

УДК 519.6

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В РАЗЛИЧНЫХ МАСШТАБАХ КОСМОСНИМКА

Гуреев А.А., студент гр. ЭПм-231, I курс

Жданов В.А., студент гр. ЭПм-231, I курс

Научный руководитель: Казунина Г.А., д.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева,
г. Кемерово

Развитие космических цифровых технологий геолокаций и измерения объектов из космоса давно стало уже повседневной работой. Использование космоснимков давно стало важным инструментом для определения параметров объектов. Обратившись к данным статистики, можно сделать вывод, что ежегодно исследуется из космоса значительный объем земной поверхности [1].

Так российскими космическими аппаратами дистанционного зондирования Земли высокого пространственного разрешения («Ресурс-П» и «Канопус-В») проведена космическая съемка территории земного шара общей площадью более 616,7 миллиона квадратных километров («Ресурс-П» – более 34,9 млн кв. км, «Канопус-В» – более 581,8 млн кв. км), в том числе по территории Российской Федерации – более 355,1 миллиона квадратных километров («Ресурс-П» – более 15,8 млн кв. км, «Канопус-В» – более 339,3 млн кв. км) [1].

При этом важным является факт того, что удаленное расстояние от точки космосъемки до непосредственно объекта, расположенного на поверхности Земли, приводит к возникновению определенных погрешностей в измерении. Исследования погрешности измерения объектов в различных масштабах космоснимка имеют важное прикладное значение, поскольку от этого зависит точность измерения основных параметров и характеристик объекта, таких как площадь, периметр, площадь с учетом пролегающей к объекту придворовой территории.

Кроме того, актуальность исследования величины такой погрешности связана с тем, что у различных объектов измерения может существовать различная величина такой погрешности [2]. В литературе присутствуют исследования, посвященные вопросам точности измерения площадей объектов по космоснимкам с использованием технологии Landsat. Например, установлена эмпирическая зависимость существующей средней величины ошибки оценки площади ветровала от фактического значения величины площади данного объекта с использованием системы Landsat-4, 5 и GeoEy

[2]. Также в исследованиях эмпирическим путем доказывается возможность осуществления высокой точности измерения объектов с величиной площади более 10 ГА путем сравнения первичной площади объекта с использованием космоснимка и уже полученной величины площади того же объекта, но с более высокой степенью пространственного разрешения [3].

Также следует отметить, что исследуемая погрешность определяется не только величиной пространственного разрешения. На величину погрешности при космосъемке оказывают прямое влияние и форма объекта, и его границы, наличие фактора извилистости границ исследуемого объекта по наружному периметру. Это усложняет, в свою очередь, процесс исследования параметров погрешности.

Таким образом, размер погрешности при создании космоснимка напрямую определяется различным масштабом снимка, вышеупомянутым пространственным разрешением. В случае увеличенного масштаба космоснимка величина такой погрешности будет ниже и, соответственно уменьшая масштаб, в итоге получаем большую погрешность.

Целью настоящего исследования является определение с помощью профессиональной ГИС «Панорамы» [3] параметров исследуемого объекта и вычисление погрешности измерений в зависимости от различных масштабов космоснимка.

В настоящей работе проведено измерение погрешности в зависимости масштаба космоснимка на практике с применением профессиональной ГИС «Панорамы» [3]. ГИС «Панорама» как геоинформационная подсистема позволяет осуществить математический расчет параметров объектов в рамках имеющихся геоинформационных данных. Система позволяет выставить различный масштаб и осуществить космосъемку объекта с последующим расчетом заданных параметров: периметр по наружным стенам объекта, внутренняя площадь объекта.

Анализ изменения величины погрешности при разных масштабах проведения космосъемки осуществили в отношении пробного объекта недвижимости с использованием различных вариантов масштаба: в диапазон от 1: 3 до 1:1812032.

Параметрами исследования выступают показатели:

– периметр объекта недвижимости по наружному обмеру стен с учетом того, что здание может представлять собой неровную геометрическую фигуру, м.;

- площадь здания по верхней проекции, кв. м.;
- площадь здания с учетом дворовой территории.

В результате применения инструментов ГИС «Панорамы» в рамках исследования был определен периметр объекта недвижимости и его площадь при использовании разного масштаба космоснимка. Результаты данного исследования для различных масштабов сведены в таблицу 1 (столбцы 2-4). Кроме того, по полученным результатам для каждого из масштабов

определенено среднее значение по $n = 20$ измерениям:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n x_i , \quad (1)$$

где X – величина параметра измерения.

Далее была рассчитана погрешность в виде отклонения от среднего значения для каждого полученного измерения. Все полученные результаты сведены в столбцы 5-7 таблицы 1.

Исходя из данных таблицы 1, можно сделать вывод о подтверждении тезиса научных исследований о том, что с увеличением размера масштаба точность изображения на космоснимке увеличивается и соответственно повышается точность измерения и самого объекта.

В то же время результаты показали, что оптимальной, согласно данным, полученным в таблице 1, является масштаб 1:3536, при котором величина математической погрешности самая малая.

Таблица 1. Параметры исследования космоснимка для разных масштабов

Масштаб	Периметр объекта недвижимости по наружному обмеру стен, м	Площадь здания по верхней проекции, кв. м.	Площадь здания с учетом дворовой территории, кв. м.	Погрешность (δ_i)		
				Периметр, м	Площадь по верхней проекции, кв. м.	Площадь с дворовой территорией, кв. м.
1	2	3	4	5	6	7
1:3	346,2	1537,4	1856,7	-19,3	-24,2	-63
1:6	347,4	1541,2	1861,3	-18,1	-29,4	-58,4
1:13	349,4	1535,4	1864	-16,1	-26,2	-55,7
1:27	344,7	1538	1848,5	-20,8	-23,6	-71,2
1:55	350	1541	1863	-15,5	-20,6	-56,7
1:110	348	1536,9	1876	-17,5	-24,7	-43,7
1:221	351	1542,5	1894	-14,5	-9,1	-25,7
1:442	352	1543	1897	-13,5	-18,6	-22,7
1:884	349	1519	1905	-16,5	-42,6	-14,7
1:1768	359	1587	1934	-6,5	25,4	14,3
1:3536	361	1564	1834	-4,5	2,4	-85,7
1:7072	338	1498	1965	-27,5	-63,6	45,3
1:14144	371	1576	1987	5,5	14,4	67,3
1:28288	384	1581	2013	18,5	19,4	93,3
1:56576	339	1543	1875	-26,5	-18,6	-44,7
1:113152	397	1577	1789	31,5	15,4	-130,7
1:226504	401	1601	2022	35,5	39,4	102,3
1:453008	412	1612	2024	46,5	50,4	104,3
1:906016	388	1626	2036	22,5	64,4	116,3
1:1812032	424	1633,4	2051	58,5	71,8	131,3
Среднее значение	365,5	1561,6	1919,7	-	-	-

В таблице 2 представлена погрешность измерения объекта в процентах. Расчет осуществлен по следующей формуле:

$$\delta_{\%i} = \frac{\delta_i}{\bar{X}} \times 100\%, \quad (3)$$

где $\delta_{\%i}$ – погрешность i -го измерения по абсолютной величине в процентах.

Например, для масштаба 1:3

$$\delta_{\%1} (\text{периметр}) = (19,3\text{м} / 365,5\text{м}) * 100\% = 5,3\%.$$

$$\delta_{\%1} (\text{площадь по верхней проекции}) = (24,2\text{м} / 1561,6\text{м}) * 100\% = 1,5\%.$$

$$\delta_{\%1} (\text{площадь по верхней проекции}) = (63\text{м} / 1919,7\text{м}) * 100\% = 3,3\%.$$

Аналогично расчет был осуществлен и по измерениям с иным масштабом.

Для расчета показателей дисперсии, стандартного отклонения (корень из дисперсии), стандартная ошибка (отношение стандартного отклонения к корню из объема выборки) были применены функции Microsoft Excel.

Количество выборки для каждого из параметров составило 20 измерений.

Таблица 2. Погрешность размера объекта для разных масштабов, %

Масштаб	Периметр объекта недвижимости по наружному обмеру стен, м	Площадь здания по верхней проекции, кв. м.	Площадь здания с учетом дворовой территории, кв. м.	Погрешность ($\delta_{\%i}$)		
				Периметр, м	Площадь по верхней проекции, кв. м.	Площадь с дворовой территорией, кв. м.
1	2	3	4	5	6	7
1:3	346,2	1537,4	185 6,7	5,3	1,5	3,3
1:6	347,4	154 1,2	186 1,3	4,9	1,9	3,0
1:13	349,4	153 5,4	186 4	4,4	1,7	2,9
1:27	344,7	153 8	184 8,5	5,7	1,5	3,7
1:55	350	154 1	186 3	4,2	1,3	2,9
1:110	348	153 6,9	187 6	4,8	1,6	2,3
1:221	351	154 2,5	189 4	3,9	0,5	1,3
1:442	352	154 3	189 7	3,7	1,2	1,2
1:884	349	151 9	190 5	4,5	2,7	0,7
1:1768	359	158 7	193 4	1,8	1,6	0,7
1	2	3	4	5	6	7
1:3536	361	156 4	183 4	1,2	0,1	4,4
1:7072	338	149 8	196 5	10,3	4,0	2,3
1:1414 4	371	157 6	198 7	1,5	0,9	3,5
1:2828 8	384	158 1	201 3	5,0	1,2	4,8

1:5657 6	339	154 3	187 5	7,3	1,2	2,3
1:1131 52	397	157 7	178 9	8,6	0,9	6,8
1:2265 04	401	160 1	202 2	9,7	2,5	5,3
1:4530 08	412	161 2	202 4	12,7	3,2	5,4
1:9060 16	388	162 6	203 6	6,1	4,1	5,4
1:1812 032	424	163 3,4	205 1	16,0	4,6	6,8
Среднее значение	365,5	156 1,6	191 9,7	-	-	-
Дисперсия	675,78	131 9,1	611 0,1			
Стандартное отклонение (корень из дисперсии)	25,99	36,3 1	78,1 7			
Стандартная ошибка (частное стандартного отклонения к корню из количество выборки)	5,81	8,12	17,4 7			

Полученные результаты исследования в графической форме представлены на рисунке 1.

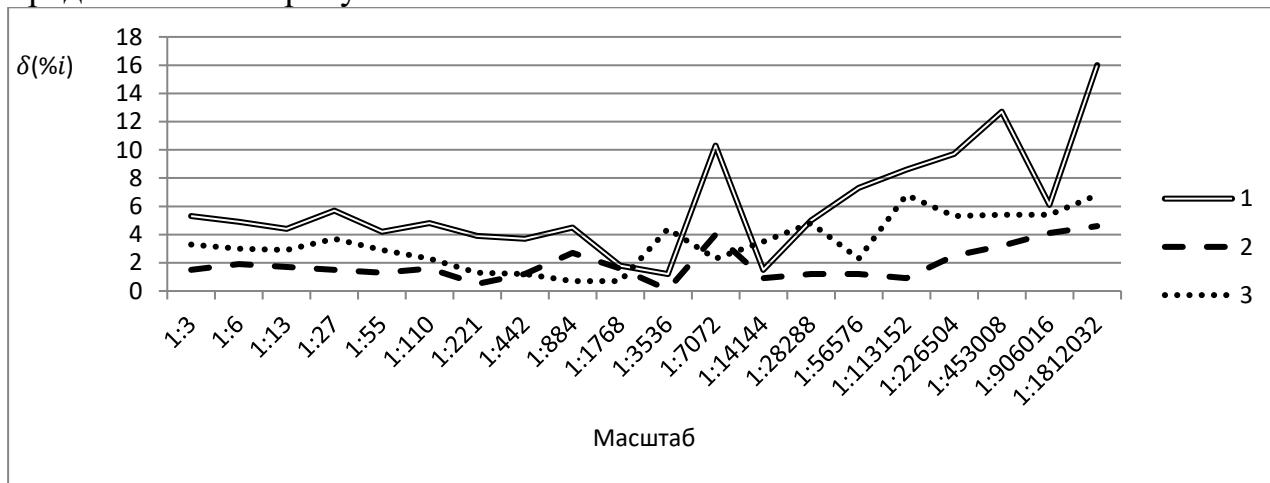


Рис.1. Зависимость погрешности измерения (%) от масштаба
(1 – периметр, 2 – площадь по верхней проекции,
3 – площадь с дворовой территорией)

Анализируя рассчитанные показатели стандартного отклонения и стандартной ошибки, можно сделать вывод, что они наибольшие для параметра исследования – площадь здания с учетом дворовой территории, кв. м. Именно для такого параметра погрешность наибольшая.

Далее в таблице 3 рассчитаем отклонения погрешности ($\delta_{\%i}$) от

величины стандартной ошибки.

Таблица 3. Отклонение от стандартной ошибки для разных масштабов, %

Масштаб	Погрешность ($\delta_{\%i}$)			Отклонение погрешности от стандартной ошибки Δ_i		
	Периметр,	Площадь по верхней проекции,	Площадь с дворовой территорией,	Периметр,	Площадь по верхней проекции,	Площадь с дворовой территорией,
1:3	5,3	1,5	3,3	- 0,51	- 6,62	-14,17
1:6	4,9	1,9	3,0	- 0,91	- 6,22	-14,47
1:13	4,4	1,7	2,9	- 1,41	- 6,42	-14,57
1:27	5,7	1,5	3,7	- 0,11	- 6,62	-13,77
1:55	4,2	1,3	2,9	- 1,61	- 6,82	-14,57
1:110	4,8	1,6	2,3	- 1,01	- 6,52	-15,17
1:221	3,9	0,5	1,3	- 1,91	- 7,62	-16,17
1:442	3,7	1,2	1,2	- 2,11	- 6,92	-16,27
1:884	4,5	2,7	0,7	- 1,31	- 5,42	-16,77
1:176 8	1,8	1,6	0,7	- 4,01	- 6,52	-16,77
1:353 6	1,2	0,1	4,4	- 4,61	- 8,02	-13,07
1:707 2	10,3	4,0	2,3	- 4,49	- 4,12	-15,17
1:141 44	1,5	0,9	3,5	- 4,31	- 7,22	-13,97
1:282 88	5,0	1,2	4,8	- 0,81	- 6,92	-12,67
1:565 76	7,3	1,2	2,3	- 1,49	- 6,92	-15,17
1:113 152	8,6	0,9	6,8	- 2,79	- 7,22	-10,67
1:226 504	9,7	2,5	5,3	- 3,89	- 5,62	-12,17
1:453 008	12,7	3,2	5,4	- 6,89	- 4,92	-12,07
1:906 016	6,1	4,1	5,4	- 0,29	- 4,02	-12,07
1:181 2032	16,0	4,6	6,8	- 10,1 9	- 3,52	-10,67
Стандартная ошибка	5,81	8,12	17,47			

Полученные результаты исследования в графической форме представлены на рисунке 2.

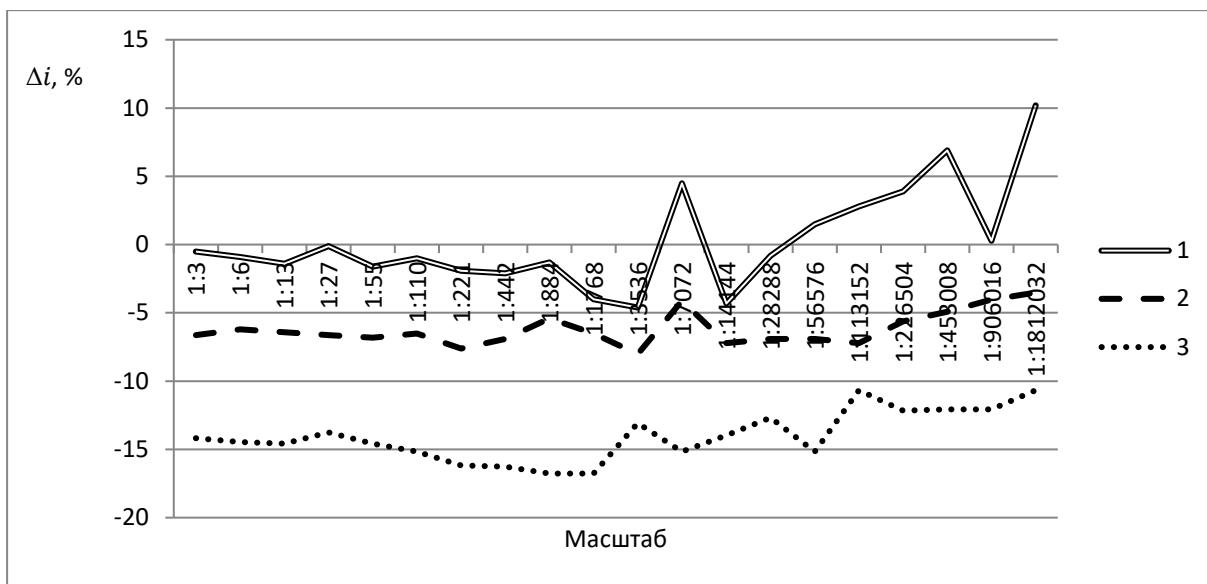


Рис.2. Отклонение измеряемой погрешности от стандартной ошибки Δ_i по масштабам измерений (1 – периметр, 2 – площадь по верхней проекции, 3 – площадь с дворовой территорией)

На рисунке 3 сравниваем погрешность $\delta_{\%i}$, рассчитанную как отклонение от среднего значения выборки измерений, и стандартную ошибку Δ_i для параметра периметра здания.

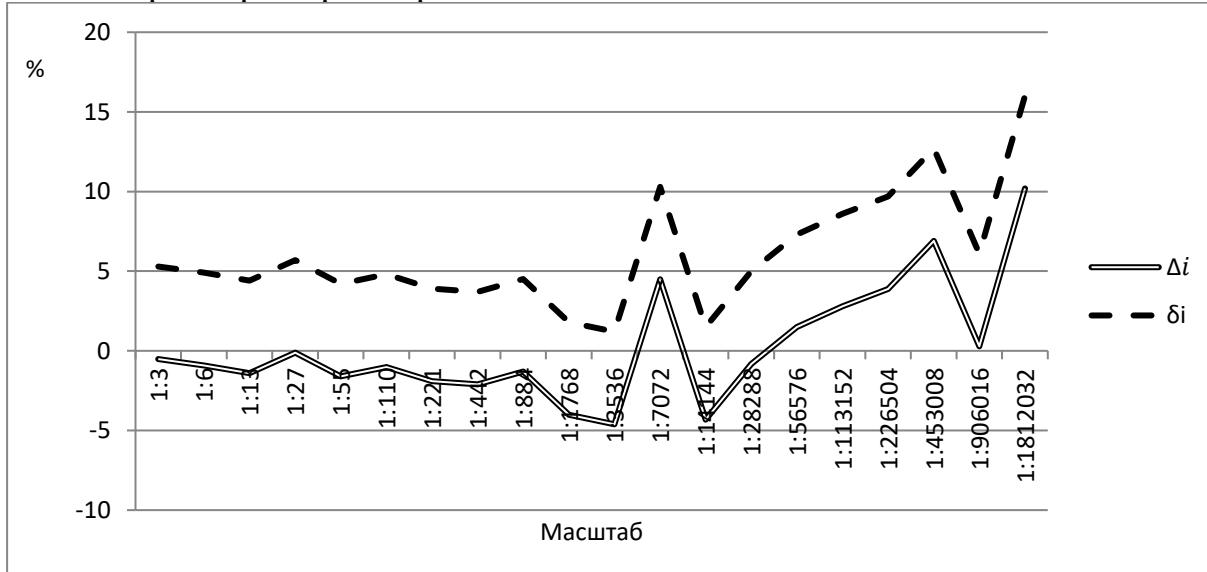


Рис.3 Сравнение рассчитанных погрешностей δ_i и Δ_i , %

Подводя итог проведенному исследованию, можно сделать следующие выводы:

1. Максимальная погрешность измерения объекта путем проведения космосъемки приходится на самый мелкий размер масштаба и составляет для периметра объекта недвижимости по наружному обмеру стен 16%, для площади здания по верхней проекции 4,6%, а для площади здания с дворовой территорией 6,8%.

2. Из всех принятых в исследовании размеров масштаба космосъемки наименьшая погрешность присутствует в интервале масштабов приблизительно от 1: 1768 до 1:3536. Поэтому именно в данных масштабах и целесообразно дальше исследовать подобные объекты недвижимости с применением космических технологий съемки.

3. При таких обстоятельствах целесообразно с целью повышения достоверности измерения границ и площади объектов использовать все же более крупный масштаб, по возможности. Однако, в случае, когда на космоснимке необходимо отразить более чем один объект, например, застроенный квартал, то безусловно погрешность измерения будет возрастать.

Список литературы:

1. Итоги года отрасли геоинформационных технологий и дистанционного зондирования Земли URL: https://gisgeo.org/wp-content/uploads/2022/01/2021_review.pdf?ysclid=ln120qhfql478899262 (дата обращения: 27.09.2023).
2. Королева, Н. В. Оценка погрешности определения площадей ветровалов по космическим изображениям высокого пространственного разрешения LANDSAT-TM / Н. В. Королева, Д. В. Ершов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2012. – Т. 9, № 1. – С. 80–86.
3. Хамедов, В. А. Оценка точности определения площадей лесных рубок с использованием снимков с российского космического аппарата «Ресурс-П» № 1 [Текст] / В. А. Хамедов, Б. Т. Мазуров // Вестник Сибирского государственного университета геосистем и технологий. – 2015. – № 4 (32). – С. 42–50.
4. Профессиональная ГИС «Панорама». URL: https://gisinfo.ru/products/map12_prof.htm?yclid=941271414342187148 (дата обращения: 21.09.2023).