RNN 循环神经网络 1（基础模型）

Author：Zhouqi Hua, Tongji University

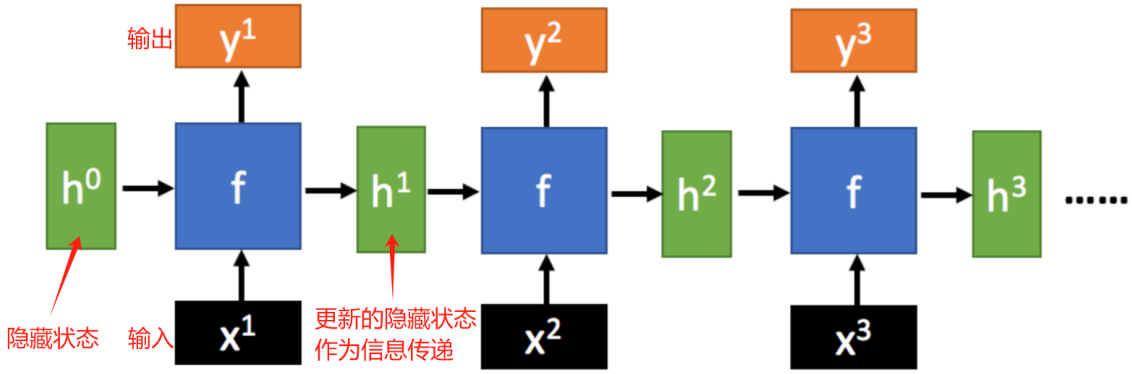
Email：henryhua0721@foxmail.com

Date：2024/5/4

Code：`RNN_basic.py`

🌟 一句话模型总结

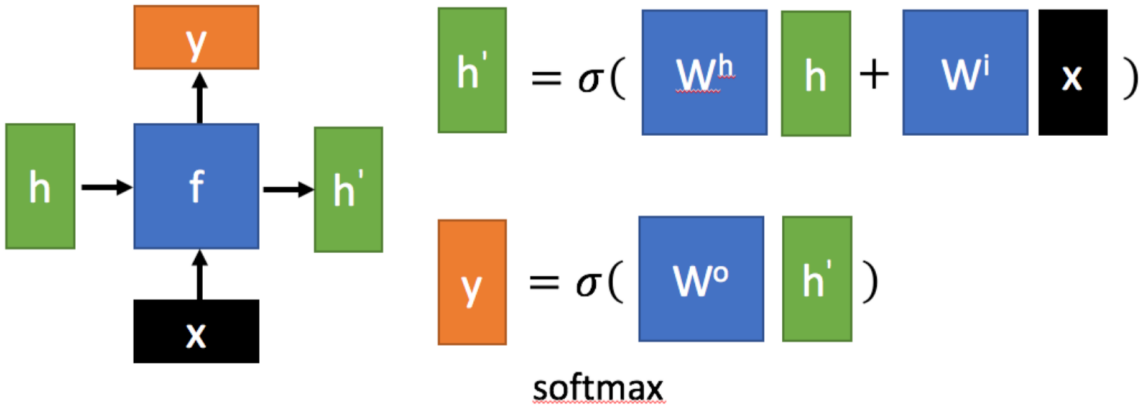
为了更好利用**序列信息**的前后文关系，引入时间序列上实时更新的**隐藏状态**，在下一个时间步作为输入的一部分被传递，从而实现信息的传递。



🌟 模型架构解释

使用传统的 CNN 难以处理长序列的问题，而 RNN 通过其**隐藏状态**的传递可以实现前后文的**信息传递**，从而可以处理**序列变化的数据**（如某个单词的含义会根据上文内容而变化）。

具体实现如下：（此处忽略网络偏置）



- x：当前时间步的**输入**
- h：上一个时间步传递给当前的**历史状态**
- h'：根据 x 和 h 获得的传递给下一个时间步的**当前状态**
- y：根据 x 和 h 获得的**输出**

通常情况下：

- $h^{'} = \sigma(W^h h + W^i x)$，即当前状态是由历史状态和输入共同决定的
- $y = \sigma(W^o h^{'})$，即输出一般是当前状态的一个**维度映射**后通过softmax得到需要的数据

代码解析

（调包）模型定义：

```
1  import torch
2  from torch import nn
3
4  class Rnn(nn.Module):
5      def __init__(self, INPUT_SIZE):
6          super(Rnn, self).__init__()
7
8          self.rnn = nn.RNN(
9              input_size=INPUT_SIZE,
10             hidden_size=32,
11             num_layers=1,
12             batch_first=True
13         )
14
15         self.out = nn.Linear(32, 1)
16
17     def forward(self, x, h_state):
18         r_out, h_state = self.rnn(x, h_state)    # 实现RNN的链式推理过程，将
19
20         outs = []
21         for time in range(r_out.size(1)):
22             outs.append(self.out(r_out[:, time, :]))
23         return torch.stack(outs, dim=1), h_state
24
```

代码 `Line 18` 展示了完整的 RNN 推理过程，从 torch 的源码可以看到 `torch.nn.RNN` 返回为完整的**输出序列**、以及**重新排序的隐藏状态**。

```
503
504         return output, self.permute_hidden(hidden, unsorted_indices)
505
```

> 其中使用 `permute_hidden` 方法：
>
> `self.permute_hidden(hidden, unsorted_indices)` 的作用是根据 `unsorted_indices` 参数指定的索引顺序，对隐藏状态 `hidden` 进行重新排序。如果没有提供索引，那么隐藏状态将保持不变。

🎓 附录

附上 pytorch 官方文档的代码解释，有兴趣建议阅读：

> # Recurrent layers
>
> ## class torch.nn.RNN(*args, * kwargs)[source]
>
> 将一个多层的 `Elman RNN`，激活函数为`tanh`或者`ReLU`，用于输入序列。
>
> 对输入序列中每个元素，`RNN`每层的计算公式为
>
> $$h_t = tanh(w_{ih} * x_t + b_{ih} + w_{hh} * h_{t-1} + b_{hh})$$
>
> h_t是时刻t的隐状态。 x_t是上一层时刻t的隐状态，或者是第一层在时刻t的输入。如果`nonlinearity='relu'`,那么将使用`relu`代替`tanh`作为激活函数。
>
> 参数说明:
>
> - input_size – 输入`x`的特征数量。
> - hidden_size – 隐层的特征数量。
> - num_layers – RNN的层数。
> - nonlinearity – 指定非线性函数使用`tanh`还是`relu`。默认是`tanh`。
> - bias – 如果是`False`，那么RNN层就不会使用偏置权重 b_ih和b_hh,默认是`True`
> - batch_first – 如果`True`的话，那么输入`Tensor`的shape应该是[batch_size, time_step, feature],输出也是这样。
> - dropout – 如果值非零，那么除了最后一层外，其它层的输出都会套上一个`dropout`层。
> - bidirectional – 如果`True`，将会变成一个双向`RNN`，默认为`False`。
>
> ```
> RNN`的输入： **(input, h_0)** - input (seq_len, batch, input_size): 保存输入序列特征的`tensor`。`input`可以是被填充的变长的序列。细节请看`torch.nn.utils.rnn.pack_padded_sequence()
> ```
>
> - h_0 (num_layers * num_directions, batch, hidden_size): 保存着初始隐状态的`tensor`
>
> `RNN`的输出： **(output, h_n)**
>
> - output (seq_len, batch, hidden_size * num_directions): 保存着`RNN`最后一层的输出特征。如果输入是被填充过的序列，那么输出也是被填充的序列。
> - h_n (num_layers * num_directions, batch, hidden_size): 保存着最后一个时刻隐状态。
>
> `RNN`模型参数:
>
> - weight_ih_l[k] – 第`k`层的 `input-hidden` 权重， 可学习，形状是`(input_size x hidden_size)`。
> - weight_hh_l[k] – 第`k`层的 `hidden-hidden` 权重， 可学习，形状是`(hidden_size x hidden_size)`
> - bias_ih_l[k] – 第`k`层的 `input-hidden` 偏置， 可学习，形状是`(hidden_size)`
> - bias_hh_l[k] – 第`k`层的 `hidden-hidden` 偏置， 可学习，形状是`(hidden_size)`
>
> 示例：

```
rnn = nn.RNN(10, 20, 2)
input = Variable(torch.randn(5, 3, 10))
h0 = Variable(torch.randn(2, 3, 20))
output, hn = rnn(input, h0)
```

参考：

- 一文搞懂RNN（循环神经网络）基础篇 - 知乎 (zhihu.com)
- 循环神经网络 - 维基百科，自由的百科全书 (wikipedia.org)
- RNN详解(Recurrent Neural Network)-CSDN博客
- 【神经网络】学习笔记十一——RNN和LSTM参数详解及训练1.0_lstm训练过程-CSDN博客
- 初学者入门，使用pytorch构建RNN网络 - 知乎 (zhihu.com)
- PyTorch基础入门七：PyTorch搭建循环神经网络(RNN)_rnn代码pytorch-CSDN博客
- pytorch-handbook/chapter3/3.3-rnn.ipynb at master · zergtant/pytorch-handbook (github.com)
- torch.nn - PyTorch中文文档 (pytorch-cn.readthedocs.io)