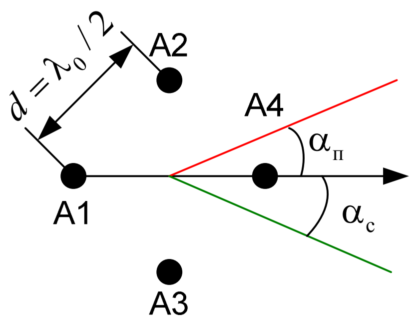
Индивидуальные домашние задания

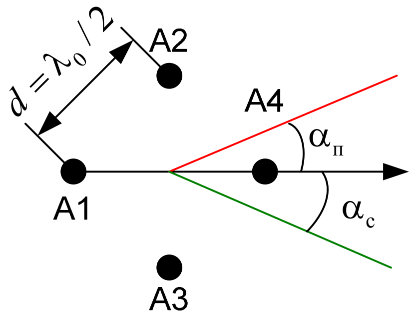
Задание №1.

Найти коэффициент эффективности (в дБ) блока пространственной обработки сигналов от 4-элементной ($m = 4$) квадратной антенной решётки со стороной квадрата, равной половине длины волны ($d = \lambda_0 / 2$) при отношении помеха/шум $q_{п/ш}$= 40 дБ. Действует одна помеха с направления $\alpha_п$=30°, полезный сигнал приходит с направления $\alpha_с$= - 30°. Считать отдельные элементы АР ненаправленными. Все элементы АР, источник сигнала и источник помехи лежат в одной плоскости.



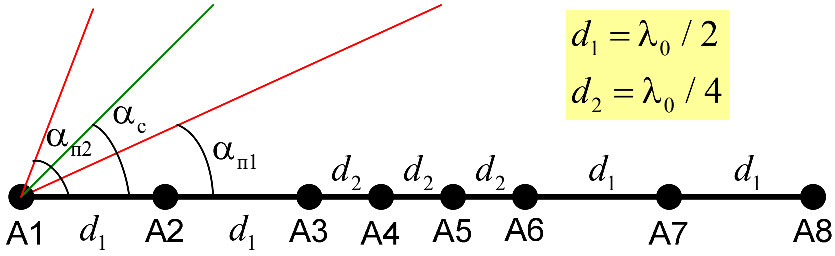
Задание №2.

Построить в полярных координатах диаграмму направленности (ДН) на выходе блока пространственной обработки сигналов от 4-элементной ($m = 4$) квадратной антенной решётки со стороной квадрата, равной половине длины волны ($d = \lambda_0 / 2$). ДН рассчитывается для следующих условий: отношение помеха/шум $q_{п/ш}$= 20 дБ, действует одна помеха (p=1) с направления $\alpha_п$=30°, полезный сигнал приходит с направления $\alpha_с$= - 30°. Считать отдельные элементы АР ненаправленными. Все элементы АР, источник сигнала и источник помехи лежат в одной плоскости.



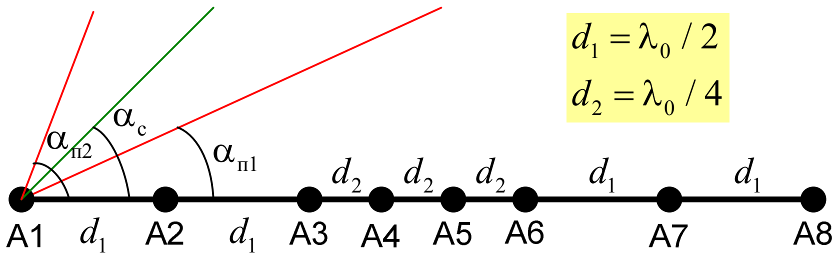
Задание №3.

Найти коэффициент эффективности (в дБ) блока пространственной обработки сигналов от 8-элементной ($m = 8$) линейной неэквидистантной антенной решётки с расстояниями между элементами согласно рисунку. Отношение помеха/шум $q_{п/ш} = 40$ дБ. Действуют две помехи с направлений $\alpha_{п1} = 30°$ и $\alpha_{п2} = 60°$. Полезный сигнал приходит с направления $\alpha_{с} = 45°$. Считать отдельные элементы АР ненаправленными. Все элементы АР, источник сигнала и источник помехи лежат в одной плоскости.



Задание №4.

Построить в полярных координатах диаграмму направленности (ДН) на выходе блока пространственной обработки сигналов от 8-элементной ($m = 8$) линейной неэквидистантной антенной решётки с расстояниями между элементами согласно рисунку. Отношение помеха/шум $q_{п/ш} = 20$ дБ. Действуют две помехи с направлений $\alpha_{п1} = 30°$ и $\alpha_{п2} = 60°$. Полезный сигнал приходит с направления $\alpha_{с} = 45°$. Считать отдельные элементы АР ненаправленными. Все элементы АР, источник сигнала и источник помехи лежат в одной плоскости.



Задание №5.

Рабочий Фарход копает траншею. За его деятельностью наблюдают баба Надя и баба Люба. Баба Люба оценивает среднюю скорость выкапывания траншеи за каждый час работы V (в метрах/час) и в конце каждого часа даёт свою оценку со среднеквадратической погрешностью 1 м/ч. Погрешность бабы Любы распределена по гауссовскому закону. Баба Надя оценивает общую длину выкопанной траншеи X в метрах со среднеквадратической погрешностью 10 метров (она неважно видит). Погрешность бабы Нади также распределена по гауссовскому закону.

Найти аналитически точность фильтрации в установившемся режиме общей длины выкопанной траншеи X при комплексировании наблюдений бабы Любы и бабы Нади по модифицированному варианту с темпом поступления наблюдений и формирования оценок 1 час. Промоделировать работу комплексного фильтра на компьютере и построить зависимость дисперсии ошибки оценивания длины траншеи от времени. Через сколько часов (приблизительно) в фильтре наступит установившийся режим?

Задание №6.

Разработать математическую модель и провести компьютерное моделирование произвольного 4-мерного марковского процесса в дискретном времени с шагом дискретизации T=10 мс. Записать стохастические разностные уравнения для динамики процесса в скалярном и в векторно-матричном виде. Как по разносным уравнениям показать, что данный процесс действительно марковский? Записать выражение для плотности вероятности перехода. Построить на 4-х графиках зависимость компонент вектора состояний от времени. Уменьшить шаг дискретизации в 10 раз и скорректировать параметры модели так, чтобы статистические характеристики процесса остались неизменными. Построить ещё 4 графика с зависимостями компонент вектора состояний от времени при уменьшенном шаге дискретизации.

Задание №7.

Записать алгоритм обнаружения полностью известного синусоидального сигнала. Отношение энергии сигнала к спектральной плотности шума E/N_0= 8 дБ. Найти порог обнаружения $\tilde{h}$ по критерию Неймана-Пирсона при вероятности ложной тревоги 0,1. Рассчитать вероятность правильного обнаружения.

Задание №8.

Вывести алгоритм обнаружения синусоидального сигнала с неизвестной начальной фазой. Отношение энергии сигнала к спектральной плотности шума E/N_0= 10 дБ. Найти порог обнаружения $\tilde{h}$ по критерию Неймана-Пирсона при вероятности ложной тревоги 0,2. Рассчитать вероятность правильного обнаружения.

Задание №9.

Найти вероятность суммарной ошибки различения двух полностью известных сигналов S_1 и S_2, имеющих одинаковую вероятность присутствия в эфире, равную 0,5.

$$S_1 = A\cos\left(2\pi f_1 t\right), \quad S_2 = A\cos\left(2\pi f_2 t\right),$$

f_1=1602 МГц, f_2=1602,5625 МГц, отношение энергии сигнала к спектральной плотности шума E/N_0= 11 дБ. Длительность интервала наблюдения T = 10 мс.

Задание №10.

Найти вероятность суммарной ошибки различения двух сигналов S_1 и S_2 с неизвестными начальными фазами, имеющих одинаковую вероятность присутствия в эфире, равную 0,5.

$$S_1 = A\cos\left(2\pi f_1 t + \varphi_1\right), \quad S_2 = A\cos\left(2\pi f_2 t + \varphi_2\right), \quad \varphi_1, \varphi_2 \subset \mathrm{U}\left(0, 2\pi\right)$$

f_1=1602 МГц, f_2=1602,5625 МГц, отношение энергии сигнала к спектральной плотности шума E/N_0= 15 дБ. Длительность интервала наблюдения T = 10 мс.

Задание №11.

По адресу http://srns.ru/w/images/e/e1/Y_iz11.txt.zip дана выборка наблюдений сигнала с неизвестной начальной фазой на выходе АЦП $\mathbf{Y}_1^N = \{y_k\}, \quad k = \overline{1, N}$:

$$y_k = A\cos\left(2\pi f \cdot kT_d + \varphi_0\right) + n_k;$$

n_k - ДБГШ с СКО σ_n= 100; A=50; интервал дискретизации T_d= 200 нс; интервал наблюдений $T = NT_d$= 1 мс (отсюда $N = T / T_d$=5000); значение промежуточной частоты сигнала f=1,15 МГц.

Требуется оценить значение начальной фазы сигнала $\hat{\varphi}_0$ по методу максимального правдоподобия, а также найти потенциальную точность такой оценки - D_φ. Привести алгоритмы расчетов и исходный код программы.

Задание №12.

По адресу http://srns.ru/w/images/b/bb/Y_iz12.txt.zip дана выборка наблюдений сигнала с неизвестной частотой на выходе АЦП $\mathbf{Y}_1^N = \{y_k\}, \quad k = \overline{1, N}$:

$$y_k = A\cos\left(2\pi f \cdot kT_d\right) + n_k;$$

n_k - ДБГШ с СКО σ_n= 100; A=50; интервал дискретизации T_d= 200 нс; интервал наблюдений $T = NT_d$= 1 мс (отсюда $N = T / T_d$=5000).

Требуется оценить значение промежуточной частоты сигнала f с помощью схемы поиска решения уравнения правдоподобия. Расстройку по частоте брать равной δf=200 Гц. Шаг изменения опорной частоты при сканировании брать равным δf. Также найти потенциальную точность оценки частоты - D_f. Привести алгоритмы расчетов и исходный код программы. Построить графики зависимости отклика на выходе обоих корреляторов от опорной частоты, а также график разностного сигнала, который поступает на схему фиксации перехода через нуль.

Задание №13.

По адресу http://srns.ru/w/images/7/75/Y_iz13.txt.zip дана выборка наблюдений сигнала с неизвестной амплитудой на выходе АЦП $\mathbf{Y}_1^N = \{y_k\}, \quad k = \overline{1, N}$:

$$y_k = A\cos(2\pi f \cdot kT_d) + n_k;$$

n_k - ДБГШ с СКО σ_n = 100; интервал дискретизации T_d = 200 нс; интервал наблюдений $T = NT_d$ = 1 мс (отсюда $N = T / T_d$ =5000); значение промежуточной частоты сигнала f =1,15 МГц.

Требуется оценить значение амплитуды сигнала A по методу максимального правдоподобия, а также найти потенциальную точность оценки амплитуды - D_A. Привести алгоритмы расчетов и исходный код программы.

Задание №14.

Эквивалентные наблюдения дальности (в метрах) заданы в виде

$$y_R(t) = R(t) + n(t),$$

где $n(t)$ - БГШ с односторонней спектральной плотностью N_0 =1,8 м^{2}с.

Динамическая модель изменения дальности задана в виде

$$\frac{\mathrm{d}R(t)}{\mathrm{d}t} = V(t), \qquad \frac{\mathrm{d}V(t)}{\mathrm{d}t} = \xi(t),$$

где $\xi(t)$ - формирующий БГШ с односторонней спектральной плотностью S_ξ = 4 м^2/с^3.

Записать уравнения оптимальной линейной фильтрации наблюдений дальности. Найти среднеквадратическую ошибку фильтрации дальности $\sigma_R = \sqrt{D_R}$ и радиальной скорости $\sigma_V = \sqrt{D_V}$ в установившемся режиме. Найти значения для коэффициентов фильтра K_1 и K_2 в установившемся режиме. Вывести аналитическое выражение и рассчитать численное значение шумовой полосы пропускания получившегося фильтра через операторный коэффициент передачи.

Задание №15.

Эквивалентные наблюдения дальности (в метрах) заданы в виде

$$y_{R,k} = R_k + n_k,$$

где n_k - ДБГШ с односторонней спектральной плотностью N_0 =1,8 м^{2}с, k - номер отсчета. Шаг дискретизации равен T = 1 мс.

Динамическая модель изменения дальности задана стохастическим разностным уравнением:

$$R_k = R_{k-1} + V_{k-1}T, \qquad V_k = V_{k-1} + \xi_{k-1}T,$$

где ξ_k - формирующий ДБГШ с односторонней спектральной плотностью S_ξ = 4 м^2/с^3.

Записать уравнения оптимальной линейной фильтрации наблюдений дальности в дискретном времени. Промоделировать на компьютере процесс изменения истинной дальности R_k, наблюдения $y_{R,k}$, а также работу получившегося линейного фильтра. Найти среднеквадратическую ошибку фильтрации дальности $\sigma_R = \sqrt{D_R}$ и радиальной скорости $\sigma_V = \sqrt{D_V}$ в установившемся режиме. Найти значения для коэффициентов фильтра K_1 и K_2 в установившемся режиме. Начальные значения R_0 и V_0 брать нулевыми. Построить графики зависимостей от времени

- истинной дальности $R(t_k)$ и радиальной скорости $V(t_k)$;
- ошибки фильтрации $\varepsilon_{R,k} = \hat{R}(t_k) - R(t_k)$.

Задание №16.

Эквивалентные наблюдения дальности (в метрах) заданы в виде

$$y_{R,k} = R_k + n_{R,k},$$

где $n_{R,k}$ - ДБГШ с односторонней спектральной плотностью N_{0R}=1,8 м^{2}с, k-номер отсчета. Шаг дискретизации равен T = 1 мс.

Эквивалентные наблюдения радиальной скорости (в м/с) заданы в виде

$$y_{V,k} = V_k + n_{V,k},$$

где $n_{V,k}$ - ДБГШ с односторонней спектральной плотностью N_{0V} =0,0002 м^2/с,

Динамическая модель изменения дальности и радиальной скорости задана стохастическим разностным уравнением:

$$R_k = R_{k-1} + V_{k-1}T, \qquad V_k = V_{k-1} + a_{k-1}T, \qquad a_k = a_{k-1} + \xi_{k-1}T,$$

где ξ_k - формирующий ДБГШ с односторонней спектральной плотностью S_ξ = 2 м^2/с^5.

Записать уравнения оптимальной комплексной фильтрации наблюдений дальности и радиальной скорости в дискретном времени. Промоделировать на компьютере процесс изменения истинной дальности R_k, наблюдения $y_{R,k}$, а также работу получившегося линейного фильтра. Найти среднеквадратическую ошибку фильтрации дальности в установившемся режиме $\sigma_R = \sqrt{D_R}$. Найти значения для коэффициентов фильтра K_{11}, K_{12}, K_{21}, K_{22}, K_{31}, K_{32} в установившемся режиме. Начальные значения R_0, V_0 и a_0 брать нулевыми. Построить графики зависимостей от времени

- истинной дальности $R(t_k)$ и радиальной скорости $V(t_k)$;

- ошибки фильтрации $\varepsilon_{R,k} = \hat{R}(t_k) - R(t_k)$ на одном графике с предельными границами ошибок фильтрации по уровню 3σ - $\pm 3\sqrt{D_R}(t_k)$;

- ошибки фильтрации $\varepsilon_{V,k} = \hat{V}(t_k) - V(t_k)$ на одном графике с предельными границами ошибок фильтрации по уровню 3σ - $\pm 3\sqrt{D_V}(t_k)$.

Задание №17.

Рабочий Фарход копает траншею с неравномерной скоростью – то останавливаясь на перекур, то ускоряясь после окриков бригадира. Математическая модель изменения длины траншеи в дискретном времени может быть представлена в виде

$$X_k = X_{k-1} + V_0 T + \xi_{k-1},$$

где k - номер момента времени, T=1 час - шаг дискретизации, X - длина траншеи в метрах, V_0= 1,5 м/ч – средняя скорость выкапывания траншеи, ξ_{k-1}- ДБГШ с СКО, равным σ_ξ=0,5 м.

За деятельностью Фархода наблюдают баба Надя и баба Люба. Баба Люба оценивает общую длину выкопанной траншеи X в конце каждого часа со среднеквадратической погрешностью 0,5 метра. Баба Надя оценивает общую длину выкопанной траншеи X в те же моменты времени со среднеквадратической погрешностью 0,7 метра (она неважно видит). Погрешности бабы Нади и бабы Любы распределены по гауссовскому закону и совершенно независимы.

Найти точность фильтрации в установившемся режиме общей длины выкопанной траншеи X при обработке наблюдений бабы Любы и бабы Нади в оптимальном комплексном фильтре с темпом поступления наблюдений и формирования оценок 1 час. Через сколько часов в фильтре наступит установившийся режим? Вклад чьих наблюдений в оценку $\hat{X}$ будет больше? Какая будет точность фильтрации длины траншеи, если за Фарходом будет наблюдать одна только баба Люба?

Задание №18.

Выполнить домашнее задание №5 (Занятия 15, 13) при условии, что поддерживающая информация, полученная с помощью ИНС, имеет физический смысл радиальной скорости, т.е. измерения от ИНС заданы в виде

$$\gamma_k = \Omega_k + \frac{\omega_0}{c}\delta_k, \qquad (1)$$

где Ω_k - доплеровская частота, δ_k - погрешность вычисления радиальной скорости, изменение которой во времени можно приближенно аппроксимировать винеровским процессом:

$$\delta_k = \delta_{k-1} + \chi_{k-1}, \qquad (2)$$

χ_{k-1} - ДБГШ со среднеквадратическим значением σ_χ = 0,01 м/с.

1. Провести синтез комплексного фильтра ФАП по модифицированному варианту комплексирования (занятие 14, слайд 3). То есть, в динамическую модель изменения фазы внести измерения от ИНС, выразив из (1) $\Omega_k = \gamma_k - \frac{\omega_0}{c}\delta_k$, а в вектор состояний включить случайный процесс δ_k:

$$\mathbf{x}_k = \begin{vmatrix} a_k & \varphi_k & \delta_k \end{vmatrix}^{\mathrm{T}}.$$

Записать постановку задачи в векторно-матричном виде, как на слайде 7 (занятие 13). Смоделировать входные воздействия, включая поддержку от ИНС (1), а также саму систему ФАП, учитывающую эти «поддерживающие» измерения.

Амплитуду сигнала моделировать ступенькой:

$$a_k = \begin{cases} 1, & \text{при } t_k < 5 \text{ с;} \\ 0.5, & \text{при } t_k \ge 5 \text{ с.} \end{cases}$$

Начальные условия для моделирования:

$$\mathbf{D}_0 = \begin{vmatrix} 0.3^2 & 0 & 0 \\ 0 & \pi^2 & 0 \\ 0 & 0 & (1 \text{ м/с})^2 \end{vmatrix}, \quad \begin{vmatrix} a_0 \\ \varphi_0 \\ \delta_0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 \\ \pi/12 \\ 1 \end{vmatrix}, \quad \begin{vmatrix} \hat{a}_0 \\ \hat{\varphi}_0 \\ \hat{\delta}_0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0.5 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}$$

2. Построить на одном графике зависимости от времени:

- мгновенной ошибки фильтрации фазы $\varepsilon_\varphi(t_k) = \hat{\varphi}_k - \varphi_k$;

- предельные границы ошибок фильтрации по уровню 3σ (по оценкам матрицы дисперсий фильтра $\mathbf{D}_{\mathbf{x},k}$): $\pm 3\sqrt{D_{22}}(t_k)$, $t = 0...10$ с (по оси ординат - градусы).

3. Построить на одном графике реализации истинной радиальной скорости $\Omega_k \cdot c/\omega_0$ и погрешности измерений радиальной скорости от ИНС δ_k.

4. Выяснить, как и во сколько раз изменилась дисперсия ошибки фазы по сравнению с д.з. №4 в установившемся режиме до и после скачка амплитуды:

5. Рассчитать выигрыш в помехоустойчивости (в дБ) как:

$$\Delta = 10\lg\left(\frac{D_{22}(\text{без поддержки - д.з. №4})}{D_{22}(\text{с поддержкой от ИНС})}\right) \quad [\text{дБ}]$$

6. Привести исходный код программы.

Задание №19.

С выхода АЦП поступают наблюдения сигнала с неизвестной фазой:

$y_{k,i} = a\cos\left(\omega_{п} t_{k,i} + \varphi_k\right) + n_{k,i}$,

где $t_{k,i} = kT + iT_d$ - момент двойной шкалы времени, $i = \overline{0,(N-1)}$; $T_d =$ 0,2 мкс - темп работы АЦП, $T =$ 10 мс – темп фильтрации (за время T задержку можно считать неизменной); a=10 – амплитуда сигнала; $n_{k,i}$ - ДБГШ с нулевым мат. ожиданием и среднеквадратическим значением σ_n = 35,4; $\omega_{п} = 2\pi\cdot\left(2\text{ МГц}\right)$ - значение промежуточной частоты; φ_k - меняющаяся неизвестная фаза сигнала.

Динамическая модель фазы сигнала дается разностными уравнениями в «редкой» шкале времени. (На одном такте «редкой» шкалы времени $t_{k,0}\ldots t_{k+1,0}$ фазу можно приближенно считать постоянной).

$$\varphi_k = \varphi_{k-1} + \Omega_{k-1}T,$$
$$\Omega_k = \Omega_{k-1} + \nu_{k-1}T,$$
$$\nu_k = \nu_{k-1}\cdot\left(1-\alpha T\right) + \alpha T\cdot\xi_{k-1},$$

где ξ_{k-1} - ДБГШ с дисперсией $\sigma_\xi^2 = \dfrac{S_\xi}{2T}$, $S_\xi = 2\sigma_a^2\alpha\left(\dfrac{\omega_0}{c}\right)^2$, σ_a=1 м/с^2, $\omega_0 = 2\pi\cdot\left(1602\text{ МГц}\right)$ - несущая частота, $\alpha =$ 1 с$^{-1}$ - ширина спектра флуктуаций ускорения.

1. Провести синтез алгоритма оптимальной нелинейной фильтрации фазы сигнала φ_k. Привести выражение для дискриминатора фазы, учитывающего снижение темпа обработки. Записать уравнения фильтрации.

2. Смоделировать входные воздействия, наблюдаемый сигнал и синтезированный алгоритм нелинейной фильтрации при следующих начальных условиях:

- дисперсии начальных оценок $\hat{\varphi}_0$, $\hat{\Omega}_0$, $\hat{\nu}_0$ равны (π рад)^2, $\left(34\text{ рад/с}\right)^2$ и $\left(340\text{ рад/с}^2\right)^2$ соответственно;

$$\begin{vmatrix}\varphi_0\\ \Omega_0\\ \nu_0\end{vmatrix} = \begin{vmatrix}\pi/12\\ 100\\ 100\end{vmatrix}, \quad \begin{vmatrix}\hat{\tau}_0\\ \hat{\Omega}_0\\ \hat{\nu}_0\end{vmatrix} = \begin{vmatrix}0\\ 0\\ 0\end{vmatrix}.$$

3. Построить на одном графике зависимости от времени

- мгновенной ошибки фильтрации фазы: $\varepsilon_\varphi(t_k) = \hat{\varphi}_k - \varphi_k$;

- предельные границы ошибок фильтрации задержки по уровню 3σ (по оценкам матрицы дисперсий фильтра $\mathbf{D}_{\mathbf{x},k}$: $\pm 3\sqrt{D_{11}}(t_k)$, $t = 0...2$ с.

4. Построить на другом графике зависимости от времени

- мгновенной ошибки фильтрации частоты $\varepsilon_\Omega(t_k) = \hat{\Omega}_k - \Omega_k$;

- предельные границы ошибок фильтрации частоты по уровню 3σ (по оценкам матрицы дисперсий фильтра $\mathbf{D}_{\mathbf{x},k}$: $\pm 3\sqrt{D_{22}}(t_k)$, $t = 0...2$ с.

5. Привести исходный код программы.

Задание №20.

Решить задачу синтеза фильтра системы ЧАП для дискретного времени. Эквивалентные наблюдения доплеровского смещения частоты заданы в виде:

$$\tilde{y}_k = \Omega_k + \tilde{n}_k,$$

где k - номер отсчета, n_k - ДБГШ с нулевым мат. ожиданием и дисперсией $\sigma_n^2 = \dfrac{\tilde{N}_0\left(q_{c/n_0}\right)}{2T}$, $\tilde{N}_0\left(q_{c/n_0}\right)$ - флуктуационная характеристика частотного дискриминатора $\tilde{N}_0\left(q_{c/n_0}\right) = \dfrac{2}{q_{c/n_0}T^2}\left(1 + \dfrac{1}{2q_{c/n_0}T}\right)$; $T =$ 2 мс – шаг дискретизации; $q_{c/n_0} = 10^{0{,}1\cdot(42\ \text{дБГц})}$ - отношение мощности сигнала к спектральной плотности шума на входе приемника.

Динамическая модель изменения доплеровской частоты дается разностным уравнением

$$\Omega_k = \Omega_{k-1}\left(1 - \alpha T\right) + \alpha T \cdot \xi_{k-1},$$

где ξ_{k-1} - ДБГШ с дисперсией $\sigma_\xi^2 = \dfrac{S_\xi}{2T}$, $S_\xi = 2\sigma_V^2\alpha\left(\dfrac{\omega_0}{c}\right)^2$, σ_V =14 м/с, $\omega_0 = 2\pi\cdot\left(1602\ \text{МГц}\right)$ - несущая частота, α = 0,25 с$^{-1}$ - ширина спектра флуктуаций скорости.

1. Провести синтез алгоритма оптимальной линейной фильтрации доплеровской частоты сигнала Ω_k. Записать уравнения фильтрации.

2. Смоделировать процесс истинной доплеровской частоты, наблюдения и синтезированный алгоритм линейной фильтрации при следующих начальных условиях:

- дисперсия начальной оценки $\hat{\Omega}_0$ равна $\left(470\ \text{рад/с}\right)^2$; Ω_0 =100 рад/с; $\hat{\Omega}_0$ = 0 рад/с.

3. Построить график зависимости истинной доплеровской частоты (в рад/с) от времени: $\Omega_k\left(t_k\right), \quad t = 0...50$ с.

4. Построить график зависимости среднеквадратической ошибки фильтрации частоты от времени: $\sqrt{D_{11}}\left(t_k\right)$ (в рад/с), $t = 0...0.2$ с.

5. Построить мгновенную ошибку фильтрации частоты в зависимости от времени (в рад/с) $\varepsilon_{\Omega}\left(t_k\right)=\hat{\Omega}_k-\Omega_k, \quad t=0...1$ с. На этом же графике отразить предельные границы ошибок фильтрации частоты по уровню 3σ (по оценкам матрицы дисперсий фильтра $\mathbf{D}_{\mathbf{x},k}$: $\pm 3\sqrt{D_{11}}\left(t_k\right)$.

6. Для установившегося режима сравнить D_{11} и выборочную дисперсию ошибки (рассчитанную по выборке $\varepsilon_{\Omega}\left(t_k\right)$ как $\sigma_{\Omega}^2=\dfrac{1}{M-1}\sum_{k=1}^{M}\varepsilon_{\Omega}^2\left(t_k\right)$), сделать вывод.

7. Привести исходный код программы.