

ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ «ОБЗОР»

*Д. С. Собанин, О. В. Коваленко, И. В. Ерошкина, И. А. Крючков,
Н. И. Хочкин, Е. Ф. Варгина, Ю. В. Тихомиров*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Введение

Система физической защиты (СФЗ) объекта [1, 2] – это совокупность технических средств и организационных мер для предотвращения несанкционированных действий, таких как диверсия или хищение, против заданных предметов физической защиты (ПФЗ).

В докладе представлено разработанное программное обеспечение (ПО) «ОБЗОР» для оценки эффективности (ОЭ) систем физической защиты стационарных объектов в противодействии несанкционированным действиям нарушителя, в том числе группам совместно действующих нарушителей.

Целью разработки ПО было совершенствование и автоматизация оценки эффективности путем компьютерного имитационного мультиагентного моделирования, а также сокращение трудозатрат аналитика и повышение достоверности и вариативности результатов его работы по поиску существующих и потенциальных уязвимостей в СФЗ.

Актуальность работы обусловлена необходимостью проведения оценки эффективности СФЗ при проектировании и модификации, для обоснования достаточности защиты объектов в соответствии с требованиями нормативных документов [3].

В настоящее время существует ряд инженерных методик и компьютерных программ для ОЭ СФЗ стационарных объектов [4, 5]. Представленное ПО обеспечивает гибкий подход и более реалистичные модели за счет реализации и использования:

- мультиагентного моделирования;
- возможностей задания произвольной сложной логики поведения (тактики действий) для индивидуальных агентов нарушителей и сил охраны посредством визуального предметно-ориентированного макроязыка;
- технологии навигационных сетей для автоматического поиска оптимальных маршрутов;
- трехмерной и двумерной среды визуализации на виртуальном глобусе;
- технологии автоматического построения трехмерной геометрической модели по двумерным графическим геоданным и поэтажным планировкам зданий;
- интеграции с единой базой данных (БД), доступной для чтения и редактирования из сторонних

инструментов и содержащей всю требуемую для расчетов актуальную информацию по объектам защиты.


Общие сведения о возможностях программы

Ключевой технологией, используемой в ПО «ОБЗОР» является мультиагентное моделирование. Это такое направление в имитационном моделировании [6], которое предполагает работу с децентрализованной моделью, состоящей из множества индивидуальных объектов (агентов) и их окружения. Поведение всей системы можно рассматривать, как результат поведения большого числа автономных объектов, взаимодействующих друг с другом и с окружающей средой (внешний код не управляет поведением агентов, дает только глобальные цели, агенты управляются внутренними правилами).

Таким образом, разработанное ПО представляет собой среду мультиагентного имитационного моделирования конфликтной ситуации в системе «силы физической защиты» (технические средства и персонал охраны) – «нарушители». Конфликтная ситуация определяется прямо противоположными целями сил охраны и нарушителя.

В рамках мультиагентного подхода для решения задачи ОЭ СФЗ в ПО моделируется:

- трехмерная окружающая среда – здания, сооружения, предметы, области, линии, точки;
- действия тактических групп нарушителя;
- действия тактических групп сил охраны;
- инженерно-технические средства обнаружения (ТСО – технические средства обнаружения) нарушителя – датчики, действующие на различных физических принципах
- инженерно-технические средства задержки (ФБ – физические барьеры) нарушителя – ограждения, двери, окна

На рис. 1 показан пример гипотетического объекта и вариант задания начальных данных сценария. В частности, выполнен ввод данных о СФЗ гипотетического модельного объекта, отмечены зоны обнаружения ТСО, значками  отмечено начальное положение тактических групп охраны и нарушителя.

После задания начальных данных выполняется имитация развития ситуации сценария до победы одной из сторон.



Рис. 1. Исходные данные для сценария

Количественный показатель эффективности СФЗ определяется как вероятность предотвращения несанкционированных действий нарушителей. Для его получения используется метод Монте-Карло [7, 8], при котором мультиагентная имитация запускается статистически значимое количество раз, и результаты (результат расчета сценария – победа либо поражение сил СФЗ) усредняются (см. рис. 2).

Такой подход, в отличие от аналитических методов, не требует никаких априорных предположений о независимости случайных величин и не накладывает ограничений на вид их распределений.

При каждом запуске заново разыгрываются случайные величины, представляющие стохастические факторы и нечетко определенные исходные данные – случайный характер времен движения и преодоления физических барьеров, вероятность срабатывания средства обнаружения, исход боестолкновения.

По результатам расчета по Монте-Карло пользователь-аналитик имеет возможность подробно визуализировать развитие событий интересующих его реализаций сценария (см. рис. 3), чтобы определить уязвимые места в СФЗ и тактике действий сил охраны.

Результаты расчета кратко могут быть представлены в виде отчетных форм, которые можно сохранить как документы Microsoft Word.

ПО содержит трехмерную и двумерную среду визуализации на виртуальном глобусе (см. рис. 1). Реализована технология автоматического построения трехмерной геометрической модели, необходимой для расчета и визуализации, по двумерным графическим геоданным (ограждения, растительность, дороги

и др.) и поэтажным планировкам зданий (двери, окна, этажи и др.), вводимым в ГИС и САПР.

ПО интегрировано с единой базой данных (БД), доступной для чтения и редактирования из сторонних инструментов. БД содержит всю требуемую для расчетов актуальную информацию по объектам защиты (геометрия – пространственные графические данные, и табличные данные), а также справочники по техническим средствам ФЗ с параметрами расчетным моделям и др. Это позволяет переиспользовать единожды введенные данные по объектам, а также использовать для ввода и редактирования данных мощные ГИС-инструменты.

Уникальной особенностью ПО ОЭ СФЗ «ОБЗОР» является возможность задания произвольной сложной логики поведения (тактики действий) для индивидуальных агентов нарушителей и сил охраны посредством визуального предметно-ориентированного макроязыка (см. рис. 4). То есть можно быстро и легко изменять модели нарушителей, конфигурацию СФЗ, порядок действий сил охраны и обороны и тем самым обеспечивать быструю и эффективную разработку логики принятия решений.

Макроязык позволяет задавать цели агентов (пример – план движения нарушителя), реакции агентов на внешние события (например, сигналы от ТСО), взаимодействие между агентами (например, коммуникация тактических групп охраны путем отправки сигналов по радиации).

Для ускорения ввода типовых тактик разработан набор типовых моделей (шаблонов) поведения, которые можно брать за основу и свободно модифицировать.

| Траектории Монте-Карло | | |
|------------------------|---------------------|-----------------------|
| Идентификатор задачи | Результат симуляции | Время завершения, сек |
| 0 | - ПОРАЖЕНИЕ | 1221.4253391060358 |
| 1 | + ПОБЕДА | 159.90019999999652 |
| 2 | + ПОБЕДА | 238.80019999999203 |
| 3 | + ПОБЕДА | 220.20019999999309 |
| 4 | + ПОБЕДА | 168.30019999999604 |
| 5 | + ПОБЕДА | 173.50019999999574 |
| 6 | + ПОБЕДА | 172.20019999999582 |
| 7 | + ПОБЕДА | 202.80019999999408 |
| 8 | + ПОБЕДА | 179.5001999999954 |
| 9 | - ПОРАЖЕНИЕ | 1134.0286705087033 |
| 10 | + ПОБЕДА | 167.3001999999961 |
| 11 | + ПОБЕДА | 173.60019999999574 |
| 12 | + ПОБЕДА | 224.10019999999287 |
| 13 | + ПОБЕДА | 172.90019999999578 |
| 14 | + ПОБЕДА | 164.60019999999625 |
| 15 | + ПОБЕДА | 185.10019999999508 |
| 16 | + ПОБЕДА | 210.60019999999363 |
| 17 | - ПОРАЖЕНИЕ | 1224.0009924981473 |
| 18 | + ПОБЕДА | 179.90019999999538 |
| 19 | + ПОБЕДА | 179.6001999999954 |

| Входные данные | |
|----------------------|-------|
| Идентификатор задачи | 1 |
| Затравка ГСЧ | 16872 |

| Результаты симуляции | |
|-----------------------|--------------------|
| Результат симуляции | + ПОБЕДА |
| Время завершения, сек | 159.90019999999652 |

| Результаты расчёта по Монте-Карло | |
|---|-------------|
| Вероятность победы | 0.830±0.249 |
| Вероятность поражения | 0.170±0.051 |
| Число траекторий | 100 |
| Число траекторий, посчитанных с ошибкой | 0 |

Рис. 2. Результаты расчета по методу Монте-Карло

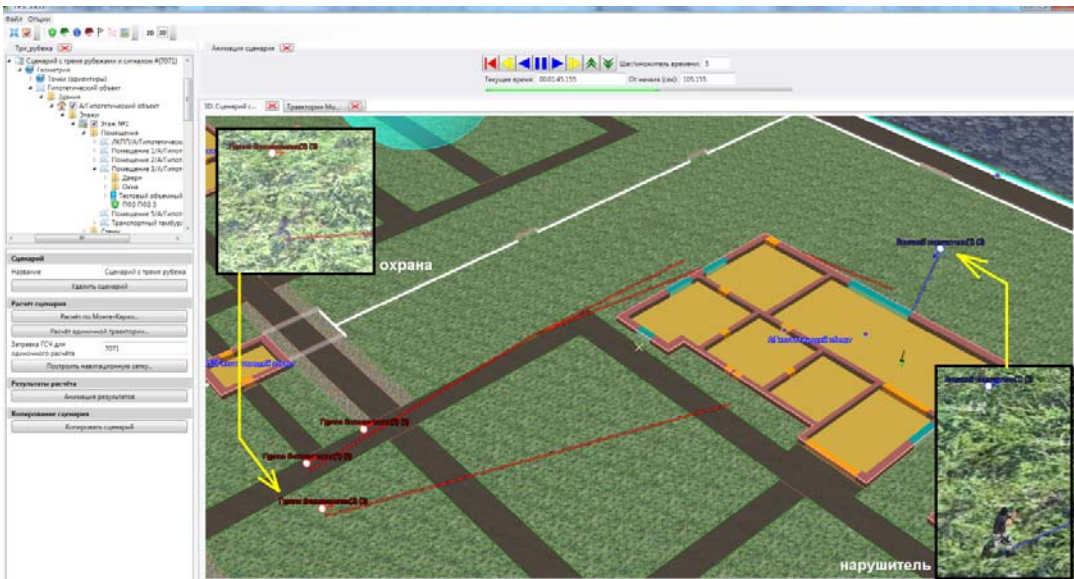
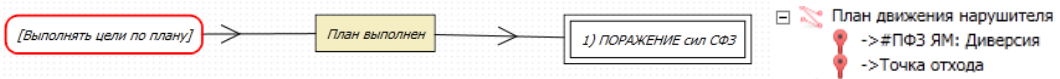


Рис. 3. Визуализация развития отдельной реализации сценария



Группа блокирования (3)

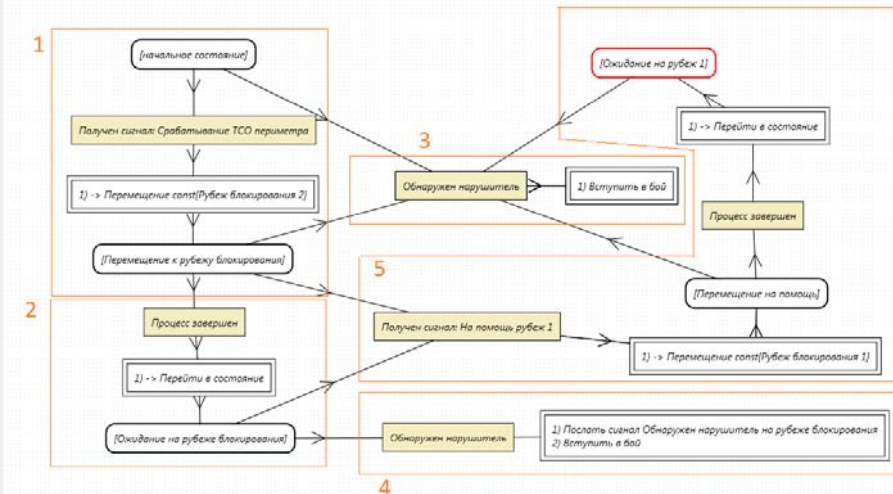


Рис. 4. Задание логики поведения агентов посредством визуального предметно-ориентированного макроязыка

Для автоматического построения корректных и оптимальных маршрутов движения агентов сил охраны и нарушителя между заданными начальными и конечными точками (как статически на этапе задания сценария, так и динамически в процессе счета) реализован модуль геометрических расчетов на базе технологии навигационных сетей (NavMesh), пример визуализации, которой приведен на рис. 5.

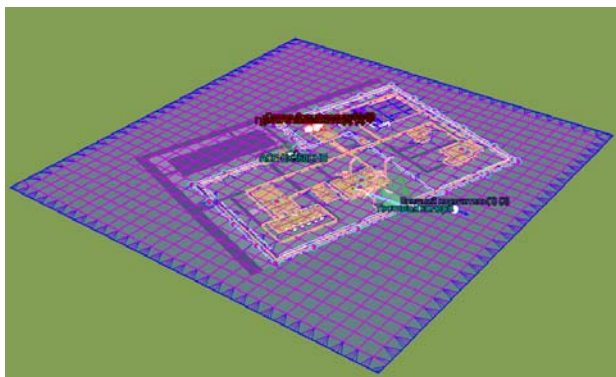


Рис. 5. Пример навигационной сети

Навигационная сеть [9] является представлением доступного для передвижения агентам пространства в виде многолистовой поверхности из связанных выпуклых многоугольников. Многоугольники образуют граф, к которому применимы эффективные графовые поисковые алгоритмы. В отличие от регулярного разбиения, большие открытые пространства представляются максимально крупными ячейками, что существенно экономит вычислительные ресурсы без потери точности представления геометрии. Естественным образом представляются этажи зданий и переходы между ними. Генерация навигационной сети по трехмерной геометрии окружающей среды выполняется полностью автоматически робастными алгоритмами.

Заключение

В докладе представлены результаты разработки ПО «ОБЗОР» для оценки эффективности систем физической защиты стационарных объектов в противодействии несанкционированным действиям нарушителя, в том числе группам совместно действующих нарушителей. В представленном ПО используется серия технологий (мультиагентное моделирование,

навигационные сети, визуальный макроязык и т. д.), которые придают программному продукту уникальные свойства. Для подтверждения функциональных возможностей выполнена сертификация ПО и получен сертификат соответствия [10, 11].

Литература

1. Бондарев П. В. Физическая защита ядерных объектов: Учебное пособие для вузов / Бондарев П. В., Измайлов А. В., Толстой А. И. Под ред. Погожина Н. С. М.: МИФИ, 2008.
2. Гарсиа М. Проектирование и оценка систем физической защиты. Пер. с англ. М.: Мир: ООО «Издательство АСТ», 2002. С. 386.
3. Правила физической защиты ядерных материалов, ядерных установок и пунктов хранения ядерных материалов. Утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 19.07.2019 № 456.
4. Электронный ресурс ФГУП «СПНПО «Элерон» Программный комплекс Вега-2. Режим доступа <http://www.eleron.ru/development.html>.
5. Программные комплексы ASSESS, JTS. – Лекции по оценке эффективности СФЗ. Межотраслевой специальный учебный центр, г. Обнинск, 2005.
6. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд. : Пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2006.
7. Соболев И. М. Численные методы Монте-Карло. М.: Наука, 1973.
8. Ермаков С. М. Метод Монте-Карло и смежные вопросы. – М.: Наука, 1971.
9. Электронный ресурс <https://github.com/recastnavigation/recastnavigation>. Режим доступа 10.02.2017.
10. Коваленко О. В., Собанин Д. С., Ерошкина И. В., Крючков И. А., Хочкин Н. И., Варгина Е. Ф., Тихомиров Ю. В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018616230 «Программное обеспечение оценки эффективности СФЗ», правообладатель – ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ».
11. Сертификат соответствия № 12.0001.1731. «Программное обеспечение оценки эффективности систем физической защиты «ОБЗОР». Орган по сертификации: Автономная некоммерческая организация «Межрегиональный испытательный центр» 124489, г. Москва, Зеленоград, корп. 601-а.