УДК 004.932:621.397

**Понятский В.М.**

Тульский государственный университет, г. Тула, Россия
АО «Конструкторское бюро приборостроения имени академика А.Г. Шипунова» г. Тула, Россия,

# ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ, ПОСТУПАЮЩЕЙ С НЕСКОЛЬКИХ ВИДЕОСЕНСОРОВ, В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ

**АННОТАЦИЯ**

*В задачах управления информация с видеосенсоров должна соответствовать ряду требований. Для выполнения этих требований осуществляется оценка однородности и сложности фона, определяется вероятность обнаружения полезных объектов. С помощью известных методов обработки изображений проводится оценка информации о полезных объектах с разных видеосенсоров. Для повышения качества информации о полезных объектах предлагается осуществлять её комплексирование с помощью методов нечеткой логики и фильтрации Калмана.*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**

*Изображения, однородность фона, сложность фона, вероятность обнаружения, методы видеообработки, комплексирование, методы нечеткой логики, фильтрация Калмана.*

**Ponyatsky V.M.**

Tula state university, Tula, Russia,
JSC "KBP named after Academician A.Shipunov", Tula, Russia

# QUALITY IMPROVEMENT OF THE INFORMATION PROCESSING DERIVED FROM SEVERAL VIDEO SENSORS IN CONTROL PROBLEMS

**ABSTRACT**

*Information from video sensors should correspond to set of requirements in control problems. There are estimating of background uniformity and background complexity and defining probability of detection of useful object for implementation of these requirements. Using known image processing methods there are estimating information on useful objects from different video sensors. For improvement of quality of information on useful objects there offer to carry out its complexation using fuzzy logic methods and Kalman filtering methods.*

**KEYWORDS**

*Images, background uniformity, background complexity, probability of detection, video processing methods, complexation, fuzzy logic methods, Kalman filtering.*

## Постановка задачи

Повышение помехоустойчивости к воздействию нестационарных возмущений в виде помех измерения состояния объекта управления и их возможным кратковременным прерываниям при управлении обеспечивается взаимосвязанным выбором параметров алгоритма фильтрации и алгоритма формирования команд управления (рисунок 1) [1].

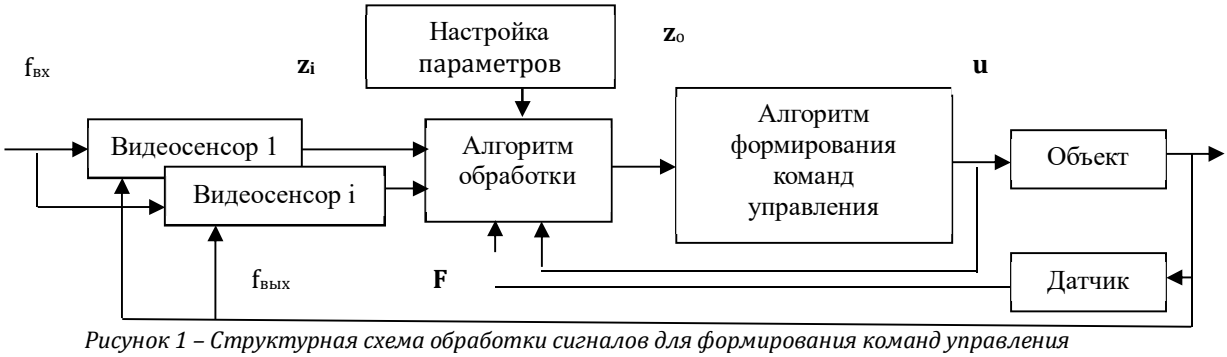


*Рисунок 1 – Структурная схема обработки сигналов для формирования команд управления*

Дискретный алгоритм обработки входной информации в задачах управления в рамках методов фильтрации Калмана имеет вид:

$$\mathbf{x}_o(n \mid n-1) = \Phi(n)\mathbf{x}_o(n-1) + \mathbf{B}(n)\mathbf{U}(n) + \mathbf{D}(n)\mathbf{F}(n);$$

$$\mathbf{x}_o(n) = \mathbf{x}_o(n \mid n-1) + \sum_{i=1}^{N} \mathbf{K}_i(n)\{\mathbf{z}_i(n) - \mathbf{H}(n)\mathbf{x}_o(n \mid n-1)\}; \tag{1}$$

$$\mathbf{K}_i(n) = S_i(n)\mathbf{P}(n \mid n-1)\mathbf{H}^{\mathrm{T}}\{\mathbf{H}(n)\mathbf{P}(n \mid n-1)\mathbf{H}^{\mathrm{T}}(n) + \mathbf{V}_{vi}[n]\}^{-1};$$

$$\mathbf{P}(n \mid n-1) = \mathbf{G}(n)\mathbf{V}_w(n)\mathrm{G}^{\mathrm{T}}(n) + \Phi(n)\mathbf{P}(n-1)\Phi^{\mathrm{T}}(n);$$

$$\mathbf{P}(n) = \mathbf{P}(n \mid n-1) - \sum_{i=1}^{N} \mathbf{K}_i(n)\mathbf{H}(n)\mathbf{P}(n \mid n-1), \qquad i = 1 \ldots N$$

где $\mathbf{z}_i(n)$ – вектор наблюдений; $\mathbf{z}_o(n) = \mathbf{H}(n)\mathbf{x}_o(n \mid n-1)$ – вектор оценок наблюдений; $\mathbf{x}_o(n)$ – оценка вектора состояния; $\mathbf{x}_o(n \mid n-1)$ – оценка вектора прогнозирования состояния; $\mathbf{\Phi}(n)$ – переходная матрица; $\mathbf{H}(n)$ – матрица наблюдения; $\mathbf{K}_i(n)$ – матрица коэффициентов; $\mathbf{P}(n \mid n-1)$ – дисперсионная матрица вектора состояния; $\mathbf{P}(n)$ – дисперсионная матрица оценки вектора состояния; $\mathbf{U}(n)$ – вектор управления; $\mathbf{F}(n)$ – вектор измеренных сигналов с выхода объекта; $\mathbf{B}(n)$ – матрица коэффициентов управления; $\mathbf{D}(n)$ – матрица коэффициентов измерения; $S_i(n)$ – признак типа измерителя или отсутствия измерений $S_i(n) = 0$; $N$ - количество видеосенсоров.

Непрерывный алгоритм фильтрации Калмана имеет вид:

$$\frac{d\mathbf{x}_o}{dt} = \Phi(t)\mathbf{x}_o(t) + \mathbf{B}(t)\mathbf{U}(t) + \mathbf{D}(t)\mathbf{F}(t) + \sum_{i=1}^{N} \mathbf{K}_i(t)\left(\mathbf{z}_i(t) - \mathbf{H}(t)\mathbf{x}_o(t)\right); \tag{2}$$

$$\frac{d\mathbf{P}(t)}{dt} = \mathbf{V}_w(t) + \Phi(t)\mathbf{P}(t) + \mathbf{P}(t)\Phi^{\mathbf{T}}(t) - \mathbf{P}(t)\mathbf{H}^{\mathbf{T}}(t)\mathbf{V}_v^{-1}(t)\mathbf{H}(t)\mathbf{P}(t),$$

где $\mathbf{z}_i(t)$ – вектор наблюдений; $\mathbf{z}_o(t) = \mathbf{H}(t)\mathbf{x}_o(t)$ – вектор оценок наблюдений; $\mathbf{x}_o(t)$ – оценка вектора состояния; $\mathbf{\Phi}(t)$ – переходная матрица; $\mathbf{P}(t)$ – корреляционная матрица; $\mathbf{H}(t)$ – матрица наблюдения; $\mathbf{K}_i(t) = S_i(t)\mathbf{P}(t)\mathbf{H}^T(t)\mathbf{V}_{vi}{}^{-1}(t)$ – матрица коэффициентов; $\mathbf{U}(t)$ – вектор управления; $\mathbf{F}(t)$ – вектор измеренных сигналов с выхода объекта; $\mathbf{B}(t)$ – матрица коэффициентов управления; $\mathbf{D}(t)$ – матрица коэффициентов измерения; $S_i(t)$ – признак типа измерителя или отсутствия измерений $S_i(t) = 0$.

Корректирующий фильтр обеспечивает требуемую устойчивость и точность системы управления. Выбор передаточной функции корректирующего фильтра может быть осуществлен традиционным методом частотных характеристик.

Для обеспечения устойчивости системы управления с фильтром Калмана вводится обратная связь по командам управления $\mathbf{u}$ или по измеренным сигналам с выхода объекта $\mathbf{F}$, исходя из выполнения условия:

$$W_{ж} = W_{ф}\, W_c,$$

где $W_{ж}$ – желаемая передаточная функция замкнутой системы с фильтром; $W_{ф}$ – передаточная функция фильтра; $W_c$ – передаточная функция системы без фильтра.

Так передаточная функция по командам управления $\mathbf{u}$ в зависимости от сигнала ошибки управления ε(t) имеет вид:

$$\frac{u}{\varepsilon} = \frac{W_O W_{БУ}}{1 + W_{\mathrm{MO}} W_{БУ}(1 - W_O)},$$

где $W_{\mathrm{O}}$ – передаточная функция алгоритма обработки выделения координат объекта; $W_{\mathrm{MO}}$ – передаточная функция модели объекта управления цепи обратной связи по командам управления $\mathbf{u}$ или по измеренным сигналам с выхода объекта $\mathbf{F}$,.

Передаточная функция системы управления имеет вид:

$$W_{\mathrm{СУ}} = \frac{W_{\mathrm{O}} W_{БУ} W_{\mathrm{OУ}}}{1 + W_{\mathrm{MO}} W_{ОБ} + W_B W_{БУ}(W_{\mathrm{OУ}} - W_{\mathrm{MO}})},$$

где $W_{\mathrm{OУ}}$ – передаточная функция объекта управления.

При $W_{\mathrm{MO}} = W_{\mathrm{OУ}}$ передаточная функция примет вид:

$$W_{\text{СУ}} = \frac{W_O W_{БУ} W_{\text{ОУ}}}{1 + W_{\text{БУ}} W_{OУ}},$$

т.е. в системе управления обеспечивается подавление помех с помощью алгоритма обработки при сохранении динамических характеристик (запасов устойчивости и т.д.) системы, так как в характеристическое уравнение (знаменатель) не входит $W_0$. Это позволяет выбирать полосу пропускания алгоритма обработки, равную полосе пропускания системы управления, и обеспечивать эффективное подавление помех.

Формирование требуемых динамических характеристик системы управления может быть проведено при разных соотношениях полосы пропускания системы без фильтра $f_c$ и полосы пропускания фильтра Калмана $f_ф$.

Если требуемое качество управления обеспечивается выбором полосы пропускания системы без фильтра $W_c$ меньшей, чем полоса пропускания фильтра Калмана $W_ф$: $f_c < f_ф$, то динамические свойства системы управления определяются алгоритмом формирования команд управления.

Требуемые свойства системы при задании полосы системы без фильтра $W_c$ большей, чем полоса пропускания фильтра $W_ф$: $f_c > f_ф$ обеспечиваются за счет повышения динамических характеристик системы и малой полосы пропускания фильтра. В этом случае можно обеспечить полосу пропускания фильтра, соизмеримую с рабочей полосой системы.

**<u>Обработка изображений [2 - 5]</u>**

*Алгоритмы идентификации источника полезного излучения на основе использования комплексного критерия*

Процедура идентификации изображения источника полезного излучения является результатом его распознавания на общем изображении. Алгоритмы распознавания изображений отличаются сложностью и большим разнообразием.

Процедура идентификации изображения полезного объекта существенно отличается от классической постановки задачи. Это связано с тем, что основными признаками при идентификации являются не только статические признаки (размеры, форма, распределение яркости и др.), но и динамические (траектория движения, направление вектора угловой и линейной скорости, значение скорости).

В этом случае для идентификации полезного изображения целесообразно использовать специально сконструированный функционал, учитывающий комплекс характерных параметров полезного объекта. Поскольку некоторые параметры изображения являются неустойчивыми, функционал должен учитывать их с определённым весовым коэффициентом, зависящим от погрешности определения. Общий вид функционала *F* имеет вид:

$$F = \sum_{i=1}^{n} K_i p_i < F_o,$$

где $K_i$ – весовой коэффициент *i* – того параметра; $p_i$ – значение соответствующего параметра; $F_o$ – пороговое значение критерия.

Весовые коэффициенты определяются на основе обработки (измерении параметров изображений полезного источника) видеоизображений при различных условиях.

Таким образом, общая идеология или концепция выделения полезного объекта заключается в том, что его идентификация осуществляется как по прямым признакам с максимальными весовыми коэффициентами, так и по косвенным признакам, имеющим меньшие весовые коэффициенты.

*Селекция полезного объекта на основе методов корреляционного анализа*

Рассматривается подход к обработке последовательности видеоизображений для слежения за полезными объектами, основанный на методах корреляционного анализа.

В качестве меры соответствия используют значение взаимной корреляционной функции или суммы модулей разности яркостей пикселей в пределах области обработки:

$$S = \sum_{i=0}^{m} \sum_{j=0}^{n} \left| K_э(x_i, y_j) - K_n(x_i, y_j) \right|,$$

где $\{m, n\}$ – число пикселей в блоке; $K_э$ – эталонный кадр; $K_n$ – текущий кадр.

На первом этапе обработки осуществляется формирование эталона. Для этого происходит

бинаризация изображения, выделение объекта, получение размеров и положения изображения объекта и формирование области перезаписи эталона. Размеры области перезаписи эталона задаются с учетом размеров предыдущего эталонного образа. Координаты этой области формируются исходя из положения объекта на текущем кадре. Формирование эталона может происходить либо через фиксированное количество кадров, либо по нарастанию величины относительной ошибки взаимной корреляционной функции:

$$S_{от} = \frac{1}{mn}\sum_{i=0}^{m}\sum_{j=0}^{n}\left|K_э(x_i, y_j) - K_n(x_i, y_j)\right|. \quad (3)$$

Это происходит по следующему принципу: относительная ошибка $S_{от}$ нарастает от кадра к кадру (т.к. характеристики объекта со временем могут изменяться), и, когда она достигает определенного предела, происходит перерасчет эталонного образца.

На втором этапе обработки осуществляется сопровождение объекта. Для слежения за объектом на последующем кадре формируется область поиска, где производится расчет взаимной корреляционной функции.

После того, как сформирована область поиска, она разбивается на блоки размером $m \times n$ (размеры эталона) с шагом s пикселей. В этих блоках производится расчет взаимной корреляционной функции по формуле (3). В каком блоке получается наименьшее значение $S_{от}$, тот блок и будет считаться полезным источником.

**<u>Оценка качества изображений</u>**

Для оценки качества изображений используются оценки их однородности, сложности и вероятности обнаружения полезного объекта.

*Оценка однородности изображения*

Для оценки однородности изображения осуществляется расчет коэффициентов пространственной корреляции сравниваемых областей $k$ и $p$:

$$r_{k,p} = \frac{1}{\sigma_k \sigma_p}\sum_{i=1}^{N}(x_{i,k} - m_k)(x_{i,p} - m_p),$$

где $x_{i,k}$, $x_{i,p}$ – элемент изображения; $m_k$, $m_p$ – математическое ожидание; $\sigma_k, \sigma_p$ - среднеквадратическое отклонение.

*Оценка сложности изображения*

Оценка сложности изображения определяется как отношение дисперсии в локальных областях $D_{i,j}$ к общей дисперсии $D$ для всего изображения:

$$h_{i,j} = \frac{D_{i,j}}{D}.$$

*Оценка вероятности обнаружения полезного объекта*

Аналитическое выражение для вероятности обнаружения получается на основе синтеза алгоритма обнаружения с применением вероятностно-статистических методов. При этом вероятность обнаружения полезного объекта для $k$-того кадра равна:

$$P_{обПО} = \frac{1}{2} - \Phi\left(\Phi^{-1}\left(\frac{1}{2} - F\right) - q\right),$$

где $\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_0^z e^{-u^2/2}du$ – функция ошибок; $\Phi^{-1}(\bullet)$ – обратная функция ошибок; $(\frac{1}{2} - F)$ – вероятность ложной тревоги; $q$ – параметр обнаружения полезного объекта.

Параметр обнаружения равен:

$$q = \frac{I_{ср\,ПО} - h}{\sigma_{ср\,ПО}},$$

где $I_{ср\,ПО}$ – среднее значение отсчётов изображения с полезным объектом; $\sigma_{ср}$ – среднеквадратическое отклонение отсчётов области обработки изображения с полезным объектом; $h$ - заданный порог бинаризации при обработке изображений.

Среднее значение отсчётов области обработки изображения с полезным объектом определяется по формуле:

$$I_{cp\,ПО} = \frac{1}{(x_{max} - x_{min})\cdot(y_{max} - y_{min})} \sum_{n=x_{min}}^{x_{max}} \sum_{m=y_{min}}^{y_{max}} I_{mn} ,$$

где $x_{min}$, $x_{max}$ – координаты границ области обработки изображения по горизонтали; $y_{min}$, $y_{max}$ – координаты границ области обработки изображения по вертикали.

Среднеквадратическое отклонение отсчётов области обработки изображения с полезным объектом равно:

$$\sigma_{cp} = \sqrt{\frac{1}{M \cdot N - 1} \sum_{n=1}^{N} \sum_{m=1}^{M} (I_{mn})^2} .$$

Расчет вероятности ложной тревоги $P_L$ осуществляется с учетом следующей зависимости:

$$P_L = \frac{1}{2} - F = \frac{1}{2} - \Phi(\frac{h - m_o}{\sigma_o}) ,$$

где среднее значение отсчётов $I_o = \frac{1}{(x_{max} - x_{min})\cdot(y_{max} - y_{min})} \sum_{n=x_{min}}^{x_{max}} \sum_{m=y_{min}}^{y_{max}} I_{mn}$ и среднеквадратическое отклонение отсчётов $\sigma_o = \sqrt{\frac{1}{M \cdot N - 1} \sum_{n=1}^{N} \sum_{m=1}^{M} (I_{mn})^2}$ рассчитываются для области обработки изображения при отсутствии в ней полезного объекта.

Расчет оценки однородности, сложности изображения и вероятности обнаружения полезного объекта осуществляется как для исходных изображений с видеосенсоров, так и для изображений после их обработки. Полученные оценки однородности, сложности изображения и вероятность обнаружения полезного объекта используются для выбора параметров методов обработки изображений, а также для настройки алгоритмов комплексирования обрабатываемой информации.

**<u>Комплексирование информации</u>**

Рассматриваются вопросы объединения результатов обработки последовательности видеоизображений, полученных либо с видеосенсоров различной физической природы, либо с одного видеосенсора, но обработанных разными методами.

Для комплексирования результатов выделения и расчета координат полезного объекта, полученных с помощью разных методов обработки видеоизображений, может быть использован фильтр Калмана (1) или (2).

Решение задачи комплексирования возможно путем обработки данных по каждому каналу с весами, зависящими от точности полученных оценок. Комплексирование данных с использованием весовых коэффициентов в общем случае может быть представлено следующей зависимостью:

$$I = \bigcup_i w_i I_i ,$$

где Ij – информационный параметр i-го канала; wj – весовой коэффициент i-го канала.

Комплексирование с использованием весовых коэффициентов позволяет использовать данные от всех каналов, а также обеспечивает учет влияния каждого из каналов на общий результат за счет перераспределения весов. К недостаткам относится отсутствие возможности прогнозирования при пропадании сигналов по всем каналам.

Алгоритмы, формируемые на основе теории многозначной и нечеткой логики, могут быть использованы для предварительной обработки информации, поступающей на входы фильтра Калмана (1) или (2) или для настройки его параметров (рисунок 1).

**Результаты**

Рассмотрена возможность объединения результатов выделения координат полезного объекта, полученных как с помощью корреляционного метода, так и на основе комплексного критерия [2].

Разработка и моделирование работы фильтра Калмана для комплексной обработки выделенных координат полезного объекта проведены с помощью программного комплекса «Идентификация» (рисунок 2), предназначенного для обработки результатов экспериментов различными методами, реализованными отдельными подключаемыми модулями [6].

Фильтр Калмана при наличии выделенных координат полезного объекта двумя методами обработки: $s_1 = 1$ и $s_2 = 1$ (режим комплексирования) – имеет следующий вид:

$$x1_э(n) = x1_ф(n) + x2_ф(n)\,T_o + x3_ф(n)\,T_o^2/2;$$
$$x2_э(n) = -\,x1_ф(n) + x2_ф(n) + x3_ф(n)\,T_o - k_{oc}u(n);$$
$$x3_э(n) = x3_ф(n);$$
$$x1_ф(n) = x1_э(n) + k11(n)s_1(n)(x_1(n) - x1_э(n)) + k21(n)\,s_2(n)(x_2(n) - x1_э(n));$$
$$x2_ф(n) = x2_э(n) + k12(n)s_1(n)(x_1(n) - x1_э(n)) + k22(n)s_2(n)(x_2(n) - x1_э(n));$$
$$x3_ф(n) = x3_э(n) + k13(n)\,s_1(n)(x_1(n) - x1_э(n)) + k23(n)\,s_2(n)(x_2(n) - x1_э(n)),$$

где $x_1(n)$, $x_2(n)$ – вычисленные координаты полезного объекта двумя методами; признаки выделения полезного объекта $s_1(n)$ и $s_2(n)$: $s_i = 1$ – при выделении объекта, $s_i = 0$ – при не выделении объекта.

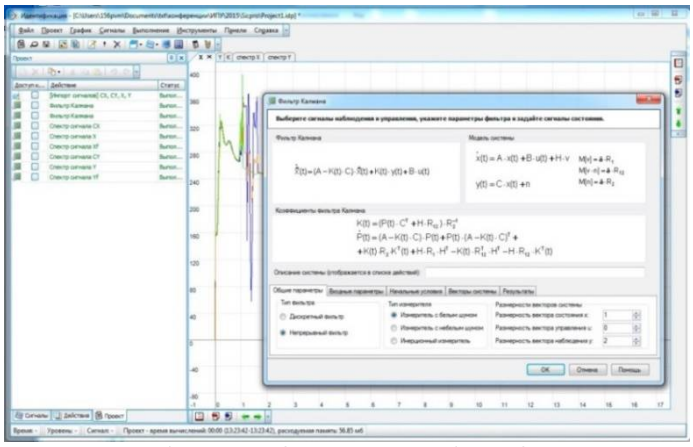

*Рисунок 2. Разработка и моделирование работы фильтра Калмана*

При отсутствии сигналов $s_1 = 0$ и $s_2 = 0$ (режим прогнозирования)

$$x1_ф(n) = x1_ф(n) + x2_ф(n)\,T_o + x3_ф(n)\,T_o^2/2;$$
$$x2_ф(n) = x2_ф(n) + x3_ф(n)T_o.$$

С помощью программы Matlab получены амплитудно-частотные характеристики фильтра Калмана (на рисунке 3а): кривая а – при s1=0, s2=1 (по сигналу, полученному корреляционным методом); кривая б – при s1=1, s2=0 (по сигналу, полученному методом оценки характеристик); кривая в – при s1=1, s2=1 (при комплексировании сигналов).

На рисунке 3б приведены выделенные координаты полезного объекта после обработки видеоряда, сформированного в процессе проведения экспериментальных исследований системы слежения с оптическим координатором, а также результаты объединения этих координат: CX, CY – обработка с помощью корреляционного метода; X, Y – обработка методом оценки характеристик полезного объекта; Xf, Yf – комплексирование результатов с помощью фильтра Калмана.

На рисунке 3г приведены спектральные характеристики выделенных координат полезного объекта.

При использовании корреляционного метода на интервале времени 9…10 с выделенные координаты полезного объекта имеют значительные погрешности. Комплексирование результатов обработки с использованием разных методов обработки позволяет повысить качество расчета координат полезного объекта по сравнению с оценками, полученными каждым методом в отдельности. Кроме того, обеспечивается улучшение и спектральных характеристик координат полезного сигнала излучения.

Приведённые графики показывают, что результаты комплексирования двух методов обработки обеспечивают существенно меньший разброс (ошибки) определения координат. Возможные сбои одного из методов компенсируются большей стабильностью результатов второго метода на этом интервале. Проведенное тестирование и обработка экспериментальной последовательности видеоизображений показали эффективность предложенной методики объединения результатов обработки и выделения источника полезного излучения по последовательности видеоизображений разными методами видеоанализа.

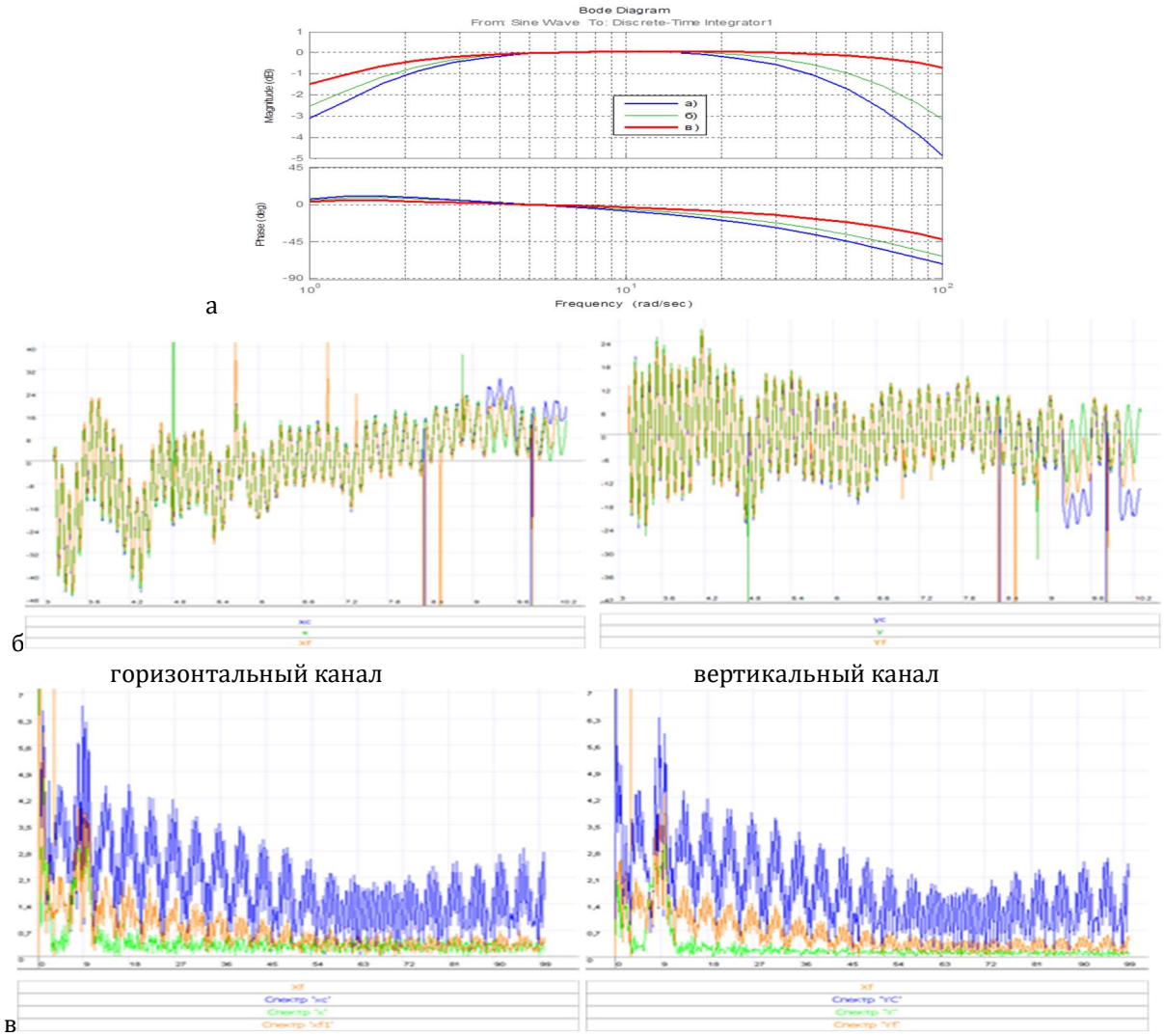


*Рисунок 3. Комплексирование результатов обработки информации: а – амплитудно-частотные характеристики фильтра Калмана; б – выделенные координаты полезного объекта; в – спектральные характеристики выделенных координат полезного объекта*

## Заключение

Таким образом, разработан методический подход к объединению результатов обработки и выделению полезного объекта разными методами видеоанализа по последовательности видеоизображений. Проведенное тестирование и обработка экспериментальной последовательности видеоизображений показали эффективность предложенной методики.

## Литература


1. Понятский В.М. Способ повышения помехоустойчивости робототехнической системы // Супервычисления и математическое моделирование: докл. XIII Междунар. Конф. (Саров, 3 октября - 7 октября 2011 г). – Саров.: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2012, С 388-401.
2. Понятский В.М. Комплексирование оценок координат подвижного объекта, полученных разными методами обработки последовательности видеоизображений // Известия ТулГУ. Сер. Технические науки. Вып. 2.Тула: ТулГУ. 2015. – С. 77-89.
3. Галантэ А.И., Макарецкий Е.А., Понятский В.М. Алгоритм обработки телевизионных изображений подвижного источника излучения // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации. Распознавание: сб. матер. X Междунар. Конф. ( Курск, 2012 г.).– Курск, 2012. – С. 240-242.
4. Егоров Д.Б., Понятский В.М., Макарецкий Е.А. Программный комплекс моделирования цифровой обработки видеоизображений подвижного источника излучения // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации. Распознавание: сб. матер. X Междунар. Конф. ( Курск, 2012 г.). –Курск, 2012. - С.246-248.
5. Понятский В.М., Егоров Д.А. Программный комплекс моделирования последовательности методов видеообработки для задач управления // Современные информационные технологии и ИТ-образование. Научный журнал. 2015. Т. 2 (№11). – С.334-340.

6. Понятский В.М. Научное программное обеспечение для исследования нестационарных процессов // Современные информационные технологии и ИТ-образование. Научный журнал. 2011.

## References

1. Ponjatskij V.M. Sposob povyshenija pomehoustojchivosti robototehnicheskoj sistemy // Supervychislenija i matematicheskoe modelirovanie: dokl. XIII Mezhdunar. Konf. (Sarov, 3 oktjabrja - 7 oktjabrja 2011 g). – Sarov.: FGUP «RFJaC-VNIIJeF», 2012, S 388-401.
2. Ponjatskij V.M. Kompleksirovanie ocenok koordinat podvizhnogo ob#ekta, poluchennyh raznymi metodami obrabotki posledovatel'nosti videoizobrazhenij // Izvestija TulGU. Ser. Tehnicheskie nauki. Vyp. 2.Tula: TulGU. 2015. – S. 77-89.
3. Galantje A.I., Makareckij E.A., Ponjatskij V.M. Algoritm obrabotki televizionnyh izobrazhenij podvizhnogo istochnika izluchenija // Optiko-jelektronnye pribory i ustrojstva v sistemah raspoznavanija obrazov, obrabotki izobrazhenij i simvol'noj informacii. Raspoznavanie: sb. mater. X Mezhdunar. Konf. ( Kursk, 2012 g.).– Kursk, 2012. – S. 240-242.
4. Egorov D.B., Ponjatskij V.M., Makareckij E.A. Programmnyj kompleks modelirovanija cifrovoj obrabotki videoizobrazhenij podvizhnogo istochnika izluchenija // Optiko-jelektronnye pribory i ustrojstva v sistemah raspoznavanija obrazov, obrabotki izobrazhenij i simvol'noj informacii. Raspoznavanie: sb. mater. X Mezhdunar. Konf. ( Kursk, 2012 g.). –Kursk, 2012. - S.246-248.
5. Ponjatskij V.M., Egorov D.A. Programmnyj kompleks modelirovanija posledovatel'nosti metodov videoobrabotki dlja zadach upravlenija // Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie. Nauchnyj zhurnal. 2015. T. 2 (№11). – S.334-340.
6. Ponjatskij V.M. Nauchnoe programmnoe obespechenie dlja issledovanija nestacionarnyh processov // Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie. Nauchnyj zhurnal. 2011.

Поступила 11.10.2016

**Об авторе:**

**Понятский Валерий Мариафович**, доцент кафедры проектирования автоматизированных комплексов Тульский государственный университет, к.т.н., доцент, pwmru@yandex.ru, начальник бюро, АО «Конструкторское бюро приборостроения имени академика А.Г. Шипунова».