

*Т.А. Короткевич, студ., рук. В.А. Широченко, к.т.н., доц.
(МОУВО «Белорусско-Российский университет», Могилев, Республика Беларусь)*

ПОДСИСТЕМА АНИМАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Развитие вычислительной техники и методов математического моделирования в современный период открывает перспективы решения задач повышения эффективности производства совершенно на новом уровне, привлекая информационные технологии. Одним из таких прогрессивных методов является технология имитационного моделирования объектов любой природы, в том числе и производственных процессов.

Имитационное моделирование – это метод исследования, который использует компьютерное моделирование для симуляции и анализа процессов и систем. С его помощью можно имитировать реальные ситуации и выстраивать динамику поведения как простых, так и достаточно сложных систем. В зависимости от задачи имитационное моделирование может быть использовано для исследования экономических аспектов процессов производства в целом, анализа динамики производственного процесса как с технической точки зрения, так и с организационной, прогнозирования различных выходных параметров производства и т.д. Это позволяет ученым и проектировщикам представлять систему и понимать ее поведение без прямого эксперимента. Имитационное моделирование помогает понять, как работает система, прогнозировать поведение и изменения в будущем, а также создавать новые решения для повышения эффективности и производительности.

Основные преимущества имитационного моделирования заключаются в обеспечении возможности анализировать сложные процессы и системы, сокращать временные затраты на исследования, глубоко проникать в суть

работы сложных систем и процессов, а также использовать модели для нахождения оптимальных решений.

При всех достоинствах имитационного моделирования его результаты, представленные в виде числовых данных, характеризующих различные аспекты поведения системы, не позволяют в полной мере разобраться в проблемах функционирования исследуемой системы.

Характерным примером является производственный процесс, в котором осуществляются механические операции на оборудовании, расположенном на одном участке цеха, а другие операции, например, сборочные, на другом участке. В этом случае кроме механических и сборочных операций в модели необходимо учитывать временные затраты на транспортировку изделий из одного места в другое и на переезд транспортных средств к месту погрузки. При этом на эффективность производственного процесса будет оказывать и то, как быстро реагирует транспорт на необходимость транспортировки, по каким маршрутам осуществляется движение транспорта, количество используемого транспортного оборудования, его грузоподъемность и другие параметры.

Для детального анализа эффективности такого производственного процесса недостаточно иметь данные о количестве произведенной продукции и производительности всех производственных единиц, включая и транспортное оборудование. Наилучшее представление об особенностях исследуемого процесса можно получить только с помощью анимации функционирования всего процесса в целом, имея возможность визуально проследить за возникающими проблемами и выявить причинами их возникновения.

Таким образом возникает задача графического отображения анализируемого производственного процесса, на котором должны быть отображаться процессы как накопления, так и истощения межоперационных заделов и перемещения заготовок, и деталей с помощью внутрицехового транспорта по специальным транспортным проездам, т.е. фиксированным траекториям движения.

Отображение изменения межоперационных заделов можно осуществить путем изображения графического элемента прямоугольной формы (столбика) с высотой, символизирующей величину этого задела. При увеличении задела высота столбика должна расти, а при истощении уменьшаться. Анимацию функционирования оборудования можно осуществить с помощью элемента, который представляет так называемую бегущую строку и расположенного рядом с элементом, символизирующим выполняемую операцию. Степень заполнения этой полоски будет характеризовать степень выполнения операции от начала до полного завершения. Наиболее сложной задачей является отображение движущегося объекта по невидимой, но заданной траектории.

Решение задачи создания анимации имитируемого объекта осуществлено на платформе .NET 6.0 с помощью языка программирования C#. При построении анимации в качестве ресурсов использованы класс **lineControl** и пространства имён **System.Windows.Controls**, **System.Windows.Controls.Primitives** и **System.Windows.Input**.

Для создания необходимых графических объектов использована специальная .NET-система под названием WPF (Windows Presentation Foundation). WPF создана для построения клиентских приложений Windows с визуальными возможностями взаимодействия с пользователем. Она представляет собой графическую подсистему в составе .NET Framework, использующую для пользовательского интерфейса язык XAML (eXtensible Application Markup Language). Система обладает богатым функционалом, дающим значительные преимущества в разработке клиентских приложений, которое при этом очень легко использовать. WPF имеет возможность создания анимации в границах заданного рабочего пространства.

Фиксирование курсора в рабочем пространстве **Canvas** и определение траектории движения объекта осуществляется с помощью метода **Mouse.GetPosition()**, который записывает ее в массив **_lines**. Для работы с мышью используются методы **LeftButtonDown**, **Canvas_PreviewMouse** и **Canvas_PreviewMouseRightButtonDown**. Для создания траекторий используются методы **ClearCanvas**, который очищает поле и останавливает все анимации, происходящие на нём; **SetLinePosition**, который задает положение линий на основе положения курсора и относительно границ поля и **Canvas_MouseMove**, который обновляет линию в связи с движением курсора.

Для запуска анимации используются методы **StartAnimation**, который обращается к методу **StopAnimation**. Этот метод предварительно прекращает все имеющиеся на данный момент анимации на пространстве **Canvas**, после чего фиксирует нынешний поток функции анимации и поочередно реализует с элементами массива **_lines** метод **BeginAnimation**. Последний активизирует **Storyboard**-элемент xaml, представляющий собой графический объект, движение которого отображается в анимации на рабочем окне.

Для построения этого функционала используются следующие переменные **_lines** – это массив типа **lineControl**, содержащий все линии, участвующие в анимации; **Mode** – тип линии; **Delay** – задержка анимации; **Speed** – скорость анимации; **_animationThread** – поток анимации.

Весь процесс построения анимации состоит в том, что пользователь кликает на какое-то место на холсте программы, позиция курсора фиксируется и добавляется в массивы точек. После пользователь кликает на другое место. Вторая точка связывается с первой и создаёт линию между ними. Все последующие клики позволяют создать ломаную линию, состоящую из отдельных точек. Для запуска анимации, вызывается метод **StartAnimation**, и он самостоятельно анимируют движение по заданным линиям траектории.

Использование такого подхода позволяет разбить процедуру имитационного моделирования на три достаточно самостоятельных этапа. Первым является построение имитационной модели в графическом виде. При этом на рабочем пространстве вырисовываются все элементы, которые учитываются в модели. Это элементы совершающие какие-либо операции, т.е. оборудование, например, токарные и фрезерные станки. Это межоперационные заделы, т.е. места складирования заготовок и произведенных деталей. И,

наконец, транспортное оборудование, например, электрокары, тележки и др. Для последних вырисовываются все возможные траектории движения и точки остановки для погрузки и выгрузки перевозимых деталей. Построенный графический объект представляет собой исходные данные для описания структуры и параметров имитационной модели. Для задания остальных необходимых параметров, которые из графического описания не получили своих значений, используется специальный интерфейс.

На втором этапе происходит работа имитационной модели, в которой отрабатываются в динамике взаимодействия всех ее элементов и в качестве результата моделирования получаем хронографии всех произошедших событий, т.е. начало и окончания выполнения всех операций, моменты передачи деталей между межоперационными заделами, моменты погрузки и выгрузки деталей и др.

На третьем этапе осуществляется визуализация всех результатов моделирования. К ним относятся числовые значения выходных параметров исследуемого объекта, графики, отражающие функционирование элементов объекта во времени, и анимация процесса во времени.

Анимация производственного процесса является наиболее полным и наглядным способом представления результатов имитационного моделирования. Она позволяет с большой степенью подробности изучать динамику исследуемых объектов и видеть в буквальном смысле слова моменты взаимодействия или рассогласования в работе тех или иных производственных элементов, понимать причины потери эффективности всей системы в целом. При большой размерности модели ее визуальное представление может потерять наглядность из-за большой насыщенности элементов. В этом случае есть возможность выделения конкретных областей в отдельное окно или окна и изучения этих областей отдельно от всей системы.

Разработанная система имитационного моделирования была использована для анализа эффективности производства на одном из промышленных предприятий города Могилева и показала свою высокую эффективность. На основе проведенных исследований были отработаны принципы оптимального управления цеховым транспортом и всей производственной системой в целом.