

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
ИНСТИТУТ ДИНАМИКИ СИСТЕМ И ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ  
имени В.М. Матросова  
Сибирского отделения Российской академии наук**

## **ЛЯПУНОВСКИЕ ЧТЕНИЯ**

**3 - 5 декабря 2018 года**

**Материалы конференции**



**Иркутск – 2018**

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДВОДНОГО РЕЛЬЕФА И ТЕЧЕНИЙ В СОСТАВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРУЮЩЕГО КОМПЛЕКСА

К.В. Беденко

Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова СО РАН  
bedenko@icc.ru

Назначение имитационного моделирующего комплекса заключается в предоставлении виртуального полигона для тестирования и отладки алгоритмов интеллектуального поведения автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) и их группировок. В данной работе описывается модуль моделирования подводной среды, который включает в себя генератор рельефа морского дна и генератор подводных течений согласно рельефу.

Рассматривается задача генерации реалистичного рельефа морского дна с возможностью настройки параметров рельефа посредством использования графического интерфейса пользователя (graphical user interface, GUI). Данная задача находит практическое применение в различных областях, и в зависимости от поставленной цели используются разные алгоритмы генерации и их комбинации [1]. В данной работе предложена концепция настройки параметров ландшафта, количество этапов генерации и схема переключения состояний GUI. Улучшен алгоритм генерации рельефа с использованием ранее разработанного метода «масок» (на основе шума Перлина [2]), который позволяет формировать ландшафт «по слоям» и учитывает выбранные пользователем параметры: высоту холмов или гор, их зернистость и др. Предложена схема формирования реалистичного рельефа морского дна с использованием четырех шагов. Первым шагом является создание «подложки» – песчаного дна, на котором в дальнейшем размещаются все остальные объекты рельефа. Далее следует создание «больших» (100–400 м), «средних» (30–100 м) и «малых» (1–30 м) гор, чьи размеры классифицированы по удобству использования и генерации. Реализованы сохранение и загрузка карты рельефа. Кроме этого, реализован подход по генерации карты высот рельефа на основе фрактального алгоритма «diamond-square» и предложена его модификация, которая позволяет генерировать с заданными параметрами «крутизны» и «зернистости» какую-либо часть рельефа размером  $2^n \times 2^n$  м<sup>2</sup> (где  $n$  – целое), опираясь на данные высот на ее границах, таким образом предоставляя более гибкий инструмент для работы с рельефом и формирования зон с различными типами песчаных холмов и гористых поверхностей.

В рамках моделирования подводной среды также рассматривается задача генерации подводных течений согласно полученному рельефу. Предлагается использовать подход, основанный на алгоритме поиска пути на квадратной регулярной сетке [3]. Генерация течений проходит в три этапа: 1) создание бинарной карты проходимостей по данным о высотах рельефа; 2) выбор «источника» течения, присвоение ему нулевого значения и дальнейшее использование алгоритма фронта волны для заполнения карты стоимостей; 3) генерация векторов поля течения по карте стоимостей. Реализовано расширение данного алгоритма на трехмерный случай, а также предложен ряд модификаций. Перенос источника за пределы видимой для пользователя карты позволил избавиться от «стягивания» всех объектов, плывущих по течению, к одной зоне. Использование на втором этапе случайного набора ячеек из всех возможных смежных ячеек на текущем шаге алгоритма, а также выбор случайного слагаемого от 0 до 1 при вычислении поля стоимостей разнообразили поле течений.

Обработка стоимости ячеек, смежных с непроходимыми, улучшила визуальную составляющую процесса огибания препятствия течением.

1. Rastislav Tisovčík. Generation and Visualization of Terrain in Virtual Environment / Bachelor thesis // Masaryk University, Brno, Czech Republic, 2012. URL: <https://is.muni.cz/th/hb7zk/Thesis.pdf>
2. Perlin K. Improving Noise // ACM Transactions on Graphics (TOG). 2002. Vol. 21, No. 3.
3. Pentheney G. Efficient Crowd Simulation for Mobile Games // Game AI Pro: Collected Wisdom of Game AI Professionals. A K Peters/CRC Press. 2013, September. Vol. 1. URL: [http://www.gameapro.com/GameAIPro/GameAIPro\\_Chapter24\\_Efficient\\_Crowd\\_Simulation\\_for\\_Mobile\\_Games.pdf](http://www.gameapro.com/GameAIPro/GameAIPro_Chapter24_Efficient_Crowd_Simulation_for_Mobile_Games.pdf)