

4장. 다층 퍼셉트론 기본 구조 : 세 가지 신경망의 재구성

1. 개요

다층 퍼셉트론 기본 구조를 이용한 세 가지 신경망 재구성 실험에서는 전복 고리수 추정 신경망, 천체의 펄서 예측 신경망, 철판 분류 신경망 실험을 다층 퍼셉트론으로 구현하고 단층 퍼셉트론 구현의 결과와 비교하는 작업을 진행하였다. 은닉 계층은 단층 퍼셉트론에 없다가 다층 퍼셉트론에서 새로 추가된 계층으로 출력 계층 앞단에 배치되어 입력 벡터를 전처리한다. 이 실험에서는 은닉 계층의 개수, 하이퍼파라미터 등을 변화시키며 그에 따른 성능을 비교해보고자 한다. 추가로 relu 함수를 tanh 함수로 변경해 결과를 살펴보았다.

1-1. 사용한 함수 설명

단층 퍼셉트론에 맞는 방법으로 정의된, 신경망 내부 처리에 직접적으로 관련된 함수인 파라미터 초기화 함수, 순전파 함수, 역전파 함수를 다층 퍼셉트론에 맞게 수정한 후 실험을 진행하였다.

- 은닉 계층 하나를 위한 파라미터 생성 함수 정의 (`init_model_hidden1 ()`)

: 단층 퍼셉트론에서 사용한 파라미터 생성 함수와 기능은 비슷하지만, 두 쌍의 파라미터를 저장하고 `hidden_cnt`라는 파라미터를 전달 받는다는 점에서 차이가 있다.

- 은닉 계층 하나를 위한 순전파 함수 정의 (`forward_neuralnet_hidden1 (x)`)

: `output`과 더불어, 출력 계층의 역전파 처리 때 가중치에 대한 편미분 정보로 `hidden`을 출력한다.

- 은닉 계층 하나를 위한 역전파 함수 정의 (`backprop_neuralnet_hidden1 (G_output, aux)`)

: 단층 퍼셉트론에서 구현한 역전파 함수의 처리를 출력 계층과 은닉 계층에 대해 반복한다. 따라서 두 계층 처리 사이에 역전파를 위한 `G_hidden`부분이 추가된다.

- 가변적 은닉 계층 구성을 위한 파라미터 생성 함수 정의 (`init_model_hiddens()`)

: 은닉 계층의 수와 폭은 `hidden_config` 리스트를 통해 지정하며, 은닉층은 반복문이지만 출력층은 하나이므로 은닉 계층 하나를 위한 파라미터 생성 함수의 `pm_output`과 동일하다.

- 가변적 은닉 계층 구성을 위한 순전파 함수 정의 (`forward_neuralnet_hiddens (x)`)

: `foward_neuralnet_hidden1` 함수를 은닉 계층 수만큼 반복하도록 구현해준다.

- 가변적 은닉 계층 구성을 위한 역전파 함수 정의 (`backprop_neuralnet_hiddens (G_output, aux)`)

: `foward_neuralnet_hiddens`에서 파생된 `hiddens`가 `aux`로 input되며, 반복문을 통해 은닉층 역전

파를 구현한다. 이 때 처리 횟수는 은닉층의 개수인 pm_hiddens의 길이를 반영하며, relu함수의 역전파 처리를 위해 필요한 출력 벡터 내용에는 hiddens로 접근한다.

2. 학습 결과

2.1 은닉 계층 개수에 따른 비교

(1) 전복 고리수 추정 신경망

구분	내용			
조건	<ul style="list-style-type: none"> - 에포크 횟수(epoch_count) : 50 - 미니배치 크기(mb_size) : 10 - 학습률(learning rate) : 0.001 			
	은닉계층개수= 0	은닉계층개수= 1	은닉계층개수= 2	은닉계층개수= 3
데이터 정확도	81.3%	84.0%	83.9%	73.1%
결과 화면	<pre>%run ../chap01/abalone.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([]) abalone_exec(epoch_count=50, report=10)</pre> <p>은닉 계층 0개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 10: loss=7.135, accuracy=0.809/0.810 Epoch 20: loss=6.888, accuracy=0.810/0.810 Epoch 30: loss=6.760, accuracy=0.809/0.815 Epoch 40: loss=6.665, accuracy=0.811/0.813 Epoch 50: loss=6.580, accuracy=0.812/0.813</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.813</p> <pre>%run ../chap01/abalone.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([6]) abalone_exec(epoch_count=50, report=10)</pre> <p>은닉 계층 1개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 10: loss=6.687, accuracy=0.810/0.795 Epoch 20: loss=6.165, accuracy=0.817/0.812 Epoch 30: loss=5.510, accuracy=0.828/0.835 Epoch 40: loss=5.071, accuracy=0.836/0.840 Epoch 50: loss=4.927, accuracy=0.840/0.840</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.840</p>			

	<pre>%run ../chap01/abalone.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([6,6]) abalone_exec(epoch_count=50, report=10)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 10: loss=7.040, accuracy=0.795/0.796 Epoch 20: loss=6.179, accuracy=0.814/0.820 Epoch 30: loss=5.084, accuracy=0.830/0.838 Epoch 40: loss=4.939, accuracy=0.834/0.846 Epoch 50: loss=4.860, accuracy=0.837/0.839</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.839</p> <pre>%run ../chap01/abalone.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([6,6,6]) abalone_exec(epoch_count=50, report=10)</pre> <p>은닉 계층 3개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 10: loss=10.393, accuracy=0.730/0.736 Epoch 20: loss=10.394, accuracy=0.730/0.735 Epoch 30: loss=10.390, accuracy=0.729/0.737 Epoch 40: loss=10.392, accuracy=0.730/0.732 Epoch 50: loss=10.391, accuracy=0.730/0.731</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.731</p>
--	--

(2) 천체의 펄서 예측 신경망

구분	내용			
조건	<ul style="list-style-type: none"> - 에포크 횟수(epoch_count) : 50 - 미니배치 크기(mb_size) : 10 - 학습률(learning rate) : 0.001 			
	은닉계층개수= 0	은닉계층개수= 1	은닉계층개수= 2	은닉계층개수= 3
데이터 정확도	97.5%	97.5%	97.2%	91.1%
결과 화면	<pre>%run ../chap02/pulsar.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([]) pulsar_exec(epoch_count=50, report=10)</pre> <p>은닉 계층 0개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 10: loss=0.134, accuracy=0.968/0.976 Epoch 20: loss=0.123, accuracy=0.971/0.969 Epoch 30: loss=0.126, accuracy=0.969/0.974 Epoch 40: loss=0.128, accuracy=0.970/0.975 Epoch 50: loss=0.123, accuracy=0.969/0.975</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.975</p>			

	<pre>%run ../chap02/pulsar.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([6]) pulsar_exec(epoch_count=50, report=10)</pre> <p>은닉 계층 1개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 10: loss=0.094, accuracy=0.972/0.972 Epoch 20: loss=0.091, accuracy=0.973/0.974 Epoch 30: loss=0.091, accuracy=0.973/0.974 Epoch 40: loss=0.089, accuracy=0.974/0.974 Epoch 50: loss=0.089, accuracy=0.974/0.975</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.975</p> <pre>%run ../chap02/pulsar.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([6,6]) pulsar_exec(epoch_count=50, report=10)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 10: loss=0.240, accuracy=0.908/0.909 Epoch 20: loss=0.173, accuracy=0.908/0.909 Epoch 30: loss=0.137, accuracy=0.912/0.944 Epoch 40: loss=0.093, accuracy=0.973/0.971 Epoch 50: loss=0.090, accuracy=0.974/0.972</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.972</p> <pre>%run ../chap02/pulsar.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([6,6,6]) pulsar_exec(epoch_count=50, report=10)</pre> <p>은닉 계층 3개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 10: loss=0.316, accuracy=0.908/0.911 Epoch 20: loss=0.308, accuracy=0.908/0.911 Epoch 30: loss=0.307, accuracy=0.908/0.911 Epoch 40: loss=0.307, accuracy=0.908/0.911 Epoch 50: loss=0.307, accuracy=0.908/0.911</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.911</p>
--	--

(3) 철판 분류 신경망

구분	내용			
조건	<ul style="list-style-type: none"> - 에포크 횟수(epoch_count) : 50 - 미니배치 크기(mb_size) : 10 - 학습률(learning rate) : 0.001 			
	은닉계층개수= 0	은닉계층개수= 1	은닉계층개수= 2	은닉계층개수= 3
데이터 정확도	22.3%	34.5%	34.8%	34.5%

결과 화면

```
%run ../chap03/steel.ipynb
%run ../chap04/mlp.ipynb
set_hidden([])
steel_exec(epoch_count=50, report=10)
```

은닉 계층 0개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.

Epoch	loss	accuracy
10	15.316	0.335/0.455
20	15.568	0.324/0.202
30	15.093	0.345/0.442
40	15.435	0.330/0.366
50	15.509	0.326/0.223

Final Test: final accuracy = 0.223

```
%run ../chap03/steel.ipynb
%run ../chap04/mlp.ipynb
set_hidden([6])
steel_exec(epoch_count=50, report=10)
```

은닉 계층 1개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.

Epoch	loss	accuracy
10	1.851	0.347/0.345
20	1.788	0.347/0.345
30	1.749	0.347/0.345
40	1.725	0.347/0.345
50	1.710	0.347/0.345

Final Test: final accuracy = 0.345

```
%run ../chap03/steel.ipynb
%run ../chap04/mlp.ipynb
set_hidden([6,6])
steel_exec(epoch_count=50, report=10)
```

은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.

Epoch	loss	accuracy
10	1.851	0.346/0.348
20	1.788	0.346/0.348
30	1.749	0.346/0.348
40	1.725	0.346/0.348
50	1.710	0.346/0.348

Final Test: final accuracy = 0.348

```
%run ../chap03/steel.ipynb
%run ../chap04/mlp.ipynb
set_hidden([6,6,6])
steel_exec(epoch_count=50, report=10)
```

은닉 계층 3개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.

Epoch	loss	accuracy
10	1.851	0.347/0.345
20	1.788	0.347/0.345
30	1.749	0.347/0.345
40	1.725	0.347/0.345
50	1.710	0.347/0.345

Final Test: final accuracy = 0.345

2.2 은닉 계층 폭에 따른 비교

은닉 계층의 개수에 따른 비교 실험에서 높은 정확도를 보인 2개의 은닉 계층 조건을 설정해 실

험을 진행하였다. 은닉 계층의 개수를 고정한 후, 폭을 증가시켜가며 비교해보았다.

(1) 전복 고리수 추정 신경망

구분	내용		
조건	<ul style="list-style-type: none"> - 에포크 횟수(epoch_count) : 50 - 미니배치 크기(mb_size) : 10 - 학습률(learning rate) : 0.001 - 은닉 계층 개수 : 2 		
	은닉계층 = [4,4]	은닉계층 = [6,6]	은닉계층 = [10,10]
데이터 정확도	83.5%	83.9%	84.7%
결과 화면	<pre>%run ../chap01/abalone.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([4,4]) abalone_exec(epoch_count=50, report=10)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 10: loss=7.021, accuracy=0.796/0.801 Epoch 20: loss=6.138, accuracy=0.816/0.821 Epoch 30: loss=5.067, accuracy=0.832/0.826 Epoch 40: loss=5.038, accuracy=0.834/0.836 Epoch 50: loss=4.976, accuracy=0.835/0.835</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.835</p> <pre>%run ../chap01/abalone.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([6,6]) abalone_exec(epoch_count=50, report=10)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 10: loss=7.040, accuracy=0.795/0.796 Epoch 20: loss=6.179, accuracy=0.814/0.820 Epoch 30: loss=5.084, accuracy=0.830/0.838 Epoch 40: loss=4.939, accuracy=0.834/0.846 Epoch 50: loss=4.860, accuracy=0.837/0.839</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.839</p> <pre>%run ../chap01/abalone.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) abalone_exec(epoch_count=50, report=10)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 10: loss=6.821, accuracy=0.801/0.814 Epoch 20: loss=5.612, accuracy=0.822/0.828 Epoch 30: loss=4.926, accuracy=0.835/0.844 Epoch 40: loss=4.867, accuracy=0.837/0.844 Epoch 50: loss=4.677, accuracy=0.842/0.847</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.847</p>		

(2) 천체의 펄서 예측 신경망

구분	내용		
조건	<ul style="list-style-type: none"> - 에포크 횟수(epoch_count) : 50 - 미니배치 크기(mb_size) : 10 - 학습률(learning rate) : 0.001 - 은닉 계층 개수 : 2 		
	은닉계층 = [4,4]	은닉계층 = [6,6]	은닉계층 = [10,10]
데이터 정확도	97.4%	97.2%	97.4%
결과 화면	<pre>%run ../chap02/pulsar.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([4,4]) pulsar_exec(epoch_count=50, report=10)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 10: loss=0.210, accuracy=0.908/0.910 Epoch 20: loss=0.157, accuracy=0.908/0.910 Epoch 30: loss=0.133, accuracy=0.908/0.910 Epoch 40: loss=0.093, accuracy=0.972/0.972 Epoch 50: loss=0.092, accuracy=0.973/0.974</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.974</p> <pre>%run ../chap02/pulsar.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([6,6]) pulsar_exec(epoch_count=50, report=10)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 10: loss=0.240, accuracy=0.908/0.909 Epoch 20: loss=0.173, accuracy=0.908/0.909 Epoch 30: loss=0.137, accuracy=0.912/0.944 Epoch 40: loss=0.093, accuracy=0.973/0.971 Epoch 50: loss=0.090, accuracy=0.974/0.972</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.972</p> <pre>%run ../chap02/pulsar.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) pulsar_exec(epoch_count=50, report=10)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 10: loss=0.139, accuracy=0.908/0.909 Epoch 20: loss=0.122, accuracy=0.971/0.971 Epoch 30: loss=0.113, accuracy=0.972/0.972 Epoch 40: loss=0.106, accuracy=0.974/0.973 Epoch 50: loss=0.103, accuracy=0.974/0.974</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.974</p>		

(3) 철판 분류 신경망

구분	내용
조건	- 에포크 횟수(epoch_count) : 50

	<ul style="list-style-type: none"> - 미니배치 크기(mb_size) : 10 - 학습률(learning rate) : 0.001 - 은닉 계층 개수 : 2 		
	은닉계층 = [4,4]	은닉계층 = [6,6]	은닉계층 = [10,10]
데이터 정확도	37.6%	34.8%	36.8%
결과 화면	<pre>%run ../chap03/steel.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([4,4]) steel_exec(epoch_count=50, report=10)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 10: loss=1.855, accuracy=0.339/0.376 Epoch 20: loss=1.794, accuracy=0.339/0.376 Epoch 30: loss=1.756, accuracy=0.339/0.376 Epoch 40: loss=1.733, accuracy=0.339/0.376 Epoch 50: loss=1.718, accuracy=0.339/0.376</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.376</p> <pre>%run ../chap03/steel.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([6,6]) steel_exec(epoch_count=50, report=10)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 10: loss=1.851, accuracy=0.346/0.348 Epoch 20: loss=1.788, accuracy=0.346/0.348 Epoch 30: loss=1.749, accuracy=0.346/0.348 Epoch 40: loss=1.725, accuracy=0.346/0.348 Epoch 50: loss=1.710, accuracy=0.346/0.348</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.348</p> <pre>%run ../chap03/steel.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) steel_exec(epoch_count=50, report=10)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 10: loss=1.854, accuracy=0.341/0.368 Epoch 20: loss=1.793, accuracy=0.341/0.368 Epoch 30: loss=1.756, accuracy=0.341/0.368 Epoch 40: loss=1.732, accuracy=0.341/0.368 Epoch 50: loss=1.717, accuracy=0.341/0.368</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.368</p>		

2.3 하이퍼파라미터에 따른 비교

앞선 두 실험에서 높은 정확도를 보인 은닉 계층 [10,10] 조건에서 실험을 진행하였다.

(1) 비교 대상 : 에포크 횟수

>> 1. 전복 고리수 추정 신경망

구분	내용		
조건	<ul style="list-style-type: none"> - 미니배치 크기(mb_size) : 10 - 학습률(learning rate) : 0.001 - 은닉 계층 개수 : 2 - 은닉 계층 : [10,10] 		
	에포크 횟수 (epoch_count) : 10	에포크 횟수 (epoch_count) : 50	에포크 횟수 (epoch_count) : 70
데이터 정확도	81.4%	84.7%	85.4%
결과 화면	<pre>%run ../chap01/abalone.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) abalone_exec(epoch_count=10, report=2)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 2: loss=17.481, accuracy=0.700/0.745 Epoch 4: loss=7.967, accuracy=0.763/0.776 Epoch 6: loss=7.145, accuracy=0.790/0.799 Epoch 8: loss=6.945, accuracy=0.798/0.809 Epoch 10: loss=6.821, accuracy=0.801/0.814</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.814</p> <pre>%run ../chap01/abalone.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) abalone_exec(epoch_count=50, report=10)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 10: loss=6.821, accuracy=0.801/0.814 Epoch 20: loss=5.612, accuracy=0.822/0.828 Epoch 30: loss=4.926, accuracy=0.835/0.844 Epoch 40: loss=4.867, accuracy=0.837/0.844 Epoch 50: loss=4.677, accuracy=0.842/0.847</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.847</p> <pre>%run ../chap01/abalone.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) abalone_exec(epoch_count=70, report=14)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 14: loss=6.522, accuracy=0.808/0.798 Epoch 28: loss=4.975, accuracy=0.835/0.827 Epoch 42: loss=4.864, accuracy=0.836/0.842 Epoch 56: loss=4.592, accuracy=0.845/0.833 Epoch 70: loss=4.487, accuracy=0.847/0.854</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.854</p>		

>> 2. 천체의 펄서 예측 신경망

구분	내용
조건	- 미니배치 크기(mb_size) : 10

	<ul style="list-style-type: none"> - 학습률(learning rate) : 0.001 - 은닉 계층 개수 : 2 - 은닉 계층 : [10,10] 		
	에포크 횟수 (epoch_count) : 10	에포크 횟수 (epoch_count) : 50	에포크 횟수 (epoch_count) : 70
데이터 정확도	90.9%	97.4%	97.4%
결과 화면	<pre>%run ../chap02/pulsar.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) pulsar_exec(epoch_count=10, report=2)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 2: loss=0.320, accuracy=0.908/0.909 Epoch 4: loss=0.173, accuracy=0.908/0.909 Epoch 6: loss=0.155, accuracy=0.908/0.909 Epoch 8: loss=0.145, accuracy=0.908/0.909 Epoch 10: loss=0.139, accuracy=0.908/0.909</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.909</p> <pre>%run ../chap02/pulsar.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) pulsar_exec(epoch_count=50, report=10)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 10: loss=0.139, accuracy=0.908/0.909 Epoch 20: loss=0.122, accuracy=0.971/0.971 Epoch 30: loss=0.113, accuracy=0.972/0.972 Epoch 40: loss=0.106, accuracy=0.974/0.973 Epoch 50: loss=0.103, accuracy=0.974/0.974</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.974</p> <pre>%run ../chap02/pulsar.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) pulsar_exec(epoch_count=70, report=14)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 14: loss=0.131, accuracy=0.908/0.909 Epoch 28: loss=0.114, accuracy=0.972/0.972 Epoch 42: loss=0.106, accuracy=0.973/0.973 Epoch 56: loss=0.101, accuracy=0.974/0.974 Epoch 70: loss=0.098, accuracy=0.974/0.974</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.974</p>		

>> 3. 철판 분류 신경망

구분	내용
조건	<ul style="list-style-type: none"> - 미니배치 크기(mb_size) : 10 - 학습률(learning rate) : 0.001

	- 은닉 계층 개수 : 2 - 은닉 계층 : [10,10]		
	에포크 횟수 (epoch_count) : 10	에포크 횟수 (epoch_count) : 50	에포크 횟수 (epoch_count) : 70
데이터 정확도	36.8%	36.8%	36.8%
결과 화면	<pre>%run ../chap03/steel.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) steel_exec(epoch_count=10, report=2)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다. Epoch 2: loss=1.929, accuracy=0.341/0.368 Epoch 4: loss=1.907, accuracy=0.341/0.368 Epoch 6: loss=1.883, accuracy=0.350/0.368 Epoch 8: loss=1.871, accuracy=0.341/0.368 Epoch 10: loss=1.854, accuracy=0.341/0.368</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.368</p> <pre>%run ../chap03/steel.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) steel_exec(epoch_count=50, report=10)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다. Epoch 10: loss=1.854, accuracy=0.341/0.368 Epoch 20: loss=1.793, accuracy=0.341/0.368 Epoch 30: loss=1.756, accuracy=0.341/0.368 Epoch 40: loss=1.732, accuracy=0.341/0.368 Epoch 50: loss=1.717, accuracy=0.341/0.368</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.368</p> <pre>%run ../chap03/steel.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) steel_exec(epoch_count=70, report=14)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다. Epoch 14: loss=1.826, accuracy=0.341/0.368 Epoch 28: loss=1.762, accuracy=0.341/0.368 Epoch 42: loss=1.729, accuracy=0.341/0.368 Epoch 56: loss=1.711, accuracy=0.341/0.368 Epoch 70: loss=1.700, accuracy=0.341/0.368</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.368</p>		

(2) 비교 대상 : 미니배치 크기

앞선 두 실험에서 높은 정확도를 보인 은닉 계층 [10,10], 에포크 횟수 70회의 조건에서 실험을 진행하였다.

>> 1. 전복 고리수 추정 신경망

구분	내용		
조건	<ul style="list-style-type: none"> - 에포크 횟수(epoch_count) : 70 - 학습률(learning rate) : 0.001 - 은닉 계층 개수 : 2 - 은닉 계층 : [10,10] 		
	미니배치 크기 (mb_size) : 10	미니배치 크기 (mb_size) : 100	미니배치 크기 (mb_size) : 500
데이터 정확도	85.4%	80.2%	67.2%
결과 화면	<pre>%run ../chap01/abalone.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) abalone_exec(epoch_count=70, mb_size=10, report=14)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 14: loss=6.522, accuracy=0.808/0.798 Epoch 28: loss=4.975, accuracy=0.835/0.827 Epoch 42: loss=4.864, accuracy=0.836/0.842 Epoch 56: loss=4.592, accuracy=0.845/0.833 Epoch 70: loss=4.487, accuracy=0.847/0.854</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.854</p> <pre>%run ../chap01/abalone.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) abalone_exec(epoch_count=70, mb_size=100, report=14)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 14: loss=20.072, accuracy=0.690/0.721 Epoch 28: loss=9.077, accuracy=0.743/0.750 Epoch 42: loss=7.493, accuracy=0.775/0.784 Epoch 56: loss=7.133, accuracy=0.790/0.798 Epoch 70: loss=6.985, accuracy=0.796/0.802</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.802</p> <pre>%run ../chap01/abalone.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) abalone_exec(epoch_count=70, mb_size=500, report=14)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 14: loss=82.172, accuracy=0.165/0.174 Epoch 28: loss=61.580, accuracy=0.310/0.321 Epoch 42: loss=46.621, accuracy=0.433/0.446 Epoch 56: loss=34.802, accuracy=0.541/0.557 Epoch 70: loss=23.488, accuracy=0.653/0.672</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.672</p>		

>> 2. 천체의 펄서 예측 신경망

구분	내용
----	----

조건	<ul style="list-style-type: none"> - 에포크 횟수(epoch_count) : 70 - 학습률(learning rate) : 0.001 - 은닉 계층 개수 : 2 - 은닉 계층 : [10,10] 		
	미니배치 크기 (mb_size) : 10	미니배치 크기 (mb_size) : 100	미니배치 크기 (mb_size) : 500
데이터 정확도	97.4%	90.9%	91.0%
결과 화면	<pre>%run ../chap02/pulsar.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) pulsar_exec(epoch_count=70, mb_size=10, report=14)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다. Epoch 14: loss=0.131, accuracy=0.908/0.909 Epoch 28: loss=0.114, accuracy=0.972/0.972 Epoch 42: loss=0.106, accuracy=0.973/0.973 Epoch 56: loss=0.101, accuracy=0.974/0.974 Epoch 70: loss=0.098, accuracy=0.974/0.974</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.974</p> <pre>%run ../chap02/pulsar.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) pulsar_exec(epoch_count=70, mb_size=100, report=14)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다. Epoch 14: loss=0.431, accuracy=0.908/0.909 Epoch 28: loss=0.180, accuracy=0.908/0.909 Epoch 42: loss=0.166, accuracy=0.908/0.909 Epoch 56: loss=0.154, accuracy=0.908/0.909 Epoch 70: loss=0.146, accuracy=0.908/0.909</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.909</p> <pre>%run ../chap02/pulsar.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) pulsar_exec(epoch_count=70, mb_size=500, report=14)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다. Epoch 14: loss=0.636, accuracy=0.908/0.910 Epoch 28: loss=0.587, accuracy=0.908/0.910 Epoch 42: loss=0.546, accuracy=0.908/0.910 Epoch 56: loss=0.511, accuracy=0.908/0.910 Epoch 70: loss=0.427, accuracy=0.908/0.910</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.910</p>		

>> 3. 철판 분류 신경망

구분	내용
조건	- 에포크 횟수(epoch_count) : 70

	<ul style="list-style-type: none"> - 학습률(learning rate) : 0.001 - 은닉 계층 개수 : 2 - 은닉 계층 : [10,10] 		
	미니배치 크기 (mb_size) : 10	미니배치 크기 (mb_size) : 100	미니배치 크기 (mb_size) : 500
데이터 정확도	36.8%	37.2%	37.4%
결과 화면	<pre>%run ../chap03/steel.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) steel_exec(epoch_count=70, mb_size=10, report=14)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 14: loss=1.826, accuracy=0.341/0.368 Epoch 28: loss=1.762, accuracy=0.341/0.368 Epoch 42: loss=1.729, accuracy=0.341/0.368 Epoch 56: loss=1.711, accuracy=0.341/0.368 Epoch 70: loss=1.700, accuracy=0.341/0.368</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.368</p> <pre>%run ../chap03/steel.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) steel_exec(epoch_count=70, mb_size=100, report=14)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 14: loss=1.931, accuracy=0.339/0.372 Epoch 28: loss=1.917, accuracy=0.339/0.372 Epoch 42: loss=1.903, accuracy=0.339/0.372 Epoch 56: loss=1.890, accuracy=0.339/0.372 Epoch 70: loss=1.878, accuracy=0.339/0.372</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.372</p> <pre>%run ../chap03/steel.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) steel_exec(epoch_count=70, mb_size=500, report=14)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 14: loss=1.941, accuracy=0.341/0.374 Epoch 28: loss=1.937, accuracy=0.341/0.374 Epoch 42: loss=1.934, accuracy=0.341/0.374 Epoch 56: loss=1.931, accuracy=0.341/0.374 Epoch 70: loss=1.928, accuracy=0.341/0.374</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.374</p>		

(3) 비교 대상 : 학습률

앞선 두 실험에서 높은 정확도를 보인 은닉 계층 [10,10] , 에포크 횟수 70회, 미니배치 크기 10의 조건에서 실험을 진행하였다.

>> 1. 전복 고리수 추정 신경망

구분	내용		
조건	<ul style="list-style-type: none"> - 에포크 횟수(epoch_count) : 70 - 미니배치 크기(mb_size) : 10 - 은닉 계층 개수 : 2 - 은닉 계층 : [10,10] 		
	학습률(learning rate) : 0.001	학습률(learning rate) : 0.01	학습률(learning rate) : 0.1
데이터 정확도	85.4%	85.5%	74.4%
결과 화면	<pre>#Learning Rate = 0.001 %run ../chap01/abalone.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) abalone_exec(epoch_count=70, mb_size=10, report=14)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다. Epoch 14: loss=6.522, accuracy=0.808/0.798 Epoch 28: loss=4.975, accuracy=0.835/0.827 Epoch 42: loss=4.864, accuracy=0.836/0.842 Epoch 56: loss=4.592, accuracy=0.845/0.833 Epoch 70: loss=4.487, accuracy=0.847/0.854</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.854</p> <pre>#Learning Rate = 0.01 %run ../chap01/abalone.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) abalone_exec(epoch_count=70, mb_size=10, report=14)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다. Epoch 14: loss=4.948, accuracy=0.836/0.751 Epoch 28: loss=4.736, accuracy=0.842/0.851 Epoch 42: loss=4.561, accuracy=0.844/0.856 Epoch 56: loss=4.527, accuracy=0.847/0.836 Epoch 70: loss=4.444, accuracy=0.847/0.855</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.855</p> <pre>#Learning Rate = 0.1 %run ../chap01/abalone.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) abalone_exec(epoch_count=70, mb_size=10, report=14)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다. Epoch 14: loss=10.478, accuracy=0.728/0.681 Epoch 28: loss=10.529, accuracy=0.727/0.720 Epoch 42: loss=10.498, accuracy=0.728/0.725 Epoch 56: loss=10.457, accuracy=0.728/0.733 Epoch 70: loss=10.482, accuracy=0.727/0.744</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.744</p>		

>> 2. 천체의 펄서 예측 신경망

구분	내용		
조건	<ul style="list-style-type: none"> - 에포크 횟수(epoch_count) : 70 - 미니배치 크기(mb_size) : 10 - 은닉 계층 개수 : 2 - 은닉 계층 : [10,10] 		
	학습률(learning rate) : 0.001	학습률(learning rate) : 0.01	학습률(learning rate) : 0.1
데이터 정확도	97.4%	97.3%	90.9%
결과 화면	<pre>#Learning Rate = 0.001 %run ../chap02/pulsar.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) pulsar_exec(epoch_count=70, mb_size=10, report=14)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 14: loss=0.131, accuracy=0.908/0.909 Epoch 28: loss=0.114, accuracy=0.972/0.972 Epoch 42: loss=0.106, accuracy=0.973/0.973 Epoch 56: loss=0.101, accuracy=0.974/0.974 Epoch 70: loss=0.098, accuracy=0.974/0.974</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.974</p> <pre>#Learning Rate = 0.01 %run ../chap02/pulsar.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) pulsar_exec(epoch_count=70, mb_size=10, report=14)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 14: loss=0.097, accuracy=0.974/0.974 Epoch 28: loss=0.094, accuracy=0.974/0.974 Epoch 42: loss=0.092, accuracy=0.973/0.975 Epoch 56: loss=0.092, accuracy=0.974/0.974 Epoch 70: loss=0.092, accuracy=0.974/0.973</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.973</p> <pre>#Learning Rate = 0.1 %run ../chap02/pulsar.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) pulsar_exec(epoch_count=70, mb_size=10, report=14)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 14: loss=0.307, accuracy=0.908/0.909 Epoch 28: loss=0.307, accuracy=0.908/0.909 Epoch 42: loss=0.307, accuracy=0.908/0.909 Epoch 56: loss=0.307, accuracy=0.908/0.909 Epoch 70: loss=0.307, accuracy=0.908/0.909</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.909</p>		

>> 3. 철판 분류 신경망

구분	내용		
조건	<ul style="list-style-type: none"> - 에포크 횟수(epoch_count) : 70 - 미니배치 크기(mb_size) : 10 - 은닉 계층 개수 : 2 - 은닉 계층 : [10,10] 		
	학습률(learning rate) : 0.001	학습률(learning rate) : 0.01	학습률(learning rate) : 0.1
데이터 정확도	36.8%	36.8%	36.8%
결과 화면	<pre>#Learning Rate = 0.001 %run ../chap03/steel.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) steel_exec(epoch_count=70, mb_size=10, report=14)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 14: loss=1.826, accuracy=0.341/0.368 Epoch 28: loss=1.762, accuracy=0.341/0.368 Epoch 42: loss=1.729, accuracy=0.341/0.368 Epoch 56: loss=1.711, accuracy=0.341/0.368 Epoch 70: loss=1.700, accuracy=0.341/0.368</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.368</p> <pre>#Learning Rate = 0.01 %run ../chap03/steel.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) steel_exec(epoch_count=70, mb_size=10, report=14)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 14: loss=1.681, accuracy=0.341/0.368 Epoch 28: loss=1.677, accuracy=0.341/0.368 Epoch 42: loss=1.677, accuracy=0.341/0.368 Epoch 56: loss=1.677, accuracy=0.341/0.368 Epoch 70: loss=1.677, accuracy=0.341/0.368</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.368</p> <pre>#Learning Rate = 0.1 %run ../chap03/steel.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) steel_exec(epoch_count=70, mb_size=10, report=14)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 14: loss=1.680, accuracy=0.341/0.368 Epoch 28: loss=1.679, accuracy=0.341/0.368 Epoch 42: loss=1.679, accuracy=0.341/0.368 Epoch 56: loss=1.679, accuracy=0.341/0.368 Epoch 70: loss=1.679, accuracy=0.341/0.368</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.368</p>		

2.4 하이퍼볼릭 탄젠트 함수 이용

```
hidden = np.tanh(np.matmul(x, pm_hidden['w']) + pm_hidden['b'])
output = np.matmul(hidden, pm_output['w']) + pm_output['b']
```

위와 같이 relu 함수를 Hyperbolic Tangent 함수로 변경하여 실험을 진행해보았다. 실험 조건은 앞선 실험의 좋은 결과를 보인 조건을 동일하게 적용하였다.

(1) 전복 고리수 추정 신경망

구분	내용
조건	<ul style="list-style-type: none"> - 에포크 횟수(epoch_count) : 70 - 미니배치 크기(mb_size) : 10 - 학습률(learning rate) : 0.001 - 은닉 계층 개수 : 2 - 은닉 계층 : [10,10]
데이터 정확도	78.8%
결과 화면	<pre>%run ../chap01/abalone.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) abalone_exec(epoch_count=70, report=14)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 14: loss=8.142, accuracy=0.785/0.773 Epoch 28: loss=9.006, accuracy=0.755/0.769 Epoch 42: loss=7.813, accuracy=0.788/0.785 Epoch 56: loss=7.805, accuracy=0.789/0.782 Epoch 70: loss=7.818, accuracy=0.789/0.788</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.788</p>

(2) 천체의 펄서 예측 신경망

구분	내용
조건	<ul style="list-style-type: none"> - 에포크 횟수(epoch_count) : 70 - 미니배치 크기(mb_size) : 10 - 학습률(learning rate) : 0.001 - 은닉 계층 개수 : 2 - 은닉 계층 : [10,10]
데이터 정확도	92.9%

결과 화면	<pre>%run ../chap02/pulsar.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) pulsar_exec(epoch_count=70, report=14)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 14: loss=0.271, accuracy=0.908/0.909 Epoch 28: loss=0.259, accuracy=0.908/0.909 Epoch 42: loss=0.239, accuracy=0.921/0.920 Epoch 56: loss=0.211, accuracy=0.930/0.930 Epoch 70: loss=0.183, accuracy=0.930/0.929</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.929</p>
-------	--

(3) 철판 분류 신경망

구분	내용
조건	<ul style="list-style-type: none"> - 에포크 횟수(epoch_count) : 70 - 미니배치 크기(mb_size) : 10 - 학습률(learning rate) : 0.001 - 은닉 계층 개수 : 2 - 은닉 계층 : [10,10]
데이터 정확도	36.8%
결과 화면	<pre>%run ../chap03/steel.ipynb %run ../chap04/mlp.ipynb set_hidden([10,10]) steel_exec(epoch_count=70, report=14)</pre> <p>은닉 계층 2개를 갖는 다층 퍼셉트론이 작동되었습니다.</p> <p>Epoch 14: loss=1.826, accuracy=0.341/0.368 Epoch 28: loss=1.761, accuracy=0.341/0.368 Epoch 42: loss=1.727, accuracy=0.341/0.368 Epoch 56: loss=1.707, accuracy=0.341/0.368 Epoch 70: loss=1.695, accuracy=0.341/0.368</p> <p>Final Test: final accuracy = 0.368</p>

3.결론

실험 결과를 표와 함께 정리하면 다음과 같다.

(1)은닉 계층 개수에 따른 정확도(%)

은닉 계층 개수	0	1	2	3
전복 고리수 추정 신경망	81.3	84.0	83.9	73.1
천체의 펄서 예측 신경망	97.5	97.5	97.2	91.1
철판 분류 신경망	22.3	34.5	34.8	34.5

은닉 계층 개수가 0인 다층 퍼셉트론은 단층 퍼셉트론을 의미하는데, 위 실험을 통해 전복 고리수 추정 신경망 및 천체의 펄서 예측 신경망은 은닉 계층 개수가 0, 1, 2인 경우의 정확도가 비슷하게 나타났음을 알 수 있었다. 하지만 은닉 계층이 3개인 경우 정확도가 약 6-10% 하락하는 모습을 보였다. 이를 통해 은닉 계층의 개수가 너무 많을 경우에는 정확성이 증가하지는 않는다는 점을 확인해 볼 수 있었다. 반면, 철판 분류 신경망의 경우 은닉 계층 개수가 증가하는 추세를 보였는데, 이를 통해 선택 분류를 활용한 문제의 경우 은닉 계층 개수가 많을 때 좀 더 좋은 정확도를 나타낸다고 유추해볼 수 있다.

(2)은닉 계층 폭에 따른 정확도(%)

은닉 계층	[4,4]	[6,6]	[10,10]
전복 고리수 추정 신경망	83.5	83.9	84.7
천체의 펄서 예측 신경망	97.4	97.2	97.4
철판 분류 신경망	37.6	34.8	36.8

앞선 은닉 계층 개수에 따른 정확도 비교 실험에서 모두 은닉 계층이 2개일 때 준수한 정확도를 보였다. 따라서 은닉 계층의 개수를 2개로 설정 후 은닉 계층 폭에 따른 정확도를 비교해 본 결과, 각 설정 사항에 대해 모두 비슷한 정확도를 보이긴 하였으나, 전복 고리수 추정 신경망의 경우 [10,10]에서 가장 높은 정확도를 나타내었음을 알 수 있었다.

이어서, 하이퍼파라미터를 조절해 정확도 비교 실험을 진행하였다.

(3)에포크 횟수에 따른 정확도(%)

에포크 횟수	10	50	70
전복 고리수 추정 신경망	81.4	84.7	85.4
천체의 펄서 예측 신경망	90.9	97.4	97.4
철판 분류 신경망	36.8	36.8	36.8

(4)미니배치 크기에 따른 정확도(%)

미니배치 크기	10	100	500
전복 고리수 추정 신경망	85.4	80.2	67.2
천체의 펄서 예측 신경망	97.4	90.9	91.0
철판 분류 신경망	36.8	37.2	37.4

(5) 학습률에 따른 정확도(%)

학습률	0.001	0.01	0.1
전복 고리수 추정 신경망	85.4	85.5	74.4
천체의 펄서 예측 신경망	97.4	97.3	90.9
철판 분류 신경망	36.8	36.8	36.8

하이퍼파라미터를 조절해 본 결과, 에포크 횟수가 많을수록, 미니배치 크기가 작을수록, 학습률이 작을수록 정확도가 높게 나타남을 확인할 수 있었다. 철판 분류 신경망의 경우, 하이퍼파라미터를 조절해도 정확도의 차이가 거의 나타나지 않았는데, 이는 이진 판단 문제에서 정확도 이외의 지표를 추가로 이용해 성능을 평가한 것처럼 다른 지표를 활용하면 차이를 더 명확히 알 수 있을 것이라 생각된다. 선택 분류의 문제에서도 이진 판단에서 이용한 시그모이드 함수를 이용할 수 있었듯이 다른 평가 지표를 사용한다면 좀 더 좋은 결과를 낼 수 있을 것으로 예상된다.

위 실험에서 얻은 좋은 정확도를 위한 조건은 에포크 횟수 70, 미니배치 크기 10, 학습률 0.001, 은닉 계층 [10,10]이다. 추가로 이용되는 함수를 `relu()`에서 `tanh()`로 변경해 결과를 비교해보았다.

Hyperbolic Tangent 함수는 실수 값을 (-1, 1) 범위로 압축하는 활성화 함수로 일종의 Sigmoid 함수라 할 수 있다. 이 함수는 원점을 중심으로 값이 양의 무한대로 갈수록 1에 수렴하고, 음의 무한대로 갈수록 -1에 수렴하기에, 비선형성을 모델에 부여할 수 있다는 특징이 있다.

(6) Relu 함수와 Hyperbolic Tangent 함수 사용 시 정확도 비교

	relu 함수	tanh 함수
전복 고리수 추정 신경망	85.4	78.8
천체의 펄서 예측 신경망	97.4	92.9
철판 분류 신경망	36.8	36.8

Relu 함수를 Hyperbolic Tangent 함수로 변경해 본 결과, 전복 고리수 추정 신경망과 천체의 펄서 예측 신경망에서 다소 정확도가 떨어지는 모습을 볼 수 있었다. 하지만 철판 분류 신경망에서는 relu 함수를 이용했을 때와 결과가 같게 나온 것으로 보아, 선택 분류 문제에 relu 함수 뿐만 아니라 tanh 함수를 적용할 수 있음을 유추해 볼 수 있다.

결론적으로, 위와 같은 실험을 통해 공통적으로 에포크 횟수 70, 미니배치 크기 10, 학습률 0.001, 은닉 계층 [10,10], relu함수 사용의 조건에서 높은 정확도를 얻을 수 있었다. 정확도는 전복 고리 수 추정 신경망 문제에서 85.4%, 천체의 펄서 예측 신경망 97.4%, 철판 분류 신경망 36.8%로 나타났다으며, 은닉 계층이나 하이퍼파라미터를 각각 미세하게 조절한다면 정확도를 더 높일 수 있을 것으로 기대된다.