

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОНЪЮНКТУРЫ РЫНКА НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Кордунов Д.Ю., Битюцкий С.Я.

Введение. В современных условиях хозяйствования, которые характеризуются быстрым развитием мировых интеграционных процессов и обострения конкурентной борьбы, задача прогнозирования рыночной конъюнктуры является важнейшей составляющей деятельности отечественных нефтехимических предприятий. Очевидно, что точность прогноза ситуации на рынке в значительной мере влияет на экономическую эффективность нефтехимических предприятий. В тоже время, прогнозирование состояния рынка нефтехимической продукции в реальных условиях сталкивается с рядом трудностей, среди которых многомерность исследуемых рыночных процессов и неравномерность поступления информации о состоянии рынка. Неравномерность чаще всего проявляется в пропуске отдельных отчетов или их несвоевременным поступлением, вызванных, например, задержкой информации об объемах продаж торговых представительств, непостоянством доступа к информации о деятельности конкурентов, календарными эффектами, нерегулярностью маркетинговых исследований рынка и т.д. Указанные обстоятельства в значительной степени снижают эффективность применения для решения указанной задачи известных методов прогнозирования сложных процессов.

В этих условиях, перспективным представляется направление, связанное с применением калмановской фильтрации. Однако его известные варианты предполагают равномерное поступление информации об исследуемом процессе [1,2]. В настоящей статье рассматривается подход к прогнозированию рыночной конъюнктуры нефтехимического предприятия,

основанный на фильтре Калмана, используемом в условиях неравномерного поступления информации о состоянии рынка.

Постановка задачи. Рассмотрим постановку задачи прогнозирования рыночной конъюнктуры, решение которой позволит оценить наиболее сложный вариант прогноза, когда информация о состоянии рынка поступает в случайные моменты времени, образующие пуассоновский поток событий.

Пусть случайный векторный процесс $g(t)$, характеризующий состояние рынка нефтехимической продукции, описывается дифференциальным уравнением вида:

$$\dot{g}(t) = A(t)g(t) + V(t) + f(t), \quad g(t_0) = g_0, \quad M[g_0] = m_{g_0}, \quad (1)$$

где $f(t)$ - детерминированная функция, отражающая динамику некоторого экономического показателя, например, изменение рентабельности производства на интервале наблюдения,

$A(t)$ - заданная неслучайная матрица размера $n \times n$,

$M(\cdot)$ - символ математического ожидания,

$V(t)$ - гауссовский белый шум.

Пусть гауссовский белый шум обладает следующими характеристиками:

$$M[V(t)] = 0, \quad M[V(t)V^T(\tau)] = G(t)\delta(t - \tau), \quad (2)$$

где $G(t)$ - симметричная положительно определенная матрица интенсивностей процесса $V(t)$ [2].

Тогда исследуемый процесс $g(t)$ связан с некоторым вектором $u(t)$ (данный вектор характеризует состояние факторов, оказывающих непосредственное влияние на рыночную конъюнктуру) матричным уравнением

$$u(t) = C(t)g(t) + N(t), \quad (3)$$

где $C(t)$ - заданная неслучайная матрица размером $m \times n$,

$N(t)$ - гауссовский векторный белый шум. В данном случае $N(t)$ обладает следующими свойствами:

$$M[N(t)] = 0, \quad M[N(t)N^T(\tau)] = Q(t)\delta(t-\tau), \quad (4)$$

где $Q(t)$ - симметричная положительно определенная матрица интенсивностей процесса $N(t)$.

Предполагается, что процессы $N(t)$ и $V(t)$ не коррелированы между собой.

Наблюдению на интервале $[t_0, t]$ доступен процесс

$$u^*(t) = u(t)s(t), \quad s(t) = k_{\phi\vartheta} \sum_{i=1}^{\infty} \delta(t-t_i), \quad (5)$$

где t_i - дискретные моменты времени (в которые поступает информация о состоянии рынка), совокупность которых образует на временной оси поток событий, подчиняющийся закону Пуассона,

$k_{\phi\vartheta}$ - коэффициент формирующего элемента, характеризующий процесс масштабирования получаемой информации,

δ - дельта-функция.

В роли критерия качества прогнозирования процесса $g(t)$ используется среднее значение квадрата отклонения прогноза

$$\bar{e}^2 = M[(y(t) - g(t))^T (y(t) - g(t))], \quad (6)$$

где $y(t)$ - оценка процесса $g(t)$.

Метод решения. В приведенной постановке задача исследования в определённой степени совпадает (за исключением предположения о случайном характере дискретизации сигналов) с линейной задачей фильтрации в постановке Калмана.

Представим $g(t)$ в виде суммы

$$g(t) = g_1(t) + g_2(t), \quad (7)$$

где каждая составляющая удовлетворяет уравнениям:

$$\dot{g}_1(t) = A(t)g_1(t) + V(t) + f(t), \quad g_1(t_0) = g_0; \quad (8)$$

$$\dot{g}_2(t) = A(t)g_2(t) + V(t) + f(t), \quad g_2(t_0) = 0. \quad (9)$$

Составляющая $g_2(t)$ полностью определяется детерминированной функцией $f(t)$ из решения неоднородного уравнения (9).

Вектор $u^*(t)$ также можно представить в виде суммы случайной составляющей $u_1^*(t)$ и детерминированной составляющей $u_2^*(t)$:

$$u^*(t) = u_1^*(t) + u_2^*(t). \quad (10)$$

Используя результаты работы [3], можно получить уравнение аналогового фильтра Калмана при пуассоновской дискретизации процесса $u(t)$ для принятой постановки задачи фильтрации вида:

$$\dot{y}(t) = A(t)y(t) + B(t)(u^*(t) - C(t)y(t)) + f(t) + B(t)C(t)g_2(t)(1 - s(t)), y(t_0) = m_{g_0}. \quad (11)$$

Матричный коэффициент усиления $B(t)$ фильтра определяется выражением:

$$B(t) = R(t)C^T(t)(Q(t) + m_T F(t)C^T(t))^{-1}, \quad (12)$$

где m_T – среднее значение интервалов времени между моментами поступления информации, а дисперсионная матрица $R(t)$ определяется из дифференциального матричного уравнения Риккати [1]:

$$\dot{R}(t) = A(t)R(t) + R(t)A^T(t) - R(t)C^T(t)(Q(t) + m_T F(t)C^T(t))^{-1}C^T(t)R(t) + G(t), \quad (13)$$

$$R(t_0) = M[g(t_0)g^T(t_0)],$$

а ковариационная матрица $F(t)$ является решением уравнения:

$$\dot{F}(t) = A(t)F(t) + F(t)A^T(t) + G(t), \quad (14)$$

$$F(t_0) = M[g(t_0)g^T(t_0)].$$

Уравнения (11)-(14) описывают оптимальный фильтр Калмана при неравномерном поступлении информации о наблюдаемых факторах, оказывающих влияние на рыночную конъюнктуру. Приведенные результаты могут найти широкое применение в информационных маркетинговых системах нефтехимических предприятий для прогнозирования основных рыночных показателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Браммер К., Зиффлинг Г. Фильтр Калмана-Бьюси. – М.: Наука, 1982.
2. Виленкин С.Я. Статистическая обработка результатов исследования случайных функций. – М.: Энергия, 1979.
3. Казаков И.Е. Статистическая теория систем управления в пространстве состояний. – М.: Наука, 1975.