

ВВЕДЕНИЕ

Воздушный транспорт является одним из самых безопасных и востребованных видов транспорта. На сегодняшний день это не только способ доставки грузов и пассажиров в отдаленные и труднодоступные участки по всей планете, но и стратегически и экономически важная отрасль государства. Непрерывное развитие и охват новых территорий и направлений, влечет за собой стремительный рост количества воздушных судов, одновременно находящихся в небе. С повышением интенсивности воздушного движения растет потребность в его упорядочивании.

Создание условий, при которых для каждого эксплуатанта воздушного пространства минимизируется риск столкновения и возможные эксплуатационные потери, основная задача организации воздушного движения. Для решения этой задачи, а также снижения экономических и временных затрат авиаперевозчиков и пассажиров необходимо использование грамотно спроектированной структуры воздушного пространства, основными элементами которой являются:

- а) Контролируемое воздушное пространство (районы аэродромов, секторы обслуживания воздушного движения);
- б) Маршруты обслуживания воздушного движения (воздушные трассы и маршруты вылета и прибытия воздушных судов);
- в) Зоны ограничения полетов и запретные зоны;
- г) Естественные и искусственные препятствия (рельеф, растительность, строения).

В значительной степени, сложность изучения и анализа существующей структуры воздушного транспорта, по сравнению с инфраструктурой наземного транспорта, заключается в том, что она является невидимой для человека. В настоящий момент данные обо всех элементах структуры воздушного пространства представлены во множестве разрозненных источников, таких как многотомные аэронавигационные сборники, карты, аэронавигационные базы данных. Из-за специфики существующего формата публикации документов аэронавигационной информации, данные об интересующих элементах структуры воздушного пространства могут быть разнесены на разные страницы сборника, а карты предоставляют ограниченную вариативность отображения сочетаемых объектов. Более того, даже использование электронных аэронавигационных баз данных не позволяет в полной мере получить полное представление о взаимном расположении элементов воздушного пространства, например, для нескольких близкорасположенных аэродромов, поскольку инструмента, предоставляющего возможность одновременно отобразить в трехмерном пространстве такие элементы как процедуры вылета и прибытия, в настоящий момент просто не существует.

Данный подход хранения данных существенно повышает сложность восприятия взаимного расположения объектов структуры в целом и понимание взаиморасположения разнотипных объектов ВП вблизи аэронавигационных точек.

Несмотря на тенденцию к автоматизации системы управления воздушным движением, полностью исключить человеческий фактор в системе на данный момент не представляется возможным. Постоянный контроль корректности движения самолетов должен осуществляться авиадиспетчером. В своей зоне ответственности он обеспечивает безопасное и эффективное использование воздушного пространства для всех его участников. Таким образом, для выполнения своих обязанностей, авиадиспетчер должен знать и хорошо

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основная задача выпускной квалификационной работы состояла в проектировании и разработке графического движка для трехмерного визуализатора структуры воздушного пространства.

В рамках работы был произведен обзор предметной области, описана системная архитектура визуализатора и на ее основе выдвинуты требования к графическому движку. Проведен анализ возможных вариантов решения задачи.

В результате работы был разработан и реализован графический движок для трехмерного визуализатора воздушного пространства.

Разработанный функционал графического движка визуализатора продолжает наращиваться, однако уже сейчас имеется возможность отображения всех требуемых элементов структуры воздушного пространства, что позволяет использовать визуализатор отделу ОрВД для анализа и тестирования разрабатываемых структур воздушного пространства.

Дальнейшее развитие данного движка заключается в его подготовке к встраиванию в диспетчерские тренажеры фирмы “НИТА” в качестве справочной и обучающей системы.

Таким образом, задачу выпускной квалификационной работы можно считать выполненной.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение А

```
1  #version 330 core
2  layout (location = 0) in vec3 position;
3  layout (location = 1) in vec4 color;
4  layout (location = 2) in vec2 texCoords;
5  layout (location = 3) in vec3 normal;
6  layout (location = 5) in vec3 heightVec;
7
8  out vec3 Normal;
9  out vec3 FragPos;
10 out vec2 TexCoords;
11 out vec4 ourColor;
12
13 uniform mat4 model;
14 uniform mat4 view;
15 uniform mat4 projection;
16
17 uniform sampler2D heightmap;
18 uniform bool useHeightMap;
19 uniform bool useHeightVec;
20 uniform float heightRate;
21
22 uniform int minHeight = 0;
23 uniform int maxHeight = 8848;
24
25 void main()
26 {
27     float posMinHeight = minHeight / 8848.0 ;
28     float posMaxHeight = maxHeight / 8848.0 ;
29
30     float h = (posMaxHeight - posMinHeight)*texture2D(heightmap, texCoords).r + posMinHeight;
31
32     vec3 position1 = vec3(position.x * h, position.y * h, position.z * h);
33     vec3 normalPosition = normalize(position);
34     h = h * heightRate;
35     vec3 addposition = vec3(normalPosition.x * h,normalPosition.y * h, normalPosition.z * h);
36
37     if (useHeightVec) {
38         vec3 addposition1 = vec3(heightVec.x * heightRate,
39                                 heightVec.y * heightRate,
40                                 heightVec.z * heightRate);
41
42         gl_Position = projection * view * model * vec4(position + addposition1, 1.0f);
43     } else if (useHeightMap){
44         gl_Position = projection * view * model * vec4(position + addposition, 1.0f);
45     } else {
46         gl_Position = projection * view * model * vec4(position, 1.0f);
47     }
48
49     FragPos = vec3(model * vec4(position, 1.0f));
50     Normal = mat3(transpose(inverse(model))) * normal;
51
52     ourColor = color;
53     TexCoords = texCoords;
54 }
```