

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
Факультет «Информатика и системы управления»
Кафедра «Системы обработки информации и управления»



**«Методы машинного обучения в
автоматизированных системах обработки
информации и управления»
Лабораторная работа №6
«Обучение на основе глубоких Q-сетей»**

ИСПОЛНИТЕЛЬ:

Васильев Д.А.
Группа ИУ5-21М

" _ " _____ 2023 г.

1. Задание

- На основе рассмотренных на лекции примеров реализуйте алгоритм DQN.
- В качестве среды можно использовать классические среды (в этом случае используется полносвязная архитектура нейронной сети).
- В качестве среды можно использовать игры Atari (в этом случае используется сверточная архитектура нейронной сети).
- В случае реализации среды на основе сверточной архитектуры нейронной сети +1 балл за экзамен.

2. Листинг

2.1. DQN_Agent.py

```
import gymnasium as gym
import math
import random
import matplotlib.pyplot as plt
import torch
import torch.nn as nn
import torch.optim as optim
from DQN_Model import DQN_Model
from ReplayMemory import ReplayMemory
from SetUp import CONST_DEVICE, CONST_ENV_NAME, Transition

class DQN_Agent:
    def __init__(
        self,
        env,
        BATCH_SIZE = 128,
        GAMMA = 0.99,
        EPS_START = 0.1,
        EPS_END = 0.5,
        EPS_DECAY = 1000,
        TAU = 0.005,
        LR = 0.0001,
    ):
        # Среда
        self.env = env
        # Размерности Q-модели
        self.n_actions = env.action_space.n
        state, _ = self.env.reset()
        self.n_observations = len(state)
        # Коэффициенты
```

```

self.BATCH_SIZE = BATCH_SIZE
self.GAMMA = GAMMA
self.EPS_START = EPS_START
self.EPS_END = EPS_END
self.EPS_DECAY = EPS_DECAY
self.TAU = TAU
self.LR = LR

# Модели
# Основная модель
self.policy_net = DQN_Model(self.n_observations,
self.n_actions).to(CONST_DEVICE)

# Вспомогательная модель, используется для стабилизации алгоритма
# Обновление контролируется гиперпараметром TAU
# Используется подход Double DQN
self.target_net = DQN_Model(self.n_observations,
self.n_actions).to(CONST_DEVICE)
self.target_net.load_state_dict(self.policy_net.state_dict())

# Оптимизатор
self.optimizer = optim.AdamW(self.policy_net.parameters(), lr=self.LR,
amsgrad=True)

# Replay Memory
self.memory = ReplayMemory(10000)

# Количество шагов
self.steps_done = 0

# Длительность эпизодов
self.episode_durations = []

def select_action(self, state):
    """
    Выбор действия
    """

    sample = random.random()
    eps = self.EPS_END + (self.EPS_START - self.EPS_END) * math.exp(-1. *
self.steps_done / self.EPS_DECAY)
    self.steps_done += 1
    if sample > eps:
        with torch.no_grad():
            # Если вероятность больше eps
            # то выбирается действие, соответствующее максимальному Q-значению
            # t.max(1) возвращает максимальное значение колонки для каждой строки
            # [1] возвращает индекс максимального элемента
            return self.policy_net(state).max(1)[1].view(1, 1)
    else:
        # Если вероятность меньше eps

```

```

        # то выбирается случайное действие
        return torch.tensor([[self.env.action_space.sample()]], device=CONST_DEVICE,
dtype=torch.long)

def plot_durations(self, show_result=False):
    plt.figure(1)
    durations_t = torch.tensor(self.episode_durations, dtype=torch.float)
    if show_result:
        plt.title('Результат')
    else:
        plt.clf()
        plt.title('Обучение')
        plt.xlabel('Эпизод')
        plt.ylabel('Количество шагов в эпизоде')
        plt.plot(durations_t.numpy())
        plt.pause(0.001) # пауза

def optimize_model(self):
    """
    Оптимизация модели
    """

    if len(self.memory) < self.BATCH_SIZE:
        return

    transitions = self.memory.sample(self.BATCH_SIZE)
    # Транспонирование batch'a
    # Конвертация batch-массива из Transition
    # в Transition batch-массивов.
    batch = Transition(*zip(*transitions))

    # Вычисление маски нефинальных состояний и конкатенация элементов batch'a
    non_final_mask = torch.tensor(tuple(map(lambda s: s is not None,
batch.next_state)), device=CONST_DEVICE, dtype=torch.bool)
    non_final_next_states = torch.cat([s for s in batch.next_state if s is not
None])
    state_batch = torch.cat(batch.state)
    action_batch = torch.cat(batch.action)
    reward_batch = torch.cat(batch.reward)

    # Вычисление Q(s_t, a)
    state_action_values = self.policy_net(state_batch).gather(1, action_batch)

    # Вычисление V(s_{t+1}) для всех следующих состояний
    next_state_values = torch.zeros(self.BATCH_SIZE, device=CONST_DEVICE)

    with torch.no_grad():
        next_state_values[non_final_mask] =
self.target_net(non_final_next_states).max(1)[0]

    # Вычисление ожидаемых значений Q

```

```

    expected_state_action_values = (next_state_values * self.GAMMA) +
reward_batch

    # Вычисление Huber loss
    criterion = nn.SmoothL1Loss()
    loss = criterion(state_action_values,
expected_state_action_values.unsqueeze(1))

    # Оптимизация модели
    self.optimizer.zero_grad()
    loss.backward()

    # gradient clipping
    torch.nn.utils.clip_grad_value_(self.policy_net.parameters(), 100)
    self.optimizer.step()

def play_agent(self):
    '''
    Проигрывание сессии для обученного агента
    '''

    env2 = gym.make(CONST_ENV_NAME, render_mode='human')
    state = env2.reset()[0]
    state = torch.tensor(state, dtype=torch.float32,
device=CONST_DEVICE).unsqueeze(0)
    res = []

    terminated = False
    truncated = False

    while not terminated and not truncated:
        action = self.select_action(state)
        action = action.item()
        observation, reward, terminated, truncated, _ = env2.step(action)
        env2.render()
        res.append((action, reward))

        state = torch.tensor(observation, dtype=torch.float32,
device=CONST_DEVICE).unsqueeze(0)

    print('done!')
    print('Данные об эпизоде: ', res)

def train(self):
    '''
    Обучение агента
    '''

    if torch.cuda.is_available():
        num_episodes = 600
    else:

```

```

num_episodes = 50

for i_episode in range(num_episodes):
    # Инициализация среды
    state, info = self.env.reset()
    state = torch.tensor(state, dtype=torch.float32,
device=CONST_DEVICE).unsqueeze(0)

    terminated = False
    truncated = False

    iters = 0
    while not terminated and not truncated:
        action = self.select_action(state)
        observation, reward, terminated, truncated, _ =
self.env.step(action.item())
        reward = torch.tensor([reward], device=CONST_DEVICE)

        if terminated:
            next_state = None
        else:
            next_state = torch.tensor(observation, dtype=torch.float32,
device=CONST_DEVICE).unsqueeze(0)

        # Сохранение данных в Replay Memory
        self.memory.push(state, action, next_state, reward)

        # Переход к следующему состоянию
        state = next_state

        # Выполнение одного шага оптимизации модели
        self.optimize_model()

        # Обновление весов target-сети
        #  $\theta' \leftarrow \tau \theta + (1 - \tau) \theta'$ 
        target_net_state_dict = self.target_net.state_dict()
        policy_net_state_dict = self.policy_net.state_dict()

        for key in policy_net_state_dict:
            target_net_state_dict[key] = policy_net_state_dict[key] * self.TAU +
target_net_state_dict[key] * (1 - self.TAU)

        self.target_net.load_state_dict(target_net_state_dict)
        iters += 1

    self.episode_durations.append(iters)
    self.plot_durations()

```

2.2. DQN_Model.py

```
import torch.nn as nn
import torch.nn.functional as F

class DQN_Model(nn.Module):
    def __init__(self, n_observations, n_actions):
        '''
        Инициализация топологии нейронной сети
        '''

        super(DQN_Model, self).__init__()
        self.layer1 = nn.Linear(n_observations, 128)
        self.layer2 = nn.Linear(128, 64)
        self.layer3 = nn.Linear(64, n_actions)

    def forward(self, x):
        '''
        Прямой проход
        Вызывается для одного элемента, чтобы определить следующее действие
        Или для batch во время процедуры оптимизации
        '''

        x = F.relu(self.layer1(x))
        x = F.relu(self.layer2(x))
        return self.layer3(x)
```

2.3. ReplayMemory.py

```
import random
from collections import deque

from SetUp import Transition

# Реализация техники Replay Memory
class ReplayMemory(object):
    def __init__(self, capacity):
        self.memory = deque([], maxlen=capacity)

    def push(self, *args):
        '''
        Сохранение данных в ReplayMemory
        '''

        self.memory.append(Transition(*args))

    def sample(self, batch_size):
        '''
        Выборка случайных элементов размера batch_size
        '''
```

```

    ...

    return random.sample(self.memory, batch_size)

def __len__(self):
    return len(self.memory)

```

2.4. SetUp.py

```

from collections import namedtuple
import torch

# Название среды
CONST_ENV_NAME = 'Acrobot-v1'

# Использование GPU
CONST_DEVICE = torch.device('cuda' if torch.cuda.is_available() else 'cpu')

# Элемент ReplayMemory в форме именованного кортежа
Transition = namedtuple('Transition', ('state', 'action', 'next_state', 'reward'))

```

2.5. main.py

```

import gymnasium as gym
from DQN_Agent import DQN_Agent
import os
import pygame
from SetUp import CONST_ENV_NAME

os.environ['SDL_VIDEODRIVER'] = 'dummy'
pygame.display.set_mode((640, 480))

def main():
    env = gym.make(CONST_ENV_NAME)
    agent = DQN_Agent(env)
    agent.train()
    agent.play_agent()

if __name__ == '__main__':
    main()

```

3. Экранные формы

