

Лабораторная работа 4. Выполнил Зоров Владислав Витальевич ИУ5-22м

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 (или аналогичной библиотеки).

```
In [1]: !pip install pygame
import gym
import numpy as np
from pprint import pprint
from IPython.display import clear_output
from time import sleep
import matplotlib.pyplot as plt
```

Defaulting to user installation because normal site-packages is not writeable
Requirement already satisfied: pygame in /home/user/.local/lib/python3.10/site-packages (2.1.0)

```
In [43]: class PolicyIterationAgent:
    def __init__(self, env):
        self.env = env
        self.observation_dim = env.observation_space.n
        self.actions_variants = np.arange(env.action_space.n)
        self.policy_probs = np.full((self.observation_dim, len(self.actions_variants)), 1.0)
        self.state_values = np.zeros(self.observation_dim)
        self.maxNumberOfIterations = 1000
        self.theta = 1e-6
        self.gamma = 0.99

    def print_policy(self):
        print('Policy:')
        pprint(self.policy_probs)

    def policy_evaluation(self):
        value_function_vector = self.state_values.copy()
        for _ in range(self.maxNumberOfIterations):
            value_function_vector_next_iteration = np.zeros(self.observation_dim)
            for state in range(self.observation_dim):
                action_probabilities = self.policy_probs[state]
                for action in self.actions_variants:
                    inner_sum = 0
                    for probability, next_state, reward, _ in self.env.P[state][action]:
                        inner_sum += probability * (reward + self.gamma * self.state_values[next_state])
                    value_function_vector_next_iteration[state] += action_probabilities[action] * inner_sum
            if np.max(np.abs(value_function_vector_next_iteration - value_function_vector)) < self.theta:
                value_function_vector = value_function_vector_next_iteration
                break
        return value_function_vector

    def policy_improvement(self):
```

```

q_values_matrix = np.zeros((self.observation_dim, len(self.actions_variants)))
improved_policy = np.zeros((self.observation_dim, len(self.actions_variants)))
for state in range(self.observation_dim):
    for action in self.actions_variants:
        for probability, next_state, reward, _ in self.env.P[state][action]:
            q_values_matrix[state, action] += probability * (reward + self.gamma *
            self.v[next_state])
        best_action_index = np.where(q_values_matrix[state, :] == np.max(q_values_matrix[state, :]))
        improved_policy[state, best_action_index] = 1.0 / len(best_action_index)
return improved_policy

def policy_iteration(self, num_iterations):
    for i in range(1, num_iterations + 1):
        self.state_values = self.policy_evaluation()
        self.policy_probs = self.policy_improvement()
    print(f'Algorithm completed in {i} iterations.')

def visualize_policy(self):
    state_labels = ['R', 'G', 'Y', 'B', 'T', 'D'] # Labels for states
    action_labels = ['↓', '↑', '←', '→', 'P', 'D'] # Labels for actions

    fig, ax = plt.subplots(figsize=(6, 8))
    ax.set_title('Policy Iteration - Taxi-v3')
    ax.axis('off')

    table = ax.table(cellText=np.round(self.policy_probs, 2), cellLoc='center', colLabels=action_labels,
                    loc='center')

    table.scale(1, 2)
    table.set_fontsize(14)
    table.auto_set_column_width(col=list(range(6)))

    plt.show()

```

In [44]:

```

# Create the environment and agent
env = gym.make('Taxi-v3')
agent = PolicyIterationAgent(env)

# Perform policy iteration
agent.policy_iteration(1000)

# Visualize the final policy
agent.visualize_policy()

```

Algorithm completed in 1000 iterations.

↓	↑	←	→	P	D
0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0

1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0

0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0

0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0

0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
Policy Iteration - Taxi v3					
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0

[illegible]

[illegible]

0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0

0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0

0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0