|  |  |
| --- | --- |
| Gerb-BMSTU_01 | Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана  (национальный исследовательский университет)»  (МГТУ им. Н.Э. Баумана) |

|  |  |
| --- | --- |
| ФАКУЛЬТЕТ | Информатика и системы управления (ИУ) |

|  |  |
| --- | --- |
| КАФЕДРА | Искусственный интеллект в системах  обработки информации и управления |

|  |  |
| --- | --- |
| дисциплина | Методы машинного обучения |

|  |
| --- |
| отчет по Лабораторной работе №4 |

|  |
| --- |
| Алгоритм Policy Iteration |
| *название работы* |

|  |  |
| --- | --- |
| Группа | ИУ5-25М |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Студент |  |  | |  | |  | Попов М.Ю. |
|  | *дата выполнения работы* |  | | *подпись* | |  | *фамилия, и.о.* |
| Преподаватель | | |  | |  | | Гапанюк Ю. Е. | |
|  | | | *подпись* | |  | | *фамилия, и.о.* | |

Москва, 2024 г.

**Цель лабораторной работы:** ознакомление с базовыми методами обучения с подкреплением.

**Требования к отчету:**

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. титульный лист;
2. описание задания;
3. текст программы;
4. экранные формы с примерами выполнения программы.

**Задание:**

1. На основе рассмотренного на лекции примера реализуйте алгоритм Policy Iteration для любой среды обучения с подкреплением (кроме рассмотренной на лекции среды Toy Text / Frozen Lake) из библиотеки [Gym](https://www.gymlibrary.dev/) (или аналогичной библиотеки).

**Текст программы:**

import gym  
import numpy as np  
import matplotlib.pyplot as plt  
from pprint import pprint

class PolicyIterationAgent:  
 # Класс, эмулирующий работу агента  
 def \_\_init\_\_(self, env):  
 self.env = env  
 # Пространство состояний  
 self.observation\_dim = 500  
 # Массив действий в соответствии с документацией  
 # https://www.gymlibrary.dev/environments/toy\_text/frozen\_lake/  
 self.actions\_variants = np.array([0,1,2,3,4,5])  
 # Задание стратегии (политики)  
 # Карта 4х4 и 4 возможных действия  
 self.policy\_probs = np.full((self.observation\_dim, len(self.actions\_variants)), 0.25)  
  
 # Начальные значения для v(s)  
 self.state\_values = np.zeros(shape=(self.observation\_dim))  
 # Начальные значения параметров  
 self.maxNumberOfIterations = 1000  
 self.theta=1e-6  
 self.gamma=0.99  
  
 def print\_policy(self):  
 '''  
 Вывод матриц стратегии  
 '''  
 print('Стратегия:')  
 pprint(self.policy\_probs)  
  
 def policy\_evaluation(self):  
 '''  
 Оценивание стратегии  
 '''  
 # Предыдущее значение функции ценности  
 valueFunctionVector = self.state\_values  
 for iterations in range(self.maxNumberOfIterations):  
 # Новое значение функции ценности  
 valueFunctionVectorNextIteration=np.zeros(shape=(self.observation\_dim  
 ))  
 # Цикл по состояниям  
 for state in range(self.observation\_dim):  
 # Вероятности действий  
 action\_probabilities = self.policy\_probs[state]  
 # Цикл по действиям  
 outerSum=0  
 for action, prob in enumerate(action\_probabilities):  
 innerSum=0  
 # Цикл по вероятностям действий  
 for probability, next\_state, reward, isTerminalState in self.env.P[state][action]:  
 innerSum=innerSum+probability\*(reward+self.gamma\*self.state\_values[next\_state])  
 outerSum=outerSum+self.policy\_probs[state][action]\*innerSum  
 valueFunctionVectorNextIteration[state]=outerSum  
 if(np.max(np.abs(valueFunctionVectorNextIteration-valueFunctionVector))<self.theta):  
 # Проверка сходимости алгоритма  
 valueFunctionVector=valueFunctionVectorNextIteration  
 break  
 valueFunctionVector=valueFunctionVectorNextIteration  
 return valueFunctionVector  
  
 def policy\_improvement(self):  
 '''  
 Улучшение стратегии  
 '''  
 qvaluesMatrix=np.zeros((self.observation\_dim,  
 len(self.actions\_variants)))  
 improvedPolicy=np.zeros((self.observation\_dim,  
 len(self.actions\_variants)))  
 # Цикл по состояниям  
 for state in range(self.observation\_dim):  
 for action in range(len(self.actions\_variants)):  
 for probability, next\_state, reward, isTerminalState in self.env.P[state][action]:  
 qvaluesMatrix[state,action]=qvaluesMatrix[state,action]+probability\*(reward+self.gamma\*self.state\_values[next\_state])  
 # Находим лучшие индексы  
 bestActionIndex=np.where(qvaluesMatrix[state,:]==np.max(qvaluesMatrix  
 [state,:]))  
 # Обновление стратегии  
 improvedPolicy[state,bestActionIndex]=1/np.size(bestActionIndex)  
 return improvedPolicy  
  
 def policy\_iteration(self, cnt):  
 '''  
 Основная реализация алгоритма  
 '''  
 policy\_stable = False  
 for i in range(1, cnt+1):  
 self.state\_values = self.policy\_evaluation()  
 self.policy\_probs = self.policy\_improvement()  
 print(f'Алгоритм выполнился за {i} шагов.')  
  
def play\_agent(agent):  
 env2 = gym.make('Taxi-v3', render\_mode='human')  
 state = env2.reset()[0]  
 done = False  
 while not done:  
 p = agent.policy\_probs[state]  
 if isinstance(p, np.ndarray):  
 action = np.random.choice(len(agent.actions\_variants), p=p)  
 else:  
 action = p  
 next\_state, reward, terminated, truncated, \_ = env2.step(action)  
 env2.render()  
 state = next\_state  
 if terminated or truncated:  
 done = True

def main():  
 # Создание среды  
 env = gym.make('Taxi-v3')  
 # Создание среды  
 env = gym.make('Taxi-v3')  
 env.reset()  
 # Обучение агента  
 agent = PolicyIterationAgent(env)  
 agent.print\_policy()  
 agent.policy\_iteration(1000)  
 agent.print\_policy()  
 # Проигрывание сцены для обученного агента  
 play\_agent(agent)

main()

Стратегия:  
array([[0.25, 0.25, 0.25, 0.25, 0.25, 0.25],  
 [0.25, 0.25, 0.25, 0.25, 0.25, 0.25],  
 [0.25, 0.25, 0.25, 0.25, 0.25, 0.25],  
 ...,  
 [0.25, 0.25, 0.25, 0.25, 0.25, 0.25],  
 [0.25, 0.25, 0.25, 0.25, 0.25, 0.25],  
 [0.25, 0.25, 0.25, 0.25, 0.25, 0.25]])  
Алгоритм выполнился за 1000 шагов.  
Стратегия:  
array([[0. , 0. , 0. , 0. , 1. , 0. ],  
 [0. , 0. , 0. , 0. , 1. , 0. ],  
 [0. , 0. , 0. , 0. , 1. , 0. ],  
 ...,  
 [0. , 1. , 0. , 0. , 0. , 0. ],  
 [0. , 0.5, 0. , 0.5, 0. , 0. ],  
 [0. , 0. , 0. , 1. , 0. , 0. ]])