

УДК 351.814.2.001.57

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОЗМОЖНОСТИ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ АКТОВ НЕЗАКОННОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА В ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

И.Н. ПЕТРОВ

Статья представлена доктором технических наук, профессором Шапкиным В.С.

В статье рассмотрены особенности различных программных продуктов для целей имитационного моделирования систем физической защиты объектов.

Ключевые слова: имитационное моделирование, система физической защиты объектов, акт незаконного вмешательства.

Нормативно-правовые акты, принятые Госдумой РФ в последние годы в области обеспечения безопасности, требуют применения таких мер защиты транспортных средств и объектов транспортной инфраструктуры (ТС и ОТИ), которые бы до минимума снижали как величину риска при актах незаконного вмешательства (АНВ), так и величину возможного ущерба. Об этом же говорят и документы ИКАО [1]. Одним из методов снижения риска до приемлемого уровня является управление риском. Под управлением риском (риск-менеджментом) принимают процесс принятия и исполнения решений, направленных на снижение вероятности неблагоприятного результата и минимизацию возможных потерь. При этом вначале надо провести оценку возможного риска, которая почти всегда является экспертной.

Вместе с тем, всегда необходимо иметь в виду, что экспертную оценку проводят специалисты, из-за чего вероятность ошибки или недостаточно полного учета какого-либо фактора практически неизбежна. Кроме того, рекомендуется, чтобы экспертная оценка осуществлялась разными структурными подразделениями, чтобы избежать ситуации, когда одно и то же лицо осуществляет оценку и несет ответственность за принимаемые решения. Во избежание подобных ситуаций субъекты транспортной инфраструктуры пытаются свести оценку рисков путем проверки соответствия текущего состояния безопасности требованиям международных стандартов и национальных руководящих документов.

Однако на практике ТС и ОТИ постоянно подвергаются различным случайным воздействиям и возмущениям, поэтому система физической защиты (СФЗ) ТС и ОТИ может быть описана только стохастически. А поведение потенциального нарушителя можно описать только с некоторой вероятностью. Системы физической защиты ТС и ОТИ являются чрезвычайно сложными и требуют для своего исследования системного подхода, который во многом базируется на моделировании реальных процессов, происходящих в системе. Моделирование представляет собой исследование объектов познания на их моделях, построение и изучение моделей реально существующих объектов, процессов или явлений с целью получения объяснений этих явлений, а также для предсказания явлений, интересующих исследователя [3].

Процесс моделирования состоит из трёх компонентов - субъекта (исследователя), объекта исследования и модели, которая отражает отношения субъекта и объекта. Основной вопрос при моделировании – каким способом происходит в модели отражение

действительности. Различают три основных вида моделей – эвристические, натурные и математические.

Эвристическая модель – это образы, которые возникают в сознании исследователя (например, при формировании требований к СФЗ на этапе проектирования). Натурные модели являются подобными реальным объектам в материальном смысле слова, отличаются по размерам, материалу элементов, внешних условий и т.д. Выбор натурных моделей ведется с соблюдением теории подобия и размерностей. Примером может служить исследования видеокамер СФЗ в термобарокамерах.

Широко известны физические (технические) и социальные натурные модели. Пример физических моделей – аэродинамические трубы, социальных – различные опросы некоторого количества людей (например, анкетирование авиапассажиров). Математические модели (ММ) – это «эквивалент объекта, отражающий в математической форме важнейшие его свойства – законы, которым он подчиняется, связи, присущие составляющим его частям, и т.д.» [4]. Единство триады «ММ – алгоритм – программа» позволяет иметь универсальный гибкий и недорогой инструмент, особенно при использовании современных ИТ-технологий. После отладки и тестирования определяется адекватность триады исходному объекту, а затем производятся разнообразные вычислительные эксперименты над моделью. Пожалуй, наиболее просто понятие модели дано А.Д. Мышкисом - «Уравнение, выражающее идею» [5].

Одним из частных случаев математического моделирования является имитационное моделирование. К нему прибегают тогда, когда: 1) дорого или невозможно экспериментировать на реальном объекте; 2) невозможно построить аналитическую модель; 3) необходимо симитировать поведение системы во времени [9]. Последнее обстоятельство особенно важно, причем течением времени в моделях можно управлять, либо замедляя его, либо ускоряя его. При имитационном моделировании можно выделить две основные разновидности данного метода:

- собственно метод имитационного моделирования (статистическое моделирование);
- метод Монте-Карло (статистическое испытание).

В настоящее время область применения ИМ очень велика. В частности, его применяют и для оценки безопасности полета воздушных судов [7], и для моделирования комплексных систем безопасности [10].

Сейчас создано достаточно много программных продуктов для целей имитационного моделирования как с открытым кодом (Scilab, Maxima), так и с закрытым исходным кодом (MATLAB, AnyLogic и др.).

Рассмотрим коротко возможности программных продуктов, которые нашли широкое применение в России, для целей ИМ. В первую очередь следует упомянуть наиболее широко известный из них – GPSS (General Purpose Simulation System – система моделирования общего назначения). Пожалуй, это одна из первых таких разработок, появившаяся в 1961 г., и, безусловно, наиболее известная [16]. Она предназначена, в основном, для моделирования систем массового обслуживания. Известно много версий, наиболее известные – GPSS World (1993) и Micro-GPSS (2) (1996). Учебные версии GPSS изучают во многих вузах России и за рубежом. Недостатком является то, что GPSS имеет плохую графическую интерпретацию, что снижает наглядность создаваемой модели.

Другой известный программный продукт – это MATLAB [12]. Вообще говоря, MATLAB – это высокопроизводительный язык для технических расчетов, причем он используется для моделирования и в случае, когда задачи выражаются в форме, близкой к математической. Но более удобно имитационное моделирование проводить с использованием пакета Simulink, которое является приложением к MATLAB, при этом при работе с ним совсем не требуется работать в среде MATLAB. При моделировании в среде

Simulink реализован принцип визуального программирования, при котором пользователь на экране монитора из библиотеки стандартных блоков и модулей создает с помощью графических связей модель устройства или процесса, что позволяет имитировать работу реального объекта. При этом пользователю достаточно общих знаний при работе на компьютере и знание той предметной области, к которой принадлежит моделируемый объект.

Следует упомянуть также и среду графического программирования LabView [13], которая используется для разработки современных систем измерений, испытаний и управления. LabView позволяет создавать виртуальные измерительные приборы и устройства и, что очень важно, программно совместимо с MATLAB и Simulink. Поэтому можно в ИМ включать различные датчики, которые создаются в среде LabView.

К визуальным языкам программирования, предназначенным для моделирования, в том числе и имитационного, относится и язык Visim [14], который сочетает в себе характерный для Windows интерфейс для создания блочных диаграмм и мощное моделирующее ядро. Особенно много применяют VisSim для ИМ в аэрокосмической области [15].

Одним из наиболее привлекательных методов имитационного моделирования является использование программного продукта AnyLogic, первая версия которого вышла в 2000 г. и разработана российской компанией «Экс Джей Технолоджис» (XJ Technologies) [6]. Эта платформа в силу своей гибкости и большой вычислительной мощности позволяет решать разнообразные задачи в области производства, образования, здравоохранения, финансов, управления рисками и т.п. Спектр успешных применений AnyLogic очень широк [8]. Это и зарубежные гиганты General Electric, Lockheed Martin, Boeing, Pfizer, а также российские Русал, Евросиб, Северсталь и др. Она широко используется и в университетах, правда, в основном не в России. Так как AnyLogic основан на универсальном объектно-ориентированном подходе (языке Java), а интерфейс разработан на визуальном подходе, то AnyLogic поддерживает все способы моделирования систем: агентное моделирование, дискретно-событийное моделирование и системную динамику[9].

Примером применения Any Logic в логистике и управлении пассажиропотоком в аэропорту приведены в [8]. Основным недостатком Any Logic является ее высокая цена – лицензия Any Logic Professional стоит 399800 руб., а ежегодная плата за поддержку программного обеспечения – 119800 руб. [8].

Рассмотрим, где можно использовать систему имитационного моделирования Arena фирмы System Modeling Corporation [2]. Она включает такие основные элементы: а) источники (Create); б) стоки (Dispose); в) процессы (Process); г) очереди (Quene). От источников в модель поступают данные или какие-то объекты. Скорость их поступления от источника задается статистической функцией. Данные или объекты после прохождения модели поступают в сток. Очередь, по сути, является хранилищем, т.е. в очереди данные или объекты ожидают обработки, перед тем, как попасть в некоторый процесс. Причем время обработки (производительность процесса) может быть разной и случайной. В итоге перед некоторыми процессами образуется очередь (из данных или объектов). Обычно Arena используется для минимизации количества данных или объектов в очереди, причем тип очереди может быть или последовательным (первые пришедшие в очередь – первыми идут в обработку), либо стековым (последние пришедшие в очередь – первыми идут в обработку). Таким образом, последовательный тип СИМ Arena пригоден для моделирования таких элементов СФЗ, как КПП автотранспорта или зоны досмотра, а стековый тип – при моделировании событийной системы видеонаблюдения, когда поступивший сигнал с камеры, которая фиксирует момент нарушения, должен быть воспринят охраной немедленно.

Рассмотрим теперь метод статистических испытаний, больше известный как метод Монте-Карло (ММК) [11]. Этот метод также широко применяется в ИМ, особенно для решения задач теории массового обслуживания. Такие задачи характерны для имитирования пассажиропотоков в аэропортах. ММК основан на получении большого числа реализаций стохастического (случайного) процесса, который формируется так, чтобы его вероятностные характеристики совпадали с аналогичными величинами решаемой задачи. Прямое моделирование с помощью ММК какого-либо физического процесса подразумевает моделирование поведения отдельных частей исследуемой физической системы. Поэтому, например, ММК можно использовать для моделирования надежности систем охраны периметра, числа ложных срабатываний периметровых датчиков за какой-то период, возможности преодоления ограждения нарушителем и т.п. Правда, здесь следует помнить, что в таких случаях неизвестны (или известно приближенно) средние значения каких-то параметров моделируемого устройства, а также обычно неизвестны и законы распределения этих параметров. Например, если высоту забора по длине можно измерить на каждом участке и найти оценку среднего значения высоты, то закон распределения определить трудно. Поэтому при ММК считают, что закон распределения либо равномерен, либо нормален.

Из вышесказанного следует, что универсального метода для моделирования СФЗ транспортных средств и объектов транспортной инфраструктуры не существует. Поэтому есть смысл моделировать подсистемы СФЗ в отдельности, причем используя различные программные продукты по отдельности или в их комбинации.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Дос. 8973/8.** Добавления ч. 4 и 5 Руководства по безопасности по защите ГА от АНВ. – ICAO. - 2008.
2. **Сергей Маклаков.** Имитационное моделирование с ARENA // КомпьютерПресс. - 2001. - № 7.
3. <http://wikipedia.org/wiki/>. Моделирование.
4. **Самарский А.А., Михайлов А.П.** Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. – 2-е изд., испр. - М.: Физматлит, 2001.
5. **Мышкис А.Д.** Элементы теории математических моделей. – 3-е изд., испр. - М.: КомКнига, 2007.
6. **Карпов Ю.Г.** Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. – СПб: БХВ-Петербург, 2006.
7. **Новожилов Г.В., Неймарк М.С., Цесарский Л.Г.** Безопасность полета самолета. Концепции и технологии. – М.: Машиностроение, 2003.
8. www.anylogic.ru/areas/transportion
9. <http://ru.wikipedia.org/wiki/> Имитационное моделирование.
10. **Костров А.В.** Имитационное моделирование интегрированных систем безопасности с использованием сетевых структур: Дис.... канд. техн. наук. – Самара, 2002.
11. **С.М.Ермаков.** Метод Монте-Карло в вычислительной математике (Вводный курс). – СПб, 2009.
12. **Дьяконов В.П.** MATLAB и SIMULINK для радиоинженеров. – М.: ДМК-Пресс, 2008.
13. **Загидуллин Р.Ш.** LabView в исследованиях и разработках. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005.
14. **Дьяконов В.П.** VisSim + Mathcad + MATLAB. Визуальное математическое программирование. – М.: Солон-Пресс, 2009.
15. www.vissim.com/products/vissim.html
16. **Томашевский В., Жданова Е.** Имитационное моделирование в среде GPSS. – М.: Бестселлер, 2003.

**APPLICATION OF METHODS OF IMITATION MODELLING FOR THE ASSESSMENT OF
POSSIBILITY OF IMPLEMENTATION OF ACTS OF UNLAWFUL INTERFERENCE IN CIVIL
AVIATION**

Petrov I.N.

The article is observed the features of various software products for imitation modeling physical protection of facilities.

Key words: imitation modeling, system of physical protection of objects, acts of unlawful interference.

Сведения об авторе

Петров Игорь Николаевич 1961 г.р., окончил МАИ (1987), директор Центра транспортной и авиационной безопасности ГосНИИ ГА, автор 5 научных работ, область научных интересов - транспортная и авиационная безопасность.