**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 иссследования, 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.

**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 (Х,𝐺). Здесь 𝑌,Х,𝐺 – векторы соответственно выходных переменных, параметров моделирования, входных переменных модели. Параметры модели Х 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 -й компоненты откликов модели 𝑌𝑛 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 Манны-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 χ2(при больших выборках,𝑛 > 100);

• критерия Колмогорова-Смирнова (при малых выборках, известны средняя и дисперсия совокупности);

• Критерия Кохрена и др.