

Имитационное моделирование системы противовоздушной обороны в среде AnyLogic

Пащенко Екатерина Александровна

Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

В статье представлен процесс создания имитационной модели системы противовоздушной обороны (ПВО) с использованием среды AnyLogic. Модель включает взаимодействие бомбардировщиков, защищаемых строений и пусковых установок, а также механизмы перехвата целей ракетами. Реализована 3D-визуализация для наглядного анализа динамики атак и защиты. Модель демонстрирует эффективность применения имитационного подхода для оценки сценариев обороны и оптимизации расположения объектов ПВО.

Ключевые слова: AnyLogic, имитационное моделирование, система ПВО, агентное моделирование, 3D-визуализация.

Simulation of the air defense system in the AnyLogic environment

Paschenko Ekaterina Alexandrovna

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Abstract

The article presents the process of creating a simulation model of an air defense system using the AnyLogic environment. The model includes the interaction of bombers, protected structures and launchers, as well as mechanisms for intercepting targets with missiles. 3D visualization has been implemented to visually analyze the dynamics of the defense attack. The model demonstrates the effectiveness of using a simulation approach to evaluate defense scenarios and optimize the location of air defense facilities.

Keywords: AnyLogic, simulation modeling, air defense system, agent-based modeling, 3D visualization.

1 Введение

1.1 Актуальность

Имитационное моделирование является важным инструментом для анализа сложных систем, таких как системы противовоздушной обороны. Натурные эксперименты в этой области часто связаны с высокими затратами и ограничениями по безопасности, что делает имитационные модели незаменимыми для предварительной оценки и проектирования. Современные

программные средства, такие как AnyLogic, предоставляют широкие возможности для создания детализированных моделей с реалистичным поведением объектов и динамической визуализацией. Данное исследование актуально для военной сферы, гражданской обороны и образовательных программ, где требуется анализ эффективности систем защиты.

1.2 Обзор исследований

В современной научной литературе активно исследуются возможности применения программной среды AnyLogic для решения различных прикладных задач. В своей работе Р.М. Мухтарбекова и соавторы разработали имитационную модель для оптимизации цепей поставок, продемонстрировав эффективность AnyLogic для анализа логистических процессов [1]. Е.Д. Скакальская и И.А. Самойлова рассмотрели создание транспортной модели перекрестка, подчеркнув преимущества агентного подхода при моделировании дорожного движения [2]. Н.А. Тихонова и коллеги описали методику обучения работе с AnyLogic, уделив особое внимание организации самостоятельной работы студентов [3]. В другом исследовании С.Л. Горобченко с соавторами применили AnyLogic для моделирования роботизированной упаковочной линии, показав возможности среды для оптимизации производственных процессов [4]. А.Д. Неустроев и Л.Ю. Сергиевичев использовали AnyLogic для прогнозирования суточной нагрузки, подтвердив универсальность инструмента для анализа временных рядов [5].

1.3 Цель исследования

Цель исследования – разработка имитационной модели системы ПВО в среде AnyLogic, которая включает моделирование поведения бомбардировщиков, защищаемых строений и пусковых установок. Модель предусматривает механизмы атаки и перехвата, а также 3D-визуализацию для наглядного представления процессов.

2 Материалы и методы

Для моделирования системы противовоздушной обороны использовалось программное обеспечение AnyLogic 8 Personal Learning Edition версии 8.9.4.

3 Результаты и обсуждения

AnyLogic – это мощное программное обеспечение для имитационного моделирования, которое широко применяется в различных областях, включая логистику, транспортные системы, производство и оборонную сферу. Его ключевое преимущество заключается в поддержке нескольких методов моделирования (агентного, системной динамики и дискретно-событийного), что позволяет создавать комплексные и гибкие модели сложных систем. В контексте оборонных задач, таких как моделирование системы ПВО, AnyLogic предоставляет инструменты для точного воспроизведения динамики взаимодействия объектов, настройки их поведения и визуализации процессов

в 2D и 3D. Использование AnyLogic значительно сокращает затраты на натурные испытания и позволяет проводить эксперименты в контролируемых условиях. В данной работе среда AnyLogic была использована для создания имитационной модели системы противовоздушной обороны, включающей взаимодействие бомбардировщиков, защищаемых объектов и зенитных комплексов.

На первом этапе разработки модели была создана сцена с защищаемыми объектами. Для этого использовался агент типа Building с анимацией «House» (рис. 1). Объекты размещались случайным образом в пределах заданной зоны protectedArea, которая была определена с помощью PolygonalNode. Визуализация сцены осуществлялась через 3D Window с добавлением прямоугольной поверхности, имитирующей землю (рис. 2, 3).

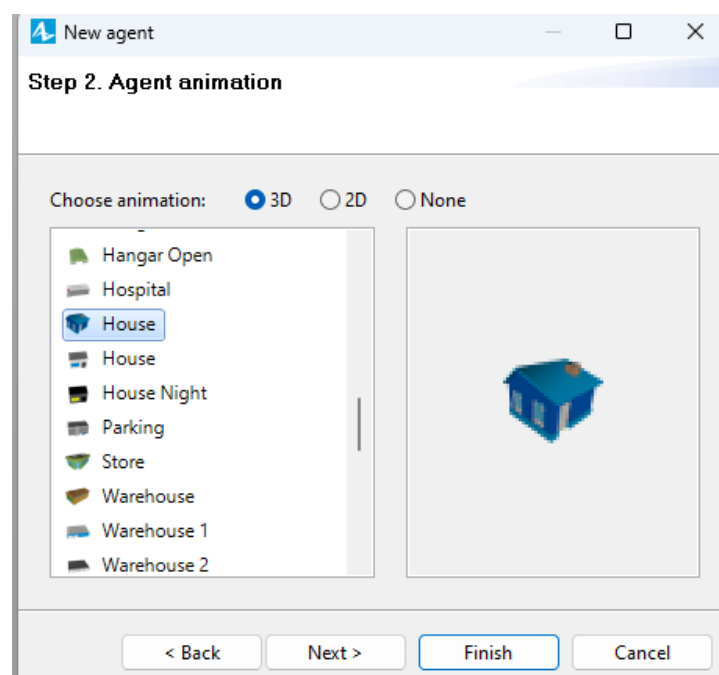


Рис. 1. Анимация House

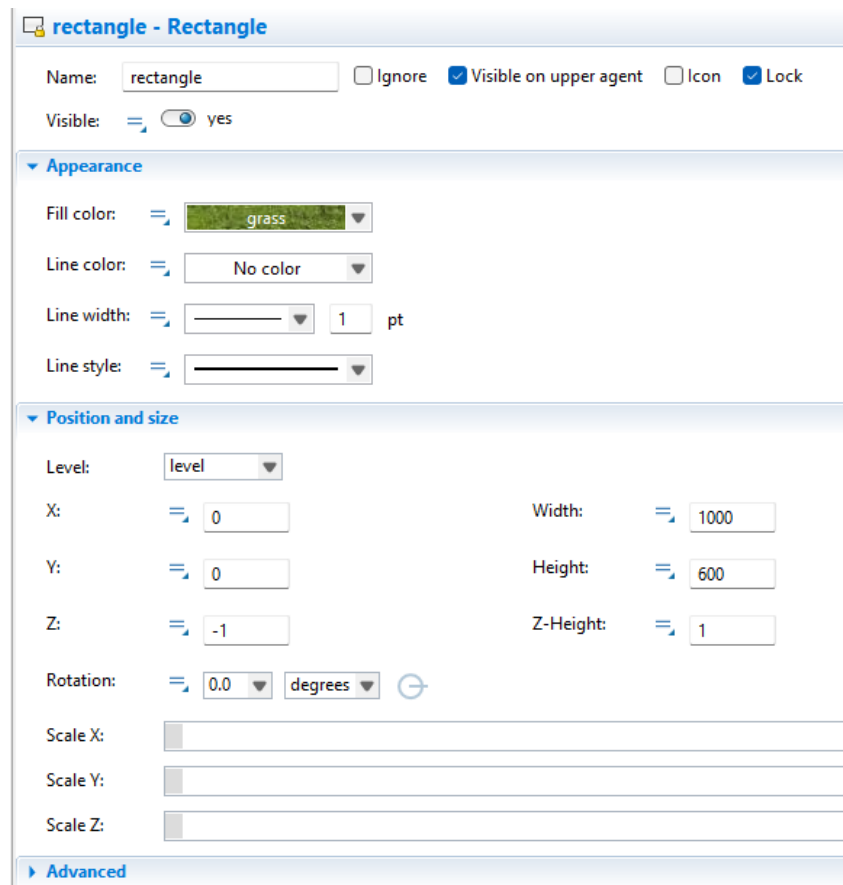


Рис. 2. Настройки Rectangle

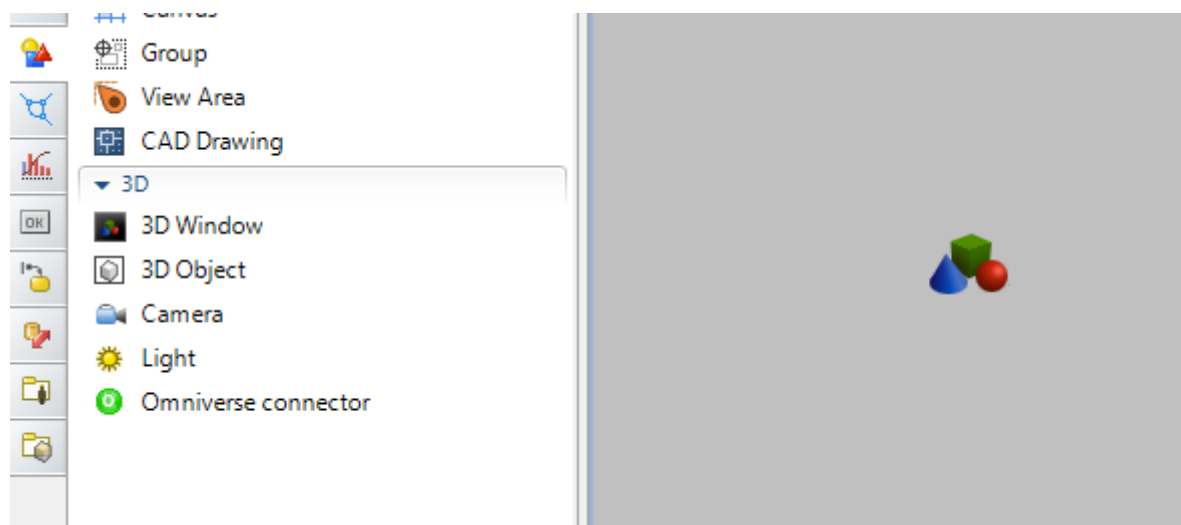


Рис. 3. 3D Window

Моделирование бомбардировщиков было реализовано с помощью агента Bomber, использующего анимацию из военного набора. Каждый бомбардировщик получал случайную цель среди доступных строений и перемещался к ней с заданной скоростью 600 км/ч. После достижения цели и сброса бомбы бомбардировщик покидал зону действия по заранее заданной изогнутой траектории escapeRoute, что повышало реалистичность модели.

Механизм атаки реализовывался через агента Bomb, который при достижении цели изменял состояние здания на «уничтоженное» (IsDestroyed

= true) с одновременной активацией визуального эффекта возгорания (рис. 4). Это позволяло наглядно отслеживать результаты атаки в 3D-представлении.

Система ПВО включала два типа зенитных комплексов (Radar1 и Radar2) с разными характеристиками. При обнаружении бомбардировщика в зоне действия, определяемой параметром Range, установка запускала ракету с высокой скоростью (900 км/ч). Поведение ракеты было запрограммировано на перехват и уничтожение воздушной цели до момента её атаки на защищаемый объект.

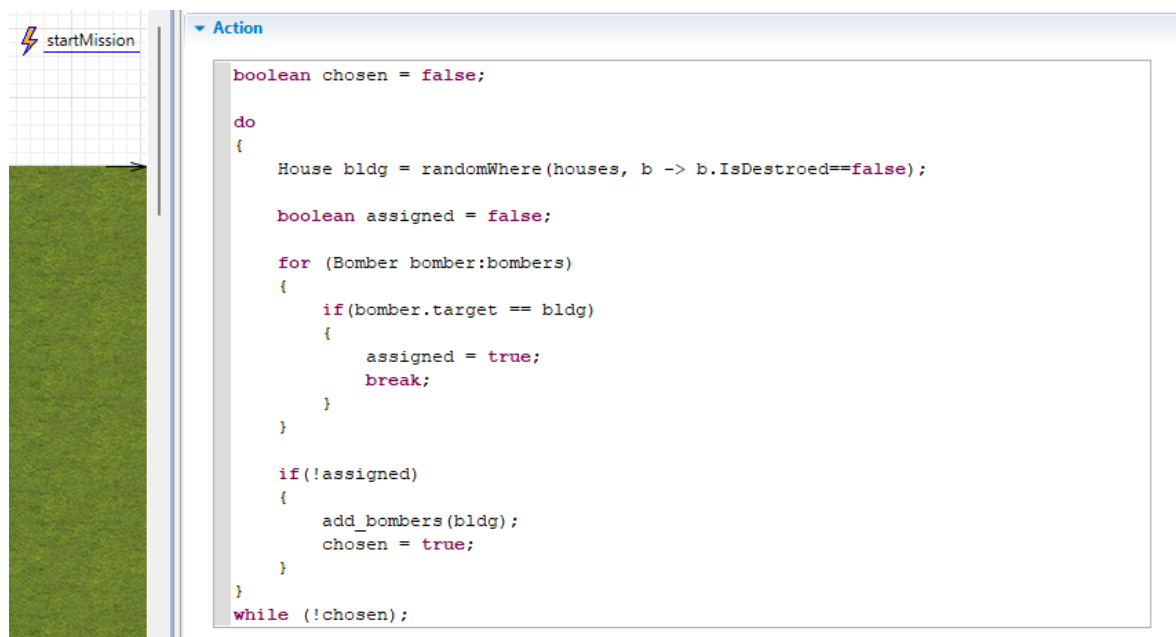


Рис. 4. Код миссии

Результатом работы стала комплексная имитационная модель, демонстрирующая взаимодействие всех элементов системы ПВО. Модель позволяет анализировать эффективность защиты при различных параметрах системы, таких как количество и расположение зенитных комплексов, скорость реакции и точность перехвата. Визуализация в 3D-окне AnyLogic (рис. 5) значительно повышает наглядность моделирования, облегчая анализ полученных результатов.



Рис. 5. Общий вид модели

4 Выводы

В ходе проведенного исследования была успешно разработана имитационная модель системы противовоздушной обороны с использованием среды AnyLogic. Модель продемонстрировала свою эффективность в воспроизведении сложных сценариев взаимодействия между бомбардировщиками, защищаемыми объектами и зенитными комплексами. Особое внимание было уделено реалистичности поведения агентов и наглядности визуализации процессов в 3D-пространстве.

Библиографический список

1. Мухтарбекова Р.М., Долотбакова А.К., Бубликова Ю.С., Исмаилова Э.И. Оптимизация цепей поставок с помощью имитационного моделирования в AnyLogic // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. 2021. № 2 (58). С. 102-106.
2. Скакальская Е.Д., Самойлова И.А. Разработка модели перекрестка средствами AnyLogic // Молодой ученый. 2022. № 21 (416). С. 209-211.
3. Тихонова Н.А., Груздев А.С., Тихонова А.А. Методика организации самостоятельной работы студентов с пакетом имитационного моделирования AnyLogic // В сборнике: Информационные и управляющие системы на транспорте и в промышленности. Материалы всероссийской научно-технической интернет-конференции с международным участием. Омский государственный университет путей сообщения. 2014. С. 252-259.
4. Горобченко С.Л., Ковалёв Д.А., Соколова В.А., Теппоев А.В., Тарабан М.В., Алексеева С.В. Моделирование применения роботов-манипуляторов для оптимизации упаковочной линии ЦБК в программной среде AnyLogic

// Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024. № 3. С. 637-640.

5. Неустроев А.Д., Сергиевичев Л.Ю. Моделирование и прогнозирование суточного графика нагрузки в программной среде AnyLogic // В сборнике: Наука. Технологии. Инновации. XV Всероссийская научная конференция молодых ученых, посвященная Году науки и технологий в России. Сборник научных трудов в 10-ти частях. Под редакцией Д.О. Соколовой. Новосибирск, 2021. С. 82-86.