

УДК 528.77

ВЫБОР МАСШТАБА АЭРОФОТОСЪЕМКИ ДЛЯ КАЧЕСТВЕННОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ РАЗНЫХ ФОРМ

*канд. техн. наук, доц. А.А. МИХЕЕВА
(Полоцкий государственный университет)*

Рассматривается масштаб фотографирования и разрешающая способность снимка с точки зрения качества дешифрирования и, следовательно, качества создаваемых (обновляемых) топографических карт (планов) в целом. Анализируется вопрос выбора масштаба аэрофотосъемки для качественного дешифрирования в зависимости от разрешающей способности аэрофотоснимков и размеров, преобладающих на местности объектов разных форм. Предложена формула расчета масштаба фотографирования, при котором будет выполнено дешифрирование как с вероятностью 0,75, так и с большей вероятностью. Однако увеличение вероятности дешифрирования объектов приведет к тому, что аэрофотосъемку придется выполнять в более крупном масштабе и, следовательно, к увеличению камеральных работ, но уменьшит объем полевых работ по уточнению камерального дешифрирования.

Ключевые слова: аэрофотосъемка, масштаб, дешифрирование, разрешающая способность снимка, вероятность дешифрирования.

Дешифрирование аэроснимков является одним из важнейших процессов при создании и обновлении топографических карт (планов), от качества дешифрирования зависит качество карты (плана) в целом. В работе [1] рассмотрен вопрос расчета разрешения при сканировании для обеспечения дешифрирования с вероятностью 0,75 для круглых объектов, которые, как правило, имеют небольшие размеры на местности. Однако для разных участков местности малые размеры могут иметь и объекты других форм. Поэтому рассмотрим вопрос расчета разрешения при сканировании для объектов разных форм.

Математическое выражение вероятности распознавания простых объектов P имеет вид [2]:

$$P = \exp \left[- \left(B \frac{A}{L} \right)^2 \right], \quad (1)$$

где L – геометрический размер простого объекта (диаметр, диагональ, длина и т.п.), который сможем отдешифрировать с вероятностью P ; A – разрешение аэрофотоснимка, указывающее размер минимального еще раздельно изобразившегося на снимке объекта; B – коэффициент распознавания формы простого объекта.

Как видим (формула (1)), на достоверность распознавания большое влияние оказывают разрешение аэрофотоснимка, форма объекта и его размеры. Объекты, имеющие одинаковые размеры, но отличающиеся по форме, воспринимаются по-разному и распознаются с различной степенью достоверности. Влияние формы объекта на вероятность дешифрирования учитывается коэффициентом B .

В данной работе будем рассматривать компактные объекты разной формы, имеющие малые размеры, которые наиболее сложно дешифрировать.

Для обеспечения качественного дешифрирования, исходя из экономических соображений, считается удовлетворительным результат распознавания, равный 75% [2]. Тогда большинство задач будет выполнено с минимумом затрат на производство дешифрирования.

Разрешение аэроснимка A и, следовательно, вероятность дешифрирования объектов будет зависеть от масштаба фотографирования $1:M_c$ и разрешающей способности снимка R [2]:

$$A = \frac{M_c}{2R}. \quad (2)$$

Расчеты разрешения аэрофотоснимка A будем выполнять для разных масштабов фотографирования $1:M_c$ и приведенной в инструкции [3] разрешающей способности снимка $R = 40 \text{ мм}^{-1}$. Результаты расчетов минимальных размеров объектов, видимых на снимке, представим в таблице 1.

Таблица 1 – Расчет минимального размера объекта A , видимого на снимке

$1: M_c$	1 : 10000	1 : 15000	1 : 20000
$A = \frac{M_c}{2R}$ (2), мм	125	187,5	250

В работе [1] предложена формула расчета размера распознаваемого объекта круглой формы:

$$L = \frac{BA}{0,53} = \frac{0,97A}{0,53} = 1,8302A = KA, \quad (3)$$

где 0,53 – коэффициент, полученный в работе [1] для круглых объектов, при котором вероятность распознавания $P \geq 0,75$;

$$K = \frac{B}{0,53}. \quad (4)$$

По формуле (4) легко получить значение коэффициента K для объектов других форм по значениям коэффициентов распознавания формы объектов B , приведенным в работе [2].

По формуле (3) для выбранных масштабов аэросъемки (см. табл. 1) получим геометрические размеры распознаваемых объектов разных форм L в мм (табл. 2), где также приведем значения коэффициентов K и B .

Таблица 2 – Расчет размеров дешифрируемых объектов L разных форм с вероятностью 0,75

Форма объекта	M_C		
	10000	15000	20000
Круглая, L , мм	$B_1 = 0,97 \quad K_1 = 1,8302$		
	228,8	343,2	457,6
Прямоугольная, L , мм	$B_2 = 1,45 \quad K_2 = 2,7358$		
	342	513	684
Форма угла, L , мм	$B_3 = 1,58 \quad K_3 = 2,9811$		
	373	559	746
Квадрат L , мм	$B_4 = 1,72 \quad K_4 = 3,2453$		
	406	608	812
Стенка L , мм	$B_5 = 2,78 \quad K_5 = 5,2453$		
	656	983	1312

Таким образом, мы сможем отдешифровать камерально с вероятностью 0,75 все объекты разных форм, размеры которых будут больше значений, приведенных в таблице 2.

Анализ таблицы 2 показал, что объекты круглой формы имеют минимальные размеры, а объекты формы «стенка» – максимальные размеры. Из таблицы 2 видно, что объекты формы «стенка» имеют максимальный коэффициент распознавания B , поэтому такие объекты можно будет отдешифровать в случае, если их протяженность будет больше значений, указанных в таблице 2. К таким объектам относятся различные ограды разной высоты, а также сохранившиеся стены исторического значения, заборы, изгороди и т.п. [4].

Приведенные в таблице 2 объекты разных форм являются простыми и распознаются по прямым признакам, им присущим. Простой объект чаще всего является элементом сложного объекта. Поэтому он располагается на местности в окружении других простых объектов. Это сказывается на качестве результатов дешифрирования – повышает их достоверность за счет того, что в процессе используются дополнительные демаскирующие признаки [2].

Из расчетов (см. табл. 2) явно просматривается закономерность – геометрический размер распознаваемого объекта пропорционален масштабу аэросъемки. Кроме того, размеры дешифрируемых с вероятностью 0,75 объектов растут пропорционально отношению B_i/B_1 , что подтверждают расчеты. Величины отношений B_i/B_1 приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Значения отношений B_i/B_1

B_i	0,97	1,45	1,58	1,72	2,78
Форма объекта	Круг	Прямоугольник	Угол	Квадрат	Стенка
B_i/B_1	1,0	1,5	1,63	1,77	2,87

Используя отношение B_i/B_1 (см. табл. 3) и имея размеры распознаваемых объектов круглой формы, можно рассчитать размеры распознаваемых объектов других форм, умножив размер распознаваемого объекта круглой формы на приведенное в таблице 3 отношение B_i/B_1 . Отношение B_i/B_1 показывает,

во сколько раз больший размер объекта любой формы будет отдешифрован по отношению к круглому с вероятностью 0,75.

В зависимости от характера преобладающих на местности объектов и разрешающей способности снимка можно рассчитать масштаб фотографирования, при котором сможем отдешифровать выбранные объекты с вероятностью 0,75. Для вывода формулы расчета размера распознаваемого объекта любой формы воспользуемся зависимостью (3) [1], куда подставив значение A из формулы (2), получим

$$L = K \frac{M_c}{2R}. \quad (5)$$

Решим равенство (5) относительно знаменателя масштаба фотографирования M_c :

$$M_c = \frac{2LR}{K}. \quad (6)$$

Здесь K – коэффициент, зависящий от формы объекта. Значения коэффициентов K для объектов разных форм приведены в таблице 2.

На основании формулы (6) можно вычислить масштаб аэрофотосъемки, при котором будет выполнено дешифрирование с вероятностью 0,75 для объектов разных форм.

Рассмотрим, как увеличение вероятности дешифрирования повлияет на размеры дешифрируемых объектов для случая, когда возникнет необходимость выполнить дешифрирование с вероятностью P , больше чем 75%, т.е. $P > 0,75$ (например, 0,80; 0,85; 0,90 и 0,95). Для этого обратимся к формуле (1). Формулу (1) можно представить в следующем виде:

$$P = e^{-x^2}, \quad (7)$$

где $x^2 = -\left(B \frac{A}{L}\right)^2$.

Значение x можно определить по формуле:

$$x = \sqrt{\left| -\left(B \frac{A}{L}\right)^2 \right|} = B \frac{A}{L}. \quad (8)$$

Приняв вероятность распознавания P , равной 0,75; 0,8; 0,85; 0,9 и 0,95, можно найти x , например, в справочнике по математике [5]. Используя значение x , по формуле (3) определим искомое значение размеров дешифрируемых с разной вероятностью объектов различных форм L . Результаты расчетов приведем в таблице 4.

Таблица 4 – Расчет размеров распознаваемых с разной вероятностью объектов различных форм

P	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95
x^2	0,285	0,224	0,163	0,105	0,051
x	0,534	0,473	0,404	0,324	0,226
L	$\frac{BA}{0,534}$	$\frac{BA}{0,473}$	$\frac{BA}{0,404}$	$\frac{BA}{0,324}$	$\frac{BA}{0,226}$
L , при $B = 0,97$	1,816 A	2,051 A	2,401 A	2,994 A	4,292 A
L , при $B = 1,45$	2,715 A	3,066 A	3,589 A	4,475 A	6,416 A
L , при $B = 1,58$	2,959 A	3,340 A	3,911 A	4,876 A	6,991 A
L , при $B = 1,72$	3,321 A	3,336 A	4,257 A	5,309 A	7,611 A
L , при $B = 2,78$	5,206 A	5,877 A	6,881 A	8,580 A	12,301 A
$L_i/L_{0,75}$	1,00	1,13	1,32	1,65	2,36

В таблице 4 значение коэффициента B зависит от формы объекта. Название формы объекта для разных коэффициентов приведены в таблице 3. Величина A – размер минимального объекта, изображенного на снимке, рассчитывается по формуле (2). Значения A для некоторых масштабов фотографирования приведены в таблице 1.

Как видим (табл. 4), размеры дешифрируемых объектов L с увеличением вероятности дешифрирования P растут пропорционально отношению $L_i/L_{0,75}$, но зависимость эта нелинейная, чем с большей вероятностью необходимо отдешифровать объект, тем более крупный масштаб фотографирования надо

принять. Если необходимо выполнить дешифрирование с вероятностью 0,95, то придется увеличить масштаб аэросъемки более чем в два раза, что приведет к увеличению числа обрабатываемых аэроснимков более чем в два раза.

При выборе масштаба фотографирования для разной вероятности дешифрирования достаточно разделить рассчитанный по формуле (6) знаменатель масштаба съемки на отношение $L_i/L_{0,75}$, где L_i – минимальный размер распознаваемого объекта при разной вероятности дешифрирования.

Если трудно оценить, какие на местности преобладают объекты малых размеров, то при прогнозировании возможностей дешифрирования простых топографических элементов местности коэффициенты распознавания их формы V_i допустимо считать равными и выбирать в пределах от 2 до 3. В этом случае обеспечивается надежное определение нижней границы ожидаемой вероятности распознавания объектов [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Михеева, А.А. Расчет разрешения при сканировании для обеспечения качественного дешифрирования снимка / А.А. Михеева, А.В. Ильюшенко // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф, Стр-во. Прикладные науки. – 2015. – № 8. – С. 176–182.
2. Живичин, А.Н. Дешифрирование фотографических изображений / А.Н. Живичин, В.С. Соколов. – М. : Недра, 1980. – 253 с.
3. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании топографических карт и планов. – Минск : УП «БелНИЦЗЕМ», 2003. – 78 с.
4. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000; 1:2000; 1:1000; 1:500. – М. : Недра, 1989. – 286 с.
5. Бронштейн, И.Н. Справочник по математике / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – М. : Наука, 1967. – 608 с.

Поступила 23.02.2016

AEROPHOTOGRAPHY SCALE SELECTION FOR QUALITATIVE DECODING OF DIFFERENT SHAPES OBJECTS

A. MIKHEEVA

Aerophotography scale and resolving capacity of the image in terms of quality of decoding and hence the quality of generated (updated) topographic maps (plans) as a whole are considered. An assessment of the choice of high-quality aerophotography scale for decoding according to the resolving capacity of images and size prevailing in the area of different shapes objects is analyzed. A formula for calculating aerophotography scale in which interpretation will be performed with both the probability of 0.75 and more is offered. However, the increasing of the probability of decoding facilities will lead to the fact that aerophotography have to perform on a large scale and, consequently, to an increase in office work, but it will reduce the amount of field work to refine laboratory decoding.

Keywords: aerophotography, scale, interpretation, resolving capacity, the probability of decoding.