Лекция № 4. Планирование модельного эксперимента

Цель лекции

Сформировать у обучающихся теоретические знания об основных принципах планирования и проведения модельных экспериментов, изучить методы стратегического и тактического планирования, способы формирования выборок и повышения точности результатов моделирования. Ознакомить с методами оценки адекватности, устойчивости и чувствительности имитационных моделей, а также с основными статистическими методами обработки и анализа результатов модельных экспериментов.

План лекции

1. Понятие и основные задачи планирования модельного эксперимента.
2. Факторное пространство и стратегическое планирование эксперимента.
3. Полный и дробный факторные эксперименты.
4. Рандомизированные и латинские планы экспериментов.
5. Тактическое планирование модельного эксперимента.
6. Методы формирования выборок и снижения дисперсии.
7. Методы повторений, подинтервалов и циклов.
8. Оценка качества результатов имитационного моделирования.
9. Адекватность, устойчивость и чувствительность имитационных моделей.
10. Балансировка и оптимизация моделей.
11. Статистическая проверка гипотез.
12. Дисперсионный, корреляционный и регрессионный анализ результатов экспериментов.

Ожидаемые результаты обучения

После изучения лекции обучающиеся должны:

- знать основные цели и принципы планирования модельных экспериментов;
- понимать различия между стратегическим и тактическим планированием;
- определять факторы и уровни факторов, влияющих на результаты моделирования;
- различать полный, дробный факторный, рандомизированный и латинский планы экспериментов;
- знать основные методы формирования случайных выборок и снижения дисперсии;
- понимать критерии оценки качества имитационных моделей;
- оценивать адекватность, устойчивость и чувствительность моделей;
- объяснять принципы статистической проверки гипотез;
- понимать назначение дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализа;
- применять изученные методы при организации и обработке результатов модельных экспериментов.

1. Понятие и основные задачи планирования модельного эксперимента

Планирование модельного эксперимента является важным этапом имитационного моделирования, определяющим порядок проведения исследований и способы получения достоверной информации о функционировании моделируемой системы.

Планирование модельного эксперимента – это процесс выбора условий, параметров и последовательности проведения модельных испытаний, направленный на получение необходимой информации об исследуемой системе при рациональном использовании вычислительных и временных ресурсов.

В процессе моделирования исследователь может изменять входные параметры модели, наблюдать за ее поведением и анализировать полученные результаты.

Однако проведение большого количества экспериментов требует значительных затрат времени и вычислительных ресурсов. Поэтому возникает необходимость разработки рационального плана исследования.

Основными задачами планирования модельного эксперимента являются:

- сокращение общего объема испытаний при соблюдении требований к достоверности и точности результатов;
- повышение информативности каждого отдельного эксперимента.

Правильно составленный план позволяет исследовать влияние различных факторов на систему, определить закономерности ее функционирования и получить необходимые статистические характеристики.

Планирование эксперимента включает два основных направления: стратегическое и тактическое.

Стратегическое планирование связано с выбором исследуемых факторов и их значений, а тактическое – с определением необходимого количества испытаний и обеспечением требуемой точности получаемых результатов.

2. Факторное пространство и стратегическое планирование эксперимента

При проведении модельного эксперимента важным является понятие факторного пространства.

Факторное пространство – множество внешних и внутренних параметров модели, значения которых исследователь может контролировать в ходе подготовки и проведения модельного эксперимента.

Факторами могут выступать характеристики оборудования, интенсивность поступления заявок, продолжительность выполнения операций, объем используемых ресурсов и другие параметры исследуемой системы.

Каждый фактор может принимать определенные значения, называемые уровнями фактора.

Например, при моделировании вычислительной системы в качестве фактора можно выбрать количество обслуживающих серверов, а его уровнями могут быть значения 1, 2, 3 и 4.

Основной целью стратегического планирования является получение максимального объема информации об исследуемой системе при каждом эксперименте.

Процесс стратегического планирования включает два основных этапа.

Первый этап – идентификация факторов.

На данном этапе определяются параметры, которые оказывают существенное влияние на поведение исследуемой системы и результаты моделирования.

Второй этап – выбор уровней факторов.

После определения факторов устанавливаются значения каждого параметра, которые будут использоваться при проведении модельных экспериментов.

Правильный выбор факторов и их уровней позволяет сократить количество испытаний и обеспечить достаточную информативность получаемых результатов.

3. Полный факторный эксперимент

Одним из основных методов стратегического планирования является полный факторный эксперимент.

Полный факторный эксперимент (ПФЭ) – эксперимент, в котором реализуются все возможные сочетания уровней исследуемых факторов.

Если исследуется система с \(k\) факторами, причем каждый фактор имеет определенное количество уровней, общее число сочетаний определяется выражением:

$$N = l_1 \cdot l_2 \cdot \ldots \cdot l_k = \prod_{i=1}^{k} l_i,$$

где:

- $\boldsymbol{N}$ – общее количество комбинаций уровней факторов;
- $\boldsymbol{k}$ – число исследуемых факторов;
- l_i – количество уровней *i*-го фактора.

Если каждый фактор имеет два уровня, количество комбинаций определяется формулой:

$$N = 2^k.$$

Например, при исследовании четырех факторов, каждый из которых имеет два уровня, потребуется:

$$N = 2^4 = 16$$

различных сочетаний условий эксперимента.

Основным преимуществом полного факторного эксперимента является возможность всестороннего исследования влияния факторов на результаты моделирования, включая их взаимодействия.

Главный недостаток заключается в значительном увеличении количества испытаний при росте числа факторов.

Поэтому для исследования сложных систем с большим количеством параметров могут применяться другие методы планирования экспериментов.

4. Рандомизированные и латинские планы экспериментов

Для сокращения вычислительных затрат и повышения эффективности исследования применяются различные способы формирования экспериментальных планов.

Рандомизированный план предполагает случайный выбор сочетаний уровней факторов для проведения каждого модельного испытания.

При таком подходе исследователь предварительно определяет количество экспериментов, которое необходимо или возможно провести, после чего формирует условия испытаний случайным образом.

Рандомизация позволяет уменьшить влияние систематических особенностей порядка проведения экспериментов на результаты исследования.

Латинский план, или латинский квадрат, применяется при исследовании одного основного фактора и нескольких дополнительных факторов.

Если основной фактор имеет l уровней, для дополнительных факторов также выбирается соответствующее количество уровней.

Латинский квадрат представляет собой специальную схему размещения уровней факторов, при которой каждый уровень встречается один раз в каждой строке и каждом столбце.

Такой подход позволяет исследовать влияние основного фактора при контроле влияния дополнительных факторов и уменьшить количество необходимых испытаний по сравнению с некоторыми вариантами полного перебора.

5. Дробный факторный эксперимент

Дробный факторный эксперимент – метод планирования, при котором исследуется специально выбранная часть сочетаний уровней факторов, а не полный набор их комбинаций.

В рассматриваемом в презентации двухуровневом случае каждый фактор принимает два значения: нижний и верхний уровни.

Для полного факторного эксперимента число сочетаний определяется формулой:

$$N = 2^k.$$

Дробный факторный план использует определенную долю этого количества сочетаний.

Основным преимуществом данного метода является сокращение числа модельных испытаний при сохранении возможности оценки выбранных эффектов факторов.

Однако использование дробного факторного эксперимента предполагает определенные ограничения, поскольку некоторые эффекты факторов и их взаимодействий могут оказаться смешанными.

Поэтому выбор дробного факторного плана должен соответствовать поставленным исследовательским задачам.

6. Тактическое планирование модельного эксперимента

Тактическое планирование эксперимента – совокупность методов определения необходимого количества модельных испытаний, обеспечивающих требуемую точность и достоверность получаемых результатов.
Если стратегическое планирование определяет, какие факторы и сочетания их уровней необходимо исследовать, то тактическое планирование устанавливает, сколько раз следует выполнить модельный эксперимент при выбранных условиях.
Особое значение тактическое планирование имеет при исследовании стохастических систем, в которых результаты отдельных прогонов модели могут различаться вследствие воздействия случайных факторов.
Одной из основных статистических характеристик результатов моделирования является дисперсия.
Дисперсия характеризует степень разброса значений наблюдаемой переменной относительно ее среднего значения.
Выборочная дисперсия рассчитывается по формуле:

$$s^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \overline{y})^2,$$

где:

- s^2 – выборочная дисперсия;
- n – количество наблюдений;
- y_i – результат отдельного наблюдения;
- $\overline{y}$ – среднее значение наблюдаемой переменной.

Основу тактического планирования составляют методы снижения дисперсии и определения необходимого объема испытаний.
Если требуемые статистические характеристики заранее неизвестны, рекомендуется провести предварительную серию модельных экспериментов.
На основе полученной выборки вычисляется оценка дисперсии, которая используется при определении необходимого количества последующих прогонов модели.

7. Методы формирования выборок и снижения дисперсии

Для повышения точности результатов имитационного моделирования применяются различные методы формирования выборок и снижения дисперсии.
В зависимости от способа реализации они подразделяются на три основные группы.
Активные методы предусматривают специальную организацию формирования выборки с целью повышения точности оценок.
Пассивные методы применяются после формирования выборки и предполагают статистическую обработку уже полученных результатов.
Косвенные методы используют дополнительные вспомогательные величины, позволяющие повысить точность оценки исследуемого показателя.
В имитационном моделировании используются три основных метода формирования наблюдений:

1. Метод повторений.
2. Метод подинтервалов.
3. Метод циклов.

Метод повторений предполагает проведение нескольких независимых прогонов модели при одинаковых начальных условиях.
При каждом прогоне используются различные последовательности случайных чисел.
Основным преимуществом метода является возможность получения статистически независимых наблюдений.

Недостатком является влияние начальных условий на результаты отдельных прогонов. Особенно существенным оно может быть при исследовании систем с длительным переходным режимом.
Метод подинтервалов предполагает разделение одного продолжительного прогона модели на несколько временных интервалов.
По результатам каждого интервала формируется отдельное наблюдение.
Преимуществом метода является постепенное уменьшение влияния начального состояния системы, что позволяет точнее исследовать ее поведение в стационарном режиме.
Однако наблюдения, полученные на соседних интервалах, могут быть статистически зависимыми.
Метод циклов предусматривает формирование наблюдений на интервалах, начинающихся при одинаковых или близких состояниях системы.
Такой подход позволяет уменьшить влияние автокорреляции между наблюдениями.
Основным недостатком метода является относительно небольшое количество наблюдений по сравнению с методом подинтервалов.
Дополнительным способом повышения точности результатов является метод стратифицированной выборки.
Стратифицированная выборка предполагает разделение исследуемой совокупности на отдельные группы, или страты, с последующим формированием наблюдений внутри каждой группы.
Общая оценка среднего значения определяется как взвешенная сумма средних значений отдельных страт:

$$\overline{y} = \sum_{i=1}^{k} \frac{N_i}{N} \overline{y}_i,$$

где N_i – объем i-й страты, N – общий объем совокупности, $\overline{y}_i$ – среднее значение в соответствующей страте.
Данный метод позволяет повысить точность статистических оценок при рациональном распределении наблюдений между группами.

8. Оценка качества результатов имитационного моделирования

Качество результатов имитационного моделирования определяется степенью их достоверности, точности и пригодности для решения поставленной исследовательской задачи.
Результаты модельного эксперимента можно считать удовлетворительными, если выполняются два основных условия:

- полученные данные обладают требуемой точностью и достоверностью;
- исследователь способен правильно интерпретировать результаты и определить возможности их практического применения.

Оценка качества имитационной модели направлена на проверку соответствия модели ее назначению и исследование статистических характеристик результатов моделирования.
При разработке моделей необходимо учитывать возможные источники ошибок.
К ним относятся неправильный выбор математического аппарата, методические погрешности используемых методов, ошибки при моделировании случайных факторов, а также влияние переходных и нестационарных режимов функционирования системы.
Дополнительные трудности могут возникать при использовании нескольких математических методов в одной модели, необходимости синхронизации отдельных компонентов и зависимости результатов от выбранного плана эксперимента.
Для оценки качества имитационных моделей рассматриваются три основные характеристики: адекватность, устойчивость и чувствительность.

9. Адекватность, устойчивость и чувствительность имитационных моделей

Адекватность модели – степень соответствия поведения модели характеристикам исследуемой реальной системы в условиях, представляющих интерес для исследования.

Проверка адекватности позволяет определить, насколько достоверно модель воспроизводит основные свойства исследуемого объекта.
В презентации выделены следующие способы оценки адекватности:

- сравнение средних значений откликов модели и реальной системы;
- анализ дисперсий отклонений результатов моделирования от среднего значения откликов системы;
- оценка максимальных относительных отклонений результатов моделирования.

Если различия между модельными и экспериментальными данными находятся в допустимых пределах, модель может считаться адекватной для поставленной задачи.
Устойчивость модели – способность модели сохранять адекватность при изменении рабочей нагрузки и конфигурации исследуемой системы в рассматриваемом диапазоне условий.
Проверка устойчивости может осуществляться путем сравнения результатов моделирования с измерениями, полученными после внесения изменений в реальную систему.
Универсального метода оценки устойчивости не существует, поэтому выбор процедуры проверки зависит от особенностей конкретной модели.
Чувствительность модели характеризует степень изменения выходных характеристик системы при изменении ее входных параметров.
Для исследования чувствительности проводятся модельные эксперименты при различных значениях выбранного параметра.
Относительное изменение входного параметра *X*, согласно приведенной в презентации схеме, определяется выражением:

$$\Delta X = \frac{2(X_{\max} - X_{\min})}{X_{\max} + X_{\min}} \cdot 100\%.$$

Затем выполняются два модельных эксперимента при $X = X_{\max}$ и \(X=X_{\min}\),, причем остальные параметры сохраняют фиксированные значения.
Полученные отклики модели обозначаются как:

$$Y_1 = f(X_{\max}), \qquad Y_2 = f(X_{\min}).$$

Относительное изменение выходной величины для положительных Y_1 и Y_2 определяется выражением:

$$\Delta Y = \frac{2|Y_1 - Y_2|}{Y_1 + Y_2} \cdot 100\%.$$

В результате для каждого исследуемого параметра формируется пара значений $(\Delta X_k, \Delta Y_k)$, характеризующая чувствительность модели к изменению этого параметра.
Исследование чувствительности позволяет определить параметры, оказывающие наиболее существенное влияние на поведение системы.

10. Балансировка и оптимизация модели

После разработки имитационной модели необходимо обеспечить соответствие ее поведения реальному объекту и добиться требуемой точности результатов.
Рассмотрена последовательность совершенствования модели, включающая три этапа.
1. Сравнение выходных распределений
Оценка адекватности модели
2. Балансировка модели
Проверка устойчивости и чувствительности
3. Оптимизация модели
Обеспечение требуемой точности результатов

На первом этапе выполняется сравнение выходных распределений модели и исследуемой системы. При выявлении значительных различий могут потребоваться глобальные изменения структуры модели, например введение новых процессов или изменение типов событий.
На втором этапе оцениваются устойчивость и чувствительность модели. По результатам исследования осуществляются необходимые корректировки ее параметров. К таким изменениям относится уточнение законов распределения моделируемых случайных величин.
На третьем этапе выполняются мероприятия по повышению точности результатов.
В презентации выделены три основных направления оптимизации: дополнительная проверка качества генераторов случайных чисел, снижение влияния переходного режима и применение специальных методов уменьшения дисперсии.
Таким образом, совершенствование модели представляет собой последовательный процесс проверки и корректировки ее структуры, параметров и методов обработки результатов.

11. Статистическая проверка гипотез

При исследовании результатов модельных экспериментов часто возникает необходимость проверки предположений о характеристиках моделируемой системы.
Статистическая гипотеза – утверждение относительно параметров распределения случайной величины или вида самого распределения, которое проверяется на основании экспериментальных данных.
При проверке статистических гипотез формулируются два предположения.
Нулевая гипотеза H_0 – основное проверяемое утверждение.
Альтернативная гипотеза H_1 – утверждение, противопоставляемое нулевой гипотезе.
Проверка гипотезы осуществляется с использованием статистического критерия, который рассчитывается на основе результатов выборки.
Процедура статистической проверки включает формулирование гипотез, выбор уровня значимости, вычисление статистики критерия и принятие решения об отклонении либо неотклонении нулевой гипотезы.
При проверке гипотез возможны два вида ошибок.
Ошибка первого рода возникает, если нулевая гипотеза отвергается, хотя в действительности она верна.
Вероятность такой ошибки обозначается \(\alpha\) и называется уровнем значимости.
Ошибка второго рода возникает, если нулевая гипотеза не отвергается, хотя в действительности верна альтернативная гипотеза.
Вероятность ошибки второго рода обозначается \(\beta\).
Выбор статистического критерия зависит от характера исследуемых данных и проверяемого предположения.
В презентации рассматриваются критерии сравнения средних значений, дисперсий и распределений.
Для сравнения средних значений может использоваться критерий Стьюдента.
Для сравнения дисперсий применяется F-критерий Фишера:

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2},$$

где s_1^2 и s_2^2 – выборочные дисперсии сравниваемых совокупностей.
Для проверки соответствия наблюдаемого распределения теоретическому может использоваться критерий согласия Пирсона:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{K} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i},$$

где O_i – наблюдаемая частота, E_i – ожидаемая частота в i-м классе, K – число классов.
Применение статистических критериев позволяет оценить значимость выявленных различий и повысить обоснованность выводов, полученных по результатам моделирования.

12. Дисперсионный анализ результатов модельных экспериментов

Дисперсионный анализ применяется для количественной оценки влияния одного или нескольких факторов на наблюдаемую переменную.
Основная задача дисперсионного анализа состоит в определении того, являются ли различия между результатами модельных экспериментов статистически значимыми.
В зависимости от количества исследуемых факторов выделяют однофакторный и многофакторный дисперсионный анализ.
Однофакторный дисперсионный анализ используется для исследования влияния одного фактора на выходную характеристику системы.
Модель однофакторного дисперсионного анализа может быть представлена выражением:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij},$$

где:

- y_{ij} – результат j-го наблюдения при i-м уровне фактора;
- μ – общее среднее значение;
- α_i – эффект i-го уровня фактора;
- ε_{ij} – случайная ошибка наблюдения.

В ходе анализа проверяется гипотеза об отсутствии влияния исследуемого фактора на результаты эксперимента.
Многофакторный дисперсионный анализ применяется для исследования влияния нескольких факторов одновременно.
В презентации представлена аддитивная модель для трех факторов:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \varepsilon_{ijk},$$

где α_i, β_j и γ_k характеризуют влияние соответствующих факторов, а ε_{ijk} – случайную ошибку.
На основе данной модели можно проверять гипотезы об отсутствии влияния каждого из исследуемых факторов.
Многофакторный дисперсионный анализ позволяет оценивать вклад отдельных факторов в изменение выходных характеристик системы. Для отдельного исследования взаимодействий факторов модель необходимо дополнить соответствующими членами.

13. Корреляционный и регрессионный анализ

При обработке результатов модельных экспериментов важное значение имеют методы корреляционного и регрессионного анализа.
Корреляционный анализ применяется для оценки направления и степени статистической взаимосвязи между переменными.
Одной из основных характеристик является коэффициент линейной корреляции Пирсона.

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})\,(y_i - \overline{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2 \sum_{i=1}^{n}(y_i - \overline{y})^2}}.$$

Коэффициент корреляции принимает значения от -1 до 1.
Положительное значение указывает на прямую линейную связь между переменными, отрицательное – на обратную.
Чем ближе абсолютное значение коэффициента к единице, тем сильнее линейная взаимосвязь.

В презентации приведена ориентировочная интерпретация силы корреляции:

Абсолютное значение коэффициента	**Характер связи**
0–0,29	Слабая
0,30–0,69	Умеренная
0,70–1,00	Сильная

Данные границы носят условный характер и могут различаться в зависимости от области исследования. Корреляция сама по себе не доказывает причинно-следственную связь между переменными.

Регрессионный анализ применяется для построения математических зависимостей между исследуемыми величинами и прогнозирования значений выходных характеристик системы. Одним из наиболее простых вариантов является линейная регрессия:

$$y_i = b_0 + b_1 x_i + \varepsilon_i,$$

где:

- y_i – зависимая переменная;
- x_i – независимая переменная;
- b_0 – свободный член уравнения;
- b_1 – коэффициент регрессии;
- ε_i – случайная составляющая.

Регрессионный анализ позволяет оценивать влияние входных параметров на выходные характеристики модели и прогнозировать результаты при различных условиях эксперимента.

Совместное использование корреляционного и регрессионного анализа обеспечивает возможность изучения закономерностей функционирования системы и построения математических зависимостей на основе экспериментальных данных.

Заключение

Планирование модельного эксперимента представляет собой важный этап имитационного моделирования, обеспечивающий рациональную организацию вычислительных исследований и получение достоверных результатов.

Стратегическое планирование направлено на выбор исследуемых факторов и их уровней, тогда как тактическое планирование позволяет определить необходимое количество испытаний и обеспечить требуемую точность статистических оценок.

Использование полного и дробного факторных экспериментов, рандомизированных и латинских планов позволяет организовать исследование влияния различных факторов на поведение моделируемой системы.

Особое значение имеют методы формирования выборок, снижения дисперсии и оценки качества результатов имитационного моделирования.

Проверка адекватности, устойчивости и чувствительности модели позволяет определить степень ее соответствия исследуемой системе и оценить надежность получаемых результатов.

Применение статистических критериев, дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализа обеспечивает научно обоснованную интерпретацию результатов модельных экспериментов и формирует основу для дальнейшей оптимизации сложных систем.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под планированием модельного эксперимента?
2. Какие основные задачи решаются при планировании экспериментов?
3. В чем заключаются различия между стратегическим и тактическим планированием?
4. Что такое факторное пространство?
5. Что понимается под фактором и уровнем фактора?

6. Какие этапы включает стратегическое планирование эксперимента?
7. Что такое полный факторный эксперимент?
8. Как определяется количество испытаний в полном факторном эксперименте?
9. В чем заключаются основные преимущества и недостатки полного факторного эксперимента?
10. Что понимается под рандомизированным планом?
11. В каких случаях применяется латинский план эксперимента?
12. Что такое дробный факторный эксперимент?
13. Какие задачи решаются при тактическом планировании?
14. Какую роль дисперсия играет при определении точности результатов моделирования?
15. Какие основные группы методов снижения дисперсии существуют?
16. В чем заключается метод повторений?
17. Каковы преимущества и недостатки метода подинтервалов?
18. В чем заключается сущность метода циклов?
19. Что такое стратифицированная выборка?
20. Какие требования предъявляются к качеству результатов имитационного моделирования?
21. Что понимается под адекватностью модели?
22. Какие способы проверки адекватности рассматриваются в лекции?
23. Что характеризует устойчивость имитационной модели?
24. Что понимается под чувствительностью модели?
25. Каким образом осуществляется исследование чувствительности модели?
26. Какие этапы включает процесс совершенствования и оптимизации модели?
27. Что такое статистическая гипотеза?
28. В чем различие между нулевой и альтернативной гипотезами?
29. Что понимается под ошибками первого и второго рода?
30. Для каких целей применяются критерии Стьюдента, Фишера и Пирсона?
31. Что такое однофакторный дисперсионный анализ?
32. В чем особенности многофакторного дисперсионного анализа?
33. Для чего применяется корреляционный анализ?
34. Что показывает коэффициент корреляции?
35. В чем заключается назначение регрессионного анализа?
36. Как планирование и статистическая обработка результатов способствуют повышению эффективности модельных экспериментов?

Список литературы

1. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем: учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2001. – 342 с.
2. Law A. M. Simulation Modeling and Analysis. – 5th ed. – McGraw-Hill Education, 2015.
3. Banks J., Carson J. S., Nelson B. L., Nicol D. M. Discrete-Event System Simulation. – 5th ed. – Pearson, 2010.
4. Montgomery D. C. Design and Analysis of Experiments. – 10th ed. – Wiley, 2019. – 688 p.
5. Kleijnen J. P. C. Design and Analysis of Simulation Experiments. – 2nd ed. – Springer, 2015. – DOI: 10.1007/978-3-319-18087-8.