

APPUNTI SU

INFERENZE E RAGIONAMENTI

MARCELLO FRIXIONE

II Parte

4. Errori di ragionamento e illusioni cognitive

4.1 Illusioni cognitive

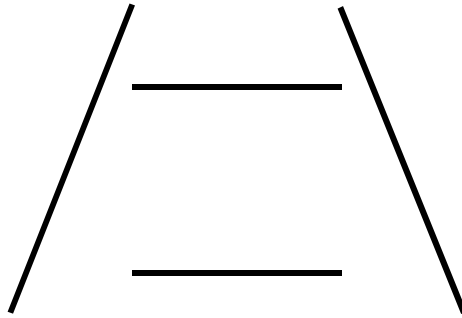
Quando ragionano gli esseri umani commettono vari tipi di errori rispetto ai canoni della logica¹. Ne abbiamo visto un esempio con l'esperimento delle quattro carte. Questi errori sono stati studiati dagli psicologi cognitivi (in particolare nell'ambito del settore della psicologia del ragionamento). Come abbiamo detto nel caso delle quattro carte, è emerso che molti errori di ragionamento non sono affatto idiosincratici e casuali, ma seguono regolarità precise. In particolare, si è constatato che:

- 1) tendiamo tutti a commettere più o meno gli stessi errori, a prescindere dalle nostra provenienza culturale, dal grado di istruzione e dal livello sociale;
- 2) nel caso di errori di questo tipo, anche quando razionalmente ci convinciamo di aver sbagliato, tuttavia rimane una certa tendenza a sbagliare ancora in quel senso; come se certe tendenze all'errore fossero per così dire più forti di noi, o meglio, più forti delle nostre convinzioni razionali.

Queste caratteristiche accomunano gli errori di ragionamento ad altri tipi di "errori" che commettiamo in altri domini cognitivi. Il caso più tipico e più noto è quello delle cosiddette *illusioni percettive*. Le illusioni percettive sono moltissime e ben studiate. Riporto alcuni casi tra i più noti.

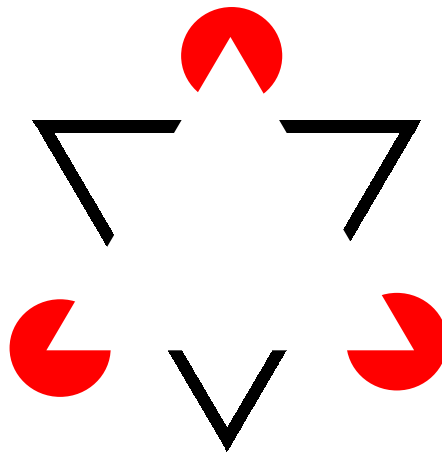
Nella cosiddetta *illusione di Ponzo* due segmenti orizzontali della stessa lunghezza sono posti tra due segmenti obliqui che convergono verso l'alto, come nella figura seguente:

¹ Come vedremo nel seguito, gli esseri umani commettono errori anche rispetto ad altri canoni di razionalità, come ad esempio i canoni della teoria della probabilità.



L'illusione consiste nel fatto che il segmento orizzontale posto più in alto sembra più lungo (a dispetto del fatto che, come ho detto, i due segmenti orizzontali siano assolutamente uguali).

Un'altra illusione percettiva molto nota è il *triangolo di Kanisza* (dal nome di Gaetano Kanisza, il percettologo triestino che la ha individuata). Nella figura seguente:



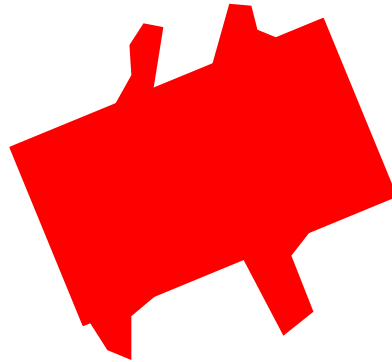
i soggetti dichiarano di percepire un triangolo bianco parzialmente sovrapposto a tre cerchi rossi e a un triangolo con i bordi neri. Ma, a ben vedere, il triangolo non c'è. La sua presenza è soltanto suggerita da tre segni neri a V e da tre cerchi rossi privi di una "fetta". E' il nostro sistema percettivo a completare l'immagine interpretando segni a V e cerchi come parti di figure parzialmente nascoste. (In certi casi l'illusione è così forte che alcuni soggetti dichiarano di percepire il triangolo bianco come leggermente più chiaro dello sfondo).

Analoga al triangolo di Kanisza è la figura seguente:



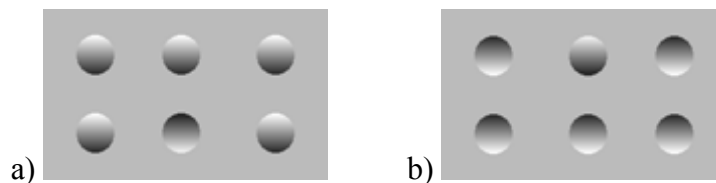
Qui i soggetti invariabilmente interpretano la figura come un rettangolo rosso parzialmente occluso da due strisce bianche. Eppure anche in questo caso il rettangolo non c'è. Tuttavia nessuno spontaneamente è portato ad interpretare questa immagine come composta da tre trapezi rossi

distinti. Inoltre tutti spontaneamente completiamo la figura come un rettangolo, e non, ad esempio, come una figura di questo tipo:



che pure sarebbe perfettamente compatibile con le informazioni disponibili.

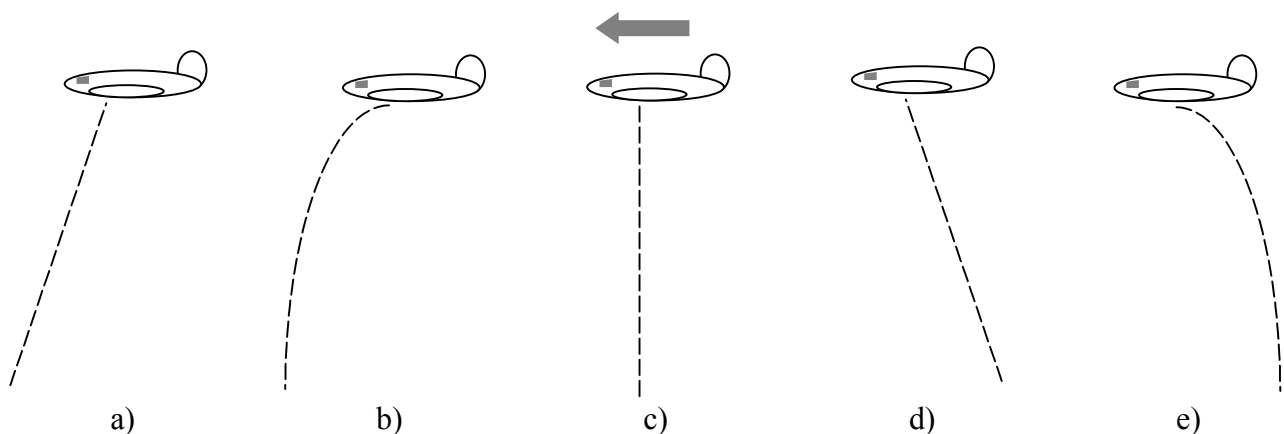
O ancora, si considerino le due immagini seguenti:



Tutti diremmo che a) raffigura cinque cerchi convessi e uno concavo, e che b) ne raffigura cinque concavi e uno convesso. Tuttavia b) non è altro che a) capovolta. Per sincerarsene basta girare il foglio e constatare che ora in a) ci sono cinque cerchi concavi e uno convesso, e in b) cinque convessi e uno concavo.

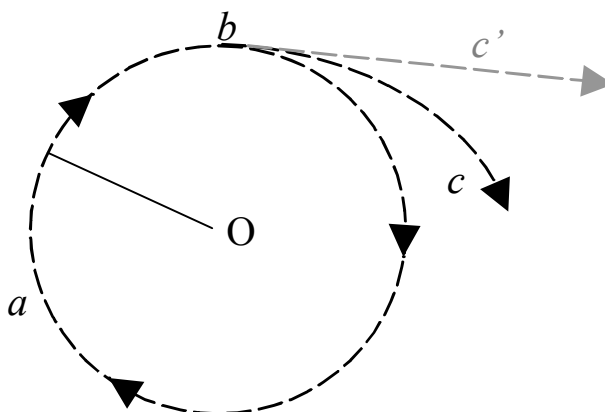
Errori simili non riguardano soltanto fenomeni percettivi. Se ne verificano di analoghi anche in altri ambiti, come ad esempio nel settore della fisica ingenua. Col termine *fisica ingenua* si indicano quelle competenze che, a prescindere da ogni conoscenza specialistica, gli esseri umani adoperano per ragionare sui fenomeni del mondo fisico. Molti schemi di ragionamento che spontaneamente applichiamo al mondo fisico sembrano prescindere da fattori di tipo culturale, e fanno parte presumibilmente del patrimonio innato che caratterizza i nostri sistemi cognitivi. Anche in questo settore gli esseri umani commettono sistematicamente degli “errori” (danno cioè delle risposte che risultano errate alla luce delle conoscenze della fisica intesa come scienza). Vari errori di questo tipo sono stati messi in luce dagli esperimenti degli psicologi.

Il seguente è un esempio di questo tipo. Ai soggetti si chiede di immaginare che da un aereo che vola nella direzione della freccia venga lasciato cadere un oggetto pesante. Viene poi domandato quale tra le cinque traiettorie disegnate qui sotto descriverebbe l’oggetto cadendo.



Invariabilmente i soggetti preferiscono le traiettorie d) ed e). Ebbene, queste risposte sono sbagliate. La traiettoria di un oggetto che cade da un aereo in volo è infatti simile a quella disegnata in b) (la traiettoria risulta infatti determinata da due componenti: la forza di gravità che attrae l'oggetto verso il basso, e la forza impressa dall'aereo in volo, che spinge l'oggetto in avanti).

Un altro caso del genere è il seguente. Si immagini di far ruotare vorticosamente un peso legato a uno spago, in modo che descriva una traiettoria circolare *a* come nella figura:



A un certo punto il peso viene sganciato. Che tipo di traiettoria descriverà a partire dal punto *b* di sgancio? L'intuizione di moltissimi soggetti è che esso, nei primi istanti dopo aver abbandonato la traiettoria circolare, prosegua per un tratto lungo una traiettoria curva, del tipo della *c*. Questo è sbagliato: subito dopo lo sgancio la traiettoria del peso sarà una linea retta *c'* tangente alla circonferenza descritta dal corpo mentre ruotava (come ben sanno, almeno implicitamente, tutti i tiratori di fionda o gli atleti che praticano il lancio del martello).

Le illusioni percettive e gli errori della fisica ingenua presentano molte caratteristiche in comune tra loro, e comuni agli errori studiati in psicologia del ragionamento. In particolare, tutti hanno le caratteristiche 1) e 2) enunciate all'inizio del paragrafo: vengono commessi da tutti gli esseri umani, a prescindere da fattori di carattere sociale e culturale, e sono estremamente tenaci, in quanto tendono a persistere anche quando razionalmente ci si è convinti dell'errore. L'esempio più evidente in questo senso è dato dalle illusioni percettive. Nel caso dell'illusione di Ponzo, ad esempio, continuiamo a *vedere* il segmento superiore come più lungo anche se *sappiamo* che i due segmenti hanno la stessa lunghezza (ad esempio perché li abbiamo misurati). Per queste caratteristiche si ritiene usualmente che questo tipo di fenomeni mettano in luce aspetti profondi del funzionamento della cognizione umana.

In virtù della citata analogia tra illusioni percettive ed errori di ragionamento, si parla talvolta per queste ultime di *illusioni cognitive*. Incontreremo altri esempi di questo genere qui di seguito e nei prossimi paragrafi.

4.2 Errori di ragionamento: ragionamento sillogistico e modelli mentali

Oltre a constatare certe regolarità nelle prestazioni degli esseri umani relative al ragionamento (ad esempio la regolarità di certi errori, il fatto che certe forme di ragionamento risultino sistematicamente più difficili di altre, e così via), gli psicologi hanno proposto varie teorie per spiegare tali regolarità. Darò qui qualche cenno di una tra le più interessanti di queste teorie, vale a dire la spiegazione psicologica del ragionamento deduttivo basata sui *modelli mentali*, che è stata proposta dallo psicologo inglese Philip Johnson-Laird.

Vale precisato innanzi tutto che di solito in logica si studiano argomentazioni espresse in qualche tipo di linguaggio (scritto o parlato, ordinario o formalizzato). Gli psicologi del ragionamento sono

Nessun architetto è un calciatore

Effettivamente il 60% dei soggetti cui è stata somministrata una versione di questo esperimento ha tratto questa conclusione (in questa versione l'esperimento è stato somministrato a degli studenti universitari). Lo stesso modello può portare anche a trarre la conclusione:

Nessun calciatore è un architetto

che è stata tratta dal 10% dei soggetti. Nessuna di queste due conclusioni è tuttavia corretta. E' infatti possibile costruire un altro modello che rende anch'esso vere le premesse, ma in cui queste conclusioni sono false. Basta infatti rendersi conto che potrebbe esserci qualche calciatore che non è un biologo ma che è invece un architetto. Le cose cioè potrebbero anche stare così:

<i>architetto</i>			
<i>architetto</i>			
<i>architetto</i>	=		<i>calciatore</i>
<hr/>			
	<i>biologo</i>	=	<i>calciatore</i>
	<i>biologo</i>	=	<i>calciatore</i>
	<i>biologo</i>	=	<i>calciatore</i> (<i>calciatore</i>)

Sulla base di un modello come questo, il 10% dei soggetti dell'esperimento ha tratto la conclusione che:

Qualche architetto non è un calciatore

Ma esiste ancora un ulteriore modello che rende vere le premesse e che confuta anche questa conclusione. Si tratta del modello seguente:

<i>architetto</i>	=		<i>calciatore</i>
<i>architetto</i>	=		<i>calciatore</i>
<i>architetto</i>	=		<i>calciatore</i>
<hr/>			
	<i>biologo</i>	=	<i>calciatore</i>
	<i>biologo</i>	=	<i>calciatore</i>
	<i>biologo</i>	=	<i>calciatore</i> (<i>calciatore</i>)

in cui tutti gli architetti sono calciatori. Alcuni soggetti, che evidentemente hanno costruito mentalmente anche questo tipo di modello sono giunti alla conclusione che nessuna conclusione potesse essere ricavata da queste due premesse (questa risposta è stata data dal 20% dei soggetti). Nessuno dei soggetti dell'esperimento si è reso conto che una conclusione corretta esiste. Si tratta della seguente:

Qualche calciatore non è un architetto

Non possono infatti essere architetti quei calciatori che sono anche dei biologi (in quanto la prima premessa impone che nessun biologo sia anche un architetto).

Secondo la teoria dei modelli mentali quindi la maggiore difficoltà riscontrata nei soggetti degli esperimenti nei confronti del secondo sillogismo rispetto al primo sarebbe spiegata dalla maggiore difficoltà nella costruzione e nella ispezione dei corrispondenti modelli mentali. Il

secondo sillogismo ha richiesto la costruzione e l'esame di ben tre modelli mentali diversi, mentre per il primo ne è bastato uno solo. In generale, i risultati confermano che quanti più modelli mentali sono necessari per ricavare le conclusioni corrette, tanto più difficile risulta per i soggetti umani produrre la risposta.

Nota del logico pignolo. A rigor di logica (nel senso tecnico del termine) la conclusione *Qualche calciatore non è un architetto* non segue dalle due premesse *Nessun architetto è un biologo* e *Tutti i biologi sono calciatori*. Per sincerarsene basta considerare un dominio D composto da un solo individuo, ad esempio $D = \{\text{Brunelleschi}\}$, e un'interpretazione in cui:

- il predicato *architetto* è interpretato sull'insieme $\{\text{Brunelleschi}\}$
(ossia, c'è uno e un solo architetto, ed è Brunelleschi)
- il predicato *biologo* è interpretato sull'insieme vuoto \emptyset
(ossia, non c'è nessun biologo)
- il predicato *calciatore* è interpretato sull'insieme vuoto \emptyset
(ossia, non c'è nessun calciatore)

Ebbene, in questa interpretazione entrambe le premesse sono vere. Infatti è vero che *nessun architetto è un biologo* (l'unico architetto è Brunelleschi che non è biologo). Ed è vero che *Tutti i biologi sono calciatori* (non essendoci alcun biologo). D'altra parte è falso che *qualche calciatore non è un architetto* (ossia che *esiste almeno un calciatore che non è un architetto*).

Qualche calciatore non è un architetto non è dunque conseguenza logica delle due premesse in quanto esiste almeno un'interpretazione che rende vere le due premesse e falsa la conclusione.

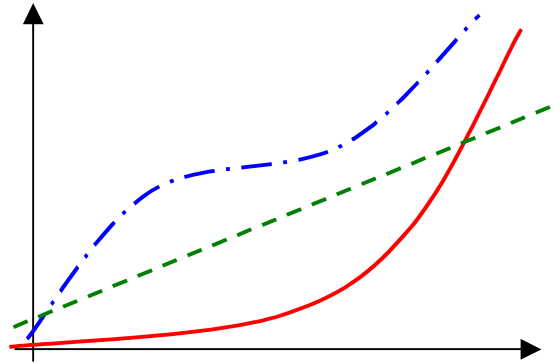
Per far sì che *qualche calciatore non è un architetto* segua logicamente dalle premesse bisogna aggiungere una premessa ulteriore, la quale affermi che *esiste almeno un biologo*. Questa premessa esclude l'interpretazione descritta qui sopra. Adesso affinché una interpretazione renda vere le premesse nel dominio ci deve essere (per la prima premessa) almeno un calciatore che sia un biologo, e che quindi (per la seconda premessa) non può essere un architetto.

Si noti tuttavia che questa precisazione tecnica (doverosa nel contesto di un corso di logica) nulla toglie all'interesse e al valore della spiegazione di Johnson-Laird basata sui modelli mentali.

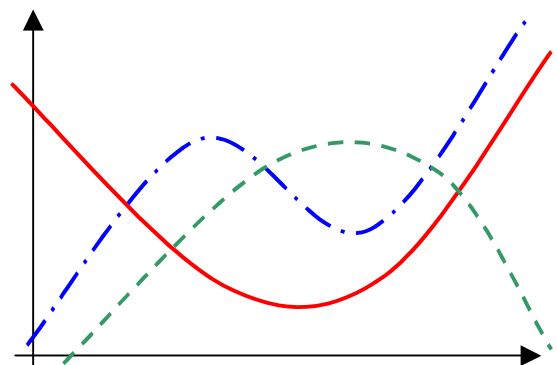
Oltre che al ragionamento sillogistico, la teoria dei modelli mentali è stata applicata a varie altre forme di ragionamento (ad es. al ragionamento spaziale) e allo studio di aspetti della semantica delle lingue naturali.

5. Ragionamento non monotono

In matematica si dice *monotona* una funzione che ha un andamento sempre crescente oppure sempre decrescente. Ad esempio sono monotone (crescenti) le funzioni che hanno un grafico di questo tipo:



In questi casi il valore dell'ordinata y cresce monotonicamente al crescere del valore dell'ascissa x . Viceversa, non sono monotone le funzioni che hanno un grafico come questi:



La *logica* tradizionale si dice *monotona* nel senso seguente: al crescere dell'insieme delle premesse, l'insieme delle conclusioni che se ne possono trarre cresce, o al più resta stabile. Ossia, non può accadere che aggiungendo nuove premesse alcune conclusioni cessino di essere tali. In altri termini, se dall'insieme di premesse P_1, \dots, P_n posso trarre come conclusione l'enunciato C , dall'insieme di premesse P_1, \dots, P_n, P_{n+1} (che estende l'insieme di premesse precedente) potrò sempre trarre ancora C come conclusione, qualunque sia la nuova premessa P_{n+1} che ho aggiunto. Quindi l'insieme delle conclusioni cresce monotonicamente al crescere dell'insieme delle premesse. Questo accade perché se C è conseguenza logica di P_1, \dots, P_n , allora, per qualunque formula P_{n+1} , C è conseguenza logica anche di P_1, \dots, P_n, P_{n+1} .²

Nel ragionamento ordinario usiamo spesso tipi di inferenze che non godono della proprietà sopra enunciata. Questi ragionamenti vengono detti *ragionamenti non monotoni*. Un esempio è il ragionamento per *default* presentato nel primo paragrafo:

² Si noti che questo vale anche nel caso particolare in cui il nuovo insieme di formule P_1, \dots, P_n, P_{n+1} è contraddittorio. Infatti dato un insieme di formule contraddittorio Γ , qualunque formula è conseguenza logica di Γ .

(*)

Gli uccelli, salvo alcune eccezioni, sono in grado di volare.

Titti è un uccello.

Quindi: *Titti è in grado di volare*

Supponiamo infatti di aggiungere due nuove premesse:

Titti è un pinguino

I pinguini sono uccelli che non sono in grado di volare

Ora non trarremo più la conclusione che Titti è in grado di volare:

Gli uccelli, salvo alcune eccezioni, sono in grado di volare.

Titti è un uccello.

Titti è un pinguino

I pinguini sono uccelli che non sono in grado di volare

Quindi: ~~*Titti è in grado di volare*~~

(Anzi, dal nuovo insieme di premesse trarremo una conclusione che è la negazione della precedente: *Titti non è in grado di volare*).

Come ho già detto, il ragionamento per *default* non è una forma di inferenza logicamente corretta. La conclusione che viene tratta non è conseguenza logica delle premesse. Essa è, per così dire, soltanto provvisoria. In mancanza di informazioni più precise si ricava una certa conclusione; se tuttavia, alla luce di nuove informazioni, questa conclusione risulta non essere più adeguata, essa viene scartata. Nell'esempio, l'informazione che Titti è un pinguino e che i pinguini sono uccelli che non sono in grado di volare risulta incompatibile con la conclusione precedente che Titti sia in grado di volare; pertanto quest'ultima viene accantonata.

(In inglese la parola *default* indica, tra le varie accezioni, un'opzione che viene scelta automaticamente a meno che non venga specificato in modo esplicito il contrario. Nell'esempio precedente, se so che un certo individuo *x* è un uccello e non viene specificato nient'altro – ad esempio che si tratta di un pinguino – assumo *per default* che *x* voli. Questo modo di esprimersi si è diffuso anche nella nostra lingua attraverso il gergo informatico, dove viene usata per indicare le opzioni scelte automaticamente da certi programmi, come nella frase: *Il programma Microsoft Word per default mette la lettera maiuscola dopo il punto*).

Un altro tipo di ragionamento non monotono è la *negazione come fallimento* descritta nel par. 3.1:

Da tutta la conoscenza di cui dispongo non riesco a provare che A

Quindi: *(Per il momento) assumo che valga non A*

Anche qui, la conclusione che valga *non A* è provvisoria, e potrebbe essere accantonata se si aggiungono nuove premesse. Come nell'esempio seguente:

Sull'orario non ho trovato alcun treno per Napoli che parta alle 5.

Quindi: *Nessun treno parte per Napoli alle 5*

Aggiungere una nuova premessa potrebbe obbligare a ritirare la conclusione:

Sull'orario non ho trovato alcun treno per Napoli che parta alle 5.

Hanno appena annunciato un treno straordinario

in partenza alle 5 per Campi Flegrei

Quindi: *Nessun treno parte per Napoli alle 5*

Si potrebbe ritenere che questi ragionamenti sarebbero riconducibili a inferenze logicamente corrette se si specificassero in maniera più dettagliata le premesse. Torniamo all'esempio di Titti. Invece di formulare la prima premessa come *Gli uccelli, salvo alcune eccezioni, sono in grado di volare* avremmo potuto formularla come segue: *Gli uccelli che non sono pinguini sono in grado di volare*. Ma qui sorgono immediatamente due problemi. Il primo consiste nel fatto che i pinguini non sono l'unica eccezione possibile al fatto che se qualcosa è un uccello allora è in grado di volare. Ad esempio anche gli struzzi sono uccelli e non possono volare. Anche le galline. Anche i tacchini, e anche il dodo. Anche gli uccelli appena nati o quelli gravemente malati. Oppure quelli legati. O quelli a cui è stato iniettato un liquido paralizzante. E così via. Vale a dire: il fatto che gli uccelli volino è una regola che vale nella maggior parte dei casi; essa tuttavia ammette un numero imprecisato di eccezioni, tali che è praticamente impossibile sperare di poterle elencare tutte in modo esaustivo. Supponiamo tuttavia di essere riusciti in qualche modo a risolvere questo problema. Supponiamo cioè di essere riusciti a definire un predicato P come segue:

x è un P se e soltanto se x è un pinguino oppure è uno struzzo oppure è una gallina oppure è un tacchino oppure è un dodo oppure è un uccello appena nato oppure è troppo malato oppure è legato oppure gli è stato iniettato un liquido paralizzante oppure

dove al posto dei puntini sono elencati tutti gli altri casi possibili in cui qualcosa è un uccello ma non vola. A questo punto, le premesse del ragionamento (*) possono essere formulate come segue:

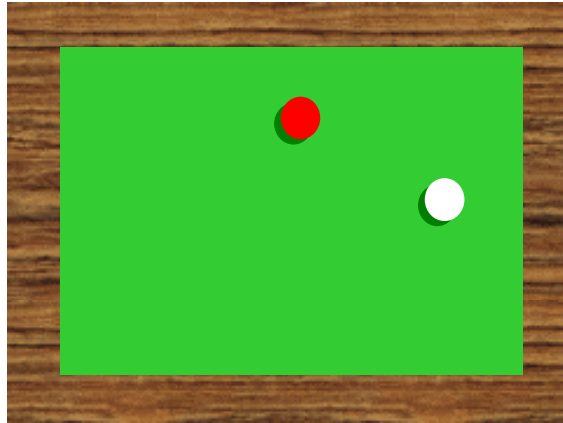
*Gli uccelli che non sono P sono in grado di volare.
Titti è un uccello*

Tuttavia (e in ciò consiste il secondo problema) da queste due premesse non posso inferire in maniera logicamente corretta che Titti è in grado di volare. Per fare ciò avrei bisogno di un'ulteriore premessa, ossia:

Titti non è P

Cioè, per dedurre in modo logicamente corretto che Titti è in grado di volare devo anche sapere che Titti non è un pinguino, non è uno struzzo, non è un dodo, eccetera eccetera eccetera. Ma non è questo il senso del ragionamento per *default* da cui siamo partiti. In generale, io non ho (e non posso avere) tutte queste informazioni su Titti. Ciò che voglio è, avendo a disposizione la sola informazione (incompleta) che Titti è un uccello, saltare alla conclusione che, per quanto ne so, Titti dovrebbe essere in grado di volare. Salvo poi essere disposto in seguito, alla luce di ulteriori informazioni, a ritirare questa conclusione. Vale a dire, i ragionamenti non monotoni sono ragionamenti fallibili tratti sulla base delle uniche informazioni (incomplete) di cui si dispone in un determinato momento.

Le inferenze non monotone sono diffusissime nel ragionamento ordinario. Un dominio tipico in cui se ne fa ampio uso è costituito dal ragionamento su azioni ed eventi, ad esempio di tipo fisico. Si consideri un tavolo da biliardo come questo:



Basta un po' di fisica e un po' di geometria per formulare generalizzazioni del tipo: *se si colpisce la boccia rossa con una certa forza e una certa inclinazione, allora la boccia rossa colpirà quella bianca e la manderà in buca*. Ma generalizzazioni di questo tipo devono essere intese come generalizzazioni che ammettono eccezioni, un po' come *Gli uccelli, salvo alcune eccezioni, sono in grado di volare*. Infatti è facilissimo immaginare possibili eccezioni, dalle più plausibili alle più fantasiose. Ossia, ci sono innumerevoli casi concepibili in cui la boccia rossa è stata colpita con quella certa forza e quella certa inclinazione, ma la boccia bianca non finisce in buca: ad esempio, c'è una piccola imperfezione sul piano del biliardo lungo la traiettoria di una delle due bocce, oppure qualcuno scontra il tavolo mentre le bocce rotolano, oppure un gatto intercetta una delle due bocce per giocare, oppure si verifica una scossa di terremoto, oppure improvvisamente crolla il pavimento, eccetera eccetera eccetera³.

Se problemi di questo genere si pongono per un dominio ben noto e tutto sommato ben delimitato come il gioco del biliardo si può facilmente immaginare cosa accade in ambiti meno strutturati. Ad esempio ragionamenti del senso comune come quelli visti nel par. 1:

Mario è a dieta

Quindi: *Mario non vede l'ora che siano finite le feste di Natale*

C'è un taxi sotto il portone di Mario

Quindi: *Mario sta per uscire*

una volta che ne fossero rese esplicite le premesse, sarebbero comunque fenomeni eterogenei, in cui i diversi passi corrispondono a tipi di argomenti diversi: inferenze logicamente corrette, ragionamenti induttivi, e, non ultimi, ragionamenti non monotoni.

La presenza praticamente ubiqua del ragionamento non monotono nella vita quotidiana è dovuta al fatto che noi siamo agenti limitati, che hanno soltanto un accesso parziale alle informazioni che sarebbero rilevanti per gli scopi che si prefiggono. Da qui la necessità di saltare alle conclusioni a partire da informazioni incomplete.

Questo tipo di problema è evidente, oltre che nell'ambito del ragionamento, anche nel caso di altre prestazioni cognitive. Paradigmatico è il caso della percezione visiva. Apriamo una breve parentesi su questo tema. Ricostruire lo stato del mondo circostante a partire dai dati che giungono ai sensori è un classico esempio di ciò che un ingegnere chiamerebbe un *problema inverso*, o un *problema mal posto*. Vediamo cosa si intende per mezzo di un semplice esempio. Un problema diretto è un problema che ammette una soluzione univoca, come, ad esempio, quando ci si chiede qual è il numero che si ottiene sommando 5 e 2:

³ Questo esempio è un caso particolare di un tipo di problema detto *frame problem*, che è ben noto a chi si occupa di tecniche di intelligenza artificiale per il ragionamento su azioni e per la robotica

$$5 + 2 = ?$$

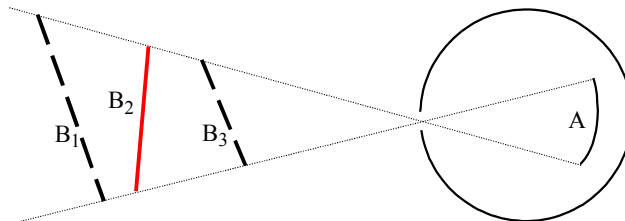
In questo caso la risposta è determinata univocamente: il numero cercato è 7. Supponiamo ora di porci la domanda inversa: quali sono due numeri che sommati tra loro producono 7 come risultato?

$$? + ? = 7$$

Ovviamente questa domanda non ammette una risposta univoca, ci sono tante coppie di numeri che sommate tra loro producono 7:

7	0
6	1
5	2
4	3
3	4
2	5
1	6
0	7

La seconda domanda costituisce un esempio di problema inverso. I problemi che deve risolvere il nostro sistema visivo quando ricostruisce gli stati del mondo esterno a partire dai dati percettivi assomigliano più al secondo caso che non al primo. Consideriamo un esempio semplicissimo. Supponiamo che nel campo visivo di un agente (con un occhio simile a quello degli esseri umani) si venga a trovare un segmento B_2 come nella figura seguente:



L'immagine proiettata da B_2 sulla retina sarà qualcosa di simile ad A . E' evidente che, dato A , il sistema visivo del soggetto non può essere in grado di ricostruire con certezza la posizione del segmento B_2 nel mondo. Infatti la proiezione A è compatibile con molti (anzi con infiniti) altri segmenti che sono diversi da B_2 sia per posizione che per dimensioni, come ad esempio B_1 o B_3 . In altri termini, ricostruire a partire da una proiezione retinica come A dimensioni e posizione del segmento che la ha causata è un po' come chiedersi quali numeri sommati tra loro danno 7.

E' chiaro che l'informazione di cui può disporre il nostro sistema visivo è molto più ricca di una semplice proiezione come A ; tale ricchezza è dovuta a fattori molteplici come la visione binoculare, i continui movimenti sia dei globi oculari che di tutto il nostro corpo che consentono al sistema visivo di acquisire sempre nuove informazioni, la diversa messa a fuoco di oggetti che si trovano a distanze differenti, le ombre, e così via. Tuttavia in linea di principio il problema rimane immutato: l'informazione che giunge ai nostri sensori non è sufficiente per determinare in modo univoco lo stato della scena percepita (ossia, come si dice talvolta, lo stato della scena è *sottodeterminato* dai dati percettivi).

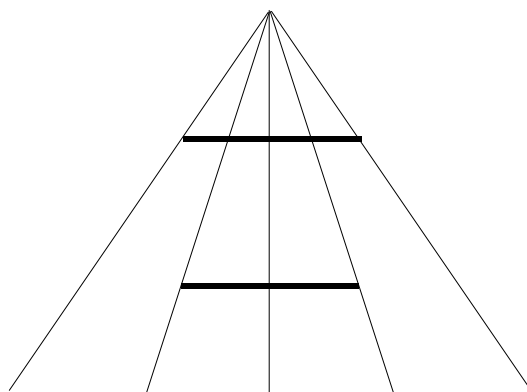
Tuttavia nella stragrande maggioranza dei casi noi percepiamo il mondo senza fatica e senza esitazioni. Vale a dire, il nostro sistema visivo propone, per così dire, alla nostra coscienza una interpretazione dei dati percettivi che per lo più risulta affidabile, e questo processo avviene in

maniera veloce e del tutto automatica, senza che ci costi alcuno sforzo e senza che ne siamo in alcun modo coscienti.

Questo è reso possibile dal fatto che il sistema visivo incorpora tutta una serie di assunzioni implicite che lo aiutano nella interpretazione dei dati percettivi. Per così dire, il sistema percettivo “ci aggiunge del suo” per arrivare a una plausibile ricostruzione del mondo. Ciò che viene aggiunto dal sistema visivo dipende da una serie di ipotesi che il sistema visivo incorpora, ipotesi che nella maggior parte dei casi risultano attendibili, anche se talvolta, in alcuni casi eccezionali, inducono in errore.

Le illusioni percettive che abbiamo visto all’inizio del paragrafo precedente possono essere interpretate (così come molte altre illusioni percettive analoghe) come casi in cui alcune di quelle ipotesi che usualmente portano a un’interpretazione corretta delle scene percepite inducono invece il nostro sistema percettivo a sbagliare.

Si consideri ad esempio l’illusione di Ponzo. Essa è presumibilmente determinata da quello stesso meccanismo percettivo che in condizioni normali consente al sistema visivo di interpretare correttamente informazioni di tipo prospettico. Ossia, il nostro sistema percettivo tratta i segmenti convergenti come l’indizio di una fuga prospettica, e di conseguenza “interpreta” il segmento superiore come più lontano, per cui – a parità di lunghezza nell’immagine retinica – dovrebbe essere più lungo. Ciò risulta ancora più evidente in questa variante dell’illusione:



Illusioni come quella del rettangolo rosso o come il triangolo di Kanisza sono determinate da quello stesso meccanismo percettivo che ci consente di interpretare qualcosa come un oggetto coeso anche se esso ci appare parzialmente nascosto da ostacoli. Si consideri un’immagine come questa:



Noi non abbiamo esitazioni nell’interpretarla come la raffigurazione di un bisonte parzialmente nascosto da dei tronchi d’albero (e non, ad esempio, come una serie di “fette” di bisonte separate, anche se questo sarebbe del tutto compatibile con quello che vediamo). La forza con cui certe “illusioni” come il rettangolo rosso o il triangolo di Kanisza si presentano alla nostra

coscienza è probabilmente un indizio dell'importanza che la percezione degli oggetti come coesi ha per un agente cognitivo (se, di fronte a una scena come quella della figura, un agente – sia esso un potenziale predatore o una potenziale vittima – stesse lì a domandarsi se ciò che vede è *davvero* un bisonte o sono soltanto fette separate di bisonte avrebbe ben poche possibilità di sopravvivenza). Si noti che il fatto che l'“illusione” si presenti anche con figure astratte come il rettangolo rosso o il triangolo di Kanisza mostra che essa non dipende dalla conoscenza di alto livello che abbiamo a proposito degli oggetti del mondo (non accade cioè qualcosa del genere: riconosciamo le forme raffigurate come parti di un bisonte, e abbiamo appreso dall'esperienza che i bisonti si incontrano di solito come animali interi e non come fette separate di bisonte, per cui interpretiamo la figura come un bisonte nascosto dagli alberi). Piuttosto, è plausibile che si tratti di un meccanismo incorporato nei livelli bassi del processo percettivo, che si applica a qualunque corpo esteso, e che non dipende dalle conoscenze di alto livello che abbiamo appreso – ad esempio da ciò che nel corso della nostra vita abbiamo imparato a proposito di bisonti e di alberi.

Infine, per quanto riguarda l'esempio dei cerchi concavi e convessi delle figure a) e b), l'illusione è determinata dal fatto che il nostro sistema visivo *coeteris paribus* assume implicitamente che la luce provenga dall'alto. Questo infatti è il caso di gran lunga più comune in natura. Questa assunzione implicita può essere utile in molti casi per aiutare a disambiguare i dati percettivi.

Questo tipo di fenomeni costituisce un modo di “saltare alle conseguenze” a partire da informazioni incomplete per certi versi simile a quanto avviene nel ragionamento non monotono. Con la differenza che in questi casi il tipo di elaborazione dell'informazione è “costruito dentro” l'architettura stessa del nostro sistema visivo e non avviene a livello consapevole come nel caso del ragionamento (tanto è vero che il sistema percettivo non è in grado di correggersi anche quando ci rendiamo conto che l'interpretazione data è sbagliata: noi continuiamo a vedere più lungo il segmento superiore dell'illusione di Ponzo anche dopo che li abbiamo misurati).

Abbiamo visto che i ragionamenti non monotoni non corrispondono a inferenze logicamente corrette. Tuttavia in anni recenti sono stati sviluppati diversi sistemi di *logica non monotona*, ossia modelli del ragionamento non monotono che si basano su tecniche di tipo logico. Ciò è avvenuto soprattutto in intelligenza artificiale, in quanto in questo settore è particolarmente importante disporre di modelli realistici delle capacità di ragionamento di agenti che hanno un accesso limitato alle informazioni. Darò qui di seguito, in maniera del tutto informale, alcuni cenni su due maniere diverse di impostare lo studio logico del ragionamento non monotono.

Il primo tipo di impostazione va sotto il nome di *circumscription*, ed è stata proposta da John McCarthy, un logico e informatico che è unanimemente considerato uno tra i padri fondatori dell'intelligenza artificiale. L'idea alla base della *circumscription* è che alcuni predicati si applicano solo in casi per così dire eccezionali. Nel ragionamento di senso comune di solito assumiamo implicitamente che tali predicati non valgano, a meno che non si sappia esplicitamente che non è così. Un esempio potrebbe essere il predicato *daltonico*. Le persone daltoniche sono un sottoinsieme molto ristretto degli esseri umani. Solitamente, quando si ragiona su una persona che non si conosce, non si prende in considerazione la possibilità che sia daltonica, a meno che non si disponga di qualche informazione esplicita al proposito. Se ad esempio ho a disposizione le seguenti informazioni su Achille:

- (1) *Achille è amico di Roberto*
- (2) *Achille vive a New York*
- (3) *Roberto ha invitato Achille a tenere un seminario*

non sapendo nulla di più preciso sono propenso ad assumere che Achille *non sia* daltonico. Tuttavia questa non è un'inferenza logicamente corretta. Utilizzando la usuale logica dei predicati, a partire dalle premesse (1)-(3) non posso trarre alcuna conclusione a proposito dell'esistenza o meno di

qualcuno che sia o non sia daltonico nel dominio di cui si parla. Non posso cioè derivare nessun enunciato come: *Achille è daltonico*, *Achille non è daltonico*, *Roberto è daltonico*, *Roberto non è daltonico*, *Qualcuno è daltonico*, *Qualcuno non è daltonico*, *Nessuno è daltonico*, *Tutti sono daltonici*.

L'idea di fondo alla base della *circumscription* è quella di *circoscrivere* predicati come daltonico, ossia di assumere che questi predicati abbiano l'estensione più piccola possibile compatibilmente con le informazioni disponibili. Ossia assumere che il numero degli individui che godono di quella proprietà sia il più piccolo possibile compatibilmente con ciò che sappiamo. Ad esempio, circoscrivere daltonico date le premesse (1)-(3) equivale ad assumere che nessuno sia daltonico (in (1)-(3) infatti non si parla di nessun daltonico). Questo equivale ad assumere nuova premessa "provvisoria" che indicherò tra parentesi quadre (dal punto di vista tecnico ciò si può ottenere utilizzando degli opportuni assiomi della logica dei predicati del secondo ordine).

- (1) *Achille è amico di Roberto*
 - (2) *Achille vive a New York*
 - (3) *Roberto ha invitato Achille a tenere un seminario*
- [*Non c'è nessuno che sia daltonico*]

Ora, da questo nuovo insieme di premesse, si possono derivare come conclusioni *Roberto non è daltonico* e *Achille non è daltonico* effettuando delle usuali inferenza (logicamente corrette) della logica dei predicati.

Supponiamo ora di venire a sapere che Achille è daltonico. Si deve aggiungere questa nuova informazione alle premesse (1)-(3):

- (1) *Achille è amico di Roberto*
- (2) *Achille vive a New York*
- (3) *Roberto ha invitato Achille a tenere un seminario*
- (4) *Achille è daltonico*

Ora devo fare la *circumscription* di *daltonico* in (1)-(4). Ora il più piccolo insieme dei daltonici date queste premesse è costituito dal solo Achille. Circoscrivendo daltonico in (1)-(4) otterrò quindi:

- (1) *Achille è amico di Roberto*
 - (2) *Achille vive a New York*
 - (3) *Roberto ha invitato Achille a tenere un seminario*
 - (4) *Achille è daltonico*
- [*L'unico individuo daltonico è Achille*]

Da questo nuovo insieme di premesse posso ancora derivare *Roberto non è daltonico*, ma non più *Achille è daltonico* (si tratta perciò di un tipo di ragionamento non monotono).

La tecnica della *circumscription* si può adoperare anche per trattare l'esempio di Titti. In questo caso si deve procedere come segue. La prima premessa deve essere espressa in una forma del tipo: *Gli uccelli che non siano uccelli anomali sono in grado di volare*. A questo punto, date le premesse:

Gli uccelli che non siano uccelli anomali sono in grado di volare.
I pinguini sono uccelli anomali che non sono in grado di volare
Titti è un uccello.

si circoscrive il predicato *essere un uccello anomalo*. Date queste informazioni, l'insieme più piccolo di uccelli anomali è l'insieme vuoto. Pertanto circoscrivere *essere un uccello anomalo* equivale ad aggiungere la premessa [*Non c'è nessun uccello che sia anomalo*]. Per cui si avrà:

Gli uccelli che non siano uccelli anomali sono in grado di volare
I pinguini sono uccelli anomali che non sono in grado di volare
Titti è un uccello.
 [*Non c'è nessun uccello che sia anomalo*]
Quindi: *Titti è in grado di volare*

Se poi si aggiunge la nuova premessa che *Titti è un pinguino*, allora il più piccolo insieme di uccelli anomali compatibile con le premesse è costituito dal solo Titti, e la *circumscription* di *essere un uccello anomalo* equivarrà ad assumere che [*L'unico uccello anomalo è Titti*], per cui si avrà:

Gli uccelli che non siano uccelli anomali sono in grado di volare
I pinguini sono uccelli anomali che non sono in grado di volare
Titti è un uccello.
Titti è un pinguino
 [*L'unico uccello anomalo è Titti*]
Quindi: *Titti è in grado di volare*

L'idea intuitiva è abbastanza ragionevole e semplice. Diventa ovviamente più complicata nel momento di darne un trattamento formale rigoroso (specialmente nel caso vi siano più predicati da circoscrivere contemporaneamente).

Un modo differente di affrontare il ragionamento non monotono è quello della *logica di default* (*default logic*) proposta da Raymond Reyter. Nella *default logic* una generalizzazione che ammette eccezioni del tipo *Se A allora, salvo eccezioni, B* viene rappresentata per mezzo di una regola di inferenza (detta *regola di default*) del tipo:

$$\frac{A \quad E' \text{ consistente credere che } B}{B}$$

Ossia: data la premessa *A*, se assumere che sia vero *B* non crea contraddizioni con tutto ciò che sappiamo, allora assumiamo che sia vero *B*.

Ad esempio, la premessa *Gli uccelli, salvo alcune eccezioni, sono in grado di volare* viene rappresentata per mezzo della regola:

$$\frac{x \text{ è un uccello} \quad E' \text{ consistente credere che } x \text{ voli}}{x \text{ vola}}$$

Poiché date le premesse:

Titti è un uccello
I pinguini sono uccelli che non sono in grado di volare

si può assumere senza generare contraddizioni che Titti sia in grado di volare, da tali premesse per mezzo della regola di *default* sopra enunciata è possibile derivare:

Titti è in grado di volare

Se aggiungiamo la nuova premessa secondo cui Titti è un pinguino, allora assumere che Titti sia in grado di volare genererebbe una contraddizione. Pertanto si avrà:

Gli uccelli, salvo alcune eccezioni, sono in grado di volare.

Titti è un uccello.

Titti è un pinguino

I pinguini sono uccelli che non sono in grado di volare

Quindi: ~~*Titti è in grado di volare*~~