

# Technical report

---

## Technical report

Layer Design

Conv2d

Linear

LSTM

elu

Algothrim --A3C

intro & theory

Model Design

Inputs Normalization

Reward design

Loss Compute

Update Gradient

Others

Result

Reference

Team:

- 龚平, Ping Gong, PB17030808, 贡献55%
- 罗极羽, Jiyu Luo, PB17111656, 贡献45%

note:

- 本文档使用 Typora 撰写, 其他markdown解释器可能存在编译错误。
- 本项目以上传github, 并将于19号00: 00开放。

## Layer Design

---

在本实验中, 使用了四种网络结构:

**Conv2d、Linear、LSTM、elu**

### Conv2d

- forward 原理 & 实现

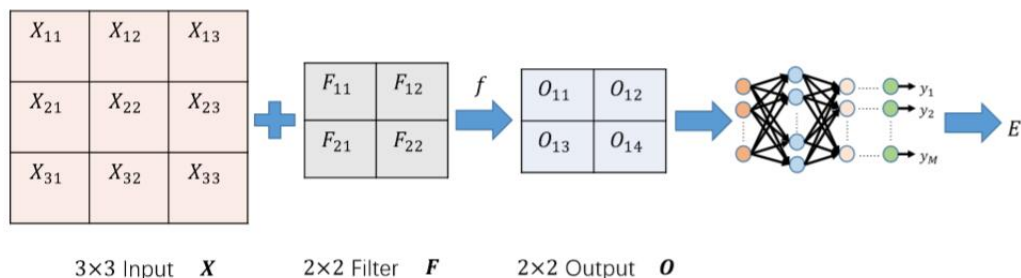
直接将输入图像与卷积核进行[二维卷积](#)

利用[conv2d](#)来实现卷积运算:

```
F.conv2d(input, self.weight, self.bias, self.stride,  
         self.padding, self.dilation, self.groups)
```

- backward 原理

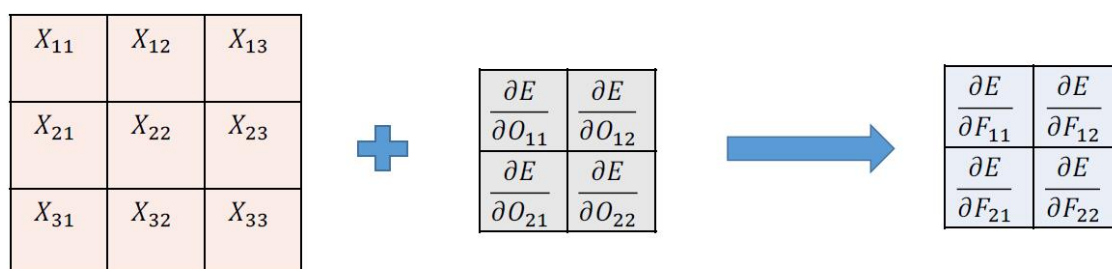
用一个[简单的例子](#)说明其原理 (暂不考虑stride, 下文补充):



首先求  $E$  对权重  $F$  的梯度:

$$\frac{\partial E}{\partial F_{11}} = \frac{\partial E}{\partial \mathbf{O}}^\top \frac{\partial \mathbf{O}}{\partial F_{11}} = \frac{\partial E}{\partial O_{11}} X_{11} + \frac{\partial E}{\partial O_{12}} X_{12} + \frac{\partial E}{\partial O_{21}} X_{21} + \frac{\partial E}{\partial O_{22}} X_{22}$$

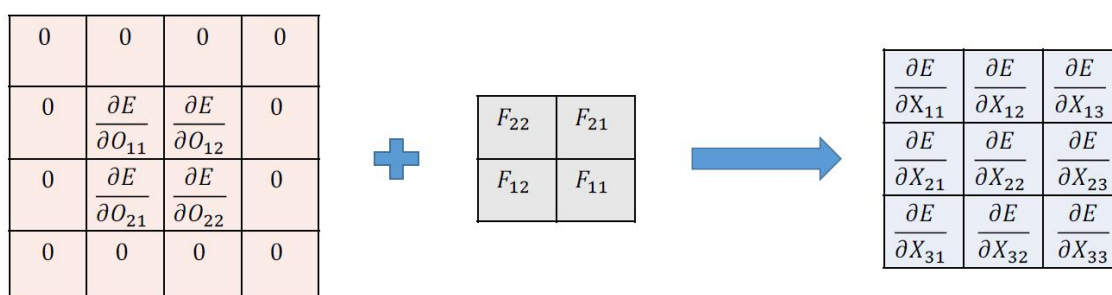
以此类推, 可以看出,  $E$  对权重  $F$  的梯度也可以通过卷积运算求出



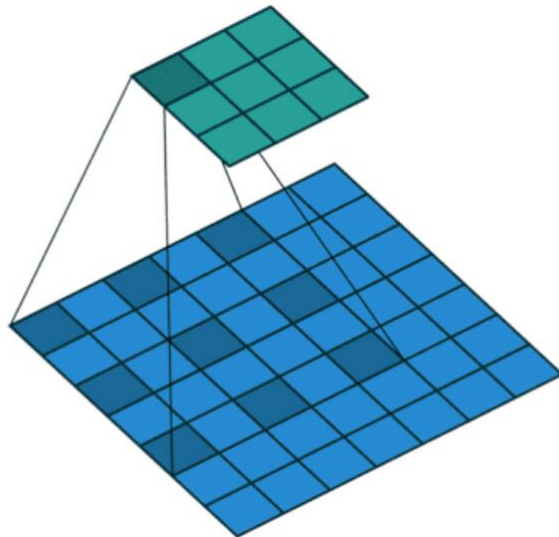
同理, 考虑  $E$  对输入  $X$  的梯度:

$$\frac{\partial E}{\partial X_{11}} = \frac{\partial E}{\partial \mathbf{O}}^\top \frac{\partial \mathbf{O}}{\partial X_{11}} = \frac{\partial E}{\partial O_{11}} F_{11} + \frac{\partial E}{\partial O_{12}} 0 + \frac{\partial E}{\partial O_{21}} 0 + \frac{\partial E}{\partial O_{22}} 0$$

以此类推, 我们发现可以将卷积核 (权重  $F$ ) 旋转  $180^\circ$ , 并与  $\frac{\partial E}{\partial \mathbf{O}}$  (补0) 进行卷积从而得到结果



而当  $stride > 1$  时, 需要将原本的卷积操作换为[空洞卷积](#), dilation 的值即为 stride (将卷积核设为  $1 \times 1$  即可证明)



- backward 实现

记 $O$ 为卷积结果,  $W$ 为权重 (卷积核),  $X$ 为输入,  $b$ 为偏置

**权重的梯度:** 通过[F.conv2d](#)来实现卷积运算 (设置空洞dilation)

**输入的梯度:** 通过反卷积函数[conv transpose2d](#)实现 (反卷积的理解参考[这里](#), 原理上文已描述过)

```
conv_for_back = F.conv_transpose2d(top_grad_t,
    self.weight, torch.zeros(self.in_channels), self.stride, self.padding,
    (self.input[i].shape[2]-top_grad.shape[2])%2, self.groups, self.dilation)
```

**偏置的梯度:** 直接求和即可。

$$\frac{\partial Loss}{\partial b} = \sum \frac{\partial Loss}{O_{ij}}$$

## Linear

- forward 原理 & 实现

$$\mathbf{y} = \mathbf{x}\mathbf{W}^{\top} + b$$

利用[F.linear](#)函数即可

- backward 原理 & 实现

**权重的梯度:**

$$\frac{\partial Loss}{\partial \mathbf{W}} = \frac{\partial Loss}{\partial \mathbf{y}}^{\top} \mathbf{x}$$

**偏置的梯度:**

$$\frac{\partial Loss}{\partial \mathbf{b}} = \frac{\partial Loss}{\partial \mathbf{y}}$$

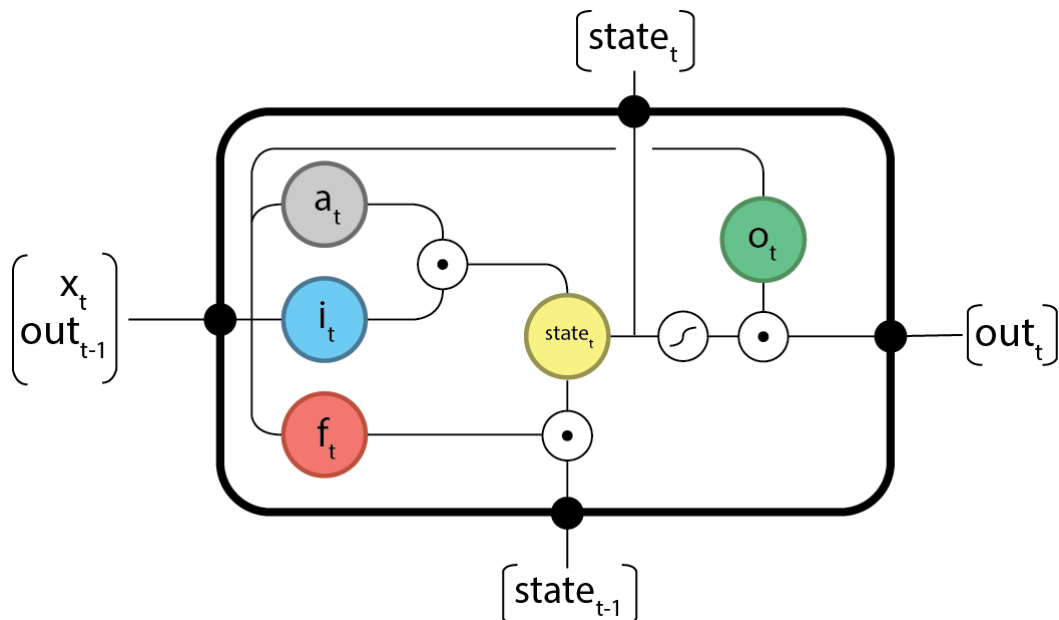
**输入的梯度:**

$$\frac{\partial Loss}{\partial \mathbf{x}} = \frac{\partial Loss}{\partial \mathbf{y}} \mathbf{W}$$

以上梯度只需通过[torch.matmul](#), [torch.add](#)函数即可求出。

## LSTM

在使用深度学习处理时序问题时，RNN是最常使用的模型之一。RNN能够有效的将之前的时间片信息用于计算当前时间片的输入。其中Long Short Term Memory (LSTM)是一种常见且有效的神经网络。由于 `Riverraid-v0` 虽然 `action` 是离散的，但是其状态在时间尺度上有非常强的相关性，所以考虑使用LSTM进行训练，能取得不错的成果。



假设对  $t$  轮，对LSTM输入为  $\mathbf{x}_t$ ， $\mathbf{h}_{t-1}$ 、 $\mathbf{c}_{t-1}$ ，下面我们考虑 *Forward* 和 *Backward*

- Forward

LSTM内部由四个门构成，涉及到五个运算，分别是向量元素乘、向量和、 $\tanh$ 、 $\sigma$  以及四个门电路

对  $\tanh(\mathbf{x}) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} = \frac{e^{2x} - 1}{e^{2x} + 1} = \frac{1 - e^{-2x}}{1 + e^{-2x}}$ ，对 $\tanh$ 计算同样存在上溢或者下溢的问题。因此对正数，我们倾向于使用  $\frac{1 - e^{-2x}}{1 + e^{-2x}}$  计算；对于负数，我们倾向于使用  $\frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$  以提高计算精度

```
#伪代码
if x > 0:
    tanh = (1 - exp(-2 * x)) / (1 + exp(-2 * x))
else:
    tanh = (exp(2 * x) - 1) / (exp(2 * x) + 1)

#实际代码
def tanh(value):
    value = value.double()
    e_p = torch.exp(value.mul(2))
    e_n = torch.exp(value.mul(-2))
    tanh_n = (e_p - 1) / (e_p + 1)
    tanh_p = (1 - e_n) / (1 + e_n)
    return torch.where(value > 0, tanh_p, tanh_n).float()
```

对  $\sigma(x) = \frac{e^x}{1 + e^x}$  同样也存在这个问题，因而我们要区分正负数，进行单独计算，以提高精度

```
def sigmoid(value):
    value = value.double()
    sigmoid_value_p = torch.exp(-value).add(1).pow(-1)
    exp_value = torch.exp(value)
    sigmoid_value_n = exp_value.div(exp_value.add(1))
    return torch.where(value > 0, sigmoid_value_p,
        sigmoid_value_n).float()
```

完成上游设计，即可完成LSTM *Forward*设计，四个门：

Input activation:

$$a_t = \tanh(W_a \cdot x_t + U_a \cdot out_{t-1} + b_a)$$

Input gate:

$$i_t = \sigma(W_i \cdot x_t + U_i \cdot out_{t-1} + b_i)$$

Forget gate:

$$f_t = \sigma(W_f \cdot x_t + U_f \cdot out_{t-1} + b_f)$$

Output gate:

$$o_t = \sigma(W_o \cdot x_t + U_o \cdot out_{t-1} + b_o)$$

因此对当前LSTM最终输出为：

Input activation:

$$a_t = \tanh(W_a \cdot x_t + U_a \cdot out_{t-1} + b_a)$$

Input gate:

$$i_t = \sigma(W_i \cdot x_t + U_i \cdot out_{t-1} + b_i)$$

Forget gate:

$$f_t = \sigma(W_f \cdot x_t + U_f \cdot out_{t-1} + b_f)$$

Output gate:

$$o_t = \sigma(W_o \cdot x_t + U_o \cdot out_{t-1} + b_o)$$

```
def forward(input, hidden):
    hx, cx = hidden
    gates = F.linear(input, w_ih, b_ih) + F.linear(hx, w_hh, b_hh)
    ingate, forgetgate, cellgate, outgate = gates.chunk(4, 1)
    ingate = F.sigmoid(ingate)
    forgetgate = F.sigmoid(forgetgate)
    cellgate = F.tanh(cellgate)
    outgate = F.sigmoid(outgate)
    cy = (forgetgate * cx) + (ingate * cellgate)
    hy = outgate * F.tanh(cy)
    return hy, cy
```

- Backward

对LSTM backward相对而言就要非常复杂了，首先我们先对 $\sigma$ 和 $\tanh$ 两个函数完成其对应的求导

$$\frac{\partial \sigma(x)}{\partial x} = \sigma(x)(1 - \sigma(x))$$

$$\frac{\partial \tanh(x)}{\partial x} = 1 - \tanh^2(x)$$

根据LSTM前向传播计算LSTM的方向传播:

$$\begin{aligned}\delta out_t &= \Delta_t + \Delta out_t \\ \delta state_t &= \delta out_t \odot o_t \odot (1 - \tanh^2(state_t)) + \delta state_{t+1} \odot f_{t+1} \\ \delta a_t &= \delta state_t \odot i_t \odot (1 - a_t^2) \\ \delta i_t &= \delta state_t \odot a_t \odot i_t \odot (1 - i_t) \\ \delta f_t &= \delta state_t \odot state_{t-1} \odot f_t \odot (1 - f_t) \\ \delta o_t &= \delta out_t \odot \tanh(state_t) \odot o_t \odot (1 - o_t) \\ \delta x_t &= W^T \cdot \delta gates_t \\ \Delta out_{t-1} &= U^T \cdot \delta gates_t\end{aligned}$$

最终我们更新的权重为:

$$\begin{aligned}\delta W &= \sum_{t=0}^T \delta gates_t \otimes x_t \\ \delta U &= \sum_{t=0}^{T-1} \delta gates_{t+1} \otimes out_t \\ \delta b &= \sum_{t=0}^T \delta gates_{t+1}\end{aligned}$$

实现部分非常长，这里仅放实现代码的链接 [LSTM backward](#)

## elu

激活函数elu非常简单

- Forward:

$$f(x) = \begin{cases} x, & \text{if } x > 0; \\ \alpha(\exp(x) - 1) & \text{if } x \leq 0 \end{cases}$$

- Backward:

$$\frac{\partial f(x)}{\partial x} = \begin{cases} 1, & \text{if } x > 0; \\ \alpha \exp(x) & \text{if } x \leq 0 \end{cases}$$

在本实验，使用  $\alpha = 1$ .

## Algothrim --A3C

### intro & theory

A3C,即 Asynchronous advantage actor-critic，异步优势动作评价算法。在具体了解A3C前，我们要先了解一下Actor-Critic 框架和A2C 算法。

- DQN vs A3C

较为复杂的游戏，DQN一次只能探索很少的空间，从而更新Q值的速度很慢，需要很长时间的训练才能达到不错的表现。

相比之下，A3C算法将policy-based和value-based相结合，一方面避免了蒙特卡洛算法（policy-based）方差较大的问题，另一方面在训练效果和速度上也优于DQN（value-based）。

- Actor-Critic

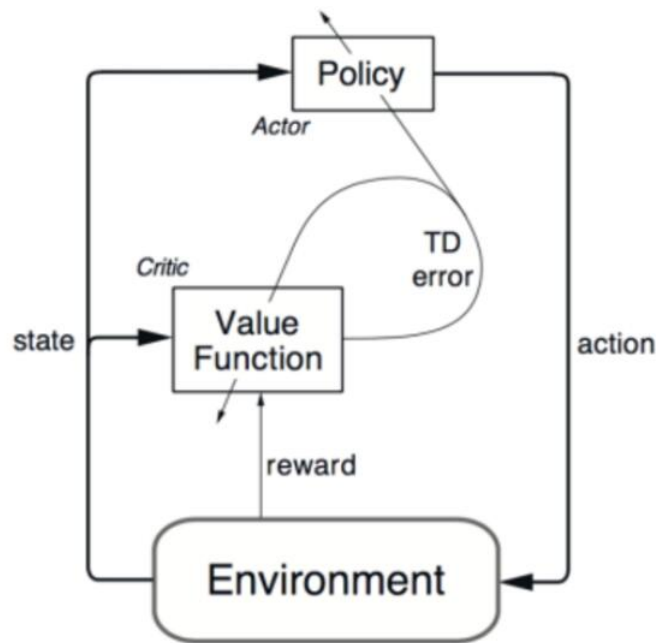
Actor-Critic 包括两部分：Actor 负责生成动作(Action)并和环境交互。而Critic负责评估Actor的表现，并指导Actor下一阶段的动作。

Actor (policy based)：即策略 $\pi(a|s)$ ，我们用神经网络进行近似（ $s$  = state,  $a$  = action）

$$\pi_{\theta}(s, a) \approx \pi(a|s)$$

Critic (value based)：即价值函数 $v_{\pi}(s)$ 和 $q_{\pi}(s, a)$ ，同样用神经网络近似

$$\begin{aligned} v(s, w) &\approx v_{\pi}(s) \\ q(s, a, w) &\approx q_{\pi}(s, a) \end{aligned}$$



接下来考虑如何对参数进行更新，来优化策略

假设需要优化的目标是当前策略下，初始状态reward的期望：

$$\rho(\pi) = E\left(\sum_{t=1}^{\infty} \gamma^{t-1} r_t \mid s_0, \pi\right)$$

我们有如下结论（证明见此[论文](#)），其中 $Q^{\pi}(s, a)$ 可以取不同的价值函数：

$$\frac{\partial \rho}{\partial \theta} = \sum_s d^{\pi}(s) \sum_a \frac{\partial \pi_{\theta}(s, a)}{\partial \theta} Q^{\pi}(s, a)$$

再由等式 $\frac{\partial \pi_{\theta}(s, a)}{\partial \theta} = \pi_{\theta}(s, a) \nabla_{\theta} \log \pi_{\theta}(s, a)$  可得

$$\frac{\partial \rho}{\partial \theta} = \mathbb{E}_{\pi_{\theta}} [\nabla_{\theta} \log \pi_{\theta}(s, a) Q^{\pi}(s, a)]$$

因此，策略的参数更新公式为

$$\theta = \theta + \alpha \nabla_{\theta} \log \pi_{\theta}(s, a) Q^{\pi}(s, a)$$

- A2C (Advantage Actor Critic)

在上述框架中，采用优势函数  $A_{\pi}(s, a) = Q_{\pi}(s, a) - V_{\pi}(s)$  作为 Critic 的价值函数，就得到A2C算法。从而策略的更新公式变为

$$\theta = \theta + \alpha \nabla_{\theta} \log \pi_{\theta}(s, a) A_{\pi}(s, a)$$

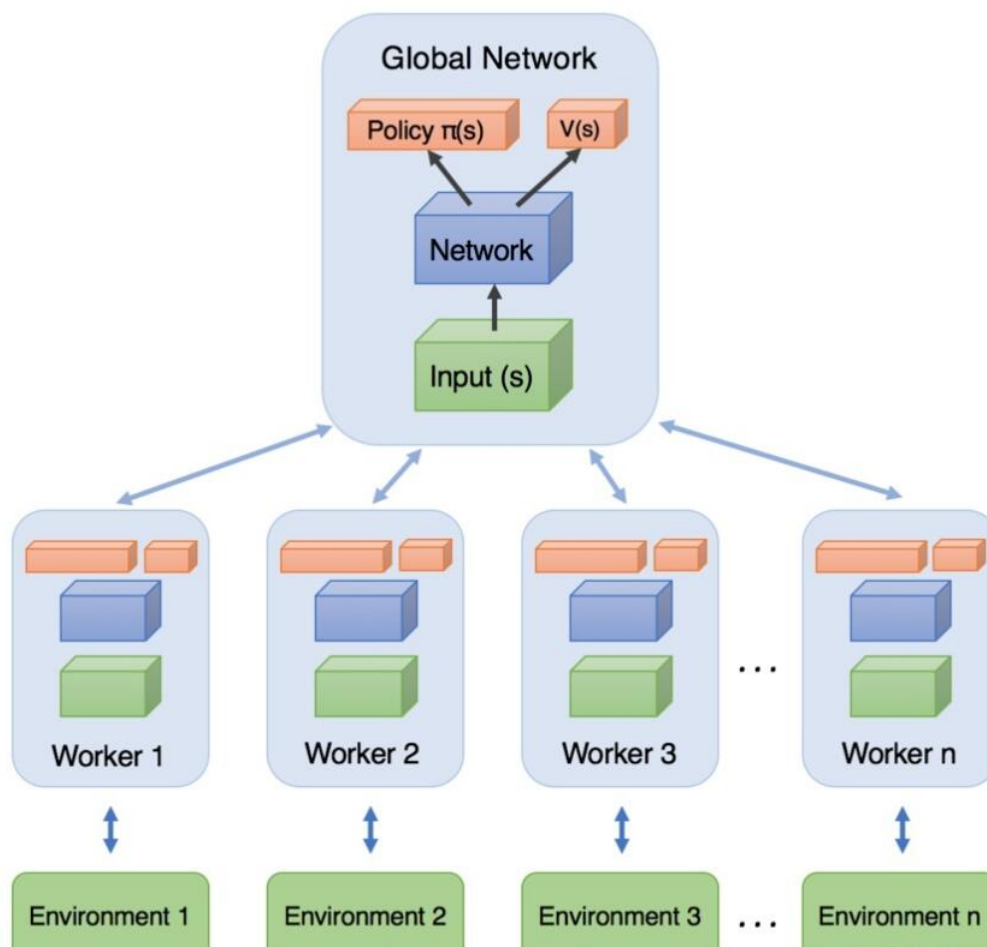
### A2C vs AC:

当优势函数大于0，说明此该动作优于平均动作，反之则不如平均动作。这样可以更好的处理动作价值函数全正或者全负的情况。

相较于累计回报，优势函数的方差会更小。

- A3C的改进和具体算法

在传统的A2C上，A3C采用了异步的方式，从而打破数据间的相关性，解决了AC算法难以收敛的问题：



下面是A3C的伪代码



---

**Algorithm S3** Asynchronous advantage actor-critic - pseudocode for each actor-learner thread.

---

// Assume global shared parameter vectors  $\theta$  and  $\theta_v$  and global shared counter  $T = 0$

// Assume thread-specific parameter vectors  $\theta'$  and  $\theta'_v$

Initialize thread step counter  $t \leftarrow 1$

**repeat**

Reset gradients:  $d\theta \leftarrow 0$  and  $d\theta_v \leftarrow 0$ .

Synchronize thread-specific parameters  $\theta' = \theta$  and  $\theta'_v = \theta_v$ .

$t_{start} = t$

Get state  $s_t$

**repeat**

Perform  $a_t$  according to policy  $\pi(a_t|s_t; \theta')$

Receive reward  $r_t$  and new state  $s_{t+1}$

$t \leftarrow t + 1$

$T \leftarrow T + 1$

**until** terminal  $s_t$  **or**  $t - t_{start} == t_{max}$

$R = \begin{cases} 0 & \text{for terminal } s_t \\ V(s_t, \theta'_v) & \text{for non-terminal } s_t // \text{ Bootstrap from last state} \end{cases}$

**for**  $i \in \{t-1, \dots, t_{start}\}$  **do**

$R \leftarrow r_i + \gamma R$

Accumulate gradients wrt  $\theta'$ :  $d\theta \leftarrow d\theta + \nabla_{\theta'} \log \pi(a_i|s_i; \theta')(R - V(s_i; \theta'_v))$

Accumulate gradients wrt  $\theta'_v$ :  $d\theta_v \leftarrow d\theta_v + \partial (R - V(s_i; \theta'_v))^2 / \partial \theta'_v$

**end for**

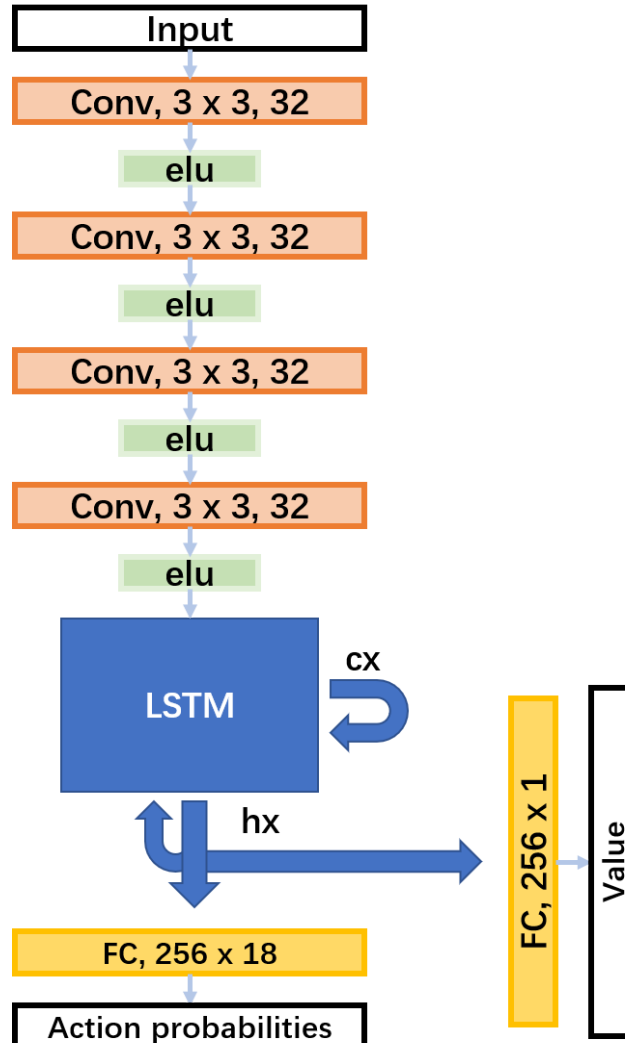
Perform asynchronous update of  $\theta$  using  $d\theta$  and of  $\theta_v$  using  $d\theta_v$ .

**until**  $T > T_{max}$

---

## Model Design

本小结将解释模型是如何设计的，整个模型如下图所示，共有七层。



由于输入的state，实际上是图像信息，因而我们使用四层卷积层，来提取图片的信息，并使用 `elu` 作为激活函数。

```
x = F.elu(self.conv1.forward(inputs))
x = F.elu(self.conv2.forward(x))
x = F.elu(self.conv3.forward(x))
x = F.elu(self.conv4.forward(x))
```

考虑到，输入的state变化在时间尺度上有非常高的关联性，我们采用 `LSTM` 来提取时间尺度上的变化特征，使得网络能更好的提取state的特征。

```
x = x.view(-1, 32 * 3 * 3)
hx, cx = self.lstm.forward(x, (hx, cx))
```

最后是采用两个全连接层，其中一个输出 `action advantage value`，另外一个输出 `state value`。

```
#state value
self.critic_linear.forward(x)
#advantage value
self.actor_linear.forward(x)
```

在前向传播过程中，我们要保存一些中间结果，这里就不展示这部分结构了。

整个模型forward过程为：

```
def forward(self, inputs):
    inputs, (hx, cx) = inputs
    x = F.elu(self.conv1.forward(inputs))
    x = F.elu(self.conv2.forward(x))
    x = F.elu(self.conv3.forward(x))
    x = F.elu(self.conv4.forward(x))
    # x.shape = 1, 32, 3, 3
    x = x.view(-1, 32 * 3 * 3)
    # x.shape = 1, 288
    hx, cx = self.lstm.forward(x, (hx, cx))
    x = hx
    return self.critic_linear.forward(x),
    self.actor_linear.forward(x), (hx, cx)
```

由于我们已经完成各层反向传播的计算，所以对模型的反向传播直接为各层的组装：

```
def backward(self, top_grad_value, top_grad_logit):
    grad_inputs = []

    grad_critic_linear = self.critic_linear.backward(top_grad_value)
    grad_actor_liner = self.actor_linear.backward(top_grad_logit)

    top_grad_h = []

    for i in range(len(grad_critic_linear)):
        top_grad_h.append(grad_critic_linear[i] +
grad_actor_liner[i])

    top_grad_c = [0] * len(grad_critic_linear)
```

```

        top_grad_conv4, _, _ = self.lstm.backward(top_grad_h,
top_grad_c)

        top_grad_conv4 = [element.view(-1, 32, 3, 3) for element in
top_grad_conv4]

        top_grad_conv4 = grad_elu(top_grad_conv4, self.y4)
        top_grad_conv3 = self.conv4.backward(top_grad_conv4)

        top_grad_conv3 = grad_elu(top_grad_conv3, self.y3)
        top_grad_conv2 = self.conv3.backward(top_grad_conv3)

        top_grad_conv2 = grad_elu(top_grad_conv2, self.y2)
        top_grad_conv1 = self.conv2.backward(top_grad_conv2)

        top_grad_conv1 = grad_elu(top_grad_conv1, self.y1)
        grad_inputs = self.conv1.backward(top_grad_conv1)

    return grad_inputs

```

## Inputs Normalization

由于输入的是图像信息，具有高度信息冗余，所以我们需要对图像进行一定操作，提高信息密度减少计算量，并规约化，核心操作为

### 1. crop & resize

首先先裁掉边框信息，然后分两次resize，以提高保留的信息密度

```

frame = frame[34:34 + 160, :160]
frame = cv2.resize(frame, (80, 80))
frame = cv2.resize(frame, (42, 42))

```

### 2. channel merge

同时由于图像是RGB图像，我们并不需要颜色信息，因而可以对channel进行合并，减小计算量

```

frame = frame.mean(2, keepdims=True)

```

### 3. normalize

我们需要将输入数据调整为正态分布，但是由于并不清楚，总体方差和平均值是多少，因而我们采用采样估计的策略。

```

frame *= (1.0 / 255.0)

class NormalizedEnv(gym.ObservationWrapper):
    def __init__(self, env=None):
        super(NormalizedEnv, self).__init__(env)
        self.state_mean = 0
        self.state_std = 0
        self.alpha = 0.9999
        self.num_steps = 0

    def observation(self, observation):
        self.num_steps += 1

```

```

#更新均值
self.state_mean = self.state_mean * self.alpha + \
    observation.mean() * (1 - self.alpha)
#更新标准差
self.state_std = self.state_std * self.alpha + \
    observation.std() * (1 - self.alpha)

unbiased_mean = self.state_mean / (1 - pow(self.alpha,
self.num_steps))
unbiased_std = self.state_std / (1 - pow(self.alpha,
self.num_steps))

return (observation - unbiased_mean) / (unbiased_std + 1e-8)

```

## Reward design

根据[Welcome to Deep Reinforcement Learning Part 1: DQN](#)采用Clipping rewards 设计可以提高模型性能，由于Riverraid-v0中reward全为非负，因而我们可以clip reward为0和1。

```
reward = max(min(reward, 1), -1)
```

## Loss Compute

$reward_i$  为单步的reward;  $v_i$ 为Critic得到的预估价值;  $logprob_i$ 为选择的action的概率的对数（经过softmax和log处理）

$$Loss = L_{value} + L_{policy}$$

首先获得一个episode(n步)中每个state的预期Reward:

$$R_k = \sum_{i=k}^n \gamma^{i-k} reward_i$$

然后得到 $L_{value}$ :

$$L_{value} = \alpha_{value} \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (R_i - v_i)^2$$

接着计算单步优势函数:

$$\Delta_i = reward_i + \gamma v_{i+1} - v_i$$

和每个state的优势函数:

$$gae_k = \sum_{i=1}^n (\lambda \gamma)^{k-i} \Delta_i$$

最后得到 $L_{policy}$ （对应上文提到的参数更新公式）:

$$L_{policy} = - \sum_{i=1}^n gae_i * logprob_i$$

考虑到平衡action，避免过于集中，我们引入第i步policy的熵 $Entropy_i$ ，最终得到

$$L_{policy} = - \sum_{i=1}^n gae_i * \logprob_i - \alpha_{entropy} \sum_{i=1}^n Entropy_i$$

$$Loss = L_{value} + L_{policy} = \alpha_{value} \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (R_i - v_i)^2 - \sum_{i=1}^n gae_i * \logprob_i - \alpha_{entropy} \sum_{i=1}^n Entropy_i$$

- Loss backward

以单步为例，最后求和即可

记 *value* 为 *Critic* 估计的 *value* 值，*logit* 为 *Actor* 估计得到的 *policy*

我们只需求得  $\frac{\partial L}{\partial value}$  和  $\frac{\partial L}{\partial logit}$

事实上，这只涉及最基础的求导，具体的公式的推导可以参考[这里P41](#)

首先我们有

$$p_i = \frac{e^{\logit_i}}{\sum_k e^{\logit_k}}$$

$$\logprob = \log(p_i)$$

所以

$$\frac{\partial \logprob}{\partial \logit_j} = \begin{cases} 1 - p_i & i = j \\ -p_j & i \neq j \end{cases}$$

Entropy同理

## Update Gradient

我们使用 Adam 优化器进行梯度更新：

算法伪代码：

---

**Algorithm 1:** *Adam*, our proposed algorithm for stochastic optimization. See section 2 for details, and for a slightly more efficient (but less clear) order of computation.  $g_t^2$  indicates the elementwise square  $g_t \odot g_t$ . Good default settings for the tested machine learning problems are  $\alpha = 0.001$ ,  $\beta_1 = 0.9$ ,  $\beta_2 = 0.999$  and  $\epsilon = 10^{-8}$ . All operations on vectors are element-wise. With  $\beta_1^t$  and  $\beta_2^t$  we denote  $\beta_1$  and  $\beta_2$  to the power  $t$ .

---

**Require:**  $\alpha$ : Stepsize

**Require:**  $\beta_1, \beta_2 \in [0, 1)$ : Exponential decay rates for the moment estimates

**Require:**  $f(\theta)$ : Stochastic objective function with parameters  $\theta$

**Require:**  $\theta_0$ : Initial parameter vector

$m_0 \leftarrow 0$  (Initialize 1<sup>st</sup> moment vector)

$v_0 \leftarrow 0$  (Initialize 2<sup>nd</sup> moment vector)

$t \leftarrow 0$  (Initialize timestep)

**while**  $\theta_t$  not converged **do**

$t \leftarrow t + 1$

$g_t \leftarrow \nabla_{\theta} f_t(\theta_{t-1})$  (Get gradients w.r.t. stochastic objective at timestep  $t$ )

$m_t \leftarrow \beta_1 \cdot m_{t-1} + (1 - \beta_1) \cdot g_t$  (Update biased first moment estimate)

$v_t \leftarrow \beta_2 \cdot v_{t-1} + (1 - \beta_2) \cdot g_t^2$  (Update biased second raw moment estimate)

$\hat{m}_t \leftarrow m_t / (1 - \beta_1^t)$  (Compute bias-corrected first moment estimate)

$\hat{v}_t \leftarrow v_t / (1 - \beta_2^t)$  (Compute bias-corrected second raw moment estimate)

$\theta_t \leftarrow \theta_{t-1} - \alpha \cdot \hat{m}_t / (\sqrt{\hat{v}_t} + \epsilon)$  (Update parameters)

**end while**

**return**  $\theta_t$  (Resulting parameters)

---

实现过程参考[torch.optim.adam](#)，实现部分为[my\\_optim.py](#)

## Others

整个目录结构如下：

```
├─ A3C                                #A3C实现代码
│   ├── envs.py                      #处理输入数据
│   ├── layers.py                    #每层网络设计
│   ├── my_main.py
│   ├── my_model.py                  #模型设计
│   ├── my_optim.py                  #optimizer实现
│   ├── my_test.py                   #测试进程
│   └─ my_train.py                   #训练进程
├─ PB17111656.py                     #对外测试接口
├─ figures
├─ log                                #训练日志存放
├─ model                              #model存放
├─ report.md
├─ requirement.txt
├─ rl_configs.py
└─ todo.txt
```

超参数设计（参考[pytorch-a3c](#)）：

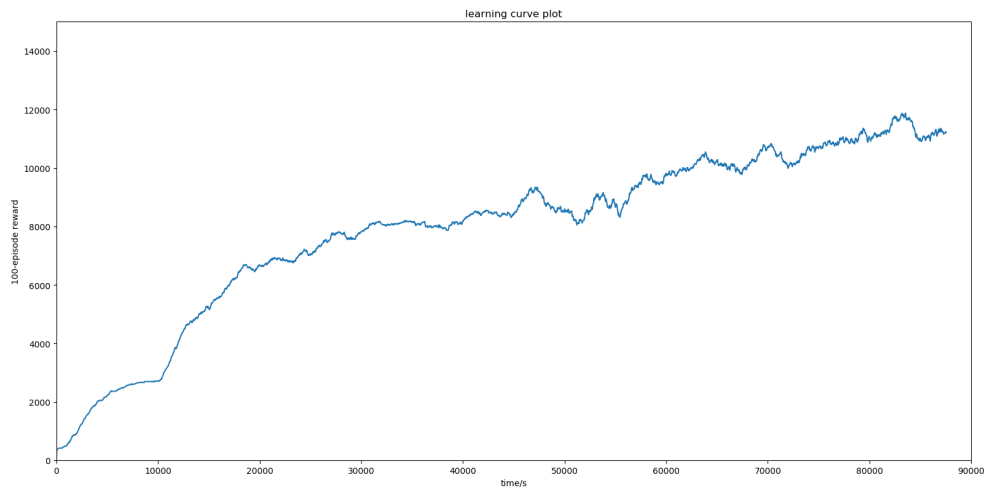
```
class config(object):
    def __init__(self):
        self.lr = 0.0001                #学习率
        self.gamma = 0.99               #A3C 计算loss所用参数
        self.gae_lambda = 1.00
        self.entropy_coef = 0.01
        self.value_loss_coef = 0.5
        self.max_grad_norm = 50         #用于clip gradient，以防梯度爆炸

        self.seed = 1
        self.num_processes = 23         #训练使用进程
        self.num_steps = 20             #每num_steps个acitons，训练进程对中心模型进行一次参数更新

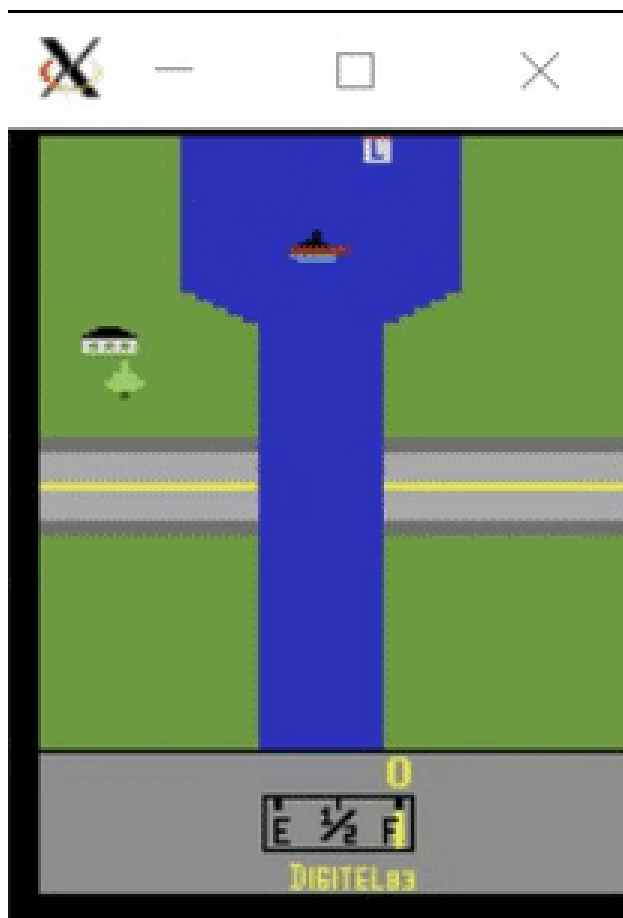
        self.max_step_length = 1000000 #最大训练步长
        self.env_name = 'Riverraid-v0' #训练任务
        self.model_path = './model/'   #模型存储位置
        self.test_interval = 20        #测试进程每隔20秒，测试一次当前中心模型性能
```

## Result

A3C具有优秀的训练速度和性能，训练二十四小时即可完成收敛，平均100-episode reward为10000+。



单局演示：



## Reference

<https://medium.com/@aidangomez/let-s-do-this-f9b699de31d9>

<https://baike.baidu.com/item/卷积神经网络>

<https://pytorch.org/docs/stable/nn.functional.html>

<http://staff.ustc.edu.cn/~jwangx/classes/210709/notes/Lec10.pdf>

<https://www.jianshu.com/p/f743bd9041b3>

<https://www.zhihu.com/question/48279880>

<https://homes.cs.washington.edu/~todorov/courses/amath579/reading/PolicyGradient.pdf>

<https://zhuanlan.zhihu.com/p/62100741>

<https://www.cnblogs.com/pinard/p/10272023.html>

<https://www.cnblogs.com/wangxiaocvpr/p/8110120.html>

<http://staff.ustc.edu.cn/~jwangx/classes/210709/notes/Lec09.pdf>

<https://hackernoon.com/intuitive-rl-intro-to-advantage-actor-critic-a2c-4ff545978752>

[pytorch-a3c](#)

[torch.optim.adam](#)

[Welcome to Deep Reinforcement Learning Part 1 : DQN](#)