

## 기초인공지능 과제3: Bayes Nets

2022학년도 가을학기

### 목표

장님이 된 Pacman이 확률적으로 Ghost의 위치를 추론하여 잡는 게임을 구현한다. 해당 과제에서는 완전한 게임을 구현하지는 않고, 확률적 추론을 위한 기본적인 Bayes Nets 생성을 목표로 한다.

### 방법

과제란에 첨부된 homework3.zip 파일의 압축을 해제한 후 조건에 맞게 코드를 작성한다. 총 4개의 문제로 구성되며, 학생이 직접 수정해야하는 파일은 inference.py, factorOperations.py 파일이다.

### 채점기준

압축 해제 후 폴더에 존재하는 autograder.py를 이용하여 각 문제에 대한 정답 여부와 보고서. 첨부파일에서 주어진 test\_cases 폴더에 존재하는 테스트 케이스 이외의 케이스를 사용할 수 있다.

### 제출물

완료된 코드 압축 (zip), 보고서 (pdf). 파일명: homework3\_20221234.zip, homework3\_20221234.pdf

### Note1

해당 과제에서 완전한 팩맨 게임 구현을 요구하지는 않지만, 아래 명령어를 실행하여 대략적인 게임의 규칙을 익히는 것을 권고한다.

*python busters.py*

키보드를 이용하여 팩맨을 움직일 수 있고, 눈에 보이지 않는 4마리의 Ghost를 잡으면 게임이 종료된다. 게임판의 노란색 캐릭터가 팩맨이고 각 색깔로 표시된 범위는 해당 색깔의 Ghost가 존재할 수 있는 위치를 나타낸다. 거리는  $\pm 7$  noise가 포함된 Manhattan distance이다.

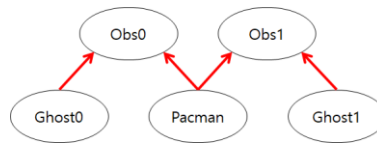


실행 예시

### Note2

설명 파일의 모든 내용(pdf파일)과 각 문제에 해당하는 부분의 코드(py파일)에 나온 주석을 반드시 숙지해야 과제 수행에 용이하다. 설명 파일에서 *blue italic font*로 표시된 것은 코드에서 주어진 변수이름을 의미한다.

**문제1: 아래 그래프와 설명에 따라 inference.py 파일의 constructBayesNet 함수 구현**  
 (함수 내부의 변수 및 역할 등은 bayesNet.py 파일의 printStarterBayesNet 함수 [반드시 참고](#))



- ① 위 그래프에 나타난 variables와 edges를 리스트 *variables*, *edges*에 추가한다. variable들은 위 그래프에서 각 node에 표시된 이름들이고, edge는 (from, to) 순서쌍의 tuple로 저장한다.
- ② 함수에서 주어진 *variableDomainsDict*를 완성한다.  
 해당 딕셔너리의 key는 ①에서 추가한 각 variable이다. 이 중 Pacman, Ghost0, Ghost1의 value는 게임판에서의 팩맨, 고스트0, 고스트1의 (x,y) 좌표이고, 함수 내에서 주어진 *X\_RANGE*, *Y\_RANGE* 변수를 활용하도록 한다. Obs0와 Obs1은 Ghost0과 Ghost1에 대한 observation을 의미한다. 각 observations의 value는 해당하는 고스트와 팩맨 사이의 거리  $\pm$  noise (default 7) 이다. 함수 내에서 주어진 *MAX\_NOISE* 변수를 활용한다.

아래 명령어를 실행하여 성공적인 해결 여부를 확인할 수 있다.

*python autograder.py -q q1*

**문제2: 아래 설명에 따라 factorOperations.py 파일의 joinFactors 함수 구현**

-입력(input): Factor로 구성된 리스트

\*Factor: 조건부 확률 테이블 (conditioned probability table, i.e., CPT)을 포함하는 data type

-출력(output): input factors의 join결과로 나온 새로운 Factor

-입출력 예시 참고

$$\begin{aligned}
 \text{joinFactors}(P(X|Y), P(Y)) &= P(X, Y) \\
 \text{joinFactors}(P(V, W|X, Y, Z), P(X, Y|Z)) &= P(V, W, X, Y|Z) \\
 \text{joinFactors}(P(X|Y, Z), P(Y)) &= P(X, Y|Z) \\
 \text{joinFactors}(P(V|W), P(X|Y), P(Z)) &= P(V, X, Z|W, Y)
 \end{aligned}$$

-아래 명령어를 실행하여 성공적인 해결 여부를 확인할 수 있다.

*python autograder.py -q q2*

-Hint

\*입력 Factor 리스트에 들어있는 모든 Factor들의 variableDomainsDict는 동일하다.

\*출력 Factor를 새롭게 구성하기 위해 이용되는 unconditionedVariables와 conditionedVariables를 얻는 방법은 위 입출력 예시에서 규칙을 발견하여 일반화할 수 있다.

\*새롭게 구하는 CPT (출력 Factor)의 각 확률값은 각각 해당하는 부분을 입력 Factor들에서 찾고 곱하여 계산한다.

### 문제3: 아래 설명에 따라 factorOperations.py 파일의 eliminate 함수 구현

-입력(input): 1개의 Factor, 제거할 variable (문자열)

-출력(output): 입력에서 주어진 Factor에서 해당 variable을 제거한 새로운 Factor

-입출력 예시 참고

$$\text{eliminate}(P(X,Y|Z),Y) = P(X|Z)$$

$$\text{eliminate}(P(X,Y|Z),X) = P(Y|Z)$$

-아래 명령어를 실행하여 성공적인 해결 여부를 확인할 수 있다.

```
python autograder.py -q q3
```

-Hint

\*제거 후 출력되는 Factor는 기본적으로 Factor가 갖추어야 할 요건을 모두 갖추어야 한다. 즉, 새롭게 생성하는 Factor의 unconditionedVariable, conditionedVariable, variableDomainsDict, CPT를 올바르게 구성한다. 특히 CPT의 probability의 계산에 신경 쓰도록 한다.

\*제거되는 variable은 반드시 unconditioned variable 중 하나이다.

### 문제4: 아래 설명에 따라 inference.py 파일의 inferenceByVariableElimination 함수 구현

-입력(input): 1개의 BayesNet, query variable (문자열), evidence dictionary, elimination order (문자열 리스트)

-출력:  $P(\text{query variable}|\text{evidence dictionary})$ 에 해당하는 CPT를 가진 새로운 Factor

-아래 명령어를 실행하여 성공적인 해결 여부를 확인할 수 있다.

```
python autograder.py -q q4
```

-Hint

\*동일 파일 내의 inferenceByEnumeration 함수 참고

\*inferenceByEnumeration에서는 join을 모두 마친 후에 elimination을 진행한 반면, 문제4의 함수에서는 한 variable에 대해 join과 elimination을 순차적으로 진행한다.

## 보고서 작성 (분량 3페이지 이내 – 아래 작성할 내용만 포함)

문제2, 3, 4에 대한 내용이 보고서에 포함되지 않거나 올바르지 않은 경우, 해당 문제의 코드가 정상적으로 실행되더라도 해당 문제에 대한 점수를 0점으로 간주한다. 즉, 오프소스 코드 참고는 허용하되 본인이 이해하지 못한 것으로 판단되면 해당 문제 0점 처리

포함될 내용 (코드는 포함하지 않는다.)

### 1. 문제2에서 새로운 출력 Factor의 unconditionedVariable과 conditionedVariable 구하는 방법

(①, ② 중 택1)

- ① 수식을 이용하여 모든 케이스에 대해 일반화할 수 있는 증명을 작성
- ② 증명이 어려운 경우 아래 케이스들에 대해 출력 Factor의 unconditionedVariable과 conditionedVariable을 구하는 과정과 그 결과를 작성

$joinFactors(P(A, B, C, D, E, F | K, L, M, N), P(C, D, E, K, M | A, C, F))$   
 $joinFactors(P(U, V, X, Y | Z, M, Q, B), P(Z, M, U, X, Q | Y, V, A, B))$   
 $joinFactors(P(X, K, V | L, E, S, F), P(R, S, U | K, V, L))$

### 2. 다음과 같은 CPT (Factor)가 주어졌을 때 unconditioned variable L을 제거하는 과정 서술

문제3에서 본인이 작성한 코드의 흐름을 따라가면서 설명 (코드를 포함하지는 마세요.)

Given CPT:  $P(V, W, L)$

Output CPT:  $P(V, W)$

V	W	L	Prob.
Taxi	Sun	Yes	0.0135
Taxi	Sun	no	0.0315
Taxi	Rain	Yes	0.012
Taxi	Rain	no	0.008
Bus	Sun	Yes	0.162
Bus	Sun	no	0.378
Bus	Rain	Yes	0.018
Bus	Rain	no	0.012
Subway	Sun	Yes	0.0945
Subway	Sun	no	0.2205
Subway	Rain	Yes	0.03
Subway	Rain	no	0.02

### 3. 문제4를 정상적으로 수행한 후 출력되는 output Factor에서 query variable과 evidence dictionary의 역할 또는 의미 서술

#### Minor Hint

test\_cases 폴더의 각 문제에 대한 .test, .solution 파일의 입출력 예시를 참고하면 매우 도움된다.