Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

«Брестский Государственный технический университет»

Кафедра ИИТ

Лабораторная работа №1

По дисциплине «Обработка изображений в интеллектуальных системах»

Тема: «Обучение классификаторов средствами библиотеки PyTorch»

Выполнил:

Студент 4 курса

Группы ИИ-24

Супрунович И. С.

Проверила:

Андренко К. В.

Брест 2025

Цель: научиться конструировать нейросетевые классификаторы и выполнять их обучение на известных выборках компьютерного зрения

Общее задание

1. Выполнить конструирование своей модели СНС, обучить ее на выборке по заданию (использовать torchvision.datasets). Предпочтение отдавать как можно более простым архитектурам, базирующимся на базовых типах слоев (сверточный, полносвязный, подвыборочный, слой нелинейного преобразования). Оценить эффективность обучения на тестовой выборке, построить график изменения ошибки (matplotlib);

2. Ознакомьтесь с state-of-the-art результатами для предлагаемых выборок (из материалов в сети Интернет). Сделать выводы о результатах обучения СНС из п. 1;

3. Реализовать визуализацию работы СНС из пункта 1 (выбор и подачу на архитектуру произвольного изображения с выводом результата);

4. Оформить отчет по выполненной работе, загрузить исходный код и отчет в соответствующий репозиторий на github.

Задание по вариантам

№ варианта	Выборка	Класс	Оптимизатор
17	Fashion-MNIST	28X28	RMSprop

Код:

```
import os
import time
from PIL import Image
import numpy as np
import torch
import torch.nn as nn
import torch.optim as optim
import torchvision
import torchvision.transforms as transforms
import matplotlib

matplotlib.use('Agg')
import matplotlib.pyplot as plt
from torch.utils.data import Subset

# ========== ПАРАМЕТРЫ ==========
EPOCHS = 10
BATCH_SIZE = 128
LR = 0.001
WEIGHT_DECAY = 1e-4
USE_CUDA = False
```

```
RESUME = True
SAVE_DIR = 'checkpoints'
VISUALIZE_IMAGE = None
DATA_RATIO = 1  # Использовать 100% данных
# ============================================================

if USE_CUDA:
    USE_CUDA = torch.cuda.is_available()
    print(f"CUDA доступна: {USE_CUDA}")

device = torch.device('cuda' if USE_CUDA else 'cpu')
print(f"Используемое устройство: {device}")
os.makedirs(SAVE_DIR, exist_ok=True)


# ----------------------
# CNN
# ----------------------
class SimpleCNN(nn.Module):
    def __init__(self, num_classes=10):
        super().__init__()
        self.features = nn.Sequential(
            # блок 1
            nn.Conv2d(1, 64, 3, padding=1),
            nn.BatchNorm2d(64),
            nn.ReLU(inplace=True),
            nn.Conv2d(64, 64, 3, padding=1),
            nn.BatchNorm2d(64),
            nn.ReLU(inplace=True),
            nn.MaxPool2d(2, 2),  # 14x14

            # блок 2
            nn.Conv2d(64, 128, 3, padding=1),
            nn.BatchNorm2d(128),
            nn.ReLU(inplace=True),
            nn.Conv2d(128, 128, 3, padding=1),
            nn.BatchNorm2d(128),
            nn.ReLU(inplace=True),
            nn.MaxPool2d(2, 2),  # 7x7

            # блок 3
            nn.Conv2d(128, 256, 3, padding=1),
            nn.BatchNorm2d(256),
            nn.ReLU(inplace=True),
            nn.Conv2d(256, 256, 3, padding=1),
            nn.BatchNorm2d(256),
            nn.ReLU(inplace=True),
            nn.MaxPool2d(2, 2),  # 3x3 (округление в меньшую сторону)
        )
        self.classifier = nn.Sequential(
            nn.Flatten(),
            nn.Linear(256 * 3 * 3, 512),
            nn.ReLU(inplace=True),
            nn.Dropout(0.5),
            nn.Linear(512, num_classes),
        )

    def forward(self, x):
        x = self.features(x)
        x = self.classifier(x)
        return x
```

```
def main():
    print("Начинаем загрузку данных...")

    # -----------------------
    # Data (Fashion-MNIST)
    # -----------------------
    transform_train = transforms.Compose([
        transforms.RandomHorizontalFlip(),
        transforms.RandomCrop(28, padding=4),
        transforms.ToTensor(),
        transforms.Normalize((0.5,), (0.5,))
    ])

    transform_test = transforms.Compose([
        transforms.ToTensor(),
        transforms.Normalize((0.5,), (0.5,))
    ])

    try:
        # Загружаем полный датасет
        full_trainset = torchvision.datasets.FashionMNIST(
            root='./data',
            train=True,
            download=True,
            transform=transform_train
        )

        # Выбираем только часть данных
        num_samples = int(len(full_trainset) * DATA_RATIO)
        indices = torch.randperm(len(full_trainset))[:num_samples]
        trainset = Subset(full_trainset, indices)

        trainloader = torch.utils.data.DataLoader(
            trainset,
            batch_size=BATCH_SIZE,
            shuffle=True,
            num_workers=0
        )

        testset = torchvision.datasets.FashionMNIST(
            root='./data',
            train=False,
            download=True,
            transform=transform_test
        )
        testloader = torch.utils.data.DataLoader(
            testset,
            batch_size=100,
            shuffle=False,
            num_workers=0
        )

        print(f"Используется {num_samples} из {len(full_trainset)}
тренировочных образцов ({DATA_RATIO * 100}%)")
        print("Данные успешно загружены!")
    except Exception as e:
        print(f"Ошибка при загрузке данных: {e}")
        return
```

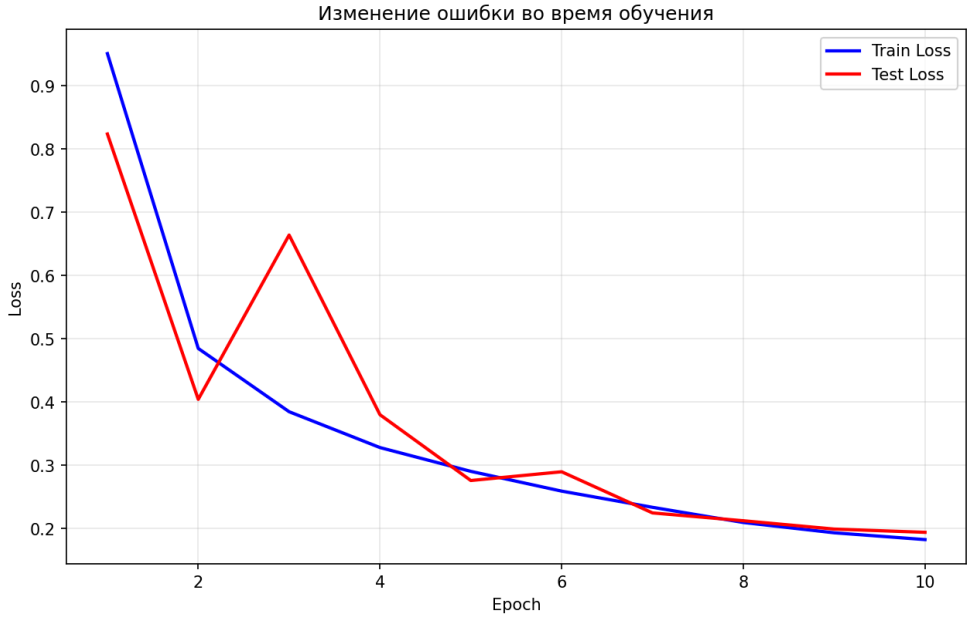
```
    classes = [
        'T-shirt/top', 'Trouser', 'Pullover', 'Dress', 'Coat',
        'Sandal', 'Shirt', 'Sneaker', 'Bag', 'Ankle boot'
    ]

    # -----------------------
    # Модель/оптимизатор/критерий
    # -----------------------
    print("Инициализация модели...")
    model = SimpleCNN(num_classes=10).to(device)
    criterion = nn.CrossEntropyLoss()
    optimizer = optim.RMSprop(
        model.parameters(),
        lr=LR,
        weight_decay=WEIGHT_DECAY
    )
    scheduler = optim.lr_scheduler.CosineAnnealingLR(
        optimizer,
        T_max=EPOCHS
    )

    # -----------------------
    # Загрузка из чекпоинта (если нужно)
    # -----------------------
    start_epoch = 1
    best_acc = 0.0
    history = {'train_loss': [], 'test_loss': [], 'test_acc': []}

    if RESUME:
        checkpoint_path = os.path.join(SAVE_DIR, 'best.pth')
        if os.path.isfile(checkpoint_path):
            print(f"Загрузка модели из {checkpoint_path} ...")
            try:
                checkpoint = torch.load(checkpoint_path, map_location=device)
                model.load_state_dict(checkpoint['model_state'])
                best_acc = checkpoint.get('acc', 0.0)
                start_epoch = checkpoint.get('epoch', 0) + 1
                # Загружаем историю если есть
                if 'history' in checkpoint:
                    history = checkpoint['history']
                print(f"Модель загружена. Лучший acc={best_acc:.2f}% (эпоха
{start_epoch - 1})")
                print(f"История загружена: {len(history['train_loss'])}
эпох")
            except Exception as e:
                print(f"Ошибка при загрузке чекпоинта: {e}")
        else:
            print("Чекпоинт не найден, начинаем обучение с нуля.")

    # -----------------------
    # Функция валидации
    # -----------------------
    def evaluate(loader):
        model.eval()
        correct = 0
        total = 0
        running_loss = 0.0
        with torch.no_grad():
            for inputs, targets in loader:
                inputs, targets = inputs.to(device), targets.to(device)
                outputs = model(inputs)
```

```
                loss = criterion(outputs, targets)
                running_loss += loss.item() * inputs.size(0)
                _, predicted = outputs.max(1)
                total += targets.size(0)
                correct += predicted.eq(targets).sum().item()
        return running_loss / total, 100.0 * correct / total

    # -----------------------
    # Обучение
    # -----------------------
    print("Начинаем обучение...")
    start_time = time.time()

    # Проверяем, нужно ли проводить обучение
    if start_epoch <= EPOCHS:
        for epoch in range(start_epoch, EPOCHS + 1):
            model.train()
            running_loss = 0.0
            for i, (inputs, targets) in enumerate(trainloader, 1):
                inputs, targets = inputs.to(device), targets.to(device)
                optimizer.zero_grad()
                outputs = model(inputs)
                loss = criterion(outputs, targets)
                loss.backward()
                optimizer.step()
                running_loss += loss.item() * inputs.size(0)

                if i % 50 == 0:
                    print(
                        f'Эпоха {epoch}, Батч {i}/{len(trainloader)}, Loss:
{loss.item():.4f}, Время: {time.time() - start_time:.2f}c')

            train_loss = running_loss / len(trainloader.dataset)
            test_loss, test_acc = evaluate(testloader)
            scheduler.step()

            history['train_loss'].append(train_loss)
            history['test_loss'].append(test_loss)
            history['test_acc'].append(test_acc)

            print(
                f'Epoch {epoch}/{EPOCHS}  TrainLoss={train_loss:.4f}
TestLoss={test_loss:.4f}  TestAcc={test_acc:.2f}%')

            if test_acc > best_acc:
                best_acc = test_acc
                checkpoint = {
                    'model_state': model.state_dict(),
                    'acc': best_acc,
                    'epoch': epoch,
                    'history': history
                }
                torch.save(checkpoint, os.path.join(SAVE_DIR, 'best.pth'))
                print(f"Новая лучшая модель сохранена с точностью
{best_acc:.2f}%")

        total_time = time.time() - start_time
        print(f'Обучение завершено за {total_time / 60:.2f} минут. Лучшая
точность: {best_acc:.2f}%')
    else:
```

```
        print(f"Пропускаем обучение, так как начальная эпоха {start_epoch}
превышает EPOCHS {EPOCHS}")
    if history['train_loss']:
        print("Создание графика изменения ошибки...")
        plt.figure(figsize=(10, 6))

        epochs_range = range(1, len(history['train_loss']) + 1)
        plt.plot(epochs_range, history['train_loss'], label='Train Loss',
linewidth=2, color='blue')
        plt.plot(epochs_range, history['test_loss'], label='Test Loss',
linewidth=2, color='red')
        plt.xlabel('Epoch')
        plt.ylabel('Loss')
        plt.legend()
        plt.grid(True, alpha=0.3)
        plt.title('Изменение ошибки во время обучения')

        loss_path = os.path.join(SAVE_DIR, 'training_loss.png')
        plt.savefig(loss_path, dpi=150, bbox_inches='tight')
        plt.close()
        print(f'График ошибки сохранен в {loss_path}')

        # Выводим финальные значения ошибок
        print(f"Финальная ошибка обучения: {history['train_loss'][-1]:.4f}")
        print(f"Финальная ошибка тестирования:
{history['test_loss'][-1]:.4f}")
    else:
        print("Нет данных для построения графика ошибки")

    # -----------------------
    # Визуализация предсказания для отдельного изображения
    # -----------------------
    def predict_image(img_path):
        img = Image.open(img_path).convert('L').resize((28, 28))
        x = transform_test(img).unsqueeze(0).to(device)
        model.eval()
        with torch.no_grad():
            logits = model(x)
            probs = torch.softmax(logits, dim=1).cpu().numpy()[0]
            pred = int(np.argmax(probs))
        return img, pred, probs

    if VISUALIZE_IMAGE and os.path.exists(VISUALIZE_IMAGE):
        print(f"Визуализация изображения: {VISUALIZE_IMAGE}")
        img, pred_idx, probs = predict_image(VISUALIZE_IMAGE)
        plt.figure(figsize=(4, 4))
        plt.imshow(img, cmap='gray')
        plt.axis('off')
        plt.title(f'Prediction: {classes[pred_idx]}\nConfidence:
{probs[pred_idx] * 100:.1f}%')

        single_pred_path = os.path.join(SAVE_DIR, 'single_prediction.png')
        plt.savefig(single_pred_path, dpi=150, bbox_inches='tight')
        plt.close()
        print(f"Визуализация предсказания сохранена в {single_pred_path}")

    # -----------------------
    # Финальная оценка модели
    # -----------------------
    print("Финальная оценка модели на тестовом наборе...")
    final_test_loss, final_test_acc = evaluate(testloader)
```

```
    print(f"Финальные результаты - Loss: {final_test_loss:.4f}, Accuracy:
{final_test_acc:.2f}%")


if __name__ == "__main__":
    main()
    print("Программа завершена!")
```

Вывод:



State-of-art:

Table 7. Comparison of obtained results

	Fashion-MNIST		MNIST	
	Training accuracy	**Testing accuracy**	**Training accuracy**	**Testing accuracy**
Architecture 1	99.60%	89.65%	99.91%	98.48%
Architecture 2	92.02%	92.76%	98.86%	98.96%
Architecture 3	93.09%	93.56%	99.60%	99.37%
Architecture 4	93.17%	92.94%	99.02%	99.03%
Architecture 5 with Adam optimizer	93.12%	93.56%	99.48%	99.55%
Architecture 5 with RMSprop optimizer	92.67%	92.86%	99.26%	99.29%

[Ссылка на статью]

Вывод: научился конструировать нейросетевые классификаторы и выполнять их обучение на известных выборках компьютерного зрения