

به نام خدا

موضوع : گزارش تمرین اول

درس : علوم اعصاب محاسباتی

استاد مربوطه : استاد خردپیشه

ابتدا کلاس اصلی LIF را پیاده سازی میکنیم. اگر مدل ما ALIF ویا AELIF بود میتوانیم ان را با متغیر های مربوطه اش یعنی is\_adaptive و یا is\_exponential مشخص کنیم. همچنین تمام ثابت هایی که برای بدست آوردن فرمول های محاسباتی نیاز است را معین میکنیم:

```
class LIF:

    def __init__(self, u_rest, resistance, tau, threshold,
                  is_adaptive, tau_w, a, b,
                  is_exponential, delta_tt, theta_rh):
        self.u_rest = u_rest
        self.resistance = resistance
        self.tau = tau
        self.threshold = threshold
        self.is_adaptive = is_adaptive
        self.tau_w = tau_w
        self.a = a
        self.b = b
        self.is_exponential = is_exponential
        self.delta_tt = delta_tt
        self.theta_rh = theta_rh
        self.u_t = []
        self.i_t = []
        self.w_t = []
        self.sigma_delta_func = 0
        self.u = u_rest
        self.w = 0
        self.spike_count = 0
```

سپس تابع action را پیاده سازی میکنیم. اگر مقدار is\_exponential درست بود با استفاده از فرمول های زیر مقدار exp\_value و در نهایت انرژی پتانسیل را بدست می آوریم:

$$\tau \cdot \frac{du}{dt} = - (u - u_{rest}) + R \cdot I(t) + \Delta_T \cdot \exp\left(\frac{u - \Theta_{rh}}{\Delta_T}\right)$$

$$\rightarrow u(t + \Delta) - u(t) = \frac{dt}{\tau} \cdot \left[ - (u - u_{rest}) + R \cdot I(t) + \Delta_T \cdot \exp\left(\frac{u - \Theta_{rh}}{\Delta_T}\right) \right]$$

$$\rightarrow u(t + \Delta) = \frac{dt}{\tau} \cdot \left[ - (u - u_{rest}) + R \cdot I(t) + \Delta_T \cdot \exp\left(\frac{u - \Theta_{rh}}{\Delta_T}\right) \right] + u(t)$$

## Exponential Integrate-and-Fire model

$$\tau \cdot \frac{du}{dt} = -(u - u_{rest}) + \Delta_T \exp\left(\frac{u - \theta_{rh}}{\Delta_T}\right) + R \cdot I(t); \quad \text{If firing: } (u = u_{reset})$$

```
if self.is_exponential:
    exp_val = self.delta_tt * math.exp((self.u - self.theta_rh) /
self.delta_tt)
du = dt * (-(self.u - self.u_rest) + exp_val - self.resistance * self.w +
self.resistance * i) / self.tau
self.u += du
```

از طرف دیگر اگر مقدار `is_adaptive` درست بود نیز به صورت زیر مقادیر را بدست می آوریم:

$$\tau_w \cdot \frac{dw}{dt} = a \cdot (u - u_{rest}) - w + b \cdot \tau_w \cdot \sum_{t^f} \delta(t - t^f)$$

$$\rightarrow w(t + \Delta) - w(t) = \frac{dt}{\tau_w} \cdot \left[ a \cdot (u - u_{rest}) - w + b \cdot \tau_w \cdot \sum_{t^f} \delta(t - t^f) \right]$$

$$\rightarrow w(t + \Delta) = \frac{dt}{\tau_w} \cdot \left[ a \cdot (u - u_{rest}) - w + b \cdot \tau_w \cdot \sum_{t^f} \delta(t - t^f) \right] + w(t)$$

```
if self.is_adaptive:
    dw = (dt / self.tau_w) * (self.a * (self.u - self.u_rest)
- self.w + self.b * self.tau_w *
self.sigma_delta_func)
    self.w += dw
self.sigma_delta_func = 0
```

اگر هر کدام از مقادیر انرژی از `threshold` ما بیشتر بود چون چنین چیزی امکان پذیر نیست ان را برابر `u_rest` قرار میدهیم:

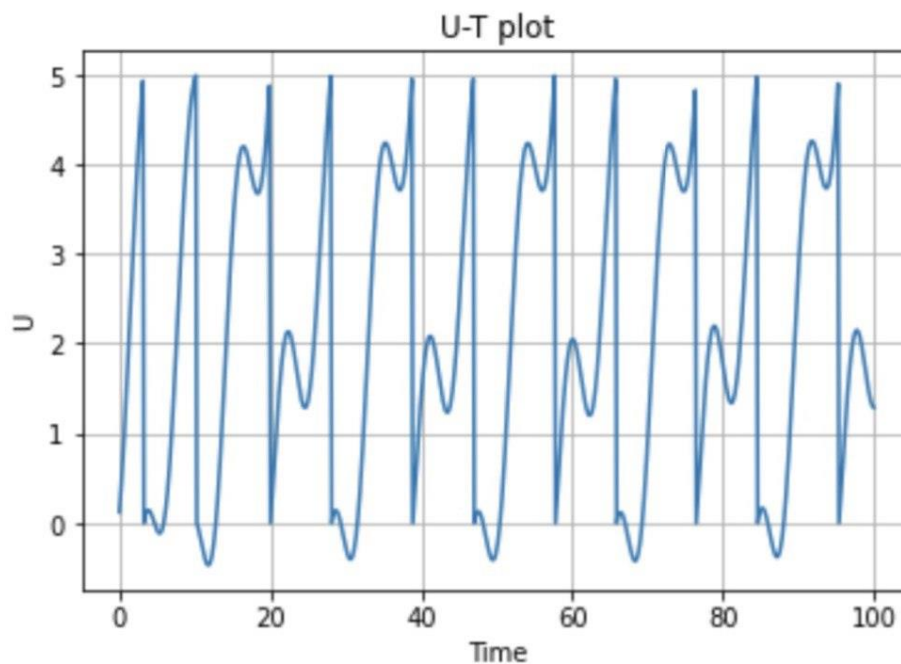
```
if self.u >= self.threshold:  
    self.u = self.u_rest  
    self.sigma_delta_func = 1  
    self.spike_count += 1
```

در نهایت هم برای رسم کردن نمودار های مربوطه مقادیر  $u$  و  $I$  و ... را به لیست های مشخص شده اضافه میکنیم.

مدل های نمونه:

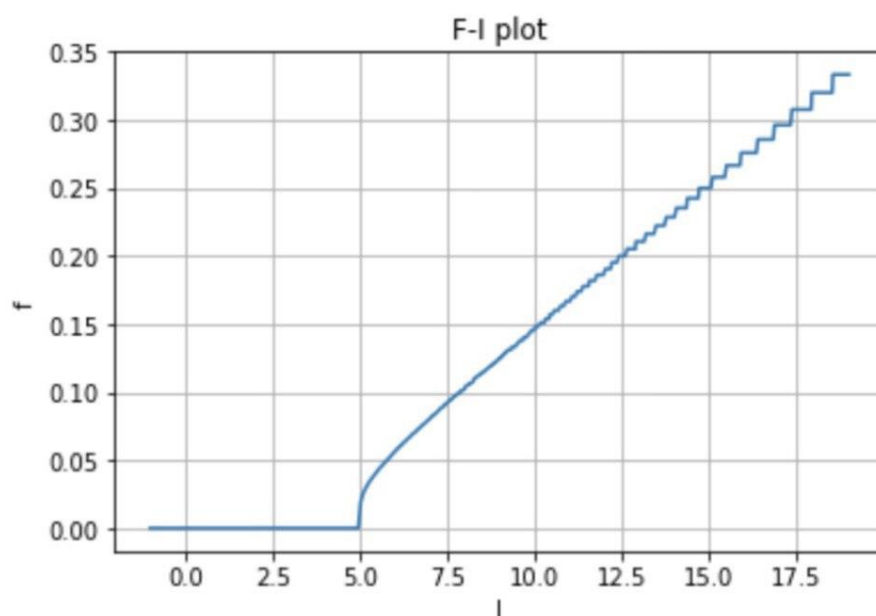
برای نمونه مدل های مختلف با مقادیر ورودی مختلف می‌دهیم و جریان هایی مثل جریان خطی، جریان ثابت، جریان سینوسی و بازه ای و ... روی آن اعمال می‌کنیم.

Adaptive Exponential Leaky Integrate and Fire  
resistance: 1 capacitance: 10  
 $I: I(t) = c \cdot (\sin(t) + 0.9)$   
threshold: 5  $\theta_{rh}$ : 2  $\Delta T$ : 2  $a$ : 2  $b$ : 2  $w$ : 5



همان طور که می‌بینیم هنگامی که جریان سینوسی مثبت است  $membrane$   $potential$  افزایش می‌یابد و هنگامی که منفی است باعث کاهش و نزدیک شدن به حالت استراحت می‌شود.

Leaky Integrate and Fire  
resistance: 1 capacitance: 10  
 $I: I(t) = c.(\sin(t) + 0.9)$   
threshold: 5



با در نظر گرفتن رابطه فرکانس و جریان هرچه قدرت جریان بیشتر شود نوری زودتر به حالت ترش شد می رسد.

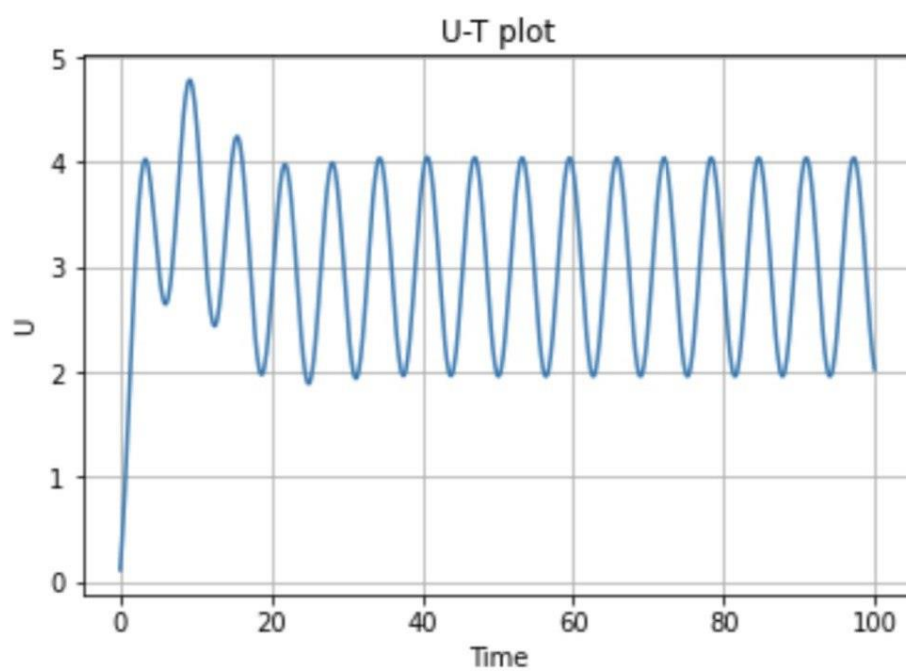
حال اگر مدل ALIF را در نظر بگیریم:

Adaptive Leaky Integrate and Fire

resistance: 1 capacitance: 10

$I: I(t) = c.(\sin(t) + 0.9)$

threshold: 5a: 2b: 2tw: 5



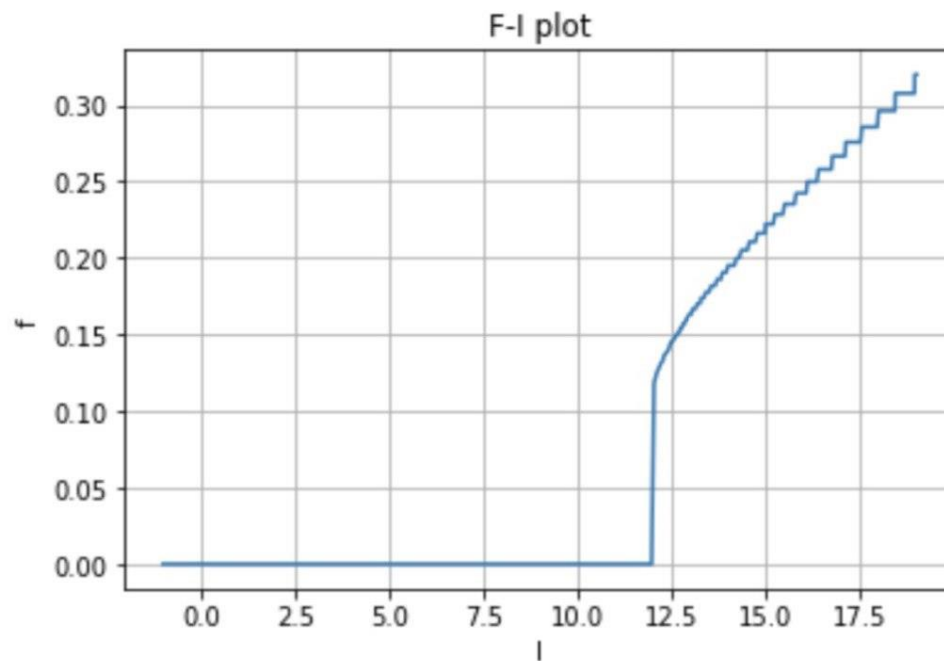
این مدل با جریان مورد نظر ما به حالت ترشلد هرگز نخواهد رسید.

### Adaptive Leaky Integrate and Fire

resistance: 1 capacitance: 10

$I: I(t) = c.(\sin(t) + 0.9)$

threshold: 5a: 2b: 2tw: 5



با مقایسه این مدل ALIF با مدل LIF خواهیم دید که با جریان ورودی یکسان این مدل تعداد اسپایک های کمتری خواهد داشت.



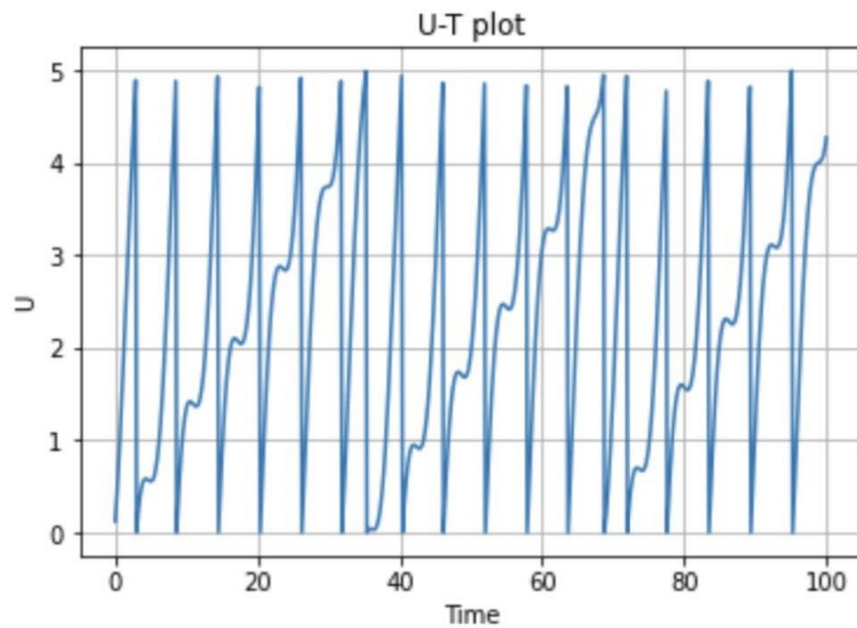
حال اگر مدل ELIF را ببینیم:

Exponential Leaky Integrate and Fire

resistance: 1 capacitance: 10

$I: I(t) = c \cdot (\sin(t) + 0.9)$

threshold: 5  $\theta_{rh}: 2 \Delta T: 2$



در این مدل membrane potential سریع تر افزایش خواهد یافت و در نتیجه فرکانس بالا خواهیم داشت.

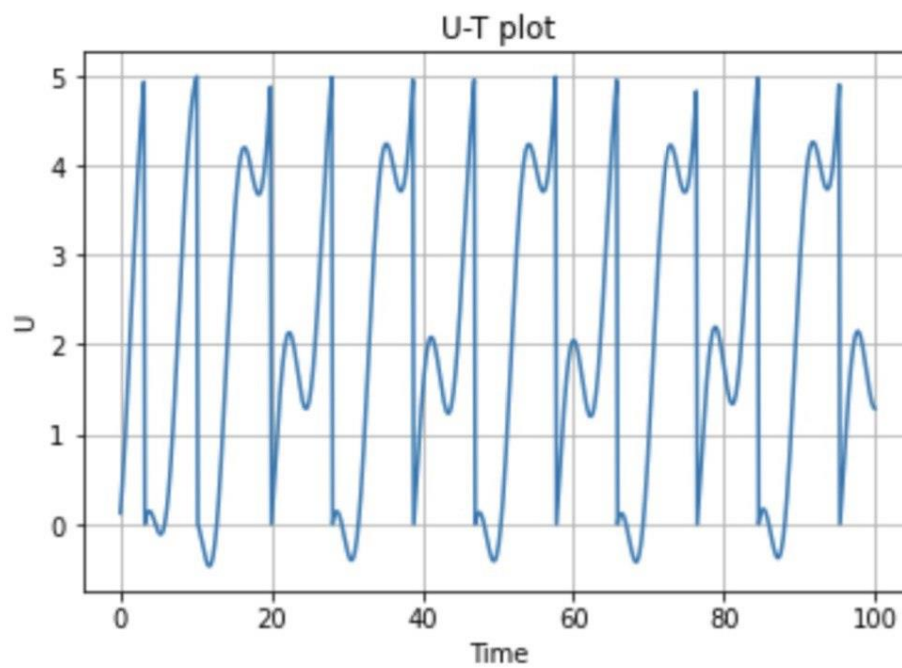
در نهایت مدل AELIF را خواهیم داشت:

Adaptive Exponential Leaky Integrate and Fire

resistance: 1 capacitance: 10

I:  $I(t) = c.(\sin(t) + 0.9)$

threshold: 5  $\theta_{rh}$ : 2  $\Delta_T$ : 2a: 2b: 2tw: 5



Adaptive Exponential Leaky Integrate and Fire  
resistance: 1 capacitance: 10  
 $I: I(t) = c.(\sin(t) + 0.9)$   
threshold: 5  $\theta_{rh}$ : 2  $\Delta T$ : 2a: 2b: 2tw: 5

