

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ В ЦЕЛЯХ ТРЕХМЕРНОГО КАДАСТРА НЕДВИЖИМОСТИ

В.Н. Торговкин^{1*}, М.В. Литвиненко¹

¹ Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия

* twal@mail.ru

Цитирование: Торговкин В.Н., Литвиненко М.В. Теоретическое обоснование определения площадей земельных участков в целях трехмерного кадастра недвижимости // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2021. Т. 65. № 6. С. 663-672. DOI:10.30533/0536-101X-2021-65-6-663-672

Ключевые слова. трехмерный кадастр недвижимости, фактическая площадь земельного участка, аналитическая геометрия, фотограмметрия, обработка фотограмметрических данных, цифровая модель рельефа.

Аннотация

При переходе в Российской Федерации на трехмерный кадастр недвижимости при кадастровом учете, как объектов капитального строительства, так и земельных участков, понадобятся определенные методики учета и поправки в существующие законы и подзаконные акты. Для учета в таком реестре недвижимости земельного участка целесообразно вносить сведения как о площади проекции земельного участка на плоскость, так и фактическую площадь земельного участка. Ранее описаны различные методики расчета фактической площади земельного участка: через разбивку участка на треугольники и суммирование площадей наклонных равнобедренных или произвольных треугольников; через включение в формулу вычисления площади поправки за наклон местности; через сплайны и так далее. Разработаны две методики, используя которые можно будет осуществлять расчет фактической площади земельных участков с достаточной точностью, затрачивая меньше времени.

1 Введение

В Российской Федерации учет объектов недвижимости в Едином государственном реестре недвижимости (ЕГРН) ведется в двумерном виде. То есть координаты характерных точек границ земельного участка (части земельного участка), координаты характерных точек контура здания, сооружения, частей таких объектов недвижимости, координаты характерных точек контура объекта незавершенного строительства вносятся в реестр ЕГРН в двумерном виде.

С целью учета объемных объектов были предприняты попытки внедрения трехмерного пространственного описания объектов недвижимости (3D-моделирование) в ЕГРН. Данный подход был в первую очередь направлен на решение проблем при внесении в реестр государственного реестра недвижимости при государственном кадастровом учете объектов недвижимости, расположенных на разных уровнях (подземный, наземный и надземный), в том числе зданий сложной конфигурации, мостов, инженерных коммуникаций, подземных сооружений и других объектов, связанных с наложением проекций их конструктивных элементов.

Тоже самое касается и земельных участков, так как реальная площадь земельного участка и площадь проекции земельного участка на плоскость, которая в настоящее время фиксируется и учитывается в ЕГРН, отличаются.

Существует законодательная возможность учета трехмерных моделей объектов недвижимости (3D-моделей) в ЕГРН, наличие геоинформационных технологий, современного геодезического оборудования и программного обеспечения, пригодных для трехмерного кадастра, но фактически трехмерный кадастр недвижимости в Российской Федерации не ведется.

Это в основном связано с отсутствием соответствующей научно-методической базы для выполнения кадастровых работ по трехмерному кадастру объектов недвижимости при постановке на учет земельных участков с учетом рельефа местности: способы разграничения объектов недвижимости по определенным признакам, методики и технологии систематизации трехмерных данных, степень детализации и проработанности рельефа местности и необходимая точность определения координат поворотных точек границ земельных участков и точек рельефа.

В настоящее время существуют некоторые методики расчета фактической площади земельных участков. Реализован и описан метод вычисления площадей двух

многоугольников, имеющих общую сторону в статье В. А. Катушкова, В. М. Сердюкова [1]. В целях уменьшения погрешности, связанной с искажениями проекции на плоскость, А. В. Виноградов принимает эллипсоид относимости за единую поверхность отсчета. При данном методе отпадает необходимость пересчета координат из зоны в зону [2]. А также он предлагает определение площади физической поверхности участка по способу итераций [3]. У. Д. Самратов предложил использовать топоцентрическую горизонтальную систему координат, ось аппликата которой в каждой точке совмещается с направлением нормали к поверхности земного эллипсоида, а основная координатная плоскость - с плоскостью местного горизонта [4]. К. С. Кларк предлагает использовать пространственный эквивалент метода «блуждающего циркуля на плоскости»: снятие по центральной модели рельефа углов квадратов полярной сетки, вычисление в каждом квадрате их среднего значения, деление квадрата на четыре треугольника с общей вершиной в точке со средней отметкой и вычисление площади поверхности призмы, образованной высотами вершин треугольников [5]. В. А. Бывшев рассматривает вычисление площади ортогональной проекции участка на референц-эллипсоид и площади проекции Гаусса-Крюгера с референц-эллипсоида на плоскость. Им был разработан алгоритм определения площади участка поверхности Земли по топографо-геодезической информации. При обосновании данного метода используются дифференциальные сплайны и интегральное и дифференциальное исчисления [6]. А. И. Каленицкий и Е. Е. Васильевой был обоснован информативный показатель, характеризующий степень расчлененности рельефа местности, учет которого обеспечивает возможность разработки методики и обоснование высокопроизводительной автоматизированной компьютерной технологии экспрессной оценки реального ожидаемого размера площади физической поверхности участков и территорий [7]. А. В. Никитиним предложено определение площади земельных участков по пространственной геометрической модели местности [8,9]. Асташенков Г. Г., Стрельников Г. Е., Шипулин В. Я. описали методику фактического значения площади наклонного участка местности по данным полевых измерений [10].

Но для охвата большой территории понадобятся другие, менее затратные и быстрореализуемые методы определения фактических площадей земельных участков, которые можно будет применять для расчета площадей, учитывать их и систематизировать в трехмерном кадастре недвижимости.

2 Материалы и методы

Определение площадей и внесение данных в ЕГРН о фактической площади земельных участков для трехмерного кадастра недвижимости в основном лучше направить на обеспечение заинтересованных лиц информацией о реальной площади земельных участков, а не с целью собираемости арендных платежей и налогов. Например, для проведения технической и биологической рекультивации выработанного карьера с выложенными бортами будет актуальной информация о реальной площади, так как площадь поверхности его увеличивается после разработки. Или, например для обслуживания автомобильной дороги с учетом полотна проезжей части и откосов будет полезна информация о фактической площади автодороги с откосами.

В последнее время особое внимание уделяется получению данных о фактическом положении объектов недвижимости (о координатах их поворотных точек границ) для ЕГРН фотограмметрическим методом, описывается точность определения координат

характерных точек фотограмметрическим методом, используя материалы аэрофотосъемки и космической съемки для соответствующей категории земель и разрешенного использования земельных участков.

Получение данных фотограмметрическим методом заметно ускоряет сбор информации о координатах поворотных точек границ объектов недвижимости в трехмерном пространстве и позволяет довольно точно производить расчет площади земной поверхности, используя определенные методики, так как расстояние между полученными точками довольно мало. На Рисунках 1 и 2 показаны данные из программы КРЕДО 3D СКАН о расстоянии между точками рельефа, полученными фотограмметрическим методом, и оно составляет 8 сантиметров. При использовании фотограмметрических данных можно с большой уверенностью утверждать, что фактическая площадь земельного участка будет посчитана с высокой точностью. Точность получения фотограмметрических данных в этой статье описываться не будет. Будем считать, что эти данные соответствуют утвержденным требованиям¹.

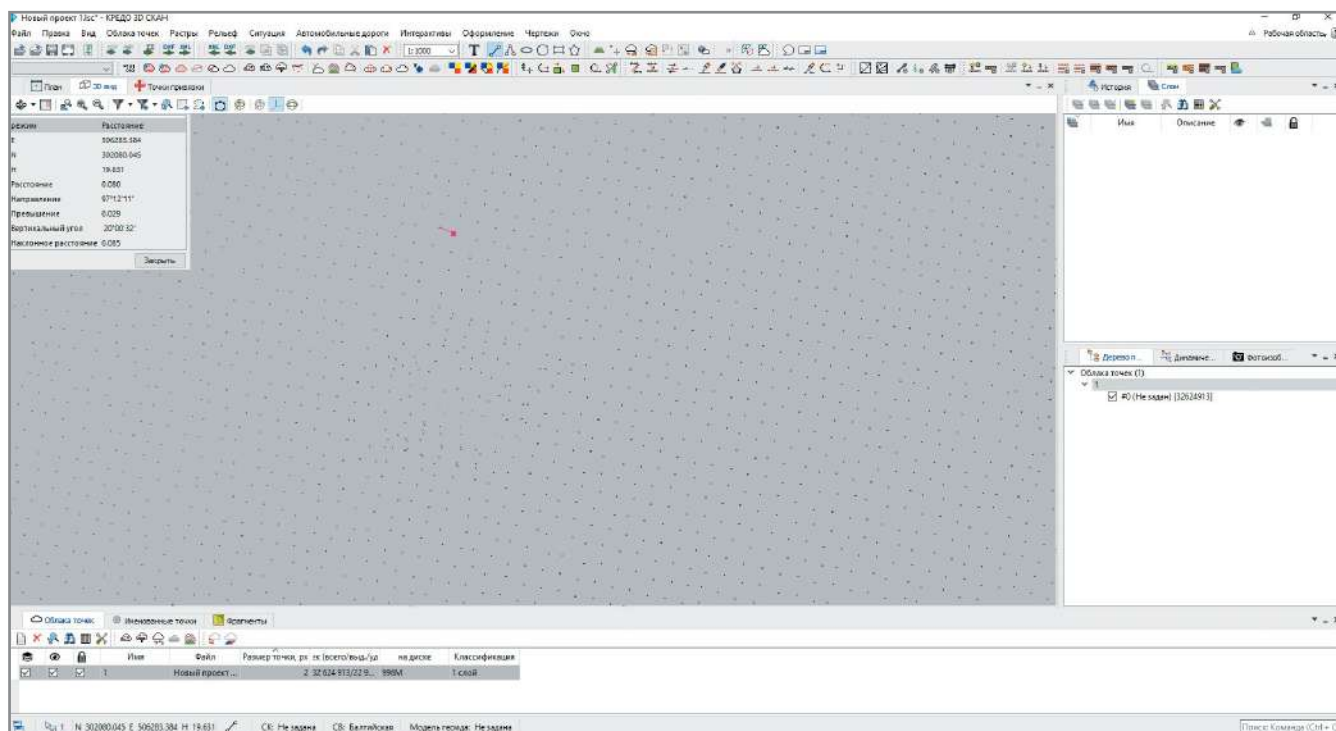


Рис. 1. Данные из программы КРЕДО 3D СКАН о расстояниях между точками

¹ Приказ Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 23.10.2020 № П/0393 «Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения, помещения, машино-места».

режим	Расстояние
E	506283.384
N	302080.045
H	19.631
Расстояние	0.080
Направление	97°12'11"
Превышение	0.029
Вертикальный угол	20°00'32"
Наклонное расстояние	0.085

Рис. 2. Увеличенный фрагмент данных из программы КРЕДО 3D СКАН

Можно прогнозировать то, что в недалеком будущем будет собрана и дешифрована информация о всей поверхности территории Российской Федерации. В данном случае понадобятся универсальные и довольно «быстрые» алгоритмы обработки пространственной информации и расчета фактических площадей земельных участков.

Для более быстрого расчета фактической площади разработаем и опишем два новых метода:

«метод пространственной треугольной пирамиды» и «метод пространственной четырехугольной пирамиды» - «метод пространственного конверта».

Данные методики обладают научной новизной, так как при анализе многих уже предложенных методов подобной методики расчета площади физической поверхности земельных участков не используется.

2.1 Метод пространственной треугольной пирамиды

В основе треугольной пирамиды в трехмерном пространстве лежит произвольный пространственный треугольник, образованный тремя точками с полученными координатами A (x₁, y₁, z₁), B (x₂, y₂, z₂), C (x₃, y₃, z₃). Еще одна точка D (x₄, y₄, z₄) лежит вне плоскости треугольника, образуя пирамиду ABCD, Рисунок 3.

Площадь боковой поверхности пирамиды ABCD будет складываться из суммы площадей трех треугольников ACD, BCD, ABD.

$$S_{\text{б.тр.пир.}} = S_{\Delta ACD} + S_{\Delta BCD} + S_{\Delta ABD} \quad (1)$$

То есть, используя данные четырех точек можно вычислить площади сразу трех пространственных треугольников.

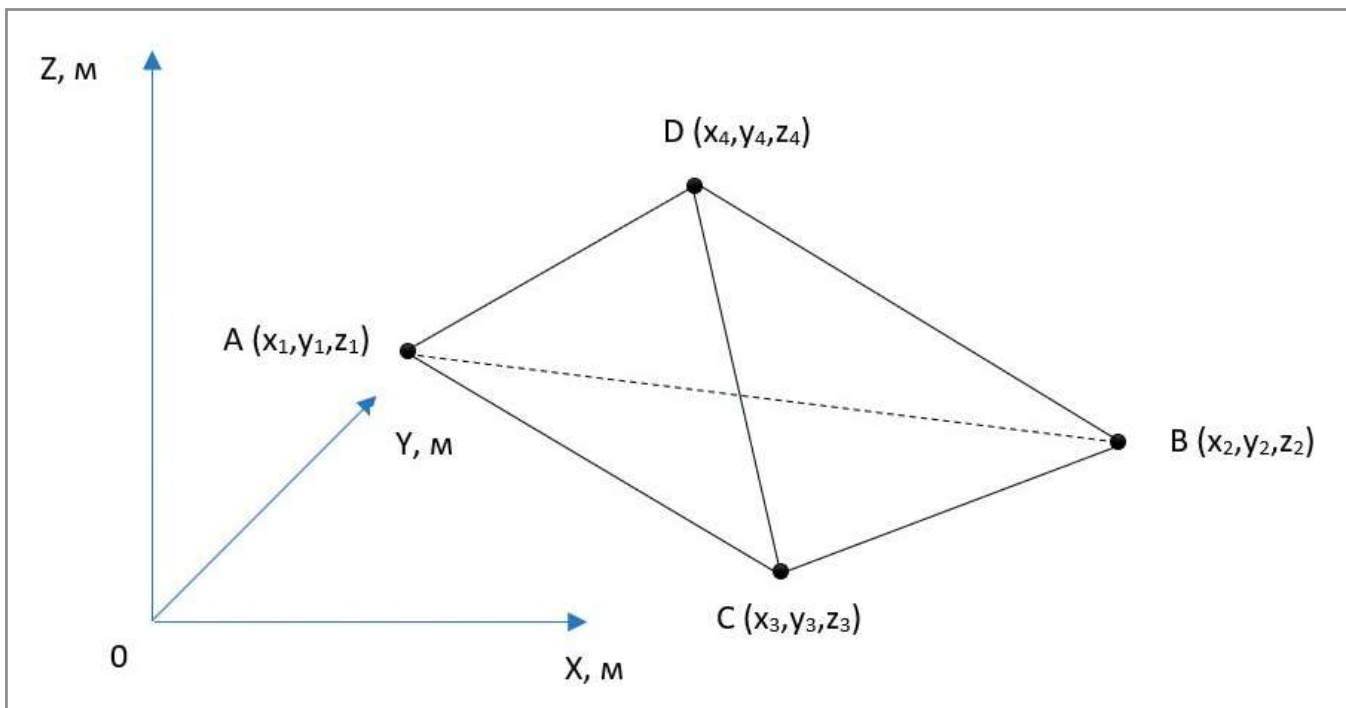


Рис. 3. Треугольная пирамида в трехмерном пространстве

Общая фактическая площадь земельного участка будет складываться из суммы площадей всех боковых граней треугольных пирамид, входящих в область покрытия земельного участка. Данным методом в три раза сокращаются временные затраты на расчет фактической площади земельного участка в сравнении с расчетом фактической площади по трем точкам, то есть сложением площадей пространственных треугольников.

Для нахождения площадей боковых граней треугольной призмы будем применять векторное произведение векторов и формулы аналитической геометрии:

$$S_{\Delta ACD} = \frac{\left| \begin{matrix} \vec{x} & \vec{y} \\ AC & AD \end{matrix} \right|}{2} \quad (2)$$

$$S_{\Delta CBD} = \frac{\left| \begin{matrix} \vec{x} & \vec{y} \\ CB & CD \end{matrix} \right|}{2} \quad (3)$$

$$S_{\Delta ABD} = \frac{\left| \begin{matrix} \vec{x} & \vec{y} \\ AB & AD \end{matrix} \right|}{2} \quad (4)$$

Тогда, подставляя формулы (2), (3), (4), в (1) получим:

$$S_{\text{б.тр.пир}} = \frac{1}{2} \left(\left| \begin{matrix} \vec{x} & \vec{y} \\ AC & AD \end{matrix} \right| + \left| \begin{matrix} \vec{x} & \vec{y} \\ CB & CD \end{matrix} \right| + \left| \begin{matrix} \vec{x} & \vec{y} \\ AB & AD \end{matrix} \right| \right) \quad (5)$$

Векторное произведение векторов будем находить через определители:

$$\begin{aligned} \vec{x}_{AC} \times \vec{y}_{AD} &= \begin{vmatrix} i & j & k \\ x_3 - x_1 & y_3 - y_1 & z_3 - z_1 \\ x_4 - x_1 & y_4 - y_1 & z_4 - z_1 \end{vmatrix} = (y_3 - y_1)(z_4 - z_1)i + (z_3 - z_1)(x_4 - x_1)j + \\ &+ (x_3 - x_1)(y_4 - y_1)k - (x_4 - x_1)(y_3 - y_1)k - (x_3 - x_1)(z_4 - z_1)j - \\ &- (y_4 - y_1)(z_3 - z_1)i = ((y_3 - y_1)(z_4 - z_1) - (y_4 - y_1)(z_3 - z_1))i + \\ &+ ((z_3 - z_1)(x_4 - x_1) - (x_3 - x_1)(z_4 - z_1))j + \\ &+ ((x_3 - x_1)(y_4 - y_1) - (x_4 - x_1)(y_3 - y_1))k \end{aligned}$$

Тогда модуль векторного произведения будет равен:

$$\begin{aligned} \left| \vec{x}_{AC} \times \vec{y}_{AD} \right| &= \sqrt{\left((y_3 - y_1)(z_4 - z_1) - (y_4 - y_1)(z_3 - z_1) \right)^2 + \\ &+ \left((z_3 - z_1)(x_4 - x_1) - (x_3 - x_1)(z_4 - z_1) \right)^2 + \\ &+ \left((x_3 - x_1)(y_4 - y_1) - (x_4 - x_1)(y_3 - y_1) \right)^2} \quad (6) \end{aligned}$$

Тоже самое будет посчитано для модулей векторных произведений

$$\left| \begin{matrix} \vec{x} & \vec{y} \\ CB & CD \end{matrix} \right| \text{ и } \left| \begin{matrix} \vec{x} & \vec{y} \\ AB & AD \end{matrix} \right| :$$

$$\begin{aligned} \vec{X}_{CB} \vec{X}_{CD} &= \begin{vmatrix} i & j & k \\ x_2 - x_3 & y_2 - y_3 & z_2 - z_3 \\ x_4 - x_3 & y_4 - y_3 & z_4 - z_3 \end{vmatrix} = (y_2 - y_3)(z_4 - z_3)i + (z_2 - z_3)(x_4 - x_3)j + \\ &+ (x_2 - x_3)(y_4 - y_3)k - (x_4 - x_3)(y_2 - y_3)k - (x_2 - x_3)(z_4 - z_3)j - \\ &- (y_4 - y_3)(z_2 - z_3)i = ((y_2 - y_3)(z_4 - z_3) - (y_4 - y_3)(z_2 - z_3))i + \\ &+ ((z_2 - z_3)(x_4 - x_3) - (x_2 - x_3)(z_4 - z_3))j + \\ &+ ((x_2 - x_3)(y_4 - y_3) - (x_4 - x_3)(y_2 - y_3))k \end{aligned}$$

Тогда модуль векторного произведения будет равен:

$$\begin{aligned} \left| \vec{X}_{CB} \vec{X}_{CD} \right| &= \sqrt{((y_2 - y_3)(z_4 - z_3) - (y_4 - y_3)(z_2 - z_3))^2 + \\ &+ ((z_2 - z_3)(x_4 - x_3) - (x_2 - x_3)(z_4 - z_3))^2 + \\ &+ ((x_2 - x_3)(y_4 - y_3) - (x_4 - x_3)(y_2 - y_3))^2} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \vec{X}_{AB} \vec{X}_{AD} &= \begin{vmatrix} i & j & k \\ x_2 - x_1 & y_2 - y_1 & z_2 - z_1 \\ x_4 - x_1 & y_4 - y_1 & z_4 - z_1 \end{vmatrix} = (y_2 - y_1)(z_4 - z_1)i + (z_2 - z_1)(x_4 - x_1)j + \\ &+ (x_2 - x_1)(y_4 - y_1)k - (x_4 - x_1)(y_2 - y_1)k - (x_2 - x_1)(z_4 - z_1)j - \\ &- (y_4 - y_1)(z_2 - z_1)i = ((y_2 - y_1)(z_4 - z_1) - (y_4 - y_1)(z_2 - z_1))i + \\ &+ ((z_2 - z_1)(x_4 - x_1) - (x_2 - x_1)(z_4 - z_1))j + \\ &+ ((x_2 - x_1)(y_4 - y_1) - (x_4 - x_1)(y_2 - y_1))k \end{aligned}$$

Тогда модуль векторного произведения будет равен:

$$\begin{aligned} \left| \vec{X}_{AB} \vec{X}_{AD} \right| &= \sqrt{((y_2 - y_1)(z_4 - z_1) - (y_4 - y_1)(z_2 - z_1))^2 + \\ &+ ((z_2 - z_1)(x_4 - x_1) - (x_2 - x_1)(z_4 - z_1))^2 + \\ &+ ((x_2 - x_1)(y_4 - y_1) - (x_4 - x_1)(y_2 - y_1))^2} \end{aligned} \quad (8)$$

Подставляя вычисленные значения модулей векторных произведений, полученные в формулах (6), (7), (8), в формулу (5), получится формула для расчета площади боковой поверхности произвольной треугольной пирамиды в трехмерном пространстве, зная координаты вершин точек, из которых образована данная пирамида:

$$\begin{aligned}
 S_{\text{б.гр.пир}} = & \frac{1}{2} \left(\sqrt{\left((y_3 - y_1)(z_4 - z_1) - (y_4 - y_1)(z_3 - z_1) \right)^2 + \right. \\
 & \left. + \left((z_3 - z_1)(x_4 - x_1) - (x_3 - x_1)(z_4 - z_1) \right)^2 + \right. \\
 & \left. + \left((x_3 - x_1)(y_4 - y_1) - (x_4 - x_1)(y_3 - y_1) \right)^2 + \right. \\
 & \left. \sqrt{\left((y_2 - y_3)(z_4 - z_3) - (y_4 - y_3)(z_2 - z_3) \right)^2 + \right. \\
 & \left. + \left((z_2 - z_3)(x_4 - x_3) - (x_2 - x_3)(z_4 - z_3) \right)^2 + \right. \\
 & \left. + \left((x_2 - x_3)(y_4 - y_3) - (x_4 - x_3)(y_2 - y_3) \right)^2 + \right. \\
 & \left. \sqrt{\left((y_2 - y_1)(z_4 - z_1) - (y_4 - y_1)(z_2 - z_1) \right)^2 + \right. \\
 & \left. + \left((z_2 - z_1)(x_4 - x_1) - (x_2 - x_1)(z_4 - z_1) \right)^2 + \right. \\
 & \left. + \left((x_2 - x_1)(y_4 - y_1) - (x_4 - x_1)(y_2 - y_1) \right)^2 \right)
 \end{aligned} \tag{9}$$

На основании формулы (9) можно записать формулу применимую для общего случая и удобного для программирования на ЭВМ:

$$\begin{aligned}
 S_{\text{б.гр.пир } n} = & \frac{1}{2} \left(\sqrt{\left((y_{n+2} - y_n)(z_{n+3} - z_n) - (y_{n+3} - y_n)(z_{n+2} - z_n) \right)^2 + \right. \\
 & \left. + \left((z_{n+2} - z_n)(x_{n+3} - x_n) - (x_{n+2} - x_n)(z_{n+3} - z_n) \right)^2 + \right. \\
 & \left. + \left((x_{n+2} - x_n)(y_{n+3} - y_n) - (x_{n+3} - x_n)(y_{n+2} - y_n) \right)^2 + \right. \\
 & \left. \sqrt{\left((y_{n+1} - y_{n+2})(z_{n+3} - z_{n+2}) - (y_{n+3} - y_{n+2})(z_{n+1} - z_{n+2}) \right)^2 + \right. \\
 & \left. + \left((z_{n+1} - z_{n+2})(x_{n+3} - x_{n+2}) - (x_{n+1} - x_{n+2})(z_{n+3} - z_{n+2}) \right)^2 + \right. \\
 & \left. + \left((x_{n+1} - x_{n+2})(y_{n+3} - y_{n+2}) - (x_{n+3} - x_{n+2})(y_{n+1} - y_{n+2}) \right)^2 + \right. \\
 & \left. \sqrt{\left((y_{n+1} - y_n)(z_{n+3} - z_n) - (y_{n+3} - y_n)(z_{n+1} - z_n) \right)^2 + \right.
 \end{aligned} \tag{10}$$

$$+ \left((z_{n+1} - z_n)(x_{n+3} - x_n) - (x_{n+1} - x_n)(z_{n+3} - z_n) \right)^2 +$$

$$+ \left((x_{n+1} - x_n)(y_{n+3} - y_n) - (x_{n+3} - x_n)(y_{n+1} - y_n) \right)^2,$$

где n изменяется от 1 до m с шагом 2.

Фактическая площадь земельного участка складывается из суммы всех площадей боковых граней треугольных пирамид:

$$S_{zy} = \sum_{n=1}^m S_{\text{б.тр.пир.}} \tag{11}$$

Используя полученные формулы (10) и (11), можно рассчитать реальную площадь земельного участка и учесть ее в трехмерном кадастре недвижимости. И как описывалось выше, фотограмметрические данные довольно точно отображают исследуемый рельеф.

2.2 Метод пространственной четырехугольной пирамиды.

В основе четырехугольной пирамиды в трехмерном пространстве лежит произвольный пространственный четырехугольник, образованный четырьмя точками с полученными координатами A (x₁, y₁, z₁), B (x₂, y₂, z₂), C (x₃, y₃, z₃), D (x₄, y₄, z₄). Еще одна точка E (x₅, y₅, z₅) лежит вне двух плоскостей, проходящих через точки ABC и ADC, образуя условную пирамиду ABCDE, Рисунок 4.

Выкладки по расчету площадей в данном случае аналогичны расчету площади боковой поверхности треугольной пирамиды. Используя данные пяти точек, можно вычислить площади сразу четырех

пространственных треугольников. Общая фактическая площадь земельного участка будет складываться из суммы площадей всех боковых граней четырехугольных пирамид, входящих в область покрытия земельного участка. Данным методом в четыре раза сокращаются временные затраты на расчет фактической площади земельного участка в сравнении с расчетом фактической площади по трем точкам, то есть сложением площадей треугольников.

Дальнейшее увеличение используемых точек не целесообразно в связи с громоздкостью вычислений и увеличением временных затрат на расчеты и суммирование всех полученных данных.

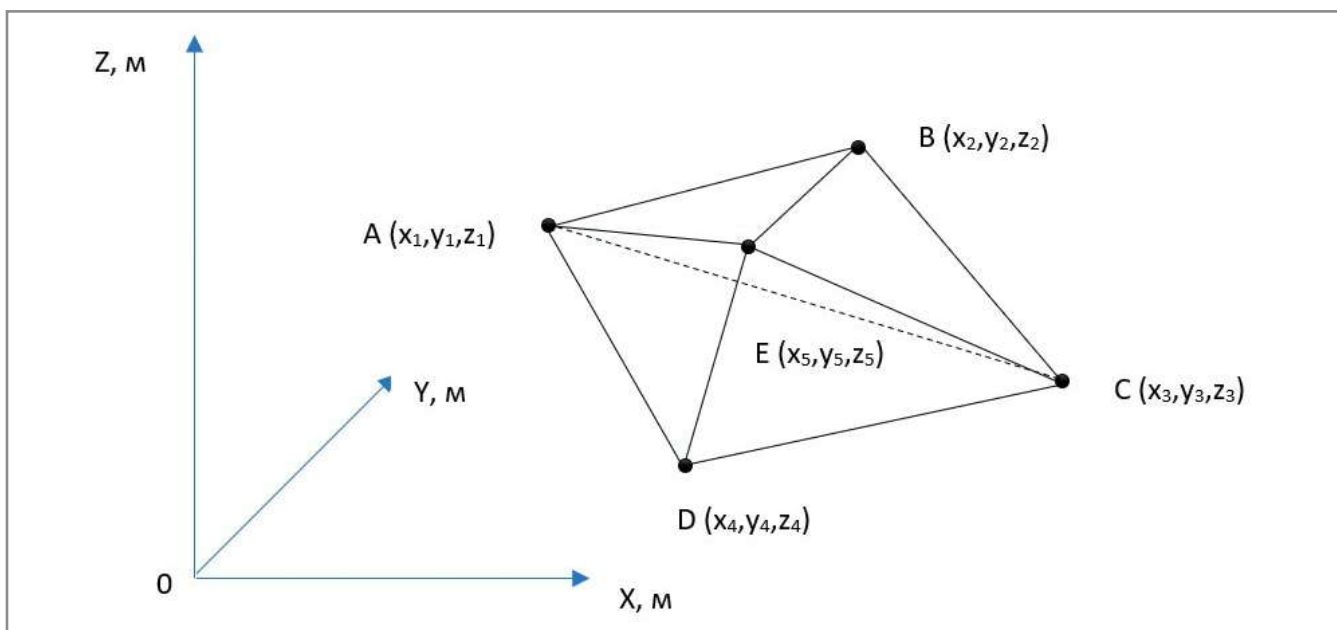


Рис. 4. Четырехугольная пирамида в трехмерном пространстве

3 Выводы

При переходе от привычного двумерного кадастра к трехмерному кадастру недвижимости понадобится вносить сведения в ЕГРН как о площади проекции земельного участка на плоскость, так и о фактической площади земельного участка. Разработаны и описаны два метода, используя которые можно

будет осуществлять расчет фактической площади земельного участка с достаточной точностью, затрачивая меньше времени: «метод пространственной треугольной пирамиды» и «метод пространственной четырехугольной пирамиды». При использовании данных методов расчет фактической площади земельных участков сокращается в три и четыре раза соответственно.

Библиография

1. Катушков В. А., Сердюков В. М. Определение площадей способом координат и трилатерации // Геодезия и картография. 1998. № 4. С. 45–49.
2. Виноградов А. В. Вычисление площадей территорий на разных эллипсоидах // Геодезия и картография. 2013. № 3. С. 12–16.
3. Виноградов А. В. Определение площади физической поверхности участка по способу итераций // ГЕО – Сибирь – 2009: сборник материалов V Международного научного конгресса Новосибирск, 2009 г. Т. 1, ч. 1. С. 117–122.
4. Самратов У. Д. Аналитический способ определения площадей землепользований // Геодезия и картография. 1981. № 9. С. 16–19.
5. Кларк К. С. Вычисление дискретных площадей топографической поверхности / К. С. Кларк. М.: ВИНТИ, 1987.
6. Бывшев В. А. Разработка высокоточного алгоритма определения площадей участков физической поверхности земли по топографогеодезической информации и GPS / А. В. Бывшев, О. Д. Пугина, С. М. Садовников // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2001. № 6. С. 37–61.
7. Каленицкий А. И., Васильева Е. Е. Методика и некоторые результаты экспресс-оценки площади участков поверхности и территорий // Геодезия и картография. 2011. № 2. С. 35–39.
8. Никитин А. В. Определение фактической площади земельных участков по пространственной геометрической модели местности // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2010. № 12. С. 103–107.
9. Никитин А. В. Определение фактической площади земельных участков // Геодезия и картография. 2005. № 1. С. 37–39.
10. Асташенков Г. Г., Стрельников Г. Е., Шипулин В. Я. Определение фактического значения площади наклонного участка местности по данным полевых измерений // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 1999. № 6. С. 16–21.

Поступила 16.09.2021. Рецензия получена 07.12.2021. Принята к публикации 20.12.2021

THEORETICAL JUSTIFICATION OF DETERMINING THE AREAS OF LAND FOR THE PURPOSES OF 3D CADASTRE

Valerii N. Torgovkin^{1*}, Mariia V. Litvinenko¹

¹Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia

* twal@mail.ru

Citation: Torgovkin VN, Litvinenko MV. Theoretical justification of determining the areas of land for the purposes of 3D cadastre. *Izvestia vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying*. Moscow. 2021;65(6): 663-672. (In Russian). DOI:10.30533/0536-101X-2021-65-6-663-672

Keywords. 3D cadastre, actual land area, analytical geometry, photogrammetry, photogrammetric data processing, digital elevation model.

Abstract. When switching to 3D cadastre in the Russian Federation for cadastral registration of both capital construction projects and land plots, certain accounting methods and amendments to existing laws and regulations will be needed. For registration in such a real estate register of a land plot, it is advisable to enter information about both the area of the projection of the land plot on the plane and the actual area of the land plot. Previously, various methods of calculating the actual area of the land plot were described: by dividing the plot into triangles and summing the areas of inclined equilateral or arbitrary triangles; by including corrections for the slope of the terrain in the formula for calculating the area; through splines and so on. Two methods have been developed, using which it will be possible to calculate the actual area of land plots with sufficient accuracy, spending less time.

References

1. Katushkov VA, Serdyukov VM. Opredelenie ploshchadei sposobom koordinat i triliteratsii [Determination of areas by the method of coordinates and trilateration]. *Geodesy and Aerophotosurveying*. 1998;4: 45-49. (In Russian)
2. Vinogradov AV. Vychislenie ploshchadei territorii na raznykh ellipsoidakh [Calculation of the areas of territories on different ellipsoids]. *Geodesy and Aerophotosurveying*. 2013;3: 12-16. (In Russian)
3. Vinogradov AV. Opredelenie ploshchadi fizicheskoi poverkhnosti uchastka po sposobu iteratsii [Determination of the area of the physical surface of the site by the method of iterations]. *GEO Siberia 2009: Collection of materials of the V International Scientific Congress*. Novosibirsk, 2009;1(1): 117-122. (In Russian)
4. Samratov UD. Analiticheskii sposob opredeleniya ploshchadei zemlepol'zovaniia [Analytical method for determining land use areas]. *Geodesy and Aerophotosurveying*. 1981;9: 16-19. (In Russian)
5. Klark KS. Vychislenie diskretnykh ploshchadei topograficheskoi poverkhnosti [Calculation of discrete areas of a topographic surface]. Moscow: VINITI, 1987. (In Russian)
6. Byvshev VA, Pugina OD, Sadovnikov SM. Razrabotka vysokotochnogo algoritma opredeleniya ploshchadei uchastkov fizicheskoi poverkhnosti zemli po topografogeodezicheskoi informatsii i GPS [Development of a high-precision algorithm for determining the areas of the physical surface of the earth using topographic and geodetic information and GPS]. *Izvestia vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying*. 2001;6: 37-61. (In Russian)
7. Kalenitskii AI, Vasil'eva EE. Metodika i nekotorye rezul'taty ekspres-otsenki ploshchadi uchastkov poverkhnosti i territorii [Methodology and some results of express assessment of the area of surface areas and territories]. *Geodesy and Aerophotosurveying*. 2011;2: 35-39. (In Russian)
8. Nikitin AV. Opredelenie fakticheskoi ploshchadi zemel'nykh uchastkov po prostranstvennoi geometricheskoi modeli mestnosti [Determination of the actual area of land plots according to the spatial geometric model of the terrain]. *Land management, cadastre and land monitoring*. 2010;12: 103-107. (In Russian)
9. Nikitin AV. Opredelenie fakticheskoi ploshchadi zemel'nykh uchastkov [Determination of the actual area of land plots]. *Geodesy and Aerophotosurveying*. 2005;1: 37-39. (In Russian)
10. Astashenkov GG, Strel'nikov GE, Shipulin VYa. Opredelenie fakticheskogo znacheniya ploshchadi naklonnogo uchastka mestnosti po dannym polevykh izmerenii [Determination of the actual value of the area of the inclined area of the terrain according to field measurements]. *Izvestia vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying*. 1999;6: 16-21. (In Russian)

Received 2021.09.16. Revised 2021.12.07. Accepted 2021.12.20