

Отчет по моделированию регуляции уровня глюкозы

0. Постановка задачи

Целью работы являлось создание модели взаимодействия клеток поджелудочной железы (альфа-, бета- и дельта-клеток) для поддержания гомеостаза глюкозы в крови. Модель реализована на основе автомата Мура, где:

- **Альфа-клетки** секретируют глюкагон (повышают уровень глюкозы),
- **Бета-клетки** секретируют инсулин (снижают уровень глюкозы),
- **Дельта-клетки** секретируют соматостатин (ингибируют альфа- и бета-клетки).

Шкала уровня глюкозы:

- **0 (LOW)** — низкий уровень,
- **1 (NORMAL)** — нормальный уровень,
- **2 (HIGH)** — высокий уровень.

Задачи:

1. Реализовать функцию перехода между состояниями клеток в зависимости от уровня глюкозы (0–2).
2. Смоделировать суточные колебания глюкозы с учётом трёх приёмов пищи, используя относительные значения (0, 1, 2).
 - Также следующие округления:
 - $0 \leq G < 0.8 \rightarrow 0$
 - $0.8 \leq G < 1.2 \rightarrow 1$
 - $1.2 \leq G < 2 \rightarrow 2$
3. Визуализировать результаты, включая уровни глюкозы и состояния клеток.

1. Конфликты в модели

1. Невозможность одновременной работы альфа- и бета-клеток:

Согласно правилам, альфа- и бета-клетки не могут быть активны одновременно, так как их активация зависит от уровня глюкозы $G > 1.2$ и $G < 0.8$. Это делает дельта-клетки бесполезными, так как условие $\alpha == 1$ and $\beta == 1$ никогда не выполняется.

2. Некорректная работа дельта-клеток:

Если дельта-клетки активируются (например, из-за временного конфликта), они подавляют альфа- и бета-клетки. Но после этого система может "застрять" в состоянии (0, 0, 1), даже если уровень глюкозы изменится.

2. Решение конфликтов

1. Введение буфферной зоны:

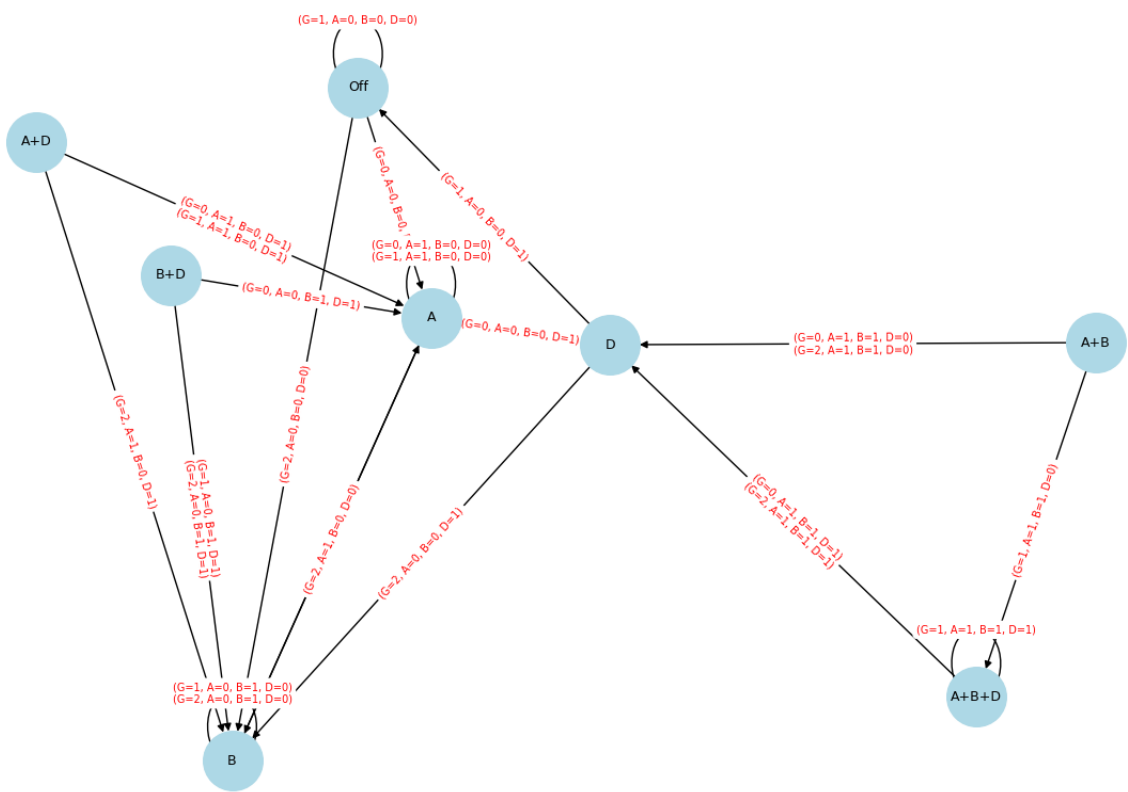
- Переход между состояниями происходит только при **выходе за пределы зоны гомеостаза**:
 - Из **NORMAL (1)** в **HIGH (2)** — только при явном повышении уровня глюкозы.
 - Из **NORMAL (1)** в **LOW (0)** — только при явном снижении.
- Это исключает колебания на границах 0–1 и 1–2.
- буфферная зона: $0.8 \leq G < 1.2$

2. Задержка деактивации:

- Клетки остаются активными на **1 шаг** после выхода уровня глюкозы из их зоны активации, имитируя инерцию биологических процессов.

3. Результаты

0. Граф состояний:



1. Реакция на приёмы пищи:

- После каждого приёма пищи уровень глюкозы повышается до **HIGH (2)**, активируя бета-клетки.
- Через 2–3 часа уровень возвращается в **NORMAL (1)**.
- Ночью глюкоза опускается до **LOW (0)**, активируя альфа-клетки.

2. Визуализация:

Смоделировал 3 пика глюкозы (завтрак, обед и ужин) в течени 24 часов.

- На графике отображаются:

- Левая ось Y: состояния клеток (например, "A" — альфа, "B" — бета, "D" — дельта),
- Правая ось Y: уровень глюкозы (0, 1, 2).

