

Научная статья

Original article

УДК 332.365

doi: 10.55186/2413046X_2022_7_10_624

**ИССЛЕДОВАНИЕ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ФОРМУЛ
ДЛЯ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ ЗЕМЕЛЬНЫХ
УЧАСТКОВ**

**RESEARCH AND SELECTION OF THE OPTIMAL VERSION OF THE
FORMULAS FOR ASSESSING THE ACCURACY OF DETERMINING THE
AREAS OF LAND PLOTS**



Запевалов Владимир Николаевич, старший преподаватель кафедры геодезии и кадастровой деятельности института сервиса и отраслевого управления Тюменского индустриального университета (ТИУ), 625000, Россия, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38

Zapevalov V.N., v.zapevalov@inbox.ru

Аннотация. Точность определения площадей земельных участков актуальна в настоящее время. Она направлена на оценку кадастровой стоимости земельных участков, базирующейся на классификации земельных участков, анализе рыночных цен и иной информации об объектах недвижимости.

В связи с совершением различных сделок с земельными участками, увеличением рынка земли, реализацией государственных целевых программ по передаче объектов землеустройства в частную собственность требуется: повышение точности определения площадей земельных участков; применение современных методов и средств измерений при выполнении земельно – кадастровых геодезических работ; сокращение времени межевания объектов землеустройства. Поэтому выполнение вышеперечисленных требований является актуальной темой

данной статьи.

Целью статьи является выбор оптимальных формул для определения точности определения площадей земельных участков и получения других земельно-кадастровых оценок.

Abstract. The accuracy of determining the areas of land plots is relevant at the present time. It is aimed at assessing the cadastral value of land plots, based on the classification of land plots, analysis of market prices and other information about real estate objects.

In connection with the completion of various transactions with land plots, the increase in the land market, the implementation of state targeted programs for the transfer of land management facilities to private ownership, it is required: to increase the accuracy of determining the areas of land plots; application of modern methods and means of measurement in the performance of land and cadastral geodetic works; reduction of surveying time of land management objects. Therefore, the fulfillment of the above requirements is a relevant topic of this article.

The article is aimed at selecting the optimal formulas for determining the accuracy of determining the areas of land plots and obtaining other land cadastral valuations.

Ключевые слова: земельный участок, кадастровая оценка, средняя квадратическая погрешность, площадь земельного участка, координаты исходных пунктов

Keywords: land plot, cadastral valuation, average square error, area of the land plot, coordinates of starting points

В данной статье будут исследованы формулы, которые предлагают различные авторы для вычисления оценки точности площадей земельных участков. Определены параметры величин, влияющие на результаты земельно-кадастровых оценок.

Обратимся к работе А. В. Маслова [12], в которой рассматриваются способы и точность определения площадей отдельных фигур и полигонов. Приведем лишь

формулу погрешности полигона, привязанного к пунктам государственной геодезической сети

$$M_p^2 = m_p^2 + \frac{1}{8} m_t^2 \sum_{i=1}^n D_i^2, \quad (1)$$

где D_i – диагональ, соединяющая контурные точки с номерами $i - 1$ и $i + 1$;

$m_t \sqrt{m_x^2 + m_y^2}$ – средняя квадратическая погрешность положения контурной

точки.

Величину m_p предлагается определить по приближенной формуле

$$m_p = [0,110 + 0,004(n - 1)]L^2 m_\beta. \quad (2)$$

В работе А. В. Маслова и А. Г. Юнусова [13] рассмотрено влияние корреляционной связи погрешностей положения точек контура на погрешность площади. Приведем лишь формулу погрешности контура с учетом коэффициента вытянутости k и корреляции r для контура прямоугольной формы

$$m_p = m_t \sqrt{P} \frac{4\sqrt{0,5n-1}}{n} \cdot \frac{1+k}{2\sqrt{k}} \sqrt{1-r}. \quad (3)$$

Коэффициенты корреляции предлагается определять по приближенной формуле, полученной Ю. К. Неумывакиным [14]

$$r = \left(\frac{m_0}{m_t} \right)^2,$$

где m_0 – средняя квадратическая погрешность положения пункта съёмочного обоснования (съёмочной точки), с которой выполняют съёмку контуров точек; m_t – средняя квадратическая погрешность положения контурной точки.

А. В. Гордеевым [7] проведены исследования точности площадей участков, снятых полярным способом, с учетом влияния погрешностей координат исходных пунктов, в результате которых для общего случая получена формула погрешности площади

$$m_p^2 = \frac{1}{4} m_k^2 \{ (1 - r) \sum_1^n D_i^2 + r \sum_1^N [(q_i)^2 + (\sum t_i)^2] \}, \quad (4)$$

где $q_i = y_{i+1} - y_{i-1}$; $t_i = x_{i-1} - x_{i+1}$

В частном случае при съёмке контура с одной станции, получено

$$m_p^2 = \frac{1}{8} m_t^2 (1 - r) \sum_1^n D_i^2. \quad (5)$$

Ю. Г. Батраковым [3] проведены исследования точности определения площадей земельных участков, на границах которых определены опорные межевые знаки (рис.1). В этом случае среднюю квадратическую погрешность общей площади участка определяют по частям.

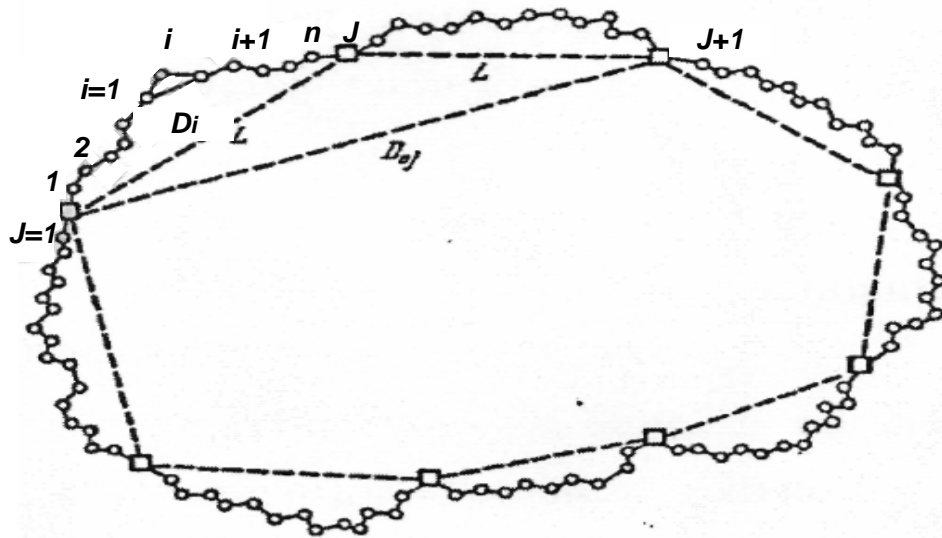


Рис. 1. Схема расположения опорных и других межевых знаков на границе земельного участка

Для простоты вычислений в качестве каркасного полигона принят правильный шестиугольник, вершинами которого являются опорные межевые знаки. Общая его площадь определится по формуле

$$P_0 = 1,5\sqrt{3}L^2$$

где L - длина замыкающей (стороны шестиугольника).

Средняя квадратическая погрешность площади такой фигуры будет равна

$$m_{P_0} = 1,5\sqrt{2}Lm_{k_0},$$

где $m_{k_0} = m_{x_0} = m_{y_0}$ - средняя квадратическая погрешность координат опорного межевого знака.

Общая площадь землепользования будет равна

$$P_{\text{общ}} = P_0 + P_1$$

где $P_1 = 6P$. Средняя квадратическая погрешность такой площади может быть

определена по формуле

$$m_{P_{\text{общ.}}} = \sqrt{m_{P_0}^2 + m_1^2},$$

где $m_1 = m_P \sqrt{b}$.

В работе Н. Д. Ильинского [10] приведена формула относительной погрешности площади участка определяемого по фотоплану

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{m_t M}{10^5 \sqrt{P}}, \quad (6)$$

где m_t - погрешность положения контурной точки на фотоплане, M - знаменатель масштаба фотоплана, P - площадь участка, га.

А.И. Даниловичем [8] получена формула погрешности площади в виде

$$m_P = r m_t \sqrt{P}, \quad (7)$$

где r - коэффициент корреляции.

Для трех моделей участков эта формула представлена в виде

$$m_P = 1,3 m_t \sqrt{P}$$

$$m_P = 1,5 m_t \sqrt{P}$$

$$m_P = 2,5 m_t \sqrt{P}$$

В автореферате диссертации М. Ю. Маркузе [11] приведены результаты исследования, где выявлено влияние корреляционной зависимости координат межевых знаков на среднюю квадратическую погрешность определения площади участка, в результате которых получена формула погрешности площади участка в виде

$$m_P^2 = m_0^2 A Q A^T, \quad (8)$$

где m_0 - средняя квадратическая погрешность единицы веса; Q - матрица обратных весов координат x_i, y_i ; A - матрица частных производных площади по координатам вершин многоугольника.

Вопрос оценки точности площадей земельных участков с учетом погрешностей исходных данных рассмотрен в работе Г. Г. Асташенкова и др. [1]

Б. Н. Дьяков [9] предлагает более строгую, с его точки зрения, формулу для вычисления средней квадратической погрешности площади в виде

$$m_P^2 = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^n l_i^2 \left(m_{t_i}^2 \sin^2 \frac{\beta_i}{2} + m_{t_{i+1}}^2 \sin^2 \frac{\beta_{i+1}}{2} \right). \quad (9)$$

Он также рекомендует, наряду с нормативом на среднюю квадратическую погрешность положения межевого знака m_t , ввести норматив на относительную погрешность определения площади земельного участка по градациям земель.

В работе М. Я. Брынъ [5] выполнен анализ геодезических работ в Санкт-Петербурге для целей городского кадастра. По его данным средняя квадратическая погрешность взаимного положения межевых знаков составила в среднем 6 см. Без объяснений автор считает, что в ряде случаев величина этой погрешности не удовлетворяет требованиям городского кадастра, а поэтому рекомендует измерять расстояния между межевыми знаками с помощью светодальномера или рулетки. Ввиду невозможности установки приборов и отражателей над знаками, считает необходимым в результаты измерений вводить поправки за элементы центрировок и редуций.

Главный вывод, к которому приходит автор, состоит в том, что для повышения точности определения координат межевых знаков и площадей земельных участков, как их функций, следует совместно уравнивать по методу наименьших квадратов координаты межевых знаков и непосредственно измеренные расстояния (погрешности определения знаков пренебрегаются).

В работе В. Н. Баландина [2] и др. предлагается вместо диагоналей D_i , входящих в известную формулу

$$m_P^2 = \frac{1}{8} m_t^2 \sum_{i=1}^n D_i^2,$$

и определяемых, по мнению авторов, по предварительно вычисленным координатам вершин многоугольника, использовать результаты непосредственных геодезических измерений, не прибегая к вычислению координат вершин. С учетом известной формулы $c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos C$, предлагается формула вида

$$m_P = \frac{m_t}{2} \sqrt{\sum_{i=1}^n S_i^2 - \sum_{i=1}^n S_i S_{i+2} \cos \Delta \tau_i}, \quad (10)$$

где $\Delta \tau_i = \tau_{i+2} - \tau_i$ - угол при точке стояния O между направлениями на точки $i+2$ и i .

Для оперативной оценки точности площади земельного участка приводится приближенная формула

$$m_p = \frac{m_t L}{\sqrt{2n}} \cos(180^\circ/n). \quad (11)$$

Анализ различных методов определения площадей выполнен в работе В. А. Бывшева и др. [4]. В результате анализа утверждается, что на момент публикации статьи не существует методики, которая бы в полной мере соответствовала точностным возможностям относительных определений местоположения точек физической поверхности земельных участков при помощи GPS. В работе предлагается высокоточный алгоритм определения площадей участков физической поверхности Земли с повышенной точностью по топографо-геодезической информации.

Для сравнения приводятся результаты вычисления площади участка земной поверхности, выполненные в дипломной работе Н. В. Гилевич [6] под руководством проф. Е. Б. Ключина, где решается задача определения площади в системе пространственных прямоугольных координат с использованием формул

$$X = (N + H)\cos B \cos L$$

$$Y = (N + H)\cos B \sin L$$

$$Z = (N + H - e^2 N)\sin B,$$

где N-радиус кривизны первого вертикала.

В заключение своих исследований В. А. Бывшев и др. приводят тест-пример сравнительного анализа двух методов (своего и Н. В. Гилевич).

Делается вывод, что значение площади, вычисленное по алгоритму, менее отличается от ее истинного значения, чем полученное по формуле Н. В. Гилевич.

В заключение утверждается, что новый высокоточный алгоритм определения площадей участков физической поверхности Земли с использованием дифференциальных сплайнов более точно аппроксимирует заданную поверхность при нахождении площади ее участка, чем другие. Точность его возрастает с увеличением числа пикетов, набранных в пределах заданной области (рис. 2).

Анализ приведенных формул по оценке точности определения площадей

земельных участков позволяет сделать следующие выводы.

Несомненно, учет геометрической формы участков путем введения в формулы коэффициентов вытянутости позволяют повысить оценку точности определения площадей. Однако, с нашей точки зрения, приведенные в обзоре формулы и рекомендации в большей степени имеют теоретическое значение, так как в реальных условиях весьма затруднительно определить многие из названных параметров, входящих в формулы. Кроме того, нельзя не учитывать точность фиксации границ участков в натуре, а также точность записи площадей земельных участков и допустимые расхождения между фактической площадью и записанной в правоустанавливающем документе.

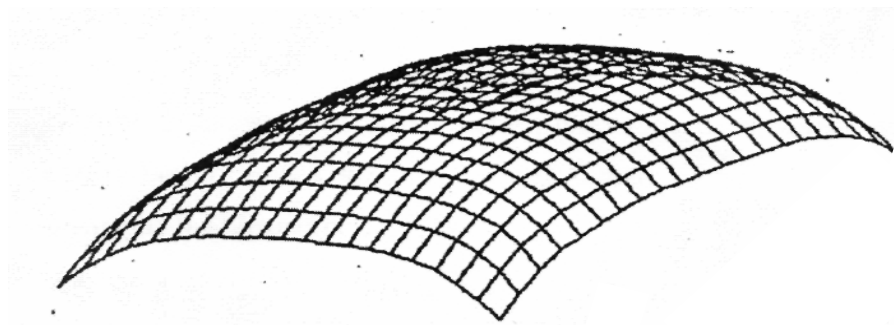


Рис. 2. К процедуре аппроксимирования физической поверхности Земли
дифференциальными сплайнами

О необходимости учета связи между технологией определения координат межевых знаков и точностью идентификации их на местности говорится в работе Ю. К. Неумывакина и М. И. Перского [14].

На основании большого опыта работ по межеванию земельных участков, в руководящих документах приняты фиксированные погрешности положения межевых знаков.

При решении вопроса о точности отображения городских земель нельзя не учитывать и наличие планово-картографического материала. Не случайно базовым масштабом для создания цифровой топографической основы для земельного кадастра принят масштаб 1:2000.

Наконец, следует учитывать и фотограмметрический вариант определения площадей земельных участков, широко применяемый в производстве при инвентаризации земель городов и поселков городского типа.

Что касается непосредственно измеренных расстояний мерными лентами и рулетками, то их следует использовать, в основном, для контроля измерений и обмеров земельных участков, в особенности при инвентаризации земель населенных пунктов на основе материалов аэрофотосъемки.

Предложение ввести норматив на относительную погрешность определения площади земельного участка по грациям земель неприемлемо. Необходимо будет определять координаты межевых знаков с различной точностью. Кроме того, следует иметь в виду, что при сделках с землей (аренда, купля, продажа и др.) важно знать не относительную, а абсолютную точность площадей земельных участков.

Список источников

1. Асташенков, Г.Г. К вопросу точности определения площадей аналитическим способом / Г.Г. Асташенков. – Текст: непосредственный // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2001 - № 4. - С. 8 – 14.
2. Баландин, В.Н., Юськевич, А.В. Определение и оценка точности площади земельного участка / В.Н. Баландин, А.В. Юськевич – Текст: непосредственный // Геодезия и картография.- 1998. - № 3. - С. 54 – 57.
3. Батраков, Ю.Г. Геодезические сети специального назначения / Ю.Г. Батраков - Москва.: Картгеоцентр - Геоиздат, 1999. – 407 с. – Текст: непосредственный.
4. Бывшев, В.А., Пугина, О.Д., Садовников, С.М. Разработка высокоточного алгоритма определения площадей участков физической поверхности Земли по топографо-геодезической информации и GPS / В.А. Бывшев, О.Д. Пугина, С.М. Садовников – Текст: непосредственный // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2001 - № 6. - С. 37 – 61.
5. Брынь, М.Я. Пути повышения точности определения координат межевых знаков / М.Я. Брынь – Текст: непосредственный // Геодезия и картография – 2001 - №4. - С. 47 – 49.
6. Гилевич, Н.В. Оценка точности определения площади в горных районах: 25.00.26:

дипломная работа / Н.В. Гилевич; МИИГАиК. – Москва, 1997. – 90 с. – Текст: непосредственный.

7. Гордеев, А.В. О точности площадей участков местности, снятых полярным способом с учетом влияния погрешностей координат исходных пунктов / А.В. Гордеев – Текст: непосредственный // Аэрогеодезические изыскания для целей сельского хозяйства: научные труды ГУЗ – Москва, 1987. - С. 28 – 36.

8. Данилович, А.И. Исследование влияния погрешностей съемки на точность определения площадей земельных угодий и разработка программы обеспечения банка данных для учета земель: 25.00.26: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.И. Данилович; МММЗ. – Москва, 1982. – 75 с. – Текст: непосредственный.

9. Дьяков, Б.Н. Комментарии к «Инструкции по межеванию земель» / Б.Н. Дьяков. – Текст: непосредственный // Геодезия и картография. – 2000 - № 6. - С. 42 – 45.

10. Ильинский, Н.Д., Обиралов, А.И., Фостиков, А.А. Фотограмметрия и дешифрирование снимков: учебник для вузов / Н.Д. Ильинский, А.И. Обиралов, А.А. Фостиков – Москва: Недра, 1986. – 375 с. – Текст: непосредственный

11. Маркузе, М.Ю. Оценка точности определения площадей земельных участков застроенных территорий: 25.00.26: автореф. дис. ... канд. техн. наук / М.Ю. Маркузе; ГУЗ. – Москва, 2000. – 175 с. – Текст: непосредственный.

12. Маслов, А.В. Способы и точность определения площадей: учебное пособие для вузов / А.В. Маслов. – Москва: Геодиздат, – 1985. – 227 с. – Текст: непосредственный.

13. Маслов, А.В., Юнусов, А.Г. Влияние корреляционной связи погрешностей положения точек контура на погрешность его площади / А.В. Маслов, А.Г. Юнусов – Текст: непосредственный // Создание топографической основы для целей землеустройства: научные труды МИИЗ. – Москва, 1984. - С. 86 – 94.

14. Неумывакин, Ю.К., Перский, М.И. Геодезическое обеспечение землеустроительных и кадастровых работ: учебное пособие / Ю.К. Неумывакин, М.И. Перский. – Москва: Картгеоцентр – Геодиздат, 1996. – 344 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Astashenkov, G.G. К вопросу точности определения площадей аналитическим способом / G.G. Astashenkov. – Текст: непосредственный // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотограмметрия. – 2001 - № 4. - С. 8 – 14.
2. Balandin, V.N., Yus`kevich, A.V. Определение и оценка точности площади земельного участка / V.N. Balandin, A.V. Yus`kevich – Текст: непосредственный // Геодезия и картография.- 1998. - № 3. - С. 54 – 57.
3. Batrakov, Yu.G. Геодезические сети специального назначения / Yu.G. Batrakov - Москва.: Kartgeocentr - Geoizdat, 1999. – 407 с. – Текст: непосредственный.
4. By`vshev, V.A., Pugina, O.D., Sadovnikov, S.M. Разработка высокоточного алгоритма определения площадей участков физической поверхности Земли по топографо-геодезической информации и GPS / V.A. By`vshev, O.D. Pugina, S.M. Sadovnikov – Текст: непосредственный // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотограмметрия. – 2001 - № 6. - С. 37 – 61.
5. Bry`n`, M.Ya. Пути повышения точности определения координат межвысотных знаков / M.Ya. Bry`n` – Текст: непосредственный // Геодезия и картография – 2001 - №4. - С. 47 – 49.
6. Gilevich, N.V. Оценка точности определения площади в горных районах: 25.00.26: дипломная работа / N.V. Gilevich; МИГАиК. – Москва, 1997. – 90 с. – Текст: непосредственный.
7. Gordeev, A.V. О точности площадей участков местности, снятых полиарным способом с учетом влияния погрешностей координат исходных пунктов / A.V. Gordeev – Текст: непосредственный // Аэрогеодезические изыскания для целей сельского хозяйства: научные труды ГУЗ – Москва, 1987. - С. 28 – 36.
8. Danilovich, A.I. Исследование влияния погрешностей съемки на точность определения площадей земельных участков и разработка программы обеспечения банка данных для учета земель: 25.00.26: автореф. дис. ... канд. техн. наук / A.I. Danilovich; MMMZ. – Москва, 1982. – 75 с. – Текст: непосредственный.

9. D`yakov, B.N. Kommentarii k «Instrukcii po mezhevaniyu zemel'» / B.N. D`yakov. – Tekst: neposredstvenny`j // Geodeziya i kartografiya. – 2000 - № 6. - S. 42 – 45.

10. Il`inskij, N.D., Obiralov, A.I., Fostikov, A.A. Fotogrammetriya i deshifrirovaniye snimkov: uchebnyy dlya vuzov / N.D. Il`inskij, A.I. Obiralov, A.A. Fostikov – Moskva: Nedra, 1986. – 375 s. – Tekst: neposredstvenny`j

11. Markuze, M.Yu. Ocenka tochnosti opredeleniya ploshhadej zemel`ny`x uchastkov zastroenny`x territorij: 25.00.26: avtoref. dis. ... kand. texn. nauk / M.Yu. Markuze; GUZ. – Moskva, 2000. – 175 s. – Tekst: neposredstvenny`j.

12. Maslov, A.V. Sposoby` i tochnost` opredeleniya ploshhadej: uchebnoye posobie dlya vuzov / A.V. Maslov. – Moskva: Geodezizdat, – 1985. – 227 s. – Tekst: neposredstvenny`j.

13. Maslov, A.V., Yunusov, A.G. Vliyanie korrelyacionnoj svyazi pogreshnostej polozheniya toчек kontura na pogreshnost` ego ploshhadi / A.V. Maslov, A.G. Yunusov – Tekst: neposredstvenny`j // Sozdaniye topograficheskoy osnovy` dlya celej zemleustrojstva: nauchny`e trudy` MIIZ. – Moskva, 1984. - S. 86 – 94.

14. Neumy`vakin, Yu.K., Perskij, M.I. Geodezicheskoye obespecheniye zemleustroitel`ny`x i kadastry`x rabot: uchebnoye posobie / Yu.K. Neumy`vakin, M.I. Perskij. – Moskva: Kartgeocentr – Geodezizdat, 1996. – 344 s. – Tekst: neposredstvenny`j.

Для цитирования: Запевалов В.Н. Исследование и выбор оптимального варианта формул для оценки точности определения площадей земельных участков // Московский экономический журнал. 2022. № 10. URL: <https://qje.su/nauki-o-zemle/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-10-2022-60/>

© Запевалов В.Н., 2022. Московский экономический журнал, 2022, № 10.