

Техническое задание на введение ограничения на максимальное перемещение при использовании фильтрации по Калману

Фильтрация методом Калмана применяется при определении координат с применением Bluetooth маячков. При существенной динамике (пользователь перемещается по карте с большим исходным ускорением или с большой скоростью), точка может совершать «нефизичные» перемещения. Под «нефизичными» будем понимать такие перемещения, которые среднестатистический пользователь не мог совершить за время между соседними моментами измерений.

Для предотвращения описанного явления предлагается ввести адаптивное ограничение на перемещение пользователя. Рассмотрим место ограничения в общей канве фильтрации по Калману (см. рис ниже).

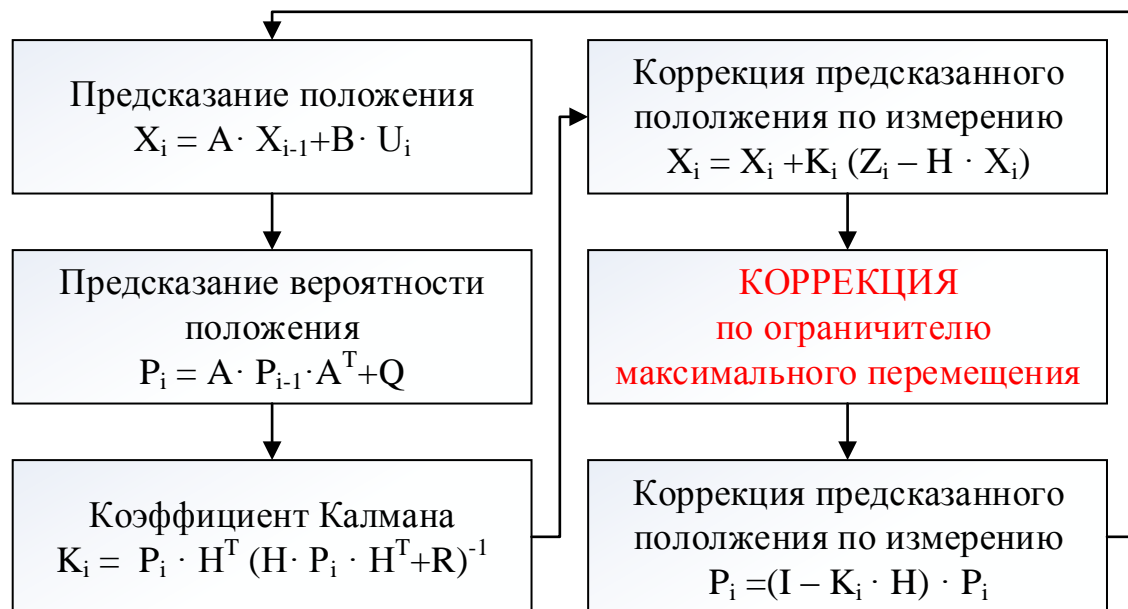


Рисунок 1 – Структура фильтра Калмана с ограничением перемещения

Суть коррекции формулируется следующим образом. Если расстояние между оцененным положением пользователя в текущий момент после коррекции предсказанного значения (X_i) и предыдущим значением (X_{i-1}) превышает пороговое ($D_{\text{Порог}}$) расстояние, то оно (новое рассчитанное положение пользователя) должно быть скорректировано таким образом, чтобы расстояние между X_i и X_{i-1} было равно пороговому значению $D_{\text{Порог}}$.

Так как частота определения координат может варьироваться в процессе работы навигатора, пороговое расстояние $D_{\text{Порог}}$ описывается зависимостью $D_{\text{Порог}} = f(\Delta t)$, где функция $f(\Delta t)$ задана таблично (Таблица 1):

Таблица 1 – Зависимость $D_{\text{Порог}}=f(\Delta t)$

Δt , сек	0.319	0.418	0.546	1.023
$D_{\text{Порог}}$, м	0.45	0.6	0.75	1.2

Далее, используя данную таблицу, можно рассчитать пороговое значения расстояния для любого времени между ближайшими отсчетами путем линейной интерполяции. Например, если между последовательно определенными положениями прошло $\tau=0.5$ сек, пороговое расстояние $D_{\text{Порог}}$ определяется как:

$$D_{\text{Порог}}(\tau) = k_1 * (\tau - \Delta t_n) + D_{\text{Порог}}(\Delta t_n), \quad (1)$$

где k_1 – тангенс угла наклона отрезка функции, заданной в Табл. 1:

$$k_1 = \frac{D_{\text{Порог}}(\Delta t_{n+1}) - D_{\text{Порог}}(\Delta t_n)}{\Delta t_{n+1} - \Delta t_n}$$

Δt_n – ближайшее в сторону уменьшения табличное значение Δt к значению τ ;
 $D_{\text{Порог}}(\Delta t_n)$ – табличное значение $D_{\text{Порог}}$ для определенного значения Δt_n ;

Пример применения (1) для $\tau=0.5$ сек:

$$D_{\text{Порог}}(\tau) = \frac{0.75 - 0.6}{0.546 - 0.418} (0.5 - 0.418) + 0.6 = 0.696 \text{ м}$$

Блок-схема алгоритма коррекции показана на рис. 1.

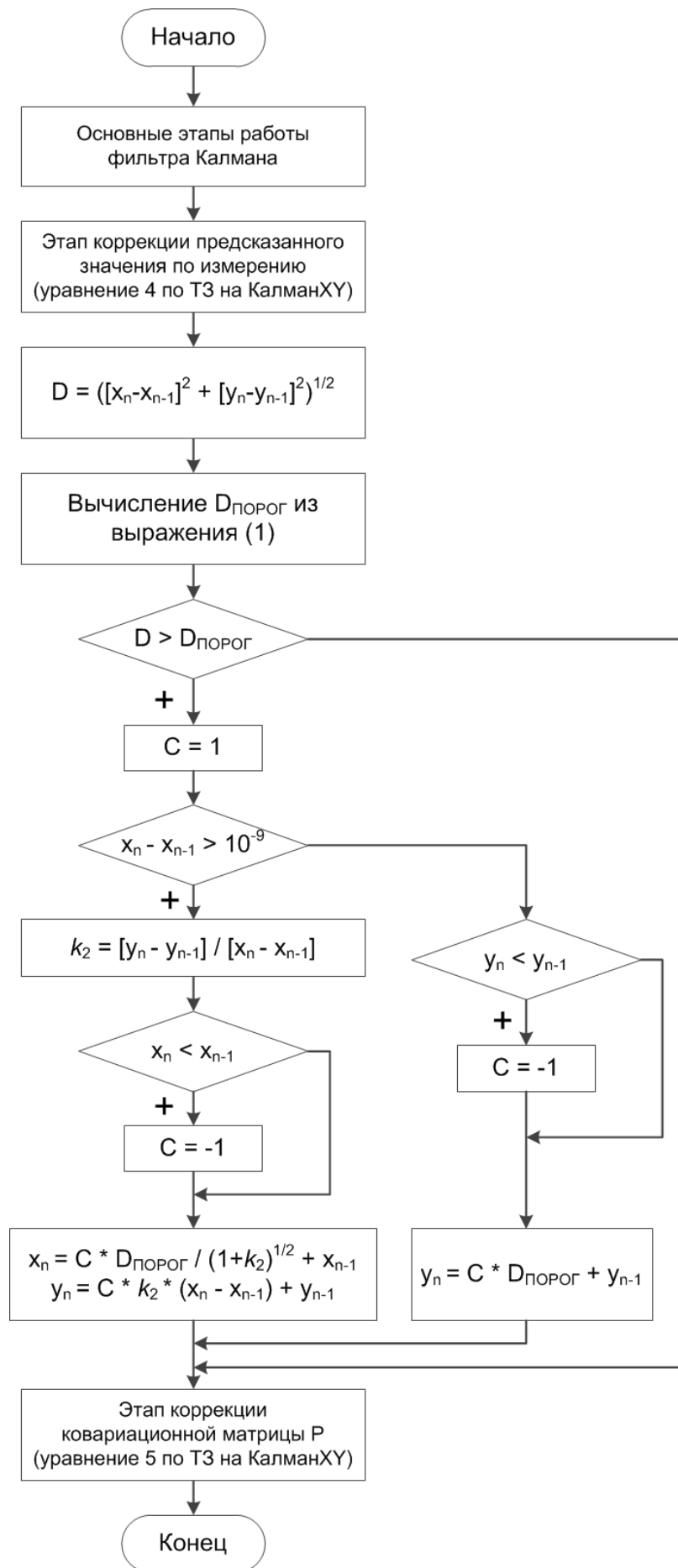


Рисунок 1

Если в фильтре Калмана ХУ флаг "Kalman Correction" включен, то алгоритм коррекции применяется и на вход алгоритма подается текущий оцененный вектор координат $X_i = \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \end{bmatrix}$ и оцененный вектор координат за предыдущий шаг $X_{i-1} = \begin{bmatrix} x_{i-1} \\ y_{i-1} \end{bmatrix}$. При этом, следует отметить, что вектор X_{i-1} должен быть сохранен в памяти до его изменения на первом шаге фильтрации (предсказание положения).

После этого, определяются величина перемещения и величина ограничения перемещения, как это показано на блок-схеме. Если величина рассчитанного перемещения превосходит допустимое значение, то производится коррекция. Для проведения коррекции определяется угол наклона траектории к Х координате. После коррекции, координаты «упаковываются» обратно в вектор $X_i = \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \end{bmatrix}$.