

Условия алгебраического тестирования функций со свойствами метрики

А.Г.Пискунов

4 апреля 2025 г.

В процессе тестирования приложения, созданного в рамках диплома [1, стр.68], были написаны и применены несколько различных алгоритмов подсчета площади многоугольника на эллипсоиде. В частности, один – при помощи триангуляции Делоне и подсчета площади треугольника на эллипсоиде ([2]) и еще два известных способа (взятых из библиотеки языка питон и форума GeoGis.Info см.[3]) для непосредственного подсчета площади по сферическому избытку. В результате их применения оказалось, что вычисления при помощи двух последних способов приводили к существенно ошибочным результатам на маленьких полигонах. Иногда результат вычислений оказывался даже отрицательным. Таким образом эти две функции вещественного аргумента являются хорошим поводом для поиска и устранения проблем, возникающих при использовании чисел с плавающей точкой. Общего ознакомление с тематикой можно получить из монографии [4]. Далее, в обоих алгоритмах непосредственного вычисления площади существенно используется функция решения обратной геодезической задачи. Такая функция по двум заданным точкам на эллипсоиде находит минимальное расстояние между ними и начальный азимут. То есть, перед работой над функцией вычисления площади необходимо разработать и протестировать функции для решения основных геодезических задач. Естественно, последние функции должны удовлетворять четырем условиям метрики. Поэтому, для отладки в качестве условий алгебраического тестирования (см.[5, 6]), нужно использовать аксиомы расстояния. А именно, условия аксиом тождества, положительности, симметричности и треугольника. Для формализации требований к разработчикам дымовых тестов в работе используется язык формальных спецификаций RSL – RAISE specification language и соответствующая утилита проверки синтаксиса (см.[7, 8, 9]). Итак, введем сигнатуры функций для решения прямой и обратной геодезической задач (geoA.rsl, см.[10, Разработка функций для решения геодезических задач через тестирование]):

Listing 1: Сигнатуры функций

```
geoBase
scheme geoA = extend geoBase with class
  value
    — direct task
    dirGeoT : Latitude × Longitude × Meter × Radian
              → Latitude × Longitude × Radian
    — inverse task
    ,invGeoT : Latitude × Longitude × Latitude × Longitude
              → Meter × Radian × Radian
    — inverse azimuth
    , invAzi : Radian → Radian
end
```

Теперь, для разработки дымовых тестов можно переформулировать аксиомы метрики следующим образом:

- Аксиома тождества применительно к разрабатываемым функциям (файл identity.rsl):

Listing 2: Условия аксиомы тождества

```
geoA
scheme identity = extend geoA with class
  axiom
    [identity_dirGT]
      ∀ B: Latitude , L:Longitude , A:Radian •
        (B, L, invAzi(A)) = dirGeoT(B, L, 0.0, A)
    , [identity_invGT]
```

```

    ∀ B: Latitude , L:Longitude •
      let (S, A, AI) = invGeoT (B, L, B, L)
        in S = 0.0 end
  end

```

В аксиоме *identity_dirGT* функция *invAzi* просто определяет обратный азимут к исходному. Хотя не было перемещения по эллипсоиду, но это может иметь смысл.

- Аксиома положительности (файл positivity.rsl):

Listing 3: Условия аксиомы положительности

```

geoA
scheme positivity = extend geoA with class
  axiom
    [positivity_dirGT]
      ∀ B: Latitude , L:Longitude , S: Meter , A:Radian •
        S > 0.0 ⇒
          let (B1, L1, AI) = dirGeoT(B, L, S, A)
            in (B1, L1) ≠ (B,L) end
    ,[positivity_invGT]
      ∀ B,B1: Latitude , L,L1: Longitude •
        (B, L) ≠ (B1, L1) ⇒
          let (S, A, AI) = invGeoT (B, L, B1, L1)
            in S > 0.0 end
  end

```

.

- Аксиома симметричности (файл symmetry.rsl):

Listing 4: Условия аксиомы симметричности

```

geoA
scheme symmetry = extend geoA with class
  axiom
    [symmetry_dirGT]
      ∀ B: Latitude , L:Longitude , S: Meter , A:Radian •
        let (B1, L1, AI) = dirGeoT(B, L, S, A)
          in (B, L, A) = dirGeoT(B1, L1, S, AI) end
    ,[symmetry_invGT]
      ∀ B,B1: Latitude , L,L1:Longitude •
        let (S, A, AI) = invGeoT (B, L, B1, L1)
          in (S, AI, A) = invGeoT (B1, L1, B, L) end
  end

```

. В этих аксиомах, по сравнению с исходной аксиомой симметричности дополнительно вводятся ограничения на прямой *A* и обратный *AI* азимуты .

- Аксиома треугольника (файл triangle.rsl):

Listing 5: Условия аксиомы треугольника

```

geoA
scheme triangle = extend geoA with class
  axiom
    [triangle_dirGT]
       $\forall$  B: Latitude , L:Longitude , S,S1:Meter , A, A1:Radian •
        let (B1, L1, AI) = dirGeoT (B, L, S, A) in
          let (B2, L2, A2I) = dirGeoT (B1, L1, S1, A1) in
            let (S2, A2, A2I) = invGeoT (B, L, B2, L2)
              in  $S + S1 \geq S2$  end
            end
          end
        end
    , [triangle_invGT]
       $\forall$  B,B1,B2: Latitude , L,L1,L2:Longitude •
        let (S, A, AI) = invGeoT (B, L, B1, L1)
          , (S1, A1, A1I) = invGeoT (B1, L1, B2, L2)
          , (S2, A2, A2I) = invGeoT (B2, L2, B, L)
          in  $S + S1 \geq S2$  end
  end
end

```

Таким образом:

- аксиомы метрики позволяют легко формулировать условия для алгебраического тестирования указанных функций;
- синтаксис языка RSL достаточно удобен для этих целей.

Список литературы

- [1] Сіренко А.Г. Оцінка розміру області антропогенної діяльності за даними повітряного спостереження. / дип. бакалавра // Киев: НАУ, ФКНТ, КАФЕДРА ПМ. Київ, 2024. 77 с. URL: <https://drive.google.com/file/d/10u4-qhKpAYsUKtUwCwzNsFLepyIxu9Yw/view> (дата звернення: 04.04.2025). 2
- [2] Piskunov A.G. Языки формальных спецификаций и документирование методов класса / А.Г.Пискунов, А.Г.Сиренко//, 2024. Интернет ресурс: <https://www.researchgate.net/publication/380694143>. 2
- [3] Белов И.Б. Вычисление площади полигона на сфере и на эллипсоиде, 2014. GisLabInfo: URL: <https://gis-lab.info/qa/polygon-area-sphere-ellipsoid.html> (дата обращения: 04.04.2025). 2
- [4] Cody W. Software manual for the elementary functions/ W.Cody, W.Waite//. Prentice-Hall, 1980. , <https://pdfcoffee.com/software-manual-for-the-elementary-functions-comp-sci-w-cody-w-waite-prentice-hall.html>. 2
- [5] Piskunov A.G. Алгебраическое проектирование и тестирование ПО / А.Г.Пискунов, Н.П.Тупко, И.А.Петренко //, 2024. Интернет ресурс: <https://www.researchgate.net/publication/377625032>. 2

- [6] Haxthausen A.E. Lecture Notes on The RAISE Development Method, 1999. <http://www2.imm.dtu.dk/courses/02263/E20/Files/methodnotes99.pdf>. 2
- [7] Кузьменкова Е.А. Формальная спецификация программ на языке rsl / Е.А.Кузьменкова, А.К.Петренко//, 2000. <http://www.sp.cs.msu.ru/courses/progs2001/special/formspec01.pdf>. 2
- [8] George C. Introduction to RAISE, 2002. http://www.sel.unsl.edu.ar/ApuntesMaes/Anteriores/RAISE/Apunte_ChrisGeorge/report249.pdf. 2
- [9] George C. RAISE Tool User Guide, 2008. <https://raisetools.github.io/material/documentation/ug.pdf>. 2
- [10] Piskunov A.G. NUnit и некоторые вопросы модульного тестирования / А.Г.Пискунов // , 2023. Интернет ресурс: <https://www.researchgate.net/publication/374422606>. 2