

**ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ТРЕХМЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ  
РЕЗУЛЬТАТОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

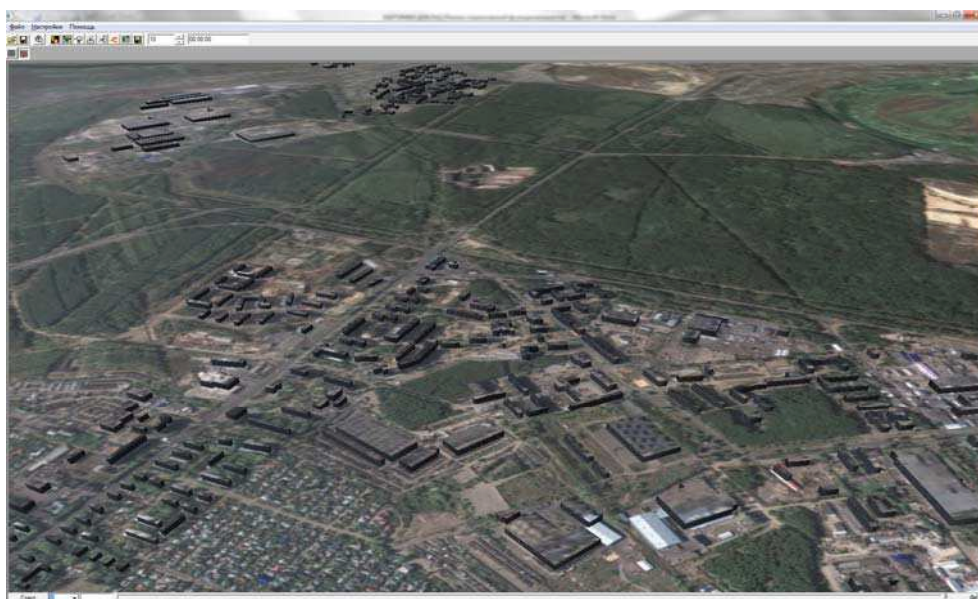
**Е. В. Березнев, Р. Н. Григорьев, Д. В.Самойлов, А. В. Слатин, А. А. Масленников  
(Москва)**

Программное средство трехмерной визуализации предназначено для отображения движения и взаиморасположения больших совокупностей объектов различного назначения на фоне реалистичного отображения земной поверхности и небосвода. В программное средство трехмерной визуализации встроены средства анализа процессов функционирования, как выделенных пользователем объектов, так и всей совокупности объектов в целом.

Исходные данные для трехмерного отображения могут вырабатываться различными имитационными моделями или записываться в ходе натурных экспериментов. Передача исходных данных программному средству трехмерной визуализации может осуществляться через текстовые файлы результатов работы модели либо непосредственно в ходе работы модели по протоколу ТСР/ІР или через очередь событий операционной системы.

Программное средство трехмерной визуализации позволяет:

- Отображать необходимый участок земной поверхности.



**Рис. 1**

- Перемещать камеру наблюдателя над всей отображаемой поверхностью Земли.
- Отображать в трехмерном пространстве положение и перемещение трехмерных образов моделируемых объектов:
  - образы единичных объектов – танков, БМП, БТР, орудий, САО, ПУ РСЗО, самолетов, вертолетов, транспортных средств общего назначения, объектов гражданской авиации т. д.;
  - значки групповых объектов: батальонов, рот, взводов, дивизионов, батарей, командных пунктов и т. д.
- Изменять масштаб отображения трехмерных образов объектов.
- Отображать изменение состояний объектов и связанных с ними процессов за счет изменения цвета их трехмерных образов.

- Отображать траектории движения моделируемых объектов.
- Для выбранных пользователем объектов отображать текстовую информацию о текущем их состоянии, а также осуществлять вывод текстового протокола, описывающего процесс функционирования объектов.
- Для выбранных пользователем объектов отображать зоны обнаружения и поражения.
- Воспроизводить ход операции с задаваемым исследователем временным масштабом: в реальном времени, при ускорении по отношению к реальному времени, при замедлении, а также останавливать воспроизведение, возвращаться назад по времени операции.
- Осуществлять быструю установку времени.
- Отображать тактические знаки, такие как линии боевого соприкосновения, линии разграничения подразделений, области размещения подразделений и т.д.
- Отображать иерархию подчиненности моделируемых объектов.
- Отображать воздушную обстановку полетов воздушных судов (элементы воздушного пространства (маршруты SID/STAR, ВТ, аэропорты), элементы структуры системы ОрВД (районные центры, секторы ОВД, запретные зоны)).

Трехмерная сцена, воспроизводимая программным средством трехмерной визуализации, представляет собой отображение моделируемых реальных пространственных объектов и процессов в компьютерно смоделированное трехмерное представление (виртуальную реальность), с помощью которого возможно оценить взаимное расположение и перемещение моделируемых объектов, при желании охватить целиком весь моделируемый процесс или, наоборот, сконцентрироваться на отдельных подробностях. Единичные объекты, находящиеся в сцене, отображаются трехмерными компьютерными моделями, передающими их основные конструктивные особенности. Такой способ отображения имеет преимущество перед способом отображения с использованием условных обозначений (значков) из-за своей естественности и наглядности – пользователь сразу узнает тип объекта, изображенного на экране, и ему не требуется заглядывать в справку, чтобы узнать, к какому типу средства относится данное условное обозначение.

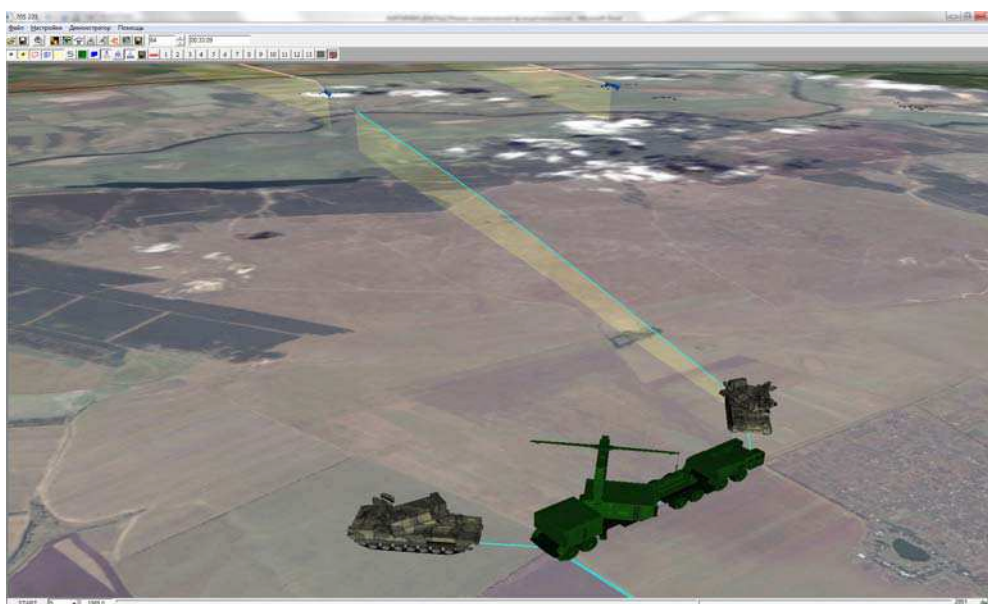


Рис. 2

Поскольку моделируемые реальные объекты имеют очень небольшие размеры относительно того пространства, в котором они отображаются и взаимодействуют (например, дивизион ЗРК большой дальности действия, имеющий в своем составе порядка 24 средств размером в несколько метров, расположенных в круге радиусом 10 км, и имеющий зону поражения более 100 км, или для гражданской авиации перелет из одного конца России в другой), то их размеры при отображении могут масштабироваться в несколько десятков и сотен раз в сторону увеличения (до 1000). Объекты в сцене отображаются с наложенной на них текстурой (реальной раскраской, камуфляжем или др.), которую пользователь может отключить.

Для перемещения (навигации) по сцене используется понятие камеры. Центр камеры совпадает с позицией наблюдателя, а направление камеры – с направлением взгляда наблюдателя. Таким образом, перемещение наблюдателя в пространстве трехмерной сцены осуществляется перемещением и вращением камеры.

Для увеличения быстродействия для каждого объекта предусмотрены три уровня подробности. Когда камера находится далеко от объекта, то выбирается трехмерная модель объекта (далее модель) наименьшей подробности (может быть пустой моделью, т.е. ничего не отображается).

Элементы моделей могут двигаться для повышения реалистичности (например, поворот башен танков, вращение винтов вертолетов, вращение антенн РЛС и т. д.).

В программном средстве предусмотрен вывод дополнительной информации об объектах: как протокольных записей, так и фазовых координат. Протокольные записи несут в себе информацию о событиях, происходящих с объектами при моделировании.

В программе предусмотрено отображение траекторий движущихся объектов в виде линий, тянущихся за объектом от места его появления до текущего положения объекта.

В дополнение к траекториям в программном средстве существует возможность отображения вертикальных профилей полета объектов, которые позволяют в удобной форме оценить высотное расположение объектов.

В процессе моделирования объект принимает различные состояния, некоторые из которых могут отображаться цветом.

В качестве средства визуальной оценки расстояний в сцене используется координатная сетка с осями координат, а также присутствует инструментарий измерения расстояний между объектами.

Отображение возможно как в реальном масштабе времени, так и с коэффициентом по времени, большим или меньшим единицы. Коэффициент по времени больший единицы применяется при просмотре динамики в ускоренном режиме, а меньший единицы – в замедленном. При отображении динамики возможно перемещение по времени в произвольном направлении на произвольное время.

Модель земной поверхности построена на основании данных SRTM формата (для заданной широты/долготы берется высота), а в качестве текстуры – изображения из разнообразных источников, таких как Google Maps или Microsoft Virtual Earth. Текстура накладывается на построенный рельеф с помощью средств библиотеки OpenSceneGraph. Предварительно координаты преобразовываются в единую систему. Модель реализована системой уровней детализации (LOD) (в зависимости от удаления изменяется уровень подробности). Количество уровней выбирается исходя из рельефа (на более плоской поверхности меньше уровней). Для существующей модели есть возможность добавления объектов, представленных векторными данными (например, взятых из источников типа OpenStreetMap или ГИС Интеграция), таких как дороги, дома, леса, реки и т.д. Рельеф возможно подкрасить в необходимые цвета вместо текстуры.

Системы координат программного средства графической визуализации:

1. Прямоугольная декартова система координат, центр которой находится на поверхности Земли в выбранной пользователем точке.
2. WGS84.

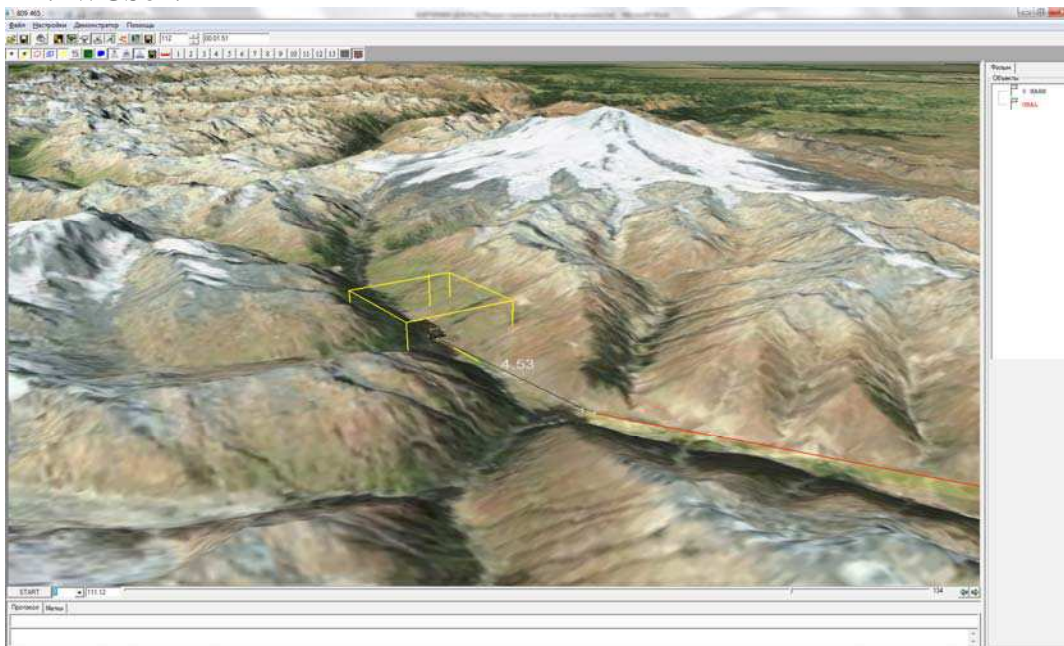


Рис. 3

Программное средство разработано с учетом возможности добавления дополнительных элементов среды, а также изменения ранее созданных компонентов под нужды каждой конкретной модели.

Для автоматизированной подготовки данных существует модуль подготовки сценариев, представляющий собой инструментарий расстановки средств на местности с редактированием их начального расположения, траекторий движения, программы поведения и т.д.

Программное средство трехмерной графической визуализации написано на языке C++ с использованием дополнительных библиотек wxWidgets и OpenSceneGraph.

Библиотека wxWidgets является переносной объектно-ориентированной библиотекой высокого уровня для создания интерфейса пользователя, имеет богатый набор компонентов, поддерживает множество компиляторов, проста в освоении, имеет открытые исходные коды и свободно распространяется по лицензии GPL.

OpenSceneGraph – это открытое программное обеспечение для разработки высокопроизводительных 3D-приложений, используемое разработчиками для таких приложений как:

- компьютерные игры;
- виртуальная реальность;
- научные приложения;
- компьютерное моделирование.

Инструментарий написан на C++ с использованием OpenGL и поддерживает большинство операционных систем: Windows, Mac OS X, Linux. Некоторые возможности библиотеки:

1. Поддержка OpenGL шейдеров.
2. Поддержка большого количества 2D изображений и 3D форматов, таких как OpenFlight, TerraPage, OBJ, 3DS, JPEG, PNG и GeoTIFF и т.д.
3. Крупный масштаб, поддержка создания всего глобуса отдельными страницами для ускорения загрузки.

4. Поддержка многопоточности и многопроцессорности.

5. Поддержка дополнительных постоянно пополняемых библиотек.

Доступность исходных кодов данных библиотек, возможность их компиляции, а также переносимость исходных кодов между различными платформами (Linux, Windows и т.д.) дают возможность использования программного средства трехмерной графической визуализации на различных операционных системах, в частности специализированных военных.

Программное средство трехмерной визуализации успешно применяется в ходе выполнения ряда НИР и ОКР, выполняемых по заданию Министерства обороны РФ.

В настоящее время программное средство трехмерной визуализации эксплуатируется:

- в составе стендов по отработке программного обеспечения образцов военной техники;
- в составе моделирующих комплексов по оценке эффективности функционирования различных систем военного назначения;
- в составе комплекса имитационного моделирования управления воздушным движением.