

**ПРОВЕРКА ПРАВИЛЬНОСТИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ БЕСПИЛОТНЫХ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ ОБЪЕКТОВ****В.О. Хорошко¹, Ю.Е. Хохлачева¹, С.В. Калантаевская²**

¹Национальный авиационный университет,
пр-т Космонавта Комарова, 1, Киев, 03058, Украина;
²Военный институт телекоммуникаций та информатизации,
ул. Московская, 45/1, Киев, 01011, Украина;
e-mail: professor_va@ukr.net, hohlachova@gmail.com

В данной работе предлагается решение задачи оптимизации процессов обработки поступающей информации с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для распознавания объектов при отсутствии необходимого объема исходной информации. Предложенные частные методы распознавания объектов можно легко реализовать на средствах вычислительной техники, которые располагаются как на борту БПЛА, так и на наземном пункте. Эти методы позволяют оперативно получать ответ на правильность принятых решений относительно разведываемого объекта. При практическом построении систем распознавания, которые используются в БПЛА, необходимо применять большие массивы данных о признаках объектов. Построение логических систем распознавания объектов, содержащих большое число классов и признаков, и оценка их эффективности связаны со значительными трудностями. Наиболее существенным показателем эффективности системы распознавания является вероятность правильного решения ею задач распознавания неизвестных объектов. При прочих равных условиях, в частности, в условиях оптимальной обработки апостериорной информации, величина этого показателя тем выше, чем больший объем поступающей информации используется при распознавании данного объекта. Более того, при определенных ограничениях, накладываемых признаками, используемыми при распознавании, возрастает и увеличивается вероятность однозначного решения задачи распознавания. Реализация приоритетов в области создания и применения БПЛА должна осуществляться на основе использования достижений высоких технологий и мирового опыта применения беспилотников, с учетом состояния развития национальной научно-производственной базы и реализации накопленного научно-технического и технологического потенциалов Украины в информационной, авиационной, космической, телекоммуникационной и смежных областях, наличия в Украине соответствующей инфраструктуры, а также с учетом реальных экономических, геополитических и военных требований и возможностей.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, правильность принятия решений, проверка правильности, распознавание объектов.

Введение

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БПЛА) являются одним из основных элементов информационно-разведывательного обеспечения и дистанционного воздействия на объекты противника во время боевых действий, а также обеспечения внутренней безопасности государства [1].

Первые разведывательные БПЛА применялись в боевых условиях США во время войны в Корее (1950-1953 гг.). Во время войны во Вьетнаме беспилотники использовались, главным образом, для аэрофотосъемки объектов на территории страны: населенных пунктов, позиций подразделений противовоздушной обороны, мостов и т.п. [2].

Реальным способом ведения воздушной разведки, которая отвечает современным требованиям, стали только БПЛА второго поколения. Их принципиальное отличие

заключается в установке на них портативных телекамер и возможности продолжительное время патрулировать требуемый район, передавая на наземный пункт как общую картинку местности, так и картины отдельных участков для более детального обследования. Круг задач, которые решали БПЛА, расширился с применением оптико-электронной разведки. Этапу способствовало наличие на борту БПЛА различного разведывательного оборудования: телевизионных камер, аэрофотоаппарата, ИК-камер лазерного дальномера-целеуказателя, аппаратуры постановки помех и аппаратуры обработки информации [2].

Дальнейшее применение БПЛА было осуществлено Израилем в ходе ливанского военного конфликта (1982 г.) и США «Буря в Пустыне» в зоне Персидского залива (1991 г.).

Если в операции «Буря в пустыне» разведывательные БПЛА все еще применялись эпизодично, то в небе Югославии они уже играли одну из важных ролей по сбору и верификации информации.

Наиболее характерными чертами операции «Свобода Ирана» (2003 г.) было комплексное широкомасштабное применение БПЛА с задачами избирательных ударов и локализации наземных объектов, которые подлежали сохранению (нефтепромыслы) [2].

Следует отметить широкое применение БПЛА на юго-востоке Украины как вооруженными силами Украины, так и российскими наемниками. При этом современные БПЛА должны отвечать требованиям, исходя из прогнозируемых перспективных операций, и обязательно оцениваться на предмет возможности использования во всех структурах государства. По мнению экспертов, выполнение таких требований позволит значительно повысить эффективность боевого применения БПЛА.

Важными акцентами развития БПЛА является [2,3]:

- развитие и усовершенствование систем видеоизображения;
- разработка бортовых систем обработки и передачи информации;
- разработка систем обработки информации в наземных пунктах;
- разработка и внедрение новых концепций, которые обеспечат информацией, достаточной для принятия решений.

Эффективность БПЛА значительно зависит от качества подсистемы информационного обмена, которая в реальном масштабе времени должна осуществлять формирование и передачу информационных потоков, которые включают в себя видеосигналы (статических и динамических изображений), а также команды управления. По качеству видеоизображения и по реально достигаемому разрешению видеосигнала современные БПЛА приближаются к интеллектуальным компьютерным системам, что позволяет создать очень гибкие системы обеспечения информацией операторов и приблизиться по своим функциям и возможностям к системам поддержки принятия решений [1,4,5].

Построение и функционирование систем распознавания объектов связано с накоплением и анализом априорной информации. Анализ характера задачи распознавания объектов, когда характер признаков вероятностный, т.е. когда между признаками объектов и классами, к которым они могут быть отнесены, существуют вероятностные связи, может быть основан на результатах теории статистических решений. При полной исходной информации эти результаты могут быть использованы непосредственно. При неполной исходной информации распознавание может быть основано на результатах теории статистических решений, хотя в данном случае эти результаты могут быть использованы лишь путем реализации процедуры самообучения [6]. При практическом построении систем распознавания, которые используются в БПЛА, необходимо применять большие массивы данных о признаках объектов. Построение логических систем распознавания объектов, содержащих большое число

классов и признаков, и оценка их эффективности связаны со значительными трудностями.

Наиболее существенным показателем эффективности системы распознавания является вероятность правильного решения ею задач распознавания неизвестных объектов. При прочих равных условиях, в частности, в условиях оптимальной обработки апостериорной информации, величина этого показателя тем выше, чем больший объем поступающей информации используется при распознавании данного объекта. Более того, при определенных ограничениях, накладываемых признаками, используемыми при распознавании, возрастает и увеличивается вероятность однозначного решения задачи распознавания [6,7].

Цель работы

Целью данной работы является решение задачи оптимизации процессов распознавания различных объектов при отсутствии необходимого объема исходной информации.

Основная часть

Одним из наиболее существенных показателей применения БПЛА с бортовой цифровой системой видеонаблюдения наработки (ЦСВН) является вероятность правильного распознавания неизвестного (наблюдаемого) объекта. Для решения этой задачи введем в рассмотрение следующего понятия и определения.

Пусть $\Omega = \{\omega\}$ – множество, каждый элемент ω которого – объект. Произведена классификация объектов, в результате которой множество Ω подразделено на классы $\Omega_i, i = 1, 2, \dots, r$.

Каждый объект обладает определенной совокупностью признаков $x_j, j = 1, 2, \dots, N$.

Признаки объектов могут быть определены путем предварительной обработки информации, получаемой с помощью ЦСВН: $T_\beta, \beta = 1, 2, \dots, r$.

Для определения признаков распознаваемого объекта необходимо с помощью ЦСВН провести наблюдения. Обозначим множество наблюдений через $A = \{a\}$. Провести наблюдение a – значит указать, какой признак и с помощью какого средства необходимо определить.

Каждое наблюдение имеет определенный результат. Введем в рассмотрение множество возможных результатов $x = \{x_a\}$ (здесь x_a – общее обозначение результата наблюдения a). Результат наблюдения – определение факта либо назначения соответствующего признака объекта наблюдения, либо отсутствия объекта. Когда a является наблюдением по проверке логического признака объекта, то x_a принимает одно из трех возможных значений: 0 или 1, или Ψ , которые означают соответственно отсутствие у объекта наблюдения признака либо его наличие, а также то, что при проведении наблюдения не удалось установить у объекта наблюдения признаков, которые бы соответствовали известным признакам.

На наблюдение при помощи БПЛА накладываются определенные ограничения, которые обуславливаются рядом обстоятельств: невозможностью использования некоторых оптических систем в определенное время (ночное, туман, дождь, снег, активное электронное противодействие), выход из строя одного из технических средств или ограниченность ресурсов беспилотника, а также время проведения наблюдения.

Таким образом, на множество $A = \{a\}$ накладывается система последовательных ограничений Γ , которая, будем считать, задана, если для каждой Γ – допустимой цепочки результатов $x_{a_1}, x_{a_2}, \dots, x_{a_k}$, т.е. цепочки $a_1 \in A^\Gamma, a_2 \in A_2^\Gamma(x_1), \dots, a_k \in A_k^\Gamma(x_{a_1}, \dots, x_{a_{k-1}})$, определено множество наблюдений $(k+1)$ -й стадии $A_{k+1}(x_{a_1}, \dots, x_{a_k})$ допустимых после цепочки результатов $x_{a_1}, x_{a_2}, \dots, x_{a_k}$ наблюдений a_1, a_2, \dots, a_k .

Совокупность наблюдений A , заданной системой ограничений Γ , обозначим A^Γ .

Информация, полученная при помощи БПЛА, обрабатывается ЦСВН и на приемном пункте при помощи алгоритма распознавания для принятия решения о принадлежности объекта наблюдения к одному из классов классификации объектов. Обозначим через $z = \{z\}$ множество окончательных решений. Оно распадается на подмножества $z_i = \{z_i^k\}$ элементы которого z_i^k означают, что после проведения k -й стадии наблюдения принято окончательное решение о принадлежности объекта к Ω_i -му классу.

Принятие окончательных решений сопряжено с определенным риском правильности принятия решения. Если проведенные наблюдения a_1, a_2, \dots, a_k завершились результатами x_1, x_2, \dots, x_k , и принято окончательное решение z_i^k , то будем полагать, что величина риска принятия окончательного решения равна $C_\omega [z_i^k(x_{a_1}, x_{a_2}, \dots, x_{a_k})]$.

Введенные определения и понятия позволяют сформулировать задачу принятию решений при распознавании объектов.

Проведение наблюдений, как и принятие окончательного решения о принадлежности объекта ω к какому-либо классу, по информации, полученной в результате этих наблюдений, сопряжено с определенными расходами U_w . Величина этих расходов, усредненная по всем возможным цепочкам развития наблюдений U_0 , определяется последовательным правилом R , в соответствии с которым осуществляется планирование наблюдений [7,8]: $\overline{U}_w = \overline{U}_w(R)$.

Каждое из последовательных правил R может строиться лишь с учетом ограничений Γ , накладываемых на возможность проведения наблюдений. Ввиду того, что заранее неизвестно, какой объект подвергается распознаванию, величина \overline{U}_w должна быть усреднена с помощью априорной вероятности появления объектов $P(\Omega_i)$.

Качество каждого алгоритма, определяющего последовательное правило R , в соответствии с которым реализуется процесс распознавания, может быть охарактеризовано функционалом, представляющим собой математическое ожидание от величины средних расходов:

$$\overline{U}_w^-(R) = M [u_w^-(R)] = \sum_i^m \overline{u}_w^-(R) P(\Omega_i). \quad (1)$$

Требуется определить оптимальное правило R , обеспечивающее минимум функционала (1), т.е. минимизацию математического ожидания расходов, связанных с реализацией процесса наблюдения. В физически реализуемых системах распознавания число используемых признаков ограничено. Более того, при распознавании конкретных объектов подчас нецелесообразно использовать весь набор признаков рабочего словаря. Связано это с тем, что определение каждого признака требует проведение соответствующего обоснования и, следовательно, сопряжено с некоторыми

материальными затратами и затратами времени [9]. В то же время объекты некоторых классов могут распознаваться с заданным уровнем вероятности правильного решения при использовании лишь части признаков рабочего словаря. В подобной ситуации предельно возможное накопление информации неоправданно, а рационально процесс определения признаков распознаваемого объекта завершить в каждом конкретном случае на определенном шаге. Именно в связи с этим и возникает задача оптимизации процесса распознавания.

Решение задачи оптимизации процесса распознавания требует наличия определенных данных. В случае, когда необходимый объем исходной информации отсутствует, что имеет место в реальной жизни, приходится пользоваться частными подходами к принятию решений. Остановимся на некоторых из них.

Первый метод. Положим, что в результате наблюдения определены значения v признаков объекта $x_i = x_i^0, \dots, x_v = x_v^0$ и установлены условные апостериорные вероятности отнесения его к классам $\Omega_i, i = 1, 2, \dots, m$, т.е. величины $P(\Omega_i / a_v)$, где $a_v = \{x_1 = x_1^0, \dots, x_v = x_v^0\}$.

Решение о принадлежности этого объекта к тому или другому классу в соответствии с рассматриваемым критерием производится на основании соотношения

$$P(\Omega_i / a_v) \geq a_{ij} P(\Omega_j / a_v),$$

где a_{ij} – некоторые числа для какого-либо фиксированного класса i при всех $j \neq i, j = 1, 2, \dots, m$.

При выполнении этого условия принимается гипотеза H_i : «Объект принадлежит классу Ω_i ». Величины a_{ij} связаны с вероятностями ошибочного решения следующим образом.

Обозначим через δ_i вероятность принять гипотезу H_i , в то время, как справедлива гипотеза H_j :

$$\delta_{ij} = P(H_j / H_i). \tag{2}$$

Тогда вероятность a_{ij} отклонить гипотезу H_i , в то время, как она справедлива, равна $a_i = P\left(\frac{\bar{H}_i}{H_i}\right) = \sum_{j \neq i} \delta_{ij}$.

Так как в соответствии с принятым критерием вероятность не совершить ошибку при гипотезе H_i должна быть в a_{ij} раз больше вероятности совершить ошибку при том же условии о принятии гипотезы H_i , то $a_{ij} \leq \frac{1 - a_i}{\sum_{j \neq i} \delta_{ji}} = \frac{1 - \sum_{j \neq i} \delta_{ji}}{\delta_{ji}}$.

Пусть для каждого i -го класса величины вероятностей ошибочных решений δ_{ji} равны между собой, т.е. $\beta_{1i} = \beta_{2i} = \dots = \beta_{(m-1)i}, \beta_{1i} = a_i / (m-1)$.

Если, кроме того, положить, $a_1 = a_2 = \dots = a_m = a$, то $\beta_{1i} = a / (m-1), 1 \leq i$, где m – число классов, для которых $P(\Omega_i / a_v) \neq 0$. Следовательно: $a_{ij} \leq (m-1)(1-a) / a, i \neq j, 1 \leq i, j \leq m$.

Положим, что $a_{ij} \leq (m-1)(1-a) / a$.

Тогда если a_0 – выбранное значение вероятности ошибочного решения, то в соответствии с (2) гипотеза H_i принимается, когда неравенство

$$\frac{P\left(\frac{\Omega_i}{a_v}\right)}{P\left(\frac{\Omega_j}{a_v}\right)} \geq \frac{(m-1)(1-m)}{a_0}$$

выполняется для всех $j \neq i, 1 \leq i, j \leq m$. В противном случае необходимо учитывать $(v+1)$ -й признак, поскольку при v признаках не обеспечивается уровень доверительной вероятности $(1-a_0)$. Значение ошибочного решения a_0 может быть выбрано из следующих соображений. Пусть при использовании v признаков получено r исключающих друг друга гипотез $H_j, j = 1, 2, \dots, r$. Предположим, что C_i – стоимость ошибки при принятии гипотезы H_j , и при правильном ответе плата не производится. Тогда математическое ожидание платы за одно решение будет

$$\bar{C} = \sum_{j=1}^r C_j a_j P\left(\frac{\Omega_j}{a_v}\right),$$

где $P\left(\frac{\Omega_j}{a_v}\right)$ – вероятность гипотезы H_j ; a_j – соответствующая вероятность ошибки.

Обозначим через $C^{(v+1)}$ стоимость определения $(v+1)$ -го признака, а P^* – вероятность того, что на $(v+1)$ -м шаге процесс закончится принятием определенного решения (например, однозначного решения). Тогда после проведения $(v+1)$ -го наблюдения средняя плата за ошибки, включая стоимость этого наблюдения, $C^{(v+1)} + (1-P^*)\bar{C}$.

При

$$C^{(v+1)} + (1-P^*)\bar{C} \geq \bar{C} \tag{3}$$

рационально принять решение v – й стадии наблюдения, а при $C^{(v+1)} + (1-P^*)\bar{C} < \bar{C}$ рационально проводить $(v+1)$ -ое наблюдение.

Перепишем (3) в виде: $C^{(v+1)} - P^* \sum_{j=1}^r C_j a_j P\left(\frac{\Omega_j}{a_{v+1}}\right) \geq 0$ и положим, $a_j = a_0$ при всех

$j = 1, 2, \dots, r$.

Тогда

$$a_0 \leq \frac{C^{(v+1)}}{P^* \sum_{j=1}^r C_j P\left(\frac{\Omega_j}{a_{v+1}}\right)}.$$

Второй метод. В случае, когда нет возможности определить числа a_{ij} , решение принадлежности объекта к тому или другому классу может быть принято на основе критерия идеальности наблюдателя, обеспечивающего минимум ошибочных решений.

Пусть все множество объектов подразделено на классы Ω_1 и Ω_2 и априорные вероятности появления объектов этих классов равно $P(\Omega_1)$ и $P(\Omega_2)$

соответственно, кроме того, стоимости правильных решений $C_{11} = C_{22} = 0$, а стоимости ошибочных решений равны между собой, т.е. $C_{12} = C_{21}$.

Критическое (пороговое) значение отношения или коэффициента правдоподобия в этом случае равно отношению априорных вероятностей: $\lambda_0 = P(\Omega_1) / P(\Omega_2)$.

Пусть экспериментально установлено, что значение признака у распознаваемого объекта $x = x^0$. Тогда коэффициент правдоподобия $\lambda(x = x^0) = f_2(x^0) / f_1(x^0)$.

В соответствии с критерием идеального наблюдателя объект относится к классу Ω_1 , если $\lambda(x^0) < \lambda_0$, и относится к классу Ω_2 , если $\lambda(x^0) > \lambda_0$.

Если установлено значение x_0 , при котором имеет место равенство $P(\Omega_1)f_1(x_0) = P(\Omega_2)f_2(x_0)$, то в соответствии с рассматриваемым критерием объект относится к классу Ω_1 , если значение признака этого объекта $x^0 < x_0$ и к классу Ω_2 , если $x^0 > x_0$.

Критерий идеального наблюдателя совпадает с критерием максимума апостериорной вероятности, когда число классов $m = 2$. В соответствии с критерием максимума апостериорной вероятности решение о принадлежности объекта к классу Ω_r , $r = 1, 2, \dots, m$, принимается тогда, когда апостериорная вероятность отнесения объекта к этому классу больше, чем апостериорная вероятность отнесения его ко всем остальным классам: $\omega \in \Omega_r$, если $P(\Omega_2 / x^0) = \max P(\Omega_i / x^0)$, $i = 1, 2, \dots, m$.

Апостериорные вероятности того, что объект относится к классам Ω_1 и Ω_2 ,

соответственно равны: $P(\Omega_1 / x^0) = \frac{P(\Omega_2)f_1(x^0)}{P(\Omega_1)f_1(x^0) + P(\Omega_2)f_2(x^0)}$,

$$P(\Omega_2 / x^0) = \frac{P(\Omega_2)f_2(x^0)}{P(\Omega_1)f_1(x^0) + P(\Omega_2)f_2(x^0)}. \quad (4)$$

Объект относится к классу Ω_1 , если

$$P(\Omega_1 / x^0) > P(\Omega_2 / x^0) \quad (5)$$

и к классу Ω_2 , если $P(\Omega_2 / x^0) > P(\Omega_1 / x^0)$.

Граница соответствует равенству $P(\Omega_1 / x^0) = P(\Omega_2 / x^0)$ или с учетом (4) и (5) – равенству $f_2(x^0) / f_1(x^0) = P(\Omega_1) / P(\Omega_2) = \lambda_0$.

Таким образом, критерий максимума апостериорной вероятности, как и критерий идеального наблюдателя, предусматривает в качестве порога критическое значение коэффициента правдоподобия.

Третий метод. Пусть в результате проведения наблюдений установлены значения признаков распознаваемого объекта $x_1 = x_1^0, x_2 = x_2^0, \dots, x_N = x_N^0 = x_N^0$ и пусть, кроме того, $P(\Omega_r / x_1^0, \dots, x_N^0) = \max P(\Omega_i / x_1^0, \dots, x_N^0)$.

В соответствии с рассматриваемым критерием решение о принадлежности распознаваемого объекта к классу Ω_r , $r = 1, 2, \dots, m$, принимается в случае, если

$$P(\Omega_r / x) > a \sum_{i=1}^{m-1} P\left(\frac{\Omega_i}{x}\right).$$

Применение подобного критерия оправдано в случаях, когда решение о принадлежности распознаваемого объекта к Ω_r -му классу сопряжено со значительным риском. Методы принятия решений при неполных данных в ряде практически важных случаях не представляют возможным выявить всю совокупность признаков, используемых для описания объектов. Подобная ситуация имеет место из-за самых разнообразных причин. Например, применение на объекте наблюдения средств маскировки как визуальной, так и радиоэлектронной, или разное изменение погодных условий (туман, осадки), а также применение дымовых завес или постановки активных помех, которые влияют на работу электронных средств БПЛА или на канал связи БПЛА – оператор. Как уже отмечалось, в самом общем случае планирование работы системы распознавания объекта, которая используется в БПЛА, сводится к решению вопроса о продолжении наблюдения за объектом или прекращении наблюдения, производится при анализе полученных данных, которые имеют лишь часть признаков, характеризующих распознаваемый объект. В подобных ситуациях решающее правило может быть основано на критерии максимума апостериорной информации.

Рассмотрим основные методы решения этой задачи.

Четвертый метод. Этот метод может быть использован, когда известна условная плотность вероятности значений любого наперед заданного подмножества, принадлежащего множеству признаков рабочего словаря. Положим, что задан алфавит классов $\Omega_i, i = 1, 2, \dots, m$, априорные вероятности $P(\Omega_i)$, рабочий словарь признаков $x = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$, условные плотности вероятности $f_i = (x_{j_1}, x_{j_2}, \dots, x_{j_k})$, где $\{j_1, j_2, \dots, j_k\} \in \{1, 2, \dots, N\}, k \leq N$.

Пусть в результате проведения наблюдений установлены значения некоторых признаков распознаваемого объекта ($x_{j_1} = x_{j_1}^0, x_{j_2} = x_{j_2}^0, \dots, x_{j_k} = x_{j_k}^0$). Обозначим это событие через β и определим значения апостериорной вероятности принадлежности объекта ω классам:
$$P\left(\frac{\Omega_i}{\beta}\right) = \frac{P(\Omega_i) f_i(x_{j_1}^0, x_{j_2}^0, \dots, x_{j_k}^0)}{\sum_{i=1}^m P(\Omega_i) f_i(x_{j_1}^0, x_{j_2}^0, \dots, x_{j_k}^0)}$$

Решающее правило, основанное на критерии максимума апостериорной вероятности, состоит в следующем: $\omega \in \Omega_r$, если $P\left(\frac{\Omega_r}{\beta}\right) \max_i P\left(\frac{\Omega_i}{\beta}\right), i, r = 1, 2, \dots, m$.

Пятый метод. Метод может быть применен, когда удается определить наиболее вероятные значения признаков, не определенных наблюдением. Обозначим через β событие, состоящее в том, что в результате наблюдений установлены значения признаков объекта ω $x_1 = x_1^0, x_2 = x_2^0, \dots, x_{N-1} = x_{N-k}^0$ и, кроме того, $x_{N-k+1} = x_{N-k+1}^*, \dots, x_N = x_N^*$, где $x_{N-k+1}^*, \dots, x_N^*$ – наиболее вероятные значения признаков объекта, которые в результате наблюдения не определены. Значения апостериорной вероятности принадлежности объекта Ω классам таковы:

$$P\left(\frac{\Omega_i}{\beta}\right) = \frac{P(\Omega_i) f_i(x_1^0, \dots, x_{N-k}^0, x_{N-k+1}^*, \dots, x_N^*)}{\sum_{i=1}^m P(\Omega_i) f_i(x_1^0, \dots, x_{N-k}^0, x_{N-k+1}^*, \dots, x_N^*)}$$

Решающее правило, основанное на критерии максимума апостериорной вероятности, состоит в следующем: $\omega \in \Omega_r$, если $P\left(\frac{\Omega_r}{\beta}\right) \max_i P\left(\frac{\Omega_i}{\beta}\right), i, r = 1, 2, \dots, m$.

Выводы

Поставленная задача оптимизации процессов обработки поступающей информации с БПЛА для распознавания объектов при отсутствии необходимого объема исходной информации, на наш взгляд, решена. Предложенные частные методы распознавания объектов легко реализуются на средствах вычислительной техники, которые располагаются как на борту БПЛА, так и на наземном пункте. Эти методы позволяют оперативно получать ответ на правильность принятых решений относительно разведываемого объекта.

Реализация приоритетов в области создания и применения БПЛА должна осуществляться на основе использования достижения высоких технологий и мирового опыта применения беспилотников с учетом состояния развития национальной научно-производственной базы и реализации накопленного научно-технического и технологического потенциалов Украины в информационной, авиационной, космической, телекоммуникационной и смежных областях, наличия в Украине соответствующей инфраструктуры, а также с учетом реальных экономических, геополитических и военных требований и возможностей.

Список литературы

1. Хорошко, В.А. Алгоритм восстановления изображений, получаемых с беспилотных летательных аппаратов / В.А. Хорошко, Н.А. Дуксенко // Информатика та математичні методи в моделюванні. – 2016. – Том 6, № 1. – С. 5-96.
2. Алексеев, С.В. Безпілотні летальні засоби: історія та перспективи розвитку / С.В. Алексеев // Сучасна спеціальна техніка. – 2014. – №3(39). – С. 89-99.
3. Василин Н.Я. Беспилотные летательные аппараты / Н.Я. Василин. – Минск: ООО «Попурри», 2003. – 272 с.
4. Хорошко, В.О. Метод корекції зображення, отриманого з БПЛА при наявності шумів і завад / В.О. Хорошко, С.В. Калантаєвська // Збірник наукових праць ВІПІ. – 2018. – №3. – С. 123-131.
5. Красильников, Н.Н. Статистическая теория передачи изображений / Н.Н. Красильников. – М.: Связь, 2006. – 194 с.
6. Фу, К. Структурные методы распознавания образов / К. Фу. – М.: Мир, 2006. – 329 с.
7. Фукуначи, К. Введение в статистическую теорию распознавания образов. Изд. 2-е доп. / К. Фукуначи. – М.: Наука, 2009. – 367 с.
8. Хорошко, В.О. Розпізнавання об'єктів безпілотними літаючими апаратами в умовах протидії / В.О. Хорошко, Ю.Є. Хохлачова, С.В. Паламарчук // Збірник наукових праць ВІПІ. – 2017. – №4. – С. 91-96.
9. Хорошко, В.А. Распознавание видеоинформационных потоков, передаваемых беспилотными летательными аппаратами / В.А. Хорошко, Ю.Е. Хохлачева // Сучасна спеціальна техніка. – 2016. – №3. – С. 132-143.

ПЕРЕВІРКА ВІРНОСТІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ПРИ РОЗПІЗНАВАННІ ОБ'ЄКТІВ

¹В.О. Хорошко, ¹ Ю.Є. Хохлачова, ² С.В. Калантаєвська

¹Національний авіаційний університет,
пр-т Космонавта Комарова, 1, Київ, 03058, Україна;
²Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації,
вул. Московська, 45/1, Київ, 01011, Україна;
e-mail: professor_va@ukr.net, hohlachova@gmail.com

У даній роботі пропонується рішення задачі оптимізації процесів обробки інформації, що надходить з БПЛА для розпізнавання об'єктів при відсутності необхідного обсягу вихідної інформації. Запропоновані приватні методи розпізнавання об'єктів можна легко реалізувати на засобах обчислювальної техніки, які розташовуються як на борту БПЛА, так і на наземному пункті. Ці методи дозволяють оперативно отримувати відповідь на правильність прийнятих рішень щодо розвідувати об'єкта. При

практичному побудові систем розпізнавання, які використовуються в БПЛА, необхідно застосовувати великі масиви даних про ознаки об'єктів. Побудова логічних систем розпізнавання об'єктів, що містять велику кількість класів і ознак, і оцінка їх ефективності пов'язаний зі значними труднощами. Найбільш істотним показником ефективності системи розпізнавання - ймовірність правильного рішення нею завдань розпізнавання невідомих об'єктів. За інших рівних умов зокрема в умовах оптимальної обробки апостеріорної інформації, величина цього показника тим вище, чим більшою обсяг інформації, що надходить використовується при розпізнаванні даного об'єкта. Більш того, при певних обмеженнях, що накладаються ознаками, які використовуються при розпізнаванні, зростає і збільшується ймовірність однозначного вирішення задачі розпізнавання. Реалізація пріоритетів в області створення і застосування БПЛА повинна здійснюватися на основі використання досягнення високих технологій і світового досвіду застосування безпілотників, з урахуванням стану розвитку національної науково-виробничої бази та реалізації накопиченого науково-технічного і технологічного потенціалів України в інформаційній, авіаційній, космічній, телекомунікаційної та суміжних областях, наявності в Україні відповідної інфраструктури, а також з урахуванням реальних економічних, геополітичних та військово-технічних вимог і можливостей.

Ключові слова: безпілотні літальні апарати, правильність прийняття рішень, перевірка правильності, розпізнавання об'єктів.

CHECKING THE CORRECTNESS OF MAKING A UAV DECISION WHEN RECOGNIZING OBJECTS

¹ V.O. Khoroshko, ¹ Yu.Ye.Khokhlachova, ² S.V. Kalantayevska

¹National Aviation University,

prosp. Kosmonavta Komarova, 1, Kyiv, 03058, Ukraine;

²Military Institute of Telecommunications and Information,

st. Moskovska, 45/1, Kiev, 01011, Ukraine;

e-mail: professor_va@ukr.net, hohlachova@gmail.com

This paper proposes a solution to the problem of optimizing the processing of incoming information from a UAV for object recognition in the absence of the necessary amount of initial information. The proposed private methods of object recognition can be easily implemented on computer equipment, which are located both on board the UAV and at a ground station. These methods make it possible to promptly receive an answer to the correctness of the decisions made regarding the object being explored. In the practical construction of recognition systems that are used in UAVs, it is necessary to use large amounts of data on the signs of objects. The construction of logical systems of recognition of objects containing a large number of classes and features, and the evaluation of their effectiveness is associated with considerable difficulties. The most significant indicator of the effectiveness of the recognition system is the probability of the correct solution of problems of recognition of unknown objects. With other things being equal, in particular, under conditions of optimal processing of a posteriori information, the value of this indicator is the higher, the greater the amount of incoming information is used in the recognition of this object. Moreover, under certain restrictions imposed by the signs used in recognition, the probability of a unique solution to the recognition problem increases and increases. The implementation of priorities in the field of creation and use of UAVs should be based on the use of high-tech achievements and world experience in the use of UAVs, taking into account the state of development of the national research and production base and the realization of the accumulated scientific, technical and technological potential of Ukraine in the information, aviation, space, telecommunications and related areas, the availability of appropriate infrastructure in Ukraine, and also taking into account the real economic, geopolitical and military requirements and capabilities.

Keywords: unmanned aerial vehicles, correctness of decision making, validation, object recognition.