

УДК 621.75

## ПОСТРОЕНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ С ЭЛЕМЕНТАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

В. А. ШИРОЧЕНКО

Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Современное развитие вычислительной техники и повышение ее быстродействия содействуют все более широкому использованию имитационного моделирования для анализа и исследования динамики сложных систем различного назначения. Одним из таких направлений являются производственные системы. Имитационное моделирование позволяет проводить анализ эффективности функционирования производственных процессов, находить узкие места производства, определять причины их появления и находить пути их устранения, подбирая оптимальные параметры производства.

Принципы разработки имитационных моделей производственных систем рассматривались многими авторами. На их основе модели таких систем реализуются в виде построенной строгой последовательности активных элементов, передающей собой граф в виде дерева с единственной конечной вершиной [1], в которой осуществляется последняя операция с готовым изделием. Вершинами графа являются различные производственные единицы оборудования, выполняющие соответствующие машинные операции за определенное время. Время выполнения производственной операции зависит не только от машинного времени, определяемого параметрами оборудования, но и от многих других факторов, воздействующих на оператора этого оборудования. Поэтому время выполнения операции в имитационных моделях производственных процессов формируется как случайная величина со своим законом распределения, математическим ожиданием и дисперсией. Между производственными единицами расположены межоперационные заделы, накапливающие детали, изготовленные предыдущим оборудованием и служащие источником для последующего оборудования производственной цепочки.

Моделируя производственный процесс таким образом, можно определить все параметры производственного процесса, например, количество произведенных изделий за смену, загрузку оборудования в процессе производства, накопление полуфабрикатов на промежуточных заделах или их нехватку для непрерывного производства и другие выходные параметры производственного процесса. Проведя многократное испытание на модели, можно определить математические ожидания и дисперсии всех интересующих выходных параметров производства.

Однако производственный процесс состоит из технологических операций, содержит ряд вспомогательных действий, таких как, например, транспортные операции. Они используются для транспортировки деталей от одного оборуду-

дования к другому при их значительном удалении между собой. Транспортировка осуществляется специальным оборудованием (электрокары, погрузчики, тележки и т. д.) по маршрутам, которые имеют фиксированные конечные пункты назначения, но нефиксированные траектории движения. Кроме того, если транспорт перемещает несколько различных деталей к различным пунктам назначения, то последовательность переезда между пунктами погрузки и выгрузки деталей не может быть строго фиксированной, а должна определяться всякий раз исходя из рациональных посылок. Формирование этих транспортных маршрутов целесообразно осуществлять на основе решения оптимизационной задачи выбора кратчайших путей между несколькими точками с учетом грузоподъемности транспортного оборудования и потребностей производственного процесса. На практике управление работой транспорта осуществляется начальниками участков или цехов исходя из сложившейся ситуации и имеющихся ресурсов. Для эффективного оперативного управления транспортом и всем производством в целом человек должен обладать определенным опытом решения достаточно сложной оптимизационной задачи и в идеале привлекать соответствующие вычислительные ресурсы.

При моделировании движения межцехового транспорта целесообразно использовать искусственный интеллект, позволяющий ставить и решать оптимизационную задачу по управлению межцеховым транспортом. При этом в модели в отличие от деталей необходимо отслеживать поведение каждого транспортного средства. Временные затраты транспортного оборудования будут складываться из временных затрат выполнения отдельных операций погрузки, перемещения и разгрузки. Моделировать эти операции по отдельности, как это делается с производственными операциями, невозможно, т. к. для получения правильного результата моделирования важна их последовательность, которая постоянно меняется. В этом случае целесообразно за каждой единицей транспортного оборудования закреплять последовательность операций, выбранных из соображений кратчайшего маршрута, и отслеживать их выполнение друг за другом. Таким образом, операция, которая будет выполняться этим оборудованием, является комплексной, т. е. состоящей из нескольких действий в заданной последовательности.

Все операции, которые могут входить в состав комплексной, должны быть описаны заранее и иметь свои собственные параметры. При этом состав комплексной операции должен определяться всякий раз заново при появлении потребности в перевозке деталей и формировании соответствующей транспортной операции.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Широченко, В. А.** Об особенностях моделирования производственных процессов / В. А. Широченко, Т. В. Пузанова // *Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф.* – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2010. – С. 247–248.