

УДК 621.4.001.4

О ТЕКУЩЕМ ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОМ КОНТРОЛЕ ПРОЦЕССА НА БАЗЕ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО СГЛАЖИВАНИЯ

© 2009 А. М. Керенский

Самарский государственный аэрокосмический университет

Предложен алгоритм экспоненциального сглаживания временного ряда, имеющего произвольный тренд. Алгоритм может быть полезен при автоматизированном контроле технического процесса в реальном масштабе времени.

Экспоненциальное сглаживание временного ряда, контрольный сигнал, погрешность, стандартное отклонение

Экспоненциальное сглаживание при текущем предупредительном контроле в отличие от анализа экономических показателей имеет ряд особенностей. Одной из них является отсутствие надобности в определении длительного прогнозирования. Другой - необходимость учета погрешностей измерения.

Поскольку при текущем предупредительном контроле основной целью является быстрое обнаружение резкого изменения процесса, то алгоритм расчета базируется на результатах краткосрочного (на один шаг вперед) прогнозирования.

Экспоненциальное сглаживание обычно производится по формуле:

$$S_t = \beta \cdot S_{t-1} + \alpha \cdot Y_t, \quad (1)$$

где S_t и S_{t-1} - соответственно, экспоненциальные средние в текущий и предшествующий моменты времени;

Y_t - значение ординаты временного ряда в момент t ;

α - коэффициент сглаживания;

$\beta = 1 - \alpha$.

Формула (1) хорошо сглаживает данные стационарного временного ряда при отсутствии тренда. В случае нестационарного ряда целесообразнее всего пользоваться соотношением, предложенным Холтом [4]:

$$SP = \beta \cdot S_{prt} + \alpha \cdot Y_t \quad (2)$$

где S_{prt} - прогнозное значение экспоненциальной средней в момент t ;

SP - экспоненциальная средняя, определенная по прогнозному значению.

Величина прогнозного значения определяется с учетом параметра тренда b_t , который характеризует примерное приращение процесса на каждом шаге временного ряда

$$S_{prt} = S_{t-1} + b_{t-1}, \quad (3)$$

При этом параметр b_t вычисляется также с помощью экспоненциального сглаживания:

$$b_t = Bbs + (1 - B) \cdot b_{t-1}, \quad (4)$$

где $bs = SP - S_{t-1}$

Одним из недостатков модели Холта (как отмечается в работе [2]) является необходимость задания двух параметров a и B .

В рассматриваемом случае предлагаемый алгоритм расчета исключает необходимость предварительного задания параметра B . Для этого используется значение контрольного сигнала D . Тригга [3]

$$KT_t = \frac{\hat{e}_t}{\tilde{e}_t}$$

Здесь $e_t = Y_t - S_{prt}$ - ошибка прогноза,

$\hat{e}_t = \beta \cdot \hat{e}_{t-1} + \alpha \cdot e_t$ - сглаженное значение ошибки прогноза,

$\tilde{e}_t = \beta \cdot \tilde{e}_{t-1} + \alpha \cdot |e_t|$ - абсолютное значение сглаженной ошибки прогноза.

В формуле (4) (в отличие от модели Холта) коэффициент сглаживания B не задается, а принимается равным положительному значению следящего контрольного сигнала Тригга:

$$B = |KT_t|.$$

Далее это же значение используется для корректировки определенной по прогнозу экспоненциальной средней:

$$S_t = SP + B \cdot \bar{e}_t.$$

Коэффициент сглаживания a в рассматриваемом случае принимается равным 0,15.

Рассмотренные соотношения составляют адаптивную модель экспоненциального сглаживания для текущего предупредительного контроля.

Устранение возможных ошибок измерения осуществляется с помощью области допустимых значений для ошибок прогноза. Границы области допустимых значений рассчитываются по трехсигмовому интервалу стандартного отклонения

$$w_{kr} = 3 \cdot \sigma.$$

Величина σ определяется по сглаженной положительной ошибке прогноза:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \cdot \bar{e}_{t-1}.$$

Следует отметить, что поиск ошибок начинается не сразу, а только начиная с десятого члена временного ряда (т.е. с $t=10$). При $t < 10$ расчет производится следующим образом:

начальные условия: $t=0$;

$$b_0 = 0; \bar{e}_0 = 0; \tilde{e}_0 = 0; s_0 = y_0.$$

$$S_{prt} = S_{t-1} + b_{t-1},$$

$$e_t = Y_t - S_{prt},$$

$$\bar{e}_t = \beta \cdot \bar{e}_{t-1} + \alpha \cdot e_t,$$

$$\tilde{e}_t = \beta \cdot \tilde{e}_{t-1} + \alpha \cdot |e_t|,$$

$$SP = \beta \cdot S_{prt} + \alpha \cdot Y_t,$$

$$bs = SP - S_{t-1},$$

$$b_t = 0.5 \cdot (b_{t-1} + bs),$$

$$S_t = SP.$$

При $t > 10$ дополнительно вычисляются:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \cdot \bar{e}_{t-1}$$

$$w_{kr} = 3 \cdot \sigma,$$

$$KT_t = \frac{\bar{e}_t}{\tilde{e}_t},$$

$$B = |KT_t|,$$

$$b_t = B \cdot bs + (1 - B) \cdot b_{t-1},$$

$$S_t = SP + B \cdot \bar{e}_t.$$

Далее анализируется стабильность динамики процесса.

$$\text{Если } |e_t| > w_{kr},$$

то считается, что значение y_t возможно является ошибкой измерения. Дальнейший расчет производится по скорректированной величине

$$y_t = S_{prt} \pm w_{kr}.$$

Резкое изменение процесса подразумевается в том случае, если в одной и той же критической области оказываются подряд два значения ошибок измерения e_t и e_{t+1} .

В этом случае величина y_{t+1} заменяется величиной

$$y_0 = \frac{y_t + y_{t+1}}{2},$$

и это значение считается начальным членом нового временного ($t = 0$) ряда.

На рис.1 проиллюстрирована работа программы, составленной по предлагаемому алгоритму. Временной ряд получен методом Монте Карло. Показано устранение ошибок измерения и выявление резкого изменения процесса.

На рис. 2 на примере фактического временного ряда показано сравнение результатов расчета:

- 1.- по предлагаемому методу ($a = 0.15$),
- 2.- по методу Холта ($a = 0.1; B=0.01$).

Видно заметное улучшение процесса сглаживания.

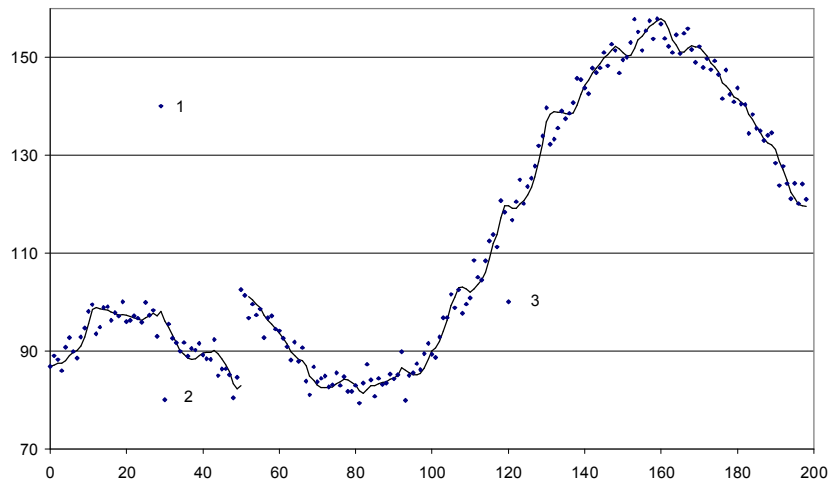


Рис.1. Иллюстрация результатов расчета:
 а) сглаживание данных;
 б) устранение грубых ошибок измерений (1, 2, 3);
 в) выявление ступенчатого изменения процесса

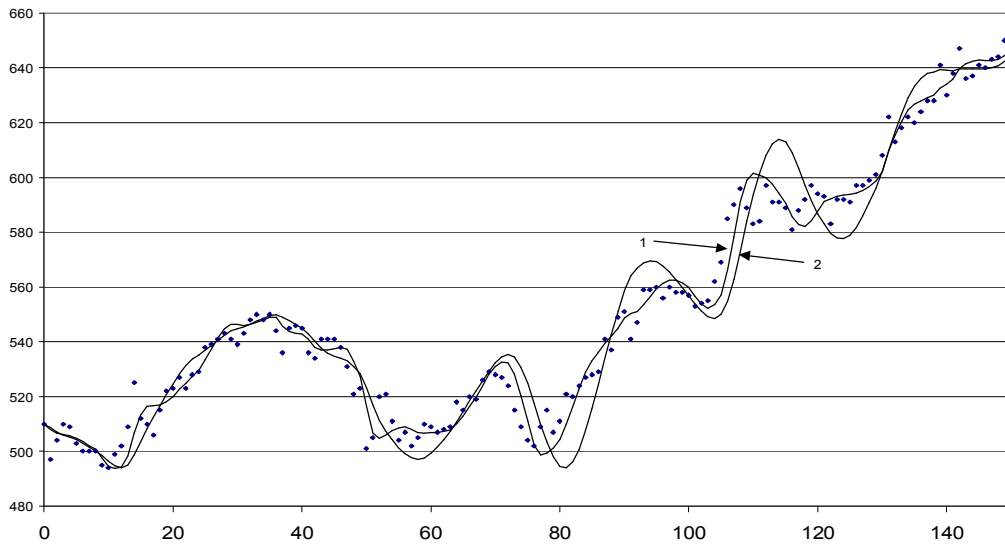


Рис. 2. Курс акций фирмы ИБМ, дол.

Выводы

1. Разработан алгоритм расчета для текущего предупредительного контроля технического процесса на базе экспоненциального сглаживания параметров временного ряда.

2. Предлагаемый алгоритм предусматривает:

- пошаговое сглаживание поступающих для расчета данных;
- устранение грубых ошибок измерений;
- выявление ступенчатого изменения процесса.

3. Адаптация экспоненциальной средней к данным процесса производится с помощью специальной поправки определенной по текущему значению контрольного сигнала Тригга.

Библиографический список

1. Лукашин, Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования / Ю.П. Лукашин.- М.: Статистика, 1979.
2. Льюис, К.Д. Методы прогнозирования экономических показателей / К.Д. Льюис. – М.: Финансы и статистика, 1986.
3. Trigg, D.W. Monitoring a forecasting system. *Operational Research Quarterly*, 15, 271, 1964. Monitoring an exponential smoothing fo-

recasting system. – Oper. Res. Quart., 1969, vol. 20, n. 3

4. Holt, C.C. Forecasting seasonals and by exponentially weighted moving averages. – Naval Research Memorandum, N52, 1957.

References

1. Lukashin, Yu.P. Adaptive methods of short-term prognostication / Yu.P. Lukashin.- M.: Statistika, 1979.

2. Ljuis, K.D. Methods of prognostication of economic indicators / K.D. Ljuis. – M.: Finances and Statistics, 1986.

3. Trigg, D.W. Monitoring a forecasting system. Operational Research Quarterly, 15, 271, 1964. Monitoring an exponential smoothing forecasting system. – Oper. Res. Quart., 1969, vol. 20, n. 3

4. Holt, C.C. Forecasting seasonals and by exponentially weighted moving averages. – Naval Research Memorandum, N52, 1957.

CURRENT PREVENTIVE CONTROL OF A TECHNICAL PROCESS ON A BASIS OF EXPONENTIAL SMOOTHENING

© 2009 A. M. Kerensky

Samara State Aerospace University

Algorithm of exponential smoothening of a time row having an arbitrary trend. This algorithm can be used at automated control of a technical process in real time conditions.

Exponential mean value, smoothening ratio, forecasting, forecasting error, control signal, trend parameter, standard decline

Информация об авторах

Керенский Анатолий Михайлович, кандидат технических наук, старший преподаватель Самарского государственного аэрокосмического университета. Тел.: +7 846 950 20 24. E-mail: kerenky_am@mail.ru. Область научных интересов: автоматический контроль технических процессов.

Kerensky Anatoly Mikhailovich, candidate of Technical Sciences, teaching staff of Samara State Aerospace University. Phone: +7 846 950 20 24. E-mail: kerenky_am@mail.ru. Area of research: automated control of technical processes.