

# 【干货】循环神经网络（RNN）为什么能够记忆历史信息

原创 忆臻 机器学习算法与自然语言处理 2017-12-03

本篇笔记接上篇笔记【直观理解】一文搞懂RNN（循环神经网络）基础篇（[请戳我](#)）记录一下RNN为什么可以记录以前历史信息，如何从公式中体现出？

那么首先介绍一下为什么普通的神经网络不能记忆以前的历史信息，然后引出RNN的相应能力，因为如果普通的神经网络能够记录以前的历史信息的话，那么也就不会有RNN思想的诞生了。

## 1 普通神经网络(MLP)

首先我们有一个任务，就是进行词性标注，下面有两个训练数据。

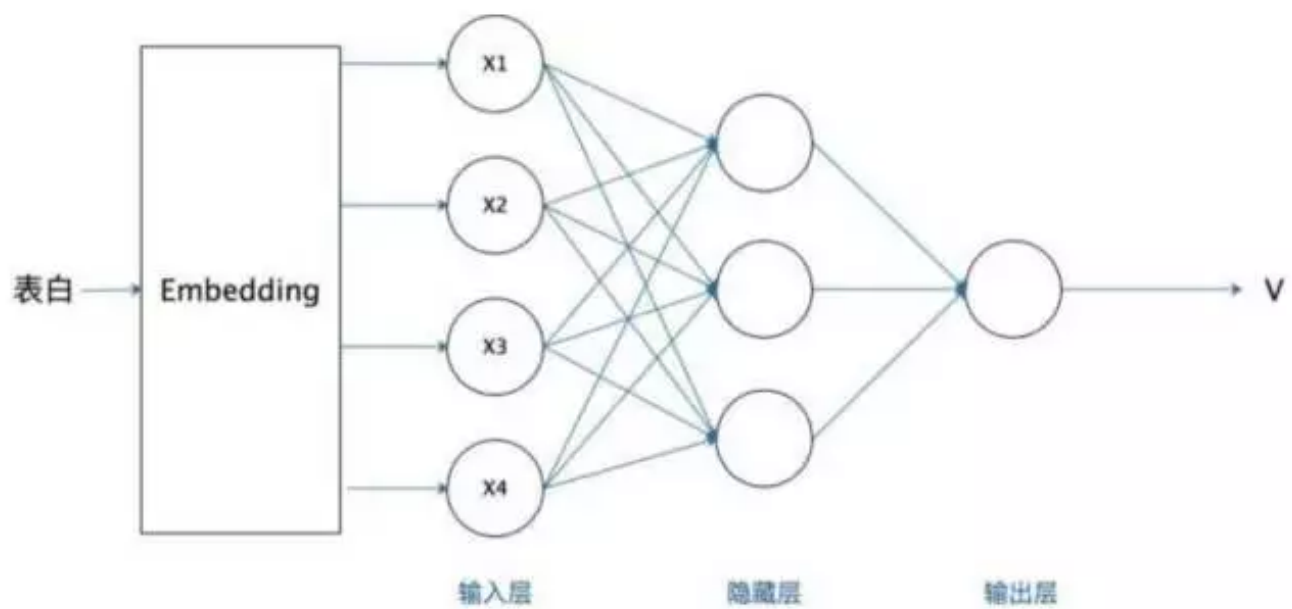
他向我表白  
我觉得他的表白不够真诚

正确的词性是：

他	向	我	表白				
r	p	r	v				
我	觉得	他	的	表白	不	够	真诚
r	v	r	u	n	d	v	a

那么将这些训练数据送给神经网络进行训练，比如第一个数据 “他/r”，神经网络学习 “他->r” 的一个映射，第二个数据 “向/p”，神经网络学习一个 “向->p” 的映射，这样一直将训练数据学习完，更新到最后的参数，从而学习到model，但是问题来了。

学习示例图如下：



在上面的训练数据中，有些词语的词性并不是唯一的，比如“表白”一词，在“他向我表白”这句话中作为动词v，在“我觉得他的表白不够真诚”这句话中作为名词n，所以对于神经网络来说，它是会学乱的。

一下子神经网络要学习“表白”是动词，一下子又要学习“表白”是名词，神经网络也很无辜呀，它没有能力来处理什么情况下应该将“表白”判别为名词，什么情况下降“表白”判断为动词，因为神经网络学习不到周围的语境。喂给神经网络的数据和之前的数据并没有联系。

所以我们这个时候就需要一个能够记忆以前历史信息的网络出现，比如在第一句话中，碰到表达一词的时候，我知道他前面的词是“我”/代词，那么代词后面的表白作为动词的概率就远大于名词的表白，当然RNN还能够看到他前面好几个词语，理论上rnn可以记忆当前词语前面的任何词。

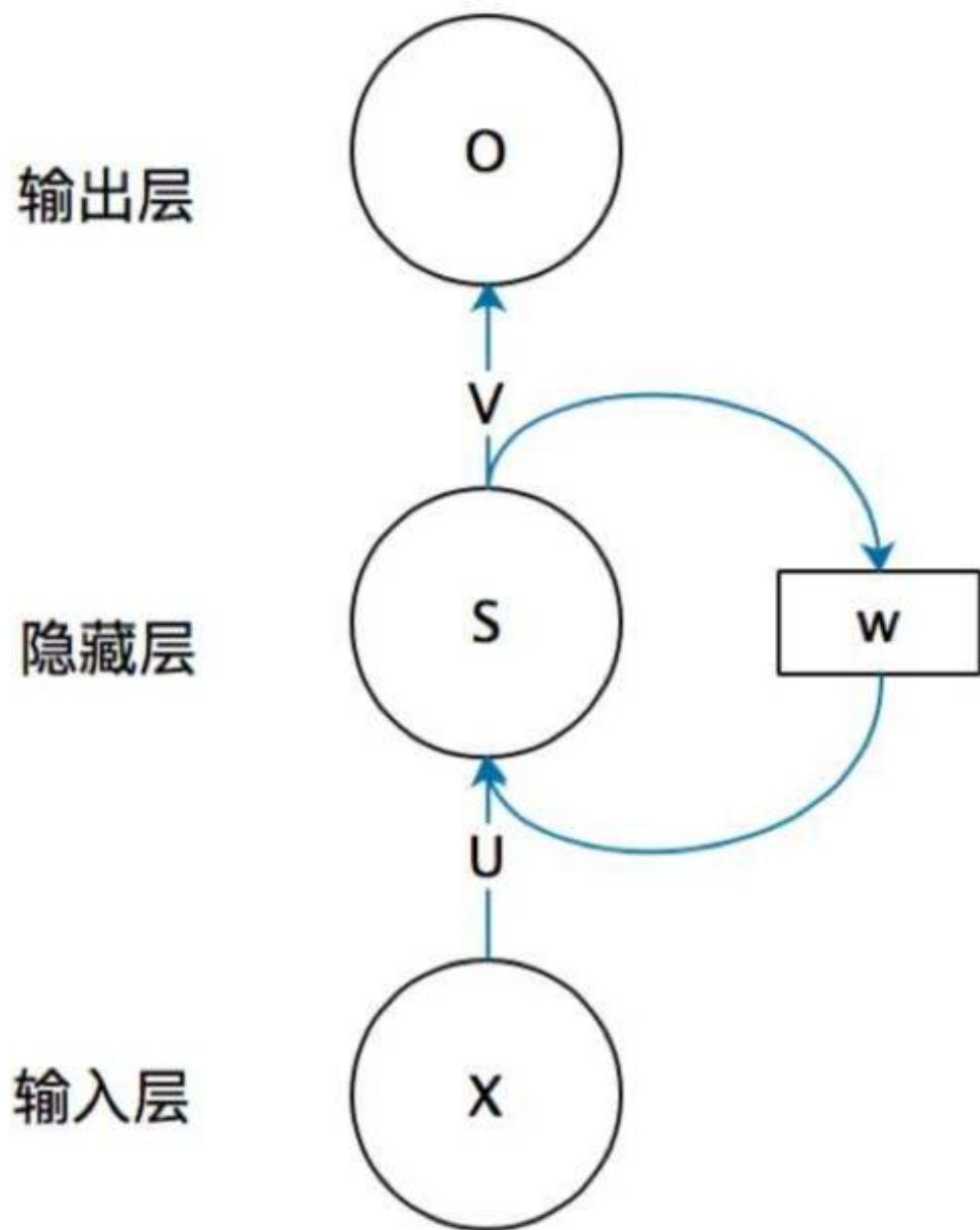
同理在第二句话的时候，碰到“表白”一词的时候，我们的网络能够知道他前面的词是“的”/助词，那么助词后面的“表白”作为名词的概率就远大于动词的“表白”。

所以我们希望能够有一个网络在预测当前任务的时候，能够记忆以前的知识帮助当前的任务完成，这样RNN就闪亮登场了，可能有些小伙伴会说，它存在很多问题，比如不能长期记忆，但是这篇文章不介绍，但是无论如何，RNN提供了这种问题解决的可能。

## 2 / 循环神经网络记录历史信息RNN

首先来介绍一下RNN

首先看一个简单的循环神经网络如，它由输入层、一个隐藏层和一个输出层组成：



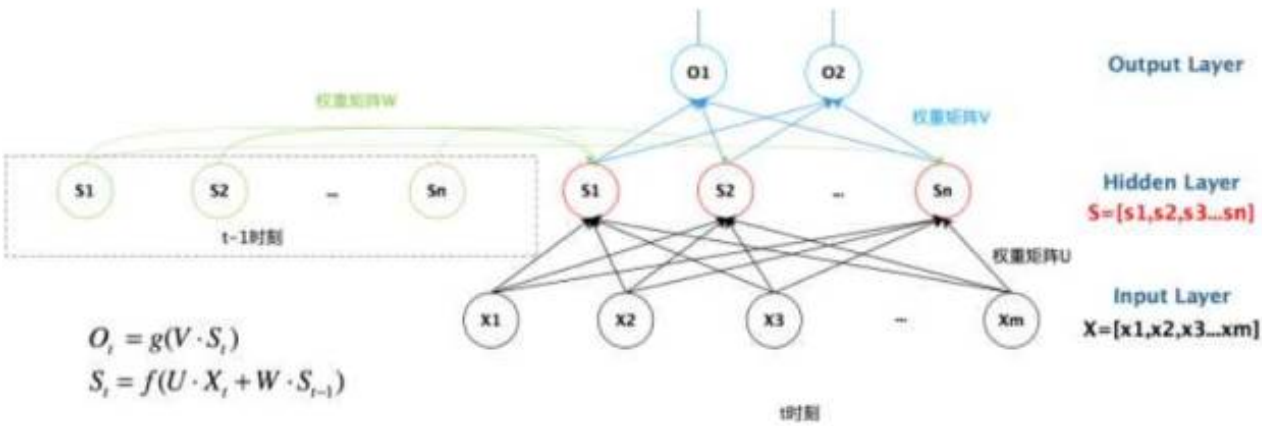
不知道初学的同学能够理解这个图吗，反正我刚开始学习的时候是懵逼的，每个结点到底代表的是一个值的输入，还是说一层的向量结点集合，如何隐藏层又可以连接到自己，等等这些疑惑~这个图是一个比较抽象的图。

我们现在这样来理解，如果把上面有 $w$ 的那个带箭头的圈去掉，它就变成了最普通的全连接神经网络。 $x$ 是一个向量，它表示输入层的值（这里面没有画出来表示神经元节点的圆圈）； $s$ 是一个向量，它表示隐藏层的值（这里隐藏层面画了一个节点，你也可以想象这一层其实是多个节点，节点数与向量 $s$ 的维度相同）；

$U$ 是输入层到隐藏层的权重矩阵， $o$ 也是一个向量，它表示输出层的值； $V$ 是隐藏层到输出层的权重矩阵。

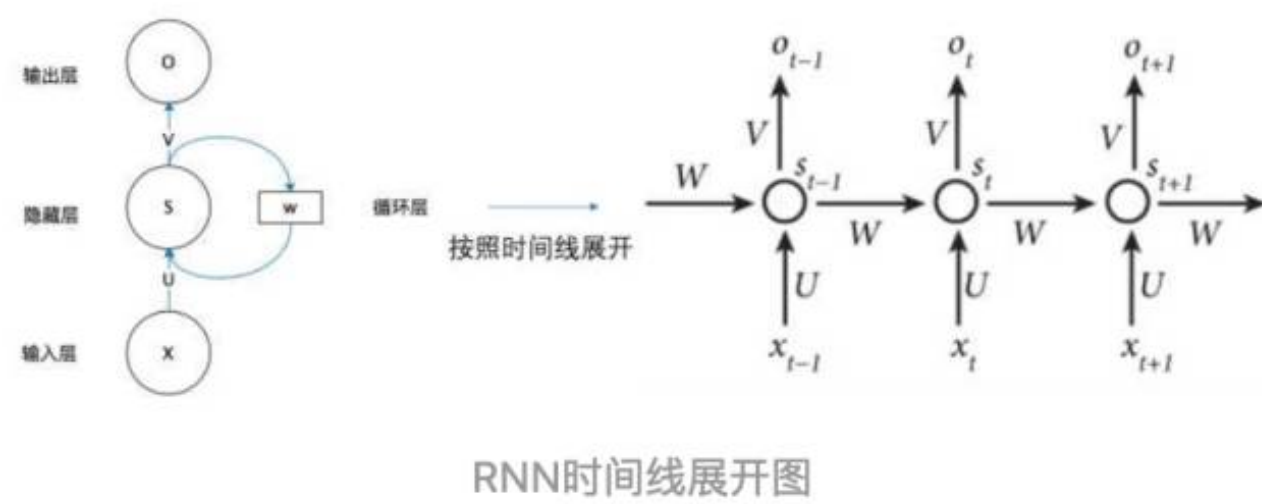
那么，现在来看看W是什么。循环神经网络的隐藏层的值s不仅仅取决于当前这次的输入x，还取决于上一次隐藏层的值s。权重矩阵 W就是隐藏层上一次的值作为这一次的输入的权重。

我们给出这个抽象图对应的具体图：



我们从上图就能够很清楚的看到，上一时刻的隐藏层是如何影响当前时刻的隐藏层的。

如果我们把上面的图展开，循环神经网络也可以画成下面这个样子：



现在看上去就比较清楚了，这个网络在t时刻接收到输入 之后，隐藏层的值是 ，输出值是 。关键一点是， 的值不仅仅取决于 ，还取决于 。我们可以用下面的公式来表示循环神经网络的计算方法：  
用公式表示如下：

$$O_t = g(V \cdot S_t)$$

$$S_t = f(U \cdot X_t + W \cdot S_{t-1})$$

$S_t$  的值不仅仅取决于  $X_t$ ，还取决于  $S_{t-1}$

RNN公式

那么我们将第二个公式一直代入到第一个公式后，就会有下面推导：

$$\begin{aligned}
 o_t &= g(Vs_t) \\
 &= Vf(Ux_t + Ws_{t-1}) \\
 &= Vf(Ux_t + Wf(Ux_{t-1} + Ws_{t-2})) \\
 &= Vf(Ux_t + Wf(Ux_{t-1} + Wf(Ux_{t-2} + Ws_{t-3}))) \\
 &= Vf(Ux_t + Wf(Ux_{t-1} + Wf(Ux_{t-2} + Wf(Ux_{t-3} + \dots))))
 \end{aligned}$$

因此可以看出当前时刻包含了历史信息

从上图可以看出，当前时刻确实包含了历史信息，这也就说明了循环神经网络（RNN）为什么能够记忆历史信息，**在很多任务上也确实需要用到这样的特性。**

致谢：感谢夏冲制作的图片~

### 推荐阅读：

[精选干货|近半年干货目录汇总](#)

[【最优化】线性规划基础](#)

[【直观详解】什么是PCA、SVD](#)

欢迎关注公众号学习交流~