

## 04.3. 분류 문제 기울기

- 은닉층 활성화 함수 : 시그모이드
- 출력층 활성화 함수 : 소프트맥스 함수
- 손실 함수 : 교차 엔트로피 오차

- 출력층 가중치 기울기

$$\delta_k = \frac{\partial E}{\partial y_k} \frac{\partial y_k}{\partial u_k}$$

교차 엔트로피 오차는 다음과 같이 표현

$$E = - \sum_{k=1}^n t_k \log(y_k)$$

소프트맥스 함수는 다음과 같음

$$y_k = \frac{\exp(u_k)}{\sum_{k=1}^n \exp(u_k)}$$

교차 엔트로피 함수의  $y_k$  부분에 소프트맥스 함수를 대입하면 아래와 같음

$$E = - \sum_{k=1}^n t_k \log\left(\frac{\exp(u_k)}{\sum_{k=1}^n \exp(u_k)}\right)$$

$\log \frac{p}{q} = \log p - \log q$  이므로 위의 식은 다음과 같이 전개 가능

$$\begin{aligned} E &= - \sum_{k=1}^n (t_k \log(\exp(u_k)) - t_k \sum_{k=1}^n \exp(u_k)) \\ &= - \sum_{k=1}^n (t_k \log(\exp(u_k))) - \sum_{k=1}^n (t_k \log \sum_{k=1}^n \exp(u_k)) \\ &= - \sum_{k=1}^n (t_k \log(\exp(u_k))) - (\sum_{k=1}^n t_k) (\log \sum_{k=1}^n \exp(u_k)) \end{aligned}$$

$\log(\exp(x)) = x$  이고, 분류 문제에서 단 하나의 정답만이 1이고 나머지는 모두 0이므로,

$$\sum_{k=1}^n t_k = 1 \text{ 임}$$

따라서 위 식은 다음과 같이 정리됨

$$E = - \sum_{k=1}^n t_k u_k + \log \sum_{k=1}^n \exp(u_k)$$

이 식을  $\delta_k$  식에 대입하면

$$\begin{aligned}\delta_k &= \frac{\partial E}{\partial u_k} \\ &= \frac{\partial}{\partial u_k} (- \sum_{k=1}^n t_k u_k + \log \sum_{k=1}^n \exp(u_k)) \\ &= -t_k + \frac{\exp(u_k)}{\sum_{k=1}^n \exp(u_k)} \\ &= -t_k + y_k \\ &= y_k - t_k\end{aligned}$$

회귀 문제의 경우와 동일한 결과 산출, 이를 이용하여 나머지 기울기도 계산 가능

#### <출력층 기울기>

$$\delta_k = y_k - t_k$$

$$\partial w_{jk} = y_j \delta_k$$

$$\partial b_k = \delta_k$$

$$\partial y_j = \sum_{r=1}^n \delta_r w_{jr}$$

#### • 은닉층 기울기

$$\delta_j = \partial y_j \frac{\partial y_j}{\partial u_j}$$

은닉층의 활성화 함수는 시그모이드이므로 회귀 문제와 같은 방법으로 다음을 유도

#### <은닉층 기울기>

$$\delta_j = \partial y_j (1 - y_j) y_j$$

$$\partial w_{ij} = y_i \delta_j$$

$$\partial b_j = \delta_j$$

$$\partial y_i = \sum_{q=1}^m \delta_q w_{iq}$$

결국 회귀 문제와 분류 문제는 코드 재사용 가능

