

Лекция 1

Объектная модель картографической основы.

1. Геометрические примитивы

Классификация геометрических примитивов

показана на рис. 1.

Рассмотрим некоторые объекты, принадлежащие к линиям.

Объект Line (отрезок) определяется следующими свойствами (рис. 7.6):

- начальной (X_0, Y_0) и конечной (X_1, Y_1) точками;



Рис. 1 Типы геометрических примитивов

- приращениями координат по координатным осям dX, dY ;
- углом наклона α к оси OX ;
- длиной отрезка;
- цветом отрезка;
- принадлежностью к слою;
- типом линии, изображающей отрезок;
- коэффициентом масштабирования линии;
- толщиной линии при печати;
- гиперссылкой.

Тип линии определяет визуальную форму представления отрезка. AutoCad включает библиотеку типов линий и средства для создания новых. Коэффициент масштабирования линии связан с типом линии и позволяет изменить пропорции представления – например, удлинить или укоротить длину штрихов штриховой линии

Свойства объекта на программном уровне могут быть получены с помощью операторов языка AutoLisp. Выражение

`(entget (car (entsel)))`

позволяет получить список свойств объекта путем указания его на изображении. Функция `entsel` возвращает список из двух элементов: первый есть имя выбранного (например, указанием курсором мыши) примитива, второй –

координаты точки, использованной для выбора примитива. Функция `car` выбирает первый элемент этого списка, в данном случае имя примитива. Функция `entget` возвращает список свойств примитива в виде ассоциативного списка. Пример списка :

```
((-1 . <Entity name: 40070cd8>)
```

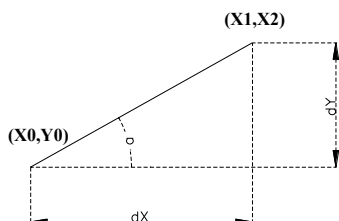


Рис. 2. Визуальные свойства отрезка

```
(0 . "LINE")
(330 . <Entity name: 4006ecf8>)
(5 . "2AB")
(100 . "AcDbEntity")
(67 . 0)
(410 . "Model")
(8 . "Линии")
(100 . "AcDbLine")
(10 5994.25 -202.961 0.0)
(11 6661.75 170.19 0.0)
(210 0.0 0.0 1.0)
)
```

Каждая точечная пара списка в качестве ключевого элемента содержит число – код свойства примитива по стандарту DXF. В данном примере 0 – код типа примитива, 10 – координаты начала линии, 11 – координаты конца, 8 – имя слоя. Следующий оператор присваивания `setq` позволяет получить в переменных `p1` и `p2` координаты начала и конца линии, список свойств которой хранит переменная `p`:

```
(setq p1 (cdr(assoc 10 p))
      p2 (cdr(assoc 11 p))
)
```

Значения `p1` и `p2` для примера равны соответственно:

(5994.25 -202.961 0.0) и (6661.75 170.19 0.0).

Они могут быть использованы для дальнейшей программной обработки.

Создать примитив можно либо с помощью команды текстового редактора, либо программным способом.

Команда построения отрезка «LINE» вводится с клавиатуры или вызывается с помощью меню. Параметрами команды являются точки начала и конца линии. Протокол взаимодействия показан на рис. 7.7.

Примером программы на языке VBA, которая строит отрезок, является следующий:

```
Sub Example_AddLine()  
    Dim lineObj As AcadLine  
    Dim startPoint(0 To 2) As Double  
    Dim endPoint(0 To 2) As Double  
    ' Определяются начальная и конечная точки отрезка  
    startPoint(0) = 1#: startPoint(1) = 1#: startPoint(2) = 0#  
    endPoint(0) = 5#: endPoint(1) = 5#: endPoint(2) = 0#  
    ' Создать линию в пространстве модели  
    Set lineObj = ThisDrawing.ModelSpace.AddLine(startPoint, endPoint)  
End Sub
```

Пространство модели – специальный объект, введенный разработчиками для AutoCad. Кроме пространства модели, существует пространство листа, в котором наравне с обычными графическими операциями можно манипулировать

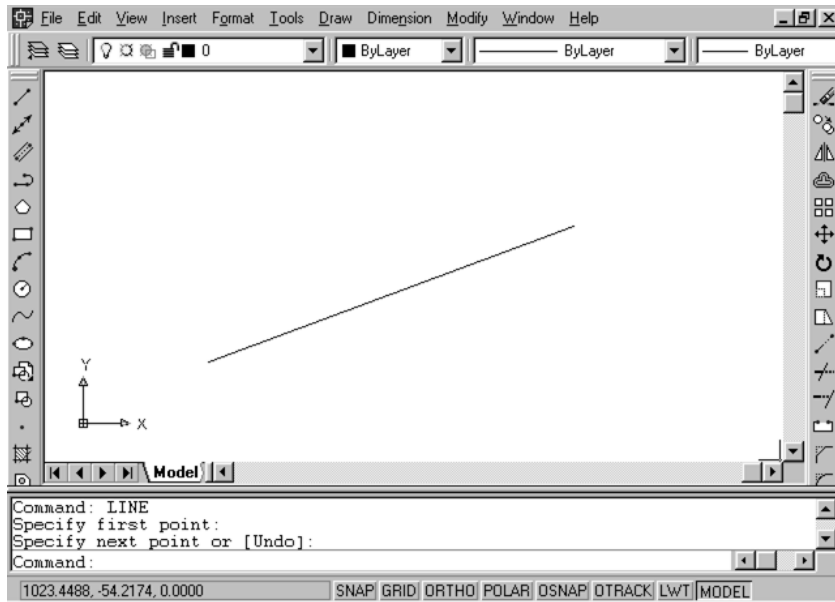


Рис. 3. Команда создания отрезка

видовыми экранами. Видовой экран представляет собой фрагмент пространства модели, играя роль своеобразного «окна». В пространстве модели обычно создаются графические объекты, в пространстве листа – графические формы документов с компоновкой материала. Данный механизм удобен для разработки карт, планов и схем с врезками.

В обоих рассмотренных случаях в объектной среде AutoCad вызывается конструктор класса Line, а созданный объект сохраняется в базе данных изображения. При этом имя слоя, цвет, тип линии и ее толщина наследуются от свойств слоя.

Класс линий наследует методы, являющиеся общими для всех графических примитивов:

- создание, перемещение, удаление и копирование;
- трансформирование с помощью заданной матрицы трансформации размером 4x4;
- масштабирование и создание копии со смещением, а также зеркальной копии;
- определение координат описывающего прямоугольника;
- вычисление координат точек пересечения с любым другим объектом;
- построение прямоугольного или полярного массива копий объекта;
- подсветка объекта и изменение состояния видимости;
- обновление изображения объекта на экране.

Каждому из указанных методов в AutoCad соответствует команда графического редактора, которую можно ввести через командную строку (см. рис. 3). На программном уровне вызов осуществляется по известной ссылке на объект. Для рассмотренного выше примере построенную линию можно переместить по вектору, заданному двумя точками: первая соответствует начальному положению, вторая – конечному. Текст программы на VBA выглядит следующим образом:

```
' Точки вектора перемещения
Dim point1(0 To 2) As Double
Dim point2(0 To 2) As Double
point1(0) = 0: point1(1) = 0: point1(2) = 0
point2(0) = 2: point2(1) = 0: point2(2) = 0
' Переместить отрезок
lineObj.Move point1, point2
```

Здесь lineObj – указатель на отрезок.

С точки зрения практики разработки карт, планов и схем объект Line не всегда соответствует логике используемых обозначений. Например, для изображений трубопроводов, транспортных магистралей необходимо использовать единые линии, состоящие из произвольного числа отрезков. Подобная целостность упрощает описание картографических объектов, повышает его достоверность. Для этих целей может использоваться объект Pline (полилиния). Пример полилинии показан на рис. 7.8. Свойствами полилинии являются:

- цвет;
- принадлежностью к слою;
- тип линии;

коэффициент масштабирования линии;
толщина линии при печати;
совокупность настроек для печати;

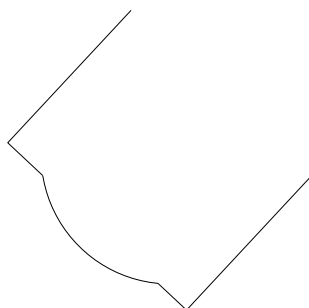


Рис. 4. Пример полилинии

гиперссылка;
количество вершин полилинии;
начальная и конечная ширина каждого сегмента полилинии;
общая ширина полилинии;
уровень, т.е. расстояние по оси OZ от плоскости XOY;
площадь, охватываемая полилинией;
признак замкнутости полилинии.

Обработка полилинии реализуется сложнее, чем обработка отрезка. Это обусловлено спецификой доступа к ее свойствам на программном уровне: структура данных, описывающая координаты вершин, имеет характер списка произвольной длины.

Пример списка, получаемого с помощью функции `entget`, для полилинии на рис. 7.8 имеет вид:

```
((-1 . <Entity name: 40071048>)  
(0 . "LWPOLYLINE")  
(330 . <Entity name: 4006ecf8>)  
(5 . "3D9")  
(100 . "AcDbEntity")  
(67 . 0)  
(410 . "Model")  
(8 . "Картографические объекты")  
(100 . "AcDbPolyline")  
(90 . 6)  
(70 . 0)  
(43 . 0.0)  
(38 . 0.0)  
(39 . 0.0)  
(10 8272.49 165.777)  
(40 . 0.0)  
(41 . 0.0)  
(42 . 0.0)
```

```

(10 8052.59 -69.7996)
(40 . 0.0)
(41 . 0.0)
(42 . 0.0)
(10 8002.28 -22.8368)
(40 . 0.0)
(41 . 0.0)
(42 . -0.341101)
(10 7798.75 167.149)
(40 . 0.0)
(41 . 0.0)
(42 . 0.0)
(10 7737.0 224.785)
(40 . 0.0)

```

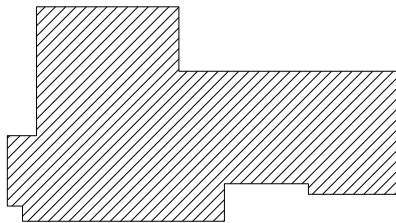


Рис. 5. Пример региона

```

(41 . 0.0)
(42 . 0.0)
(10 7954.77 458.074)
(40 . 0.0)
(41 . 0.0)
(42 . 0.0)
(210 0.0 0.0 1.0)
)

```

Чтобы анализировать расположение объекта, т.е. его координаты, в программах на AutoLisp необходимо использовать последовательность команд. В приведенном далее фрагменте программы показано, что обработка вершин может производиться в цикле:

```

;;; запрашивается полилиния и выделяется ее первая вершина
(setq ExPline (entget (car (entsel))))
CurVertex (assoc 10 ExPline)
)
;;; цикл просмотра вершин
(while (/= nil CurVertex)
;;; получение координаты текущей вершины
(setq ExCoord (cdr CurVertex))

```

```
;;; далее следует обработка информации
```

```
;;; ...
```

```
;;; получение следующей вершины
```

```
(setq ExPline (cdr (member CurVertex ExPline)))
```

```
CurVertex (assoc 10 ExPline)
```

```
)
```

```
)
```

Переменная `ExPline` используется для хранения списка свойств полилинии, переменная `CurVertex` – списка свойств вершины полилинии, переменная `ExCoord` – для хранения координат текущей вершины. Заметим, что форма сегмента полилинии учитывается через показатель выпуклости, который указывается в точечной паре с кодом DXF 42. Значение выпуклости 0 соответствует линейному сегменту, 1 – полуокружности. Изображенный на рис. 7.8 сегмент дуги имеет выпуклость 0.341101.

Список методов класса полилинии отличается от перечисленных выше методов класса отрезок тем, что в него включены методы добавления вершины полилинии, установки и проверки значения кривизны.

Примитивы класса `Region` (полигоны) относятся к часто используемым элементам карт и топографических планов. Их назначением является отображение площадных объектов – зданий, сооружений, зон, районов. Пример региона показан на рис. 7.9. Строится регион путем указания объектов, ограничивающих замкнутую область плоскости.

Набор свойств класса `Region` расширен по сравнению с другими двумерными примитивами свойствами:

площадь,

периметр,

центр тяжести,

момент инерции,

координатами вектора нормали к плоскости региона,

и некоторыми другими, определяющими механические характеристики региона как трехмерного тела.

Методы класса в основе повторяют перечисленные выше, включая дополнительно методы нахождения пересечения, объединения и дополнения одного региона до другого.

Для всех геометрических примитивов введено одно событие – изменение (`Modified`). События в описания классов объектов вводятся для того, чтобы при необходимости связывать с ними программную процедуру реакции. Механизм реализации программной процедуры обеспечивается объектной средой – в данном случае системой AutoCad. Событие `Modified` позволяет оперативно реагировать на любое изменение свойств геометрических примитивов. Это может быть использовано для защиты данных или их репликации.

Рассмотренные свойства, события и методы дают представление о возможности программной обработки всех геометрических примитивов, классификация которых дана на рис. 7.5.

3 Блоки

Блок представляет собой множество объектов, называемых коллекцией на программном уровне. В системе AutoCad предусмотрено существование трех типов блоков (рис. 7.10). Простые блоки – это, в свою очередь, коллекции визуальных объектов (примитивов) и блоков. Каждый блок имеет имя, которое используется для его поиска на прикладном уровне. Внешние ссылки являются блоками, представляющими внешние файлы карт, схем и планов. Форматные блоки – объекты специального применения. Посредством этих блоков реализуются пространства листа и пространство модели. В любом графическом изображении обязательно есть пространство листа и пространство модели, т.е. удалить эти блоки невозможно.

Блоки не имеют визуального представления. Примитивы, составившие простой блок, теряют видимость после его определения и визуализируются только после вставки в изображение ссылки на блок. Аналогично визуализация содержимого любого графического файла осуществляется в текущем изображении лишь в точке вставки внешней ссылки.

Свойствами блока являются:

счетчик элементов коллекции;

признак форматного блока;

признак того, что блок является внешней ссылкой;

имя блока;

ссылка на описание форматного блока.

Методы класса логически объединяются в следующие группы:



методы создания любых примитивов изображения. Примитивы не создаются иначе, чем в пространстве модели или листа, поэтому данная группа включает около пятидесяти методов;

метод удаления объекта из коллекции;

методы установки и разрыва внешней ссылки, обновления изображения по внешней ссылке и временного отключения его видимости;

метод вставки простого блока;
метод получения ссылки на объекты в коллекции.

На программном уровне языка AutoLisp доступ к описаниям блоков реализуется через таблицу «BLOCK». Вызов функции

```
(tblnext «BLOCK» )
```

приводит к получению списка точечных пар описаний блока. Примером списка является следующий:

```
((0 . "BLOCK")  
(2 . "Floor")  
(70 . 1)  
(4 . "")  
(10 0.0 0.0 0.0)  
(-2 . <Entity name: 40070ed8>)  
)
```

Последовательные вызовы функции `tblnext` возвращают следующие по порядку элементы таблицы. Если все элементы исчерпаны, возвращается `nil`. Просмотр таблицы с ее начала реализуется указанием любого значения второго аргумента, не равного `nil`:

```
(tblnext «BLOCK» 0).
```

Доступ к элементам блока, т.е. составляющим его объектам, осуществляется методом получения объектов коллекции. Пример на языке VBA показывает, как получить ссылку на предпоследний по счету объект блока:

```
Sub Example_Item()
```

```
    'Определяется число элементов в блоке пространства модели  
    ModelSpace
```

```
    Dim count As Integer
```

```
    count = ThisDrawing.ModelSpace.Count
```

```
    Dim newObjs As AcadEntity
```

```
    Set newObjs = ThisDrawing.ModelSpace.Item(count-1)
```

```
End Sub
```

На языке AutoLisp получение описаний элементов блока строится с применением функции `entnext`. Ее аргументом является имя примитива. Для составных примитивов (т.е. содержащих коллекцию объектов) функция возвращает имя примитива, следующего за указанным. Для примитивов, не являющихся составными, возвращается `nil`. Приведенный фрагмент на AutoLisp возвращает описание первого примитива блока с именем «STRELKA»:

```
;;;переменная y хранит список описания свойств блока
```

```
;;;переменная z хранит имя блока
```

```
;;;переменная x хранит имя примитива
```

```
(setq y (tblnext "BLOCK" 0)
```

```
      z (cdr (assoc 2 y))
```

```
)
```

```
(while (/= "STRELKA" z)
```

```
  (setq y (tblnext "BLOCK")
```

```
        z (cdr (assoc 2 y))
```

```
    x (cdr (assoc -2 y))
  )
)
;;;переменная d хранит описание первого примитива блока
(setq d (entget (entnext x))).
```

Применяя последовательно функцию `entnext`, в программе можно получить характеристики всех образующих его элементов.

4 Растровые изображения

Класс растровых изображений предназначен для создания прямоугольного объекта, состоящего из пикселей. Конструктор создает объект из файла, содержащего растровое изображение в одном из фиксированных системой AutoCad форматов. Параметрами конструктора являются имя файла, точка вставки, коэффициент масштабирования и угол поворота растрового изображения.

Свойствами объекта являются:

- яркость;
- контрастность;
- четкость;
- признак обрезки границы;
- цвет;
- видимость растрового изображения;
- прозрачность;
- точка вставки;
- ширина;
- высота;
- имя файла изображения;
- имя растрового объекта.

Можно видеть, что доступные свойства позволяют манипулировать геометрическими параметрами и визуальным представлением объекта, но не его содержимым. Предполагается, что редактирование осуществляется внешними по отношению к AutoCad средствами.

Соответственно методы рассматриваемого класса обеспечивают функциональность, характерную для любых геометрических примитивов: перенос, поворот, различные варианты копирования, удаление, нахождение точек пересечения с другими примитивами. Специфичным является практически один метод – метод вырезки фрагмента растрового изображения в буфер.

5 Ссылки

AutoCad использует ссылки на блоки (внутренние ссылки), на внешние файлы изображений AutoCad (внешние ссылки), ссылки на текстовые атрибуты.

Объект «внутренняя ссылка» создается как ссылка на блоки, описанные в базе данных текущего изображения, т.е. входящих в коллекцию объектов

пространства листа или пространства модели. Конструктор объекта в качестве параметров принимает точку вставки, имя блока, коэффициенты масштабирования по координатным осям и угол вращения. Возвращает конструктор указатель на объект «внутренняя ссылка».

Свойствами объектов класса являются:

- слой;
- цвет;
- тип линии;
- толщина линии;
- гиперссылка;
- точка вставки;
- имя блока;
- признак наличия текстовых атрибутов;
- признак видимости;
- коэффициент масштабирования по оси OX;
- коэффициент масштабирования по оси OY;
- коэффициент масштабирования по оси OZ;
- угол поворота.

Специфичным для «внутренней ссылки» является метод разбиения блока на исходные элементы (Explode). После его применения ссылка заменяется набором примитивов, образующих блок. Определение блока не затрагивается, поэтому даже если все ссылки разбиты на элементы, создание новых ссылок не блокируется. Заметим, что метода разбиения нет в классе внешних ссылок, т.е. описание геометрии блока инкапсулировано во внешнем файле и недоступно в текущем.

Специфичным также является метод получения значения атрибута блока. Атрибут блока – это текстовая строка, содержащаяся в предварительно определенном объекте – описании атрибута. Описания атрибутов могут подсоединяться только к блокам. Данный механизм применяется при разработке картографических материалов достаточно редко. Причина в ограниченности применения (только для блоков) и сложности программной обработки подобным образом организованных атрибутов. Более эффективный механизм связи с атрибутивными данными, созданный разработчиками в последних версиях AutoCad, рассматривается в разделе 2 данного пособия.

Лекция 2

Методы картографического анализа

Пространственный анализ заключается в выявлении особенностей взаимного расположения объектов на карте, свойств областей пространства, определении качественных и количественных оценок пространственных структур. Набор методов и приемов пространственного анализа чрезвычайно широк. Для поддержки функций пространственного анализа в ГИС вводятся

специальные объектные модели данных – топологические модели, или сокращенно «топологии». В AutoCad Map используются три типа топологий:

точечная;

сетевая;

полигональная.

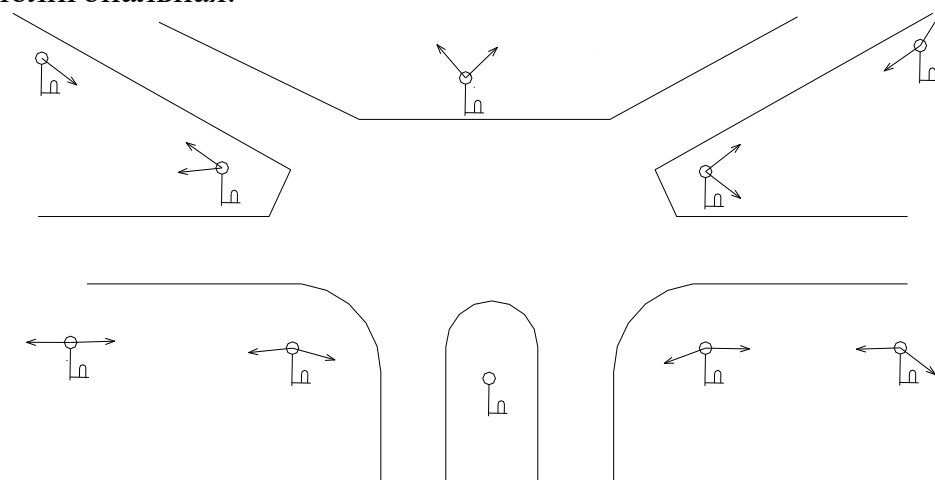


Рис. 11. Точечная топология

Точечная топология строится из точек или блоков AutoCad (рис. 7.11). Блок может иметь произвольную сложность. На рис. 11 точечная топология образована обозначениями фонарных столбов. Примером использования точечной топологии является оценка формы и размера участка поверхности, освещаемого точечными источниками света. Пусть R – радиус окружности, определяемый нормой освещенности для точечного источника света. На рис. 12 показана форма и расположение зоны нормальной освещенности, которая получена с помощью специфичной для топологий функции построения буферной зоны.

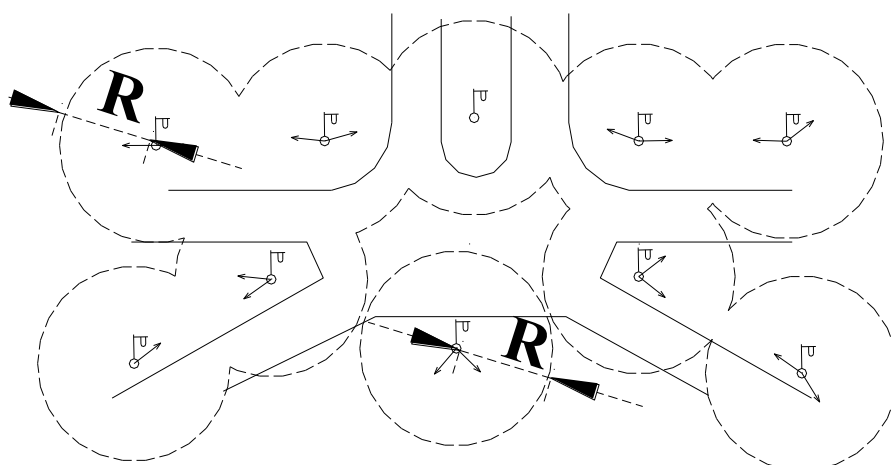


Рис. 12 Зона нормальной освещенности

Сетевая топология строится из отрезков линии, включая точечные объекты как необязательный компонент. Наиболее распространенная область применения сетевой топологии – решение задач на сетях коммуникаций. На рис.

13 изображен участок городской транспортной сети. Описание сетевой топологией дает возможность задать смежность участков дорог (с учетом разрешающих поворот дорожных знаков) и определить направление (на рис. 13 показано стрелками) движения. Если участок описан как сетевая топология, с помощью соответствующей функции может быть найден и построен на карте кратчайший путь между указанной парой точек сети A и B (рис. 14).

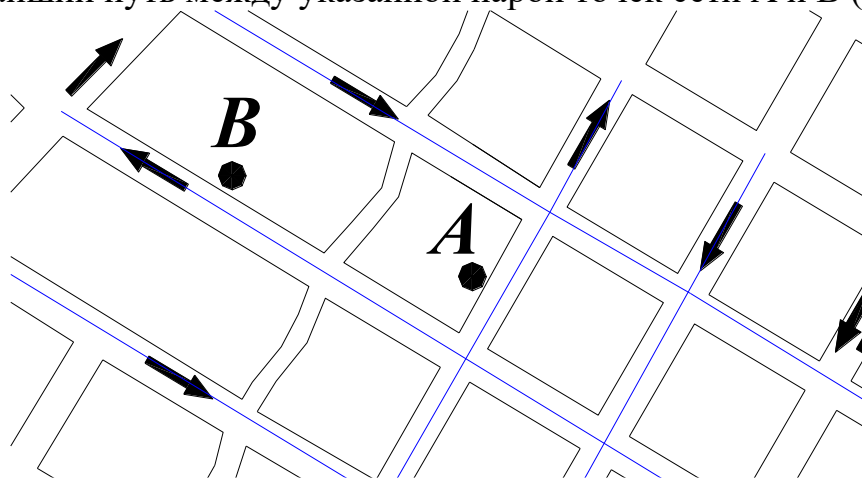


Рис. 13 Сетевая топология автодорог

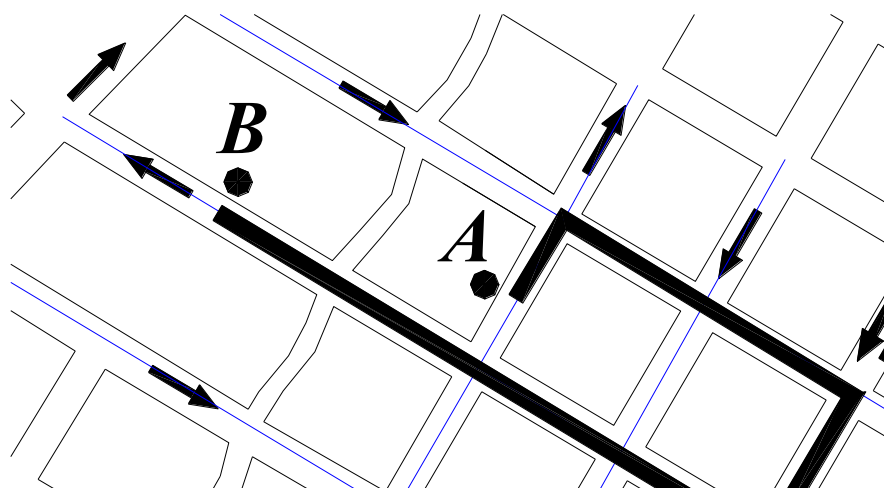


Рис. 14 Кратчайший путь между точками A и B на сети

Полигональная топология строится из двумерных объектов. Часто таковыми изображаются зоны на карте. На рис. 15 в качестве примера показаны зоны продажи товара четырьмя различными поставщиками. С целью определения пространственных областей конкуренции каждая из зон может быть описана как полигональная топология. С помощью одной из оверлейных операций, выполняемых над полигональными топологиями, строится результирующая топология, являющаяся совокупностью зон конкуренции (рис. 16).

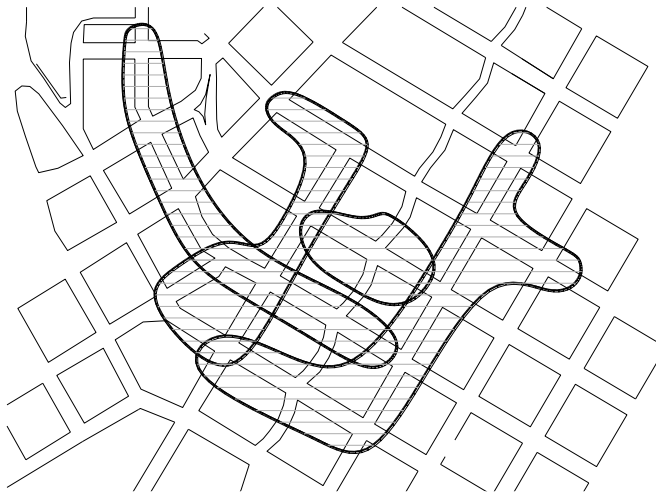


Рис. 15. Зоны продажи

Таким образом, топологические модели картографических объектов с функциональной точки зрения занимают более высокий уровень по сравнению с графическими объектами. Обладая дополнительными информационными компонентами, топологические объекты дают возможность реализовать прикладные

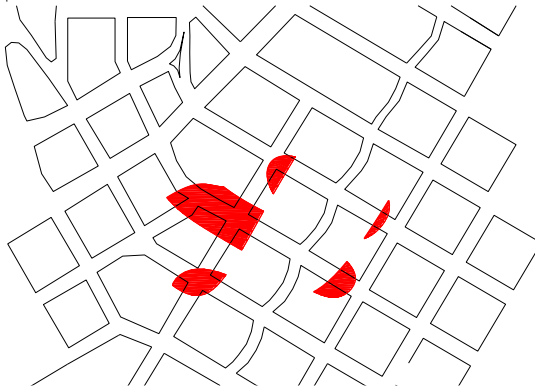


Рис. 16. Зоны конкуренции

задачи через специальные функции построения буферных зон, поиска, наложения и многие др. Следует подчеркнуть, что процесс создания топологических описаний значительно упорядочивает данные, сопровождается проверкой корректности результата и требует в некоторых случаях дополнительных геометрических построений. По сути, это предварительная подготовка информации для дальнейшей обработки. Описываемые далее типы топологий являются наиболее распространенными и применяются при решении многих практических задач. Их следует рассматривать как один из возможных вариантов реализации, по аналогии с которым могут создаваться другие классы объектов, более адекватные решаемым задачам.

Визуальный поиск и анализ сведений на картографическом изображении – привычный и очевидный для человека способ получения информации из карт, планов или схем. Электронные карты и их атрибутивные базы данных сохранили суть визуального способа получения информации, но потребовали принципиально иного инструментария поиска и анализа. Главное его отличие – в появлении безграничных возможностей манипулирования изображением, начиная с конструирования карт и схем «на лету» и оканчивая выходом в информационное пространство из карты далеко за пределы ГИС.

Еще больший шаг вперед сделан за счет привлечения сетевых технологий. Через географическую карту пользователь получает доступ к обширным информационным ресурсам локальной и глобальной сети. Здесь неизбежно возникает проблема выбора полезных источников информации из огромного числа доступных. Полным перебором такую задачу решить невозможно. Поэтому задачу снижения избыточности анализируемых картографических данных следует рассматривать как одно из направлений интеллектуализации ГИС.

В данном разделе анализируются особенности работы пользователя в картографической информационной среде. Выявление особенностей позволяет строить адекватную интеллектуальную поддержку анализа картографических материалов.

Как показывает анализ, решение прикладных задач с помощью ГИС осуществляется по одному из следующих сценариев:

- в ГИС уже отображены необходимые карты, схемы, планы, источники атрибутивных данных и ссылки на внешние информационные ресурсы. Пользователь с помощью программных инструментов получает или числовые данные, или таблицы разнотипных данных, или новую карту, построенную из исходной. По такому сценарию решается, например, задача нахождения пути из одного пункта в другой на карте города. Указав адреса или положение пунктов, можно получить графическое изображение маршрута на карте и при необходимости информацию о протяженности пути, голосовые предупреждения о перекрестках (если речь идет об использовании ГИС для навигации в реальном времени), размещение автозаправок, кафе, магазинов и других объектов. Характерная особенность данного сценария – использование заранее подготовленных результатов (как информационных ресурсов, так и сервисных функций их использования) и простейший пользовательский программный инструментарий;
- информационные ресурсы ГИС, необходимые пользователю для решения задачи, подготовлены, однако окончательное решение системой не предлагается. Последний шаг должен сделать пользователь. В задаче маршрутизации это соответствует ситуации, когда кроме географической основы учитываются текущие параметры внешней среды – загруженность отдельных участков дороги, наличие автомобильных пробок, аварий, проведение ремонта. В значениях параметров заложена неопределенность, поэтому гарантировать безусловно высокое качество решения невозможно. В силу этого ГИС вырабатывает только рекомендуемые направления движения, окончательное решение остается за пользователем. Анализируя по карте схемы движения, пути объезда, варианты парковки, особенности прилегающей территории, он выбирает наиболее рациональный, с его точки зрения, вариант перемещения. При таком сценарии имеет место поисковый процесс загрузки разномасштабных карт, обращение к внешним источникам информации и изучение сформированных картографических изображений;
- исходные ресурсы ГИС для получения решения не подготовлены ввиду отсутствия сведений о решаемой задаче. Например, ставится задача

транспортировки партии товара. Нахождение кратчайшего пути между пунктами отправки и получения – всего лишь одна из подзадач (далеко не самая важная), которую следует решать при разработке проекта транспортировки. Проектом называют сложную информационную структуру, описывающую транспортировку как систему объектов и связей. Разработчика могут интересовать самые разнородные данные о пространственной области: расположение транспортных магистралей различных типов (авто, железнодорожных, авиамаршрутов), пунктов промежуточного хранения грузов, размещение поставщиков транспортных услуг и средств, климатические карты и прогноз погоды на ближайшую неделю, статистика дорожно-транспортных происшествий и чрезвычайных ситуаций природного происхождения, ландшафт территории, профиль отдельных участков дороги, размещение водоёмов, и многое другое. Рассматриваемый сценарий использования ГИС предполагает активный диалог с системой с целью нахождения полезных сведений пространственно-временного характера. В процессе диалога могут строиться карты, схемы и планы «рабочего» характера: их содержание является исходным для постановки, конкретизации и уточнения дальнейших подзадач, интерпретации промежуточных результатов. Парадоксально, но решением задачи может не быть карта, план или схема, но без помощи ГИС решение невозможно было бы получить в принципе.

Перечисленные сценарии имеют общую черту: решение задач с помощью ГИС требует либо предварительного, либо оперативного построения рабочей области – отбора фрагментов карт, планов, схем и подмножества внешних ресурсов, составляющих лишь часть общей информационной базы ГИС. Роль отбора высока – недостоверные, неточные и неполные сведения порождают риск возникновения ущерба при реализации сформулированных решений. Процесс отбора трудноформализуем, носит исследовательский характер. Эта особенность известна и выделена в рамках картографического метода исследования, развиваемого картографией.

Основными этапами картографического исследования являются:

- постановка задачи. Приведенные выше примеры показывают, что сложные проблемы выделяют постановку задачи картографического анализа как самостоятельную цель, причем достаточно нечеткую. Обращает на себя внимание то, что на этапе постановки задачи ГИС-аналитики, стимулируя собственное образное мышление, просматривают карты области исследования, комбинируют слои, виды и ракурсы;
- отбор источников картографической информации. Технология хранения картографических материалов в современных ГИС такова, что позволяет легко получить чрезвычайно много информации. Интеграция различных форматов картографических данных в одном источнике, интуитивный диалоговый интерфейс, скоростные средства коммуникаций дают, на первый взгляд, мощное средство автоматизации поиска и отбора карт, выделения рабочей области из общего информационного пространства. Однако на практике подобный процесс скорее напоминает «попытку напиться из

пожарного шланга». Следует полагать, что поисковый характер процесса отбора нужной информации – его принципиальная особенность. По мере роста информационной базы задача отбора будет только усложняться;

- создание производных карт. Данный этап должен завершиться построением совокупности карт, на основе которых формируется решение прикладной задачи. В проекте транспортировки груза могут присутствовать карты, различающиеся не только упомянутой выше тематической направленностью, но и масштабом – степенью детализации пространственных областей от плана контейнерной площадки до среднемасштабной карты региона. Построение набора производных карт в среде ГИС представляет интерес с точки зрения повторного использования как конечного результата, так и процедуры его получения. Как показывает практика, опыт создания и содержание существующих проектов используется для построения новых. ГИС в этом случае может стать средством накопления знаний;
- интерпретация результатов. На этом этапе ГИС-аналитик визуально исследует картографические изображения, синтезированные на предыдущем этапе, применяет к ним картометрические, морфометрические, вероятностно-статистические и аналитические математические процедуры. Необходимо отметить, что сложные прикладные задачи зачастую решаются непосредственно в процессе визуального анализа. Наибольший эффект картографического представления состоит именно в порождении у пользователя карты картографических образов, стимулирующих мыслительную деятельность. Именно таким путем достигается доступ к богатому содержанию географической карты.

Все перечисленные выше сценарии использования ГИС и процесс картографического анализа объединяет общая процедура: построение рабочей области карты. От её качества зависит дальнейший процесс поиска решения. Чем сложнее задача, чем менее определёнными являются её исходные данные, тем большее значение приобретает информационное наполнение рабочей области.

Лекция 3

Топологические структуры данных

Точечная топология

Точечная топология описывается классом объектов, свойствами которого являются:

- имя топологии;
- тип;
- число точек;
- экстенды топологии.

Topology Definition			
Name:	ОсветительнаяСеть	Type:	Node
		Loaded From:	Current
Description:			
Topology Extents			
Lower Left Corner:	249.0051, 324.2562		
Upper Right Corner:	283.8726, 337.4721		
Number of Objects		Details	
Nodes:	10	<input type="radio"/> Area	Total:
Links:	0	<input type="radio"/> Perimeter	Average:
Polys:	0	<input type="radio"/> Length	Minimum:
		<input type="button" value="Calculate"/>	Maximum:
			Variance:
			Deviation:

Рис. 17. Свойства точечной топологии

Для топологии на рис. 7.11, реализованной в AutoCad Map, свойства имеют следующие значения (рис. 7.17): имя – ОсветительнаяСеть, тип – Node, число точек – 10, экстенды определяются парой точек (249.0051, 324.2562) и (283.8726, 337.4721).

Конструктор точечной топологии строит объект из списка блоков или объектов точка AutoCad. Точками топологии являются координаты точек вставки блоков или объектов точка AutoCad .

Методы точечной топологии AutoCad Map позволяют:

- добавить точку;
- удалить точку;
- изменить положение точки;
- переименовать топологию;
- удалить топологию целиком.

К точечной топологии применим метод построения буферной зоны. Буферная зона является замкнутой областью, ограниченной кривой, которая строится по заданному числовому смещению или произвольному выражению AutoLisp. Буферная зона на рис. 7.12 построена для значения смещения 5. Результирующий объект является полигональной топологией, которая в общем случае состоит из «островков», соответствующих точкам исходной топологии.

Сетевая топология

Сетевая топология описывается классом объектов, свойствами которых являются:

- имя топологии;
- тип;
- число точек;
- число ребер, соединяющих пары точек;
- длина ребер: общая, средняя, минимальная и максимальная;
- экстенды топологии.

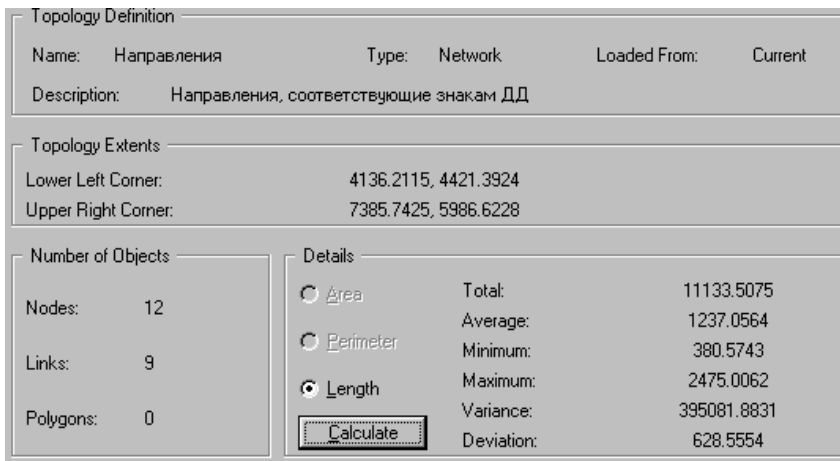


Рис. 7.18. Свойства сетевой топологии

Топология на рис. 7.12, построенная в AutoCad Map, обладает следующими свойствами (рис. 7.18): именем Направления, типом Network, экстенентами с координатами нижнего левого угла (4136.2115, 4421.3924) и правого верхнего (7385.7425, 5986.6228), общей длиной ребер 11133.5075.

Сетевая топология в AutoCad Map строится конструктором из точечных элементов и отрезков прямых и дуг. Точки не являются обязательными элементами топологии.

Предоставляемые классом методы позволяют:

- добавить точку;
- удалить точку;
- изменить положение точки;
- добавить ребро;
- удалить ребро;
- изменить положение ребра;
- указать направление ребра;
- указать вес ребра;
- переименовать топологию;
- удалить топологию целиком;
- построить буферную зону;
- найти кратчайший путь;
- проверить связность.

Направление и вес ребер используются аналогично понятиям из теории графов. Каждое ребро может быть двунаправленным (по умолчанию) или однонаправленным. Для рассмотренного выше примера сети автомобильных дорог свойство однонаправленности позволяет адекватно отобразить допустимые направления движения по улицам с односторонним и двусторонним движением. Вес ребер позволяет учесть некоторые тонкие свойства моделируемых объектов. В рассматриваемом примере с помощью весов может имитироваться сложность передвижения по отрезку дороги, что окажет влияние на результат поиска кратчайшего пути между парой точек сети.

Рассмотрим особенности методов построения буферной зоны, поиска кратчайшего пути и проверки связности.

Буферная зона строится относительно ребер топологии. На рис. 7.19 показана буферная зона для фрагмента дорожной сети.

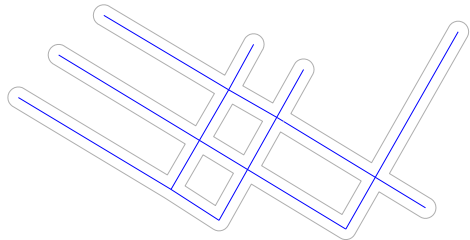


Рис. 19. Буферная зона дорожной сети

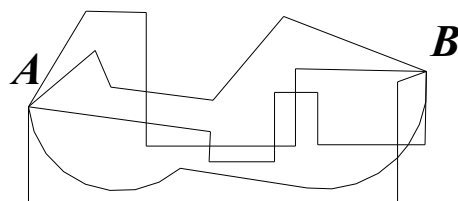


Рис. 20 Сетевая топология

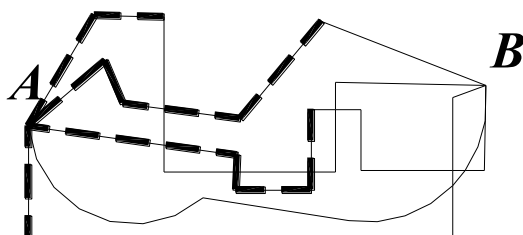


Рис. 21 Подсеть с весом не более 4000 единиц

Поиск кратчайшего пути осуществляется между парой точек сети. Входными параметрами метода являются начальная и конечная точки, минимальный и максимальный веса пути. По умолчанию вес ребра равен длине соответствующей линии. Эту величину можно изменить в режиме редактирования топологии. При поиске решения рассматриваются только пути с весами в заданном диапазоне (от минимального до максимального), остальные отбрасываются.

Направление ребер и веса точек задаются при описании и редактировании топологии.

Определение связности состоит в проверке возможности попасть в любую точку сети из заданной точки последовательными переходами по ребрам. Это необходимо, например, при решении задачи нахождения пути в транспортной сети, поиске вариантов обесточивания участка трубопровода, прокладке линий связи и т.д. Входными данными для метода определения связности является любая точка сетевой топологии и максимальный вес. Последняя величина ограничивает суммарный вес ребер и точек сети, входящих в возможный путь из начальной точки в любую другую искомой подсети. На рис. 7.20 приведен пример топологии, отображающей сеть дорог между пунктами А и В. Минимальная длина ребра в топологии – 274 единицы, средняя длина – 2100 единиц. На рис. 7.21 показан результат построения подсети с началом в точке А при ограничении на вес в 4000 единиц. Интерпретация данного результата зависит от смысла весовых единиц – это может быть расстояние, время, стоимость и т.д.

Полигональная топология

Полигональная топология описывается классом объектов, свойствами которого являются:

имя топологии;

тип;
число точек;
число ребер, соединяющих пары точек;
число полигонов;
периметр;
площадь;
ЭКСТЕНТЫ ТОПОЛОГИИ.

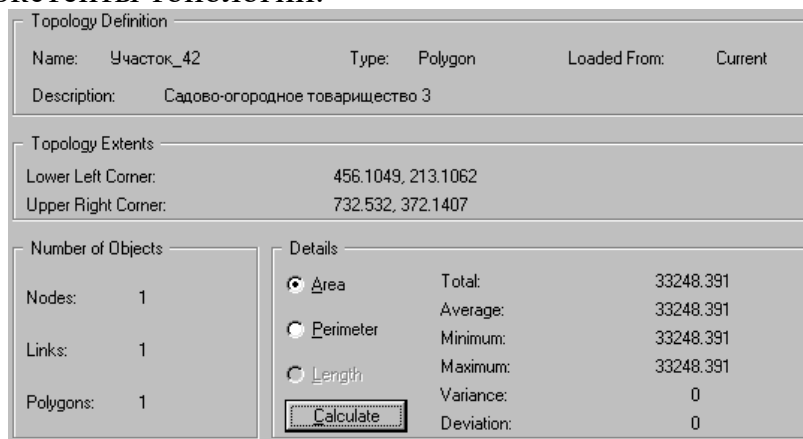


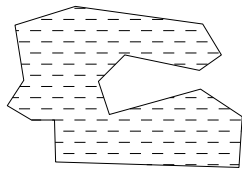
Рис. 7.22. Свойства полигональной топологии

На рис. 7.22 показан пример свойств топологии, построенной в AutoCad Map. Имя топологии Участок_42, тип – Polygon, экстенты имеют координаты нижнего левого угла (456.1049, 213.1062) и правого верхнего угла (732.532, 372.1407), площадь топологии составляет 33248.391 квадратные единицы .

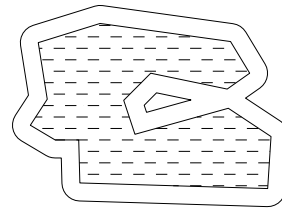
Методы класса дают возможность:

- добавить точку;
- удалить точку;
- изменить положение точки;
- добавить ребро;
- удалить ребро;
- изменить положение ребра;
- указать направление ребра;
- указать вес ребра;
- добавить полигон;
- удалить полигон;
- переименовать топологию;
- удалить топологию целиком;
- строить буферную зону;
- строить перекрытия топологий;
- получать результат слияния топологий.

Пример буферной зоны для полигональной топологии показан на рис. 7.23. Можно видеть, что буферная зона определяется формой полигональной топологии.



а)



б)

Рис. 23. Буферная зона полигональной топологии

а) исходная топология; б) топология с буферной зоной

Операции перекрытия в AutoCad Map разнообразны. Иллюстрация операций перекрытия двух полигональных топологий (рис. 24) приведены на рис. 7.25. Перечисленные операции могут выполняться и в том случае, когда одна из топологий является сетевой (рис. 26). На рисунках 25 и 26 приведены результаты перекрытия для некоторых операций.

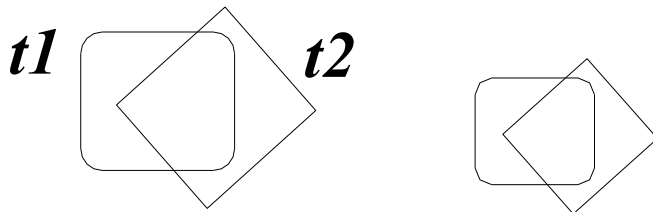


Рис. 24. Исходные топологии и их наложение

Следует отметить, что многие из перечисленных операций некоммутативны, т.е. результат операции зависит от порядка следования исходных экземпляров топологий.

Intrsection(t2,t1)

Union (t2,t1)

Identity(t2,t1)

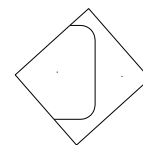
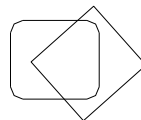
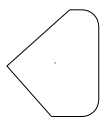
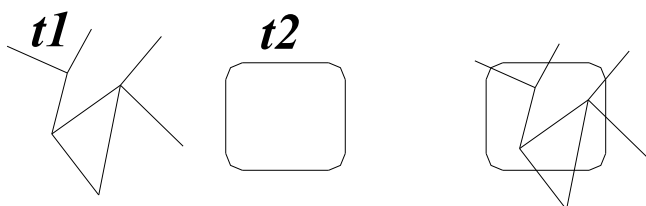


Рис. 25. Операции перекрытия полигональных топологий

Слияние топологий предусматривает получение результирующей топологии путем объединения примыкающих полигонов с одинаковым значением некоторого показателя, например площади, периметра или значения указанного поля внешней базы данных. На рис. 7.27 показан пример слияния на основе значения внешнего поля: топологии 1-3 и 5-7 имеют одинаковое значение в указанном поле.



Исходные топологии и их наложение

Intrsection(t1,t2)

Erase (t1,t2)

Identity(t1,t2)

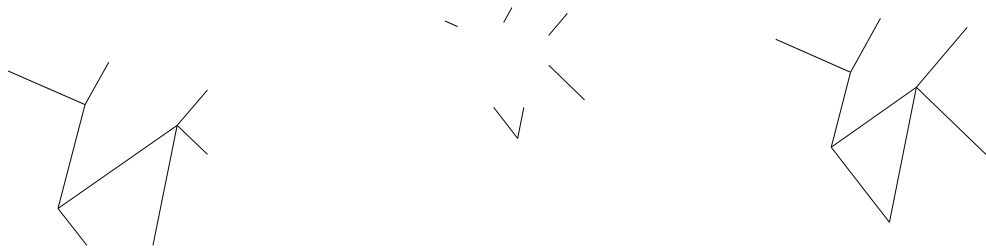
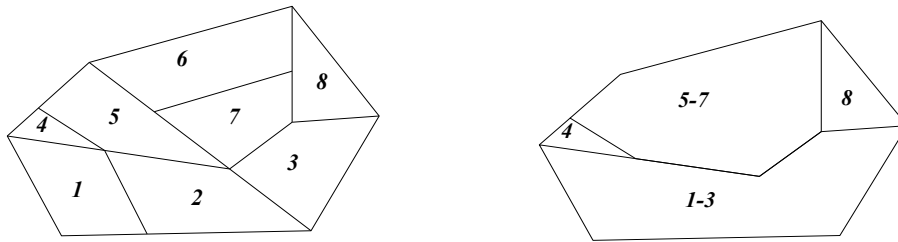


Рис. 26. Наложение сетевой и полигональной топологий



а)

в)

Рис. 27. Слияние топологий: а) – исходные топологии; б) – после слияния

Лекция 4

Пространственные данные и знания.

Примечательно, что в пространственном представлении знаний, по большей части, трактовка пространства отстает от трактовки времени примерно на десятилетие. Можно привести ряд причин для этого, но две из них кажутся особенно важными. Во-первых, поскольку пространство имеет три измерения, а время — только одно, оно предоставляет гораздо большее разнообразие возможных структур, с которыми приходится иметь дело репрезентативной системе. Стоит только подумать здесь о понятии формы, что важно во многих контекстах пространственного мышления; разнообразие возможных форм в двух измерениях, не говоря уже о трех, уже представляет огромный массив проблем для любого, кто стремится систематизировать в удобной форме процессы представления и рассуждений с пространственным знанием. Во времени, напротив, аналогичное понятие формы (интервала или события) практически пусто. Вторая причина задержки развития пространственного представления имеет довольно специфическое происхождение в «гипотезе бедности», что «не существует независимого от проблемы чисто качественного представления пространства или формы». Форбус приводит это как объяснение того факта, что мы, люди, так полагаемся на диаграммы и другие представления восприятия для нашего пространственного мышления, поскольку они могут фиксировать метрические свойства, отсутствующие в чисто качественном представлении, и ясно, что многие задачи пространственного мышления не могут быть решены. выполняется без доступа хотя бы к какой-либо метрической информации. Но Форбус на этом основании не отбрасывает качественные пространственные репрезентации как бесполезные: напротив, он предлагает (в MD/PV — то есть

«метрическую диаграмму» плюс «местный словарь» — структуру Форбуса и др. (1987) сочетание качественного и количественного представления, которое, возможно, лучше отражает, по крайней мере, некоторые из наших человеческих методов пространственного мышления.

То, что гипотеза бедности была выдвинута для пространства, а не для времени, отражает уже упомянутое различие в размерностях. Помимо разницы в размерности, второе ключевое различие между временем и пространством заключается в том, что время, в отличие от пространства, обладает внутренней направленностью, которую мы воспринимаем как асимметрию между прошлым и будущим. Время течет, говорим мы, и всегда в одном и том же направлении; нет «движения назад» во времени (что бы это ни значило), тогда как в пространстве движение возможно в любом направлении.

Несмотря на эти два основных различия между пространством и временем, существует много формальных аналогий между структурами, которые они представляют. Некоторые примеры:

мгновенное интервал конечные точки интервала событие происходит в интервале процесс продолжается в течение интервала точка область, край граница региона объект находится в районе материал заполняет регион
мгновенное---точка интервал---область, край конечные точки интервала--- граница региона событие происходит в интервале---объект находится в районе процесс продолжается в течение интервала---материал заполняет регион
а также общие отношения, такие как перекрытие, смежность и включение, и общие проблемы, такие как дискретность и непрерывность (Galton 1999), неопределенность и неопределенность, гранулярность (Euzenat 1995).

Все это должно предполагать возможность формальной трактовки пространства и пространственных отношений, аналогичной трактовке времени, представленной исчислением интервалов. В области ИИ прорыв произошел в знаменательной статье Рэнделла и др. (1992), которые ввели исчерпывающий набор качественных пространственных отношений, аналогичных тринадцати временным отношениям исчисления интервалов; эта система стала известна как исчисление связей регионов (RCC) и была предметом интенсивных исследований на протяжении более десяти лет. В то же время в сообществе геоинформатики Эгенхофер и его сотрудники независимо проводили работу (Egenhofer 1989 , 1991 ; Egenhofer and Franzosa 1991).), который демонстрирует некоторые замечательные параллели с работой RCC, несмотря на ряд существенных различий. Работа Эгенхофера более знакома сообществу GIScience из двух, но поскольку RCC демонстрирует большую связь с темпоральной работой, обсуждавшейся в предыдущем разделе, мы обсудим ее в первую очередь.

Ключевыми понятиями пространственного представления, как следует из названия, являются регион и соединение. Регион — это протяженная часть пространства; это понятие может применяться в любом количестве измерений, единственное предостережение состоит в том, что регионы должны иметь ту же размерность, что и пространство, в которое они считаются включенными, Сноскаб (например, двумерные области на поверхности земли,

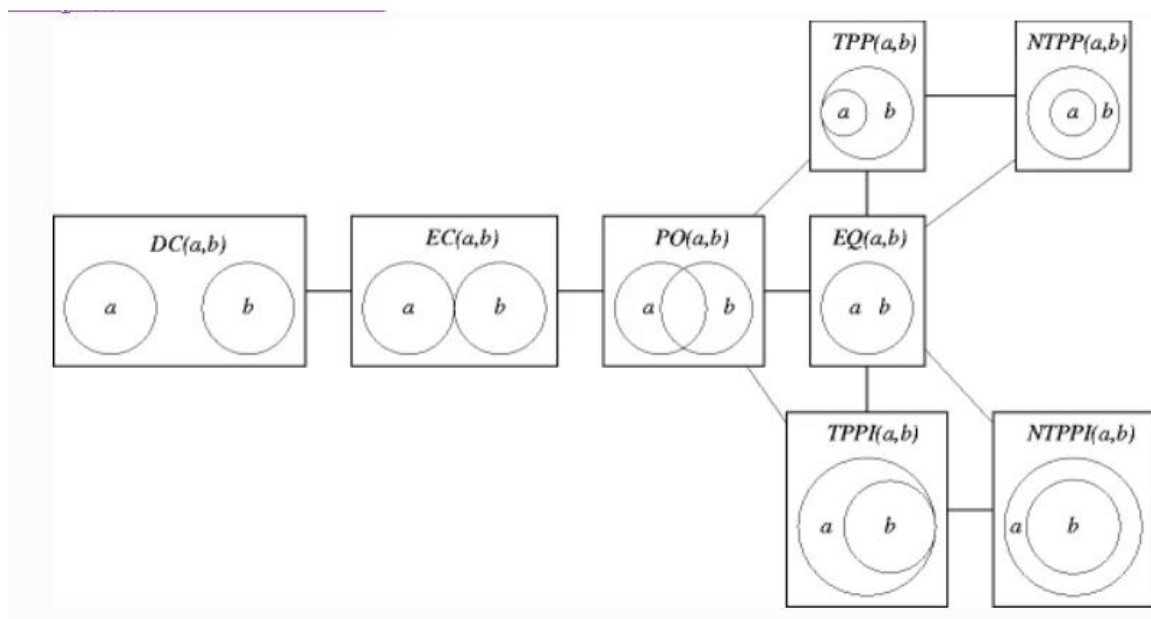
трехмерные области в недрах земли), и что все рассматриваемые области должны иметь одинаковую размерность — таким образом, ПКР, по крайней мере, в исходном виде, нельзя говорить об отношении, скажем, между водой в озере (занимающей трехмерную область) и участком берега озера (занимающей одномерную область).

Связь следует понимать как отношение между областями, взятое в качестве исходного в логической теории; существует множество различных способов его интерпретации (Кон и Варзи , 1998 , 1999), но основная идея состоит в том, что две области следует рассматривать как связанные между собой. Пока они не разделены — например, они могут соприкасаться, перекрываться или совпадать, или одно может содержаться в другом, и все это считается случаями связи. Начиная со связи (С) как примитивного отношения, другие отношения между одной областью (R 1) и второй (R 2) могут быть определены следующим образом:

Связь	Символ	Имеется в виду
R 1 отключен от R 2 _	ОКРУГ КОЛУМБИЯ	R 1 и R 2 не соединены.
R 1 является частью R 2 _	п	Каждая область, соединенная с R 1 , связана с R 2 .
R 1 перекрывает R 2	О	Некоторая область является частью как R 1 , так и R 2
R 1 дискретен от R 2 _	ДР	R 1 не перекрывает R 2
R 1 внешне соединен с R 2	ЕС	R 1 и R 2 соединены, но не перекрываются
R 1 частично перекрывает R 2	ПО	R 1 перекрывает R 2 , но ни один из них не является частью другого.
R 1 равен R 2 _ _	эквалайз ер	Каждый из R 1 и R 2 является частью другого
R 1 является правильной частью R 2	ПП	R 1 является частью R 2 , но не равен ему

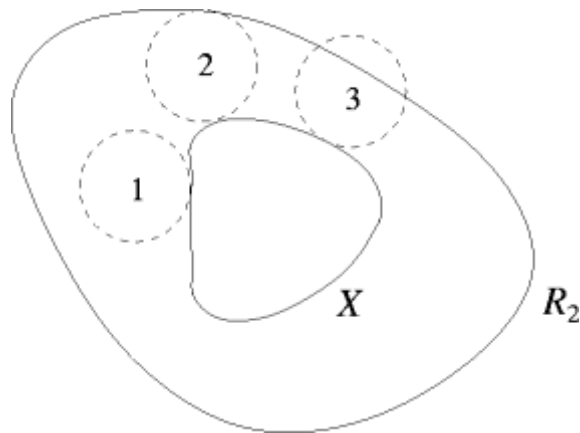
Связь	Символ	Имеется в виду
R 1 является касательной собственной частью R 2	ТЭС	R 1 является правильной частью R 2 и некоторая область является ЕС для обоих.
R 1 является некасательной собственной частью R 2	НТЭС	R 1 является правильной частью R 2 , но не ТРР.

Некоторые из этих отношений являются симметричными , т. е. если отношение выполняется между R 1 и R 2 , то оно автоматически выполняется и между R 2 и R 1 (другими словами, отношение выполняется для двух областей независимо от порядка, в котором они находятся). они считаются): это С, DC, DR, O, PO, EC и EQ. Остальные отношения, а именно P, PP, TRP и NTRP, не являются симметричными, поэтому они могут выполняться между двумя областями, взятыми в одном порядке, и не выполняться между теми же двумя областями, взятыми в противоположном порядке; Сноска⁸ каждое из этих несимметричных соотношений имеет обратную , представленную как PI, PPI, TRPI, NTRPI, так что если R 1 и R 2 представляют собой PP, то R 2 и R 1 представляют собой PPI и так далее. Среди этих 15 отношений выделяются восемь, образующие набор JEPD, аналогичный 13 отношениям интервального исчисления, а именно DC, EC, PO, EQ, RPP, NTRP, TRPI и NTRPI. Они образуют систему RCC8, и на рис. показана хорошо известная концептуальная диаграмма соседства для этих отношений.



Как и в случае исчисления интервалов, для отношений RCC8 можно составить композиционную таблицу, которую можно использовать в качестве

основы для качественных рассуждений о местоположении. Например, если R_1 внешне соединен с некасательной собственной частью R_2 , тогда связь между двумя областями должна быть либо частичным перекрытием, либо правильной частью (касательной или некасательной). Это показано на фиг.5.



Состав отношений RCC: если R_1 представляет собой ЕС для X и X представляет собой NTPP для R_2 , то R_1 (пунктирная окружность) должен быть одним из (1) NTPP, (2) TPP или (3) PO для R

Как и в случае интервального исчисления, значительные усилия были затрачены на исследование математических и вычислительных свойств RCC. Беннетт (1994) показал, что, как и исчисление интервалов, RCC разрешима, но опять же, как и в случае с исчислением интервалов, известно, что проблема принятия решения является NP-полной (Renz and Nebel 1999). Renz and Nebel (1999) идентифицировали максимально податливый фрагмент RCC-8, и это было расширено до полного анализа податливости в Renz (2002). Для пространственно-временных рассуждений (Вольтер и Захарьяцев 2000) установлены некоторые результаты частичной сложности для комбинации РКЦ-8 с некоторой дискретной точечной темпоральной логикой.

Качественные пространственные свойства, выраженные RCC, сочетают мереологию (изучение отношения часть-целое) с топологией (изучение отношения связи). Соответственно, этот подход к пространственному представлению и рассуждениям носит название мереотопологии. Вдохновленные RCC, были введены многочисленные другие системы качественных пространственных отношений, обрабатывающие более специализированные аспекты, такие как направление и ориентация. Вероятно, будет справедливо сказать, что ни одна из этих систем не достигла окончательного статуса ПКР в сообществе КР.

Как уже отмечалось, в рамках GIScience работа Эгенхофера и его сотрудников (Эгенхофер, 1989, 1991; Эгенхофер и Францола, 1991) более известна, чем RCC. Параллели с RCC распространяются на дублирование в собственном формализме Эгенхофера концептуального графа окрестностей для RCC-8 (Egenhofer and Al-Taha 1992). Подход Эгенхофера полностью отличается от RCC, хотя цель, охарактеризовать возможные мереотопологические отношения между пространственными областями, по существу та же.

В своей первой формулировке (Egenhofer 1989) Эгенхофер рассматривал каждую область как характеризуемую ее внутренней частью и границей, а затем описывал топологическую связь между двумя областями с помощью матрицы 2×2 , называемой 4-пересечением, указывающей на пустоту или иным образом. пересечения внутренней части (*int*) и границы (*bdu*) одного с внутренней частью и границей другого:

$$\begin{matrix} & \begin{matrix} bdy(R_2) \\ int(R_2) \end{matrix} \\ \begin{matrix} bdy(R_1) \\ int(R_1) \end{matrix} & \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \end{matrix}$$

Здесь *a*, *b*, *c*, *d* равны 0 или 1 в зависимости от того, пусто ли соответствующее пересечение. Для областей нулевой соразмерности восемь из 16 возможных матриц точно соответствуют соотношениям RCC-8, если обе области предполагаются состоящими из одного компонента связности (см. рис. 6), а остальные восемь не могут иметь места.; но схема может быть применена в равной степени к областям более высокой коразмерности, так что, например, для отношений между областями коразмерности 1 (например, линиями на плоскости) все 16 матриц соответствуют возможным отношениям.

<i>DC</i>	<i>EC</i>	<i>PO</i>	<i>EQ</i>	<i>TPP</i>	<i>NTPP</i>	<i>TPPI</i>	<i>NTPPI</i>
$\begin{pmatrix} 00 \\ 00 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 10 \\ 00 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 11 \\ 11 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 10 \\ 01 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 11 \\ 01 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 01 \\ 01 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 10 \\ 11 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 00 \\ 11 \end{pmatrix}$

Соответствие между РКЦ-8 и 4-м перекрестком Полноразмерное изображение

В последующей формулировке (Egenhofer 1991) Эгенхофер рассматривал внешний вид (*ext*) каждой области в дополнение к ее внутренней части и границе, что привело к 9-пересечению матрица, которая позволяет более точно различать отношения, включающие регионы с более высокой коразмерностью. «Внешнее» здесь просто означает все рассматриваемое пространство, которое не покрыто внутренней частью и границей; обратите внимание, что для областей положительной коразмерности граница и внутренняя часть в смысле Эгенгофера могут пониматься только как топологическая граница и внутренняя часть по отношению к некоторой топологии подпространства, имеющей ту же размерность, что и область, тогда как внешность является топологической внешностью. по отношению к пространству в целом. В более поздних работах Эгенхофер продолжил рассмотрение отношений между, среди прочего, областями в дискретном пространстве (Эгенхофер и Шарма, 1993), областями с отверстиями (Эгенхофер и др., 1994), областями на поверхности сферы (Эгенхофер и др., 1994).2005), направленными отрезками (Kurata and Egenhofer 2006), а также более четкие версии 4-пересечения, полученные за счет включения дополнительной информации о пересечениях (Egenhofer and Franzosa 1995).

Возможно, наиболее существенное различие между системами RCC и Egenhofer заключается в том, что последняя, но не первая, легко вмещает области положительной коразмерности, позволяя выражать отношения между твердыми телами, поверхностями, ребрами и точками, которые нельзя обрабатывать одновременно в РКЦ. Это важно в географических приложениях, например, для выражения отношения между линейной областью L и областью A. Чтобы увидеть, как это работает, рассмотрим три случая, показанные на рис. 7. Граница линейной области считается состоящей из двух ее концов. Матрицы 9-пересечения для этих трех случаев:

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{c} bdy(A) \\ int(A) \\ ext(A) \end{array} \\
 \begin{array}{c} bdy(L) \\ int(L) \\ ext(L) \end{array} \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 \begin{array}{c} bdy(A) \\ int(A) \\ ext(A) \end{array} \\
 \begin{array}{c} bdy(L) \\ int(L) \\ ext(L) \end{array} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 \begin{array}{c} bdy(A) \\ int(A) \\ ext(A) \end{array} \\
 \begin{array}{c} bdy(L) \\ int(L) \\ ext(L) \end{array} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}
 \end{array}$$

показывая, что эта схема способна различать эти качественно различные конфигурации.



Три отношения между линией и площадью
Полноразмерное изображение

Другое важное отличие заключается в том, что методы Эгенгофера могут быть одинаково легко применены к дискретным пространствам (например, к пикселям компьютерного дисплея), тогда как в RCC определение «части» (а именно, что X является частью Y тогда и только тогда, когда все связано с X, также связано с Y) приводит к странным и противоречащим интуиции последствиям при применении в дискретном пространстве.

Лекция 5

НЕ-факторы представления пространственных объектов и явлений

Определения

- качество пространственных данных : оценка сходства между пространственными данными и географической достоверностью, включая как позиционную достоверность, так и атрибутивную достоверность. Чем ближе пространственные данные к истине, тем выше их качество.
- неопределенность пространственных данных : неопределенность подразумевает, что есть что-то, в чем мы не уверены в пространственных данных и анализе по разным причинам, таким как незнание человеческих знаний, обобщение географических особенностей, ошибки измерения и неполное представление всех факторов в анализе.

- точность пространственных данных : измерение погрешности, обычно используемое для сообщения неопределенности положения. Например, набор данных с точностью до 10 м означает, что отображаемое местоположение объекта может находиться на расстоянии до 10 м от его истинного местоположения.
- ошибка пространственных данных : термин, тесно связанный с точностью пространственных данных. Чем меньше ошибка, тем выше точность и тем лучше качество данных.
- геосемантическая неопределенность : неопределенности, связанные с географическими понятиями, классами и ценностями, такие как нечеткие границы «центра города».

Фон

Люди склонны полагать, что компьютерные данные надежны, по крайней мере, более надежны, чем человеческие интерпретации. Когда карта создается с помощью программного обеспечения ГИС или результаты создаются на основе пространственной модели, доказательства кажутся такими убедительными и объективными. Большую часть времени мы полагаемся на наборы данных, собранные и созданные другими агентствами, и никогда не подвергаем сомнению качество данных и не оцениваем соответствие конкретного набора данных поставленным задачам. Однако при переходе от концептуализации к обобщению, от измерения к анализу потеря информации неизбежна; следовательно, все представления о мире несовершенны. Как показано на Рисунке 1, очевидные позиционные расхождения могут присутствовать в наборах данных уличной сети, созданных двумя разными агентствами. Крайне важно выявить, оценить,

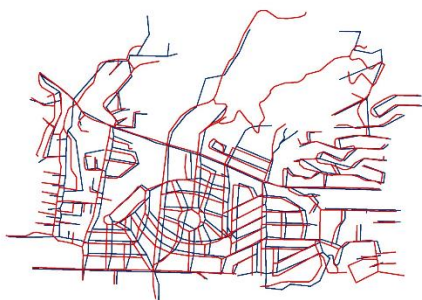


Рисунок 1. Позиционная неопределенность: сети улиц в Санта-Барбаре, Калифорния, из двух разных источников данных (Li & Goodchild, 2011).

В сообществе GIScience проблема неопределенности пространственных данных все больше привлекает исследователей за последние несколько десятилетий. Первая конференция, посвященная этой области, возможно, относится к 1980-м годам, когда Национальный центр географической информации и анализа США (NCGIA) в Санта-Барбаре организовал «Точность пространственных баз данных» (Goodchild & Gopal, 1989). Кроме того, два раза в год организуются двенадцать международных симпозиумов по оценке пространственной точности в области природных ресурсов и наук об

окружающей среде и девять международных симпозиумов по качеству пространственных данных. Еще одним важным вкладом в неопределенность пространственных данных была Конференция по теории пространственной информации (COSIT), которая была создана в 1993 году, особенно в отношении роли неопределенности и неопределенности в геосемантике.

Моделирование неопределенностей, симуляция и визуализация

Был разработан ряд подходов для изучения как позиционной, так и атрибутивной неопределенности. Позиционная неопределенность была оценена с использованием аналитических подходов и моделирования. Аналитические методы используют математические формулы и статистические принципы для описания систематических и случайных ошибок. Для наборов векторных данных, которые включают точки, полилинии и полигоны, все аналитические подходы основаны на представлении ошибок пар координат. Модель эллипса ошибок и ее производные были разработаны для представления неопределенных положений точки с использованием отклонений в направлениях x и y и ковариации координат x и y (Алешейх и др., 1999), при этом центром эллипса является точка. наиболее вероятное положение точки. Для представления неопределенности полилиний были разработаны различные модели, основанные на моделях точечной неопределенности. включая модель диапазона ϵ , модель диапазона ошибок и модель диапазона G (Perkal, 1966; Dutton, 1992; Shi & Liu, 2000). Общая идея неопределенности полилинии - это буфер вокруг линейных объектов, который называется полосой ϵ . Размер буфера ϵ -диапазона зависит от факторов, включая неопределенность положения каждого узла и пространственную автокорреляцию точек вдоль линии. Позиционная неопределенность многоугольников обычно вызвана неопределенностями узлов и линий, составляющих многоугольник, поэтому ее можно оценить с помощью аналогичных методов, упомянутых выше. Кроме того, были разработаны методы оценки характеристик полигонов, таких как площадь, периметр и центр тяжести. Например, неопределенность площади многоугольника изучалась с использованием дисперсии его вершин и ковариации между ними (Chrisman & Yandell, 1988; Zhang &

Аналитические методы представления позиционной неопределенности являются строгими и поддерживаются статистическими теориями; однако предположение о независимых неопределенностях всех вершин редко имеет место. Более того, математические формулы могут быстро стать слишком сложными для реализации со сложными формами объектов и могут быть не лучшим способом сообщить о неопределенности пользователям общих данных. Другой способ представления позиционной неопределенности — это моделирование, которое генерирует большое количество реализаций географических положений на основе случайных величин. Наиболее распространенным методом моделирования является моделирование методом Монте-Карло, которое включает несколько этапов (Алешейх, 1998): найти функцию плотности вероятности ошибок во входных данных, сгенерировать набор случайных величин, взятых из функции плотности

вероятности, выполнять пространственные операции для генерации N выходных реализаций случайных величин и вычислять суммарную статистику из N реализаций. Например, моделирование методом Монте-Карло можно использовать для оценки распространения неопределенностей уклона и экспозиции, которые рассчитываются на основе цифровых моделей рельефа (ЦМР).

Матрица ошибок, также известная как матрица путаницы, является распространенным способом оценки неопределенности категориальных атрибутов. Это матрица представленных категорий по сравнению с истинными категориями для выборки географических объектов, которые могут быть объектами или пикселями в наборах растровых данных. Например, каждая строка записывает каждую представленную категорию в наборе данных, а каждый столбец записывает каждую истинную категорию. Положение каждой точки выборки данных в этой матрице указывает присвоенную ей категорию и истинную категорию. Ошибку совершения (неправильное включение точек данных в истинную категорию) и ошибку пропуска (неправильное исключение точек данных в истинную категорию) можно легко рассчитать с помощью матрицы ошибок. Эти две статистики говорят нам о точности категориальных атрибутов.

Визуальное представление также важно для описания неопределенности пространственных данных. MacEachren (1992) рекомендовал четыре графические переменные для передачи пространственной неопределенности: четкость контура, четкость заполнения, туманность и разрешение. Кроме того, MacEachren et al. (2005) исследовали различные картографические инструменты для эффективной одновременной передачи как географических данных, так и неопределенности, особенно с точки зрения концептуализации и принятия решений. Совсем недавно MacEachren и соавт. (2012) оценили использование ими визуальной семиотики для характеристики различных типов неопределенности на основе двух эмпирических исследований.

Геосемантическая неопределенность

Геосемантическая неопределенность обычно относится к двусмысленности и неопределенности, связанным с географическими понятиями, классами и значениями, которые иногда носят субъективный характер без согласованных определений. Примеры таких понятий включают холм и гору (какой порог высоты отличает холм от горы), центр города (где проходит граница центра города Лонг-Бич) и окраины (согласно Verube et al., 2006 доступно более восемнадцати определений). Измерить этот тип неопределенности с помощью статистики или математических формул непросто. Геосемантическая неопределенность обычно изучается с использованием нечетких подходов и когнитивных экспериментов. Нечеткие множества позволяют элементу частично принадлежать множеству с помощью функции принадлежности в диапазоне от нуля до единицы. Например, набор функций принадлежности расстояний может быть построен для представления и визуализации неоднозначности, связанной с концепцией эксурбанизации (Van &

Ahlqvist, 2009). В результате различные степени серости могут использоваться для представления вероятности того, что конкретное место находится за городом или не за городом, что не может быть эффективно визуализировано в виде четких границ (рис. 2).

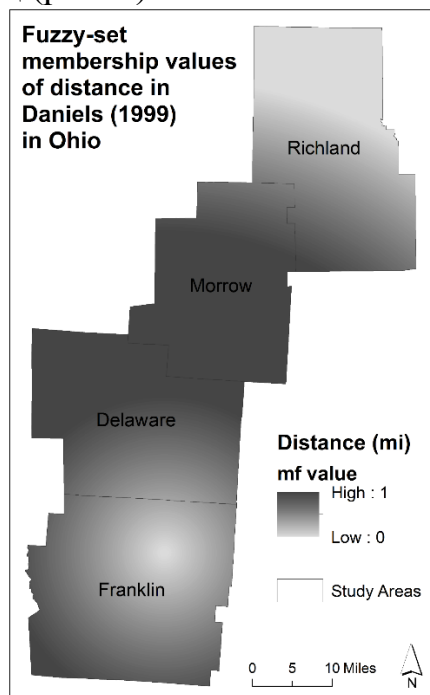


Рис. 2. Неопределенные границы эксурбанизации с использованием нечеткой функции принадлежности. Более темный цвет указывает на более высокую степень эксурбанизации (Li et al., 2018).

В дополнение к нечетким подходам к изучению нечетких географических понятий, поведенческие и когнитивные методы также были приняты для визуализации и оценки геосемантической неопределенности. Это направление исследований основано на опросах и интервью для эмпирического определения содержания неопределенного пространственного понятия, такого как протяженность региона или пространственных отношений, таких как далекое и близкое. Например, Монтелло и др. (2003) набрали 36 участников, чтобы они нарисовали контур центра Санта-Барбары на базовой карте и объединили эти карты, чтобы визуализировать нечеткие границы, используя затенение с плотностью точек. В более позднем исследовании, проведенном им и его коллегами, были изучены неопределенные регионы «Северной» и «Южной» Калифорнии с использованием аналогичного подхода (Montello et al., 2014). Тем временем, существует тенденция использовать географические данные из краудсорсинга в дополнение к формальным анкетам и интервью, чтобы выявить восприятие людьми расплывчатых пространственных понятий. Ли и Гудчайлд (2012) определили нечеткие границы нескольких крупных мест во Франции, используя фотографии с геотегами, собранные с Flickr. Гао и др. (2017) повторили исследование регионов северной и южной Калифорнии с использованием данных из пяти источников пользовательского контента и получили аналогичные результаты.

Неопределенность больших геопространственных данных

Неопределенность всегда была фундаментальной проблемой в GIScience. Однако особенно важно оценить неопределенность в больших геопространственных данных, иногда называемых добровольной географической информацией (VGI, Goodchild, 2007), из-за отсутствия контроля качества при создании данных. Гудчайлд и Ли (2012) предложили три метода оценки качества VGI. Во-первых, на основе краудсорсингового подхода более высокая точность данных связана с большим количеством рецензентов и редакторов. Эффективность этого подхода была подтверждена несколькими исследованиями качества данных OpenStreetMap (например, Haklay, 2010). Этот метод лучше всего работает для областей или географических объектов, которые вызывают интерес у большого количества людей, например, уличные сети в Лондоне. Второй, социальный подход устанавливает иерархию экспертов по качеству данных на основе их результатов и репутации в конкретном проекте сбора данных. Этот подход имитирует систему социальной иерархии в любой профессии, которая упорядочивает людей по относительно линейной лестнице. Люди наверху имеют больше власти и контроля над управлением данными, особенно в случае спора. Этот подход был принят многими открытыми и совместными проектами, такими как Википедия и OpenStreetMap. Хотя каждый пользователь может создавать и редактировать любой объект, люди на более высоком уровне принимают решение относительно качества конкретной части географической информации, когда возникают разногласия. В-третьих, географический подход опирается на географические теории и принципы для оценки качества географических данных. Географический факт, несовместимый с географическими правилами, может быть помечен как потенциально неточный или неверный. Примером может служить бар, ошибочно привязанный к историческому месту. Кроме того, географические данные из открытых источников можно сравнивать с авторитетным или высокоточным эталонным набором данных для создания отчета о контроле качества, как продемонстрировал Haklay (2010). Одним из основных ограничений этого метода является отсутствие базы данных золотого стандарта, поскольку географические данные из краудсорсинга охватывают широкий спектр географических тем, не включенных ни в какие официальные наборы данных. как показано Хаклаем (2010). Одним из основных ограничений этого метода является отсутствие базы данных золотого стандарта, поскольку географические данные из краудсорсинга охватывают широкий спектр географических тем, не включенных ни в какие официальные наборы данных. как показано Хаклаем (2010). Одним из основных ограничений этого метода является отсутствие базы данных золотого стандарта, поскольку географические данные из краудсорсинга охватывают широкий спектр географических тем, не включенных ни в какие официальные наборы данных.

Лекция 6

Модели знаний и логического вывода в пространственных ситуациях

Люди рациональны — точка зрения, часто приписываемая Аристотелю, — и основным компонентом рациональности является способность рассуждать (1). Задача когнитивистов, соответственно, состоит в том, чтобы проанализировать, какие умозаключения являются рациональными, как умственные процессы делают эти умозаключения и как эти процессы реализуются в мозгу. Научные попытки ответить на эти вопросы восходят к истокам экспериментальной психологии в XIX веке. С тех пор ученые-когнитивисты установили три убедительных факта о человеческом мышлении. Во-первых, люди, не обученные логике, способны делать логические выводы, и они могут делать это в отношении материалов, далеких от повседневной жизни. Действительно, многие люди наслаждаются чистой дедукцией, о чем свидетельствует всемирная популярность задач sudoku (2). Во-вторых, у разных людей наблюдаются большие различия в способности рассуждать, и они коррелируют с показателями академических достижений, выступая в качестве косвенных показателей для показателей интеллекта (3). В-третьих, почти все виды рассуждений, от двумерных пространственных выводов (4) до рассуждений, основанных на сентенциальных связях, таких как «если» и «или», не поддаются вычислительной обработке (5). По мере того, как количество различных элементарных предложений в выводах увеличивается, рассуждения вскоре требуют вычислительной мощности, превышающей любое конечное вычислительное устройство, независимо от того, насколько оно велико, включая человеческий мозг.

Примерно 30 лет назад в психологии существовал консенсус в отношении того, что наша способность рассуждать зависит от неявной ментальной логики, состоящей из формальных правил вывода, сходных с правилами логического исчисления (например, ссылки 6–9). Эта точка зрения имеет более поздних сторонников (10, 11). Однако цель этой статьи состоит в том, чтобы описать альтернативную теорию и некоторые доказательства, подтверждающие ее. Чтобы подготовить сцену, в нем излагаются счета, основанные на ментальной логике, и описываются трудности, с которыми они столкнулись, что привело к развитию альтернативной теории. В отличие от ментальной логики, она предсказывает возникновение систематических ошибок в рассуждениях, и в статье описываются некоторые из этих недостатков в наших рассуждениях. Тем не менее, в людях есть семена рациональности — иначе развитие математики, науки и даже самой логики было бы невозможно; и, как показано в статье, некоторые сильные стороны человеческого мышления превосходят нашу нынешнюю способность их понять.

Ментальная логика

Гипотеза о том, что рассуждение зависит от ментальной логики, постулирует два основных этапа дедуктивного вывода. Восстанавливаем логическую форму помещения; и мы используем формальные правила для доказательства вывода (10, 11). В качестве примера рассмотрим помещения: Либо рынок работает лучше, либо я не смогу выйти на пенсию. Я смогу выйти на пенсию.

Первая посылка — это исключительная дизъюнкция: истинно либо одно предложение, либо другое, но не оба. Логическая форма должна соответствовать формальным правилам психологических теорий, и поэтому, поскольку в теориях нет правил для исключаящих дизъюнкций, первой посылке присваивается логическая форма, которая соединяется с инклюзивной дизъюнкцией, которая допускает, что оба предложения могут быть истинными, с отрицанием этого случая: A или не- B и не (A и не- B).Б.

Затем формальные правила дают доказательство A , соответствующее заключению: *рынок работает лучше*. Количество шагов в доказательстве должно предсказывать сложность вывода; и некоторые данные подтвердили это предсказание (10 , 11). Тем не менее, проблемы существуют для ментальной логики.

Основной проблемой является начальный этап восстановления логической формы утверждений. Рассмотрим, например, знаменитый совет мистера Микобера (из романа Диккенса «*Дэвид Копперфильд*»): Годовой доход двадцать фунтов, годовой расход девятнадцать фунтов девятнадцать и шесть, в результате счастье. Годовой доход двадцать фунтов, ежегодные расходы двадцать фунтов и шесть, в результате нищета.

Какова его логическая форма? Логик может это вычислить, но не существует алгоритма, который мог бы восстановить логическую форму всех повседневных утверждений. Трудность в том, что логическая форма, необходимая для ментальной логики, — это не просто вопрос синтаксиса предложений. Это зависит от знания, например, что девятнадцать фунтов девятнадцать (шиллингов) и шесть (пенсов) меньше, чем двадцать фунтов, и что счастье и несчастье — несовместимые свойства. Оно может даже зависеть от знания контекста, в котором произносится предложение, если, скажем, его говорящий указывает на вещи в мире. Таким образом, некоторые логики сомневаются в том, что логическая форма применима к повседневным рассуждениям (12). Его извлечение может, в свою очередь, зависеть от самого рассуждения (13) с последующей опасностью бесконечного регресса.

Другие трудности существуют для ментальной логики. Учитывая предпосылки моего примера о выходе на пенсию, какой вывод вы должны сделать? Логика дает только одно ограничение. Заключение должно быть *действительным* ; то есть, если посылки верны, то и заключение должно быть истинным, а значит, заключение должно быть верным во всех случаях, когда верны посылки (14). Логика дает бесконечно много правильных выводов из любого набора предпосылок. Из моих предпосылок справедливо следует, что: *я смогу уйти в отставку, и я смогу уйти в отставку, и я смогу уйти в отставку* . Большинство из этих правильных выводов глупы, а глупость вряд ли рациональна. Тем не менее, оно совместимо с логикой, и поэтому одна только логика не может характеризовать рациональное мышление (15).). Теории ментальной логики прилагают все усилия, чтобы предотвратить глупые выводы, но затем с трудом объясняют, как мы признаем, что приведенный выше глупый вывод верен.

Еще одна трудность для ментальной логики заключается в том, что мы отказываемся от верных выводов, когда с ними сталкиваются грубые факты. Логика может установить такие несоответствия — более того, один метод логики использует их для получения правильных выводов: вы отрицаете вывод, который нужно доказать, добавляете его к посылкам и показываете, что результирующий набор предложений несовместим (14). Однако в ортодоксальной логике из противоречия вытекают какие бы то ни было выводы, и, таким образом, никогда не приходится отменять заключение. Соответственно, логика монотонна: чем больше посылок добавляется, тем монотонно увеличивается количество верных выводов, которые можно сделать. Люди не рассуждают таким образом. Они склонны отказываться от выводов, противоречащих грубым фактам, и эта склонность рациональна — до такой степени, что теоретики разработали различные системы рассуждений, которые не являются монотонными (16). Еще одна проблема для ментальной логики заключается в том, что манипуляции с содержанием влияют на выбор индивидуумов, случаи которого опровергают общую гипотезу в задаче, известной как задача «отбора» Уэйсона (17). Производительность в задании открыта для различных интерпретаций (18,19), включая мнение о том, что люди стремятся не к дедуктивным рассуждениям, а к оптимизации количества информации, которую они могут получить из доказательств (20). Тем не менее, эти проблемы привели к альтернативной концепции человеческого мышления.

Ментальные модели

Когда люди воспринимают мир, зрение дает мысленную модель того, что и где находится на сцене перед ними (21). Точно так же, когда они понимают описание мира, они могут построить аналогичное, хотя и менее богатое представление — ментальную модель мира, основанную на значении описания и на их знаниях (22). Текущая теория ментальных моделей (для краткости — теория «моделей») делает три основных предположения (23). Во-первых, каждая ментальная модель представляет то, что является общим для отдельного набора возможностей. Итак, у вас есть две ментальные модели, основанные на совете Микобера: одна, в которой вы тратите меньше, чем ваш доход, и другая, в которой вы тратите больше. (Что происходит, когда ваши расходы равны вашим доходам, — это вопрос, который Микобер не рассматривал.) Во-вторых, ментальные модели являются *знаковыми*, насколько они могут быть. Эта концепция, восходящая к логике XIX века Пирсу (24), означает, что структура представления соответствует структуре того, что оно представляет. В-третьих, ментальные модели описаний представляют истинное за счет ложного (25). Этот принцип *истины* снижает нагрузку, которую модели оказывают на нашу рабочую память, в которой мы держим свои мысли, пока размышляем о них (26). Принцип кажется разумным, но он имеет неожиданное последствие. Это приводит, как мы увидим, к систематическим ошибкам в дедукции.

Когда мы рассуждаем, мы стремимся к выводам, которые верны или, по крайней мере, вероятны при данных предпосылках. Тем не менее, мы также стремимся к выводам, которые являются новыми, экономными и сохраняют

информацию (15). Таким образом, мы не делаем вывод, который только повторяет посылку, или является конъюнкцией посылок, или добавляет альтернативу возможностям, на которые ссылаются посылки, даже если каждый из этих видов заключения верен. Рассуждения, основанные на моделях, приводят к таким выводам. Мы ищем отношение или свойство, которое явно не утверждалось в посылках. В зависимости от того, выполняется ли оно во всех, в большинстве или в некоторых моделях, мы делаем вывод о его необходимости, вероятности или возможности (23 , 27).). Когда мы оцениваем дедуктивную достоверность вывода, мы ищем контрпримеры к заключению (т. е. модель возможности, согласующуюся с предпосылками, но не с заключением). Чтобы проиллюстрировать рассуждения, основанные на ментальных моделях, снова рассмотрим посылки: Либо рынок работает лучше, либо я не смогу выйти на пенсию. Я смогу выйти на пенсию.

Основными данными при построении ментальных моделей являются значения посылок. Первая предпосылка выявляет две модели: одна о том, что рынок работает лучше, а другая о том, что я не могу выйти на пенсию. Вторая предпосылка исключает эту вторую модель, и, таким образом, сохраняется первая модель: рынок работает лучше.

Иконки

Зрительный образ является иконическим, но значки также могут отображать состояния дел, которые невозможно визуализировать, например, трехмерные пространственные представления слепых от рождения людей или абстрактные отношения между множествами, которые мы все представляем. Одним из больших преимуществ иконической репрезентации является то, что она дает отношения, которые не утверждались в посылках (24 , 28 , 29).). Предположим, например, что вы изучаете пространственные отношения между пятью объектами, например, что А находится слева от В, В находится слева от С, D находится перед А, а Е находится перед С, и вы спрашиваете: «Какова связь между D и E?» Вы можете использовать формальные правила, чтобы вывести это отношение, учитывая аксиому, фиксирующую транзитивность «находится слева от». Из первых двух предпосылок вы бы сделали вывод, что А находится слева от С, а затем, используя некоторые сложные аксиомы, касающиеся двух измерений, вы бы сделали вывод, что D находится слева от Е. Вариант задачи должен упростить ваше формальное доказательство. : конечная посылка вместо этого утверждает, что Е находится перед В. Теперь переходный вывод больше не нужен: вам нужно только сделать двумерный вывод. Итак, ментальная логика предсказывает, что эта задача должна быть проще. Фактически, 28). Обе проблемы, однако, имеют единую иконическую модель. Например, первая задача выявляет пространственную модель такой планировки:

А	В	С
Д		Е

Вторая проблема отличается только тем, что Е находится перед В. Напротив, выводы об отношении между D и E становятся намного сложнее, когда описание согласуется с двумя разными схемами, которые требуют либо

двух моделей, либо, по крайней мере, какого-либо способа. следить за пространственной неопределенностью (30 – 32). Тем не менее, такие описания могут избежать необходимости в первоначальном транзитивном выводе, и поэтому ментальная логика не может сделать правильное предсказание. Аналогичные результаты подтверждают использование иконических репрезентаций в темпоральных рассуждениях, основанных ли они на таких отношениях, как «до» и «после» (33), или на манипуляциях во времени и аспекте глаголов (34).

Многие транзитивные выводы — детская игра. То есть сделать их способны даже дети (35 , 36). Однако некоторые транзитивные выводы представляют проблему даже для взрослых (37). Рассмотрим эту проблему: Ал — кровный родственник Бена. Бен является кровным родственником Кэт. Ал кровный родственник Кэт?

Многие отвечают: «Да». Они делают интуитивный вывод на основе одной модели типичных прямых потомков или родственных отношений (38). Подсказка к контрпримеру помогает предотвратить ошибочный вывод: люди могут быть связаны браком. Следовательно, Ал и Кэт могли быть родителями Бена, а не кровными родственниками друг друга.

Визуальные образы иконичны (39 , 40), поэтому можно предположить, что они лежат в основе рассуждений. Это возможно, но не необходимо (41). Люди различают отношения, вызывающие визуальные образы, такие как «*грязнее, чем*», отношения, вызывающие пространственные отношения, такие как «*перед*», и абстрактные, такие как «*умнее, чем*» (42). Их рассуждения самые медленные из отношений, которые легко визуализировать. Изображения мешают рассуждениям, почти наверняка потому, что требуют обработки нерелевантных визуальных деталей. Исследование с использованием функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) показало, что визуальные образы — это не то же самое, что построение ментальной модели (43).). Выводы, вызывающие визуальные образы, снова заняли у участников больше времени, и, как показано на рис. 1 , эти выводы, в отличие от выводов, основанных на пространственных или абстрактных отношениях, вызвали дополнительную активность в области зрительной коры. Зрительные образы не нужны для рассуждений.

Рассуждения о связях, которые легко визуализировать, но трудно предусмотреть пространственно активированные области во вторичной зрительной коре, V2 (43). На рисунке показана значительная активация из-за контраста между такими задачами и абстрактными задачами (с точки зрения цветовой шкалы значений z нормального распределения) с перекрестием в локальном пиковом вокселе. *Верхний левый*: сагиттальный разрез, показывающий заднюю часть мозга слева. *Нижний левый*: горизонтальный разрез, показывающий заднюю часть мозга слева. *Вверху справа*: венечный срез, правая часть мозга справа. [Воспроизведено с разрешения исх. 43 (Авторское право 2003, MIT Press Journals).]

Недостатки человеческого мышления

Возможности обработки рабочей памяти человека ограничены (26). Наша интуитивная система рассуждений, которую часто называют «системой 1», не использует ее для получения промежуточных выводов. Следовательно, система 1 может построить единую явную ментальную модель предпосылок, но не может ни рекурсивно изменять эту модель, ни искать ей альтернативы (22). Чтобы проиллюстрировать это ограничение, рассмотрим мое определение оптимиста: оптимист = деф.человек, который считает, что оптимисты существуют. Это правдоподобно, потому что вы не очень оптимист, если не верите, что оптимисты существуют. Тем не менее, это определение имеет интересное свойство. Оба президента Обама и Буш заявили по телевидению, что они оптимисты. Допустим, они говорили правду, теперь вы знаете, что оптимисты существуют, а значит, согласно моему рекурсивному определению, вы тоже оптимист. Определение распространяет оптимизм, как вирус. Однако вы не сразу понимаете это следствие или даже то, что мое определение безнадежно, потому что пессимисты тоже могут верить в существование оптимистов. Когда вы размышляете над определением, используя «систему 2», как известно, вы можете использовать рекурсию и понимать эти последствия.

Эксперименты продемонстрировали аналогичные ограничения в рассуждениях (44 , 45), в том числе сложность удержания в памяти альтернативных моделей дизъюнкций (46). Рассмотрим эти послышки о конкретной группе людей: Энн любит Бет. Все любят тех, кто любит кого-то.

Следует ли из этого, что все любят Энн? Большинство людей понимают, что это так (45). Следует ли из этого, что Чарльз любит Диану? Большинство людей говорят: «Нет». Им ничего о них не говорили, и поэтому они не являются частью их модели ситуации. На самом деле следует. Все любят Анну, и, таким образом, снова используя вторую послышку, следует, что все любят всех, а из этого следует, что Чарльз любит Диану — при условии, что вопрос предполагает, что они оба входят в группу. Трудность вывода состоит в том, что он требует рекурсивного использования второй послышки, чтобы сначала установить, что все любят Энн, а затем установить, что все любят всех. Неудивительно, что сделать вывод о том, что Чарльз не любит Диану, еще труднее, если изменить первую предпосылку на «Энн не любит Бет» (45).

Количество ментальных моделей

Теория моделей предсказывает, что чем больше моделей нам нужно принять во внимание, чтобы сделать вывод, тем сложнее должен быть вывод — мы должны занимать больше времени и делать больше ошибок. Многие исследования подтвердили это предсказание, и нет никаких надежных результатов, противоречащих этому — один очевидный контрпример (10) оказался неверным (46). Итак, со сколькими моделями может справиться система 2? Конкретное число может варьироваться от человека к человеку, но общий ответ заключается в том, что более трех моделей вызывают проблемы.

В типичной демонстрации использовались пары дизъюнктивных послышек, например: Рафаэль в Такоме или Джулия в Атланте, но не то и другое одновременно. Джулия в Атланте или Пол в Филадельфии, но не то и другое одновременно. Что следует?

Каждая предпосылка имеет две ментальные модели, но они должны последовательно комбинироваться. На самом деле они дают только две возможности: Рафаэль находится в Такоме, а Пол — в Филадельфии, или Джулия — в Атланте. Этот вывод был самым простым среди множества задач (47). Исследование также включало пары *инклюзивных* дизъюнкций, в остальном сходных с приведенными выше. В этом случае каждая посылка имеет три модели, а их соединение дает пять. Участники из широкой публики сделали выводы из обоих видов пар (47). Процент точных выводов резко упал с исключаяющих дизъюнкций (чуть более 20%) до инклюзивных дизъюнкций (менее 5%). Для студентов Принстона этот показатель упал примерно с 75% для эксклюзивных дизъюнкций до менее 30% для инклюзивных дизъюнкций (48). Это последнее исследование также показало, что диаграммы могут улучшить рассуждения, если они являются образными. Возможно, самым поразительным результатом было то, что наиболее частыми выводами были те, которые согласовывались только с одной моделью предпосылок. Рабочая память действительно ограничена, и все мы предпочитаем думать только об одной возможности.

Эффекты контента

Содержание затрагивает все аспекты рассуждения: интерпретацию посылок, сам процесс и формулировку выводов. Рассмотрим эту проблему: Все французы в ресторане — гурманы. Некоторые гурманы в ресторане — любители вина. Что, если что-нибудь, последует?

Большинство участников эксперимента (49) спонтанно сделали вывод: Поэтому некоторые французы в ресторане любители вина.

Другие участники исследования получили несколько иной вариант задачи, но с той же логической формой: Все французы в ресторане — гурманы. Некоторые гурманы в ресторане - итальянцы. Что, если что-нибудь, последует?

Только очень небольшая часть участников сделала вывод: Некоторые из французов - итальянцы.

Большинство понимало, что никакого определенного вывода об отношениях между французами и итальянцами не следует.

Результаты трудно согласовать с ментальной логикой, потому что оба вывода имеют одинаковую логическую форму. Однако модельная теория предсказывает это явление. В первом случае люди представляют себе ситуацию, соответствующую обеим предпосылкам, например следующую модель трех человек в ресторане:

Frenchman	gourmet	wine-drinker
Frenchman	gourmet	wine-drinker
Frenchman	gourmet	

Эта модель позволяет сделать вывод о том, что некоторые французы пьют вино, и этот вывод весьма правдоподобен — экспериментаторы знали, что это так, потому что они уже попросили судейскую коллегию оценить правдоподобность предполагаемых выводов в исследовании. Итак, в этот момент, придя к достоверному заключению, рассуждающие были

удовлетворены и объявили о своем заключении. Второй пример дает исходную модель того же типа:

Frenchman	gourmet	Italian
Frenchman	gourmet	Italian
Frenchman	gourmet	

Из этого следует вывод, что часть французов — итальянцы. Однако для большинства этот вывод нелеп, опять же, как показывают рейтинги судейской коллегии. Следовательно, участники более усердно искали альтернативную модель помещения, которую, как правило, находили:

Frenchman	gourmet
Frenchman	gourmet
Frenchman	gourmet
gourmet	Italian
gourmet	Italian

В этой модели ни один француз не является итальянцем, а значит, модель является контрпримером к исходному выводу. Две модели вместе взятые не позволяют сделать какого-либо убедительного вывода о французах и итальянцах, поэтому участники ответили, что из этого ничего не следует. Таким образом, содержание может влиять на процесс рассуждения и в этом случае мотивировать поиск контрпримера (см. также ссылку 50). Однако содержание оказывает иное влияние на рассуждения. Он может модулировать интерпретацию связей, таких как «если» и «или» (51). Это может повлиять на выводы, основанные на одной модели, возможно, потому, что людям трудно строить модели неправдоподобных ситуаций (52).

Лекция 7

Построение образов ситуаций.

Хотя, как уже отмечалось, KR вплотную занялась формальной трактовкой времени раньше, чем пространственная, в GIScience развитие по достаточно очевидным причинам шло наоборот. Пространство является здесь основной областью — поскольку географическое явление обязательно является пространственным — раннее развитие ГИС, естественно, было сосредоточено на способах обработки пространства и пространственных отношений без привязки к временному измерению. В результате ГИС превратилась в очень сложную среду для представления и, в некоторой степени, рассуждений о пространственных отношениях между географическими объектами, существовавшими в определенный момент истории. Это, по сути, снимокмира, хотя естественно предположить, что рассматриваемые пространственные свойства достаточно долговечны, чтобы можно было считать, что «моментальный снимок» остается действительным в течение достаточно длительного периода времени, чтобы быть полезным без необходимости постоянного обновления. Многие географические факты действительно обладают необходимой устойчивостью: в целом границы стран и других политических и административных единиц остаются стабильными в течение периодов лет (во многих случаях многих лет), как и большинство

географических объектов — как природных (например, озер, реки, горы, побережье) и антропогенные (например, дороги, железные дороги, здания, города): заведомо бросающиеся в глаза исключения (например, резкие изменения политических границ в Восточной Европе после окончания холодной войны, области относительно быстрая береговая эрозия) лишь подчеркивают относительную стабильность остальных.

На самом деле практически никогда не бывает действительно мгновенного снимка, поскольку сбор данных должен происходить в течение длительного периода времени. Тем не менее, вполне разумно публиковать карту с целью дать, скажем, расположение улиц и важных зданий в конкретном городе, как они были на момент публикации, даже если мы знаем, что могут возникнуть некоторые неточности, а не из-за неточной съемки, а из-за изменений, которые происходят между временем, когда конкретный элемент данных был записан, и временем, когда карта была опубликована. Таким образом, в качестве идеализации мы можем принять идею снимка как парадигму вневременной ГИС, то есть ГИС, в которой временное измерение полностью подавлено.

Отсюда естественным первым шагом при включении времени в ГИС является рассмотрение индексированной по времени последовательности моментальных снимков. Это определяется как Стадия I в «Краткой истории времени в ГИС», представленной Worboys (2005). Но, как указал Уорбойс, последовательность снимков не содержит никакой явной информации об изменении объектов или о процессах и событиях. Сноска¹⁰ Уорбойз определяет введение явного упоминания об изменении как Стадию II в своей краткой истории, в то время как Стадия III вводит «полнокровное рассмотрение изменений с точки зрения событий и действий».

В последние годы многие авторы подчеркивали необходимость ГИСауки для обработки процессов, событий и других временных явлений (Peuquet 1994; Claramunt and Thériault 1995; Yuan 2001; Worboys 2005.), но, несмотря на эти неоднократные призывы к действию и многие индивидуальные успехи, остается верным то, что GIScience еще не разработала стабильный, согласованный набор концептуальных и формальных инструментов для этого, сравнимый с тем, что было доступно в течение многих лет в отношении чисто пространственной части предприятия. В сообществе KR, как мы видели, было много работы, посвященной развитию хороших формализмов для пространства, времени, движения, изменения и т. д., и естественно задаться вопросом, благодаря этой ли работе GIScience в конечном итоге приобрести столь необходимые формальные и вычислительные инструменты, чтобы иметь возможность обрабатывать временные явления с легкостью и беглостью, которые уже проявляются при обработке чисто пространственных явлений.

В оставшейся части этого раздела основное внимание будет уделено ряду конкретных тем, затрагивающих как время, так и пространство и важных для ГИСауки: непрерывность, причинность и идентичность.

Непрерывность является фундаментальным принципом организации пространственных и временных данных. Поскольку большинство эффектов

уменьшается с расстоянием (в пространстве или во времени), существует общая тенденция для близлежащих мест быть более похожими друг на друга, чем для более удаленных мест. Это явление автокорреляции, которое лежит в основе большинства методов пространственной и временной интерполяции. Сноска 11 Для вещественных переменных это приводит к предположению непрерывности в строгом математическом смысле, и это предположение лежит в основе наиболее широко используемых методов интерполяции. Интерполяция — это форма немонотонного рассуждения, т. е. рассуждение, которое приводит к выводам, рассматриваемым как правдоподобные, но не гарантированные логически, и, следовательно, уязвимые для фальсификации после дальнейшего сбора данных (Antonίου 1997). Немонотонные рассуждения были предметом интенсивного изучения в сообществе KR с целью разработки расширений или замен стандартной логики для имитации правдоподобных рассуждений повседневной жизни. Случай временных немонотонных рассуждений (Сандеволл и Шохам, 1995; Шанахан, 1997.) получил особое внимание, ключевыми понятиями здесь являются различные формы минимизации изменений: например, постоянство, принцип, согласно которому при отсутствии каких-либо оснований для вывода о том, что изменение имело место, по умолчанию можно предположить, что ничего не изменилось; и, в более общем смысле, выбор такого вывода, который сводит к минимуму количество необъяснимых изменений, фактически максимизируя временную автокорреляцию. Там, где, как в этих случаях, интерполируемая переменная имеет дискретный диапазон значений (например, значения истинности для утверждений в немонотонной логике), не может быть непрерывности в математическом смысле; автокорреляция фактически заменяет здесь строгую непрерывность. Нечто подобное видно на концептуальных диаграммах соседства для систем отношений, таких как RCC; при непрерывном движении или деформации отношение RCC между двумя областями прослеживает путь на концептуальной диаграмме соседства. Считая отношения с соседями «близкими», это просто форма временной автокорреляции. Автокорреляция, обнаруженная в дискретной переменной, может отражать непрерывность некоторых основных непрерывных переменных, от которых зависит дискретная переменная; например, дискретные качественные отношения РКЦ-8 зависят от непрерывных количественных характеристик областей, а концептуальная диаграмма соседства для РКЦ-8 может быть выведена из количественного описания пространства возможных областей с помощью точно определимого гомоморфное отображение (Гальтон 2001). В зависимости от того, какие непрерывные переменные выбраны, для дискретных значений могут быть получены различные концептуальные отношения соседства (Freksa 1992a; Davis 2001).

Временную интерполяцию можно использовать для заполнения пробелов между наблюдениями в разное время, но для экстраполяции в будущее или объяснения настоящего с точки зрения прошлого нам нужно нечто более мощное: причинно-следственная модель процессов, порождающих изменения. Причинность была важной темой в KR и тесно связана с проблемами

немонотонных темпоральных рассуждений. В контексте ИИ причинность изучалась как компонент теорий действия, где агент должен рассуждать о влиянии своих действий на мир, а также других агентов, как для того, чтобы предсказать, что произойдет, так и для того, формулировать планы действий. Ранним формализмом, оказавшим далеко идущее влияние на последующие разработки ИИ и КР, является ситуационное исчисление (Маккарти и Хейс).1969 г.); в основе формализма лежит представление типа действия как, по сути, отображения из ситуаций в ситуации, дающего основу как для определения результата выполнения заданной последовательности действий, исходя из данной ситуации (прогноз), так и для вывода соответствующей последовательности действий для получения желаемого положения дел, исходя из данной ситуации (планирование). Отдельное направление развития обязано своим происхождением другой весьма влиятельной статье (Kuipers, 1984 .), который использовал «качественные дифференциальные уравнения» в качестве основы для системы предсказания качественного поведения механизмов, характеризующихся непрерывными параметрами, изменяющимися во времени. Поведение можно визуализировать как отслеживание пути через сеть «воображения», которая напоминает концептуальные диаграммы соседства для пространств качественных отношений; эта связь дополнительно исследуется в Гальтоне (2001).

Третьей важной темой является идентичность . Проблемы, связанные с идентификацией, естественным образом возникают в результате все более широкого применения объектно-ориентированных подходов к моделированию данных в ГИС (Egenhofer and Frank 1992 ; Worboys 1994).). Идентичность объекта — это то, о чем можно сказать, что оно сохраняется при всех изменениях, которым может подвергнуться объект; это не должно быть чем-то материальным, но, возможно, устойчивым образцом организации или деятельности, или, может быть, просто ярлыком. Но некоторые изменения в мире могут повлиять на идентичность содержащихся в нем объектов: объекты могут возникать или исчезать, а для некоторых типов объектов могут происходить преобразования, такие как слияние или разделение; для других объектов возможна реинкарнация, то есть возобновление существования после временной приостановки (например, когда комитет распускается, а затем восстанавливается) (Medak 2001). Изменения такого рода были систематизированы под рубрикой «изменения, основанные на идентичности» (Hornsby and Egenhofer , 1998 , 2000).). Хотя эта работа в основном сосредоточена на созданных человеком географических объектах, таких как страны и другие политические или административные единицы, некоторые идеи могут быть также применены к природным объектам, для которых проблемы идентичности могут быть особенно острыми: рассмотрим, например, случай озеро, которое становится двумя отдельными озерами в результате понижения уровня грунтовых вод; если уровень грунтовых вод впоследствии снова поднимается и озера сливаются в одно, должны ли мы сказать, что это перевоплощенное первоначальное озеро или новое озеро, занимающее то же место? Сама природа не дает ответа на этот вопрос, но это вопрос, на который

необходимо ответить для целей регистрации фактов об озере (озёрах) в любой информационной системе, признающей озеро как объект особого типа. Все это, конечно, тесно связано с темой онтологии,

Лекция 8

Методы использования опыта в принятии решений

Ученые и практики в области географии, ГИС и смежных областях все чаще ищут визуальные решения для решения сложных наших самых насущных социальных, экологических и экономических проблем (например, Andrienko et al., 2007 ; Goodspeed et al., 2016 ; Jankowski). et al., 2001 ; Jankowski and Nyerges, 2001 ; Rinner, 2003 ; Robinson et al., 2017 ; Thomas and Cook, 2005 ; Yang et al., 2017). Такие визуализации используют широкую сенсорную полосу пропускания глаза для мозга, масштабируя когнитивные способности лиц, принимающих решения, в соответствии со сложностью проблемы (Roth and MacEachren, 2016).). Для решений, которые являются явно пространственными, основной визуализацией, закрепляющей рассуждения, является карта (Jankowski and Richard, 1994 ; Leung, 2012), и все чаще эти карты становятся интерактивными и доставляются онлайн (Goodchild, 2015 ; Muehlenhaus, 2013 ; Peterson, 2003) .). Однако существует несколько эмпирически полученных руководств по разработке интерактивных карт, которые поддерживают сложные рассуждения и принятие решений в контексте проблем (MacEachren, 2015).

Мы устраняем этот пробел с помощью тематического исследования экологической справедливости (ЕJ) в торговле опасными отходами в Северной Америке. Активность и исследования EJ используют карты для понимания неравномерного социального бремени экологических опасностей, таких как кластеры воздействия опасных отходов (например, Buzzelli and Jerrett, 2003 ; Sider et al., 2015) и корреляции с маргинализированными группами населения (например, Kweon et al. ., 2016 ; Лара-Валенсия и др., 2009). Принятие решений на основе EJ требует учета ряда социальных, экологических и экономических аспектов, которые различаются географически в зависимости от конкретных мест (Coutinho-Rodrigues et al., 1997).). Кроме того, сообщества должны быть приглашены к участию в пространственном принятии решений об управлении опасностями (Laurian, 2005), предоставляя ряду различных заинтересованных сторон возможность формулировать проблемы и обсуждать альтернативы с использованием карт (Elwood and Leszczynski, 2013 ; Jankowski, 2009 ; Talen, 1999) . .

Соответственно, проблемы EJ в торговле опасными отходами в Северной Америке обеспечивают важный и своевременный проблемный контекст для исследования дизайна интерактивных карт, которые поддерживают принятие пространственных решений. В частности, мы задаем три исследовательских вопроса:

Влияет ли сложность картографического интерфейса на успех принятия пространственных решений? Не все интерактивные картографические системы работают одинаково. Сложность интерфейса описывает количество

интерактивных операторов на карте (т. е. область действия) и точность, с которой каждый оператор может интерактивно регулироваться (т. е. свобода) (Hartower and Sheesley, 2005). Эмпирические исследования показывают, что сложность интерфейса влияет на то, как пользователь работает с интерактивной картой (например, Dou et al., 2010; Jones et al., 2009; Keehner et al., 2008.), а определение влияния сложности интерфейса на рассуждения и принятие решений является серьезной исследовательской задачей в области картографии, геовизуализации и визуальной аналитики (Roth et al., 2017).

Влияет ли сложность решения на успех принятия пространственных решений, поддерживаемых интерактивными картами? Не все контексты принятия решений одинаковы. Сложность решения описывает количество критериев принятия решения и потенциальных результатов (Jelohani-Niaraki and Malczewski, 2015). В то время как предыдущие исследования оценивали влияние сложности решений на процесс принятия решений, исследования эффективности интерактивных карт при различной сложности решений ограничены (см. Armstrong and Densham, 1995; Crossland et al., 1995; Speier, 2006). Таким образом, разработка полезных и удобных интерфейсов, поддерживающих процесс принятия решений, является серьезной исследовательской задачей, стоящей перед наукой о пространственных решениях и проектированием систем поддержки принятия пространственных решений (Leung, 2012).

Зависит ли влияние сложности картографического интерфейса и пространственной сложности решения от опыта лица, принимающего решения? Наконец, не все лица, принимающие решения, думают одинаково. Индивидуальные различия влияют на использование всех карт, интерактивных или иных (Griffin et al., 2017). Здесь мы специально изучаем опыт пользователей, сочетание образования, опыта и знакомства с данным предметом (Roth, 2009). Это особенно актуально при совместном картировании для принятия справедливых экологических решений, когда профессиональные и гражданские заинтересованные стороны обсуждают ряд событий, мнений и ценностей через интерфейс карты, чтобы прийти к решению (Элвуд, 2006).

Мы рассмотрели эти исследовательские вопросы с помощью онлайн-картографического исследования, в ходе которого 122 участника должны были предположить два гипотетических сценария торговли опасными отходами в Северной Америке, просмотреть географическую информацию о воздействии EJ, используя разные интерактивные карты для каждого сценария, и прийти к оптимальному решению. Мы следовали факторному плану 2×2 , используя сложность интерфейса (назначаемую между группами) и сложность решения (назначаемую внутри групп, что приводит к двум протестированным сценариям для каждого участника) в качестве независимых переменных и контролируя опыт участников и другие аспекты картографического дизайна.

Сложность картографического интерфейса и сложность пространственного решения рассматриваются в ряде направлений исследований, связанных с интерактивным картографированием. MacEachren (1994) выделяет

три континуума, определяющих все контексты использования карты, при этом каждый вопрос исследования, перечисленный выше, касается одного аспекта каждой оси: взаимодействие человека с картой (RQ1: от сложных интерфейсов для исследования до простых интерфейсов для представления), задача (RQ2: от сложных до простые решения) и пользователи (RQ3: от экспертов до неспециалистов, принимающих решения).

Существует ряд дизайнерских решений, влияющих на эффективность интерактивной карты, включая цели и потребности пользователей, сложность интерфейса, общее удобство использования, совместимость браузеров и устройств, а также визуальный стиль и компоновку (см. Howard and MacEachren, 1996). Сложность интерфейса (RQ1) описывает объем и свободу интерактивной карты (Harrower and Sheesley, 2005), которые в совокупности определяют общее количество уникальных представлений, которые может создать пользователь. Мы сузили наше внимание до масштабов этого исследования, которое определяется количеством реализованных уникальных примитивов операторов или универсальных форм интерактивных функций, таких как панорамирование, масштабирование и т. д. (см. Roth, 2013)). В то время как стремление к исследовательской визуализации привело к разработке ряда гибких наборов картографических инструментов, поддерживающих ряд операторов (например, Bostock et al., 2011 ; Hardisty and Robinson, 2011), эмпирические исследования показали, что уменьшение сложности может лучше поддерживать конкретные задач (например, Dou et al., 2010 ; Jones et al., 2009 ; Keehner et al., 2008). Однако большинство эмпирических исследований интерактивных карт дали неоднозначные результаты в отношении полезности конкретных примитивов операторов (например, Andrienko et al., 2002 ; Edsall, 2003 ; MacEachren et al., 1998 ; Poplin, 2015 ; Roth and MacEachren, 2016), предполагая, что решение о включении данного оператора зависит от задачи и пользовательского контекста (Griffin et al., 2017). В этом исследовании мы сосредоточились на пяти операторах, основанных на двух наиболее распространенных стратегиях проектирования интерфейсов в веб-картографии и визуализации: простая веб-карта , включающая панорамирование, масштабирование и поиск деталей (Sample and Ioup, 2010), и более сложный поиск информации . стратегия, поддерживающая наложение данных («сначала обзор»), панорамирование/масштабирование и фильтрацию («масштабирование и фильтрация») и извлечение («подробности по запросу») (Шнейдерман, 1996).

Принятие решений — это когнитивный процесс более высокого уровня, посредством которого человек оценивает все доступные факторы, чтобы сделать выбор в отношении данной проблемы (Payne et al., 1993). Сложность решения (RQ2) описывает количество критериев и результатов, связанных с решением (Jelohani-Niaraki and Malczewski, 2015). В то время как простые решения, как правило, имеют правильный результат решения, более сложные решения зависят от оптимальности или ранжирования предполагаемых решений по тому, как они минимизируют или максимизируют различные контекстуальные критерии (Einhorn and Hogarth, 1981)). В этом исследовании мы варьируем количество

критериев принятия решения, сохраняя при этом количество результатов (т. е. мест) постоянным, чтобы поддерживать согласованное ранжирующее решение элементарного уровня в экспериментальных испытаниях, что является одним из распространенных типов задач чтения карты, поддерживающих принятие пространственных решений (см. Andrienko et al., 2003 ; Roth, 2012 (обзор задач по чтению карты)). Как и в случае со сложностью интерфейса, эмпирические результаты в отношении влияния сложности решений на решения, поддерживаемые системами поддержки пространственных решений и интерактивными картами, неоднозначны: Jelokhani-Niaraki and Malczewski (2015) обнаружили значительную разницу в результатах в зависимости от сложности решений, а Crossland et al. (1995) и Янковски и Ньергес (2001) обнаруживая различий в результатах по сложности решения.

Наконец, опыт (RQ3) описывает влияние образования, опыта и знакомства с данным предметом. В то время как MacEachren (1994) первоначально описал эту ось как различие между публичным и частным использованием карты, более позднее внимание (MacEachren et al., 2004) было сосредоточено на опыте пользователя или различиях между обычным и специализированным пользователем карты. Опять же, существуют противоречивые данные о роли опыта в использовании карты: в некоторых исследованиях говорится, что повышение квалификации улучшает использование карты и принятие решений (например, Норе and Hunter, 2007 ; Ooms et al., 2015 ; Roth, 2009), в то время как другие никакого влияния (например, Aerts et al., 2003 ; Evans, 1997 ; Янковски и Ньергес, 2001 г.).

Тематическое исследование: Экологическая справедливость и транснациональная торговля опасными отходами

Мы изучили вышеупомянутый интерфейс, решение и соображения лиц, принимающих решения, на примере ЕУ в торговле опасными отходами в Северной Америке. Это тематическое исследование является частью более крупного проекта по отслеживанию и картированию импорта опасных отходов в США из Канады и Мексики в поддержку инициатив ЕУ и совместного принятия решений (<http://www.geography.wisc.edu/hazardouswaste/>) . Здесь опасные отходы определяются как отходы, которые могут причинить вред людям или окружающей среде, а также являются горючими, коррозионными, реакционноспособными и/или токсичными.

Подготовительное исследование

Прежде чем приступить к изучению онлайн-карты, мы провели четыре этапа подготовительного исследования. Во-первых, мы получили данные о транснациональной торговле опасными отходами посредством двух запросов Закона о свободе информации (FOIA) в Агентство по охране окружающей среды США (ЕРА) и оцифровали предоставленные импортные декларации в геокодированный набор данных о потоках отходов (см. Nost et al., 2017 для подробностей). Во-вторых, мы провели однодневный семинар по картированию в Университете Висконсин-Мэдисон, названный Design Challenge, для изучения набора данных (см. Moore et al., в печати). для подробностей). В-третьих, мы провели серию полуструктурированных интервью с тремя экспертами в

предметной области, чтобы выяснить исходный контекст транснациональной торговли опасными отходами (подробности в дополнительных онлайн-материалах). Мы использовали эту информацию от экспертов в предметной области для информирования сценариев принятия решений, описанных ниже. Наконец, мы провели пилотное исследование с предварительной версией исследования с восемью студентами в картографической лаборатории Университета Висконсин-Мэдисон, чтобы выявить любые неточности или проблемы в экспериментальном плане.

Наши материалы следовали факторному плану 2×2 : (1) сложность интерфейса и (2) сложность решения. Далее для краткости мы описываем экспериментальные условия в обоих факторах как простые и сложные, признавая, что интерфейс и сложность решения на самом деле являются континуумами, а описания простого и сложного относятся к средней точке, зависящей от контекста. Мы получили наборы данных о социальных и экологических критериях принятия решений для фактора сложности решения от Бюро переписи населения США, Геологической службы США, Data.gov и Министерства сельского хозяйства США (таблица 2). Мы включили предприятия по производству опасных отходов в двух разных географических контекстах — в Огайо, в основном с импортом из Канады, и в Техасе, в основном с импортом из Мексики, — в результате было создано восемь уникальных интерактивных карт. Использование двух местоположений уменьшало индивидуальную предвзятость для региона, препятствовало изучению закономерностей карт и собирало два уникальных пространственных решения во время исследования, удваивая количество испытаний решений для анализа. Мы создали учебные вопросы и интерактивные карты, используя платформу опроса MapStudy с открытым исходным кодом, разработанную в лаборатории картографии Университета Висконсина в Мэдисоне (<http://www.github.com/uwcart/>, Sack and Roth, 2016).

Таблица 2. Факторы сложности интерфейса и сложности решения.

Таблица 2. Факторы сложности интерфейса и сложности решения.

Посмотреть увеличенную версию

Мы варьировали условия сложности интерфейса в зависимости от области интерфейса (RQ1). Простое условие было ограничено операторами панорамирования, масштабирования и извлечения, обычными для скользких веб-карт, а сложное изменение добавляло фильтр и наложение. Таким образом, сложная вариация не давала больше информации о решении, а скорее предоставляла дополнительные способы получения (через наложение) или манипулирования (через фильтр) отображаемой информацией. В обоих условиях использовалась одна и та же приглушенная базовая карта с ограниченными

контекстными функциями и без меток, способствующих взаимодействию во время принятия решений. Все остальные аспекты дизайна интерфейса (например, удобство использования, совместимость, визуальный дизайн и компоновка) контролировались факторами.

Мы варьировали условия сложности решения по количеству критериев решения (RQ2), при этом простое и сложное условие включало три и пять критериев соответственно (по Crossland et al., 1995).). В обоих случаях мы включили один экономический критерий (килограммы импортируемых отходов), сбалансировали остальные критерии между экологическими и социальными последствиями и нанесли на карту семь перерабатывающих предприятий, чтобы контролировать количество результатов принятия решений. Включение семи результатов решения основано на географии транснациональной торговли опасными отходами, поскольку в настоящее время ни в одном государстве нет более семи перерабатывающих предприятий. Мы представили килограммы ввезенных отходов, используя пропорциональные символы на объекте, а другие критерии сделали доступными только через взаимодействие. Чтобы определить «оптимальное» или «правильное» ранжирование семи объектов по предоставленным критериям, мы классифицировали каждый критерий принятия решения по трем категориям и присвоили значения 1–3 (1 = низкий риск, 3 = высокий риск) для получения общего риска. оценка по критериям. Мы выбрали критерии таким образом, чтобы общие баллы были равномерно распределены по семи учреждениям, что привело к «правильному» ранжированию семи учреждений при рассмотрении всей доступной информации (т.е. критериев принятия решений) в равной степени в соответствии с фокусом EJ. На интерактивных картах сообщалась классификация каждого критерия принятия решения и отображалась по порядковой шкале низкого-высокого риска.

Решения участников, связанные с каждой картой, фиксировались с помощью форм ранжирования (задача «Карта»; рис. 1).б и 1в). Наряду с этими ответами все взаимодействия с картой, выполненные участниками при оценке каждого сценария, были зафиксированы приложением MapStudy и записаны в базу данных. Мы не собирали время реакции на решение или время взаимодействия, учитывая возможность разной скорости загрузки и разделения внимания в онлайн-среде неконтролируемого тестирования.

Мы оценивали правильность ранжирования с использованием коэффициента ранговой корреляции Кендалла (Crossland et al., 1995 ; Mennecke et al., 2000). Анализ Кендалла обеспечивает как меру правильности ($\tau^{-b}\tau^{-b}$) по шкале от -1 до 1 и количество статистически правильных наблюдений при $p = 0,05$. Мы собрали самооценку сложности и уверенности по пятибалльной шкале Лайкерта. Наконец, мы закодировали взаимодействие участников для каждого решения оператором и резюмировали использование оператора по экстенсивности (независимо от того, использовался ли оператор хотя бы один раз для принятия решения) и частоте (общее количество взаимодействий для принятия решения) (Guo et al., 2016 ; Roth). и MacEachren, 2016).

Мы провели z-тесты для различий в зависимых переменных между вариантами сложности простого и сложного интерфейса и соединили два выборочных t-теста для различий между условиями сложности решения (простой, сложный), географией (Огайо, Техас), порядком (1-й, 2-й) и экспертиза (эксперт, неэксперт). Наконец, мы использовали тесты χ^2 для определения различий в экстенсивности и частоте операторов взаимодействия.

результаты и обсуждение

Общая эффективность решения

Общая правильность рейтинговых решений $\bar{b} = 0.629$ $t\text{-знак}$ равно 0.629 ($SD = 0,449$), что указывает на положительную корреляцию между наблюдаемыми рейтингами участников и ожидаемыми правильными рейтингами. 56,6% результатов решения были статистически правильными при $p = 0,05$. Общая сложность всех ранжирующих решений составила 2,3/5 ($CO = 1,1$; 5 = очень сложно), а общая достоверность составила 4,1/5 ($CO = 0,9$; 5 = очень уверенно). Эти совокупные результаты показывают, что два решения были должным образом упрощены для исследуемой выборки и временных ограничений, но все же достаточно сложны, чтобы достоверно отразить контекст реальных проблем в области управления и регулирования опасных отходов. Полные таблицы результатов см. в дополнительных онлайн-материалах.

Мы не обнаружили существенных различий по географии (Огайо, Техас) или порядку (1-й, 2-й) в отношении правильности, сложности или достоверности решения. Таким образом, дизайн исследования успешно контролировал смешанные эффекты, чтобы изолировать два исследуемых фактора.

Участники взаимодействовали с картой во время 243 из 244 решений (99,6%), в общей сложности 5900 комбинированных взаимодействий, что свидетельствует о том, что обучающий блок должным образом познакомил участников с доступной интерактивностью. Однако в использовании операторов наблюдались большие различия как по экстенсивности ($\chi^2 = 362,25$, $p < 2,2 \cdot 10^{-16}$), так и по частоте ($\chi^2 = 24,834$, $p = 0,003$), что означало, что применение операторов было неэффективным. при принятии решений использовались случайные и, следовательно, преднамеренные стратегии взаимодействия. В целом, участники больше всего использовали извлечение деталей, затем панорамирование и наложение наборов данных и относительно ограниченное использование фильтрации и масштабирования. Мы снова не обнаружили существенных различий во взаимодействии по географии или порядку.

Сложность интерфейса

Сложность интерфейса (фактор № 1) была основным фактором, влияющим на эффективность принятия решений в исследовании онлайн-карты (рис. 2). Участники работали значительно лучше, когда им давали простой интерфейс, который не включал наложение или фильтр ($z = 4,102$, $p = 4,102 \times 10^{-5}$); 68,4% решений были статистически правильными для простого условия ($\bar{b} = 0.732$ $t\text{-знак}$ равно 0.732), но только 41,7% для сложного состояния ($\bar{b} = 0.500$ $t\text{-знак}$ равно 0.500).

Рисунок 2. Сравнение средних значений и стандартных отклонений различных условий с общими. (а) Результаты корректности для простого/сложного интерфейса и сложности решений и экспертов/неспециалистов по опасным отходам. б) результаты сложности для простого/сложного интерфейса и сложности решений, а также для экспертов/неспециалистов по опасным отходам. в) результаты достоверности для простых/сложных интерфейсов и сложных решений, а также для экспертов/неспециалистов по опасным отходам. Большие точки указывают на значимость. См. полные таблицы результатов в дополнительных онлайн-материалах.

Участники также обнаружили, что решения, поддерживаемые сложным условием интерфейса, значительно сложнее, чем простые условия ($z = -3,198$, $p = 0,001$). Включение дополнительных операторов взаимодействия в сложное условие сделало решение более сложным для участников, хотя само решение не изменилось. Соответственно, увеличенный объем взаимодействия и его повышенная воспринимаемая сложность, вероятно, объясняют снижение правильности решения в сложном состоянии.

Кроме того, участники были значительно менее уверены в своих решениях при использовании сложного интерфейса ($z = 2,941$, $p = 0,003$). Таким образом, повышенная сложность интерфейса не только снизила правильность при увеличении воспринимаемой сложности, но и пошатнула доверие участников. В реальном сценарии это снижение уверенности может привести к тому, что лица, принимающие решения, будут более склонны полагаться на предыдущий опыт или личное мнение при планировании.

Наблюдаемые различия в правильности, сложности и достоверности между простыми и сложными условиями сложности интерфейса уточнялись журналами взаимодействий. В то время как участники взаимодействовали больше, когда им предъявлялось сложное условие (19,15 против 30,51 взаимодействий на решение), мы не обнаружили существенных различий в общих взаимодействиях ни по экстенсивности ($t = 0,619$, $p = 0,580$), учитывая подавляющее число участников, которые взаимодействовали, хотя бы один раз или по частоте ($t = 0,352$, $p = 0,759$), учитывая большие различия во взаимодействиях между участниками. Увеличение взаимодействия с комплексом условие было ожидаемым, учитывая более широкий охват интерфейса, но также подчеркивает важность ограничений в интерактивных инструментах поддержки принятия решений, поскольку дополнительное время, затрачиваемое на взаимодействие, не проясняло решение, а вместо этого усложняло его.

Однако взаимодействия у отдельных операторов различались в зависимости от условий сложности интерфейса. Испытуемые извлекали значительно больше раз в простом условии, чем в сложном ($t = 3,77$, $p = 0,033$). Кроме того, 100% участников хотя бы один раз использовали извлечение

в простом состоянии, но только 80,6% в сложном состоянии, большая, хотя и незначительная разница ($t = 3,03$, $p = 0,058$). На извлечение приходится 76,2% всех операторов, применяемых в простых условиях, и только 35,6% в сложных условиях. Таким образом, в то время как участники в основном полагались на выборку для принятия решения при использовании простого интерфейса участники стали чаще использовать более широкий набор операторов в сложном интерфейсе, таких как панорамирование и наложение.

В то время как участники применяли панорамирование относительно часто в обоих условиях, зависимость от наложения в сложном состоянии особенно примечательна и предполагает, что между простыми и сложными интерфейсами использовались отдельные стратегии взаимодействия. Первые полагаются на извлечение, а вторые используют оверлей. Интересно, что извлечение и наложение представляют собой противоположные интерактивные подходы для взвешивания критериев принятия решений по сравнению с результатами решения, при этом извлечение представляет несколько критериев для одного результата (например, в виде текстовой информационной панели, привязанной к одному средству обработки), а наложение представляет один критерий для всех результатов решения. (например, как новый визуальный слой, добавленный на карту). В тематическом исследовании участники добились большего успеха с текстовой стратегией, ориентированной на поиск, чем с визуальной стратегией, ориентированной на наложение. С географической точки зрения масштаб решения мог повлиять на относительную полезность извлечения по сравнению с наложением, поскольку сосредоточение извлечения на одном результате, вероятно, более полезно для

Наконец, качественная обратная связь показала, что фильтрация не была полезна для пары решений, что еще больше усложняло взаимосвязь между исследовательским поиском информации и инструментами поддержки принятия решений, и что панорамирование и масштабирование в основном использовались для того, чтобы позволить операторам работать с уменьшенным пространством экрана для интерактивной карты в разделенной панели MapStudy (рис. 1). Эти операторы не оказывали влияния на принятие решений. Таким образом, стратегии взаимодействия участников не указывали на существенный поиск информации с использованием сложного интерфейса, несмотря на ожидания (по Shneiderman, 1996).

Сложность решения

Сложность решения (фактор № 2) оказала гораздо меньшее влияние на принятие решений, чем сложность интерфейса (рис. 2). Мы не обнаружили существенной разницы в правильности между условиями сложности решения ($t = -1,352$, $p = 0,179$). Тем не менее, участники немного лучше справлялись со сложными решениями ($\bar{t} = 0,661$, \bar{t} -знак равно $0,661$, 59,0% статистически правильных), чем простые решения ($\bar{t} = 0,597$, \bar{t} -знак равно $0,597$, 54,1% статистически правильных), противоречивый результат, поскольку простое условие имело меньше критериев и, следовательно, ожидалось, что оно будет проще. В качественной обратной связи несколько

участников отметили, что более широкий набор критериев в сложном состоянии давал участникам больше сигналов о том, как завершить решение, и модулировал индивидуальную предвзятость в сторону сосредоточения внимания на одном критерии решения по сравнению с рассмотрением всех критериев. Как указывалось выше, эта разница не была существенной, а это означает, что сложность интерфейса, а не сложность решения, влияла на правильность результатов решения для исследования.

Мы также не обнаружили существенной разницы между условиями сложности интерфейса в сложности ($t = 0,810$, $p = 0,419$) или достоверности ($t = -0,797$, $p = 0,427$). Таким образом, большая сложность решения не всегда означает большую сложность решения или снижение уверенности. Как и в случае с правильностью, на обе зависимые переменные влияла сложность интерфейса, а не сложность решения.

Было несколько заслуживающих внимания различий в стратегиях взаимодействия между простыми и сложными условиями сложности решения. Как и в случае фактора сложности интерфейса, мы не обнаружили существенных различий между условиями в экстенсивности взаимодействия ($t = -0,127$, $p = 0,902$) или частоте ($t = -0,203$, $p = 0,844$). Мы также не обнаружили существенных различий между уровнями сложности решений при использовании отдельных операторов. Опять же, именно сложность интерфейса, а не сложность решения, определяла то, как участники разрабатывали стратегии взаимодействия для поддержки своего процесса принятия решений.

Экспертиза

Опыт оказал сдерживающее влияние на то, как участники использовали интерактивные карты для принятия пространственных решений (рис. 2). В целом эксперты ($\bar{t} = 0,655$, \bar{t} -знак равно $0,655$, $58,3\%$ статистически правильно) немного превзошли неэкспертов ($\bar{t} = 0,626$, \bar{t} -знак равно $0,626$, $56,4\%$ статистически правильно), однако эта разница не была значимой ($t = 0,294$, $p = 0,769$). Это правдоподобный результат, учитывая, что только 10% выборки были экспертами, что является ограничением исследования, учитывая небольшую и относительно недоступную группу экспертов.

Интересно, что мы обнаружили значительную разницу между экспертами и неэкспертами в достоверности ($t = -2,723$, $p = 0,007$), но не в сложности ($t = 0,467$, $p = 0,641$), с неэкспертами ($4,1/5$, $SD = 0,9$) увереннее в своих ответах, чем эксперты ($3,6/5$, $SD = 1,1$). Хотя этот вывод кажется нелогичным, на самом деле он может свидетельствовать о том, что группа экспертов продемонстрировала свои предварительные знания, должным образом оценив серьезность решения. Эксперты понимали последствия своих решений и более полно взвешивали затраты на их решения (некоторые из которых могут быть неопределенными) в соответствии с их достоверностью. Напротив, неспециалисты отсутствовало воздействие реальных последствий, что привело к повышению уверенности. Этот вывод важен для совместного принятия решений по ЭЮ, поскольку широкая общественность может быть не полностью осведомлена о предшествующих последствиях в

аналогичных местах и, следовательно, нуждаться в таком контексте в дополнение к местной информации, но также иметь уникальное понимание своих собственных рисков, которые важно учитывать. В совместном обсуждении.

Важно отметить, что стратегии взаимодействия экспертов и неэкспертов существенно различались. В целом, эксперты (29,54 взаимодействия на решение) взаимодействовали с картой чаще, чем неспециалисты (всего 23,60 взаимодействия на решение), и мы обнаружили значительные различия в использовании каждого оператора как по экстенсивности, так и по частоте.

Соответственно, анализ операторов взаимодействия в разных областях знаний дополнительно прояснил различия в стратегиях взаимодействия. Как сообщалось выше, участники, использующие текстовую стратегию, ориентированную на поиск, показали лучшие результаты, чем участники, использующие визуальную стратегию, ориентированную на наложение. Однако эксперты более широко использовали наложение, чем неспециалисты (100,0% против 80,2%), но менее широко использовали извлечение (83,3% против 92,3%). Поскольку не было существенной разницы в правильности между условиями экспертизы — с экспертами, которые давали несколько более правильные решения — стратегия наложения не всегда была субоптимальной, а скорее требовала определенного уровня знаний для эффективного использования. Одна из гипотез состоит в том, что специалисты легче интерпретировали символы наложенной карты, что позволяло им просматривать один критерий (атрибут) по результатам (сайтам), в то время как неспециалисты полагались на текст, не относящийся к карте, содержащийся во всплывающих окнах, представляя информацию для одного результата (сайта) на всех сайтах. все критерии (атрибуты). Эксперты также более широко и часто масштабировали и фильтровали по сравнению с неэкспертами, что предполагает более широкое применение исследовательского поиска информации, на котором был основан сложный дизайн интерфейса.

Выводы: Улучшение принятия пространственных решений с помощью интерактивных карт

В этой статье мы сообщили об эмпирическом исследовании по улучшению принятия пространственных решений с помощью интерактивных карт, используя тематическое исследование проблем EJ в торговле опасными отходами в Северной Америке. В частности, мы задали три вопроса:

Влияет ли сложность картографического интерфейса на успех принятия пространственных решений? Различия в сложности интерфейса существенно повлияли на принятие решений. Без учета модулирующих эффектов более простая интерактивная карта привела к более правильным решениям, снижению воспринимаемой сложности и большей уверенности. Эти результаты подтверждают растущее количество исследований, утверждающих, что чем больше функциональность интерфейса, тем лучше (например, Dou et al., 2010 ; Jones et al., 2009 ; Keehner et al., 2008), при этом соответствующая сложность интерфейса зависит от поставленной задачи и посторонние

операторы, потенциально приводящие к неоптимальным стратегиям взаимодействия (например, Edsall, 2003 ; Roth and MacEachren, 2016).). Эта разница в достоверности важна для науки принятия пространственных решений, поскольку лица, принимающие решения, могут с большей вероятностью полагаться на предыдущий опыт или личное мнение при использовании более сложных интерфейсов. Журналы взаимодействий также объяснили, как сложность интерфейса повлияла на принятие пространственных решений. Для принятия решений появились две интерактивные стратегии: текстовая стратегия, ориентированная на поиск, представляющая несколько критериев для одного результата, и визуальная, ориентированная на наложение стратегия, представляющая один критерий для всех результатов решения. Это различие имеет несколько важных следствий. Участники в целом добились большего успеха при использовании извлечения вместо наложения, возможно, потому, что решение требовало от них ранжировать отдельные сайты, а не обширные регионы. Таким образом, масштаб анализа и рассуждений может повлиять на относительную полезность операторов взаимодействия для данного решения, при этом карта и взаимодействия с картой, возможно, станут более полезными по сравнению с текстовыми альтернативами для общих, а не элементарных задач (Andrienko et al., 2003).). Наконец, участники относительно редко использовали фильтр и масштабирование, что свидетельствует о том, что не все проблемные контексты требуют участия в исследовании (по MacEachren, 1994) и поиске информации (по Shneiderman, 1996).

Влияет ли сложность решения на успех принятия пространственных решений, поддерживаемых интерактивными картами? Не все контексты решений одинаковы, но сложность решения не повлияла на процесс принятия решения. Мы не обнаружили существенных различий в правильности решений, сложности, уверенности или стратегиях взаимодействия между простыми и сложными решениями, что согласуется с результатами Crossland et al. (1995) и Янковски и Ньергес (2001).). Взятые вместе, эти выводы об интерфейсе и сложности решений важны с точки зрения дизайна, поскольку дизайн интерактивной карты может иметь большее влияние на процесс принятия решений, чем само решение. Таким образом, интерактивные картографические инструменты на самом деле могут мешать процессу принятия решений, если они разработаны плохо или для неправильного контекста проблемы. Мы предполагаем, что существует порог, специфичный для каждого контекста проблемы, когда сложность решения, а не сложность интерфейса, оказывает большее влияние на процесс принятия решения и его результаты. В частности, необходимы будущие исследования, чтобы варьировать количество результатов принятия решений в дополнение к критериям принятия решений, чтобы понять взаимодействие всех компонентов сложности решения со сложностью интерфейса.

Зависит ли влияние сложности картографического интерфейса и пространственной сложности решения от опыта лица, принимающего решения? Наконец, различия в опыте участников повлияли на стратегии взаимодействия, которые участники использовали для принятия решения. Мы

ожидаем, что роль экспертизы будет становиться все более важной по мере роста сложности решений. Хотя мы не обнаружили существенной разницы в воспринимаемой трудности в зависимости от опыта, эксперты были значительно менее уверены в своих решениях. Этот вывод подтверждает предыдущую работу над опытом в области картирования и проясняет указанную выше взаимосвязь между сложностью интерфейса и уверенностью: в то время как сложная интерактивная карта снижает доверие и, следовательно, заставит лиц, принимающих решения, с большей вероятностью полагаться на предыдущий опыт или личное мнение, опытные лица, принимающие решения, всегда лучше могут опираться на опыт, особенно на свое понимание потенциальных последствий своих решений. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы понять, как завоевать доверие экспертов и неспециалистов к интерактивным картам для поддержки принятия решений и действий. Различия в стратегиях взаимодействия между экспертами и неэкспертами были поразительны: эксперты использовали более широкий диапазон и количество взаимодействий. Основываясь на этих результатах, эксперты могут использовать более сложные интерактивные карты, в то время как гражданам, не являющимся экспертами, нужны простые интерактивные карты для участия в процессе принятия решений, поддержки МакИхрен (1994). По мере того, как эксперты и неспециалисты начинают работать вместе над управляемым сообществом EJ — и по мере того, как эксперты и неспециалисты продолжают сливаться в эпоху цифровых технологий, управляемой информацией, — мы ожидаем перехода от общих многоцелевых систем к настраиваемым интерактивным картам, адаптированным для конкретного совместного собрания пространственных решений и лиц, принимающих решения.

Интерактивные карты обладают значительным потенциалом для улучшения принятия пространственных решений. В контексте EJ такие интерактивные карты делают разрозненную географическую информацию доступной и удобной для использования, позволяя лицам, принимающим решения, учитывать широкий спектр социальных, экологических и экономических последствий, поскольку они определяют наши будущие ландшафты. Поскольку географическая информация и интерактивные карты для этой информации становятся все более важными для таких пространственных решений, нам нужны будущие исследования того, какие взаимодействия необходимы для каких типов решений и лиц, принимающих решения.