206872448993328D+04) * (x3) **2+ \\
& + (-0,280045358875130D+04) * (x3) **1+ \\
& + (-0,454774272543304D+02) * (x4) **4+ \\
& + (-0,283027460641719D+03) * (x4) **3+ \\
& + (0,168370944106642D+03) * (x4) **2+ \\
& + (0,112849153588763D+04) * (x4) **1
\end{aligned}$$

Y=Y+

$$\begin{aligned}
& + (0,112026633636513D+03) * (x5) **4+ \\
& + (-0,565837327122872D+03) * (x5) **3+ \\
& + (0,707321827533662D+04) * (x5) **2+ \\
& + (0,264593248969648D+03) * (x5) **1+ \\
& + (-0,179877935556748D+03) * (x6) **4+ \\
& + (-0,276651227505234D+04) * (x6) **3+ \\
& + (-0,122214434504092D+05) * (x6) **2+ \\
& + (-0,801060036542365D+04) * (x6) **1
\end{aligned}$$

Y=Y+

$$\begin{aligned}
& + (-0,692650434737504D+05) * (x7) **4+ \\
& + (0,178135956723294D+06) * (x7) **3+ \\
& + (-0,181683043700995D+06) * (x7) **2+ \\
& + (0,262492696792642D+05) * (x7) **1+ \\
& + (-0,182040670572080D+03) * (x8) **4+ \\
& + (-0,236846578041244D+04) * (x8) **3+ \\
& + (-0,113195793718662D+05) * (x8) **2+ \\
& + (-0,230001593950456D+05) * (x8) **1
\end{aligned}$$

Y=Y+

$$\begin{aligned}
& + (0,671903355653224D+06) * (x9) **4+ \\
& + (-0,383863925300387D+06) * (x9) **3+
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &+ (0,136022805464994D+06) * (x9) **2+ \\
 &+ (0,419330033646660D+04) * (x9) **1+ \\
 &+ (0,153492650597905D+03) * (x10) **4+ \\
 &+ (0,180871927490861D+04) * (x10) **3+ \\
 &+ (0,754675153975269D+04) * (x10) **2+ \\
 &+ (0,136609263791724D+05) * (x10) **1 \\
 &+ (-0,289209220548451D+06) ,
 \end{aligned}$$

где в (4)

у – фазовый спектр общего количества вызовов скорой помощи по астме,

x1 – амплитудный спектр поправки приливных изменений силы тяжести,

x2 – фазовый спектр поправки приливных изменений силы тяжести,

x3 – амплитудный спектр скорости поправки приливных изменений силы тяжести,

x4 – фазовый спектр скорости поправки приливных изменений силы тяжести,

x5 – амплитудный спектр ускорения поправки приливных изменений силы тяжести,

x6 – фазовый спектр ускорения поправки приливных изменений силы тяжести,

x7 – амплитудный спектр третьей производной поправки приливных изменений силы тяжести,

x8 – фазовый спектр третьей производной поправки приливных изменений силы тяжести,

x9 – амплитудный спектр четвертой производной поправки приливных изменений силы тяжести,

x10 – фазовый спектр четвертой производной поправки приливных изменений силы тяжести,

\* – умножение,

\*\* – возведение в степень,

$$mDp = m * 10^{**p}.$$

Средняя абсолютная ошибка прогноза по модели (4) составила 0,0002712.

Таблица 5. Вклады параметров-аргументов в модели (4)

Номер:	Название параметра	Вклад
1:	амплитудный спектр- (поправка)	0,11059:
2:	фазовый спектр- (поправка)	0,37220:
3:	амплитудный спектр- (скорость поправки)	0,11721:
4:	фазовый спектр- (скорость поправки)	0,00596:
5:	амплитудный спектр- (ускорение поправки)	0,01499:
6:	фазовый спектр- (ускорение поправки)	0,11088:
7:	амплитудный спектр- (третья производная поправки)	0,13867:
8:	фазовый спектр- (третья производная поправки)	0,04857:
9:	амплитудный спектр- (четвертая производная поправки)	0,05334:
10:	фазовый спектр- (четвертая производная поправки)	0,02759:

Далее по моделям амплитудного и фазового спектров были определены амплитудный и фазовый спектры общего количества вызовов скорой помощи по астме для прогноза во временной области.

Средняя абсолютная ошибка прогноза при этом составила 0,12308.

Как было показано выше, средняя абсолютная ошибка прогноза общего количества вызовов скорой помощи по астме по параметрическим моделям во временной области составила:

- 0,489 в случае метода наименьших квадратов,

- 0,5 в случае метода Д. Брандона

То есть по параметрическим моделям в спектральной области средняя абсолютная ошибка оказалась в четыре раза меньше, чем по параметрическим моделям во временной области.

Таким образом, для улучшения результатов прогноза необходимо пользоваться параметрическими моделями прогноза в спектральной области и по ним осуществлять прогноз во временной области.

**Список использованной 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.