

УДК: 631:332.334:514

НЕКОТОРЫЕ СЛУЧАИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЗЕМЛЕУСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Коновалов В. Е.

Уральский государственный горный университет

Беличев А. А., Татарчук А. П., Коновалов И. В.

*Уральский государственный аграрный университет
г. Екатеринбург*

Ведение сельского хозяйства предполагает использование земель сельскохозяйственного назначения в различных условиях при наличии достоверной информации об их состоянии. В статье рассмотрено определение площадей зон с особыми условиями использования территорий и контуров несельскохозяйственных угодий, находящихся на землях сельскохозяйственного назначения, без определения координат, что существенно уменьшает затраты на определение значения площадей.

***Ключевые слова:** площадь, угодье, земли сельскохозяйственного назначения, круговая кривая, пиксель, множество, зона с особыми условиями использования территорий.*

Владимир Ефимович Коновалов – кандидат технических наук, доцент кафедры геодезии и кадастров, Уральский государственный горный университет. 620144, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30. E-mail: vek-1951@mail.ru

Алексей Анатольевич Беличев – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры землеустройства Уральского государственного аграрного университета. 620075, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. К.Либкнехта, 42. E-mail: aabel@list.ru.

Анна Петровна Татарчук – преподаватель кафедры овощеводства и плодородства им проф. Н. Ф. Коняева Уральского государственного аграрного университета. 620075, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. К.Либкнехта, 42. E-mail: brassica@inbox.ru.

Иван Вячеславович Коновалов – студент Уральского государственного аграрного университета. 620075, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. К.Либкнехта, 42. E-mail: Ivan.konovalov144@gmail.com

SOME CASES OF AREA DETERMINATION DURING LAND SURVEYING

Agriculture management suggests land usage in different conditions in the presence of reliable information about their condition. This article considers to area squares determination in zones with special conditions of land usage without coordinates determination which significantly reduces costs for determining the value of areas.

Keywords: *area, land, agricultural lands, circular curve, pixel, multiplicity, zone with special conditions for the use of territories*

Vladimir Konovalov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Geodesy and Cadastre, Ural State Mining University. 620144, Russian Federation, Yekaterinburg, Kuybysheva str., 30. E-mail: vek-1951@mail.ru

Aleksey Belichev – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Land Management, Ural State Agrarian University. 620075, Russian Federation, Yekaterinburg, Karla Libkhneta str., 42. E-mail: aabel@list.ru.

Anna Tatarchuk – Senior Lecturer of the Department of Vegetable and Fruit Growing named after prof. N. F. Konyaeva, Ural State Agrarian University. 620075, Russian Federation, Yekaterinburg, Karla Libkhneta str., 42. E-mail: brassica@inbox.ru.

Ivan Konovalov – student, Ural State Agrarian University. 620075, Russian Federation, Yekaterinburg, Karla Libkhneta str., 42. E-mail: Ivan.konovalov144@gmail.com

Для цитирования

Коновалов В. Е., Беличев А. А., Татарчук А. П. и др. Некоторые случаи определения площадей при проведении землеустроительных работ // Аграрное образование и наука. 2023. № 2. С. 2.

Введение

Земельные ресурсы активно используются в народном хозяйстве, в первую очередь, в сельскохозяйственном производстве. В настоящее время вопросам сельского хозяйства, связанным с продовольственной безопасностью России, уделяется много внимания, в частности, качественному состоянию земель сельскохозяйственного назначения. Тенденция к деградации земель сельскохозяйственного назначения сохраняется, поэтому информация о закустаренных, заболоченных, затопленных и других земельных участках (угодьях), выявленных при инвентаризации таких земель, остается актуальной. Кроме этого, в связи с увеличением объемов строительства транспортных магистралей, повышением их категоричности, использованием земель сельскохозяйственного назначения для других видов промышленного производства, энергетики и т.п. при организации сельскохозяйственного производства необходимо учитывать площади зон с особыми условиями использования территорий, а именно, санитарно-защитных зон, охраняемых зон, придорожных полос и др. В этом случае с целью сокращения затрат и увеличения эффективности получения информации о площадях зон с особыми условиями использования территорий и контурах несельскохозяйственных угодий различного вида актуально рассмотреть вопросы новых методов определения таких площадей.

В настоящее время термин «площадь» используется в двух значениях: градостроительном, как открытое, незастроенное место в городе, пространство, входящее в систему пространства населённых пунктов, предназначенное для какой-либо цели (торговое, размещения памятников, проведения праздничных мероприятий и т.п.), или как мера величины геометрической фигуры на плоскости или поверхности, имеющей замкнутые границы.

В дальнейшем в качестве такой геометрической фигуры будет рассматриваться часть земной поверхности, имеющая замкнутые границы, описанные в соответствующем порядке – контур земельного угодья, земельный участок или зона с особыми условиями использования территории.

Площадь имеет следующие свойства:

1. положительность (число, получившееся в результате измерения площади не должно быть равно отрицательному числу);
2. нормировку (площадь измеряется в определенных единицах измерения);
3. равные фигуры имеют равную площадь;
4. площадь объединения двух фигур без общих внутренних точек равна сумме площадей.

В простейшем случае, когда фигуру можно разбить на конечное множество квадратов, со стороной, равной одной единице измерения площади, площадь равна числу квадратов.

В зависимости от хозяйственной значимости угодий земельных участков, наличия планово-топографического материала, топографических условий местности и требуемой точности применяют различные способы определения площадей.

1. Аналитический, когда площадь вычисляется по результатам измерений линий на местности, по результатам измерений линий и углов на

местности или по их функциям (координатам характерных точек границ земельных участков [Поклад, Гриднев 2007]).

2. Графический, когда площадь вычисляется по результатам измерений линий на плане (карте). Например, участок на плане разбивают на простые геометрические фигуры (обычно – треугольники), элементы которых измеряют с помощью измерителя и поперечного масштаба, а площади вычисляют по известным формулам и суммируют.

3. Механический, когда площадь определяется по плану с помощью специальных приборов (планиметров) или приспособлений (палеток).

Иногда эти способы применяют комбинированно, например, часть линейных величин для вычисления площади определяют по плану, а часть берут из результатов измерений на местности.

Площади можно также определить на ЭВМ по цифровой модели местности по специальной программе.

Во всех случаях под площадью подразумевается площадь геометрической фигуры, образованной проекцией границ земельного участка на горизонтальную плоскость¹ на территории не более 40 тыс. га.

Методы исследования

В работе применен системный подход, в котором использованы абстрактно-логический, графический и аналитический методы. Работа основывается на результатах полевых наблюдений и анализа большого количества документов, картографического материала, данных дистанционного зондирования Земли.

Результаты и обсуждение

Способ аналитический. Метод, требующий либо подготовленной плано-картографической основы, если используется картометрический метод определения координат, либо соответствующих затрат на определение

¹ Федеральный закон от 13.07.2015 № 218-ФЗ (ред. от 28.12.2022) «О государственной регистрации недвижимости» (с изм. и доп., вступ. в силу с 11.01.2023)

координат точек на местности. В любом случае границы участков должны быть определены, а во втором случае и установлены на местности. Картографической основой в настоящее время может выступать Единая электронная картографическая основа (ЕЭКО)². Новый ресурс позволяет предоставлять пользователям актуальную государственную мультимасштабную карту и ортофотопокрытие (фотографические планы местности с точной привязкой к заданной системе координат), а также заменить зарубежные картографические подложки.

Таковыми же возможностями обладает Публичная кадастровая карта (ПКК). Согласно закону, ПКК представляет собой тематическую карту, картографической подложкой которой является единая электронная картографическая основа, создаваемая в соответствии с законодательством о геодезии и картографии³.

Определение площади участка, выделенного на картографическом материале, возможно с помощью специальных программ, например, Mapinfo, а по материалам выполненных натурных геодезических или спутниковых измерений – программ CREDO или Полигон.

Но в практике возникают случаи, когда необходимо и возможно определить *только* площади без использования координат точек. Такими объектами могут быть зоны с особыми условиями территорий или угодья.

Рассмотрим по отдельности определение площадей в этих случаях.

Классическое математическое определение площади [Математика в понятиях, определениях и терминах. Ч.2 1982] предполагает вычисление площади при помощи обычных определенных интегралов, в том числе в полярной системе координат. В этом случае площадь P сектора АОВ,

² Приказ Росреестра от 05.04.2022 № П/0122 «Об утверждении требований к составу сведений единой электронной картографической основы и требований к периодичности их обновления».

³<https://www.admbal.ru/news/publicnaya-kadastrovaya-karta-poluchila-gosudarstvennuyu-elektronnuyu-kartograficheskuyu-podlozhku/> © ADMBAL.R

ограниченного дугой АВ некоторой кривой, заданной полярным уравнением $\rho = \rho(\varphi)$, и двумя радиус-векторами ОА и ОВ (рис. 1) даётся формулой

$$P = \frac{1}{2} \int_{\alpha}^{\beta} \rho^2 d\varphi = \frac{1}{2} \int_{\alpha}^{\beta} [\rho(\varphi)]^2 dx \quad (1)$$

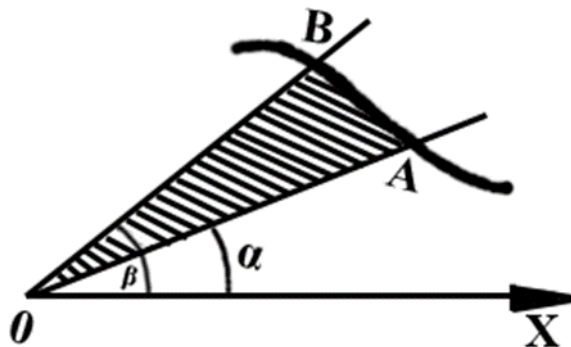


Рисунок 1. – Площадь сектора АОВ, ограниченного дугой АВ некоторой кривой и двумя радиус векторами ОА и ОВ

Если кривая является частью окружности с радиусом R, тогда площадь сектора P с центральным углом α определяется формулой:

$$P = (\pi R^2 \cdot \alpha) / 360. \quad (2)$$

Таким сектором может быть, например, сектор, образованной круговой кривой железной или автомобильной дороги [Поклад, Гриднев 2007] (рис. 2). Основные элементы кривой - её радиус R и угол поворота α .

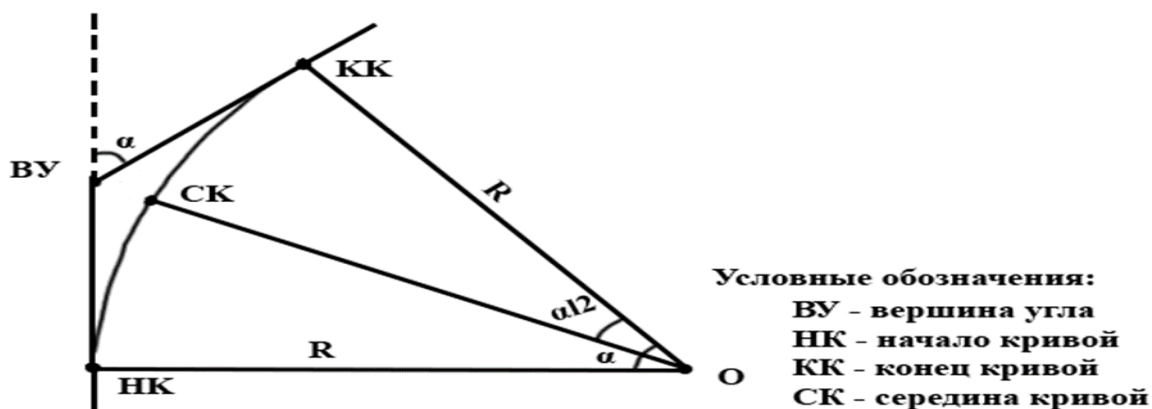


Рисунок 2. - Схема круговой кривой

Это позволяет определить площадь охранной зоны железной дороги или придорожной полосы автомобильной дороги, учитывая их полосу отвода, следующим образом (рис. 3).

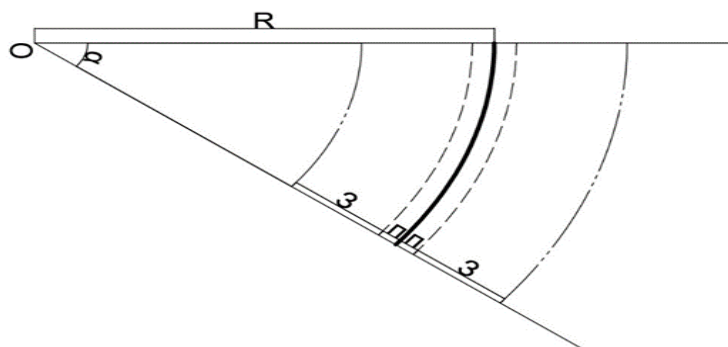


Рисунок 3. – Схема расчета площади зоны с особыми условиями использования территории (охранной зоны железной дороги или придорожной полосы автомобильной дороги): З - размер охранной зоны (придорожной полосы), П - полоса отвода дороги

Размер охранной зоны (придорожной полосы) З также, как и полосы отвода дороги П вдоль круговой кривой сохраняется. Обозначим расстояние от центра круговой кривой О до круговой кривой R, до границы полосы отвода дороги – $R_{П}$, а до границы зоны – $R_{З}$. Тогда площадь, занимаемая внутренней зоной $S_{внутр}$ может быть выражена формулой

$$S_{внутр} = S_{R_{ПВну}} - S_{R_{ЗВну}} = \pi\alpha [(R_{ПВну})^2 - (R_{ЗВну})^2]/360,$$

где $R_{ПВну} = R - П$, $R_{ЗВну} = (R - П) - З$,

а площадь, занимаемая внешней зоной $S_{внешн}$ может быть выражена формулой

$$S_{внешн} = S_{R_{ЗВне}} - S_{R_{ПВне}} = \pi\alpha [(R_{ЗВне})^2 - (R_{ПВне})^2]/360,$$

Где $R_{ЗВне} = (R + П) + З$, $R_{ПВне} = R + П$.

Тогда $S_{Общ} = S_{внутр} + S_{внешн}$.

Раскрывая скобки и приведя подобные члены, получим

$$S_{Общ} = \pi\alpha \square 4RЗ/360.$$

Способ механический. Пусть на плоскости образована фигура P , представляющая собой ограниченную замкнутую область, границей которой является замкнутая кривая, например, контур угодья. Согласно теоретико-множественных представлений примем (A) – множество многоугольников, целиком содержащихся в P , а (B) – множество многоугольников, целиком содержащих P (рис. 4), A и B – соответственно их площади, тогда выполняется неравенство $A \leq B$ [Математика в понятиях, определениях и терминах. Ч.2 1982; Бодряков, Быков 2019]. Если размеры многоугольников неограниченно уменьшать, то обе границы совпадают и тогда общее их значение называется площадью плоской фигуры P , т.е. площадью угодья.

Рассмотрим решение задачи с использованием ЭВМ.

Выразим (представим) многоугольники (A) и (B) в виде совокупности квадратов (пикселей на экране монитора), имеющих смежных границы, но не имеющих общих внутренних точек (областей), с общей границей-ломаной, вписанных в фигуру P и описанных около нее (рис. 5). Размер стороны квадрата (размер пикселя) задается. При этом, вблизи границы фигуры P у многоугольников учитываются только те квадраты (пиксели), стороны которых не пересекают кривую (границу фигуры P), т.е. контура угодья. Обозначим

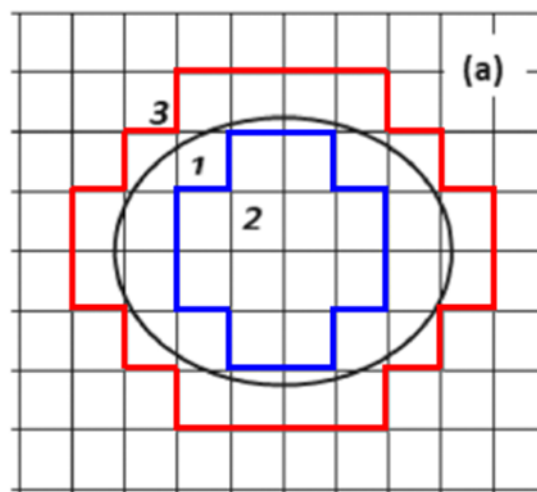
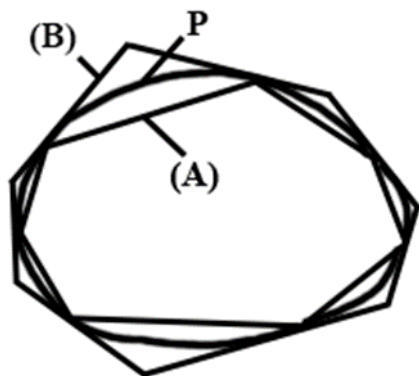


Рисунок 4. – Схема размещения множества многоугольников, целиком содержащихся в фигуре Р – (А) и содержащих фигуру Р – (В)

Рисунок 5. - Схема пиксельной оценки меры плоского множества Р, кривая 1 — граница Р; ломаная 2 — граница максимального вписанного многоугольника (А); ломаная 3 — граница минимального описанного многоугольника (В)

оценку площади целочисленных многоугольников следующим образом: внешнего – $S_{\text{внешн}}$, а внутреннего – $S_{\text{внутр}}$. Тогда принимая в качестве оценки среднее значение $S_{\text{ср}} = (S_{\text{внешн}} + S_{\text{внутр}})/2$, а «погрешность» $\delta S_{\text{ср}} = (S_{\text{внешн}} - S_{\text{внутр}})/2$, запишем в «физической» нотации $S_{\text{ср}} \pm \delta S_{\text{ср}}$.

Повысить точность определения площади можно уменьшением размера пикселя, например, если уменьшим размер пикселя вдвое, то исходный пиксель дробится (квартуется) на четыре равных пикселя и так далее. При этом необходимо учитывать, что приостановление осуществления государственного кадастрового учета земельного участка, выделяемого в счет доли или долей в праве общей собственности на земельный участок из земель сельскохозяйственного назначения, отличается от площади такого земельного участка, указанной в соответствующем утвержденном проекте межевания земельного участка или земельных участков, более чем на десять процентов (10%). Поэтому, если эту величину принять за предельную погрешность определения площади ($\Delta_{\text{пред}}$), то тогда средняя квадратическая погрешность будет равна $\delta S_{\text{ср}} = (\Delta_{\text{пред}})/3$ [Поклад, Гриднев 2007]. Тогда критерием определения $S_{\text{ср}}$ площади фигуры Р, т.е. площади угодья, можно считать значение $\delta S_{\text{ср}} = \pm 3\%$. Для решения этой задачи на ЭВМ необходимо иметь границы контура угодий и масштаб, т.е. размер стороны квадрата (пикселя) на местности.

Этот способ можно применить практически в полевых условиях, если для территории, предназначенной для обследования, применить метод дистанционного зондирования Земли, где залет выполняется беспилотным летательным аппаратом, например, квадрокоптером, позволяющим охватить

с высоты около 500 метров территорию в размере квадратного километра с разрешением примерно 30 см. Полученный обработанный аэрофотоснимок сканируется и на нем выделяются контуры угодья, площадь которого нам необходимо определить. Масштаб определяется с помощью измерения хорошо распознаваемой на местности линии (отрезка) и его изображения на снимке. Далее выполняется электронный подсчет пикселей внешнего и внутреннего многоугольников и определяется среднее значение площади угодья и его средняя квадратическая погрешность.

Во всех рассмотренных случаях определяется площадь участка местности, полученная на горизонтальной плоскости. Но в практике землеустроительных работ необходимо учитывать и рельеф местности, т.е. определить непосредственно физическую площадь участка местности на земной поверхности (рис. 6) [Маслов, Горохов, Ктиторов и др 1976].

Площадь физической (топографической) поверхности земельного участка $ABCD = P_{\phi}$ (рис. 6) всегда больше её горизонтального проложения $(AbcD) = P$ и зависит от угла наклона рельефа ν , т. е.

$$P_{\phi} = P / \cos \nu$$

и увеличивается с увеличением уклона.

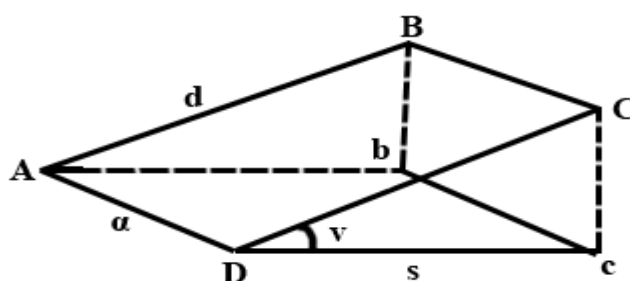


Рисунок 6. – Соотношение физической (топографической) поверхности земельного участка (ABCD) и ее проекции на горизонтальную плоскость (AbcD)

При малых углах наклона рельефа v можно заменить уклоном i , полагая, что

$$\sin v \approx \operatorname{tg} v \approx i \text{ и } P_{\phi} \approx P,$$

тогда после несложных преобразований получим

$$P_{\phi} \approx P + P \frac{i^2}{2}.$$

Эта формула справедлива для площадей участков любой формы и для суммы площадей участков с одинаковым уклоном.

Выводы

Проведенные исследования позволяют распространить их результаты в существующей практике проведения инвентаризации земель сельскохозяйственного назначения при составлении экспликации земель, а также при организации сельскохозяйственного производства в зонах с особым режимом использования земель.

Заключение

Использование земель сельскохозяйственного назначения в сельскохозяйственном производстве зависит от их качества и возможности их полноценного использования в соответствии с режимом, накладываемым на земли сельскохозяйственного назначения устанавливаемыми зонами с особыми условиями использования территорий, например, охранными зонами железных дорог, придорожными полосами автомобильных дорог или зонами иного вида.

Предложенные методы ускоренного определения площадей, занимаемых контурами несельскохозяйственных угодий и зонами определенного вида, позволяет своевременно принимать решения и корректировать способы наиболее рационального ведения сельскохозяйственных работ в таких условиях.

Список литературы:

Бодряков В. Ю., А. А. Быков А. А. Улучшаемые пиксельные оценки мер плоских множеств как методический подход к введению понятия «площадь фигуры» в курсе геометрии. Часть 1 // Матем. обр., 2019, выпуск 4. С. 17–29.

Маслов А. В., Горохов Г. И., Ктиторов Э. М. и др. Геодезические работы при землеустройстве. М.: «Недра», 1976. 256 с.

Математика в понятиях, определениях и терминах. Ч.2 / под ред. Л.В. Сабина. М.: Просвещение, 1982. 351 стр.

Поклад Г.Г., Гриднев С. П. Геодезия: учебное пособие для вузов. М.: Академический Проект, 2007. 592 стр.

Рецензент: Гусев А. С., Уральский государственный аграрный университет, г. Екатеринбург