

Методы оценки пространственных характеристик сельских поселений Карелии

Шлей М.Д., Борисов А.Ю.

Аннотация

Статья посвящена описанию разработанной модели, предназначенной для расчета продолжительности инсоляции помещений и алгоритма выделения построек на карте. Данная модель и алгоритм были реализованы в программной системе, предназначенной для проведения историко-архитектурного анализа объемно-планировочной структуры традиционных сельских поселений Русского Севера.

Ключевые слова: программная система, математическая модель расчета инсоляции помещений, продолжительность инсоляции помещений, историко-архитектурный анализ, традиционные сельские поселения Русского Севера, объемно-планировочная структура, генеральный план населенного пункта.

Одной из важнейших особенностей объемно-планировочной структуры традиционного сельского поселения является его «вписанность» в природу, которая обеспечивается умелым учетом влияния ландшафтных и климатических особенностей территории при формировании застройки. В первую очередь это необходимо для создания в поселении комфортной, по представлениям и требованиям народной культуры, среды проживания. Субъективность таких представлений в культурах различных народов нашла отражение на структуре застройки их поселений, что позволило, рассматривать особенности планировочной структуры в качестве этнической характеристики. Выявление этих особенностей имеет большое значение в историко-архитектурных исследованиях и является одной из наиболее приоритетных задач. Для ее решения различными исследованиями предложен ряд методик, оперирующих количественными характеристиками, и позволяющими проводить объективный анализ особенностей объемно-планировочной структуры поселений [1-3]. Одним из направлений подобного рода исследований является выявление и анализ тенденции к южной ориентации застройки традиционных сельских поселений Русского Севера, как одной из этно-архитектурных характеристик их планировочной структуры [4]. На основании предложенной методики указанная тенденция определяется через анализ ориентации жилых домов, обеспечивающей максимальную инсоляцию помещений в лицевой части дома и психологический комфорт от присутствия в них солнечного света. Основным материалом для исследования являются генеральные планы анализируемых поселений. Для получения достоверных результатов при оценке планировки и застройки, необходимо использование большой базы исследования, которая, в свою очередь, требует оперативного сравнительного анализа большого количества планов поселений по разнообразным параметрам и показателям, а, следовательно - создания определенной информационной аналитической системы.

В данной статье представлен алгоритм выделения построек на плане местности и математическая модель для расчета продолжительности инсоляции для выделенных построек.

Алгоритм распознавания построек на плане местности

На начальном этапе работы возникает потребность в выделении на базе имеющегося материала необходимых для анализа сведений. Данная модель предназначена для обработки и анализа генерального плана населенного пункта, идентификации построек необходимых для исследования инсоляционного режима, выделения у построек главных фасадов, определения стороны размещения главного входа и определения азимута ориентации главного фасада строения.

Указанные характеристики необходимы для вычисления продолжительности инсоляции различных частей традиционного дома - его главного фасада, входной стены, красного угла в избе и общей продолжительности инсоляции.

Предложенная математическая модель оперирует генеральными планами населенных пунктов, представленных в векторном формате, в частности - в формате WMF(Windows Meta File). Предварительная подготовка указанных картографических материалов в соответствии с установленными требованиями производится в системе автоматизированного проектирования AutoCad, позволяющей экспортировать имеющиеся сведения в необходимый формат. На рисунке 1 представлен генеральный план одного из исследуемых населенных пунктов.

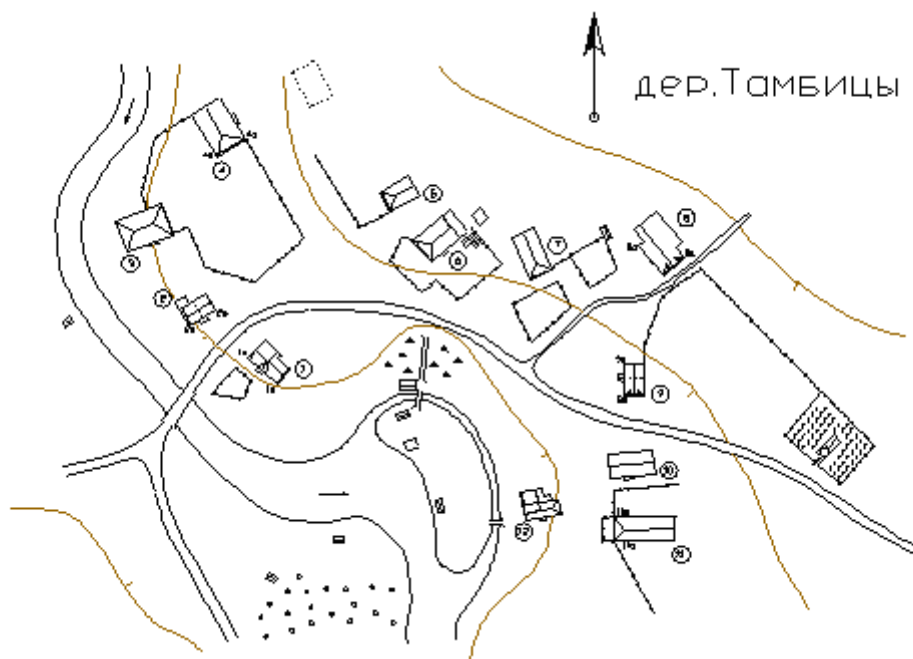


Рисунок 1. Пример генерального плана населенного пункта

Проведения достаточно точного исследования, тем более большого количества различных генеральных планов, исключает возможность разнородности представляемого материала и используемых условных обозначений. Для решения данной задачи предъявляется ряд требований к оформлению генеральных планов исследуемых поселений с целью стандартизации процесса обработки карт и ускорения расчетов характеристик, необходимых для проведения последующего историко-архитектурного исследования.

1. Корректное представление генерального плана поселения в формате WMF, при котором все анализируемые объекты располагаются в одной плоскости чертежа, на одном рабочем слое.
2. Оформление чертежа с использованием линий минимальной толщины, что обуславливается необходимостью более корректного представления генерального плана в формате WMF.
3. Использование классической географической ориентации, при которой северное направление соответствует положительному направлению оси OY декартовой системы координат.
4. Отсутствие «избыточной информации» - исключение из анализируемой схемы штриховок, отражающих устройство скатных кровель домов, заборов и зеленых насаждений.
5. Сохранение обозначений основных структурообразующих элементов - таких как дороги или береговые линии.
6. Указание для каждой постройки положение ее главного фасада и основного входа в здание.

На Рисунке 3 приведен пример оформления дома на генеральном плане согласно с вышеперечисленными требованиями.

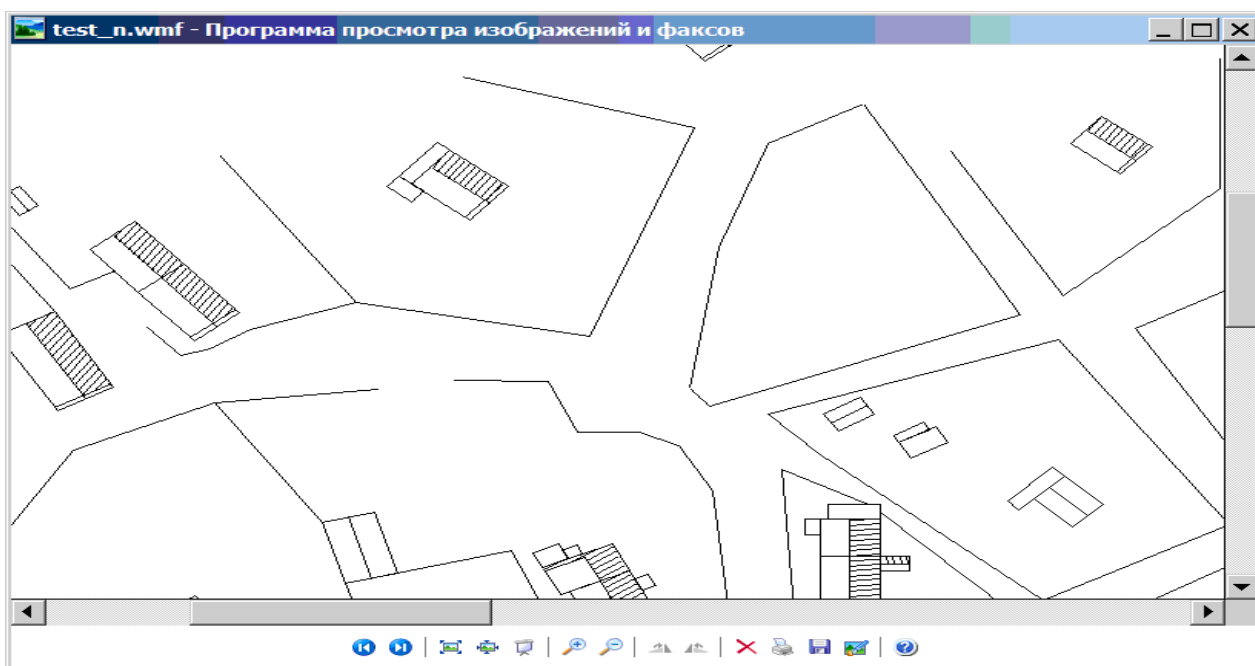


Рисунок 2. Пример генерального плана, подготовленного к анализу

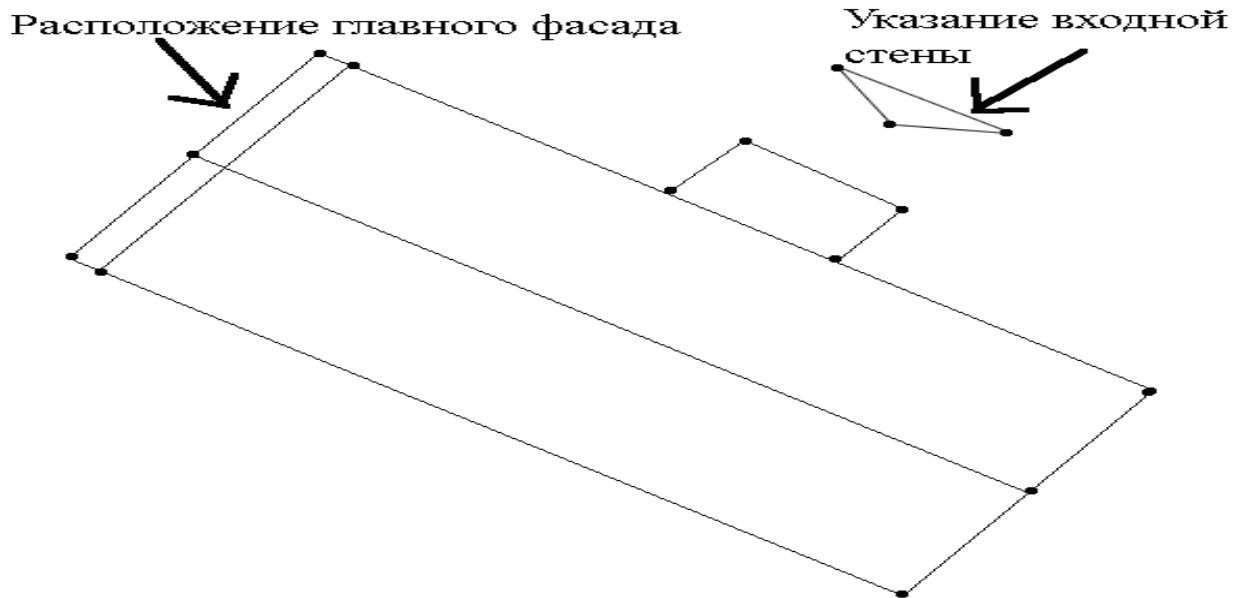


Рисунок 3. Пример указания дома на генеральном плане.

Основным преимуществом использования векторного формата данных для генеральных планов поселений является возможность представления всей информации об обозначенной на них застройке в виде массива векторов $\vec{a}_i, i = 1 \dots n$, у каждого из которых имеются координаты начала и конца: $(x1_i, y1_i), (x2_i, y2_i)$.

Для проведения анализа инсоляционных режимов для всех домов поселения необходимо выполнить обработку карты, с целью выделения построек и определения азимута главного фасада. Данный анализ карты проходит в несколько этапов:

1. Первый этап - это чтение карты, подготовленной в системе проектирования AutoCAD согласно требованиям к оформлению генерального плана поселения и сохраненной в векторном формате WMF. На вход данного этапа поступает карта в формате WMF, на

$$\vec{a}_i, i = 1 \dots n$$

2. Второй этап - это собственно выделение построек из общего массива векторов, полученного на первом этапе. На выходе получаем массив азимутов направлений главных фасадов всех выделенных домов и информация о положении входа в дом. Под азимутом ориентации главного фасада будем считать угол между перпендикуляром к главному фасаду и направлением севера, отсчитываемый по направлению часовой стрелки. На рисунке 4 приведен пример, отсчета азимута главного фасада.

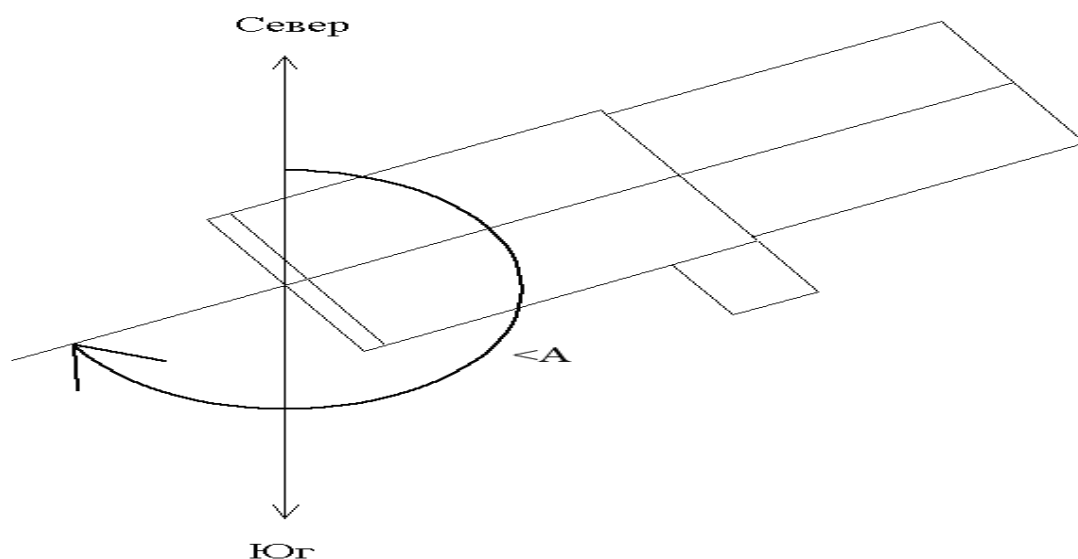


Рисунок 4. Пример измерения азимута направления главного фасада

Для успешной работы данного алгоритма, пользователю необходимо указать ряд параметров:

- Width_m - предполагаемая толщина главного фасада. На рисунке 2 - это расстояние между точками A_1 и A_2 .

- Ang_m - допустимый угол между линиями обозначения главного фасада. На рисунке 2 - это угол между векторами A1B1 и A2B2.
- Diff - Разница между линиями в обозначениях главного фасада. На рисунке 2 - это разница длин векторов A1B1 и A2B2.

Параметры Ang_m и Diff необходимы для сравнения линий в обозначении главного фасада, поскольку при составлении карты, они не получаются идеально параллельными и одинаковыми.

Шаг 1.

Для каждого вектора a_i с координатами начала $X_1^i, Y_1^i, X_2^i, Y_2^i$ определяется коэффициент наклона относительно оси OX.

Результат записываем в массив ang_k_i .

$$ang_k_i = (Y_1^i - Y_2^i) / (X_2^i - X_1^i)$$

Шаг 2.

Для каждого вектора a_i будем производиться поиск вектора a_j (при условии, что $i \neq j$) такой чтобы $a_i \parallel a_j$, и расстояние между ними и разница их длин были меньше параметров заданной пользователем Width_m и Diff. Пара векторов, удовлетворяющая вышеуказанным условиям, принимается в качестве главного фасада здания.

Вектора a_i и a_j будем считать параллельными, если разница ang_k_i и ang_k_j будет меньше заданного пользователем Ang_m.

$$a_i \parallel a_j, \text{ if } |ang_i - ang_j| < Ang_m$$

Под расстоянием между векторами понимается евклидово расстояние между центрами проверяемых векторов.

Таким образом, пара векторов a_i и a_j является главным фасадом если:

- $a_i \parallel a_j$
- $Fwidth(a_i, a_j) < Width_m$
- $|Flen(a_i, a_j)| < Diff$

В результате данного шага алгоритма выделяются массивы векторов n_1^i и n_2^i ($i = 1..k$, k - найденное число главных фасадов), парные значения которых будут являться обозначением главных фасадов в системе.

Шаг 3.

На данном шаге необходимо определить азимут направления для каждого найденного главного фасада. Пусть даны два массива векторов $n_1^i(X1_1^i, Y1_1^i, X2_1^i, Y2_1^i)$ и $n_2^i(X1_2^i, Y1_2^i, X2_2^i, Y2_2^i)$. Для определения перпендикуляра к данным векторам необходимо найти вектор n_t , соединяющий их центры, и определить угол наклона данного вектора относительно оси OX, отсчитывая его по ходу движения часовой стрелки.

После того как будут получены азимуты направления всех главных фасадов, можно переходить к задаче расчета основных характеристик инсоляции. Описанию решения данной задаче посвящен второй пункт данной работы.

Математическая модель расчета продолжительности инсоляции.

В настоящее время существует множество методов учета инсоляции, позволяющие относительно легко решать вопросы, возникающие при проектировании жилой застройки. Основой таких методов служат всевозможные номограммы, графики, диаграммы, позволяющие, так или иначе, получить наглядные и достаточно очные данные о видимом движении солнца по небосводу.

Качество инсоляции помещений оценивается преимущественно в проектировании по одному ее показателю - продолжительности. Существенное значение при этом будут иметь также площадь и глубина инсоляции помещения. Но в рамках проводимых нами исследований необходима только оценка по времени инсоляции помещения, так как наша цель не проектирование, а сравнительный анализ по заданному критерию.

Теоретическую основу разработанной методики составляет метод Б.А. Дунаева для определения времени инсоляции [5]. Преимущество данного метода по отношению к другим является возможность оценки сразу всего пространства помещения, а не его отдельной точки.

Основными параметрами, влияющими на продолжительность инсоляции исследуемых объектов, являются:

- Ориентация главного фасада здания, определяемая направлением его азимута.
- Время (месяц) наблюдения.
- Географическая широта местности.
- Количество окон и расположение входной стены у анализируемого объекта.

Солнце описывает на небосводе окружность, симметричную относительно линии север-юг (см. рисунок 5), проектируя солнечную траекторию на плоскость горизонта, получим эллипс также симметричный относительно линии север-юг.

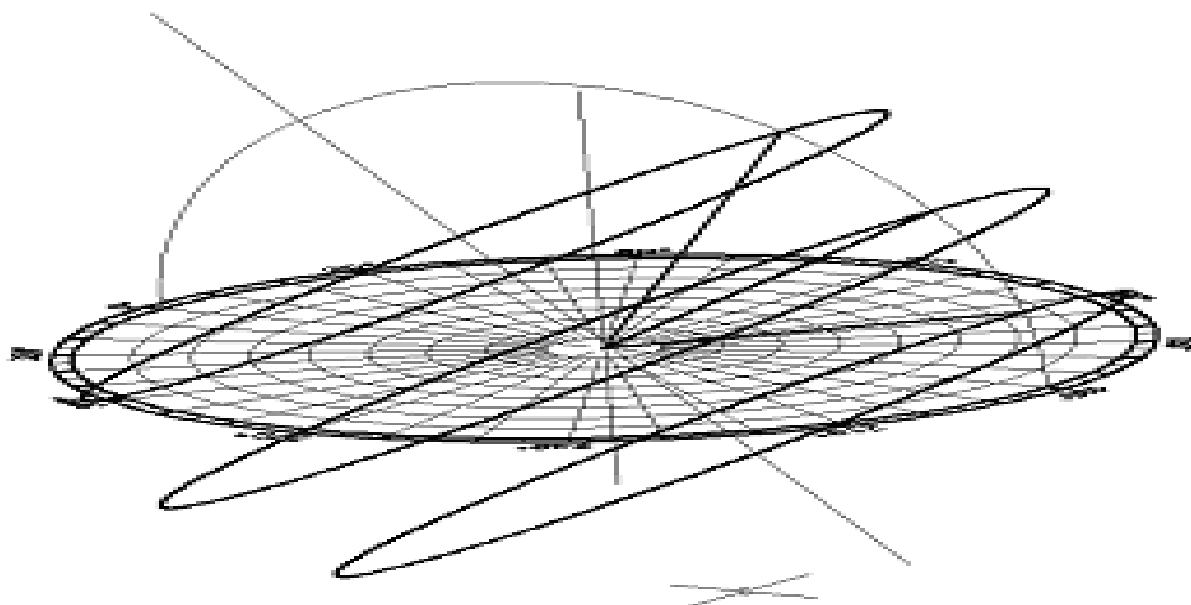


Рисунок 5. Траектории движения солнца на видимой сфере небосвода

На рисунке 6 приведен пример проекций окружностей описанных солнцем на зримом небосводе, для основных месяцев наблюдений июнь, март и апреля, для 70й широты. Такие графики называются «Солнечными картами». Эллипс L - проекция окружности описываемой солнцем для июня. Положения солнца в различные часы дня отмечено на окружности L точками с соответствующими числами от 0 до 23.

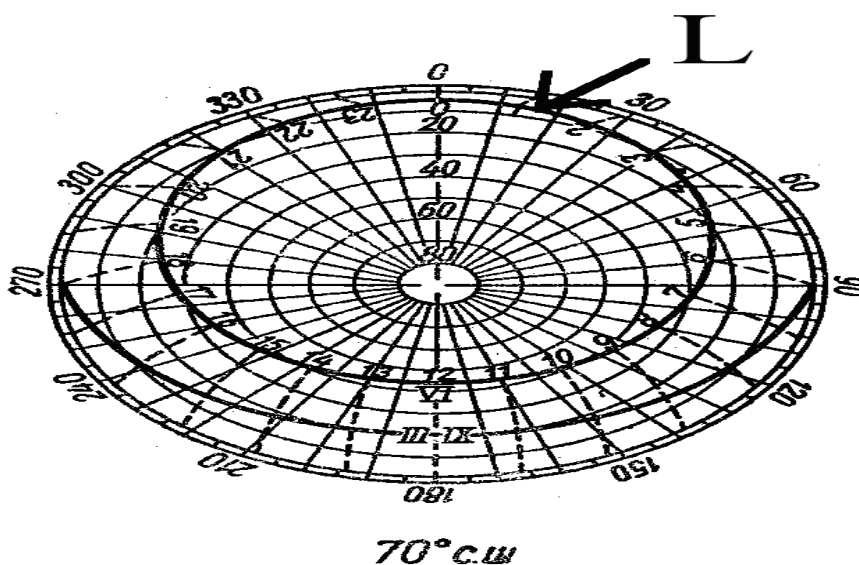


Рисунок 6. Солнечная карта

Суть метода определения продолжительности инсоляции помещения Дунаева заключается в том, что необходимо при помощи совмещения «солнечной карты», и тени окна, через которое происходит освещение жилища, произвести подсчет количества часов, в течение которых солнечный свет, сможет проникнуть в помещение. Тень окна определяется размерами светопроёма и толщиной стены, которые определяют вертикальный и горизонтальный инсоляционные углы окна. Инсоляционные углы задают границы светотени на вспомогательной сетке. Имея значение инсоляционных углов окна, можно построить и его контур, на основе контурной сетки. На рисунке 9 видно, что значение вертикального угла окна отложено от круга горизонта по нулевой оси. Через полученную таким образом точку проведена кривая, представляющая верхнюю грань окна.

Горизонтальный инсоляционный угол окна построен симметрично относительно нулевой оси, с которой совпадает ось окна. Этот угол окна определяется боковыми вертикальными гранями окна, представленными на контурной схеме отрезками радиальных линий, идущими от линии верхней грани окна к кругу горизонта (два угла по 70 градусов, см. рисунок 7).

На рисунке 7 представлены примеры значений инсоляционных углов. Для исследуемой территории («Русский север»), наиболее характерными будут следующие значения:

- Вертикальный инсоляционный угол - 75 градусов.
- Горизонтальный инсоляционный угол - 140 градусов.

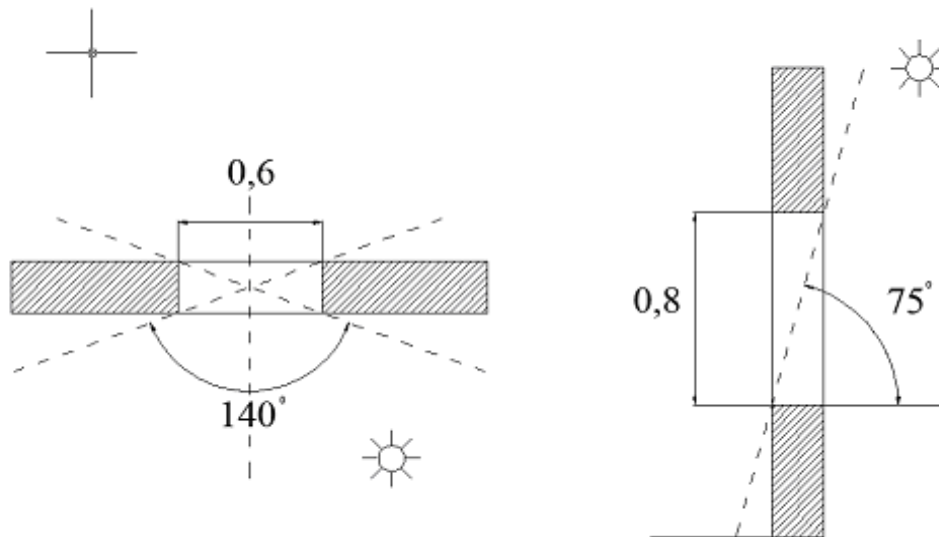


Рисунок 7. Инсоляционные углы окна

На рисунке 8, приведен пример совмещения солнечной карты с тенью окна (указан горизонтальный инсоляционный угол $\angle AOB$). Для определения продолжительности инсоляции, необходимо подсчитать количество часов, указанных на проекции окружности движения солнца, попадающих в угол $\angle AOB$.

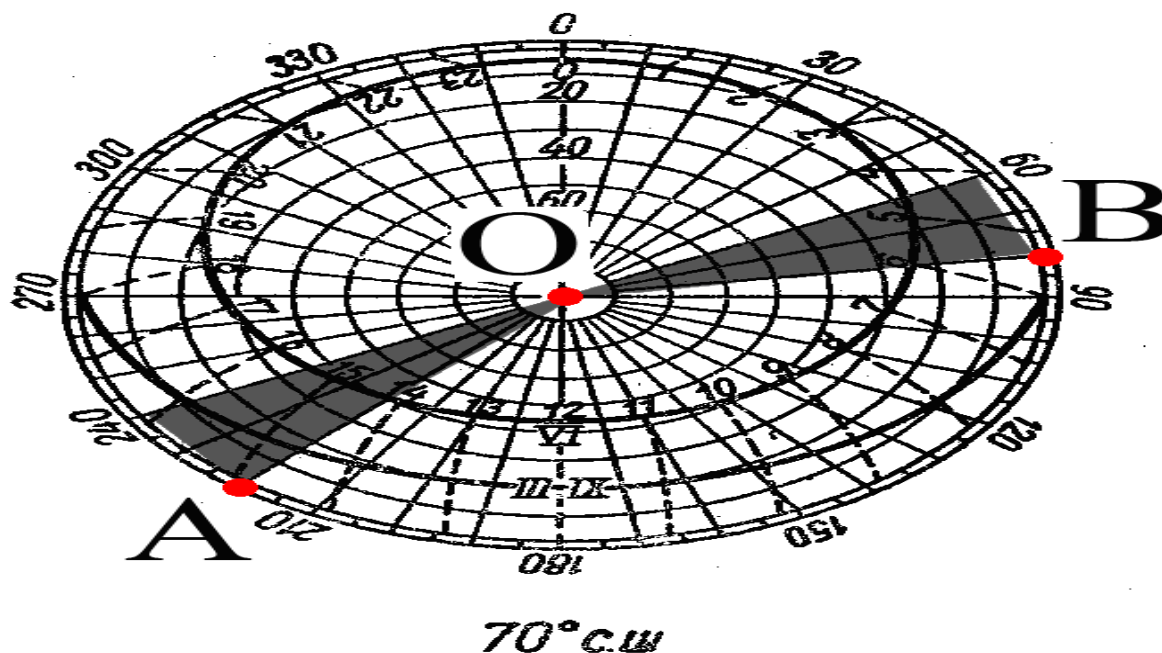


Рисунок 8. Совмещение солнечной карты и тени окна

В соответствии с предложенной методикой анализа, для достижения оптимальной инсоляции дома при его постановке в деревне крестьяне, предположительно, учитывали его планировку, включая расположение входа в дом, и конечно - планировку избы. Схемы домов и изб на каждой территории традиционны и количество их разновидностей ограничено, поэтому только постановкой домов на местности крестьянин мог влиять на параметры их освещения. Это позволяет определенным образом унифицировать их по характеру режима освещенности в избах.

В предлагаемой методике принято, что для оценки освещения дома рассматривается только изба как главное, а во многих случаях и единственное жилое помещение дома, поэтому на этом же этапе работы был проведен анализ планировочных схем жилых частей дома и входящих в их состав изб на примере деревень обследованных территорий.

Выделены три основных возможных планировочных типа избы исходя из условий ее освещения - с односторонним, двусторонним и трехсторонним освещением. Различное положение окон на фасадах зданий влияет на время инсоляции помещения. (Избы с односторонним освещением на исследуемых территории не зафиксированы, но включены в рассматриваемый типологический ряд, чтобы сделать методику более универсальной).

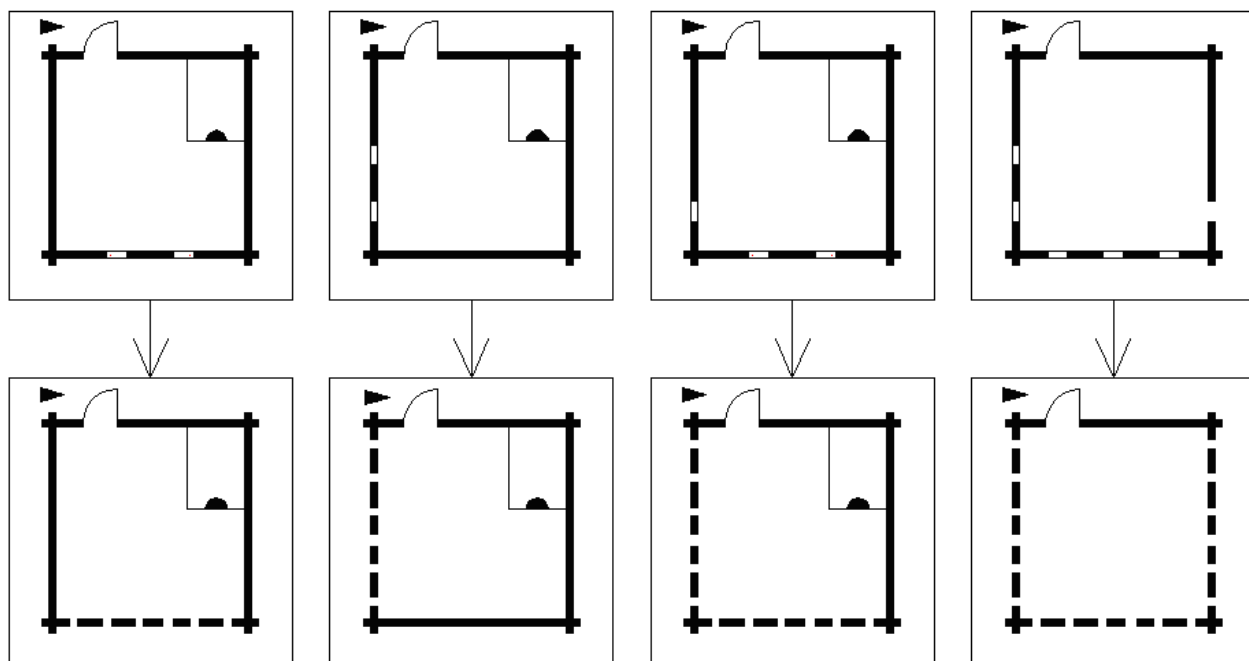


Рисунок 9. Типы оконности избы и их условное изображение

Поздние планы жилых построек - пятистенок с продольным перерубом, включающий избу и горницу, пятистенок с поперечным перерубом, а также распространенный на исследуемой территории план избы с обратной боковой постановкой печи сводятся к указанным основным схемам.

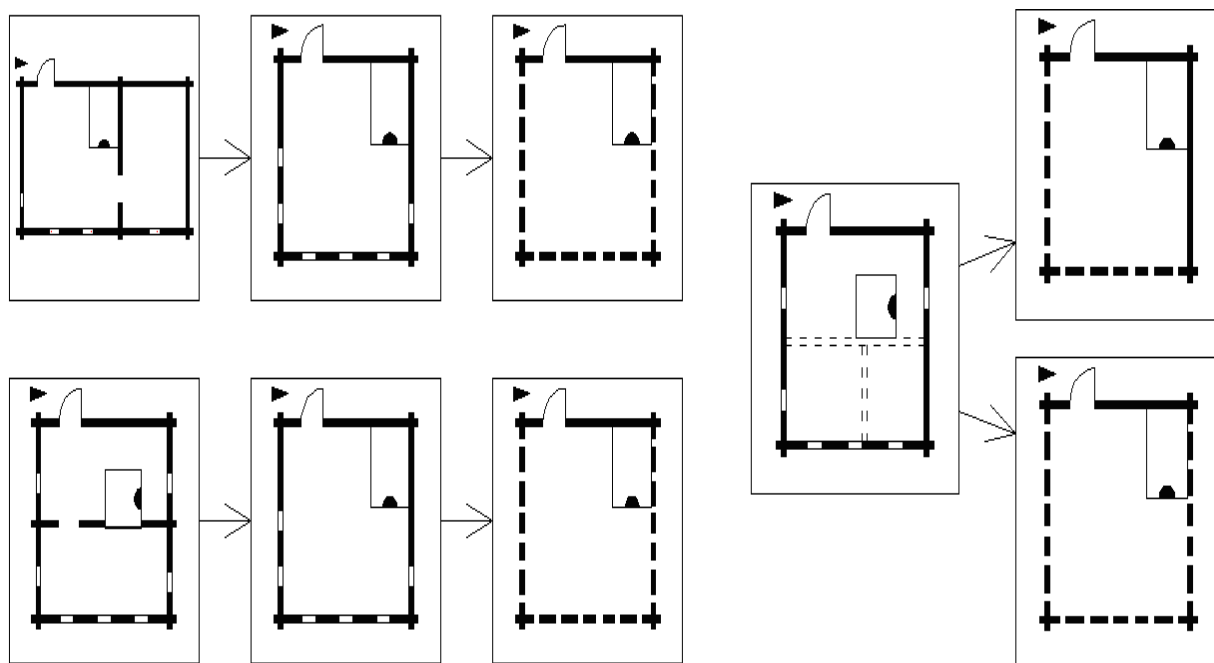


Рисунок 10. Сведение стадильно поздних планов к основным схемам оконности избы

В рамках предлагаемой математической модели при проведении исследования инсоляционных режимов постройки классифицируются:

1) По стороне расположения входной стены относительно главного фасада.

Можно выделить следующие типы домов:

- с левосторонним расположением;
- с правосторонним расположением.

• По количеству стен у постройки, через которое происходит освещение внутреннего пространства

Можно выделить следующие типы домов:

- с односторонним освещением (окна расположены только на главном фасаде см.);
- с двухсторонним освещением (окна расположены на главном фасаде и входной стене);
- с трехсторонним освещением (окна расположены на главном фасаде, входной стене и стене ей противоположной).

Для получения необходимых характеристик освещения дома пользователя задает ряд параметров:

1. *shirota* - широта местности, на которой проходит наблюдение.
2. *azimut* - азимут направления главного фасада.

3. Количество сторон освещения.
4. И тип дома в зависимости от стороны расположения входной стены.

Шаг 1.

На данном шаге необходимо построить модель движения солнца, для заданной пользователем широты и заданного месяца.

На рисунке 11 приведены проекции траекторий движения солнца. Траектория 1 описывает движение солнца в день весеннего и осеннего равноденствия. Будем считать, что она характерна для марта и сентября.

Траектория 2 характерна для дня зимнего солнцестояния (декабрь). Траектория 3 - движение солнца на небосводе в день летнего солнцестояния (июнь).

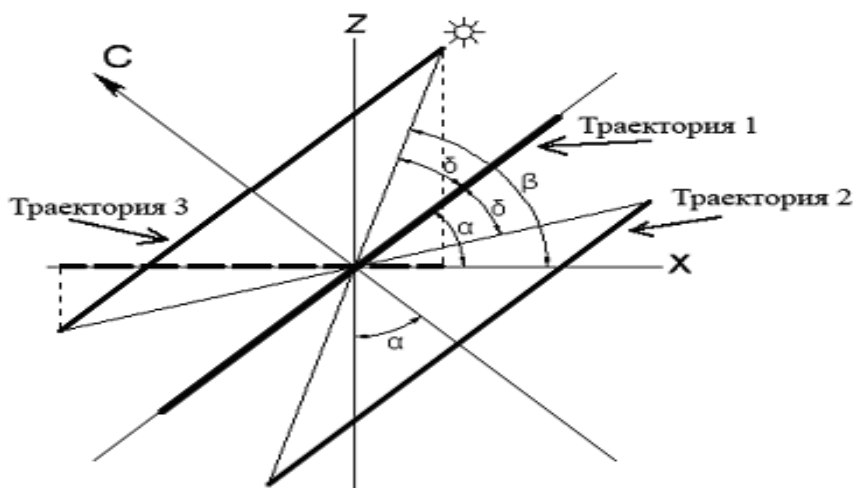


Рисунок 11. Проекция траекторий движения солнца на плоскости ZOX

Угол плоскости, в которую входит траектория 1, будет вычисляться по следующей формуле:

$$\alpha = 90^\circ - \text{shirota}$$

Угол отклонения траектории от траектории 1, для произвольного месяца можно вычислить по следующей формуле [6]:

$$\delta = 23,5 * \cos\left(\pi * \left(1 - \frac{m}{6}\right)\right), \text{ где } m\text{-месяц наблюдения.}$$

Определив данный угол, можно построить проекцию траектории месяца для заданной широты и месяца наблюдения. На рисунке 12

представлен результат построения данной проекции. Точки G_1 и G_2 точки восхода и заката солнца. Точками H_0, H_1, H_2, H_3 на эллипсе указано положение солнца в различные часы. Точка E соответствует 12 часам ночи, точка F 6 часам утра и так далее.

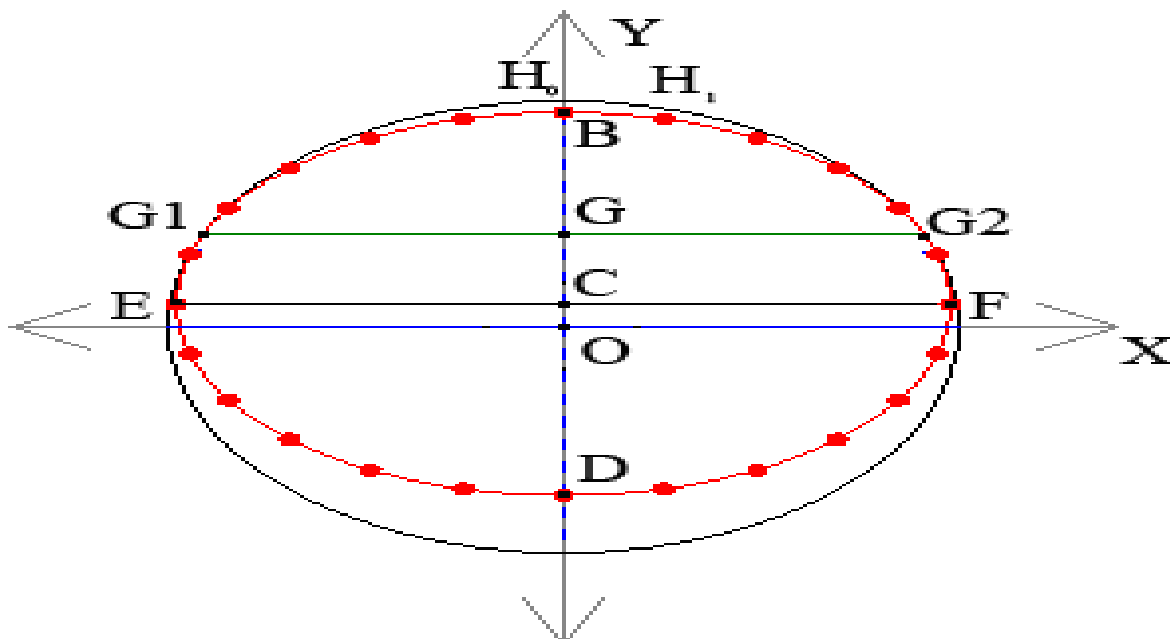


Рисунок 12. Проекция траектории движения солнца на горизонтальную плоскость

Шаг 2. Определяем координаты x, y следующих точек: G_1, G_2 и точек массива $H_i, i = 0 \dots 23$

Шаг 3. На данном шаге необходимо совместить солнечную карту с тенью окна (см. рисунок 13).

Угол между осью OY и вектором OA - азимут направления главного фасада исследуемого дома. Угол $\angle LOR$ - горизонтальный инсоляционный угол и он равен 140° . Зная азимут, можно вычислить углы между осью OX и векторами OR и OL .

$$\begin{aligned} \angle LOX &= 160 - azimuth \\ \angle LOY &= 20 - azimuth \end{aligned}$$

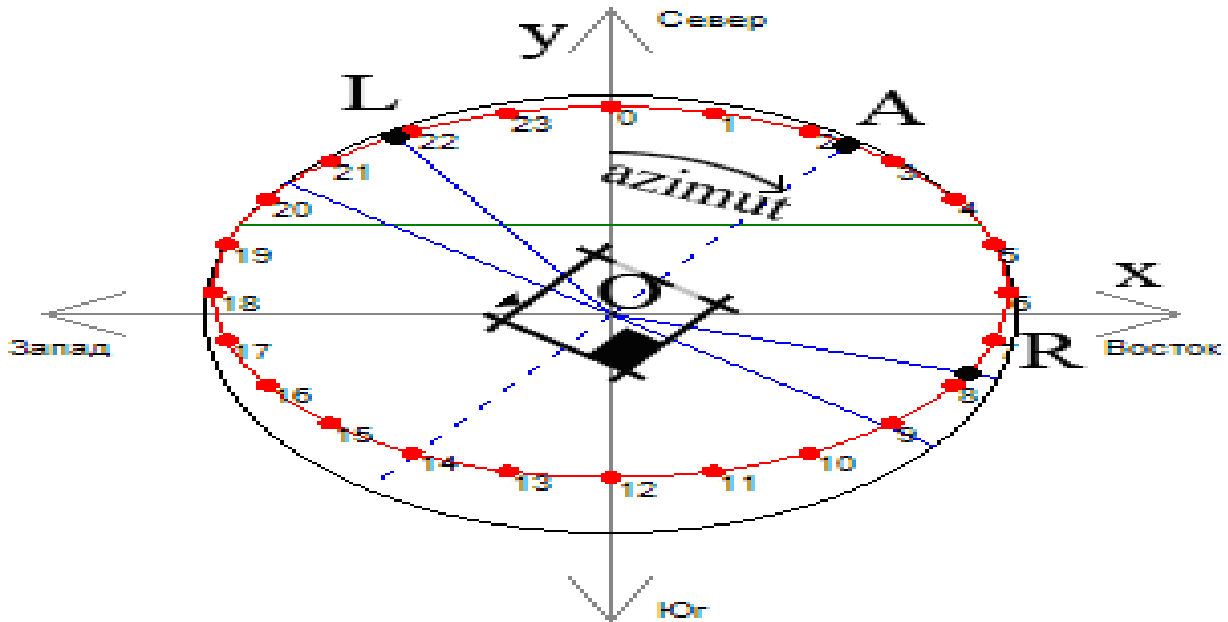


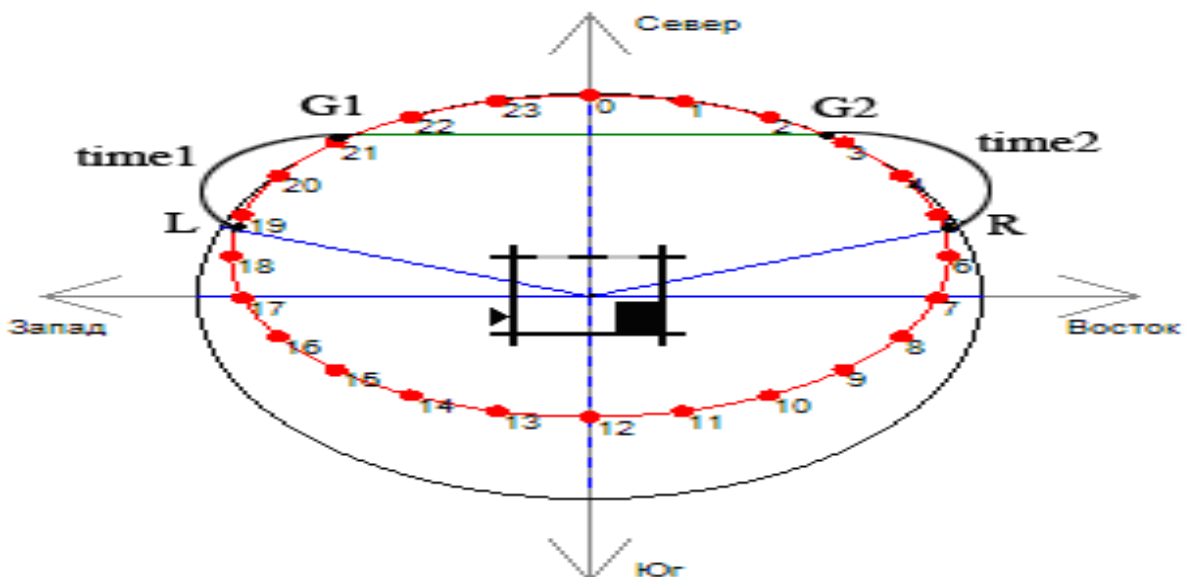
Рисунок 13. Совмещение построенной карты и тени окна

Далее определяем координаты точек L и R

Шаг 4. На данном шаге определяем время, в течение которого солнце будет освещать внутреннее пространство помещения. Для этого необходимо подсчитать время захода и заката солнца, моменты времени в которых проекция солнца будет находиться в точках L и R . Рассмотрим следующие возможные варианты освещения помещения:

1. $t(L) < t(G_1)$ и $t(R) > t(G_2)$ - свет поступает в жилище через окно утром и вечером.

Для данного варианта характерна схема, представленная на рисунке 14. Подписями $time1$ и $time2$ выделены промежутки времени, через которые солнце будет освещать внутреннее пространство помещения.



Общее время освещения внутреннего пространства помещения через окно главного фасада в данном случае будет вычисляться по следующей формуле:

$$T_{\text{эл.фасада}} = \text{time1} + \text{time2} = t(G_1) - t(L) + t(R) - t(G_2)$$

$$2. t(L) > t(G_1) \text{ и } t(R) < t(G_2)$$

$$T_{\text{эл.фасада}} = 0$$

. В данном случае свет через окно не попадает в жилище.

$$3. (t(L) > t(G_1) \text{ и } t(R) > t(G_2) \text{ и } t(L) > t(R)) \text{ или } (t(L) < t(G_2) \text{ и } t(R) > t(G_2))$$

$$T_{\text{эл.фасада}} = t(R) - t(G_2)$$

$$4. t(L) > t(G_2) \text{ и } t(R) > t(G_2) \text{ и } t(L) < t(R)$$

$$T_{\text{эл.фасада}} = t(L) - t(R)$$

$$5. t(L) > t(G_2) \text{ и } t(R) > t(G_1) \text{ и } t(L) < t(G_1)$$

$$T_{\text{эл.фасада}} = t(G_2) - t(L)$$

При помощи данного метода можно найти необходимые характеристики инсоляции.

Предложенный алгоритм и модель были реализованы в программной системе предоставляющей пользователю следующие возможности:

- Определение продолжительности инсоляции главного фасада, красного угла, входной стены и общей инсоляции дома, на основе азимута направления главного фасада, географической широты и месяца наблюдения. Пользователь вводит азимут направления главного фасада, тип дома, указывает месяц наблюдений и географическую широту, программа рассчитывает и выводит необходимые характеристики. На рисунке 15 приведен пример работы программы по подсчету продолжительности инсоляции главного фасада, входной стены и красного угла для дома с трехсторонним расположением окон. Месяц наблюдения апрель, географическая широта 60, азимут главного фасада 135 градусов.

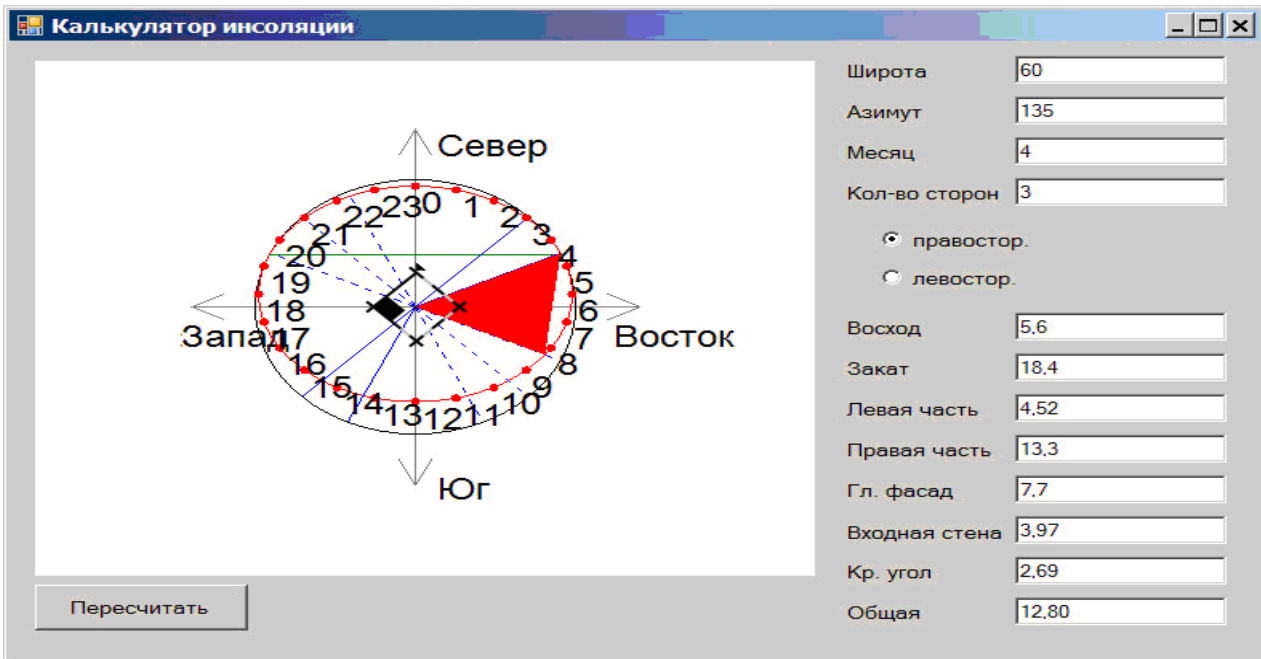


Рисунок 15. Пример расчета характеристик инсоляции для дома с трехсторонним освещением

- Определение продолжительности инсоляции главного фасада, входной стены, красного угла и общей инсоляции каждого дома в поселении, а также подсчет количества домов с наиболее характерной для поселения ориентацией, на основе карты и широты поселения. Пользователь подготавливает карту с помощью системы автоматизированного проектирования — AutoCAD и экспортирует ее в векторном формате WMF (Windows Metafile). После этого пользователь загружает карту в систему, и указывает тип каждого дома. Система выделяет на карте дома, рассчитывает азимуты направления главных фасадов, вычисляет необходимые характеристики (продолжительность инсоляции, количество домов с оптимальным расположением и т.д.) и выводит их пользователю. На рисунке 16 представлен результат работы программы по анализу поселения, расположенного на 60-й широте, в табличной форме представлены характеристики инсоляции для каждого найденного на карте дома. Также представлен результат выделения домов с наиболее характерным периодом инсоляции красного угла (60 процентов домов).

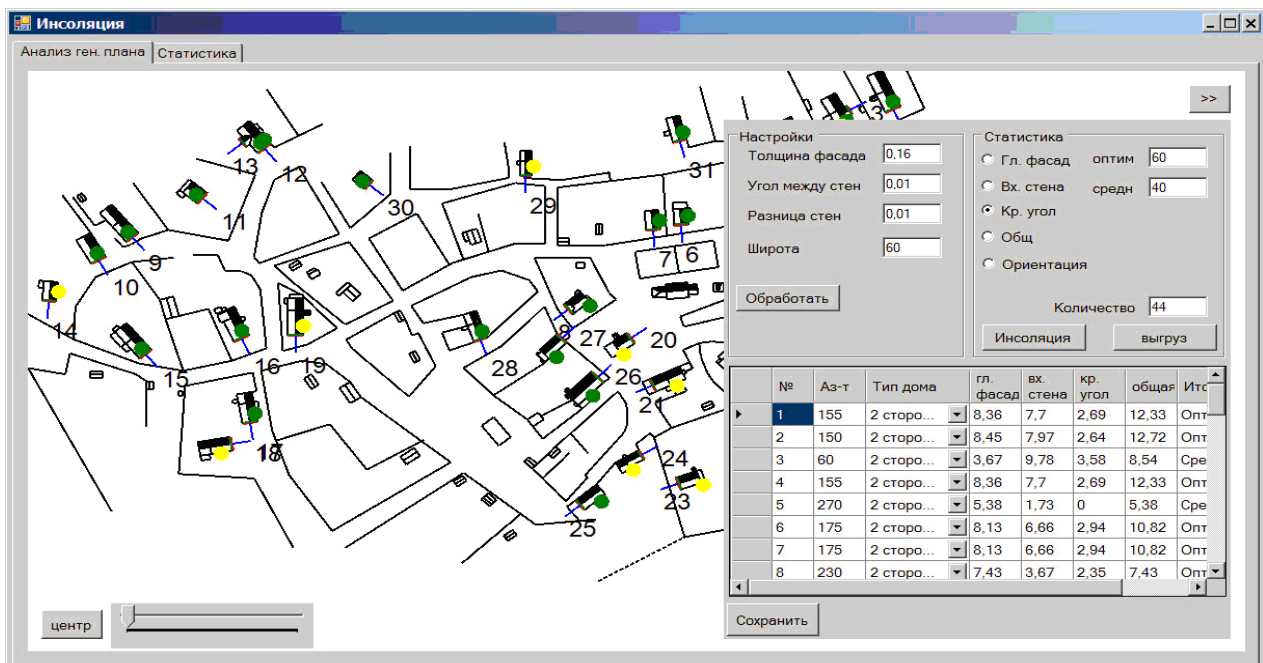


Рисунок 16. Пример результата работы системы

При помощи данной системы пользователь также сможет получить другую статистическую информацию о расположении домов и различных характеристиках инсоляции.

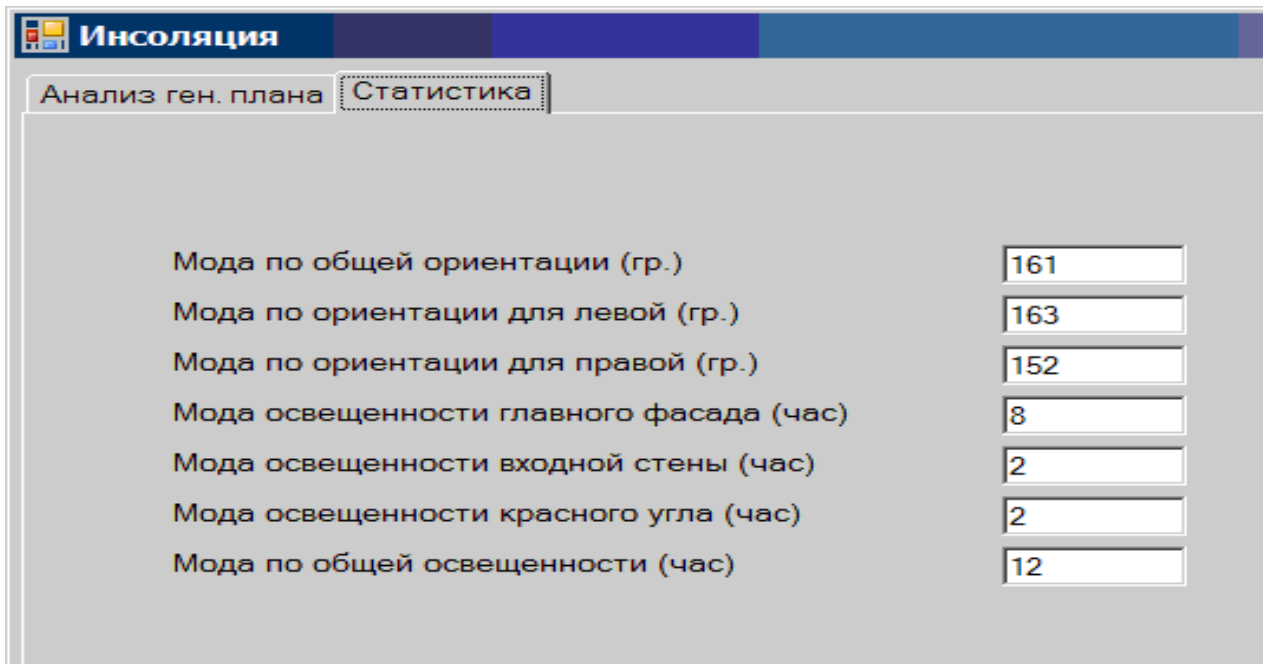


Рисунок 17. Дополнительная статистическая информация

Алгоритм поиска построек на карте, был проверен на различных картах, подготовленных студентами. Результаты проверки приведены на рисунках 18, 19, 20, 21.

Данные рисунки показывают, что в большинстве случаев алгоритм выделяет большинство построек, поэтому его можно использовать при проведении анализа к выделению южной ориентации поселения.

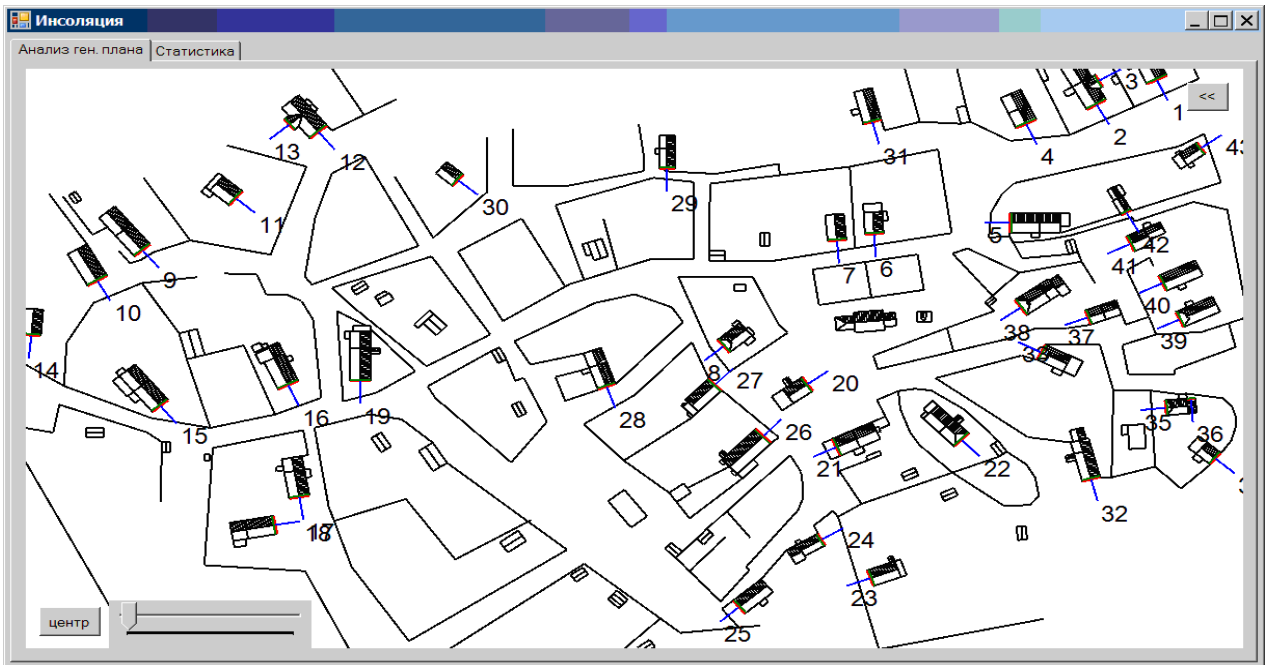


Рисунок 18. Проверка алгоритма на карте «населенного пункта № 1»

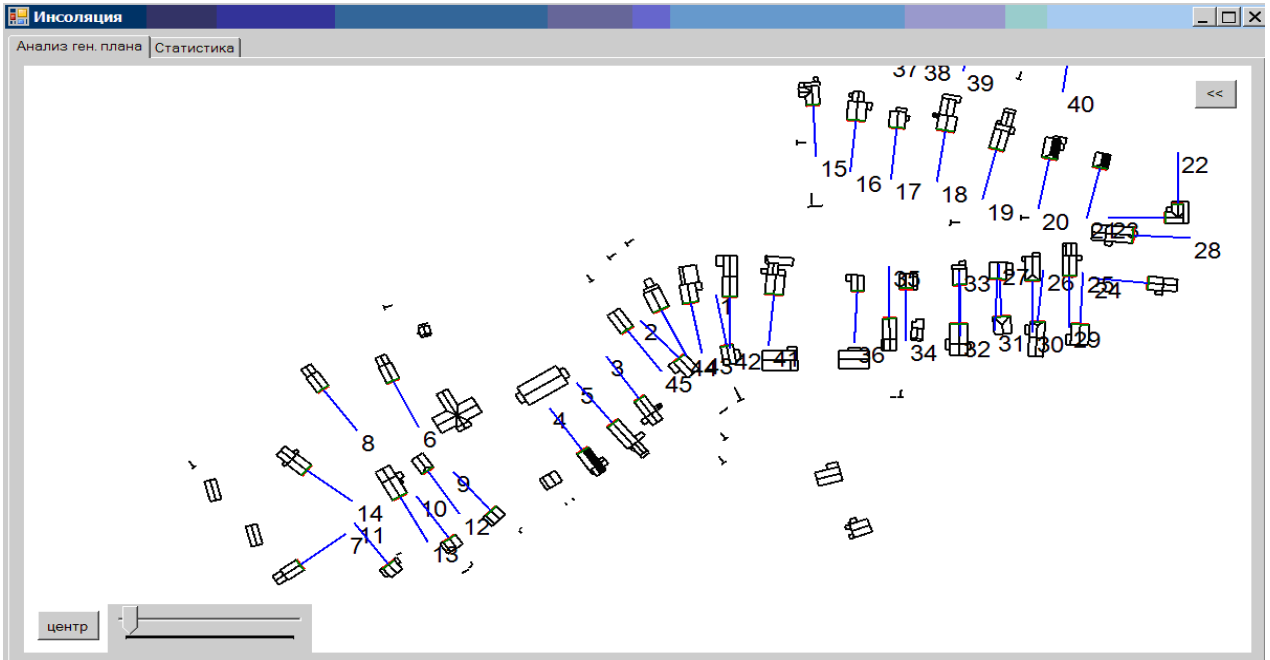


Рисунок 19. Проверка алгоритма на карте «населенного пункта № 2»

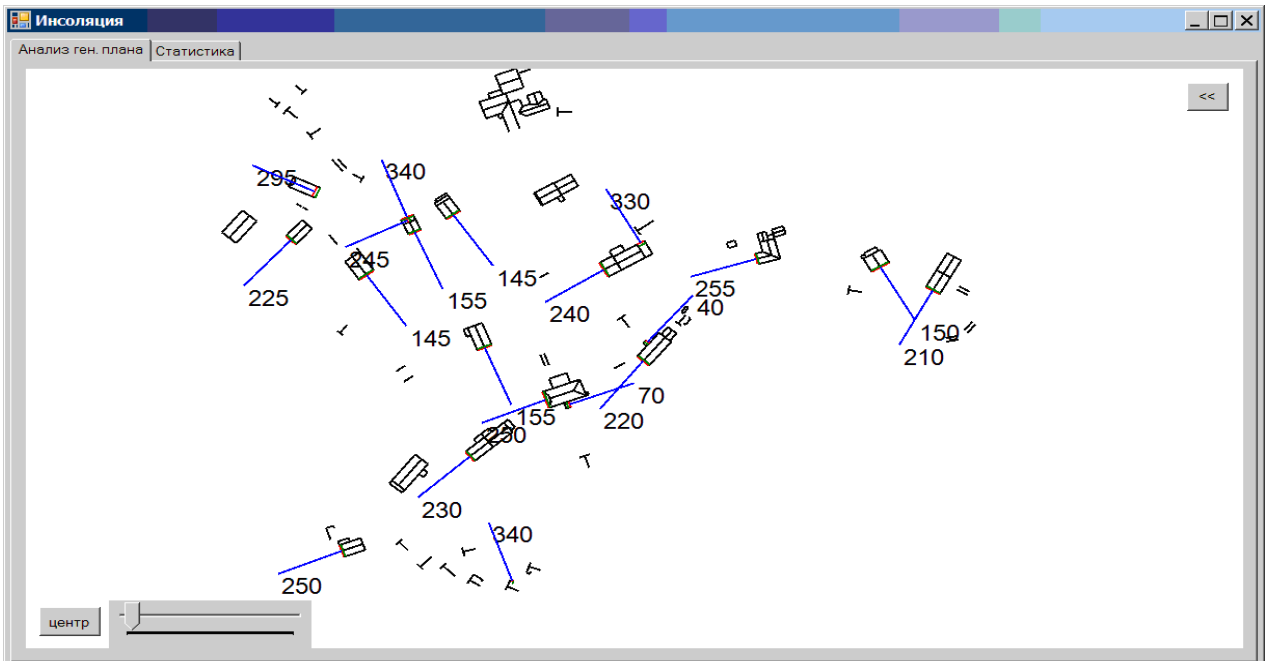


Рисунок 20. Проверка алгоритма на карте «населенного пункта № 3»

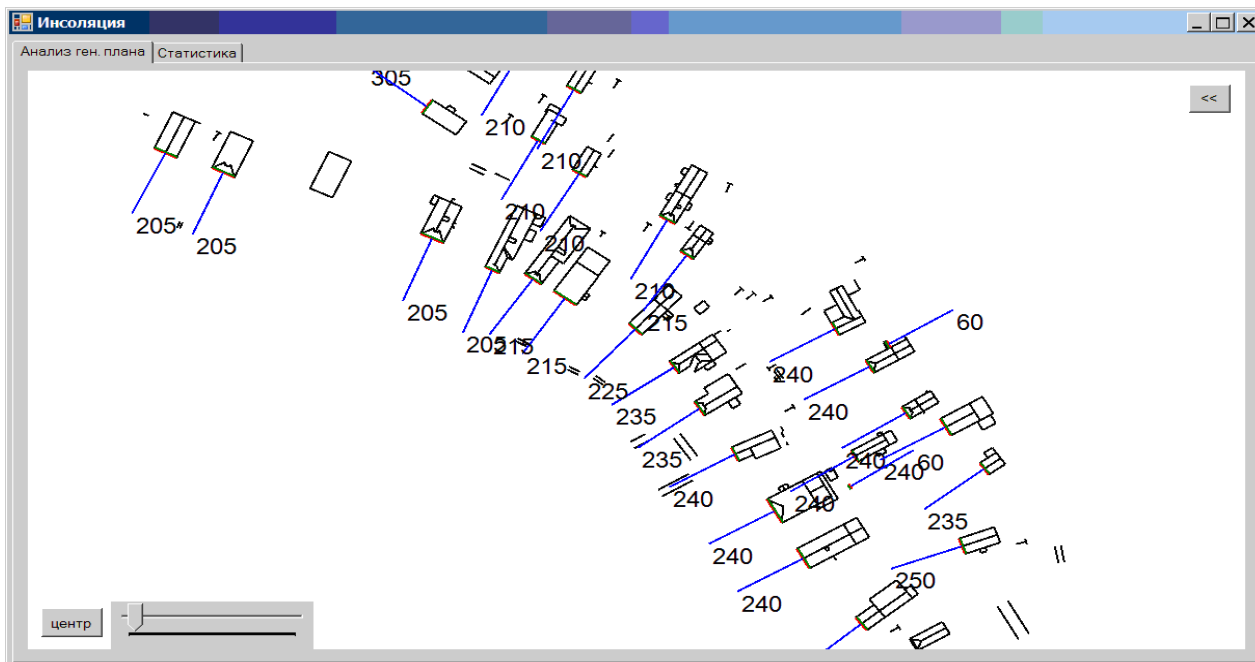


Рисунок 21. Проверка алгоритма на карте «населенного пункта № 4»

Дальнейшее развитие данной системы будет направлено на реализацию методики анализа влияния роли водоема, как одного из основных приоритетов ориентации застройки. Данная характеристика определяется через анализ ориентации жилых домов, обеспечивающей визуальную связь жилых помещений в лицевой части дома с водоемом.

Используемая литература

- Воронечкая И. Ю., Реут О. Ч. Опыт анализа ветрового режима сельских поселений // Народное зодчество: Межвуз. сб. Петрозаводск, 1998. С. 195-201.
- Гуляев В. Ф. Объемно-пространственная структура сельских поселений середины XIX - начала XX вв. и методика ее количественной оценки (на примере Российского севера). Дис.на соиск. уч. ст. кандидата архитектуры. Петрозаводск, 1990. т. I: 148 с., приложения 46 с., т. II: 88 с.
- Хрол Т. М. Определение количественных характеристик регулярности планировки и застройки сельских поселений (по материалам экспедиции Петрозаводского государственного университета 1982 г. по восточной части Ленинградской области // Проблемы исследования, реставрации и использования архитектурного наследия Карелии и сопредельных областей: Межвузовский сборник. Петрозаводск, 1985. С. 18-22.
- Борисов А. Ю. Планировочные формы традиционных сельских поселений: опыт исследования этнических особенностей// Межкультурные взаимодействия в полиэтничном пространстве пограничного региона. Материалы международной научной конференции. Петрозаводск, 10-12 октября 2005 г. Петрозаводск, 2005. С. 249-254.
- Дунаев Б. А. Инсоляция жилых зданий. М., Стройиздат. 1962 - 79 с.
- Хейфец, А. Л. 3D-моделирование и расчет продолжительности инсоляции средствами пакета AutoCad [Электронный ресурс] / А.Л. Хейфец // Режим доступа: [http://www.graphicon.ru/2004/Proceedings/Technical_ru/s2\[6\].pdf](http://www.graphicon.ru/2004/Proceedings/Technical_ru/s2[6].pdf)

Авторы:

Шлей Михаил Дмитриевич. Программист Регионального Центра Новых Информационных Технологий ПетрГУ (Отдел информационных систем финансовой и управленческой деятельности).

shlei@psu.karelia.ru.

Борисов Алексей Юрьевич. Научный сотрудник НИИ историко-теоретических проблем народного зодчества ПетрГУ. Преподаватель кафедры архитектуры строительных конструкций и геотехники строительного факультета ПетрГУ.

borisoff@psu.karelia.ru.