UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA

Intelligenza Artificiale

Decisioni Semplici

a.a. 2019/2020

Outline

- Decidere in condizioni di incertezza
- La teoria dell'utilità: le basi
- Funzioni di utilità multi-attributo
- Reti di decisione
- Il valore delle informazioni
- Sistemi esperti basati sulla teoria delle decisioni

Outline

- Decidere in condizioni di incertezza
- La teoria dell'utilità: le basi
- Funzioni di utilità multiattributo
- Reti di decisione
- Il valore delle informazioni
- Sistemi esperti basati sulla teoria delle decisioni

Un agente basato sulla teoria delle decisioni

- Un agente che sceglie razionalmente l'azione da intraprendere in base a ciò che crede e desidera, combinando
  - La teoria dell'utilità
  - La teoria della probabilità
- Esso potrà operare in contesti in cui un agente puramente logico non riesce ad arrivare ad alcuna decisione
  - Incertezza e conflitti tra obiettivi contrastanti

Decidere in termini di utilità

Per giudicare ciò che si deve fare per ottenere un bene o evitare un male è necessario considerare non solo il bene e il male in sé, ma anche la probabilità che accada o no; e guardare geometricamente la proporzione che tutte queste cose hanno nell'insieme

[Arnauld, *La logica di Port-Royal*, 1662]

- Secondo lo stesso principio nei testi moderni si parla di utilità

Funzioni di utilità

- Le preferenze di un agente tra gli stati del mondo sono rappresentate da una funzione di utilità
  - Esprime con un singolo valore la desiderabilità di uno stato
- Combinando le utilità con le probabilità degli esiti delle azioni si ottiene l'utilità attesa (EU) di ogni azione
  - $\mathrm{U}(S)$: l'utilità dello stato S per l'agente
  - A: azione non deterministica
  - $\mathit{Risultato}_{\mathrm{i}}(\mathrm{A})$: i-esimo stato di uscita tra quelli possibili
  - E: riassume le prove disponibili riguardo al mondo
  - $\mathit{Do}(\mathrm{A})$: la proposizione che afferma che viene eseguita A

$$\mathrm{EU}(\mathrm{A}|\mathrm{E}) = \sum_{\mathrm{i}} \mathrm{P}(\mathit{Risultato}_{\mathrm{i}}(\mathrm{A})|\mathit{Do}(\mathrm{A}),\mathrm{E})\ \mathrm{U}(\mathit{Risultato}_{\mathrm{i}}(\mathrm{A}))$$

Massima utilità attesa

- Un agente razionale deve scegliere l'azione che massimizza la sua utilità attesa
  - Principio della massima utilità attesa (MEU)
- Tutto ciò che deve fare un agente intelligente è calcolare le varie quantità e massimizzare l'utilità delle sue azioni
- Benché sia vero che il principio MEU definisce l'azione giusta da prendere in ogni contesto decisionale
  - I calcoli potrebbero essere proibitivi
  - Talvolta è difficile formulare completamente il problema
- Ci limiteremo a concentrarci su decisioni semplici

Outline

- Decidere in condizioni di incertezza
- La teoria dell'utilità: le basi
- Funzioni di utilità multiattributo
- Reti di decisione
- Il valore delle informazioni
- Sistemi esperti basati sulla teoria delle decisioni

La teoria dell’utilità

- Un agente razionale potrebbe avere una struttura di preferenze troppo complessa per essere rappresentata semplicemente da un singolo valore reale per ogni stato
  - Perché dovrebbe essere così speciale massimizzare l’utilità media?
  - Un agente non potrebbe agire razionalmente esprimendo una preferenza tra gli stati, anziché assegnare loro dei valori numerici?
  - Perché dovrebbe esistere una funzione di utilità con le proprietà richieste?

Vincoli su preferenze razionali

- È possibile scrivere alcuni vincoli sulle preferenze che un agente razionale dovrebbe rispettare
  - Partendo da tali vincoli si può derivare il principio MEU

- Per descrivere le preferenze usiamo la seguente notazione
  - $A \succ B$ — A è preferita a B
  - $A \sim B$ — L'agente è indifferente tra A e B
  - $A \succsim B$ — L'agente preferisce A a B o è indifferente

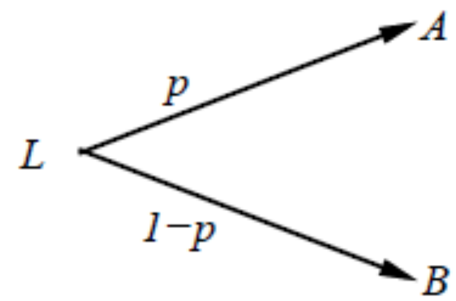
Lotterie

- Cosa sono A e B?
  - Caso deterministico: A e B saranno gli stati di uscita di tali azioni, concreti e pienamente specificati
  - Caso non deterministico: A e B saranno lotterie
- Una lotteria è una distribuzione di probabilità su un insieme di stati di uscita (i "premi" della lotteria stessa)
  - L lotteria
  - $C_1, \ldots, C_n$ le possibili uscite
  - $p_1, \ldots, p_n$ probabilità associate alle uscite

$$L = [p_1, C_1; p_2, C_2; \ldots\ p_n, C_n]$$

Lotterie

- Esempio
  - L = [p, A; (1-p), B]



- Un uscita della lotteria può essere
  - Uno stato atomico
  - Un'altra lotteria

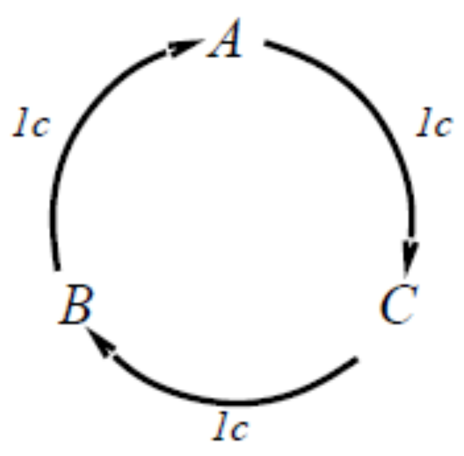
- Una lotteria con un unico stato atomico di uscita può essere rappresentata sia con [1, A] o direttamente con A

Vincoli su relazione di preferenza

- Nella teoria dell'utilità è necessario imporre vincoli sulla relazione di preferenza
  - Ordinabilità
    - $(A \succ B) \vee (B \succ A) \vee (A \sim B)$
  - Transitività
    - $(A \succ B) \wedge (B \succ C) \Rightarrow (A \succ C)$
  - Continuità
    - $A \succ B \succ C \Rightarrow \exists p\, [p, A; (1\text{-}p), C] \sim B$
  - Sostituibilità
    - $A \sim B \Rightarrow [p, A; (1\text{-}p), C] \sim [p, B; (1\text{-}p), C]$
  - Monotonicità
    - $A \succ B \Rightarrow (p \geq q \Leftrightarrow [p, A; (1\text{-}p), B] \gtrsim [q, A; (1\text{-}q), B])$
  - Scomponibilità
    - $[p, A; (1\text{-}p), [q, B; (1\text{-}q), C]] \sim [p, A; (1\text{-}p)q, B; (1\text{-}p)(1\text{-}q), C]$

Contraddire le relazioni di preferenza

- Violare i vincoli sulle relazioni di preferenza porta ad un comportamento non razionale
  - Esempio: un agente con preferenze non transitive può essere indotto a dare via tutto il suo denaro
  - Se $B \succ C$, allora un agente che ha C avrebbe pagato 1 centesimo per avere B
  - Se $A \succ B$, allora un agente che ha B avrebbe pagato 1 centesimo per avere A
  - Se $C \succ A$, allora un agente che ha A avrebbe pagato 1 centesimo per avere C



… e poi ci fu l'Utilità

- Gli assiomi della teoria dell'utilità non dicono nulla sull'utilità stessa (si riferiscono alle preferenze)
  - L'esistenza di una funzione di utilità è conseguenza degli assiomi di utilità

1. Principio di utilità
   - Se le preferenze di un agente obbediscono agli assiomi di utilità, allora esiste una funzione a valori reali U applicabile agli stati tale che
     - $U(A) > U(B) \Leftrightarrow A \succ B$
     - $U(A) = U(B) \Leftrightarrow A \sim B$

… e poi ci fu l'Utilità

- Gli assiomi della teoria dell'utilità non dicono nulla sull'utilità stessa
  - L'esistenza di una funzione di utilità è conseguenza degli assiomi di utilità

2. Principio della massima utilità attesa
   - L'utilità di una lotteria è la somma delle probabilità di ogni uscita moltiplicata per l'utilità di tale uscita

$$U([p_1, S_1; \ldots; \; p_n, S_n]) = \sum_i \; p_i U(S_i)$$

- Una volta che sono state specificate le probabilità e le utilità di tutti i possibili stati di uscita, l'utilità della lotteria che coinvolge quegli stati è completamente determinata

L'utilità del denaro

- Se restringiamo l'attenzione alle sole azioni che influenzano la quantità di denaro posseduta da un agente
  - Sebbene gli agenti mostrano una preferenza monotona per il denaro
  - Il denaro non si comporta come una funzione di utilità
- Data una lotteria L con valore monetario atteso $EMV(L)$, di solito $U(L)<U(EMV(L))$
  - Le persone sono avverse al rischio
  - Si preferisce un guadagno sicuro, anche se è inferiore al valore monetario atteso di una scommessa

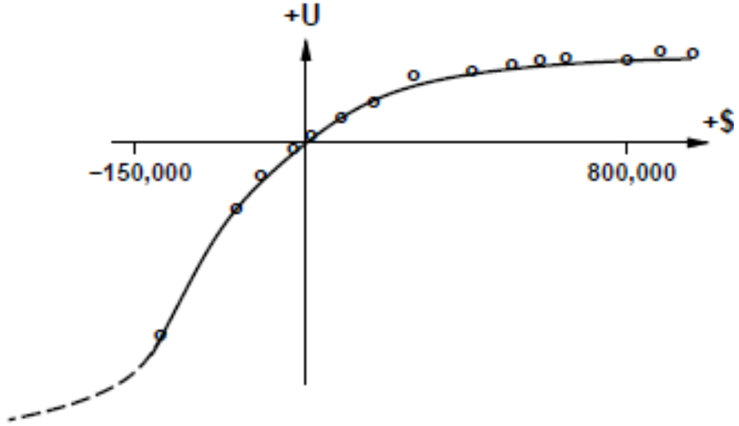
L'utilità del denaro

- Curva di utilità

  Per quale probabilità p si resta indifferenti tra un premio sicuro x e una lotteria $[p, \$M; (1-p), \$0]$ per grandi M?

- Grayson (1960) trovò che l'utilità del denaro era quasi esattamente proporzionale al logaritmo della quantità
- Mr. Beard ha riportato dati empirici sull'intervallo [-150.000, +800.000] mediante la curva

$$U(S_{k+n}) = -263{,}31 + \\ + 22{,}09 \log(n + 150.000)$$



Scale e valutazioni di utilità

- Una procedura per la valutazione delle utilità consiste nello stabilire una scala con
  - "Il miglior premio possibile" in $U(S) = u_{\top}$
  - "La peggior catastrofe possibile" in $U(S) = u_{\perp}$
- Le utilità normalizzate potranno utilizzare una scala con $u_{\perp}=0$ e $u_{\top}=1$
- Per valutare le utilità intermedie si può chiedere all'agente di indicare una preferenza tra un dato stato di uscita A e la lotteria standard $L_p = [p, u_{\top}; (1\text{-}p), u_{\top}]$
  - La probabilità p viene quindi "tarata" fino a quando $A \sim L_p$

Scale e valutazioni di utilità

- È sempre possibile trasformare una funzione di utilità $U(S)$ in

$$U'(S) = k_1 + k_2\, U(S)$$

  - dove k_1 è una costante qualsiasi e k_2 una costante positiva
- Questa trasformazione lineare non modifica il comportamento dell'agente
- In contesti deterministici (senza lotterie) potrà essere determinata soltanto una funzione ordinale di utilità
  - Un ordinamento totale tra gli stati

Outline

- Decidere in condizioni di incertezza
- La teoria dell’utilità: le basi
- Funzioni di utilità multiattributo
- Reti di decisione
- Il valore delle informazioni
- Sistemi esperti basati sulla teoria delle decisioni

Teoria dell'utilità multiattributo

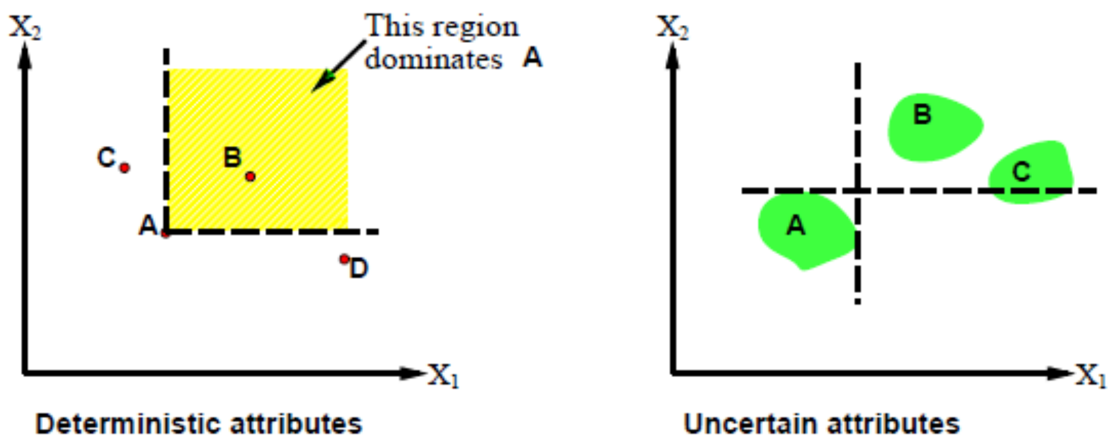
- Per decidere la posizione di un nuovo aeroporto si devono considerare
  - I disagi causati dalla sua costruzione
  - Il costo del terreno
  - La distanza dai centri popolati
  - Il rumore causato dagli aerei
  - I problemi di sicurezza legati alla topografia locale e al clima
  - …
- Problemi come questi, in cui le conseguenze sono caratterizzate da due o più attributi, sono argomento della teoria dell'utilità multiattributo

Utilità multiattributo

- Notazione
  - Attributi: $X = X_1, \ldots, X_n$
  - Vettore completo di assegnamenti: $x = <x_1, \ldots, x_n>$
- Assunzioni di base generali
  - Ogni attributo avrà valori discreti o continui scalari
  - A valori più alti dell'attributo corrisponderà un'utilità maggiore
    - Per il problema del rumore degli aerei useremo come attributo *AssenzaDiRumore*
  - In alcuni casi potrebbe essere utile suddividere il dominio dei valori in più intervalli, in modo che l'utilità vari monotonicamente all'interno di ognuno di essi

Dominanza stretta

- Se tutti gli attributi di un'opzione (A) hanno un valore inferiore a quelli di un'altra (B), non è necessario considerare ulteriormente la prima opzione
  - Esiste una dominanza stretta di B su A

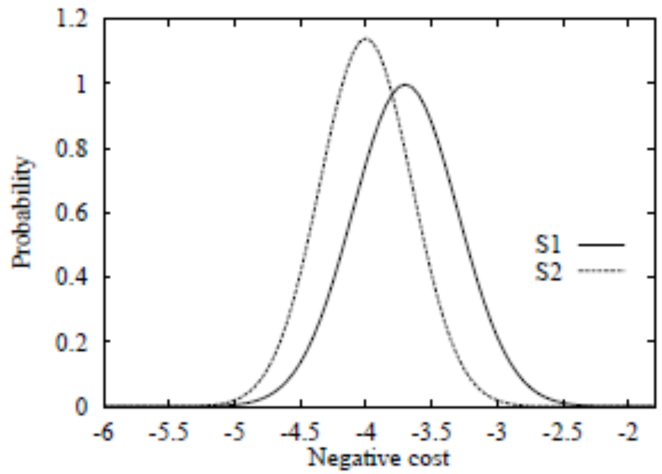


- La dominanza stretta è spesso utile per sfoltire il campo delle scelte riducendo alle possibilità realmente interessanti

Dominanza stocastica

- In molti problemi reali diventa più utile usare una definizione più generale di dominanza, chiamata dominanza stocastica
  - Il costo della costruzione dell'aeroporto
    - Posizione S_1: [2,8; 4,8] Mld di euro (uniformemente distribuito)
    - Posizione S_2: [3; 5,2] Mld di euro (uniformemente distribuito)

S_1 domina stocasticamente S_2



Dominanza stocastica

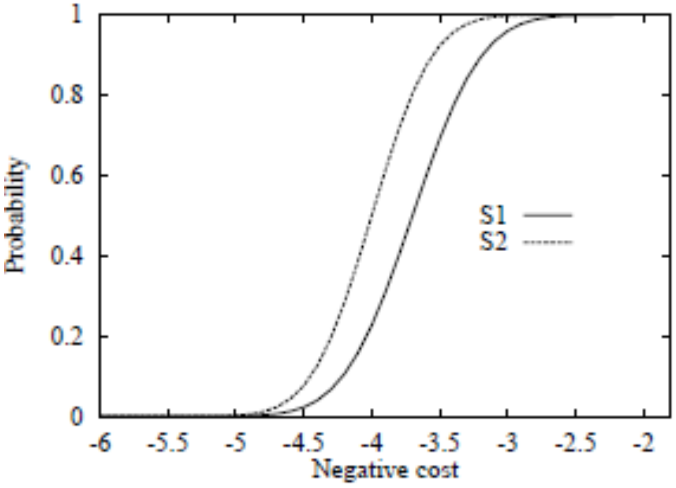
- La relazione esatta tra le distribuzioni degli attributi affinché ci sia una dominanza stocastica si comprende meglio considerando le distribuzioni cumulate
  - La distribuzione cumulata misura la probabilità che il costo sia inferiore o uguale ad una quantità data
  - È l'integrale della distribuzione originale

Azioni: S_1 e S_2

Distribuzioni: $p_1(x)$ e $p_2(x)$ su X

S_1 domina S_2 sse

$$\forall x \int_{-\infty}^{x} p_1(x')dx' \leq \int_{-\infty}^{x} p_2(x')dx'$$



Dominanza stocastica

- L'importanza della definizione di dominanza stocastica per la scelta di decisioni ottime deriva dalla seguente proprietà

  Se S_1 domina stocasticamente S_2, allora l'utilità attesa di S_1 è almeno pari a quella di S_2 per qualsiasi funzione di utilità $U(x)$ monotonicamente non decrescente

- La condizione di dominanza stocastica potrebbe sembrare difficile da valutare senza complessi calcoli probabilistici
- Tuttavia, essa può essere determinata senza l'utilizzo delle distribuzioni esatte usando un ragionamento qualitativo
  - Il costo dell'aeroporto cresce in base distanza dalla città:
    - Se S_1 è più vicino di S_2 alla città $\Rightarrow$ S_1 stocasticamente domina S_2 sul costo

Preferenze e utilità multiattributo

- Supponiamo di avere n attributi, ognuno con d possibili valori distinti
  - Per specificare una funzione di utilità completa $U(x_1, \ldots, x_n)$, nel caso pessimo, sono necessari d^n valori
- Il caso pessimo corrisponde ad una situazione in cui le preferenze dell'agente non hanno alcuna organizzazione
- Idea di base
  - Identificare le regolarità nel comportamento decisionale e sfruttare i teoremi di rappresentazione per mostrare che una agente ha una funzione di utilità

$$U(x_1, \ldots, x_n) = f\,[f_1(x_1), \ldots, f_n(x_n)]$$

Preferenze senza incertezza

- Negli ambienti deterministici l'agente ha una funzione valore $V(x_1, \ldots, x_n)$
  - L'obiettivo è rappresentare tale funzione in modo conciso
- La regolarità principale che si può sfruttare è l'indipendenza delle preferenze
  - Due attributi X_1 e X_2 sono indipendenti per la preferenza da un terzo attributo X_3 sse la preferenza tra $<x_1, x_2, x_3>$ e $<x'_1, x'_2, x_3>$ non dipende dal valore x_3
- Esempio: gli attributi (*Rumore*, *Costo*, *Morti*) per l'aeroporto
  - <20000 persone che subiscono, 4,0 Mln, 0.06 morti/Mln miglia>
  - <70000 persone che subiscono, 3,7 Mln, 0.06 morti/Mln miglia>

Preferenze senza incertezza

- Teorema (Leontief, 1947):
  - se ogni coppia di attributi è indipendente per la preferenza dal suo complemento, allora ogni sottoinsieme di attributi è indipendente per la preferenza dal suo complemento (indipendenza mutua per la preferenza, MPI)
- Teorema (Debreu, 1960):
  - se gli attributi $X_1, \ldots, X_n$ sono MPI allora esiste una funzione di valore additiva

$$V(x_1, \ldots, x_n) = \sum_i V_i(x_i)$$

dove ogni V_i è una funzione valore che si riferisce all'attributo X_i

Preferenze con incertezza

- Negli ambienti in cui è presente incertezza è necessario
  - considerare la struttura delle preferenze tra lotterie, e
  - comprendere le proprietà risultanti delle funzioni di utilità
- La nozione di base è l'indipendenza per utilità
  - Un insieme di attributi X è indipendente per utilità da un insieme di attributi Y se le preferenze tra le lotterie in X sono indipendenti dai particolari valori y di Y
- Indipendenza mutua per utilità (MUI)
  - se ogni sottoinsieme è MUI dal suo complemento allora esiste una funzione di utilità moltiplicativa (*caso* $|X|=3$)

$$U = k_1U_1+k_2U_2+k_3U_3+k_1k_2U_1U_2+k_2k_3U_2U_3+k_3k_1U_3U_1+k_1k_2k_3U_1U_2U_3$$

Outline

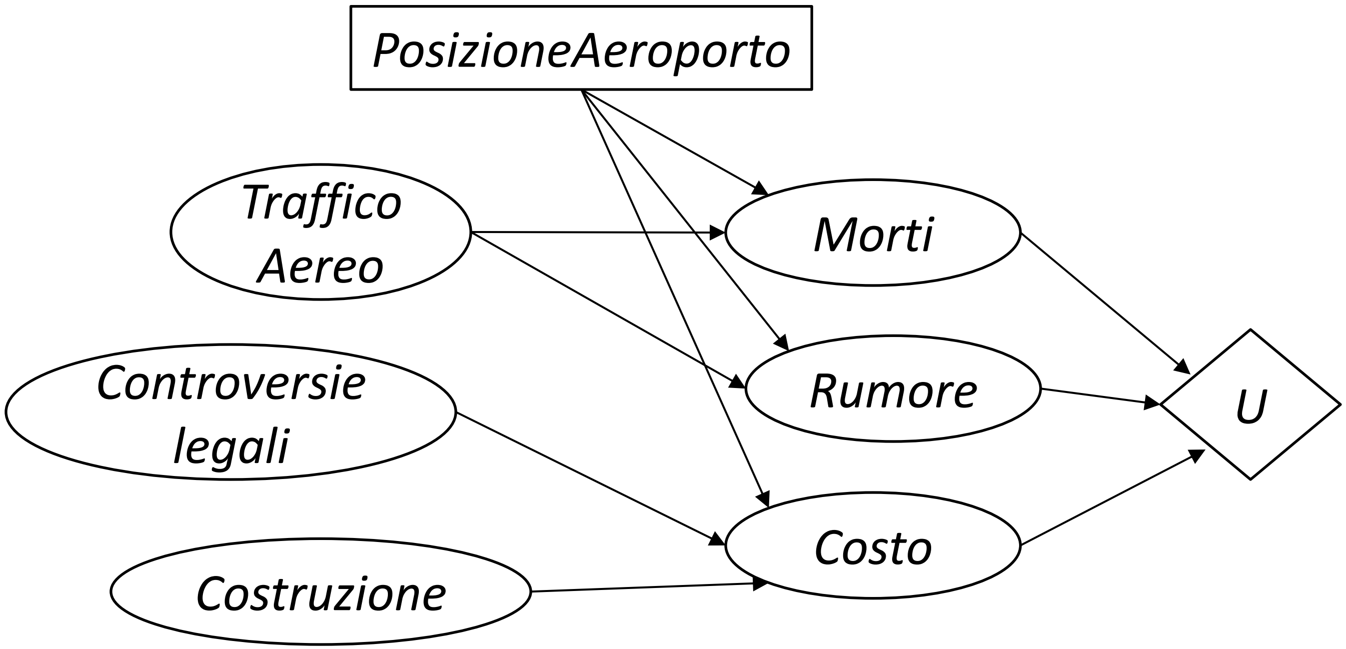
- Decidere in condizioni di incertezza
- La teoria dell'utilità: le basi
- Funzioni di utilità multiattributo
- Reti di decisione
- Il valore delle informazioni
- Sistemi esperti basati sulla teoria delle decisioni

Reti di decisione

- Una rete di decisione rappresenta informazioni su
  - lo stato corrente dell'agente,
  - le possibili azioni che può intraprendere l'agente,
  - gli stati risultanti dalle azioni
  - l'utilità delle azioni
- La rete di decisione rappresenta una base ideale per implementare agenti basati sull'utilità
- Rappresentazione
  - Nodi di possibilità → ovali
  - Nodi di decisione → rettangoli
  - Nodi di utilità → rombi

Una semplice rete di decisione

- Una semplice rete di decisione per il problema della posizione dell'aeroporto



Tipi di nodi

- I nodi di possibilità rappresentano variabili casuali
  - L'agente potrebbe essere incerto riguardo al costo di costruzione, il livello di traffico aereo e delle conseguenti controversie legali
  - Le variabili *Morti*, *Rumore* e *Costo* dipendono anche dalla posizione scelta
- I nodi di decisione rappresentano punti in cui scegliere un'azione
  - *PosizioneAeroporto* può assumere un valore diverso per ogni sito preso in considerazione
- I nodi di utilità rappresentano la funzione di utilità dell'agente

Valutazione delle reti di decisione

- Le azioni sono selezionate valutando la rete per ogni possibile configurazione del nodo di decisione
- Una volta che il suo valore è fissato si comporta esattamente come un nodo di possibilità
- L'algoritmo di valutazione è il seguente:
  1. Imposta le variabili di prova per lo stato corrente.
  2. Per ogni possibile valore del nodo di decisione:
     a. assegna tale valore al nodo di decisione;
     b. calcola le probabilità a posteriori dei nodi genitori del nodo di utilità con un algoritmo standard di inferenza probabilistica;
     c. calcola l'utilità risultante dell'azione.
  3. Restituisci l'azione con utilità più alta.

Outline

- Decidere in condizioni di incertezza
- La teoria dell'utilità: le basi
- Funzioni di utilità multiattributo
- Reti di decisione
- Il valore delle informazioni
- Sistemi esperti basati sulla teoria delle decisioni

Il valore delle informazioni

- Molto spesso non tutta l'informazione disponibile viene fornita all'agente
- Per un agente diventa necessario scegliere quali informazioni ottenere (teoria del valore dell'informazione)
- Esempio

Una compagnia petrolifera desidera acquisire uno tra n blocchi per la trivellazione oceanica, sapendo che solo uno contiene petrolio per un valore di C dollari. Il prezzo di ogni blocco è C/n dollari. Un consulente si offre di effettuare un'indagine approfondita per stabilire se un blocco contiene il petrolio o no. Quanto si dovrebbe pagare?

Il valore delle informazioni

Quanto si dovrebbe pagare?

- Calcolo del valore atteso data l'informazione
  - Con probabilità $1/n$ il blocco considerato conterrà il petrolio, e il conseguente acquisto porterà ad un profitto pari a

$$C - C/n = (n\text{-}1)C/n$$

  - Con probabilità $(n\text{-}1)/p$ il blocco considerato non conterrà il petrolio, per cui il profitto atteso della compagnia diventa

$$C/(n\text{-}1) - C/n = C/n(n\text{-}1)$$

- Il profitto atteso data l'informazione dal consulente è

$$1/n \times (n\text{-}1)C/n + (n\text{-}1)/p \times C/n(n\text{-}1) = C/n$$

  - La compagnia per avere l'informazione dovrebbe pronta a pagare fino a quanto il blocco stesso

Una formula generale

- È possibile derivare una formula generale che esprima il valore dell'informazione perfetta (VPI)
  - E la conoscenza corrente dell'agente
  - α il valore dell'azione migliore corrente
- Il valore dell'azione corrente è definita da

$$\mathrm{EU}(\alpha|\mathrm{E}) = \max_{\mathrm{A}} \textstyle\sum_{\mathrm{i}} \mathrm{U}(\mathit{Risultato}_{\mathrm{i}}(\mathrm{A}))\, \mathrm{P}(\mathit{Risultato}_{\mathrm{i}}(\mathrm{A})|\mathit{Do}(\mathrm{A}),\mathrm{E})$$

- Supponiamo di conoscere la prova $\mathrm{E_j}$ il valore della nuova azione sarà

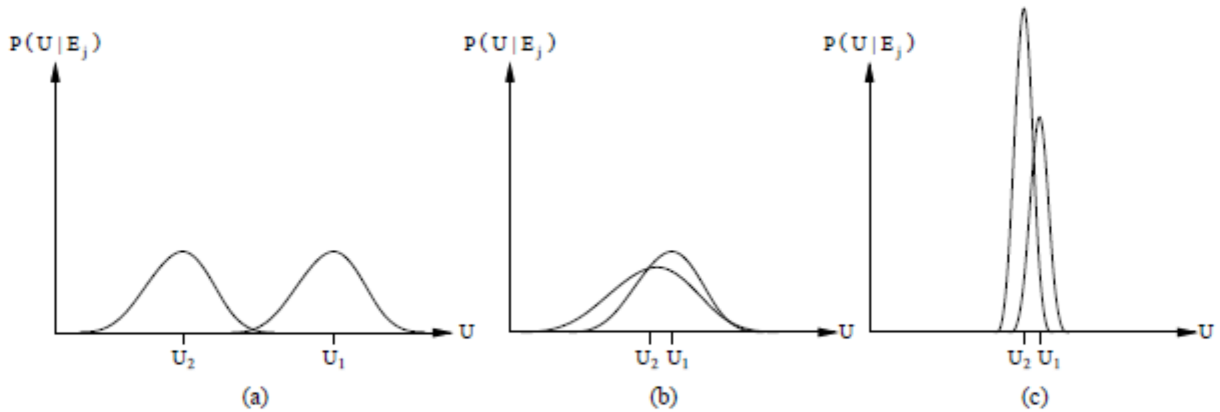
$$\mathrm{EU}(\alpha_{\mathrm{E_j}}|\mathrm{E}, \mathrm{E_j}) = \max_{\mathrm{A}} \textstyle\sum_{\mathrm{i}} \mathrm{U}(\mathit{Risultato}_{\mathrm{i}}(\mathrm{A}))\, \mathrm{P}(\mathit{Risultato}_{\mathrm{i}}(\mathrm{A})|\mathit{Do}(\mathrm{A}),\mathrm{E}, \mathrm{E_j})$$

Una formula generale

- È possibile derivare una formula generale che esprima il valore dell'informazione perfetta (VPI)
  - E la conoscenza corrente dell'agente
  - α il valore dell'azione migliore corrente
- Il valore della credenza E_j data l'informazione corrente E allora è definito come
  - Considerando che E_j è una variabile casuale il cui valore è "attualmente" sconosciuto
    - è necessario fare la media su tutti i possibili valori e_{jk} di E_j usando le nostre credenze correnti sul suo valore

$$VPI_E(E_j) = \left(\sum_k P(E_j = e_{jk} | E) EU(\alpha_{e_{jk}} | E, E_j = e_{jk})\right) - EU(\alpha | E)$$

Casi generici del valore dell'informazione



a) A_1 rimarrà quasi certamente superiore ad A_2, per cui l'informazione è superflua
b) La scelta non è chiara, l'informazione diventa cruciale
c) La scelta non è chiara, ma da momento che non c'è molta differenza, l'informazione ha meno valore

Proprietà del valore dell'informazione

- *Il valore dell'informazione perfetta è non negativo*
  - $\forall_j, E \;\; VPI_E(E_j) \geq 0$
- *Il valore dell'informazione perfetta non è una quantità additiva*
  - $\forall_j, E \;\; VPI_E(E_j, E_k) \neq VPI_E(E_j) + VPI_E(E_k)$
- *Il valore dell'informazione perfetta è indipendente dall'ordine di acquisizione*
  - $VPI_E(E_j, E_k) =$
    $$VPI_E(E_j) + VPI_{E,E_j}(E_k) = VPI_E(E_k) + VPI_{E,E_k}(E_k)$$

Un agente "miope" che raccoglie informazione

- L'agente opera selezionando ripetutamente l'osservazione con il più alto valore dell'informazione, finché il costo dell'osservazione successiva supera il beneficio atteso

```
fuction AGENTE-RACCOLTA-INFORMAZIONE(percezione) returns un'azione
    static: D, una rete di decisione

    integra percezione in D
    j ← il valore che massimizza VPI(E_j) - COSTO(E_j)
    if VPI(E_j) ≥ COSTO(E_j)
        then return RICHIEDI(E_j)
    else return la migliore azione in base a D
```

- Il controllo miope sfrutta la formula del VPI senza "guardare in là", calcolando sempre il valore dell'informazione come se stesse acquisendo una sola variabile di prova

Outline

- Decidere in condizioni di incertezza
- La teoria dell'utilità: le basi
- Funzioni di utilità multiattributo
- Reti di decisione
- Il valore delle informazioni
- Sistemi esperti basati sulla teoria delle decisioni

Analisi delle decisioni

- Tra gli anni ’50 e ‘60 si è sviluppato il campo dell’analisi delle decisioni
  - L’applicazione della teoria delle decisioni a problemi reali che può essere utilizzata in domini complessi (business, governo, diagnosi medica, …)
- Il processo richiede un attento studio delle azioni possibili e dei loro esisti, così come le preferenze
- Nell’analisi delle decisioni di solito ci sono due ruoli
  - Il decisore: enuncia le preferenze tra le uscite delle azioni
  - L’analista delle decisioni: enumera le azioni possibili e le loro uscite e ottiene le preferenze dal decisore per determinare il miglior corso d’azione

I sistemi esperti nella storia

- Inizialmente i sistemi basati sulla teoria delle decisioni raccomandavano un corso d'azione preciso
  - Operavano per mezzo di regole condizione-azione, e
  - non contenevano rappresentazioni esplicite delle uscite delle preferenze
- La comparsa delle reti di decisione ha reso possibile sviluppare sistemi esperti in grado di raccomandare una decisione ottima in base
  - alle prove disponibili, e
  - alle preferenze dell'utente

Ingegneria della conoscenza di sistemi esperti

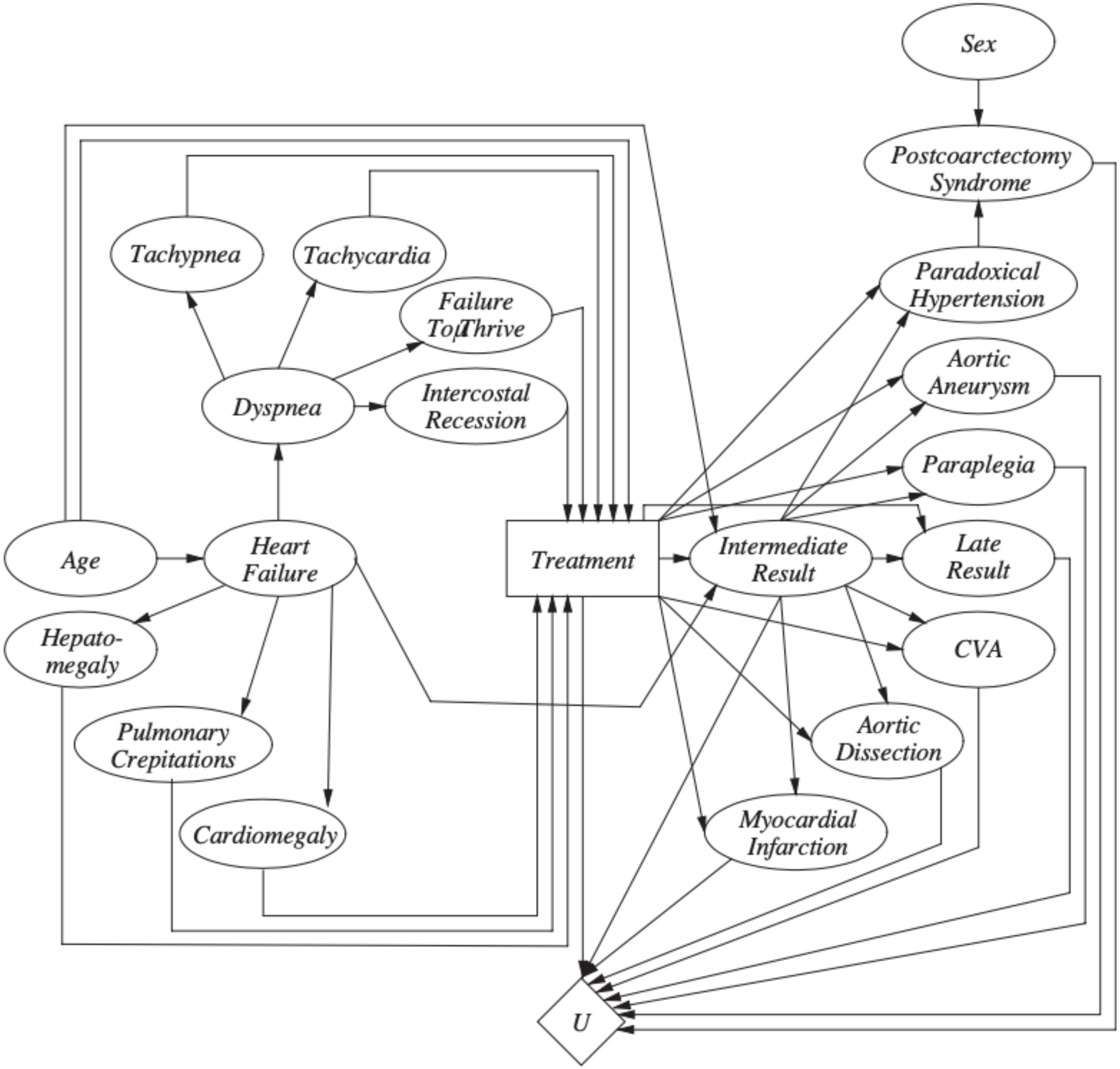
- È possibile costruire un sistema esperto basato sulla teoria delle decisioni con l'aiuto di una squadra formata da
  - un esperto del dominio
  - un ingegnere della conoscenza
- Il processo di sviluppo può essere suddiviso nelle seguenti fasi
  1. Creare un modello casuale
  2. Ridurre il modello casuale a un modello decisionale qualitativo
  3. Assegnare le utilità
  4. Verificare e raffinare il modello
  5. Eseguire l'analisi di sensibilità

Sistema per il trattamento medico

- Descriviamo il processo di ingegneria della conoscenza per un sistema esperto per il trattamento medico di una malattia cardiaca infantile congenita

1. Creare un modello casuale
   - Determinare i possibili sintomi, malattie, terapie e risultati
   - Collegare con degli archi le correlazioni che esistono tra
     - Malattie che causano certi sintomi
     - Trattamenti efficaci per ogni patologia
2. Ridurre il modello casuale a un modello decisionale qualitativo
   - Rimuovere le variabili non coinvolte nelle decisioni terapeutiche

Diagramma di influenza per la coartazione aortica



Sistema per il trattamento medico

3. Assegnare le probabilità (da DB, studi scientifici, etc) e le utilità
   - Enumerare le possibili uscite
   - Creare una scala che va dal risultato migliore a quello meno desiderabile
   - Assegnare ad ognuno degli estremi un valore numerico
4. Verificare e raffinare il modello
   - Definire lo standard aureo
     - un insieme di coppie (input, output) corrette
5. Eseguire l'analisi di sensibilità
   - Verificare se la decisione migliore è sensibile ai piccoli cambiamenti delle probabilità e delle utilità

Argomenti trattati in questa lezione

- Usare la teoria delle decisioni per costruire un sistema che prende decisioni
  - Considerando tutte le azioni possibili
  - Scegliendo quella che porta all'esito atteso più favorevole
- Gestire le preferenze e utilità
  - Funzioni di utilità e lotterie
  - Utilità multi-attributo e dominanza stocastica
- Risolvere problemi decisionali
  - Reti di decisione
  - Il valore dell'informazione da raccogliere