

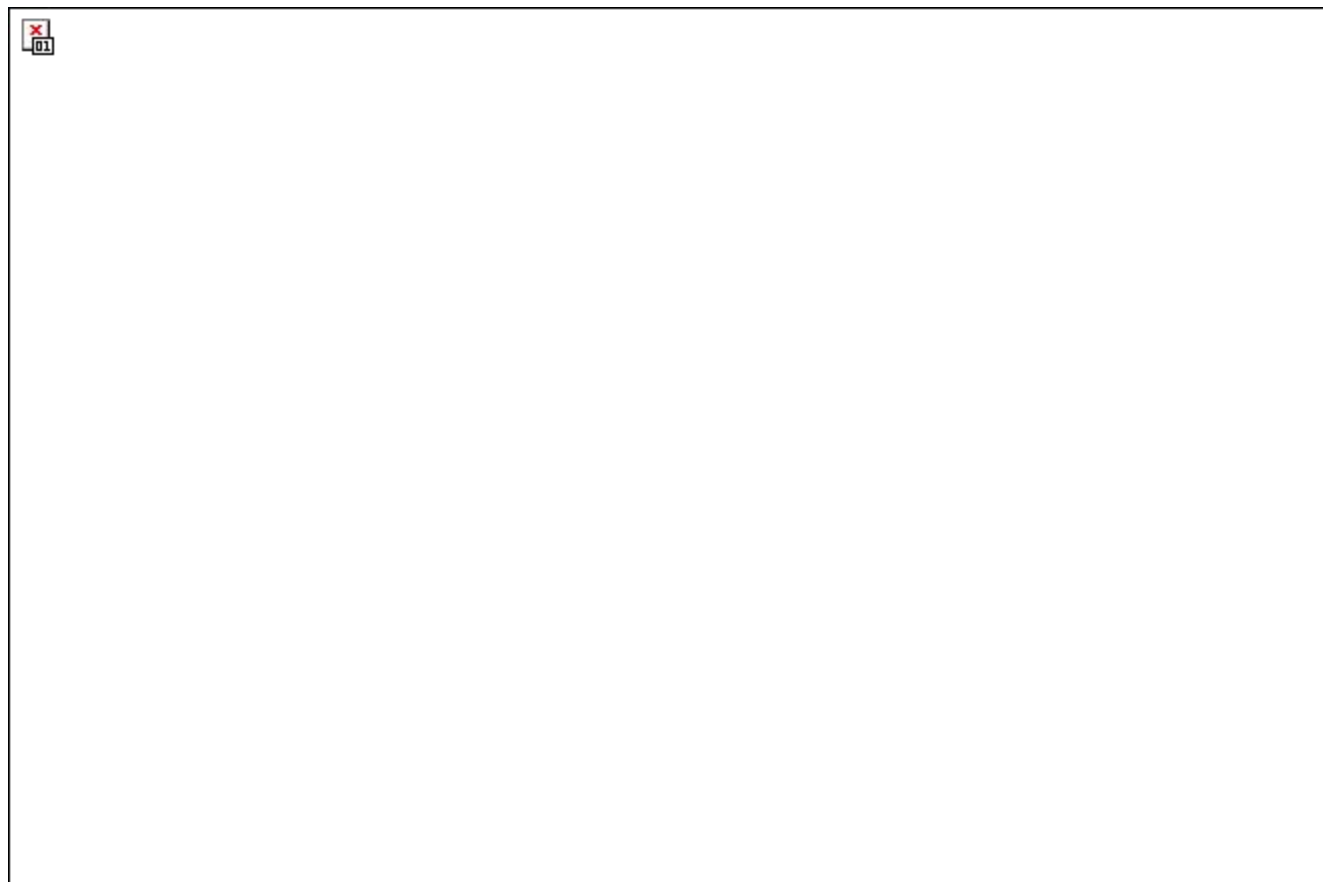
Нахождение точки пересечения двух линий по углам и двум известным точкам (биангуляция)

Немного простейшей геометрии для решения задачи биангуляции. Применение в орнитологии.

[Обсудить в форуме](#) Комментариев — 11

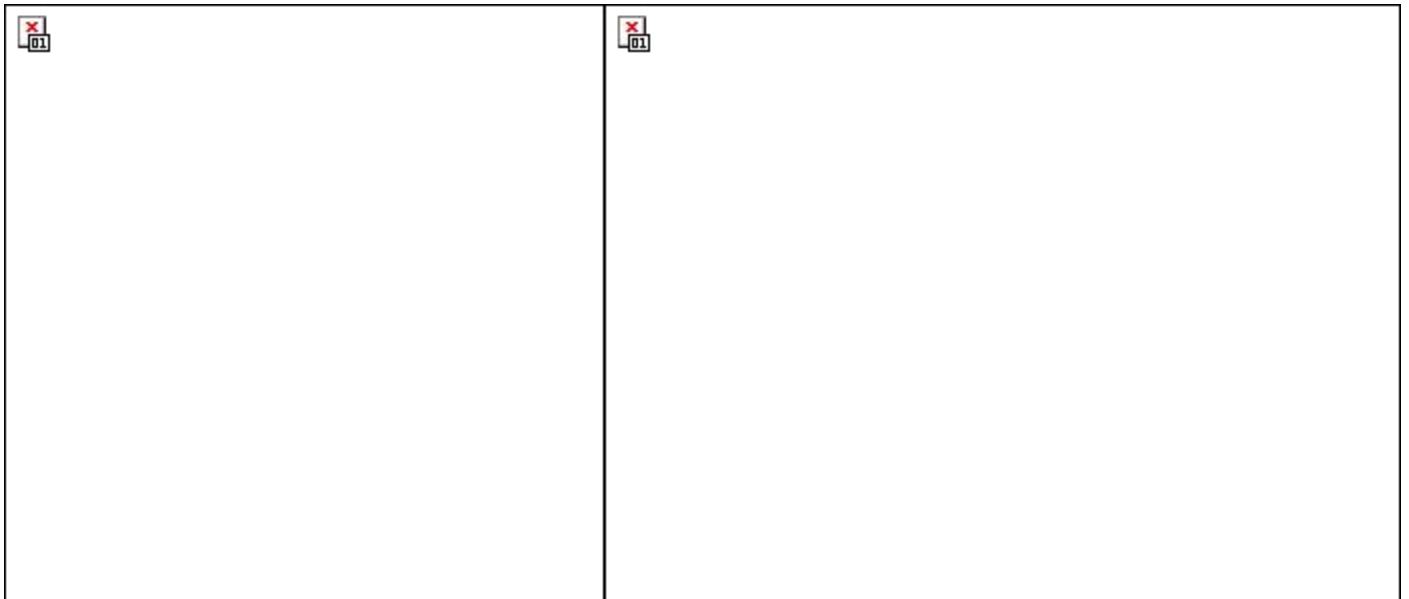
Задача

Найти точку пересечения двух прямых отложенных от двух точек с известными координатами и азимутов от этих точек.



Применение

Для изучения поведения животных часто используют радиотелеметрический метод: исследуемый объект помечается радиопередатчиком, который испускает радиосигнал определенной частоты и далее исследователь при помощи приемника и принимающей антенны следит за перемещениями этого объекта. Одним из возможных способов определения точного местоположения объекта является метод биангуляции. Для этого исследователю требуется взять 2 азимута на исследуемый объект с точек с известными координатами. Местоположение объекта будет соответствовать точке пересечения этих двух азимутов. Координаты точек, с которых засекаются азимуты можно снять с помощью спутникового навигатора (GPS), либо азимуты снимаются с реперных точек, координаты которых известны заранее. Азимут в этом случае — направление на источник наиболее сильного сигнала, исходящего от меченного передатчиком объекта, измеряемое обычно в градусах.



Перед расчетами необходимо точки полученные с помощью GPS перевести в спроецированную систему координат, например соответствующую зону UTM, это можно сделать с помощью [DNRGarmin](#).

Для того чтобы рассчитанное местоположение исследуемого объекта наиболее точно соответствовало реальному положению нужно учитывать следующее:

- 1) необходимо стараться дождаться момента, чтобы ошибка определения координат в навигаторе была как можно меньше.
- 2) чтобы угол между азимутами стремился к 90 градусам (по крайней мере, был больше 30 и меньше 150 градусов).

Расстояние, с которого следует снимать азимут, зависит от дальности действия передатчика, при этом применяется эмпирическое правило, что погрешность в определении азимута увеличивается на 1 метр с удалением от исследуемого объекта на каждые 10 м. Т.о. при снятии азимута с расстоянием до объекта 100 м погрешность составит 10 м. Однако, это правило применимо на ровной открытой местности. Следует учитывать, что неровности рельефа и древесно-кустарниковая растительность экранируют и отражают сигнал. Следует избегать нахождения в непосредственной близости от исследуемого объекта, т.к. во-первых, слишком сильный сигнал затруднит определение точного азимута, а, во-вторых, в некоторых случаях будет невозможно рассчитать точку пересечения из-за того, что второй азимут будет проходить за точкой снятия первого азимута. Временной интервал между снятием пары азимутов должен быть минимизирован, но, конечно, зависит от подвижности исследуемого животного.

Решение

Задача решается с помощью простейшей геометрии и решения системы уравнений. Для начала из точки и азимута получаем уравнение прямой, для этого:

Из уравнения общего вида:

$$ax + by + c = 0$$

при условии, что $b > 0$ получаем

$$y = kx + d, \text{ где } k = -(a/b), d = -(c/b)$$

таким образом, получаем

$$k = \tan(\alpha)$$

$$d = y - \tan(\alpha) * x$$

$$b = 1$$

Далее решив систему уравнений:

$$k_1x + d_1 = y$$

$$k_2x + d_2 = y$$

Получаем координаты X и Y общей точки двух прямых (точки пересечения).

В уравнении необходимо предусмотреть два особых случая, когда прямые параллельны ($k_1=k_2$).

Так как мы имеем дело не с векторами и не с лучами, то есть у линий нет начала и конца, то так же необходимо предусмотреть случай пересечения прямых вне области интереса, т.н. ложное пересечение. Решение этой задачи достигается измерением азимута из ложной точки a_3 на точку 2, если азимут $a_3 = a_2$, то пересечение ложное, обратный азимут от полученной точки обратно на исходные 2 не должен быть равен одному из исходных азимутов.



Необходимая процедура на языке Avenue выглядит так:

```
a1rad = (90-a1)*pi/180
a2rad = (90-a2)*pi/180
'в случае если линия параллельна оси абсцисс
if ((a1 = 0) or (a1 = 180)) then
    l1a = 1
    l1b = 0
    l1c = x1
else
    l1a = -(a1rad.tan)
    l1b = 1
    l1c = y1 - (a1rad.tan*x1)
```

```

end
if ((a2 = 0) or (a2 = 180)) then
  l2a = 1
  l2b = 0
  l2c = x2
else
  l2a = -(a2rad.tan)
  l2b = 1
  l2c = y2 - (a2rad.tan*x2)
end
D1 = l1a*l2b
D2 = l2a*l1b
D3 = D1 - D2
'Если линии параллельны, в поле результата записываются несуществующие значения
if (D3 = 0) then
  resX = 9999
  resY = 9999
else
  resX = ((l1c*l2b) - (l2c*l1b))/D3
  resY = ((l1a*l2c) - (l2a*l1c))/D3
end

```

Здесь находится [расширение для Arcview GIS](#) для расчета точек пересечения двух прямых, включая проверку ложных пересечений.

В качестве исходных данных для работы используется точечная тема Arcview (в формате shape или заданная как **Event theme** таблица). Тема должна быть выделена (активна). Пары исходных координат (засечек) в таблице должны располагаться друг за другом.

Названия полей должны быть следующими:

X - долгота

Y - широта

Bear - азимут (угол от оси Y по часовой стрелке)

(скрипт легко модифицируется если у вас другие названия полей).

В названиях полей не должно содержаться символа #. Такие поля следует переименовать. Покрывает Arcinfo некоторые поля которых как правило содержат такой символ нужно сконвертировать в shape-файл и также переименовать поля, убрав #.

Результатом работы скрипта является shape-файл в атрибутивной таблице которого будут находиться расчетные координаты точки пересечения для каждой пары засечек. Полей в исходной таблице может быть больше чем 3 (x, y, bear), дополнительные поля перенесутся в результирующую тему. Они будут заполняться значениями из первой точки пары из исходной таблицы.

Ссылки по теме

- [Уравнение прямой](#)
- [Решение линейных систем уравнений \(систем уравнений 1-й степени\) с двумя неизвестными](#)
- [Вычисление радиуса окружности ошибки для оценки точности GPS-измерений](#)
- [Усреднение данных о перемещении с учетом ошибки локации](#)
- [Построение минимального конвексного полигона с учетом ошибки локации](#)

Последнее обновление: March 21 2012

Дата создания: 04.07.2006

Автор(ы): [Максим Дубинин](#)