

Раздел IV. Системы управления

УДК 001.8.91:536.521.2

А.А. Ваниев, И.И. Доцин

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДВУХ МНОГОЗОНАЛЬНЫХ ОПТИЧЕСКИХ КАНАЛОВ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ВОЗДУШНЫХ ЦЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ТРАЕКТОРНЫХ И ТЕМПЕРАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Рассмотрен измерительный комплекс, состоящий из двух цифровых теодолитов, оснащённых тепловизионными каналами наблюдения. Показан механизм обработки информации с учётом показаний двух многозональных измерительных каналов. Рассмотрена процедура расчёта действительной температуры удалённого объекта. Предложен метод индивидуальной оценки температур летательных аппаратов с учётом ослабления теплового излучения из-за атмосферного пропускания и с использованием результатов оценки навигационных параметров целей по оптическим измерительным каналам видимого диапазона. Сформулирован критерий сопоставления результатов траекторных измерений и тепловизионных изображений наблюдаемых объектов, основанный на упрощённой процедуре оценки угловых координат оптическими средствами. Показано, что использование двух тепловизоров, располагающихся на различных измерительных пунктах, позволяет проводить обработку без учёта коэффициентов серости наблюдаемых объектов, при этом длины и углы наклона трасс рассчитываются по результатам оценки навигационных параметров объектов. Показана возможность использования термограмм для повышения эффективности классификации объектов, наблюдаемых пассивным цифровым оптическим локатором.

Температурные измерения; траекторные измерения; пассивный цифровой оптический локатор; термограмма; температурное поле; летательные аппараты.

A.A. Vaniev, I.I. Docin

USING TWO MULTISPECTRAL OPTICAL CHANNELS FOR AIR TARGET CLASSIFICATION ON BASIS OF TRAJECTORY AND TEMPERATURE MEASUREMENTS

Measurement system composed of two digital theodolites with thermal imagers is described. The mechanism of information processing based on the testimony of two multispectral measurement channels is shown. A procedure for calculating the actual temperature of the remote object is described. The method of airplane temperature measurement subject to the atmosphere absorption and estimates of target navigation parameters given by apparent optical channel measurements is introduced. The criteria of results comparison for trajectory and temperature estimates of observing objects, based on simplified procedure of trajectory measurement using passive digital optical system is formulated. It is shown that the use of two thermal imagers, which are located at different measuring points, permits the treatment without dullness coefficients of observed objects, and the lengths and angles of slopes calculated from the evaluation of the navigation parameters of objects. The possibility of classification of objects observed by digital passive optical locator using thermogram analysis is revealed.

Temperature measurement; trajectory measurement; digital passive optical locator; thermogram; temperature fields; airplanes.

С развитием цифровых технологий пассивная оптическая локация становится одним из наиболее перспективных способов оценивания параметров движения летательных аппаратов (ЛА). Появилась возможность оценивания движения в реальном или близком к нему времени, что расширяет возможности полигонных измерительных комплексов (ПИК) [1]. Комплекс из двух и более цифровых теодолитных постов позволяет оценивать такие параметры движения ЛА, как координаты в избранной центральной системе координат (СК), а также скорости и ускорения.

В ряде практических приложений, когда требуется функционирование измерительной системы с минимальным вмешательством человека, встаёт задача распознавания наблюдаемых объектов (определения их типа). Применительно к пассивным цифровым оптическим локаторам (ПЦОЛ) можно выделить следующие основные наблюдаемые признаки распознавания: форма, размер, скорость, высота, яркость, а также направление движения цели. К числу таких признаков также относится оценка температурного поля наблюдаемого объекта. Для его измерения в состав ПИК вводится тепловизионный оптический канал, работающий в среднем ИК-диапазоне (8–14 мкм).

Основной проблемой современного этапа тепловидения является повышение достоверности интерпретации информации, получаемой с помощью тепловизионных приборов. Между стадиями получения информации и трактовкой ее содержания лежит целый ряд промежуточных этапов, включающих сбор дополнительной информации (измерение температуры воздуха, относительной и абсолютной влажности, длины трассы и угла наклона трассы), и применение совокупности заранее накопленных сведений (значений коэффициентов излучения поверхности обследуемых материалов). Всё это затрудняет использование тепловизионных каналов в ПИК, особенно в задачах, решаемых в реальном времени. Для устранения ошибок, связанных с процедурой градуировки тепловизора и влиянием на измерения атмосферного пропускания, предлагаются следующие решения.

Общий подход к построению и анализу градуировочной модели, расчету на ее основе оценок эффективных температур \mathbf{T}_e с учетом ковариационных связей между пикселями предлагается в работах [2, 3]. Модель позволяет вычислить вектор оценок температур, ковариационную матрицу оценок \mathbf{V}_T , общую оценку по всем пикселям \hat{t} и ее дисперсию S_t .

Расчет действительных температур объекта \mathbf{T} основан на использовании соотношения Планка:

$$M(t) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{2\hbar c^2}{\lambda^5} \frac{1}{\exp(\hbar c / k\lambda(t + 273,15)) - 1} d\lambda, \quad (1)$$

где $M(t)$ – спектральная плотность теплового излучения, \hbar – постоянная Планка; (λ_1, λ_2) – спектральный диапазон чувствительности тепловизионного канала; c – скорость света; t – температура в °С; λ – длина волны.

Формула приближенного расчета спектральной плотности теплового излучения температурного поля, отображаемого на пиксель с координатами (x, y) , с учетом закона Планка? принимает вид

$$M(t(x, y)) = \frac{M(t_e(x, y)) - \tau_{atm}(1 - \varepsilon_i)M(t_p) - (1 - \tau_{atm})M(T(h))}{\tau_{atm}\varepsilon_i}, \quad (2)$$

где t_p – температура фона, равная значению температуры окружающей среды; $\varepsilon_i(x, y)$ – коэффициенты серости поверхностей, отображаемых на i -й пиксель изображения; τ_{atm} – коэффициент атмосферного пропускания; $T(h)$ – высотный профиль температуры воздуха.

Выражение для расчета коэффициента пропускания атмосферы τ_{atm} имеет вид:

$$\tau_{atm} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \exp(-(\tau_m + \tau_a + \tau_r)) d\lambda, \quad (3)$$

где τ_m – коэффициент молекулярного поглощения атмосферы; τ_a – коэффициент аэрозольного поглощения; τ_r – коэффициент рассеяния молекулами газа. Оптическая толщина τ_m , обусловленная молекулярным поглощением для газов CO_2 , CO , N_2O , CH_4 , O_2 , O_3 и паров воды, вычислялась по формуле [4]:

$$\tau_m = \sum_k \beta_k(\lambda) \int_{H_1}^{H_2} \omega_{0k} \left(\frac{P(h)}{P_0} \right)^{1,75} \frac{T_0}{T(h)} \frac{dh}{\sin \beta} + \int_{H_1}^{H_2} 47 \rho(h) \left(\frac{P(h)}{P_0} \right)^{0,4} \frac{dh}{\sin \beta} + \int_{H_1}^{H_2} \frac{21,7}{T_0} 6,107 \cdot 10^{\frac{7,665t_a}{243,33+t_a}} \frac{f}{100} \left(\frac{P(h)}{P_0} \right)^{0,9} \exp(-0,5h) \frac{dh}{\sin \beta}, \quad (4)$$

где H_1, H_2 – высота измерительного поста (ИП) и цели относительно горизонта; ω_{0k} – поглощающая масса k -го газа (кроме озона) в приземном слое для длины трассы 1 км; $P_0 = 1013$ мб, $T_0 = 273$ К; β – оценка угла наклона, отчитываемого от горизонта; $\rho(h)$ – высотный профиль распределения озона для зимы и лета средних широт; f – относительная влажность воздуха; t_a – температура окружающей среды в °С. Высотный профиль температуры и давления вычисляется согласно ГОСТ 4401:

$$T(h) = T_0 - 0,0065h, \quad (5)$$

$$P(h) = P_0(1 - h/44308)^{5,255}, \quad (6)$$

где h – высота в метрах ($h < 11000$ м). Оптическая толщина, обусловленная аэрозольным ослаблением, рассчитывается по формуле

$$\tau_a = 3,9 \int_{H_1}^{H_2} \frac{1}{Sm} \left(\frac{0,55}{\lambda} \right)^m \exp\left(-\frac{h}{h_a}\right) \frac{dh}{\sin \Theta}, \quad (7)$$

где Sm – длина трассы,

$$m = \begin{cases} 0,585\sqrt[3]{Sm}, & Sm < 6 \text{ км} \\ 1,3, & Sm \geq 6 \text{ км}, \end{cases} \quad (8)$$

$$h_a = 5 / (6,65 - \ln(Sm)). \quad (9)$$

Оптическая толщина, обусловленная молекулярным рассеянием, рассчитывается по формуле

$$\tau_r = \int_{H_1}^{H_2} \beta_M(\lambda, h) \frac{dh}{\sin \Theta}, \quad (10)$$

где

$$\beta_M(\lambda, h) = \beta_M(0,55 \text{ мкм}, h) \cdot \left(\frac{0,55}{\lambda}\right)^4. \quad (11)$$

Значения длины и угла наклона трассы определяются путём привлечения информации с измерительного канала наблюдения цифрового теодолита. Применение высокоточных измерительных каналов наблюдения позволяет оценить навигационные параметры с требуемой точностью, что в свою очередь позволяет произвести оценку температуры объекта без теоретически известного коэффициента серости цели.

В качестве угла наклона трассы для расчета коэффициента атмосферного пропускания и высотного профиля температуры могут быть использованы результаты измерения угла места выбранного объекта по показаниям измерительных каналов наблюдения оптического диапазона. Поскольку в ПЦОЛ отсутствует возможность непосредственного измерения дальности, для расчёта длины трассы требуются результаты оценки навигационных параметров по показаниям двух ИП.

Процесс обработки траекторной информации разбивается на два этапа – первичный и вторичный, как показано в работе [1].

Этап первичной обработки в обобщённом виде может быть представлен в виде оператора, отображающего координаты наблюдаемых объектов в системе координат (СК) ПЗС-матрицы прибора в местную СК измерительного пункта с учётом показаний датчиков углового положения (ДУП):

$$P_{перв} : (f \ Y_{Цк,l}(i) \ X_{Цк,l}(i))^T \rightarrow (\alpha_{Цк,l}(i) \ \beta_{Цк,l}(i)), \quad (12)$$

где $X_{Цк,l}(i)$ и $Y_{Цк,l}(i)$ – координаты объекта (цели) на изображении с ПЗС-матрицы прибора; f – фокусное расстояние объектива; $\alpha_{Цк,l}(i)$ и $\beta_{Цк,l}(i)$ – соответственно азимут и угол места цели в местной СК ИП; l – номер ИП; k – номер объекта в кадре; i – номер текущего отсчёта времени t_i . Конкретный вариант построения оператора первичной обработки зависит от разновидности измерительного канала наблюдения.

Оператор вторичной обработки строится на основе известной методики, предложенной в работе [1]. В общем случае он отображает совокупность угловых измерений объекта, полученных с ИП, в центральную СК (как правило, прямоугольную):

$$P_{втор} : ((\alpha_{Цк,l}(i) \ \beta_{Цк,l}(i))^T, \dots, (\alpha_{Цк,L}(i) \ \beta_{Цк,L}(i))^T) \rightarrow (X_k^*(i) \ Y_k^*(i) \ Z_k^*(i)), \quad (13)$$

где $X_k^*(i), Y_k^*(i), Z_k^*(i)$ – оценки координат ЛА в декартовой системе координат полигона; $\alpha_{Цк,l}(i)$ и $\beta_{Цк,l}(i)$ – азимут и угол места цели в местной системе координат ИП; l – номер ИП; k – номер объекта в кадре; i – номер текущего отсчёта времени.

Следует учитывать, что возможна ситуация, когда в поле зрения теодолитов попадают несколько объектов одновременно. При этом встаёт задача определения номеров объектов, совместно привлекаемых к обработке. Для этого в математическую модель траекторных измерений вводится оператор идентификации наблюдаемых объектов $P_{ид}$, осуществляющий отождествление результатов первичной обработки в соответствии с выбранными критериями идентификации, как показано в работе [5].

Критерии идентификации условно подразделяются на две категории: пространственные и временные. Пространственная идентификация подразумевает отождествление измерений, зарегистрированных различными ИП на один и тот же момент времени, тогда как временная – измерений, зарегистрированных в разные моменты времени [5].

Для пространственной идентификации наблюдаемых объектов по показаниям измерительного канала наблюдения используется критерий пересечения пеленгов [6]:

$$\begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \end{bmatrix} = A_1^{-1} \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \end{bmatrix} = A_2^{-1} \begin{bmatrix} X_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} = A_3^{-1} \begin{bmatrix} Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix}, \quad (14)$$

где X_0, Y_0, Z_0 – координаты привязки второго измерительного пункта относительно первого; A_1, A_2, A_3 – матрицы преобразования координат:

$$A_1 = \begin{bmatrix} \cos \beta_{it} \cos \alpha_{it} & -\cos \beta_{jt} \cos \alpha_{jt} \\ \sin \beta_{it} & -\sin \beta_{jt} \end{bmatrix}; \quad (15)$$

$$A_2 = \begin{bmatrix} \cos \beta_{it} \cos \alpha_{it} & -\cos \beta_{jt} \cos \alpha_{jt} \\ \cos \beta_{it} \sin \alpha_{it} & -\cos \beta_{jt} \sin \alpha_{jt} \end{bmatrix}; \quad (16)$$

$$A_3 = \begin{bmatrix} \sin \beta_{it} & -\sin \beta_{jt} \\ \cos \beta_{it} \sin \alpha_{it} & -\cos \beta_{jt} \sin \alpha_{jt} \end{bmatrix}. \quad (17)$$

Если пеленги не пересекаются, то решения разными способами дают различные результаты, и условие (14) не соблюдается. Строгого выполнения этого условия на практике не наблюдается ввиду того, что измерения выполняются с погрешностями. В связи с этим вводятся допустимые пределы разностей расстояний ΔR_{ij}^1 и ΔR_{ij}^2 , значения которых выбираются исходя из плана расстановки измерительных приборов и их погрешностей измерения угловых координат [6].

Таким образом, в случае появления в поле зрения измерительного канала объектов, движущихся группой, их координаты в пространстве оцениваются раздельно, что в свою очередь позволяет для каждого объекта оценить длины трасс по отношению к каждому из ИП для последующей оценки его температуры. Длина трассы для объекта в составе группы оценивается по формуле

$$Sm = \sqrt{(X_k^*(i) - X_{ИП})^2 + (Y_k^*(i) - Y_{ИП})^2 + (Z_k^*(i) - Z_{ИП})^2}. \quad (18)$$

Высота объекта h полагается равной вертикальной координате $Y_k^*(i)$, где $X_k^*(i), Y_k^*(i), Z_k^*(i)$ – оценки координат объекта в декартовой СК; k – номер объекта в группе; i – номер текущего отсчёта времени; $X_{ИП}, Y_{ИП}, Z_{ИП}$ – координаты привязки ИП.

Таким образом, по окончании процесса обработки траекторной информации результаты оценки параметров трасс для всех объектов, попадающих в поле зрения ПИК и удовлетворяющих критерию пространственной идентификации (14), подставляются в формулы (4–10).

После всех преобразований на выходе двух тепловизионных каналов формируется температурное поле наблюдаемой сцены $t(x, y)$, где (x, y) – координаты пикселя. С помощью тепловизионных изображений с двух оптических каналов, полученных одновременно, производится расчет температуры цели с координатами (X_k, Y_k, Z_k) на основе системы уравнений, выведенных из формулы (2):

$$M(t(X_k, Y_k, Z_k)) = \frac{M(t_{p1})c_1 - M(t_{p2})c_2}{\tau_{am2}c_1 - \tau_{am1}c_2}, \quad (19)$$

где t_{p1} и t_{p2} – радиационные температуры для изображений цели, полученных с первого и второго теодолита; τ_{am1} и τ_{am2} – коэффициенты атмосферного пропускания для первого и второго ИП. Коэффициенты c_1 и c_2 в формуле (19) равны:

$$\begin{aligned} c_1 &= M(t_{e1}(x_1, y_1)) - (1 - \tau_{am1})M(T(h)) - \tau_{am1}M(t_{p1}), \\ c_2 &= M(t_{e2}(x_2, y_2)) - (1 - \tau_{am2})M(T(h)) - \tau_{am2}M(t_{p2}), \end{aligned} \quad (20)$$

где t_{e1} и t_{e2} – эффективные температуры для координат цели (x_1, y_1) и (x_2, y_2) на термограммах первого и второго тепловизора, соответственно.

Для классификации целей по тепловизионному изображению предлагается вероятностный критерий принадлежности произвольного пикселя $t(x, y)$ объекту заданного типа:

$$|t(i, j) - \mu_k| < E_k, \quad (21)$$

где μ_k – математическое ожидание для температуры объекта заданного типа, E_k – полуширина доверительного интервала. Параметры μ_k и E_k определяются статистически на этапе обучения системы путём анализа ранее зарегистрированных данных и с учётом требуемого соотношения вероятностей пропуска цели и ложного обнаружения. Практические испытания показали, что в качестве E_k может быть выбрана величина $3\sigma_k$, где σ_k – среднеквадратическое отклонение (СКО) оценок температур для пикселей, принадлежащих объекту заданного типа.

Пусть пиксели, удовлетворяющие критерию (21) образуют связную область G . Тогда координаты энергетического центра объекта определяются при помощи пространственного фильтра [6]:

$$X_{Ц,t} = \frac{\sum_x \sum_y xt(x, y)}{\sum_x \sum_y t(x, y)}, \quad Y_{Ц,t} = \frac{\sum_x \sum_y yt(x, y)}{\sum_x \sum_y t(x, y)} \quad (22)$$

где $X_{Ц,t}$, $Y_{Ц,t}$ – оценки координат центра объекта в системе координат микроболометра; $t(x, y)$ – значение температуры в точке с координатами элемента тепловизионного изображения (x, y) .

При этом возникает дополнительная подзадача сопоставления измерений между различными каналами наблюдения теодолита – измерительным (видимого диапазона) и тепловизионным. Для её решения предлагается критерий идентификации, основанный на упрощённой процедуре измерения угловых координат оптическими средствами.

По тепловизионному изображению производится грубая оценка угловых координат центра группы пикселей, классифицированных как “цель” путём применения к нему упрощённого варианта оператора первичной обработки (12). Оценка координат цели в местной топоцентрической системе координат теодолита имеет вид [6]:

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_t^* & \gamma_t^* & \eta_t^* \end{pmatrix}^T = F(f_t \quad -Y_{Цt} \quad X_{Цt})^T, \quad (23)$$

где F – матрица поворота системы координат, f_t – фокусное расстояние прибора.

$$F = \begin{vmatrix} \cos \beta_0 & -\sin \beta_0 & 0 \\ \sin \beta_0 & \cos \beta_0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}. \quad (24)$$

Вычисление приближённых значений азимута и угла места:

$$\alpha_t = \alpha_{0t} + \arctan\left(\frac{\eta_t^*}{\varepsilon_t^*}\right), \quad (25)$$

$$\beta_t = \arctan\left(\frac{\gamma_t^*}{\sqrt{(\eta_t^*)^2 + (\varepsilon_t^*)^2}}\right).$$

Полученные грубые оценки угловых координат (α_t, β_t) требуется сопоставить с угловыми координатами объектов наблюдения (α_i, β_i) , полученными в результате последовательного применения операторов выделения объектов (рассматриваются в работах [5, 7]) и первичной обработки к видеонизображению с основного измерительного оптического канала. Для этого предлагается следующий критерий:

$$\begin{cases} |\alpha_i - \alpha_t| < \Delta_\alpha, \\ |\beta_i - \beta_t| < \Delta_\beta, \end{cases} \quad (26)$$

где Δ_α и Δ_β – заданные пределы разности угловых координат. Поскольку расстояние от теодолита до наблюдаемого объекта, как правило, значительно превышает расстояние между оптическими центрами матриц фотодетекторов оптического и тепловизионного каналов, последним можно в большинстве практических приложений пренебречь.

Таким образом, критерий (26) позволяет сопоставить результаты траекторных измерений ЛА с соответствующими им областями G тепловых полей, измеренных каждым из тепловизоров. В обобщённом виде процесс обработки информации в измерительном комплексе, содержащем два многозональных измерительных канала, показан на рис. 1.

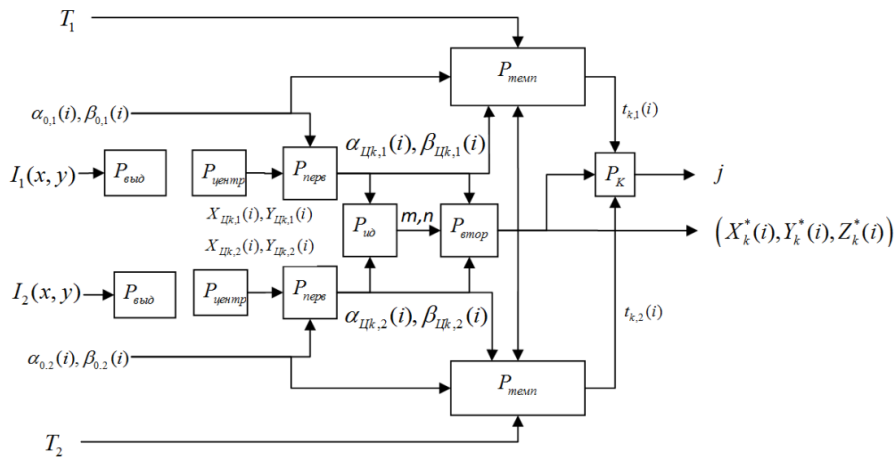


Рис. 1. Схематическое представление процесса обработки информации с тепловизионных и измерительных каналов наблюдения комплекса из двух теодолитов:

$P_{перв}$ – обобщённый оператор первичной обработки траекторной информации;
 $P_{втор}$ – обобщённый оператор вторичной обработки траекторной информации;
 $P_{ид}$ – обобщённый оператор идентификации наблюдаемых объектов; L – количество ИП; l – номер ИП; k – номер объекта в кадре; i – номер текущего отсчёта времени t_i ; $X_k^*(i), Y_k^*(i), Z_k^*(i)$ – оценки координат ЛА с номером k в декартовой системе координат по результатам траекторных измерений в момент времени i ; $X_{Цк,l}(i), Y_{Цк,l}(i)$ – координаты ЛА с номером k в системе координат ПЗС-матрицы; $\alpha_{0l}(i), \beta_{0l}(i)$ – показания ДУП теодолита с номером l в момент времени t_i ; $\alpha_{Цк,l}(i), \beta_{Цк,l}(i)$ – координаты ЛА с номером k в местной системе координат ИП; m, n – номера совместимых измерений, полученные в результате идентификации; $\{X_{ИТ1}, Y_{ИТ1}, Z_{ИТ1}\}, \{X_{ИТ2}, Y_{ИТ2}, Z_{ИТ2}\}$ – координаты точек стояния приборов; $T_l(i)$ – термограмма, полученная в момент времени i тепловизором на ИП с номером l ; $P_{темн}$ – обобщённый оператор оценивания температуры; $t_{k,l}(i)$ – оценка температуры ЛА с номером k в момент времени i по результатам измерения тепловизором на ИП с номером l ; P_K – классификатор; j – номер класса объекта.

Выводы:

1. Оценка параметров трассы ЛА по результатам обработки информации с измерительных каналов цифровых теодолитов позволяет оперативно оценивать его температуру по показаниям тепловизионного канала на протяжении всего наблюдаемого участка траектории полёта.
2. Оценивание температуры наблюдаемого объекта по показаниям тепловизионного канала наблюдения позволяет повысить эффективность определения его класса.
3. Возможность измерения температуры при помощи двух тепловизоров, располагающихся на различных ИП позволяет исключить из обработки коэффициенты серости наблюдаемых объектов.
4. Учёт результатов пространственной и временной идентификации позволяет оценить длину и угол наклона трассы для каждого из наблюдаемых объектов в отдельности, что в свою очередь позволяет индивидуально оценить их температуру.
5. Расширение спектральных возможностей ПИК путём введения в его состав тепловизионных каналов наблюдения и внесение предлагаемого критерия в математическую модель траекторных измерений позволяет расширить класс наблюдаемых признаков распознавания, характеризующих объект с целью оперативного принятия решений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильев, В.В., Манин А.П. Применение инвариантных условий ортогональности при оценивании движения летательных аппаратов // Полёт. – 2007. – № 4. – С. 46-50.
2. Доцин И.И., Попов С.А., Емельянов Г.М. Повышение точности измерения температуры по тепловизионным изображениям // Компьютерная оптика. – 2013. – Т. 37, № 1. – С. 140-143.
3. Доцин И.И., Манин А.П. Дистанционный метод измерения эффективной температуры на основе многооткликовых моделей // Машиностроение. ОРНТЖ «Полёт». – 2013. – № 7. – С. 47-51.

4. McClachey R.A., Fenn R.W., Selby J.E.A., J.S. Garing, F.E. Volz. Optical Properties of the Atmosphere. – Air Force Cambridge Res. Lab, Bedford, 1970. – 411 p.
5. Ваниев, А.А. Методы и критерии индивидуальной (раздельной) идентификации подвижных объектов, движущихся в группе, пассивными цифровыми оптическими локаторами // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 1. – С. 105-111.
6. Манин А.П. и др. Оценивание координат групповой цели с использованием цифровых оптических пассивных локаторов // XVI Международная научно-техническая конференция «Радиолокация, навигация, связь». – Воронеж, 2010.
7. Ваниев А.А., Емельянов Г.М. Метод выделения быстро движущихся объектов при использовании цифрового оптического локатора следающего типа // Компьютерная оптика. – 2013. – Т. 37, № 4. – С. 483-489.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Г.М. Емельянов.

Ваниев Александр Александрович – Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого; e-mail: threep2005@yandex.ru; 173003, г. Великий Новгород, ул. Большая Санкт-Петербургская, 41; тел.: 88162627244; аспирант.

Доцин Илья Игоревич – e-mail: id.armint@gmail.com; тел.: 88162629992; аспирант.

Vaniev Alexander Alexandrovich – Yaroslav-the-Wise Novgorod State University; e-mail: threep2005@yandex.ru; 173003 Veliky Novgorod, ul. Bolshaya Sankt-Peterburgskaya, 41; phone: +78162627244; postgraduate student.

Dotsin Ilya Igorevich – e-mail: id.armint @ gmail.com; phone: +78162629992; postgraduate student.

УДК 504.06

Е.А. Заковоротнов, Е.Е. Дегтярева

СТРУКТУРА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ АКВАТОРИИ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА

За последнее время количество неблагоприятных процессов, связанных с деградацией водной экосистемы Таганрогского залива Азовского моря, существенно увеличивается, поэтому акватория нуждается в постоянном наблюдении. Из-за таких процессов, как образование зон затопления, паводки и штормовые нагоны, абразия и обрушение берегов, аккумуляция наносов и перемещение донных отложений, происходит перестройка гидрологического режима от которого зависит жизнедеятельность морских обитателей, а также эффективное природопользование. Для осуществления оценки и прогноза состояния акватории необходимо иметь актуальные натурные данные гидрофизических и метеорологических процессов. Рассматривается краткое описание комплекса программных, аппаратных и технических средств позволяющих в совокупности осуществлять системное наблюдение и прогнозирование метеорологических и гидродинамических процессов акватории Таганрогского залива и их влияние на экологическое состояние окружающей среды. Использование комплекса мониторинга позволит моделировать сценарии поведения водной экосистемы при проведении гидротехнического строительства, ведущего к перестройке гидрологического режима, а также моделировать последствия антропогенного влияния для предотвращения техногенных катастроф.

Удаленный мониторинг водной среды; распределенная система сбора данных; система передачи данных; система обработки данных; система прогнозирования экологического состояния акватории; буйковая станция мониторинга.