



М.В. Михайлюк, Д.А. Кононов,  
Д.М. Логинов

**Ситуационное моделирование в  
системах виртуального окружения**

***Рекомендуемая форма библиографической ссылки***

Михайлюк М.В., Кононов Д.А., Логинов Д.М. Ситуационное моделирование в системах виртуального окружения // Научный сервис в сети Интернет: труды XXIII Всероссийской научной конференции (20-23 сентября 2021 г., онлайн). — М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2021. — С. 236-243.

<https://doi.org/10.20948/abrau-2021-1>

<https://keldysh.ru/abrau/2021/theses/1.pdf>

***Видеозапись выступления***

***Размещена также презентация к докладу***

# Ситуационное моделирование в системах виртуального окружения

М.В. Михайлюк<sup>1</sup>, Д.А. Кононов<sup>1</sup>, Д.М. Логинов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН

**Аннотация.** Рассматривается технология моделирования различных ситуаций в системах виртуального окружения. Предлагается механизм задания ситуаций путем изменения виртуальной трехмерной сцены с помощью конфигурационных файлов и виртуальных пультов управления.

**Ключевые слова:** система виртуального окружения, ситуационное моделирование, трехмерная сцена, конфигурационный файл, виртуальный пульт управления

## Situational modeling in virtual environment systems

M.V. Mikhaylyuk<sup>1</sup>, D.A. Kononov<sup>1</sup>, D.M. Loginov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Scientific Research Institute for System Analysis RAS

**Abstract.** The technology of modeling various situations in virtual environment systems is considered. We propose a mechanism for setting situations by changing a virtual three-dimensional scene using configuration files and virtual control panels.

**Keywords:** virtual environment system, situational modeling, three-dimensional scene, configuration file, virtual control panel

### 1. Введение

Системы виртуального окружения (СВО) представляют собой компьютерные трехмерные модели реальной или искусственной среды, которые пользователь может наблюдать непосредственно на экране компьютера, настенном экране, в стерео очках или в очках виртуальной реальности и т.д. Кроме наблюдения, пользователь может перемещаться внутри этой среды, взаимодействовать с ее объектами и анализировать результаты этого взаимодействия. Среда может также изменяться самостоятельно или под действием каких-либо факторов. Все это приводит к возможности проведения моделирования в СВО.

Известно несколько типов моделирования, которые могут использоваться в СВО. При имитационном моделировании создается компьютерная модель реальной или разрабатываемой системы или процесса, на которой изучаются результаты моделирования (поведение и параметры системы или процесса) или предсказываются будущие результаты. Существенным здесь является визуализация всех процессов и их визуальное наблюдение. Сценарное моделирование позволяет изучать стойкость и живучесть сложных систем. Его задачами являются недопущение нештатных ситуаций, управление рисками, восстановление живучести систем и др. Структура системы и взаимодействие элементов при ее функционировании представляют в виде ориентированного графа, дугам и вершинам которого присваивают параметры и функционалы, адекватно описывающие процессы функционирования элементов исследуемой (моделируемой) системы. Визуализация такой системы в СВО позволяет наглядно наблюдать происходящие процессы. Имитационно-тренажерные комплексы предназначены для профессиональной подготовки операторов путем многократного выполнения ими необходимых действий. В этих комплексах СВО используется для моделирования динамики и визуализации окружающей обстановки. Расширение задач таких комплексов путем создания различных ситуаций для операторов приводит к ситуационному моделированию.

Ситуационное моделирование [1] создает особую статическую или динамическую обстановку в СВО, в которой оператор должен выполнить поставленные задачи. При этом он должен следовать как объективным свойствам созданной ситуации, так и своим субъективным представлениям о том, как действовать в такой ситуации. Здесь важно не столько обучение конкретному ролевому поведению, сколько умению справляться со сложными ситуациями. Инструктор может предлагать как отдельные ситуации, так и несколько ситуаций, следующих друг за другом. Такое моделирование позволяет проверить не только квалификацию оператора, но и его психологические качества: смелость, склонность к риску, настойчивость, обучаемость, эмоциональность, стрессоустойчивость, адекватность, целенаправленность, потенциал работоспособности и др. В работе [2] рассматривается ситуационная мотивация в решении проблемы как состояние ситуативной когнитивной и эпистемической готовности к решению проблемы для уменьшения воспринимаемого несоответствия между ожидаемым и реальным состояниями. В [3] предложена классификация ситуаций и соответствующих им алгоритмов поведения на примере управления малым турбореактивным двигателем МРМ. В статье [4] рассмотрена работа оператора с пультом управления в виртуальном интерфейсе космического модуля "Пирс" для осуществления выхода

космонавта в открытый космос. Некоторые другие задачи представлены в работах [5-7].

В данной работе рассматривается задача ситуационного моделирования в системах виртуального окружения на примере двух виртуальных сцен: полигона для мобильных роботов и реактивного рюкзака спасения космонавта в открытом космосе. Предлагаются методы задания различных ситуаций в одной 3D виртуальной сцене с помощью конфигурационных файлов и виртуальных пультов управления, а также возможные задачи ситуационного моделирования в СВО.

## 2. Система виртуального окружения

Система виртуального окружения состоит из трехмерной (3D) виртуальной сцены, подсистемы управления, подсистемы динамики и подсистемы визуализации (см. рис. 1).

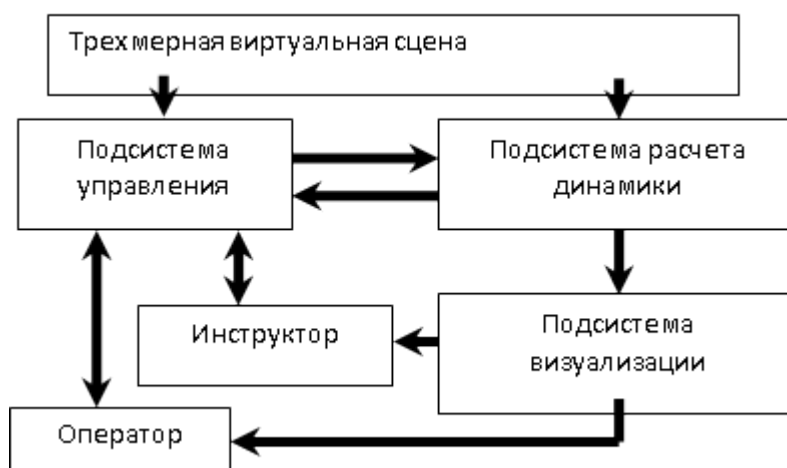


Рис. 1. Система виртуального окружения

Виртуальная 3D сцена создается в системе трехмерного моделирования 3ds Max и задает сцену, в которой будут происходить все действия. На рис. 2 слева показана сцена полигона мобильных роботов, а справа – сцена космонавта с реактивным ранцем спасения в открытом космосе. Выбранная сцена на начальном этапе загружается в подсистемы динамики и визуализации. Подсистема управления включает пульты управления динамическими объектами (например, роботами или реактивными двигателями ранца), функциональные схемы и программные модули вычисления управляющих сигналов, являющихся результатом воздействия оператора на элементы пульта управления. Вычисленные сигналы передаются в подсистему динамики, которая рассчитывает новые координаты, углы ориентации и состояния управляемых объектов и передает их в подсистему визуализации. Эта подсистема осуществляет синтез изображения виртуальной сцены с новыми параметрами динамических объектов. Так как один цикл работы всех подсистем

занимает не более 40 миллисекунд, то у оператора создается впечатление непрерывного управляемого процесса в системе виртуального окружения. В ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН разработана оригинальная СВО VirSim, включающая все описанные подсистемы. Ее основное назначение заключается в использовании в качестве тренажера операторов управления сложными динамическими системами. Поэтому работа всех подсистем должна быть максимально реалистичной, чтобы не формировать у операторов так называемые ложные навыки. Эта система использовалась для подготовки операторов мобильных и антропоморфных роботов, а также для тренировки космонавтов на МКС. На рис. 2 показаны примеры виртуальных сцен в этой СВО.

Сцену СВО можно рассматривать как некоторую ситуацию (ситуационную модель), определяемую взаимным расположением объектов и их свойствами.

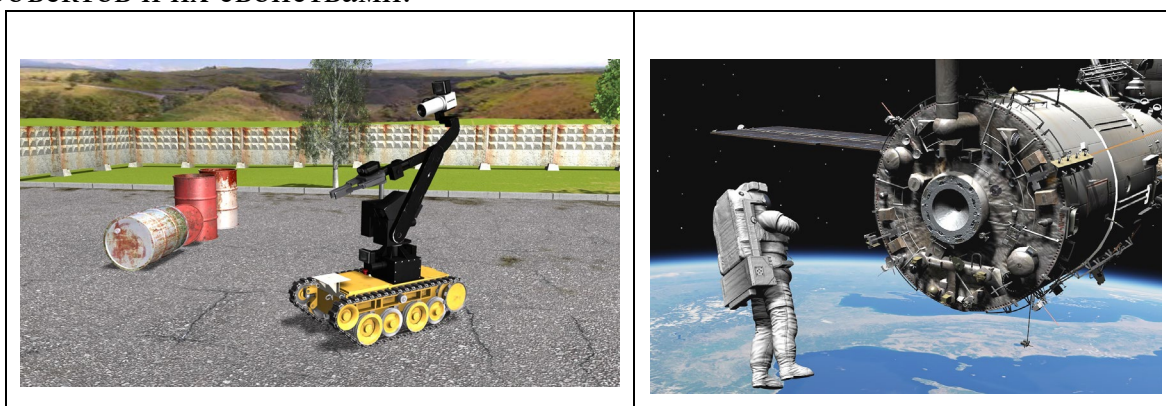


Рис. 2. Трехмерная сцена в системе виртуального окружения

### 3. Ситуационное моделирование

Под ситуационным моделированием здесь понимается создание некоторой ситуации (статической или динамической) в СВО и решение в ней оператором (или группой операторов) некоторой задачи. Задание ситуации, постановка задачи, контроль и оценка действий оператора осуществляется инструктором. Инструктор может предлагать как отдельные ситуации, так и несколько ситуаций, идущих подряд. Целью моделирования является не только обучение оператора выполнению известных действий, но и умению найти правильное решение в сложных ситуациях. Поэтому оператор не только должен учитывать объективные свойства заданной ситуации, но и использовать свои способности действовать в сложной и неожиданной обстановке. Примером являются нештатные ситуации в моделируемой системе. По окончании тренировки обычно проводится анализ и самоанализ участниками процесса своих действий и их результатов. Это позволяет приобрести опыт действия в таких ситуациях, не подвергая опасности свою жизнь и здоровье.

#### 4. Методы задания ситуации в СВО

Статическая ситуация — это ситуация, в которой все объекты и окружающая обстановка не изменяют своих параметров в процессе моделирования. Самый простой способ моделирования статической ситуации — это создание для СВО новой трехмерной сцены в системе 3D моделирования. Например, для этой цели можно использовать систему 3ds Max. Однако для различных ситуаций в качестве базовой может использоваться одна и та же сцена. В этом случае возникнут многочисленные ее конкретные модификации, которые будут занимать большой объем памяти и мало отличаться друг от друга. В случае изменения базовой сцены придется отслеживать изменения всех ее модификаций.

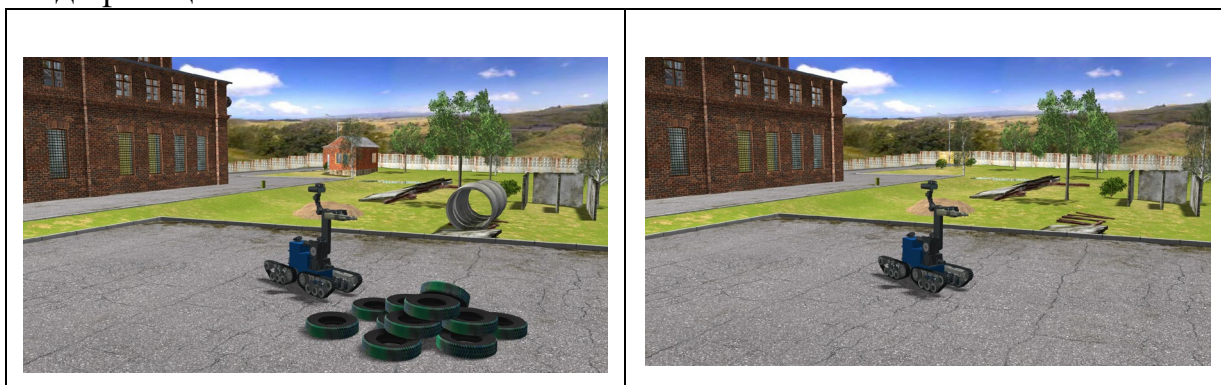


Рис. 3. Изменение ситуации с помощью конфигурационного файла

Другой способ задания ситуации возможен с помощью конфигурационного файла. Конфигурационный файл представляет собой xml файл, в котором для любого объекта можно задать значение любого его параметра. Для объекта можно задать положение и ориентацию, а также сделать его невидимым или заменить на поврежденный; источник освещения можно включить или выключить, задать время суток, включить дождь или снег и задать их интенсивности и т.д. На рис. 3 слева показан пример сцены, а справа – той же сцены, в которой некоторые объекты заданы невидимыми с помощью конфигурационного файла.

Для управления конфигурационными файлами можно использовать виртуальные пульты управления. Такие пульта создаются с помощью специально разработанного редактора, который позволяет разместить на подложке пульта элементы управления (кнопки, тумблеры, переключатели и т.д.). Положения элементов управления при моделировании передаются в функциональную схему, которая строится из функциональных блоков различного типа (арифметических, тригонометрических, управляющих и др.). В частности, в ней имеются блоки отслеживания времени и блоки запуска на исполнение конфигурационных файлов.

С помощью этого механизма можно изменить ситуацию в виртуальной сцене в определенный момент времени. На рис. 4 показан

пример пульта инструктора, с помощью которого он может задать одну из 12 ситуаций и выбрать погодные условия (дождь или снег).



Рис. 4. Ситуационный пульт управления

### 5. Возможные задачи ситуационного моделирования

Рассмотрим возможные задачи ситуационного моделирования на примере двух сцен СВО: полигона мобильных роботов и спасательного реактивного ранца (сейфера) космонавта. В первой сцене (см. рис. 2 слева) оператор с помощью виртуального или реального пульта управляет движением робота и может осуществлять захват объектов манипулятором. Во второй сцене (см. рис. 2 справа) оператор с помощью джойстика управляет реактивным ранцем, перемещая космонавта в пространстве.

На начальном этапе оператор должен освоить управление и выполнение простых базовых операций (изучение пульта управления, перемещение управляемого средства вперед/назад, поворот влево/вправо, захваты объектов и т.д.).

Более сложные задачи состоят в перемещении робота (или сейфера) в заданную точку. Точка может задаваться координатами (при этом необходимо моделировать GPS и выводить текущие координаты на пульт управления) или описанием (например, вход в ангар, выходной люк Международной космической станции и др.). К такому типу задач относятся также поиски заданных объектов или инспекция окружающей обстановки. Объекты могут определяться значениями специальных виртуальных датчиков. Например, виртуальный  $\gamma$ -детектор показывает уровень  $\gamma$ -излучения радиоактивного объекта, попадающего в его конус действия. Его можно использовать для поиска зараженных радиоактивных объектов с целью их дальнейшей транспортировки в специализированные контейнеры. Объект может быть также задан описанием (например, источник огня, бочка с топливом, солнечная батарея, определенный космический модуль и т.д.). Задачи инспекции окружающей обстановки могут включать осуществление съемки виртуальной камерой (включая панорамную съемку 360 градусов), поиск повреждений, проверку

правильности креплений и т.д.). Выполнение всех этих операций можно ограничивать временем и наличием препятствий.

Более сложными операциями являются тушение горящих объектов с помощью струи воды или пены из водомета мобильного робота, ориентация при выходе из строя какого-либо датчика, «застревание» робота в яме, восстановление его работоспособности и др. В сцене с сейфером можно отрабатывать автоматический возврат (в случае запотевания скафандра или потери видимости МКС), возврат к ближайшему поручню (в случае недостатка топлива для перелета к шлюзу), выход из строя одного двигателя, стабилизацию космонавта (в случае его закручивания) и т.д. Имея в сцене подстилающую поверхность Земли, можно изменять время суток, ставить задачи распознавания места пролета, выявление пожаров, наводнений и других катаклизмов.

## **6. Заключение**

В данной работе предлагаются методы задания различных ситуаций, а также возможные задачи ситуационного моделирования в СВО на примере двух виртуальных сцен: полигона для мобильных роботов и реактивного рюкзака спасения космонавта в открытом космосе. При этом ситуационное моделирование осуществлялось в СВО VirSim, разработанной в ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН. Апробация создания различных ситуаций с помощью 3D виртуальных сцен, конфигурационных файлов и виртуальных пультов управления показала адекватность предложенных методов поставленным задачам.

Публикация выполнена в рамках государственного задания ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН «Проведение фундаментальных научных исследований (47 ГП)» по теме № FNEF-2021-0012 «Системы виртуального окружения: технологии, методы и алгоритмы математического моделирования и визуализации. 0580-2021-0012», Рег. № 121031300061-2.

## **Литература**

1. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986, 288 с.
2. Jeong-Nam Kim, James E. Grunig. Problem Solving and Communicative Action: A Situational Theory of Problem Solving // Journal of Communication 61 (2011) 120-149.
3. Andoga, R., Főző, L., Madarász, L. Digital Electronic Control of a Small Turbojet Engine MPM 20 // Acta Polytechnica Hungarica 4(4), 83-95 (2007).
4. Maltsev A.V., Mikhaylyuk M.V. Virtual Environment System for Pirs Space Module Interior // CEUR Workshop Proceedings: Proc. of the 29th



- International Conference on Computer Graphics and Vision, 2019, Vol-2485 — <http://ceur-ws.org/Vol-2485/paper1.pdf>
5. Maltsev A.V., Mikhaylyuk M.V. Visualization and virtual environment technologies in the tasks of cosmonaut training // *Scientific Visualization*, 2020, vol. 12, № 3, pp. 16-25.
  6. Михайлюк М.В., Мальцев А.В., Тимохин П.Ю., Страшнов Е.В., Крючков Б.И., Усов В.М. Системы виртуального окружения для прототипирования на моделирующих стендах использования космических роботов в пилотируемых полетах // *Пилотируемые полеты в космос*, 2020, № 2 (35), стр. 61-75.
  7. Tomchinskaya T., Shaposhnikova M., Dudakov N. Training Beginners and Experienced Drivers using mobile-based Virtual and Augmented Reality // *CEUR Workshop Proceedings: Proc. of the 30th International Conference on Computer Graphics and Vision*, 2020, Vol. 2744 — <http://ceur-ws.org/Vol-2744/paper69.pdf>

### References

1. Pospelov D.A. *Situatsionnoe upravlenie: teoriia i praktika*. M.: Nauka, Gl. red. fiz.-mat. lit., 1986, 288 s.
2. Jeong-Nam Kim, James E. Grunig. Problem Solving and Communicative Action: A Situational Theory of Problem Solving // *Journal of Communication* 61 (2011) 120-149.
3. Andoga, R., Főző, L., Madarász, L. Digital Electronic Control of a Small Turbojet Engine MPM 20. *Acta Polytechnica Hungarica* 4(4), 83-95 (2007).
4. Maltsev A.V., Mikhaylyuk M.V. Virtual Environment System for Pirs Space Module Interior // *CEUR Workshop Proceedings: Proc. of the 29th International Conference on Computer Graphics and Vision*, 2019, Vol. 2485 — <http://ceur-ws.org/Vol-2485/paper1.pdf>
5. Maltsev A.V., Mikhaylyuk M.V. Visualization and virtual environment technologies in the tasks of cosmonaut training // *Scientific Visualization*, 2020, vol. 12, № 3, pp. 16-25.
6. Mikhailiuk M.V., Maltsev A.V., Timokhin P.Iu., Strashnov E.V., Kriuchkov B.I., Usov V.M. Sistemy virtualnogo okruzheniia dlia prototipirovaniia na modeliruiushchikh stendakh ispolzovaniia kosmicheskikh robotov v pilotiruemykh poletakh // *Pilotiruemye polety v kosmos*, 2020, № 2 (35), стр. 61-75.
7. Tomchinskaya T., Shaposhnikova M., Dudakov N. Training Beginners and Experienced Drivers using mobile-based Virtual and Augmented Reality // *CEUR Workshop Proceedings: Proc. of the 30th International Conference on Computer Graphics and Vision*, 2020, Vol. 2744. — <http://ceur-ws.org/Vol-2744/paper69.pdf>