1. 对于一个在输入层和输出层之间使用直接连接的前馈神经网络，给出 **$o_{k,p}$** 的表达式。

$$
\begin{aligned}
o_{k,p} &= f_{o_k}\left(net_{o_{k,p}}\right) \\
&= f_{o_k}\left(\sum_{j=1}^{J+1} w_{kj}\, f_{yj}\left(net_{y_{j,p}}\right)\right) \\
&= f_{o_k}\left(\sum_{j=1}^{J+1} w_{kj}\, f_{y_j}\left(\sum_{i=1}^{I+1+J} v_{ji} z_{i,p}\right)\right)
\end{aligned}
$$

其中，f_{yj}为线性函数，不妨设为：$fyj = \omega x + b$。

2. 假定使用梯度下降作为优化算法，推导 **Elman** 简单反馈神经网络的学习等式。

设第 k 步系统的实际输出为 $y_d(k)$，则 Elman 网络的目标函数即误差函数可表示为：

$$E(k)=\frac{1}{2}(y_d(k)-y(k))^T(y_d(k)-y(k))$$

根据梯度下降法，使 E(k)对其权值偏导为 0，得到：

$$\Delta w_{ij}^{I_3}=\eta_3\delta_i^0 x_j(k)(i=1,2,\ldots,m;j=1,2,\ldots,n)$$

$$\Delta w_{jq}^{I_2}=\eta_2\delta_j^h u(k-1)(j=1,2,\ldots,n;q=1,2,\ldots,r)$$

$$\Delta w_{jl}^{I_1}=\eta_1\sum_{i=1}^{m}(\delta_j^o w_{ij}^{I_3})\frac{\partial x_j(k)}{\partial w_{jl}^{I_1}}(j=1,2,\ldots,n;l=1,2,\ldots,n)$$

$$\delta_i^0=(y_{d,i}(k)-y_i(k)g'_i(.))$$

$$\delta_j^h=\sum_{i=1}^{m}(\delta_i^0 w_{ij})f'_j(.)$$

$$\frac{\partial x_j(k)}{\partial w_{jl}^{I_1}}=f_j' x_l(k-1)+\alpha\frac{\partial x_j(k-1)}{\partial w_{jl}^{I_1}}(j=1,2,\ldots,n;l=1,2,\ldots,n)$$

其中，η_1，η_2，η_3分别是w_{I_1}，w_{I_2}，w_{I_3}的学习步长。