ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Точность имитации явлений представляет собой оценку влияния стохастических элементов на функционирование модели сложной системы.

Степень точности определяется величиной флуктуации случайного фактора (дисперсией). Мерой точности является доверительный интервал. Для определения точности результатов имитации (объема выборки) оценивают доверительные интервалы. Необходимо найти такой объем выборки, который гарантировал бы попадание истинных и оцениваемых значений математического ожидания и/или дисперсии внутрь некоторых заранее заданных интервалов с большой вероятностью.

Метод доверительных интервалов. Если мы имеем оценку m истинного среднего m совокупности, мы определяем верхнюю и нижнюю границы интервала так, чтобы вероятность попадания истинного среднего в интервал, заключенный между этими границами, равнялась некоторой заданной величине (⍰ – доверительная вероятность) следующим образом:

$$P\{m-d<\widetilde{m}<m+d\}=1-\alpha,\qquad (18.1)$$
$$0\le d\le 1$$

где $\widetilde{m}$ – выборочное среднее, $1-\alpha$ – вероятность того, что интервал $m \pm d$ содержит $\widetilde{m}$,
d – доверительный интервал.

Оценка математического ожидания и дисперсии некоторого компонента отклика системы вычисляется следующим образом:

$$\widetilde{m}=\bar{x}=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}x_i \qquad \widetilde{D}=\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(\bar{x}-x_i)^2$$

где x_i – наблюдение случайной величины x в i-ой реализации процесса испытаний, N – количество повторяющихся испытаний.

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Под устойчивостью результатов имитации понимают степень нечувствительности ее к изменению условий моделирования. Универсальной процедуры для такой проверки не существует. Устойчивость результатов моделирования характеризуется сходимостью контролируемого параметра моделирования к определенной величине при увеличении времени моделирования.

На практике устойчивость результатов моделирования рекомендуется оценивать дисперсией значений отклика (по выбранной компоненте). Если эта дисперсия при увеличении времени моделирования Тмод не увеличивается, значит, результаты моделирования устойчивы.

Методика несмещенной оценки k-дисперсий нормальных генеральных совокупностей:

1. Устанавливается длительность прогона (0,tмод)

2. Выбирается контролируемая компонента вектора отклика y_i.
3. Задается шаг dt,

- На каждом шаге контролируется y_i, оценивается дисперсия и т.д.

- Формулируется H_0 : о равенстве дисперсий и проверяется с помощью критерия Бартлетта.

- $B_{расч}$ сравнивается с тестовой. Если $B > \chi^2$, то H_0 принимается. Считается, что модель устойчива по i-компоненте вектора отклика. И т.д. по всем компонентам. В случае удачной проверки, считается, что модель устойчива по всему вектору выходных переменных.

АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Анализ чувствительности модели определяет оценку влияния колебаний значений входных переменных на отклики (выходные переменные) модели. Необходимо установить, при каком разбросе входных данных сохраняется справедливость основных выводов, сделанных по результатам моделирования.

Простота проведения анализа чувствительности в имитационном моделировании – одно из преимуществ этого метода. Анализ означает, как меняется выходная переменная Y при небольших изменениях различных параметров модели или ее входов X. Оценка чувствительности является исключительно важной процедурой и подготовительным этапом перед планированием имитационного эксперимента.

Очень важно определить степень чувствительности результатов относительно выбранных для исследования величин – параметров. Дело в том, что величины параметров систематически варьируются в некоторых представляющих интерес пределах (X_{min} – X_{max}) и наблюдается влияние этих вариаций на характеристики системы ($Y_{min} - Y_{max}$). Если при незначительных изменениях величин некоторых параметров результаты меняются очень сильно, то это основание для получения более точных оценок. И наоборот, если конечные результаты при изменении величин параметров в широких пределах не изменяются, то дальнейшее экспериментирование в этом направлении бесполезно и неоправданно.

Исследование чувствительности позволяет определить стратегию планирования экспериментов на имитационной модели. Полученную информацию используют для ранжирования компонент вектора параметров модели X по значению чувствительности вектора отклика модели. Если модель оказывается малочувствительной по какой-либо q-й компоненте вектора параметров модели X_q, то зачастую изменение X_q не включают в план имитационного эксперимента, чем достигается экономия ресурса времени моделирования.

Анализ чувствительности помогает также внести коррективы в разрабатываемую модель, например:

• упростить, перейти от использования закона распределения к использованию среднего значения переменной, а некоторые подсистемы вообще отбросить (или не детализировать процессы).

• может показать, какие части модели было бы полезно разработать более детально.

Чувствительность имитационной модели представляется величиной минимального приращения выбранного критерия качества, вычисляемого по статистикам моделирования, при последовательном варьировании параметров моделирования на всем диапазоне их изменения. Рассмотрим методику (процедуру) оценки чувствительности.

• По каждому фактору X определяется интервал изменения ($minXq$, $maxXq$). Остальные компоненты вектора X не изменяются и соответствуют центральной точке.

• Проводят пару модельных экспериментов и получают отклики модели ($minY, maxY$ соответственно).

• Для оценки чувствительности используют абсолютные значения или относительные. В последнем случае вычисляют приращение вектора параметров:

$\sigma X_q{}^0 = (maxX_q - minX_q)^2/(maxX_q + minX_q)100\%$

и вычисляют приращение вектора отклика

$\sigma Yq = (maxY_q - minY_q)^2/(maxY_q + minY_q)100\%$

• Выбирают σYq0 = max{σYn}.

• Чувствительность модели по q-компоненте вектора параметров X определяют парой значений ($\sigma X_q{}^0$,$\sigma Y_q{}^0$).