

АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ЗОН ВИДИМОСТИ ОБЪЕКТОВ ПОСЕЛЕНИЯ

М.Д. Шлей

В статье приводятся результаты по разработке метода оценки видимости объектов. Данный метод основан на моделировании лучей видимости от наблюдателя до исследуемого объекта с использованием трехмерной модели поселения. Для определения модели поселения используются триангуляции поверхностей всех строений, рельефа местности и исследуемого объекта. Особое внимание в статье уделено вопросу получения точной количественной характеристики видимости треугольников, из которых состоит модель исследуемого объекта поселения. Предложен алгоритм построения зон видимости объектов поселения. В ходе экспериментов по апробации алгоритма были предложены значения его параметров для достижения наиболее оптимальных результатов по критериям время и точность оценки. Данный алгоритм реализован в информационной системе, позволяющей выполнять анализ видимости отдельных строений городских или сельских поселений.

Ключевые слова: определение зон видимости, триангуляция поверхности, оценка видимости объектов, комплекс программ.

Введение

Использование трехмерной графики для визуализации объектов поселений позволяет наиболее полно представить внешние характеристики сооружений и особенности их расположения. Кроме этого использование трехмерных моделей позволяет решать задачу видимости различных объектов местности с учетом их взаимного расположения. Данная задача возникает в различных областях: при проведении историко-архитектурных исследований поселений, при проектировании застройки, при выборе места размещения высотных станций сотовой связи, при выводе на экран трехмерной графики и моделировании интеллектуального поведения персонажей в компьютерных играх. Поэтому методы ее решения постоянно совершенствуются.

Существующие методы определения видимости предназначены в первую очередь для определения областей местности видимых из определенной точки [1–5]. Но в результате их работы получаем ответ на вопрос – виден ли объект из данной области или нет. Поэтому в общем виде данные методы трудно применять для анализа изменения оценки видимости исследуемого объекта с различных мест поселения. Таким образом, задача построения зон видимости исследуемого объекта в трехмерных моделях поселений с использованием количественной оценки видимости остается актуальной.

В данной статье представлен результат исследования по разработке метода построения зон видимости объектов поселений и его компьютерной реализации. Для оценки видимости объекта из определенной точки поселения предложен метод, учитывающий особенности рельефа местности, размеры объекта, взаимное расположение других объектов поселения и геометрические условия зрительного восприятия человека. Реализованная информационная система позволяет оперативно определить зоны видимости исследуемого объекта поселения. Исходным материалом для этого выступает генеральный план местности, представленный в векторном формате, информация о рельефе местности, представленная в виде матрицы высот и информация об объекте наблюдения. Результаты данной работы, в частности

– реализованную информационную систему, можно применять для выполнения историко-архитектурных исследований традиционных поселений [6, 7]. Работа также актуальная, потому, что систему можно применять при оценке видимости объектов городской застройки, например, при проектировании высотных зданий.

Разработанная информационная система состоит из трех программных модулей:

1. Модуль обработки генерального плана поселений [8]. Данный модуль предназначен для обработки плана местности поселения и поиска на нем: жилых построек, вспомогательных построек, линий дорог и заборов.
2. Модуль расчета продолжительности инсоляции внутреннего пространства жилых построек [9].
3. Модуль построения зон видимости объектов местности. В данном модуле реализованы предложенные алгоритмы по оценке видимости объекта и построения зон видимости, поэтому его описание представлено более подробно.

1. Методы моделирования поверхности

С помощью построения трехмерной математической модели поселения можно выполнять анализ возможности прохождения лучей от заданной точки до исследуемого объекта в трехмерном пространстве, для определения видимых частей объекта. Принимая во внимание благоприятные физические условия видимости (яркость освещения, прозрачность атмосферы, контрастность и др.), модель должна включать в себя поверхности всех построек и рельефа местности. Таким образом, она будет отражать все пространственные данные о формах, размерах, взаимном расположении всех объектов местности и данные о неровности и очертании рельефа.

На практике чаще всего для моделирования поверхностей используют нерегулярные триангуляционные сети [10], поскольку данные структуры дают высокое качество аппроксимации поверхности в отличие от регулярных прямоугольных сетей. Поверхность каждой постройки и рельефа местности представляются в виде триангуляционных сеток состоящих из треугольников, каждая вершина которых задается при помощи трехмерных координат. Таким образом, модель поселения представляется в виде набора треугольников H , который разделяется на: массив треугольников R – описывающих поверхность рельефа; массив треугольников P – описывающих поверхности всех объектов поселения, кроме исследуемого объекта; массив треугольников D – описывающих поверхность исследуемого объекта (например, поверхность одного из строений или водоема).

В реализованной системе создание трехмерной модели поселения выполняется в два этапа. На первом этапе моделируется поверхность рельефа на основании матрицы высот. На втором этапе создаются модели других найденных на плане местности объектов.

Матрица высот описывает значения высоты рельефа с центров квадратов, на которые разделена местность. Чем меньше будут квадраты, тем детальнее будет представлена информация о поверхности рельефа. Для построения полигональной сети модели рельефа используется следующий метод. Сначала для каждого элемента матрицы, зная размеры квадратов и площадь исследуемой территории, можно найти координаты (X, Y) точки, обозначающей соответствующую высоту. Затем для каждых четырех соседних точек определяется средняя точка, координаты которой равны среднему арифметическому координат данных точек. После этого полученные пять точек объединяются в четыре треугольника, по схеме, приведенной на рис. 1. В результате получаем множество треугольников, описывающих поверхность рельефа.

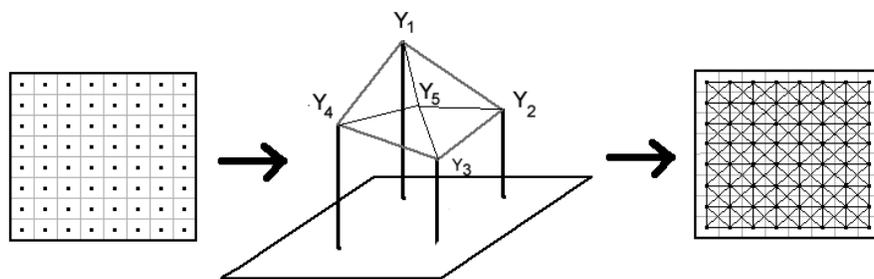


Рис. 1. Моделирование поверхности рельефа

На втором этапе, для каждой найденной постройки строится ее модель, с учетом высоты и формы постройки, а также рельефа местности. Для этого используется эвристический алгоритм, в результате работы которого для каждой постройки на основании плана постройки воссоздается ее трехмерная модель, отражающая форму стен и устройство входа. Данный алгоритм построен на основе анализа структуры типовых зданий с плоскими и неплоскими крышами. Жилые строения в отличие от вспомогательных построек имеют большие размеры и другую форму крыши. В результате получаем множество треугольников P .

Для визуальной проверки построенной модели поселения в системе реализованы средства для просмотра трехмерной модели местности. На рис. 2 приведен пример просмотра результата моделирования поселения, на котором представлено несколько построек размещенных на поверхности рельефа.

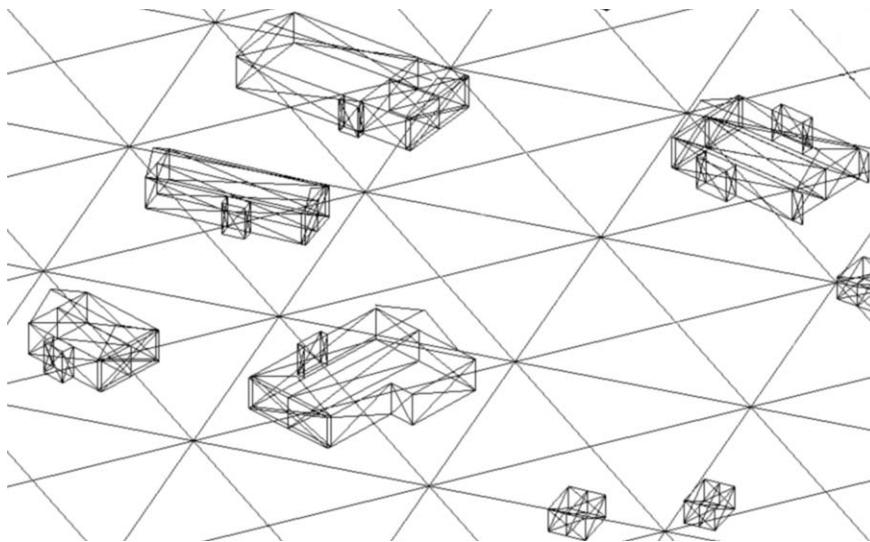


Рис. 2. Просмотр построенной модели поселения

2. Существующие методы определения видимости

Решению задачи определения видимых объектов местности при помощи построения трехмерных моделей посвящено множество работ российских и зарубежных авторов [1–4, 10]. Данные методы основываются на пространственном моделировании поверхности рельефа.

фа и объектов местности. При помощи построенных моделей определяются зоны, из которых лучи видимости могут беспрепятственно доходить до исследуемого объекта. В данных работах описаны условия видимости различных объектов из заданной точки, разработаны методы определения видимых участков местности, предложены алгоритмы для построения зон, которые будут видны из заданной точки. Кроме этого в ряде работ предложены методы по построению поверхностей рельефа при помощи триангуляционных сетей. Предложенные методы и алгоритмы в первую очередь предназначены для решения задачи построения зон видимости по заданному положению наблюдателя, то есть определения, какие участки поверхности рельефа или строений поселения ему видны, а какие нет.

Существуют программные продукты, предназначенные для решения данных задач. Например, в геоинформационной системе ArcGIS реализован модуль 3D Analyst, предоставляющий средства для определения видимости частей поверхности вдоль заданной линии наблюдения, или построения зоны видимости по всей поверхности для заданной точки наблюдения [5]. При помощи данного модуля можно определить зоны видимости с различных точек здания, и после их совмещения получить приближенную оценку зон видимости данного здания [11]. Но предложенный инструментарий, как и вышеуказанные методы, не предполагают получения количественной оценки видимости исследуемого объекта с различных точек поселения с учетом геометрических особенностей зрения человека [12]. Поэтому данные методы довольно сложно применять при реализации системы, позволяющей строить зоны видимости объектов, с помощью которых можно будет анализировать изменение видимости объектов на всей исследуемой территории.

3. Моделирование оценки видимости исследуемого объекта

Взаимное расположение объекта наблюдения и зрителя может быть таким, что лучи зрения от его глаз проходят ко всем точкам объекта наблюдения беспрепятственно (беспрепятственная видимость). В другом случае часть объекта может быть закрыта от зрителя, и лучи зрения проходят только к части наблюдаемого объекта (ограниченная видимость). В качестве преграды для лучей могут выступать другие постройки или возвышенности рельефа местности [12].

В случае использования трехмерной модели, в которой для задания объектов используется триангуляция их поверхностей, вся модель представляет собой совокупность треугольников, которую мы обозначим H . Тогда под беспрепятственной видимостью произвольного треугольника ABC ($ABC \in H$) из некоторой точки N , понимается такое расположение всех других треугольников из множества H , что ни один из них не будет попадать в пирамиду $ABCN$. Если один или несколько треугольников из множества H будут создавать преграду (тень) для некоторых лучей видимости, то видимость треугольника ABC из точки N будет ограниченной. Если данная тень будет перекрывать весь треугольник ABC , то видимость будет отсутствовать.

Рассмотрим случай с беспрепятственной видимостью треугольника ABC из точки N . При благоприятных физических условиях видимость оценка визуального восприятия треугольника зависит от геометрических параметров его расположения относительно точки N (поворот, ракурс, удаленность). На рис. 3 представлено три примера, наглядно иллюстрирующих данную зависимость. В каждом примере рассматривается видимость двух треугольников $A_1B_1C_1, A_2B_2C_2$ из двух точек наблюдения N_1, N_2 . Точками O_1 и O_2 обозначены центры масс (т. е. точки пересечения медиан) соответствующих треугольников.

Пример а). Треугольники $A_1B_1C_1$ и $A_2B_2C_2$ равны между собой. Угол между N_1O_1 и плоскостью треугольника $A_1B_1C_1$ равен углу между N_2O_2 и плоскостью треугольника $A_2B_2C_2$. Длина N_1O_1 больше длины N_2O_2 .

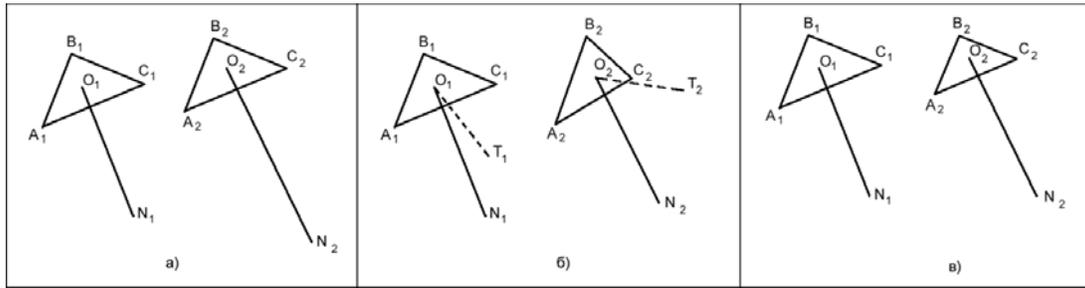


Рис. 3. Примеры изменения визуальной оценки размеров треугольника

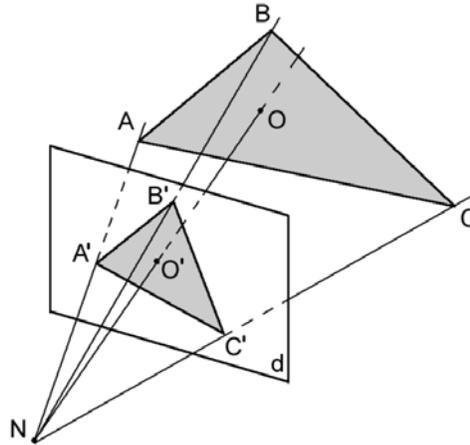


Рис. 4. Построение проекции объекта наблюдения

Пример б). Треугольники $A_1B_1C_1$ и $A_2B_2C_2$ равны между собой. Угол между N_1O_1 и плоскостью треугольника $A_1B_1C_1$ меньше угла между N_2O_2 и плоскостью треугольника $A_2B_2C_2$. Длина N_1O_1 равна длине N_2O_2 .

Пример в). Площадь треугольника $A_1B_1C_1$ больше площади треугольника $A_2B_2C_2$. Угол между N_1O_1 и плоскостью треугольника $A_1B_1C_1$ равен углу между N_2O_2 и плоскостью треугольника $A_2B_2C_2$. Длина N_1O_1 равна длине N_2O_2 .

Для каждого рассмотренного случая будем считать, что треугольник $A_1B_1C_1$ из точки N_1 виден лучше, чем треугольник $A_2B_2C_2$ из точки N_2 , поскольку кажущаяся площадь первого треугольника, больше чем второго. Поэтому в качестве точной количественной характеристики видимости треугольника мы берем площадь центральной проекции этого треугольника на плоскость, перпендикулярную направлению взгляда на центр масс треугольника и удаленную на расстояние 1 от глаза (центра проекции). Отметим особо, что для каждого треугольника получается своя плоскость, чем достигается большая правдоподобность в имитации движения глаз реального наблюдателя. Пример построения данной проекции представлен на рис. 4.

В данном примере плоскость d перпендикулярна прямой NO и находится на расстоянии $NO' = 1$ от точки наблюдения N . Данная плоскость выполняет функцию экрана для наблюдения треугольника ABC . Площадь треугольника $A'B'C'$ будем использовать в качестве оценки видимости треугольника ABC из точки N .

$$V(\triangle ABC, N) = S(\triangle A'B'C').$$

Предложенная функция определения оценки видимости треугольника из произвольной точки трехмерного пространства, предназначена для случая с беспрепятственной видимостью треугольника. Но при анализе видимости объемного объекта, поверхность которого построена при помощи триангуляции, будут возникать случаи с ограниченной видимостью треугольников и с отсутствием видимости. При условии, что объект будет построен при помощи большого количества маленьких треугольников, случай с ограниченной видимостью можно свести к беспрепятственной видимости или к отсутствию видимости. Для этого используется следующий критерий: под беспрепятственной видимостью треугольника ABC из точки наблюдения N понимается такое расположение всех других треугольников из множества H , что ни один из них не будет пересекать отрезок соединяющий точку N с центром масс треугольника точкой O , иначе видимость треугольника будет отсутствовать.

Таким образом, если центр масс треугольника ABC будет виден из точки N , то значит, будет виден и сам треугольник. В связи с этим, определяется необходимое условие к треугольникам полигонального покрытия объекта: треугольники должны быть маленького размера (маленькая площадь, по отношению к исследуемому объекту), необходимо избежать использования «тонких» треугольников, то есть вершины треугольников должны быть как можно ближе к центру треугольника. На рис. 5 приведен пример, показывающий значимость данного условия.

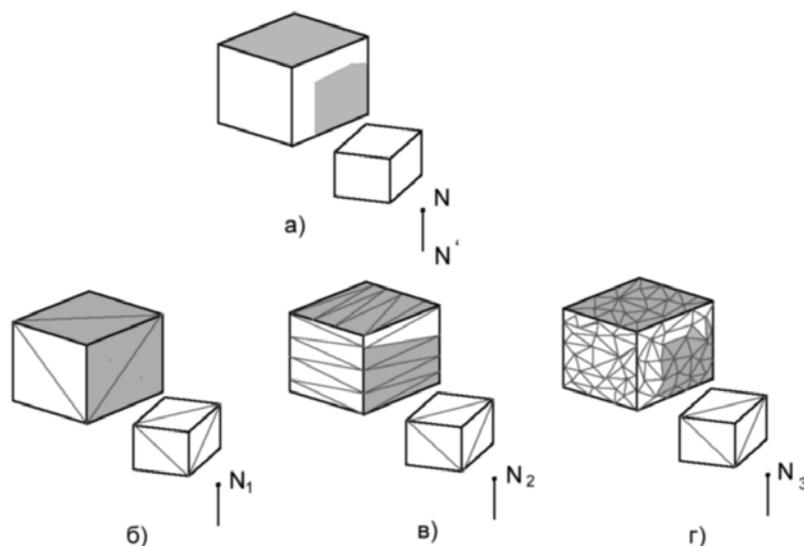


Рис. 5. Примеры использования треугольников различных размеров при построении поверхности

Под буквой а) приведен общий случай эксперимента по наблюдению объекта, серым фоном указаны невидимые из точки N участки поверхности куба. В следующих примерах а), б), г) приведены результаты использования различных триангуляций для моделирования поверхности большого куба. В случае г) наблюдается наиболее правильное разделение треугольников на видимые и невидимые из точки N . При построении модели исследуемого объекта в системе используется полигональная сеть, построенная при помощи метода «триангуляция Делоне», которая дает необходимые треугольники [3]. Пользователь системы имеет возможность задать размеры треугольников, что будет влиять на время работы системы по построению зон видимости и, соответственно, на точность их построения.

В итоге для определения оценки видимости исследуемого объекта целиком необходимо при помощи предложенной функции $V(\triangle ABC, N) = S(\triangle A'B'C')$ оценить видимость каждого треугольника при выполнении условия беспрепятственной видимости. Сумма полученных оценок будет являться оценкой видимости исследуемого объекта. Далее представлен алгоритм для оценки видимости объекта для произвольной точки пространства N .

Алгоритм оценки видимости объекта.

Входные данные: массив треугольников P – описывающих поверхности всех объектов поселения (кроме исследуемого объекта) и поверхность рельефа; массив треугольников D – описывающих поверхность исследуемого объекта; точка N .

Выходные данные: оценка видимости объекта $VisD$.

Шаг 1. Выбираем первый треугольник ABC из массива D .

Шаг 2. Определяем центр треугольника ABC точку O .

Шаг 3. Выбираем первый треугольник FGH из массива P .

Шаг 4. Если треугольник FGH пересекает отрезок ON , данный треугольник ABC считается невидимым, оценку видимости объекта менять не нужно, поэтому идем на Шаг 8. Иначе переходим на Шаг 5.

Шаг 5. Если проверили все треугольники из массива P , то значит, ни один из них не преграждает видимость треугольника ABC , поэтому переходим на Шаг 6. Иначе, если проверили еще не все, то выбираем следующий треугольник FGH из массива P и переходим на Шаг 4.

Шаг 6. Определяем площадь треугольника ABC . Определяем угол между прямой, проходящей через точки O , и плоскостью треугольника ABC .

Шаг 7. Увеличиваем текущую оценку видимости объекта на оценку видимости треугольника ABC при помощи выведенной выше формулы $VisD := VisD + V(\triangle ABC, NO')$.

Шаг 8. Если проверили все треугольники из массива D , то переходим на Шаг 9. Иначе выбираем следующий треугольник ABC из массива D и переходим на Шаг 2.

Шаг 9. Выводим итоговую оценку видимости объекта $VisD$.

Используя предложенный алгоритм, можно построить зоны видимости исследуемого объекта на генеральном плане местности. Для этого исследуемую территорию необходимо разбить на равные квадраты. Для центра каждого квадрата определяется высота поверхности рельефа и определяется точка для определения оценки видимости исследуемого объекта с данного квадрата: Координаты данной точки соответствуют центру квадрата, координата (средняя оценка роста человека). Полученные оценки разбиваются на 5 интервалов, и каждому квадрату назначается цвет в зависимости от того, в какой интервал попадает соответствующая оценка видимости.

Алгоритм построения зон видимости объекта.

Входные данные: массив треугольников P – описывающих поверхности всех объектов поселения и поверхность рельефа, кроме исследуемого объекта; массив треугольников D – описывающих поверхность исследуемого объекта; сторона квадрата, на которые будет разделена исследуемая территория d . Чем больше будет использоваться квадратов, тем более детальное очертание получат выделенные зоны видимости. Количество квадратов зависит от их размеров, но с увеличением числа квадратов уменьшается скорость построения зон видимости, поэтому предлагается использовать квадраты с минимальными размерами настолько, насколько позволит мощность вычислительной системы, чтобы алгоритм работал за приемлемое время.

Выходные данные: массив оценок видимости объекта $VisD_{i,j}$.

Шаг 1. Разбиваем исследуемую территорию на k квадратов со стороной d в плоскости XOY . Получаем массив квадратов $K_{i,j}$.

Шаг 2. Выбираем первый квадрат $l_{i,j}, i = 1, j = 1$.

Шаг 3. Находим центр квадрата $l_{i,j}$ точку N для определения оценки видимости исследуемого объекта с данного квадрата. Относительная высота данной точки $z = 0$, так как квадрат лежит в плоскости XOY .

Шаг 4. Определяем высоту рельефа в точке N . Определяем относительную высоту данной точки, как $z = \text{высота рельефа} + 1.7$ (средняя оценка роста человека), для того, чтобы точка N соответствовала уровню расположения глаз исследователя.

Шаг 5. Определяем оценку видимости объекта $VisD_{i,j}$ для данной точки N , при помощи алгоритма, представленного выше.

Шаг 6. Если проверили все квадраты из $K_{i,j}$, то значит, все оценки видимости объекта для данной территории подсчитаны, поэтому идем на Шаг 7. Иначе выбираем следующий квадрат $l_{i,j}$ из $K_{i,j}$ и идем на шаг 3.

Шаг 7. Находим максимальную и минимальную оценку видимости объекта из всех подсчитанных оценок для исследуемой территории ($VisD_{max}$ и $VisD_{min}$ соответственно). После чего разбиваем итоговый интервал оценок на 5 интервалов.

Шаг 8. Для каждого квадрата $l_{i,j}$ из $K_{i,j}$ определяем степень видимости объекта (отличная, хорошая, средняя, удовлетворительная, плохая видимость или отсутствие видимости), в зависимости от попадания оценки видимости объекта для данного квадрата $l_{i,j}$ в соответствующий интервал.

Замечание 1. Для определения высоты рельефа для заданной точки N используется эвристический алгоритм. При помощи полного перебора всех треугольников, описывающих поверхность рельефа определяется треугольник, в проекцию на плоскости XOY которого попадает точка $N(x, y, 0)$. После чего при помощи уравнения плоскости, проходящей через вершины треугольника определяется координата z для точки N по имеющимся координатам x, y .

Предложенный метод определения зон видимости объектов поселений реализован в информационной системе, предназначенной для проведения историко-архитектурного анализа объемно-планировочной структуры традиционных сельских поселений.

4. Модуль построения зон видимости объектов поселения

Данный модуль предназначен для определения оценки видимости исследуемого объекта поселения из различных точек местности. Входные параметры: информация обо всех найденных на плане местности постройках, матрица высот для создания поверхности рельефа местности, информация о структурообразующем элементе.

Суть работы модуля заключается в создании трехмерной модели поселения по имеющимся данным об объектах поселения и рельефа местности, после чего выполняется анализ видимости исследуемого объекта при помощи «алгоритма построения зон видимости объекта», для заданных пользователем размеров квадратов, на которые разбивается исследуемая территория. Для ускорения работы алгоритма массив точек наблюдения разбивается на четыре части, и обработка каждой части запускается при помощи отдельного потока. В результате работы данного алгоритма строятся зоны видимости объекта, которые выводятся на экран совместно с генеральным планом поселения.

На рис. 6 представлен результат определения зон видимости одной из построек поселения. Наилучшая видимость объекта характерна для наиболее темных областей. Масштаб плана местности 1 : 50 (1 см – 50 м). Размер квадратов, для которых определялась оценка видимости, 1 м. В радиусе 30 метров от исследуемого объекта оценка видимости не подсчитывалась для ускорения алгоритма, поскольку для данной области информация о видимости объекта не актуальна.

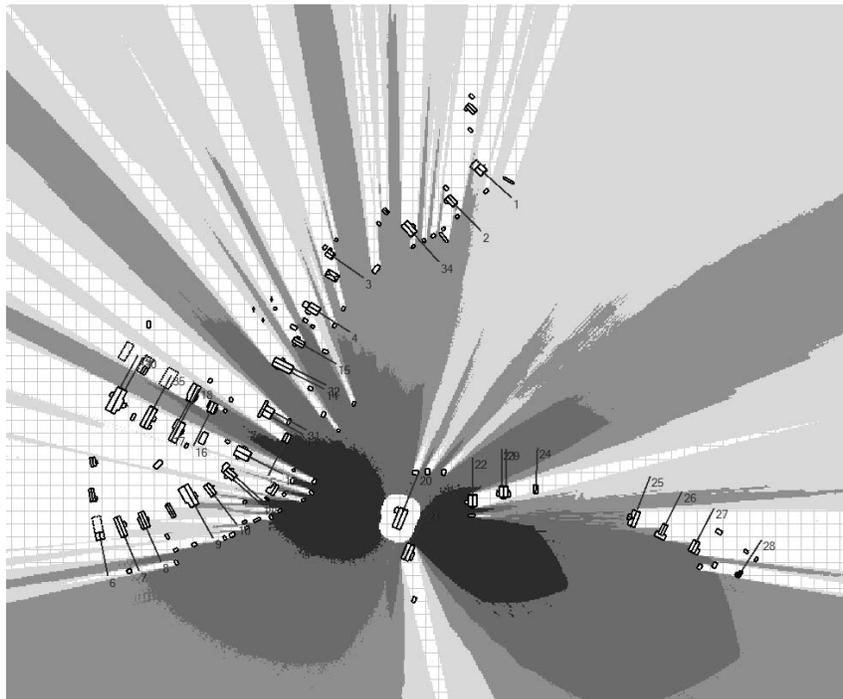


Рис. 6. Результат построения зон видимости объекта сельского поселения

Работоспособность реализованных в программной системе алгоритмов была проверена на генеральных планах нескольких поселений. В ходе экспериментов был выполнен анализ результатов по построению зон видимости различных объектов. Оценивались временные характеристики алгоритмов и точность построения зон видимости, в зависимости от таких параметров, как размеры квадратов, на которые разбивается территория, размеры треугольников, использующихся при моделировании поверхности исследуемого объекта. Для достижения наиболее оптимальных результатов по критериям время и точность оценки были предложены следующие параметры: размер стороны квадрата для деления исследуемой территории на участки – 3 м; максимальный размер стороны треугольника поверхности исследуемого объекта – 0,3 м для постройки и 3–7 метров для водоема.

На рис. 7 приведен результат построения зон видимости для пятиэтажного здания городской застройки. Также на рисунке представлены два фотоснимка, характеризующих видимость объекта с двух точек наблюдения. Визуальный анализ фотоснимков не противоречит результатам, полученным при помощи информационной системы. Данный пример показывает, что систему можно использовать для оценки крупных зданий городской застройки при их проектировании, или определения охранных зон исторических городских строений.

Заключение

В результате данной работы предложен метод оценки видимости объектов поселений, который основан на моделировании лучей видимости от наблюдателя до исследуемого объекта с использованием трехмерной модели поселения. Данный метод является основой реализованного в программной системе алгоритма построения зон видимости объекта. Апробация разработанной системы была выполнена на различных объектах местности городских и сельских поселений. Проверка системы показала, что предложенные алгоритмы можно

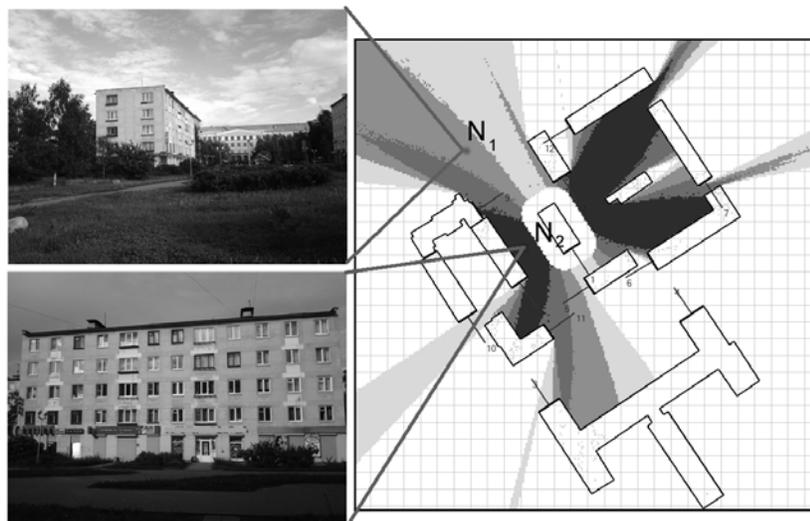


Рис. 7. Пример построения зон видимости объекта многоэтажной застройки

использовать для построения зон видимости отдельных строений городской или сельской застройки при выполнении историко-архитектурных исследований.

Работа выполняется при финансовой поддержке Программы стратегического развития ПетрГУ в рамках реализации комплекса мероприятий по развитию научно-исследовательской деятельности.

Литература

1. Nagy, G. Terrain visibility / G. Nagy. – In preparation, Rensselaer Polytechnic Institute, 1994.
2. Fort, M. Visibility and proximity on triangulated surfaces [Электронный ресурс] / M. Fort. – Режим доступа: <http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/7890/tmfm.pdf?sequence=1>.
3. Польский, С.В. Эффективный метод определения видимости между отрезками на плоскости [Электронный ресурс] / С.В. Польский. – Режим доступа: <http://www.mgul.ac.ru/journal/articles/000022r.zip>.
4. De Floriani, L. Algorithms for visibility computation on terrains: a survey / L. De Floriani, P. Magillo // Environment and Planning B (Planning and Design). – 2003. – №30 (5). – P. 709–728.
5. ArcGIS Resource Center [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/>.
6. Шлей, М.Д. Система для определения зон видимости объектов поселения. расстояний между разбиениями различной структуры [Электронный ресурс] / М.Д. Шлей. – Электрон. ресурс (17 Mb). – Петрозаводск, 2012. – Свидет. о гос. рег. №18469 от 24.07.2012.
7. Шлей, М.Д. Методы оценки пространственных характеристик сельских поселений Карелии [Электронный ресурс] / М.Д. Шлей, А.Ю. Борисов. – Режим доступа: <http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2010/part2/SB>.

8. Шлей, М.Д. Методы и алгоритмы распознавания объектов сельских поселений на цифровой карте / М.Д. Шлей, А.А. Рогов, А.Ю. Борисов // «Математические методы распознавания образов» (ММРО-15): материалы Всероссийской науч.-практ. конф. (11–17 сент. 2011 г.). – М., 2011. – С. 571–574.
9. Шлей, М.Д. Разработка математической модели для расчета продолжительности инсоляции построек и ее компьютерная реализация / М.Д. Шлей, А.Ю. Борисов // Ученые зап. Петрозавод. гос. ун-та. Серия: Естеств. и техн. науки. – 2011. – №6. – С. 87–90.
10. Скворцов, А.В. Триангуляция Делоне и ее применение / А.В. Скворцов. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002.
11. Аврутин, В.Д. О трехмерной модели городского пространства Санкт-Петербурга. Часть II [Электронный ресурс] / В.Д. Аврутин, А.Ю. Ломтев, В.Ю. Руденко. – Режим доступа: <http://www.atr-sz.ru/rus/itr/article/id/3Dmodel2/>.
12. Короев, Ю.И. Архитектура и особенности зрительного восприятия / Ю.И. Короев, М.В. Федоров. – М: Гос. изд-во лит. по строительству и архитектуре, 1954.

Михаил Дмитриевич Шлей, преподаватель кафедры «Теория вероятностей и анализ данных», Петрозаводский государственный университет (г. Петрозаводск, Российская Федерация), shlei@petsu.ru.

**Bulletin of the South Ural State University.
Series «Mathematical Modelling, Programming & Computer Software»,
2013, vol. 6, no. 1, pp. 112–123.**

MSC 68U05

The Algorithm for Modelling Visibility Area of Objects of the Settlement

M.D. Shley, Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russian Federation, shlei@petsu.ru

The paper presents the results on the development of the method of assessing the visibility of the objects. This method is based on modeling ray visibility from the observer to the studied object using three-dimensional model of the settlement. The triangulation of the surface of all buildings and relief is used to determine the model of settlement. The calculation of the exact characteristic of the visibility of triangles which compose the model of the studied object is specially considered in the paper. The algorithm for modeling visibility area of objects of the settlement is proposed. On the basis of the experiments conducted to test the algorithm the optimal values of parameters were estimated. The optimality criteria for receiving the best results are the time and precision of assessment. This algorithm is implemented in the information system, which allows to analyze the visibility of some urban or rural buildings.

Keywords: detection of visibility area, surface triangulation, visibility object assessment, set of programs.

References

1. Nagy G. *Terrain Visibility*. In preparation, Rensselaer Polytechnic Institute, 1994.
2. Fort M. *Visibility and Proximity on Triangulated Surfaces*. Available at: <http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/7890/tmfm.pdf?sequence=1>.
3. Pol'skiy S.V. *Effektivnyy metod opredeleniya vidimosti mezhdu otrezkami na ploskosti* [Effective Method to Determine the Visibility Between the Segments on the Plane]: Available at: <http://www.mgul.ac.ru/journal/aiticles/000022r.zip>.
4. De Florian L., Magillo P. Algorithms for Visibility Computation on Terrains: a Survey. *Environment and Planning B (Planning and Design)*, 2003, no. 30 (5), pp. 709–728.
5. *ArcGIS Resource Center*. Available at: <http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/>.
6. Shley M.D., Borisov A.Yu. *Metody otsenki prostranstvennykh kharakteristik sel'skikh poseleniy Karelii* [Methods for Assessing the Spatial Characteristics of Rural Settlements in Karelia]. Available at: <http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2010/part2/SB>.
7. Shley M.D., Rogov A.A., Borisov A.Y. *Metody i algoritmy raspoznavaniya ob"ektov sel'skikh poseleniy na tsifrovoy karte. Matematicheskie metody raspoznavaniya obrazov (MMRO-15)* [Methods and Algorithms for the Object Recognition of Rural Settlements on Digital m]. Moscow, 2011, pp. 571–574.
8. Shley M.D., Borisov A.Y. Razrabotka matematicheskoy modeli dlya rascheta prodolzhitel'nosti insolyatsii postroek i ee komp'yuternaya realizatsiya [Development and Computer Implementation of a Mathematical Model for Calculation of Insolation Duration in Buildings] *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki*, 2011, no. 6, pp. 87–90.
9. Skvortsov A.V. *Triangulyatsiya Delone i ee primeneniye* [Delone triangulation and its application]. Tomsk, Izd-vo Tom. un-ta, 2002.
10. Avrutin V.D., Lomtev A.Yu., Rudenko V.Yu. *O trekhmernoy modeli gorodskogo prostranstva Sankt-Peterburga. Chast' II* [About Three-Dimensional Model of St. Petersburg Urban Space. Part 2]. Available at: <http://www.atr-sz.ru/rus/itr/article/id/3Dmodel2/>.
11. Koroev Yu.I., Fedorov M.V. *Arkhitektura i osobennosti zritel'nogo vospriyatiya* [Architecture and the Features of Visual Perception]. Moscow, Gosudarstvennoe izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu i arkhitekture, 1954.

Поступила в редакцию 25 сентября 2012 г.