**QUEUE**

**Задача моделирования очереди**

**1. Постановка задачи**

Моделирование очереди — это процесс создания математической и/или компьютерной модели, которая имитирует поведение системы массового обслуживания (СМО), где клиенты (заявки) прибывают, обслуживаются и покидают систему. Основные цели:

* Оценка времени ожидания клиентов.
* Определение оптимального количества обслуживающих каналов.
* Анализ загруженности системы.

**2. Основные компоненты модели**

1. **Источник заявок (клиентов)**:
   * Определяет интенсивность поступления клиентов (например, 5 клиентов в час).
   * Может быть детерминированным (фиксированные интервалы) или стохастическим (например, пуассоновский поток).
2. **Очередь**:
   * Место, где клиенты ожидают обслуживания.
   * Может иметь ограниченную или неограниченную длину.
   * Дисциплины обслуживания: FIFO (первым пришёл — первым обслужен), LIFO, приоритетная очередь.
3. **Обслуживающие каналы**:
   * Серверы или аппараты, которые обрабатывают заявки.
   * Время обслуживания может быть постоянным или случайным (например, экспоненциальное распределение).
4. **Выход**:
   * Клиенты покидают систему после обслуживания.

**3. Математическая модель (M/M/1)**

**Параметры**:

* *λ* — интенсивность входящего потока (клиентов в единицу времени).
* *μ* — интенсивность обслуживания (сколько клиентов может обслужить сервер в единицу времени).
* *ρ*=*μλ*​ — загрузка системы (должна быть ρ<1*ρ*<1 для стабильности).

**Основные метрики**:

1. Среднее число клиентов в системе:

*L*=1−*ρρ*​

1. Среднее время пребывания в системе:

*W*=*μ*−*λ*1​

1. Среднее число клиентов в очереди:

*Lq*​=1−*ρρ*2​

1. Среднее время ожидания в очереди:

*Wq*​=*μ*−*λρ*​

**BUGS\_IN\_REGULAR\_POLYGON**

**Задача моделирования движения жуков в углах квадрата**

**1. Постановка задачи**

Четыре жука расположены в углах квадрата со стороной *a*. Каждый жук начинает двигаться с постоянной скоростью *v* в направлении другого жука (жук A движется к жуку B, жук B — к жуку C и т.д.). Требуется:

1. Определить траектории движения жуков.
2. Найти время, за которое жуки встретятся.

**2. Математическая модель**

**Уравнения движения:**

* Положение каждого жука задаётся вектором

**r***i*​(*t*)=(*xi*​(*t*),*yi*​(*t*))

где *i*=1,2,3,4.

* Направление скорости каждого жука всегда к следующему жуку (по часовой стрелке):

**Симметрия системы:**

* Жуки остаются в вершинах уменьшающегося квадрата, повёрнутого на 45∘.
* Расстояние между соседними жуками *d*(*t*) удовлетворяет уравнению:

**Аналитическое решение:**

* Время встречи:
* Траектории — **логарифмические спирали** с углом π/4 между радиусом и касательной.

**СUP\_OF\_COFFEE**

### ****Задача моделирования остывания чашки кофе****

Программа моделирует процесс остывания кофе с учетом добавления молока и сравнивает три разных сценария охлаждения.

## **1. Базовая модель остывания кофе (функция coffee)**

**Физическая основа:**  
Модель использует **упрощенный закон охлаждения Ньютона**, где скорость изменения температуры пропорциональна разности температур кофе и окружающей среды.

**Уравнение:**

где:

* T*T* — температура кофе,
* Te — температура окружающей среды (22°C),
* k — коэффициент охлаждения (0.09).

**Численное решение:**  
Метод Эйлера с дискретным шагом по времени (dt = 0.1):

## **2. Модель остывания кофе с молоком (функция coffee\_with\_milk)**

**Усложнение модели:**  
После 2 минут охлаждения (условное время добавления молока) происходит смешивание кофе и молока с пересчетом температуры.

**Уравнения:**

1. До добавления молока (первые 2 минуды):
2. После добавления молока:
   * Пересчет температуры смеси (уравнение теплового баланса):

где:

* + - mwater​=0.15 кг (масса кофе),
    - mmilk​=0.1 кг (масса молока),
    - Tmilk=22°C(температура молока).

## **3. Модель с анализом разницы температур (функция coffee\_with\_milk\_difference)**

**Цель:**  
Сравнить отклонения между тремя вариантами температур (T, T2, T3).

**Особенности:**

* В первой фазе (до добавления молока) сохраняются разницы:
  + temperature хранит T−T2,
  + temperature2 хранит T2−T,
  + temperature3 хранит T3−T.
* После добавления молока все температуры уравниваются (T=T2=T3=Tmix​).

## **4. Параметры модели**

* Начальная температура кофе: T0=83°C
* Температура окружающей среды: Te=22°C
* Коэффициент охлаждения: k=0.09
* Шаг по времени: dt=0.1
* Масса кофе: mwater=0.15
* Масса молока: mmilk=0.1
* Температура молока: Tmilk=22°C

## **5. Визуализация результатов**

Программа строит графики для трех сценариев:

1. **Остывание чистого кофе** (экспоненциальный спад температуры).
2. **Остывание кофе с молоком** (резкое падение температуры в момент добавления молока).
3. **Разница между температурными траекториями** (анализ отклонений).

#### 

**VICTIM**

**Задача моделирования «Хищник-жертва» (модель Лотки-Вольтерры)**

**1. Постановка задачи**

Исследовать динамику взаимодействия двух популяций:

* **Жертвы** (например, зайцы) — размножаются экспоненциально в отсутствие хищников.
* **Хищники** (например, лисы) — вымирают без жертв, но растут за счёт их поедания.

**Цель:**

* Построить математическую модель.
* Проанализировать устойчивость системы.
* Визуализировать фазовые портреты и временные зависимости.

**2. Математическая модель**

**Уравнения Лотки-Вольтерры:**

где:

* x(t)*x*(*t*) — численность жертв,
* y(t)*y*(*t*) — численность хищников,
* α*α* — скорость размножения жертв (α>0*α*>0),
* β*β* — скорость уничтожения жертв хищниками (β>0*β*>0),
* δ*δ* — скорость роста хищников за счёт жертв (δ>0*δ*>0),
* γ*γ* — смертность хищников (γ>0*γ*>0).