

## МЕТОД КЛАСТЕРИЗАЦИИ БЛОКОВ АЭРОФОТОСНИМКА В ДВУХПРИЗНАКОВОМ СТРУКТУРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ В СИСТЕМЕ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

БАРАННИК В.В., МУСИЕНКО А.П.,  
ЖУЙКОВ Д.Б.

Рассматриваются основные вопросы, которые связаны с кластерным анализом, а именно с алгоритмами кластеризации цифровых аэрофотоснимков в системе обработки и передачи информации. Предлагается использовать алгоритм кластеризации  $K$ -средних, который позволит распределить исследуемые блоки аэрофотоснимков на основе их признаковых характеристик по кластерам. Такой подход позволит достаточно точно выделить блоки, которые содержат семантически важную информацию на аэрофотоснимке, что обеспечит повышение эффективности обработки и передачи информации в системе аэромониторинга.

### 1. Введение

Сегодня тенденция роста чрезвычайных ситуаций в современном мире предъявляет серьезные требования к системе аэромониторинга. Одним из основных требований является передача цифровых снимков с борта беспилотного летательного аппарата (БПЛА) на наземный комплекс, а также их дешифрирование в реальном времени. Это позволит своевременно обеспечить систему аэромониторинга данными о стратегических объектах, а также объектах военно-промышленного комплекса, пограничных территориях, аэропортах, энергетических и водных магистралях, территориях, на которых возможен вооруженный конфликт [1]. Однако значительное увеличение количества информации, а также ограниченные характеристики бортовых каналов передачи данных не позволяют в полной мере осуществить доставку информации в реальном времени. Несвоевременная доставка информации в процессе аэромониторинга приводит к ее устареванию, и, как следствие, к неправильному, ошибочному дешифрированию аэрофотоснимков и получению недостоверной информации профильными организациями. Таким образом, необходимость обеспечения своевременной доставки цифровых снимков, с заданным качеством, с использованием беспилотных бортовых средств аэромониторинга является *актуальной задачей*.

Анализ существующих технологий по обработке цифровых аэрофотоснимков [2 – 6] показывает, что методы бортовой обработки изображений не учитывают семантическую составляющую по-

следних и вносят значительные искажения в обрабатываемые фрагменты снимков [7]. В результате этого в процессе дешифрирования аэрофотоснимков усложняется выделение ключевых признаков, таких как: контуры, текстуры и границы объектов. При этом возникает необходимость предварительной обработки аэрофотоснимков на борту БПЛА, с учетом выделения на снимке семантически важных фрагментов, которые в дальнейшем будут передаваться с сохранением наибольшей информативности (т.е. с заданным качеством), а также с заданной пропускной способностью бортовых каналов связи.

Для решения подобной задачи предлагается в процессе бортовой обработки цифровых аэрофотоснимков применить технологию кластеризации. Такой подход позволит более эффективно обрабатывать большую совокупность аэрофотоснимков за счет предварительного распределения блоков аэрофотоснимков в признаковом пространстве.

Среди различных методов кластерного анализа [8 – 10] предлагается использовать метод  $K$ -средних. Выбор такого алгоритма связан с тем, что, во-первых, данный алгоритм прост в реализации, имеет большую скорость обработки исходных данных (в нашем случае множество блоков аэрофотоснимка), во-вторых, процесс кластеризации блоков аэрофотоснимка может происходить не по одной характеристике (показателю) блока, а за счет нескольких признаковых характеристик. Однако ввиду ограниченной мощности бортовой аппаратуры обработки и передачи данных БПЛА, в нашем случае, предлагается использовать два показателя. Очевидно, что применение двух признаковых показателей в процессе кластеризации блоков аэрофотоснимка даст необходимый результат.

Таким образом, предлагается на основе алгоритма кластеризации  $K$ -средних провести распределение блоков аэрофотоснимка в двухпризнаковом структурном пространстве, по кластерам, с учетом степени семантической насыщенности характерных блоков. В конечном итоге такой подход обеспечит повышение эффективности обработки и передачи информации, а также, в дальнейшем, приведет к уменьшению времени на дешифрирование и идентификацию объектов по всему цифровому аэрофотоснимку в системе аэромониторинга.

*Целью исследования* является разработка метода кластеризации блоков аэрофотоснимка в двух-

признаковом структурном пространстве в системе обработки информации.

## 2. Основной материал

Поскольку нам неизвестно к каким классам семантической насыщенности относятся блоки аэрофотоснимка, то применение методов кластеризации позволят классифицировать характерные блоки аэрофотоснимков [13] по степени семантической насыщенности. Здесь необходимо также отметить, что в конечном итоге результативность дешифрирования аэрофотоснимков будет зависеть от использования наиболее эффективного метода кластеризации.

В рамках исследований рассмотрим один из статистических методов кластерного анализа – метод  $K$ -средних. Слово "средние" в названии метода относится к центроидам кластеров, которые выбираются произвольно или по какому-либо правилу. Затем итеративно уточняются, пока не начнут представлять собой истинное среднее всех точек данных кластера. Буква " $K$ " означает произвольное количество точек, используемых для формирования начальных значений процесса кластеризации.

Основная идея алгоритма состоит в определении принадлежности блоков аэрофотоснимков (на основе признаковых характеристик) кластерам с помощью минимизации разницы относительно блоков аэрофотоснимка в кластере и максимизации расстояния между центроидами кластеров.

Особенностью алгоритма является то, что он вычисляет центроиды кластеров методом последовательных итераций, перебирая принадлежность блоков аэрофотоснимка центроидам.

Проведем кластеризацию блоков аэрофотоснимка методом  $K$ -средних для того чтобы:

- получить распределение блоков аэрофотоснимков по кластерам;
- сравнить результаты кластеризации блоков аэрофотоснимка, которые получены автоматическим способом дешифрирования (без участия оператора), с результатами, полученными дешифровщиком на основании визуального анализа.

Алгоритм кластеризации на основе метода  $K$ -средних сводится к следующим шагам:

*Шаг 1.* Предлагается выбрать количество кластеров  $k=3$ . Это объясняется тем, что в рамках исследования рассматриваются блоки аэрофотоснимков разных типов (контурные, текстурные, однородные), в которых учитывается степень насыщенности, а именно: слабонасыщенные,

средненасыщенные и сильнонасыщенные. Исходные блоки  $b(p_{k,\ell})$ , характеризующиеся показателем насыщенности  $P_{ДКП}$  (далее используется как  $p_{k,\ell}$ ), имеют свои координаты  $(k,\ell)$  в аэрофотоснимке и переназначаются согласно их принадлежности как элемент кластера.

При кластерном анализе распределение блоков аэрофотоснимка по кластерам существенно зависит от абсолютных значений исходных данных. Следовательно, блоки аэрофотоснимка, характеризующиеся несколькими показателями, должны принадлежать единому признаковому пространству. В нашем случае показатель насыщенности  $p_{k,\ell}^{(1)}$  и структурный показатель  $p_{k,\ell}^{(2)}$  – разные по величине и по способу получения. Значит, необходимо применить нормировку или стандартизацию исходных значений показателей. Применение нормирования приведет к тому, что данные показатели станут равнозначными с точки зрения определения меры близости исследуемых блоков аэрофотоснимка.

На основе процедуры нормирования исходных показателей предлагается стандартизированные показатели  $p'_{k,\ell}^{(1)}$  и  $p'_{k,\ell}^{(2)}$ , принадлежащие двухпризнаковому структурному пространству  $P(2)_j$ , заменить нормированным показателем  $p'_{k,\ell}$ , что представлено выражением:

$$b(p'_{k,\ell}^{(1)}, p'_{k,\ell}^{(2)}) \rightarrow b(p'_{k,\ell}), \quad (1)$$

где  $b(p'_{k,\ell})$  –  $(k,\ell)$ -й блок аэрофотоснимка, характеризующийся нормированным показателем  $p'_{k,\ell}$ .

При этом, с помощью операции сложения стандартизированных показателей  $p'_{k,\ell}^{(1)}$  и  $p'_{k,\ell}^{(2)}$  получим нормированный показатель  $p'_{k,\ell}$  в двухпризнаковом структурном пространстве  $P(2)_j$ :

$$p'_{k,\ell}^{(1)} + p'_{k,\ell}^{(2)} \rightarrow p'_{k,\ell} \in P(2)_j. \quad (2)$$

Таким образом, с помощью нормировки исходных значений показателя насыщенности  $p_{k,\ell}^{(1)}$  и структурного показателя  $p_{k,\ell}^{(2)}$  получены стандартизированные значения показателей  $p'_{k,\ell}^{(1)}$ ,  $p'_{k,\ell}^{(2)}$  в едином двухпризнаковом структурном пространстве  $P(2)_j$ , которые в дальнейшем предлагается объединить и использовать как единый нормиро-

ванный показатель  $r'_{k,\ell}$ . Далее перейдем к рассмотрению понятия кластера.

Под кластером понимается множество  $M(2)_j$ , состоящее из элементов  $m_{i,j}$ , в качестве которых выступают блоки  $b(r'_{k,\ell})$  аэрофотоснимков, значения нормированных показателей  $r'_{k,\ell}$  которых принадлежат признаковому структурному пространству  $P(2)_j$ , согласно выбранной метрике, что представлено формулой:

$$M_j = \{m_{1,j}^{(\gamma_3)}, \dots, m_{i,j}^{(\gamma_3)}, \dots, m_{n_j,j}^{(\gamma_3)}\}, i = \overline{1, n_j}; \quad (3)$$

$$m_{i,j}^{(\gamma)} = b(r'_{k,\ell}) \text{ при } r'_{k,\ell} \in P(2)_j,$$

где  $m_{i,j}^{(\gamma_3)}$  –  $i$ -й элемент  $j$ -го кластера на завершительном шаге процесса кластеризации;  $\gamma_3$  – номер завершительного шага процесса формирования кластерного множества;  $n_j$  – количество элементов в  $j$ -м кластере;  $P(2)_j$  – двухпризнаковое структурное пространство  $j$ -го кластера.

*Шаг II.* На втором шаге определяются начальные центроиды  $C_1, C_2, C_3$ .

Под центроидом  $C_j^{(\gamma)}$  для  $j$ -го кластера на  $\gamma$ -м шаге процесса кластеризации, в нашем случае, понимается значение  $\overline{r_j^{(\gamma)}}$  признаковой характеристики – нормированного показателя, являющегося средним значением среди всех элементов кластера.

В случае использования нормированного показателя  $r'_{k,\ell}$  в двухпризнаковом структурном пространстве  $P(2)_j$  центроидом  $C_j^{(\gamma_3)}$  на конечном этапе кластеризации является значение признаковой характеристики нормированного показателя, соответствующее среднему значению всех элементов сформированного кластера:

$$C_j^{(\gamma_3)} = \overline{r_j^{(\gamma_3)}},$$

где 
$$\overline{r_j^{(\gamma_3)}} = \frac{1}{n_j^{(\gamma_3)}} \sum_{i=1}^{n_j^{(\gamma_3)}} r'_{i,j}. \quad (4)$$

Здесь  $r'_{i,j}$  – нормированный показатель  $i$ -го элемента  $j$ -го кластера;  $\overline{r_j^{(\gamma_3)}}$  – среднее значение по нормированному показателю среди всех элементов сформированного кластера на завершительном шаге процесса кластеризации;  $n_j^{(\gamma_3)}$  –

количество элементов  $m_{i,j}^{(\gamma_3)}$ , которые принадлежат  $j$ -му кластеру на завершительном шаге процесса кластеризации.

Центроиды кластеров необходимы для вычисления на каждом шаге процесса кластеризации меры близости элементов. Это нужно для определения, к какому из кластеров принадлежит данный элемент.

Таким образом, для определения принадлежности (близости) элементов  $m_{i,j}^{(\gamma)}$  центроиду  $C_j^{(\gamma)}$  в кластере предлагается использовать:

- 1) показатель насыщенности  $r_{k,\ell}^{(1)}$  исходных блоков аэрофотоснимков;
- 2) структурный показатель  $r_{k,\ell}^{(2)}$  исходных блоков аэрофотоснимков.

Центроидом  $C_j^{(\gamma)}$  на начальном шаге процесса кластеризации будет первый элемент, который выбирается как начальный блок кластера. Значит, центроид  $C_j^{(0)}$  на начальном шаге соответствует первому элементу  $j$ -го кластера, что представлено формулой:

$$C_j^{(0)} = m_{1,j}^{(0)}, \quad (5)$$

где  $C_j^{(0)}$  – центроид  $j$ -го кластера на начальном шаге процесса формирования кластера,  $\gamma=0$ ;  $m_{1,j}^{(0)}$  – первый элемент  $j$ -го кластера на начальном шаге процесса формирования кластера,  $\gamma=0$ . Начальные элементы кластеров выбираются с учетом нормированного показателя  $r'_{k,\ell}$  начальных блоков  $b(r'_{k,\ell})$  аэрофотоснимков. При этом значения показателей начальных блоков каждого кластера должны быть наиболее показательными (удалены друг от друга). Очевидно, что нормированные показатели  $r'_{k,\ell}$ , в зависимости от типа блоков, должны отличаться в наибольшей степени друг от друга.

В нашем случае сначала выбираются два элемента, нормированные показатели  $r'_{k,\ell}$  начальных блоков аэрофотоснимков которых максимизируют начальные расстояния между кластерами. Далее берется среднее значение нормированных показателей  $r'_{k,\ell}$  выбранных элементов и на его основании находится промежуточный элемент, показатели которого близки к этому среднему значению. Таким образом, значения нормиро-

ванных показателей  $p'_{k,\ell}$  выбранных начальных блоков будут максимально отличаться друг от друга.

*Шаг III.* Третьим шагом определяется, к какому из центроидов оказывается ближе тот или иной блок  $b(p'_{k,\ell})$  аэрофотоснимка.

Обозначим, что значение  $\bar{p}_j^{(\gamma)}$  соответствует центроиду  $C_j^{(\gamma)}$   $j$ -го кластера на  $\gamma$ -м шаге процесса кластеризации. Первоначальное распределение блоков аэрофотоснимков  $b(p'_{k,\ell})$  по кластерам происходит по принципу близости нормированного показателя  $p'_{k,\ell}$  для  $(k, \ell)$ -го блока к значению  $\bar{p}_j^{(\gamma)}$  центроида  $C_j^{(\gamma)}$ .

В качестве метрики определения расстояния  $d(2)_{\xi}^{(\gamma)}$  между блоком аэрофотоснимка  $b(p'_{k,\ell})$  и начальным центроидом  $C_j^{(\gamma)}$   $j$ -го кластера по нормированному показателю  $p'_{k,\ell}$  используется мера близости  $D(2)_{Ev}$  Евклидово расстояние:

$$d(2)_{\xi}^{(\gamma)} = \sqrt{|p'_{k,\ell} - \bar{p}_{\xi}^{(\gamma)}|^2} = |p'_{k,\ell} - \bar{p}_{\xi}^{(\gamma)}|, \quad (6)$$

где  $\bar{p}_{\xi}^{(\gamma)}$  – среднее значение по нормированному показателю среди всех элементов  $\xi$ -го кластера на  $\gamma$ -м шаге процесса кластеризации в двухпризнаковом структурном пространстве  $P(2)_j$ .

Далее находится минимальное расстояние  $d(2)_{\min}^{(\gamma)}$  (где  $d(2)_{\xi}^{(\gamma)} = d(2)_{\min}^{(\gamma)}, \xi = \overline{1,3}$ ) от блока  $b(p'_{k,\ell})$  аэрофотоснимка относительно центроидов  $C_1^{(\gamma)}, C_2^{(\gamma)}, C_3^{(\gamma)}$  в двухпризнаковом структурном пространстве  $P(2)_j$ , на основе чего принимается решение относительно принадлежности текущего блока к кластеру.

При этом  $p'_{k,\ell} \in \bar{p}_j^{(\gamma)}$  и  $p'_{k,\ell} = p'_{i,j}$ , если:

$$d(2)_{\min}^{(\gamma)} = \min_{1 \leq \xi \leq 3} d(2)_{\xi}^{(\gamma)}, \text{ таким что } j = \xi \text{ для}$$

$$d(2)_{\xi}^{(\gamma)} = d(2)_{\min}^{(\gamma)}.$$

Выражение  $d(2)_{\min}^{(\gamma)} = \min_{1 \leq \xi \leq 3} d(2)_{\xi}^{(\gamma)}$  означает нахождение минимального расстояния  $d(2)_{\min}^{(\gamma)}$  между блоком  $b(p'_{k,\ell})$  и одним из трех центроидов в двухпризнаковом структурном пространстве

$P(2)_j$ , что необходимо для определения, к какому из кластеров принадлежит текущий блок  $b(p'_{k,\ell})$ .

Из этого следует, что каждый блок  $b(p'_{k,\ell})$  аэрофотоснимка относится к тому кластеру  $M(2)_j$ , к центроиду  $C_j^{(\gamma)}$  которого он ближе всего в двухпризнаковом структурном пространстве  $P(2)_j$ .

Обобщенный критерий эффективности всего процесса кластеризации позволяет оценить степень уменьшения ошибки относительно внутрикластерной близости центроида  $C_j^{(\gamma)}$  и блоков  $b(p'_{k,\ell})$  аэрофотоснимков в двухпризнаковом структурном пространстве  $P(2)_j$ . Он может быть рассчитан как сумма квадратичных ошибок, что представлено выражением:

$$E(2)^{(\gamma)} = \left[ \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j^{(\gamma)}} (p'_{i,j} - \bar{p}_j^{(\gamma)})^2 \right], \quad (7)$$

где  $k$  – число кластеров;  $n_j^{(\gamma)}$  – количество элементов  $m_{i,j}^{(\gamma)}$ , которые принадлежат  $j$ -му кластеру; при этом  $n_j^{(\gamma+1)} = n_j^{(\gamma)} + 1$ .

Эффективность процесса кластеризации аэрофотоснимка определяется как минимизация функции  $E(2)^{(\gamma)}$ :  $E(2)^{(\gamma)} \rightarrow \min$ .

Очевидно, что чем ближе блоки  $b(p'_{k,\ell})$  аэрофотоснимков относительно центроида сформированного кластера, тем более качественно проведен процесс кластеризации. При этом значение функционала  $E(2)^{(\gamma)}$  будет стремиться к нулевой отметке.

*Шаг IV.* Проводится переназначение центроида  $C_j^{(\gamma+1)}$  для  $j$ -го кластера на  $(\gamma+1)$ -м шаге процесса кластеризации.

На каждом шаге процесса кластеризации, с учетом добавления  $i$ -го элемента к  $j$ -му кластеру, происходит переназначение центроида  $C_j^{(\gamma)}$  в двухпризнаковом структурном пространстве  $P(2)_j$ .

В нашем случае центроид  $C_j^{(\gamma+1)}$  на  $(\gamma+1)$ -м шаге процесса кластеризации при добавлении  $i$ -го элемента к  $j$ -му кластеру переназначается с учетом своего текущего значения  $\bar{p}_j^{(\gamma)}$  и нормиро-

ванного показателя  $p'_{i,j}$  элемента, являющегося наиболее близким к значению центраида  $C_j^{(\gamma)}$ . Этот процесс включает в себя уточнение среднего значения  $\bar{p}_j^{(\gamma+1)}$  на  $(\gamma+1)$ -м шаге процесса кластеризации между текущим значением  $\bar{p}_j^{(\gamma)}$  центраида и нормированным показателем  $p'_{i,j}$  элемента, что представлено выражением:

$$\bar{p}_j^{(\gamma+1)} = \frac{\bar{p}_j^{(\gamma)} + p'_{i,j}}{2}. \quad (8)$$

Процесс кластеризации блоков  $b(p'_{i,j})$  аэрофотоснимков заканчивается тогда, когда распределены по кластерам все блоки аэрофотоснимков или состав блоков в кластерах не меняется.

Таким образом, на завершительном шаге процесса кластеризации центраид  $C_j^{(\gamma_3)}$  сформированного кластера будет соответствовать среднему значению  $\bar{p}_j^{(\gamma_3)}$  среди всех элементов  $m_{i,j}^{(\gamma_3)}$  кластера.

В результате процесса кластеризации цифровых аэрофотоснимков, в двухпризнаковом структурном пространстве  $P(2)_j$ , сформированы кластеры с распределенными блоками аэрофотоснимка по степени семантической насыщенности, а именно: слабонасыщенные, средненасыщенные и сильнонасыщенные. Основываясь на полученных данных, в процессе дешифрирования аэрофотоснимка оператор-дешифровщик может сравнивать результаты кластеризации блоков аэрофотоснимка, которые получены автоматическим и визуальным способами дешифрирования.

### 3. Выводы

1. Разработан метод кластеризации блоков аэрофотоснимка в двухпризнаковом структурном пространстве в системе обработки информации. Метод основывается на использовании алгоритма кластеризации  $K$ -средних, с помощью которого проведено распределение блоков аэрофотоснимка в двухпризнаковом структурном пространстве по кластерам, в которых учитывается степень семантической насыщенности характерных блоков.

2. Предложенный метод позволяет:

– обрабатывать большую совокупность аэрофотоснимков путем предварительного распределения блоков аэрофотоснимков в двухпризнаковом пространстве;

– выделять кластеризированные блоки аэрофотоснимка по степени семантической насыщенности, что позволит дешифрировать аэрофотоснимки с учетом выделенных семантически значимых признаков (контур и границы объектов, текстура и однородные участки);

– выделять на аэрофотоснимке семантически важные фрагменты, которые в дальнейшем будут передаваться с заданным качеством по бортовым каналам связи.

Таким образом, именно данный подход позволит оператору – дешифровщику сократить время для определения отдельных текстурных структур, однородных областей, а также объектов на аэрофотоснимках в целом.

**Литература:** 1. Мосов С. Аэрокосмическая разведка в современных военных конфликтах: Монография / С.Мосов. К.: Изд. дом. «Румб», 2008. 248 с. 2. Сэлмон Д. Сжатие данных, изображений и звука / Д. Сэлмон. М: Техносфера, 2004. 368 с. 3. Баранник В.В. Обоснование значимых угроз безопасности видеоинформационного ресурса систем видеоконференцсвязи профильных систем управления / В.В. Баранник, А.В. Власов, С.А. Сидченко, А.Э. Бекиров // Информационно-управляющие системы на ЖД транспорте. 2014. №3. С. 24 – 31. 4. Баранник В.В. Методология позиционирования полиадических кодовых конструкций на основе классифицирующих признаков в системе криптокомпрессионного представления / В.В. Баранник, С.А. Сидченко, И.М. Тупица, Н.А. Королева // Информационно-управляющие системы на ЖД транспорте. 2015. №5. С. 56 – 60. 5. Гонсалес Р.С., Вудс Р.Э. Цифровая обработка изображений / Р.С. Гонсалес, Р.Э. Вудс. М.: Техносфера, 2006. 1072 с. 6. Баранник В.В. Метод повышения информационной безопасности в системах видеомониторинга кризисных ситуаций / В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха, О.С. // Монография. Черкассы, 2015. 143 с. 7. Баранник В. В. Метод повышения доступности видеоинформации аэромониторинга / В. В. Баранник, О.С. Кулица // Радиоелектронні комп'ютерні системи. №3. 2013. С. 17 - 20. 8. Близоруков М. Г. Количественные методы анализа многомерных величин / Близоруков М. Г. Урал-Сибирский институт бизнеса. Издательство АМБ, 2006. 68 с. 9. Баранник В.В. Структурная модель информативности значимых компонент трансформант / В.В. Баранник, В.Н. Кривонос, А.В. Хаханова // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2013. №2(99). С. 26-29. 10. Баранник В.В. Метод повышения доступности видеоинформации аэромониторинга / В.В. Баранник, О.С. Кулица // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. №3. 2013. С. 17–20. 11. Власов А.В. Анализ методов определения границ объектов на изображения и их классификация / А.В. Власов, В. В. Баранник, А.В. Яковенко // Сучасна спеціальна техніка. 2012. Вып. №3 (30). С. 17 - 27. 12. Баранник В.В. Обоснование рекомендаций для методологии оценки эффективности принятия решений в процессе аэромониторинга / В.В. Баранник, А.П. Мусиенко // Открытые компьютерные

информационные интегрированные технологии, 2015. Вып. 69. С. 12 - 21. **13. Баранник В.В.** Метод кластеризации фрагментов аэрофотоснимков в спектрально-частотном пространстве // Баранник В.В., Мусиенко О.П., Яливец К.С. // Наукоемні технології, 2016. №29 (1). 2016. С. 23 – 30.

#### **Transliterated bibliography:**

**1. Mosov S.** Aerokosmicheskaya razvedka v sovremennykh voennykh konfliktakh: monografiya / S.Mosov. K.: Izd. dom. «Rumb», 2008. 248 s.

**2. Selomon D.** Szhatie dannykh, izobrazheniy i zvuka / D. Selomon. M: Tehnosfera, 2004. 368 s.

**3. Barannik V.V.** Obosnovanie znachimyykh ugroz bezopasnosti videoinformatsionnogo resursa sistem videokonferentssvyazi profilnykh sistem upravleniya / V.V. Barannik, A.V. Vlasov, S.A. Sidchenko, A.E. Bekirov // Informatsionno-upravlyayuschie sistemy na ZhD transporte. 2014. #3. S. 24 – 31.

**4. Barannik V.V.** Metodologiya pozitsionirovaniya poliadicheskikh kodovykh konstruksiy na osnove klassifitsiruyuschiykh priznakov v sisteme kriptokompressionnogo predstavleniya / V.V. Barannik, S.A. Sidchenko, I.M. Tupitsa, N.A. Koroleva // Informatsionno-upravlyayuschie sistemy na ZhD transporte. 2015. #5. S. 56 – 60.

**5. Gonsales R.S., Vuds R.E.** Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy / R.S. Gonsales, R.E. Vuds. M.: Tehnosfera, 2006. 1072 s.

**6. Barannik V.V.** Metod povyisheniya informatsionnoy bezopasnosti v sistemakh videomonitoringa krizisnykh situatsiy / V.V. Barannik, Yu.N. Ryabuha, O.S. // Monografiya. Cherkassiy, 2015. 143 s.

**7. Barannik V. V.** Metod povyisheniya dostupnosti videoinformatsii aeromonitoringa / V. V. Barannik, O.S. Kulitsa // Radioelektronni komp'yuterni sistemi. #3. 2013. S. 17 - 20.

**8. Blizorukov M. G.** Kolichestvennyye metody analiza mnogomernyykh velichin / Blizorukov M. G. Uralo-Sibirskiy institut biznesa. Izdatelstvo AMB, 2006. 68 s.

**9. Barannik V.V.** Strukturnaya model informativno-sti znachimyykh komponent transformant / V.V. Barannik, V.N. Krivonos, A.V. Hahanova // Informatsionno-keruyuchi sistemi na zallz nichnomu transporti. 2013. #2(99). S. 26-29.

**10. Barannik V.V.** Metod povyisheniya dostupnosti videoinformatsii aeromonitoringa / V.V. Barannik, O.S. Kulitsa // Radioelektronnyye i kompyuternyye sistemy. #3. 2013. S. 17–20.

**11. Vlasov A.V.** Analiz metodov opredeleniya granits ob'ektov na izobrazheniya i ih klassifikatsiya / A.V. Vlasov, V. V. Barannik, A.V. Yakovenko // Suchasna spetsialna tehnika. 2012. Vyip. #3 (30). S. 17 - 27.

**12. Barannik V.V.** Obosnovanie rekomendatsiy dlya metodologii otsenki effektivnosti prinyatiya resheniy v protsesse aeromonitoringa / V.V. Barannik, A.P. Musienko // Otkrytyie kompyuternyye informatsionnyye integrirovannyye tehnologii, 2015. Vyip. #69. S. 12 - 21.

**13. Barannik V.V.** Metod klasterizatsii fragmentov aerofotosnimkov v spektralno-chastotnom prostranstve // Barannik V.V., Musienko O.P., Yalivets K.S. // Naukoeumni tehnologii, 2016. T. #29 (1). 2016. S. 23 – 30.

Поступила в редколлегию 11.08.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Безрук В.М.

**Баранник Владимир Викторович**, д-р техн. наук, профессор, начальник кафедры Харьковского университета Воздушных Сил им. И. Кожедуба. Научные интересы: системы, технологии преобразования, кодирования, защиты и передачи информации. Адрес: Украина, 61023, Харьков, ул. Сумская, 77/79, тел. 8 050-3038971.

**Мусиенко Александр Павлович**, адъюнкт кафедры Харьковского университета Воздушных Сил им. И. Кожедуба. Научные интересы: кодирование и семантическая обработка изображений. Адрес: Украина, 61023, Харьков, ул. Сумская, 77/79, тел. 8 093-7103877.

**Жуйков Дмитрий Борисович**, канд. техн. наук, доцент кафедры Харьковского университета Воздушных Сил им. И. Кожедуба. Научные интересы: системы, технологии преобразования, кодирования, защиты и передачи информации. Адрес: Украина, 61023, Харьков, ул. Сумская, 77/79.

**Barannik Vladimir Viktorovich**, Dr. of Tech. Sciences, Professor, Head of Department, Kharkiv University of Air Force named after I. Kozheduba. Scientific interests: systems, technologies of transformation, coding, protection and transmission of information. Address: Ukraine, 61023, Kharkov, Sumskaaya st., 77/79, tel. +38050-3038971.

**Musienko Aleksandr Pavlovich**, adjunct, Kharkiv University of Air Forces named after I. Kozheduba. Scientific interests: coding and semantic image processing. Address: Ukraine, 61023, Kharkov, Sumskaaya st., 77/79, tel. 8 093-7103877.

**Zhuikov Dmitry Borisovich**, PhD, Docent, Kharkov University of Air Force named after I. Kozheduba. Scientific interests: systems, technologies of transformation, encoding, protection and information transmission. Address: Ukraine, 61023, Kharkov, Sumskaaya st., 77/79.