

## 인공지능Lab. Project #2

### ● Dynamic Programming

본 프로젝트에서는 Dynamic Programming(DP)을 이용하여 environment의 model을 푸는 과제이다. DP는 큰 Programming을 여러 process로 나누어 해결한다는 의미이다. 큰 순차적인 행동 결정을 작은 process로 나누어 제시된 grid world에서 Policy iteration과 Value iteration을 policy를 최적화 시켜보는 것이 과제다. 7x7의 시작점과 끝점을 가진 grid-world이다. Action은 상하좌우 4가지이고, 가장 바깥쪽 state에서 grid-world 밖으로 나가는 action은 금지된다. 중간 중간에 함정이 존재한다. Reward 초기화는 END는 0, 함정은 -100, 그 외는 모두 -1로 초기화한다.

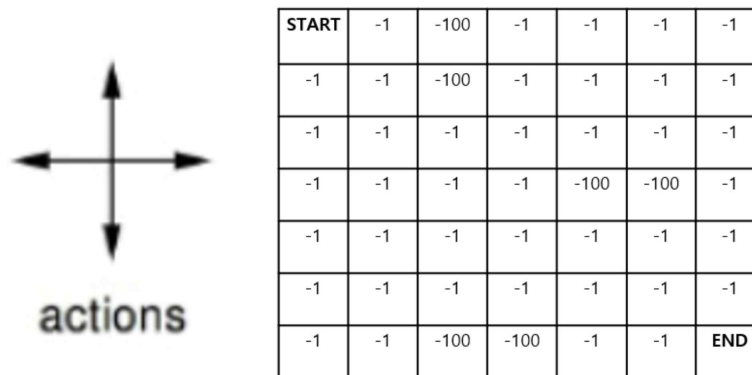


그림 1. Grid world example

Reward를 최대 받아야 하는 agent는 최단거리로 종료점까지 가는 경로를 학습할 것이다. 처음 agent가 택하는 policy는 가능한 상하좌우 모두 같은 확률로 uniform random policy 이다. 그럴 경우 그림 2처럼 처음에 계산하게 될 것이다.

START	-1	-100	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-100	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-100	-100	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-100	-100	-1	-1	END

Highlight point (1,2) state

Up  $V_2(s) = 0.25 \times (-1 + -1)$

Down  $V_2(s) = 0.25 \times (-1 + -1)$

Left  $V_2(s) = 0.25 \times (-1 + 0)$

Right  $V_2(s) = 0.25 \times (-1 + -1)$

$\therefore V_2(s) = 3 \times 0.25 \times (-2) + 0.25 \times (-1) = -1.75$

그림 2. 처음 agent가 택하는 policy evaluation 계산 example

## □ Program implementation

### 1. Policy evaluation \_ random policy & all possible direction policy

Policy evaluation을 구현한다. Policy evaluation은 현재 주어진 Policy에 대한 value function(본 과제에서는 행렬)을 구하는 것이고, one step backup으로 구현한다. 아래 그림에서 k는 iteration number를 의미하고 one step씩 각 state의 value function을 update하는 과정이다. 4x4 grid world example로 예시를 들면 다음 그림 3과 같다.

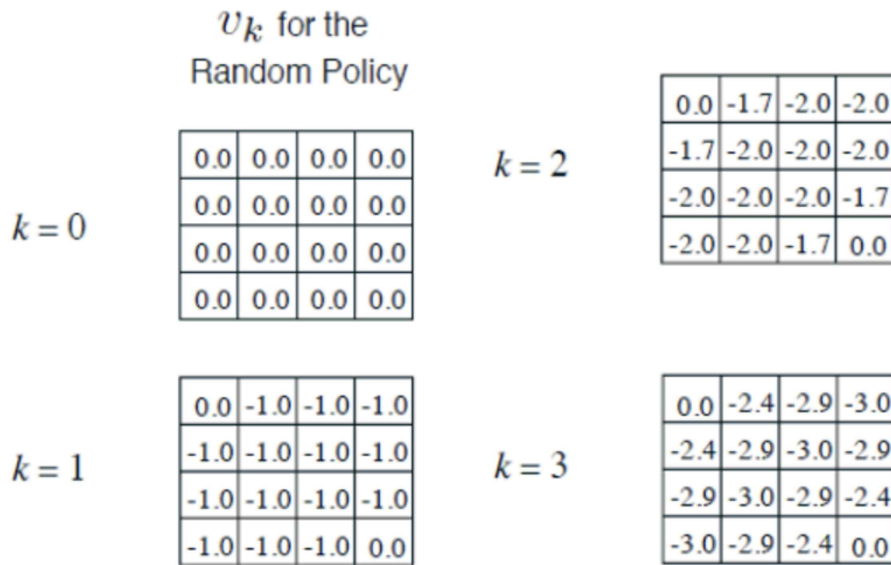


그림 3. Value function의 update과정

한 step씩 다음 식을 통해서 value function을 업데이트한다.

$$v_{k+1}(s) = \sum_{a \in \mathcal{A}} \pi(a|s) \left( \mathcal{R}_s^a + \gamma \sum_{s' \in \mathcal{S}} \mathcal{P}_{ss'}^a v_k(s') \right)$$

위 식을 수렴할 때까지 충분히 반복해 계산하면 현재 random policy에 대한 true value function을 구할 수 있다. 이번 과제에서는 위에서 제안한 7x7 grid world에서 다음과 같이 policy evaluation을 구현하는 것이 목표이다. Policy evaluation을 구현하고 Value function k의 값을 0,1,2,3과 같이 초반의 변하는 부분과 충분히 k의 값을 늘려 수렴하게 된 부분을 모두 캡처하여 보고서에 작성한다.

## 2. Policy Improvement

Iteration을 반복하며 true value function을 찾았다면, 이 policy를 따르는 것이 좋을지 안 좋을지를 판단하고 Policy를 update해야한다. 이를 통해서 현재 policy보다 더 나은 policy를 찾아가면 optimal policy에 가까워지게 되며, 이 과정을 Policy Improvement라고 한다. 널리 알려진 Greedy policy improvement를 구현한다. max값만을 선택하는 방법으로 policy evaluation에서 모든 state의 value값을 구해 놓았다면, 이제는 policy에 따른 action을 취해야한다. 즉 현재 state에서 가장 높은 곳으로 이동하는 action을 취하겠다는 의미이다.

위의 예제에서 이어서 설명하면, Highlight된 state에서 max값을 선택하여 Left 방향이 구해진 것을 확인할 수 있다.

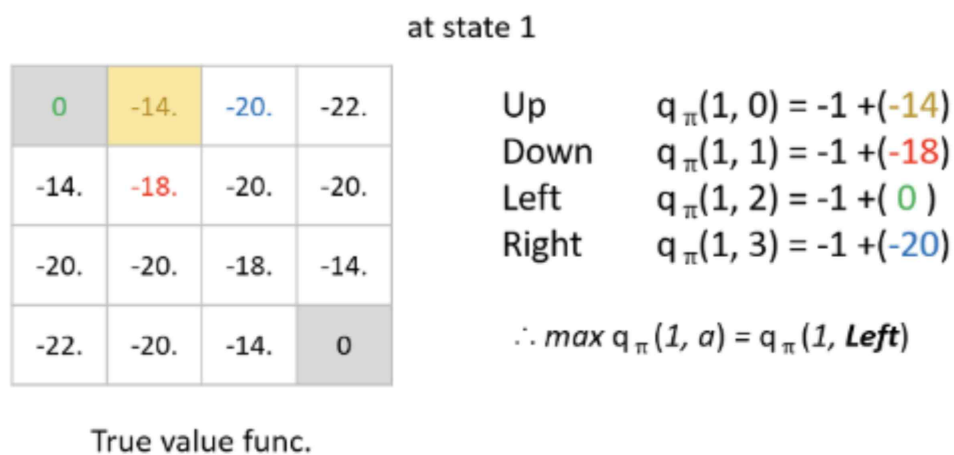


그림 4. True value function

이런 policy evaluation과 policy improvement를 반복하여 optimal policy를 찾게 된다. 이것을 Policy Iteration이라고 부르고, 위와 같이 제안된 7x7 grid world에서 기존의 계산한 policy evaluation의 true value function을 이용하여 policy과 업데이트 하고 각각 state에서의 action을 출력하여 보고서에 첨부한다.

### 3. Value Iteration

Value Iteration은 Bellman Optimality Eqn.을 이용하여 계산한다. Evaluation 과정에서 value function의 action을 취할 확률을 곱해서 합치는 것 대신에 max값을 취해서 greedy하게 value function을 구하는 것이 Value Iteration이다. 4x4 grid world에서 계산하는 예시를 들면 다음 그림 5와 같다.

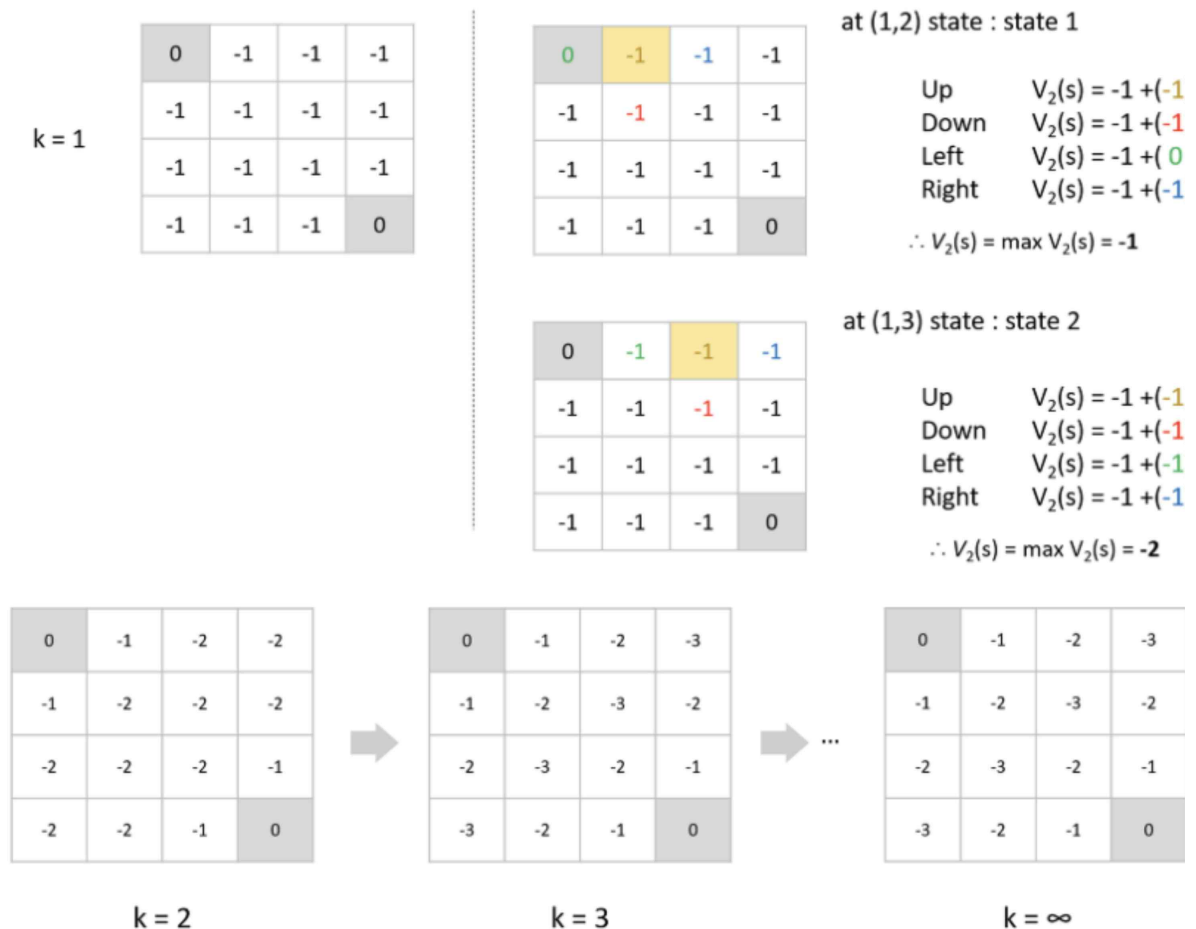


그림 5. Value Iteration

이와 같은 Value Iteration 방법을 과제에서 제안된 7x7 grid world로 구현하고, Value function을 k의 값이 0,1,2,3과 같이 초반의 변하는 부분과 충분히 k의 값을 늘려 수렴하게 된 부분을 모두 캡처하여 보고서에 작성한다.

## □ 채점 기준

코드 항목	점수	보고서 항목	점수
Utils의 implement 항목 구현	10	Introduction 항목 작성	4
Policy initialization 구현	10	Policy iteration, value iteration 설명	5
Policy evaluation 구현	15	Policy iteration 결과 단계별 캡처	8
Policy improvement 구현	15	Value iteration 결과 단계별 캡처	8
Value Iteration 구현	20	고찰 작성	5
합계:	70	합계	30

## □ 제출기한 및 제출방법

### ✓ 제출기한

- 2024년 11월 27일 23:59:58 까지 제출

- 추가제출기간: 2024년 11월 28일 00:00:00 ~ 2024년 12월 4일 23:59:59

※ 추가제출기간에는 채점 점수의 **80% 점수 부여**, 추가제출기간 이후에는 **과제점수 0점**

### ✓ 제출 방법

- 소스코드와 보고서 파일(pdf)을 함께 압축하여 제출

- KLAS -> 과제 제출 -> 압축 파일 제출

- 코드 파일은 제공된 ipynb 파일을 기반으로 작성

- 코드 파일의 'Implement' 항목을 구현

- 코드 파일의 'Given' 항목은 그대로 이용, 변경이 필요할 경우 코드 파일에 주석 작성, 보고서에도 설명 작성(consideration)

- 모든 그래프, 성능 표 등의 결과물은 ipynb 파일 상에서 한 번 이상 실행하고, **결과물이 파일에 남아있는 상태로 제출**

- Show results에 해당하는 코드를 그대로 사용하기 위해서는 **각 Iteration function 내에서 visualize\_map, visualize\_policy를 사용해** iteration 단계별 결과를 출력할 수 있음

### 제출 형식

- 파일 이름 : 학번\_AI\_project2.zip

### 보고서 작성 형식

- 보고서 내용은 한글로 작성
- 보고서에는 소스코드 캡처 화면을 포함하지 않음
- 채점 기준의 항목은 보고서 내용에 모두 포함되어야 합니다.
- 아래 각 항목을 모두 포함하여 작성
  - Introduction : 프로젝트 내용에 대한 설명
  - Algorithm : 프로젝트에서 이용된 Algorithms과 Method의 동작을 설명
  - Result : 결과 화면(그래프, 이미지)을 캡처하고 동작을 설명
  - Consideration : 고찰 작성