



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

# Программа генерации ландшафта в дополненной реальности

Студент: Малышев Иван Алексеевич ИУ7-51Б

Научный руководитель: Кивва Кирилл Андреевич

# Цель и задачи

---

**Цель:** проектирование и создание программного обеспечения для генерации трёхмерного ландшафта и отображения его в дополненной реальности.

**Задачи:**

- Формализовать объекты синтезируемой сцены и преобразования над ней;
- Провести анализ существующих алгоритмов синтеза ландшафта и отображения виртуальной сцены в дополненной реальности, обосновать оптимальность выбранных алгоритмов;
- Реализовать выбранные алгоритмы;
- Разработать программный продукт для визуализации и преобразования виртуальной сцены в дополненной реальности.

# Введение в дополненную реальность

---

- Дополненная реальность – технология взаимодействия человека и компьютера, которая программным образом совмещает пространство реальных объектов и виртуальный мир, воссозданный на компьютере.
- Основные направления:
  - технология на базе маркеров;
  - «безмаркерная» технология;
  - «пространственная» технология.



# Использованные методы и алгоритмы

---

- Способ представления трёхмерной модели: поверхностная модель
- Способ хранения полигональной сетки: список граней
- Способ представления данных о ландшафте: карта высот
- Алгоритм генерации ландшафта: шум Перлина
- Удаление невидимых линий и поверхностей: алгоритм с Z-буфером
- Метод закрашивания: закраска Гуро
- Алгоритм построения теней: теневой Z-буфер
- Алгоритм наложения текстур: перспективно-корректное текстурирование
- Способ реализации дополненной реальности: маркерная технология на основе ArUco

# Шум Перлина

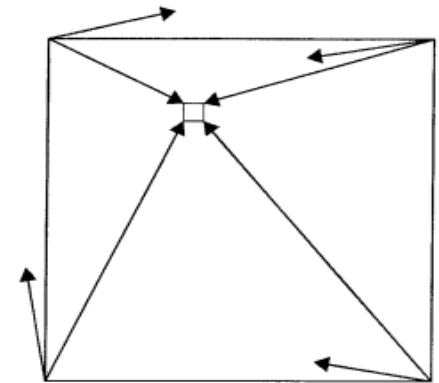
---

## 1. Задать случайные данные на основе данных ячейки сетки:

- определить сетку поверх карты высот;
- в каждой точке сетки определить случайный градиент единичной длины, который указывает в случайном направлении в пределах каждого из квадратов;
- построить 4 диагональных вектора, соединяющие углы ячейки сетки и текущий пиксель;
- вычислить скалярные произведения между градиентом и диагональным вектором для каждого угла ячейки сетки.

## 2. Интерполировать полученные данные для вычисления значения высоты пикселя:

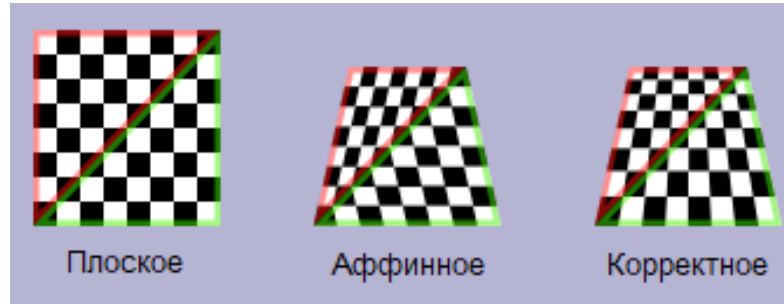
- Смешать значения скалярных произведений в верхних и нижних углах с помощью линейной интерполяции с использованием веса по  $x$ ;
- Смешать эти значения с помощью линейной интерполяции с использованием веса по  $y$ .



# Перспективно-корректное текстурирование

Цвет очередного пикселя с учётом текстуры вычисляется следующим образом:

- $u_\alpha = \frac{(1-\alpha)\frac{u_0}{z_0} + \alpha\frac{u_1}{z_1}}{(1-\alpha)\frac{1}{z_0} + \alpha\frac{1}{z_1}}, \alpha = \frac{x-x_0}{x_1-x_0};$
- $v_\alpha = \frac{(1-\alpha)\frac{v_0}{z_0} + \alpha\frac{v_1}{z_1}}{(1-\alpha)\frac{1}{z_0} + \alpha\frac{1}{z_1}}, \alpha = \frac{y-y_0}{y_1-y_0};$
- $x_{pixel} = floor((M_x - 1) * u_\alpha), y_{pixel} = floor((M_y - 1) * v_\alpha),$  где  $M_x, M_y$  – ширина и высота текстуры в растре.



# Реализация технологии дополненной реальности

---

1. Получить кадр с веб-камеры.
2. Определить в нём наличие маркера.
3. Если есть, то определить поворот и положение веб-камеры относительно маркера; иначе выдать исходный кадр.
4. Получить изображение модели ландшафта, основываясь на полученных данных в предыдущем пункте.
5. Наложить изображение модели поверх кадра и выдать результат.

# Структура комплекса программ

---

Программное обеспечение состоит из трёх частей:

- UI – интерфейс программы;
- HeightMapLib – библиотека, содержащая алгоритмы генерации и обработки карты высот;
- RenderLib – библиотека, содержащая алгоритмы компьютерной графики.



# Интерфейс программы (часть 1)

- группа «Создание карты высот» – позволяет задать параметры генерации карты высот;
- группа «Изображение маркера» – позволяет получить изображение маркера как файл с изображением;
- группа «Статус карты высот» – позволяет задать размер видимой части ландшафта, после чего создаётся модель видимой части ландшафта, и контролировать наличие этапа обработки теней.

The screenshot displays the CGCourseWork application window with the following sections:

- Создание карты высот**: A button labeled "Сгенерировать карту высот".
- Изображение маркера**: A button labeled "Получить маркер".
- Изменение видимой части**: Input fields for X and Y coordinates, followed by a "Применить" button.
- Масштабирование видимой части**: Input fields for X, Y, and Z coordinates, followed by a "Применить" button.
- Поворот источника света**: Three sliders for X, Y, and Z light source coordinates, with corresponding numeric input boxes showing values 45, 0, and 0.
- Статус карты высот**: A text box stating "Карта высот ещё не сгенерирована.", a checked checkbox for "С обработкой теней", and a button labeled "Создать модель ландшафта".
- Поворот**: An input field for "Угол (в градусах):" followed by a "Применить" button.

# Интерфейс программы (часть 2)

- группа «Изменение видимой части» – позволяет сдвигать границы видимой части на заданные значения по осям X и Y;
- группа «Поворот» – позволяет поворачивать на заданный градус модель ландшафта вокруг оси, перпендикулярной основанию модели;
- группа «Масштабирование видимой части» – позволяет масштабировать модель на заданные коэффициенты по осям X, Y, Z.

The screenshot displays the CGCourseWork application interface with the following sections:

- Создание карты высот**: A button labeled "Сгенерировать карту высот".
- Изображение маркера**: A button labeled "Получить маркер".
- Изменение видимой части**: Input fields for X and Y, followed by a "Применить" button.
- Поворот**: An input field for "Угол (в градусах)" and a "Применить" button.
- Масштабирование видимой части**: Input fields for X, Y, and Z, followed by a "Применить" button.
- Поворот источника света**: Three sliders for X, Y, and Z, each with a corresponding numeric input field (X is 45, Y and Z are 0).
- Статус карты высот**: A text box stating "Карта высот ещё не сгенерирована." and a checked checkbox "С обработкой теней". Below these is a button "Создать модель ландшафта".

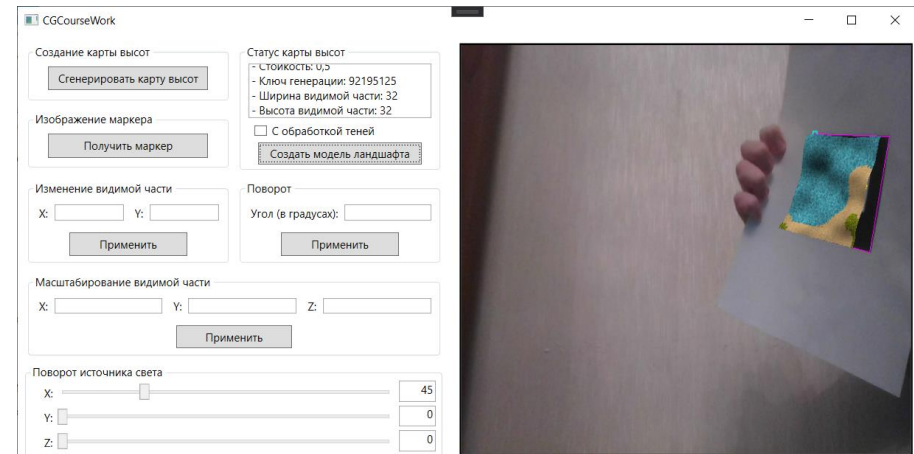
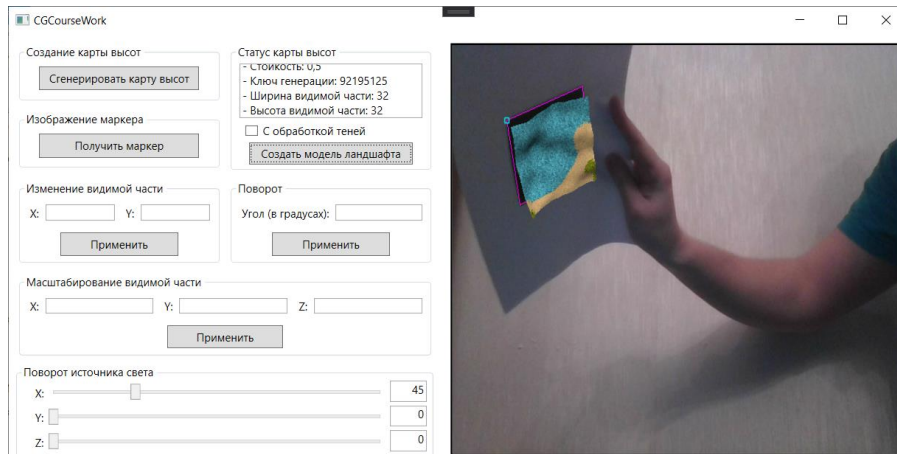
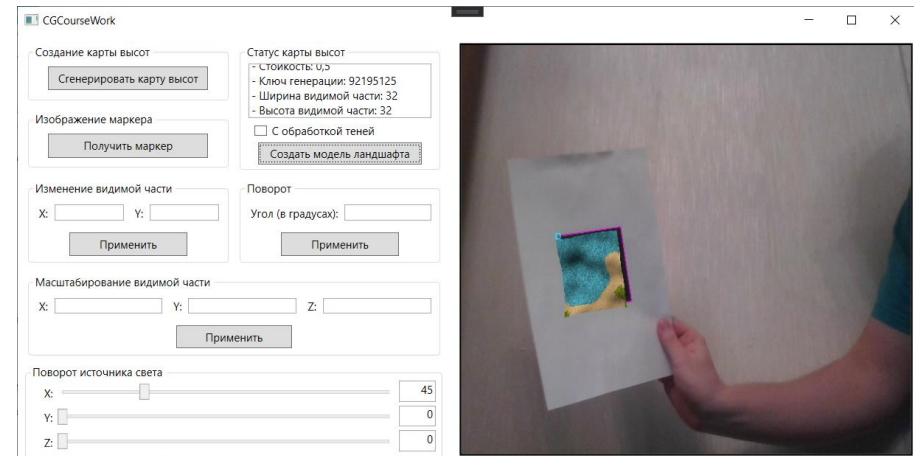
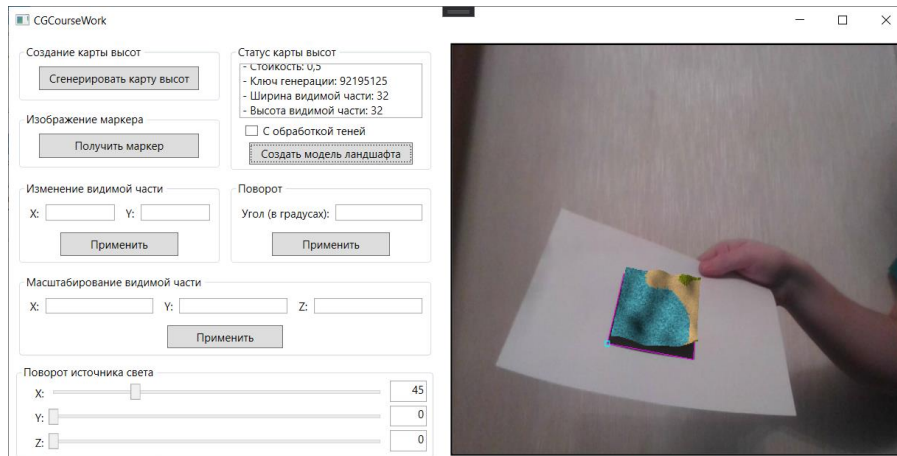
# Интерфейс программы (часть 3)

- группа «Поворот источника света» – позволяет поворачивать источник света вокруг центра модели по осям X, Y, Z.

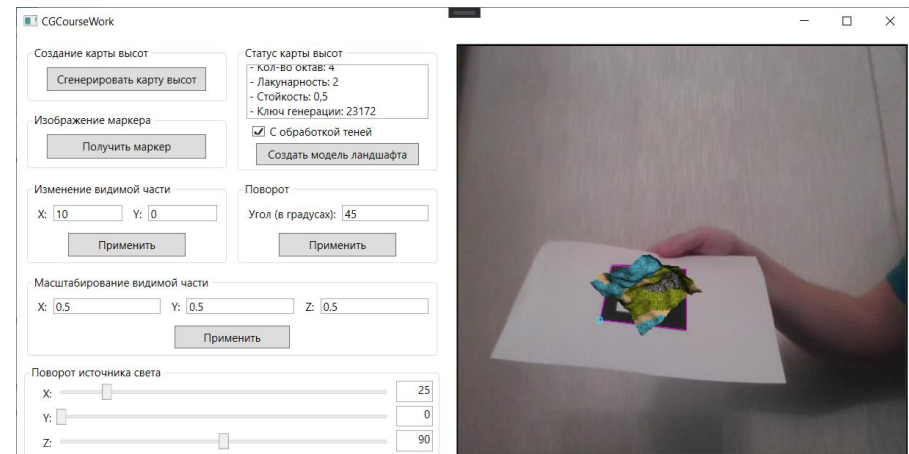
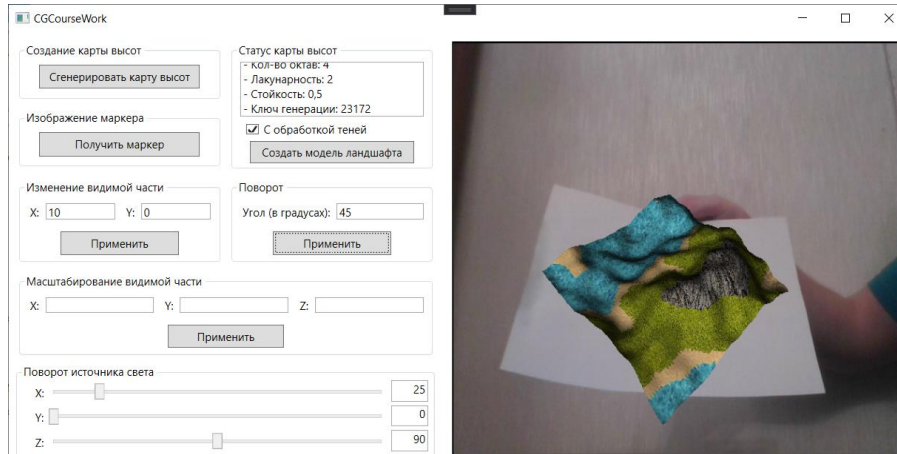
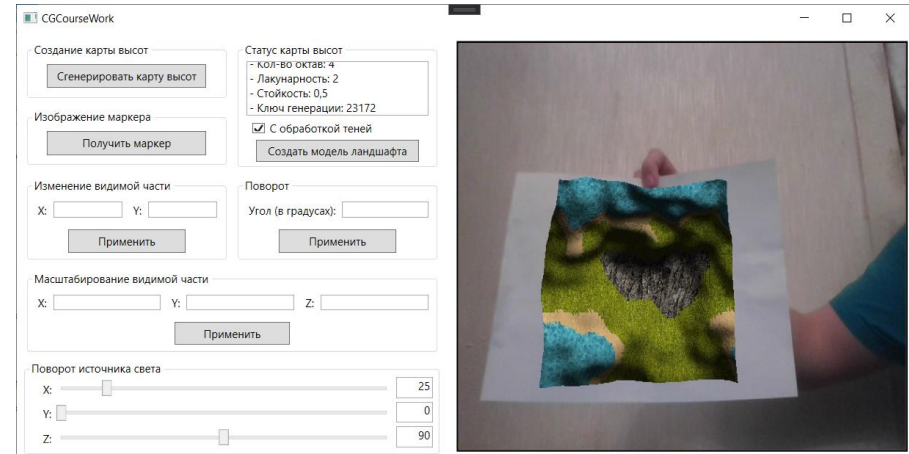
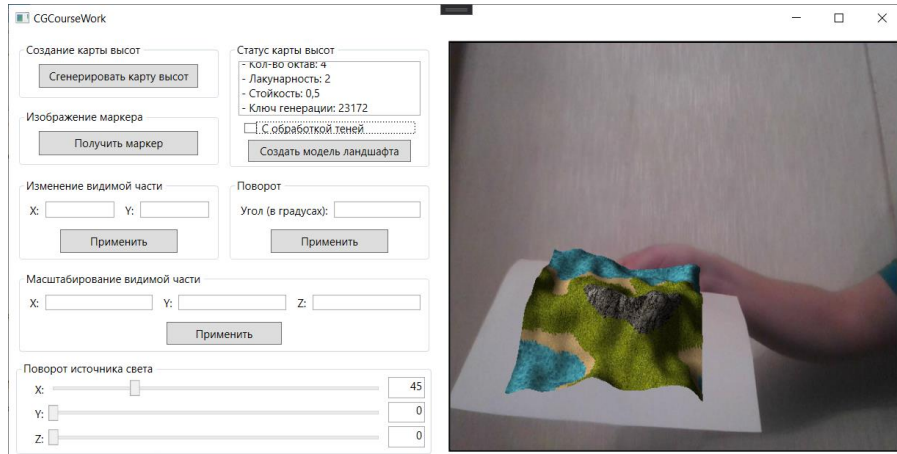
The screenshot displays the CGCourseWork application window with the following sections:

- Создание карты высот**: A button labeled "Сгенерировать карту высот".
- Изображение маркера**: A button labeled "Получить маркер".
- Изменение видимой части**: Input fields for X and Y, followed by a "Применить" button.
- Поворот**: An input field for "Угол (в градусах):" followed by a "Применить" button.
- Масштабирование видимой части**: Input fields for X, Y, and Z, followed by a "Применить" button.
- Поворот источника света**: Three sliders for X, Y, and Z axes, each with a corresponding numerical value box on the right. The X-axis is set to 45, while Y and Z are set to 0.
- Статус карты высот**: A text box stating "Карта высот ещё не сгенерирована." and a checked checkbox for "С обработкой теней", with a "Создать модель ландшафта" button below.

# Демонстрация работоспособности ПО

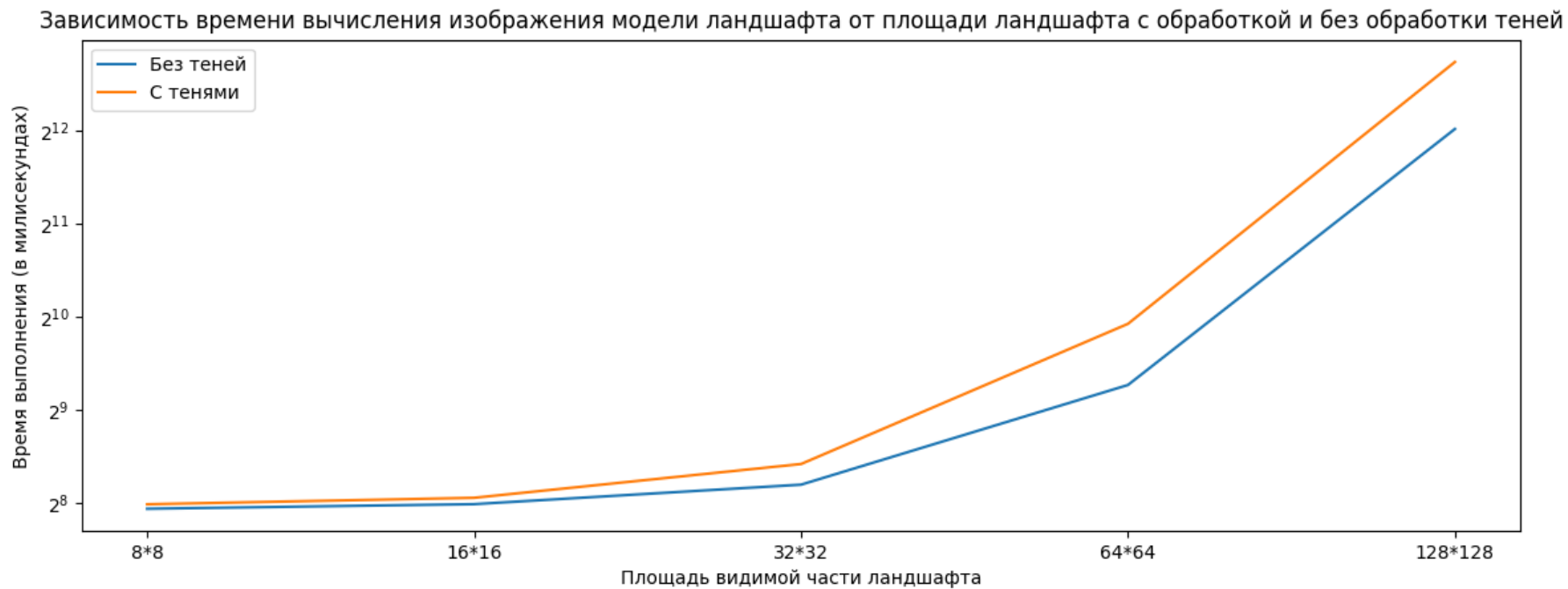


# Демонстрация работоспособности ПО (продолжение)



# Результаты исследований

Ниже приведены результаты исследования зависимости времени вычисления изображения ландшафта от её площади с обработкой и без обработки теней



# Заключение

---

- Выполнен курсовой проект, в котором была реализована программа для генерации ландшафта в дополненной реальности с использованием алгоритмов компьютерной графики и маркерной технологии дополненной реальности.
- В ходе исследований было выявлено, что с увеличением площади ландшафта разница во времени обработки изображения ландшафта между наличием и отсутствием теней растёт с ускорением.
- В качестве развития проекта можно предложить:
  - изучение технологий, реализующих необходимые алгоритмы на видеокартах;
  - реализацию функций для добавления трёхмерных моделей на поверхность ландшафта или редактирования рельефа ландшафта.