5.   \* Какие модели называются адекватными, что такое валидация и когда она происходит?

**Адекватность модели** – совпадение свойств и соответствующих свойств моделируемого объекта. Адекватность заключается в совпадении модели моделируемой системы в отношении цели моделирования. *=> модель является адекватной если:*

* *описание поведения, созданное на каком-либо этапе, достаточно точно совпадает с поведением моделируемой системы в одинаковых ситуациях;*
* *описание убедительно представительно относительно свойств системы, которые должны прогнозироваться с помощью модели;*
* *окончательное суждение об адекватности модели может дать лишь практика, то есть сравнение модели с оригиналом на основе экспериментов с объектом и моделью.*

**Валидация** – проверка является ли модель допустимым представлением реальной системы.

Есть две основные цели валидации:

* *создать модель, которая представляет поведение реальной системы как можно более полно;*
* *увеличить приемлемый уровень достоверности модели, чтобы модель можно было использовать для анализа системы и принятия решений.*

***Валидация зависит от доступности данных:***

* *реальные данные могут быть не доступны;*
* *реальные выходные данные доступны, но без соответствующих входов;*
* *доступны реальные выходные данные с соответствующими входами.*

***Используют следующие методы валидации:***

1. Сравнение результатов моделирования с экспертными оценками специалистов по данной системе.

*Эксперты проверяют, насколько модель выглядит правильно. Для применения этого метода требуется постоянный контакт с заказчиком модели, с экспертами по системе, которые разбираются во всех тонкостях. Они должны быть вовлечены в процесс построения модели от концептуализации до применения, чтобы на каждом этапе моделирования заверять в высокой степени достоверности отображения реальной системы. Эксперты могут оценивать выходные данные модели на разумность и могут помочь в идентификации недостатков модели.*

1. Сравнение выхода модели и выхода объекта моделирования для одних и тех же входов.

*Здесь используют данные либо о предыдущей работе системы, либо о текущей. Если моделируемая система существует и доступны выходные данные, то для сравнения измерений на реальной системе и результатов экспериментов можно применить различного рода классические тесты: хи-квадрат, Колмогорова- Смирнова и др. Предположим, что взята выборка некоторой характеристики (х) реальной системы. Моделируя эту систему, получают выборку и оценивают эту же характеристику (у). Идеальная имитационная модель имеет эмпирическую функцию распределения для отклика идентичную распределению для реальной системы. Поэтому, проведя идентификацию закона по тесту хи-квадрат или Колмогорова-Смирнова, сравнивают эти распределения, как по типу, так и по частным характеристикам, например, среднему значению.*

1. Анализ чувствительности (исследование выходов модели при изменении значений входов или структуры модели).

При таком анализе выбирают комбинации факторных уровней и выполняют несколько прогонов модели на всех уровнях. Затем данные эксперимента анализируют на основе стандартных статистических процедур (дисперсионного, регрессионного анализов). Таким образом, пользователь модели задает вопросы, правильно ли ведет себя модель, если изменять одну или несколько переменных?

Регрессионный и корреляционный анализы покажут, как уменьшаются или увеличиваются выходные переменные при увеличении или уменьшении входных переменных. Если в реальной системе такая же тенденция, то уверенность в правильности отображения моделью реальной системы возрастает.

1. Trace-driven моделирование.

*Этот метод применим, если реальные данные по входу-выходу системы доступны. Такое моделирование означает, что на вход имитационной программы в исторической последовательности подаются реальные входные данные. После выполнения имитационной программы, сравнивают временной ряд результатов модельных экспериментов с временным рядом реальных выходов системы. При сравнении также используют классические статистические тесты.*

1. Сопоставление результатов моделирования с результатами аналитических расчетов.

*Этот метод применяют, если известны аналитические зависимости для моделируемой системы или их можно легко получить. Иногда при использовании этого метода из модели исключают случайные факторы, детерминируя времена поступления, обслуживания и т. д.*

1. Проверка имитационной модели с помощью компьютерной анимации.

*Этот метод используется также при верификации. Иногда анимация позволяет выявить трудноуловимые ошибки, которые эксперт по системе может легко выявить.*