

# Применение компьютерных технологий для комплексного историко-архитектурного анализа планировочной структуры традиционных поселений Русского Севера

М.Д. Шлей, А.Ю. Борисов, К.В. Матюшичев, А.А. Рогов

Петрозаводский государственный университет  
shlei@petsu.ru, borisoff@petsu.ru, rogov@psu.karelia.ru, shlei@petsu.ru

## Аннотация

Статья посвящена описанию возможности использования информационных технологий для проведения историко-архитектурных исследований традиционных поселений Русского Севера. В частности разработке системы комплексного анализа планировочной структуры поселений. Предложенная система автоматизирует метод исследования влияния инсоляции, то есть солнечного освещения, на планировочную структуру поселения и выделения структурообразующих элементов застройки.

## Введение

Для проведения историко-архитектурных исследований планировочной структуры традиционных сельских поселений, как правило, принято вручную рассчитывать множество объемно планировочных характеристик, что существенно замедляет процесс исследования и снижает его точность. Использование информационных технологий позволяет автоматизировать процесс расчета объемно планировочных характеристик, что существенно ускоряет их вычисление, повышает точность и увеличивает число рассматриваемых характеристик.

В настоящее время описываемая информационная система комплексного историко-архитектурного анализа поселений (СКАПС), позволяет производить исследование по определению степени значимости основных природных приоритетов ориентации застройки, во многом определяющих ее структуру:

1. Оценка приоритетности ориентации на южную сторону горизонта для всех построек поселения. Строится на основе генерального плана местности, месяца наблюдения и географической широты местности.

2. Определение бассейна видимости структурообразующего элемента застройки и оценка приоритетности ориентации застройки на структурообразующий элемент. Строится на основе генерального плана и рельефа местности, а также выбранного структурообразующего элемента.

Для обработки цифрового плана местности и расчета необходимых характеристик разработан и реализован в виде программных модулей ряд алгоритмов оперирующих конкретными количественными характеристиками, базирующимися на методах строительной физики, архитектурной светотехники, строительной климатологии, а так же вычислительной геометрии и кластерного анализа.

## Модуль распознавания объектов сельских поселений на цифровом плане местности

Данный модуль предназначен для обработки плана местности поселения, и поиска на нем: жилых построек, вспомогательных построек, линий дорог и заборов. Входными данными для работы модуля является цифровой генеральный план местности, представленный в векторном виде и подготовленный исследователями в соответствии с установленными требованиями в системе AutoCAD. На рисунке 1 представлен пример фрагмента подготовленного плана сельского поселения.

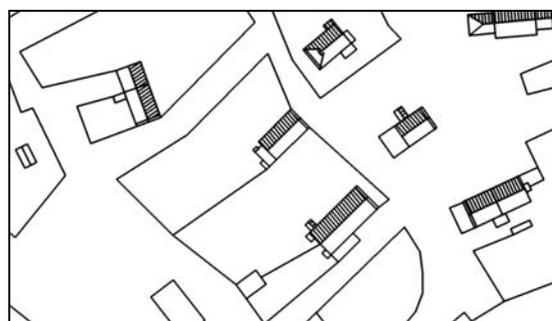
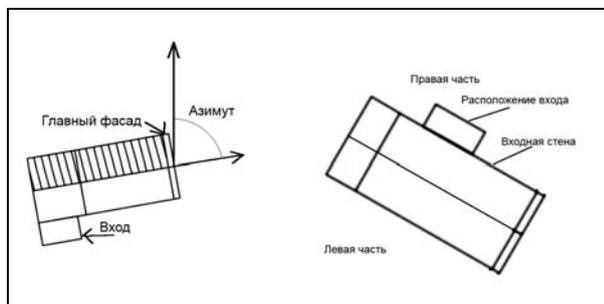


Рис 1. Пример фрагмента плана сельского поселения

Для поиска объектов на плане местности был предложен эвристический алгоритм. В результате работы алгоритма находятся все необходимые для проведения исследования объекты поселения (жилые постройки, вспомогательные постройки, линии заборов и дорог) и определяются их планировочные характеристики. Например, для жилых построек: направление главного фасада, положение входной стены (см. рисунок 2).



**Рис 2.** Условные обозначения постройки на плане местности

Работа алгоритма выполняется в несколько этапов:

1) Распознавание главных фасадов. План поселения представлен в векторном формате и представляет собой массив отрезков. На первом этапе работы алгоритмов из исходного массива отрезков выделяются пары, удовлетворяющие требованиям к обозначению главных фасадов жилых построек.

2) Выделение жилых построек. После распознавания всех главных фасадов выполняется поиск близких к ним отрезкам. В результате выполняется группировка отрезков относящихся к выделенным жилым постройкам.

3) Определение азимута направления главного фасада и положения входной стены для каждой найденной жилой постройки, на основе анализа схемы ее обозначения.

4) Поиск дополнительных объектов на плане местности: сараи, хозяйственные постройки, линии дорог и огородов.

Более подробное описание алгоритма представлено в [1]. Полученные в результате выполнения алгоритма данные используются другими модулями системы для оценки продолжительности солнечного освещения жилой постройки и определения бассейна видимости структурообразующего элемента застройки.

### Модуль для расчета продолжительности солнечного освещения жилой постройки

Данный модуль предназначен для расчета продолжительности инсоляции различных частей жилой постройки: входной стены, красного угла, жилого помещения через окна главного фасада. Входными параметрами для данного модуля является следующая информация: направленность главного

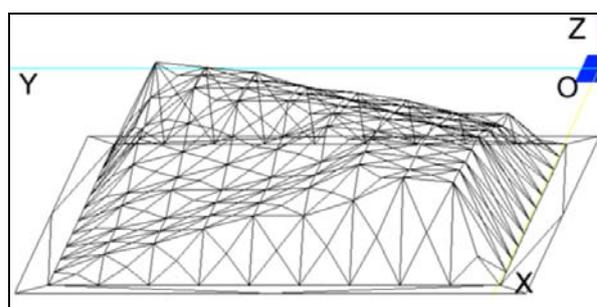
фасада, положение входной стены, расположение окон, месяц наблюдения, географическая широта местности. Для расчета необходимых характеристик продолжительности инсоляции была построена математическая модель, основанная на методе определения продолжительности инсоляции, предложенного Б.А.Дунаевым [2]. Более подробное описание модели представлено в [3]. Таким образом, в реализованной программной системе данная модель, применяется для определения продолжительности инсоляции для каждой найденной на плане местности жилой постройки. Кроме этого формируются сводные данные по поселению в целом и выделяются наиболее типичные характеристики по продолжительности освещения.

### Модуль определения бассейна видимости для структурообразующего элемента застройки

Данный модуль предназначен для определения оценки видимости структурообразующего элемента застройки (природного – водоем, искусственного – архитектурная доминанта), из различных точек поселения. Входными параметрами являются: информация обо всех найденных на плане местности постройках, матрица высот для задания рельефа местности, информация о структурообразующем элементе.

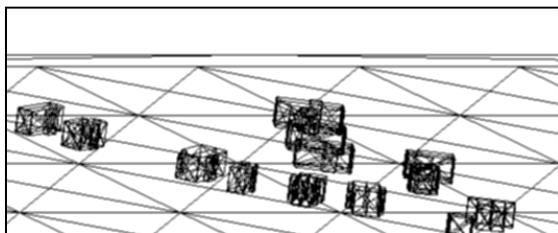
Основной алгоритм работы модуля выглядит следующим образом:

Шаг 1. По указанной матрице высот, строим полигональную (триангуляция) сетку рельефа (см. рисунок 3). В результате получаем множество треугольников R. На рисунке 3 представлен результат построения поверхности рельефа местности.



**Рис 3.** Полигональное покрытие рельефа

Шаг 2. Для каждой найденной постройки строим ее полигональное покрытие (триангуляция), с учетом высоты и формы постройки, а также рельефа местности. В результате получаем множество треугольников R. На рисунке 4 представлено несколько построек, покрытых треугольной сеткой и размещенных на поверхности рельефа.



**Рис 4.** Полигональное покрытие построек

Шаг 3. Аналогично строим полигональное покрытие для структурообразующего элемента, но при этом используется треугольная сетка с большим разрешением. Для этого применяется алгоритм, основанный на методе «Триангуляция Делане» [4]. В результате получаем множество треугольников  $S$ .

Шаг 4. Разбиваем исследуемую местность на  $N$ -количество квадратов.

Шаг 5. Для центра  $O$  каждого исследуемого квадрата рассчитываем степень видимости структурообразующего элемента.

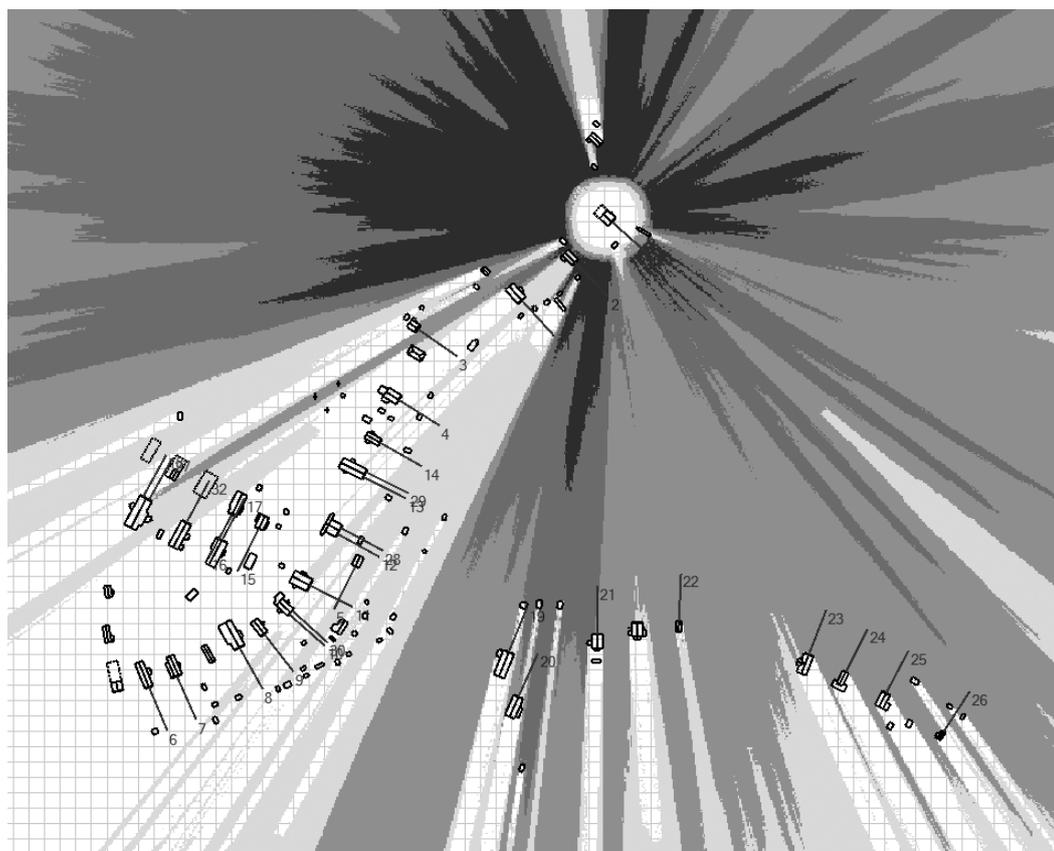
Шаг 5.1 Оцениваем видимость из точки  $O$  для каждого треугольника  $S$ . С учетом расстояния, угла видимости, и других треугольников из  $S, P, R$ , которые могут препятствовать обзору.

Шаг 5.2 Определяем суммарную оценку видимости структурообразующего объекта из точки  $O$ . Если

проверили все  $N$  квадратов, то на Шаг 6 иначе на Шаг 5.

Шаг 6. Находим максимальную и минимальную оценку видимости структурообразующего объекта из всех подсчитанных оценок для исследуемой территории ( $C\_MAX$  и  $C\_MIN$  соответственно). После чего разбиваем итоговый интервал оценок на 5 интервалов. Попадание оценки видимости в определенный интервал характеризует степень видимости объекта из заданной точки (отличная, хорошая, средняя, удовлетворительная, плохая видимость или отсутствие видимости). При выводе зон видимости на карте поселения, каждому квадрату из которого была подсчитана оценка видимости, присваивается цвет в зависимости от степени видимости структурообразующего элемента из центра данного квадрата. Выход из алгоритма.

На рисунке 5 представлен результат определения зон видимости одной из построек поселения. Наилучшая видимость объекта характерна для наиболее темных областей. Масштаб плана местности 1 к 50 (1см – 50м). Размер квадратов, для которых определялась оценка видимости 1м. 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 5.** Генеральный план поселения и зоны видимости одной из построек

В результате работы данного алгоритма определяется оценки видимости выбранного объекта из каждой точки поселения, и выводятся его зоны видимости.

При построении полигонального покрытия (шаг 3) для структурообразующего элемента, для повышения точности оценки видимости, используется сетка с меньшим размером треугольников. Для того чтобы избежать использования «тонких» треугольников применяется метод «Триангуляция Делане». Данная триангуляция максимизирует минимальный угол среди всех углов всех построенных треугольников. Подробное описание алгоритма построения триангуляции Делане реализованного в системе представлено в [4].

### Описание работы системы

Для проведения исследования поселения пользователю необходимо загрузить в систему генеральный план местности, указать географическую широту поселения, месяц наблюдения, масштаб, ввести матрицу высот и указать исследуемый структурообразующий элемент. После чего система автоматически выполнит генерацию рельефа, поиск построек на плане местности, рассчитает продолжительности освещения для всех построек, и построит бассейн видимости структурообразующего элемента. На рисунке 6 представлен пример работы данной системы.

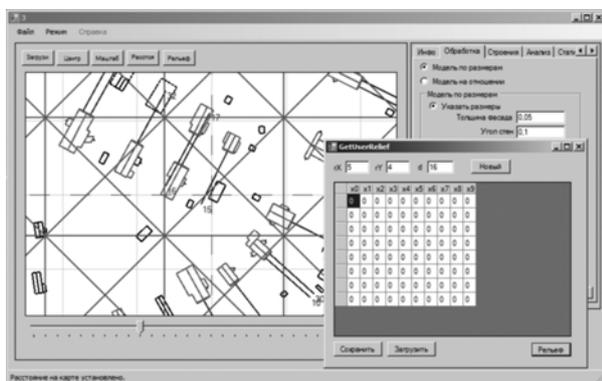


Рис 6. Внешний вид информационной системы

Предложенная информационная система позволяет проводить комплексные историко-архитектурные исследования, для анализа степени учета структурообразующего влияния солнца и водоемов при организации застройки у разных народов на территории изучаемого региона - Русского Севера.

Система использовалась для выполнения гранта Российской академии архитектуры и строительных наук для молодых ученых на тему: «Тенденция к южной ориентации застройки и ее роль в формировании планировочной структуры традиционных сельских поселений Русского Севера».

Реализованные модели и методы используются при разработке Web-ресурса [5] с целью создания

сетевого сообщества по изучению сельских поселений. Данная система будет использована в рамках образовательного процесса подготовки студентов строительных специальностей.

### Литература

- [1] Шлей М. Д., Рогов А. А., Борисов А. Ю. Методы и алгоритмы распознавания объектов сельских поселений на цифровой карте // «Математические методы распознавания образов» (ММРО-15): материалы Всероссийской науч.-практ. конф. (11-17 сентября 2011 года). Москва, 2011. С.571-574.
- [2] Дунаев Б. А. Инсоляция жилых зданий. М., Стройиздат. 1962. 79 с.
- [3] Шлей М. Д., Борисов А. Ю. Разработка математической модели для расчета продолжительности инсоляции построек и ее компьютерная реализация // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. № 6 (119). 2011. Петрозаводск, 2011. С. 87-90.
- [4] Скворцов А.В. Триангуляция Делоне и её применение. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. 128 с.
- [5] Шлей М. Д., Борисов А. Ю. Создание web-ресурса по исследованию традиционных поселений Русского Севера // Информационная среда вуза XXI века: материалы V Международной науч.-практ. конф. (26-30 сентября 2011 года). Петрозаводск, 2011. С. 202-204

### Application of computer technologies to historical and architectural analysis of the planning structure of traditional rural settlements of the Russian North

M. Shley, A. Borisov, K. Matushichev, A. Rogov

The article is devoted to application of information technologies to conducting historical and architectural research of traditional rural settlements of the Russian North. A software system designed for a complex analysis of the planning structure of settlements was developed. The proposed system is aimed to automatize the method of investigation of the insolation (i.e. sun lighting) influence on the planning structure of a settlement and receiving elements that are the basis of the settlement structure.