

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ТЕСТИРОВАНИЮ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Прежде чем использовать имитационную модель, необходимо провести испытание, проверку модели, убедиться в ее адекватности. Это важный и ответственный этап в имитационном моделировании. Проверка, выполненная не тщательно, может привести к неизвестным последствиям.

Разработчик модели должен:

- 1) быть уверен, что конечные результаты моделирования точно отражают истинное положение вещей, что модель не абсурдна, не дает нелепых ответов;
- 2) оценить насколько модель и данные, полученные на ней, полезны и могут быть использованы при принятии решений, насколько точна разработанная модель.

Чтобы убедиться, что модель функционально надежна и оценить ее достоверность необходимо провести серию проверок, и в процессе проверки модели достигнуть приемлемого уровня уверенности, что выводы, сделанные на основе моделирования, будут правильными и применимыми для реальной системы.

На практике выделяют 3 основные категории оценки:

- Оценка адекватности или валидация модели. В общем случае валидация предполагает проверку соответствия между поведением имитационной модели и исследуемой реальной системы. Валидация модели (validation) есть подтверждение того, что модель в пределах рассматриваемой области приложений ведет себя с удовлетворительной точностью в соответствии с целями моделирования.
- Верификация модели. Это проверка на соответствие поведения модели замыслу исследователя и моделирования. Т.е. процедуры верификации проводят, чтобы убедиться, что модель ведет себя так, как было задумано. Для этого реализуют формальные и неформальные исследования, связанные с проверкой логической структуры ИМ. Валидация и верификация имитационной модели связаны с обоснованием внутренней структуры модели, в ходе этих процедур проводятся испытания внутренней структуры и принятых гипотез.
- Валидация данных. Валидация данных (data validity) направлена на доказательство того, что все используемые в модели данные, в том числе входные, обладают удовлетворительной точностью и не противоречат исследуемой системе, а значения параметров точно определены и корректно используются. Эти проверки связаны с проблемным анализом,

т.е. анализом и интерпретацией полученных в результате эксперимента данных.

Проблемный анализ – это формулировка статистически значимых выводов на основе данных, полученных в результате эксперимента на ИМ. С этой целью проводят исследование свойств имитационной модели, оценивается: точность, устойчивость, чувствительность результатов моделирования. Все эти проверки связаны с выходами модели, сама ИМ рассматривается как «черный ящик».

Таким образом, на этапе испытания и исследования разработанной имитационной модели организуется комплексное тестирование модели (testing) – планируемый итеративный процесс, направленный главным образом на поддержку процедур верификации и валидации имитационных моделей и данных. Далее рассмотрим некоторые полезные процедуры тестирования.

ПРОВЕРКА АДЕКВАТНОСТИ МОДЕЛИ

Различают модели существующих и проектируемых систем.

Для моделей существующих систем исследователь должен выполнить проверку адекватности имитационной модели объекту моделирования, т.е. проверить соответствие между поведением реальной системы и поведением модели.

На реальную систему воздействуют переменные G^* , которые можно измерять, но нельзя управлять, параметры X^* , которые исследователь может изменять в ходе натурных экспериментов. На выходе системы возможно измерение выходных характеристик Y^* . При этом существует некоторая неизвестная исследователю зависимость между ними $Y^* = f^*(X^*, G^*)$

Имитационную модель можно рассматривать как преобразователь входных переменных в выходные. Модель системы определяется как совокупность компонент, объединенных для выполнения заданной функции $Y = f(X, G)$. Здесь Y, X, G – векторы соответственно выходных переменных, параметров моделирования, входных переменных модели. Параметры модели X исследователь выбирает произвольно, G – принимают только те значения, которые характерны для данных объекта моделирования.

1 способ: по средним значениям откликов модели и системы. Проверяется гипотеза о близости средних значений каждой n -й компоненты откликов модели Y_n известным средним значениям n -й компоненты откликов реальной системы Y^*_n . Проводят $N1$ опытов на реальной системе и $N2$ опытов на имитационной модели (обычно $N2 > N1$). Оценивают для реальной системы и имитационной модели математическое ожидание и дисперсию. Гипотезы о средних значениях

проверяются с помощью критерия t – Стьюдента, можно использовать параметрический критерий Манна-Уитни и др.

2 способ: по дисперсиям отклонений откликов модели от среднего значения откликов систем. Сравнение дисперсии проводят с помощью:

- критерия F Фишера (проверяют гипотезы о согласованности);
 - с помощью критерия согласия χ^2 (при больших выборках, $n > 100$);
- критерия Колмогорова-Смирнова (при малых выборках, известны средняя и дисперсия совокупности);
- Критерия Кохрена и др.