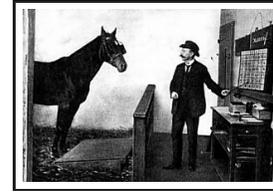


L'argomento della lezione

Oggi parliamo di

- animali che sono in grado di contare *verbalmente*, cioè di animali in grado di comprendere ed usare simboli numerici espliciti.

Un cavallo di nome Hans



Verso la fine dell'ottocento, Wilhelm von Osten, un professore di matematica di Berlino, cercò di insegnare a contare a un gatto, un orso e un cavallo.

Non pare che l'orso e il gatto traessero molto vantaggio da queste lezioni.

Ma il cavallo, uno stallone arabo di nome Hans, fu un allievo migliore.

Tap, tap, tap...



A partire dal 1891 von Osten iniziò ad esibire Hans in pubblico (senza far pagare).

Durante queste esibizioni, chiedeva al cavallo: "Se il primo giorno del mese è un mercoledì, qual è la data del lunedì successivo?". Hans rispondeva battendo lo zoccolo per terra sei volte.

Oppure: "Qual è la radice quadrata di sedici?". Seguivano quattro colpi di zoccolo.

Von Osten affermava di aver insegnato al cavallo a fare le addizioni, le sottrazioni, le moltiplicazioni, le divisioni, a calcolare le radici quadrate, a lavorare con le frazioni, e a leggere il tedesco.

Il cavallo divenne noto come *der kluge Hans* (l'intelligente Hans) e la sua storia fu riportata dal New York Times.

Una commissione di inchiesta

In seguito all'interesse suscitato dal caso, il Comitato Tedesco per l'Educazione decise di formare una commissione per accertare come stessero le cose.

La commissione di inchiesta, che includeva uno psicologo, due zoologi, un addestratore di cavalli, degli insegnanti, e un direttore di circo, concluse i propri lavori nel 1904 e stabilì che von Osten non aveva usato alcun trucco.

Test ulteriori

A questo punto intervenne uno psicologo, Oskar Pfungst, che eseguì una serie di test per cercare di spiegare le abilità di Hans. Attraverso questi test, Pfungst fece le scoperte seguenti:

- normalmente, il cavallo dava risposte corrette in una percentuale molto alta (circa l'89%) dei casi quando von Osten, il suo insegnante, era presente e anche quando altre persone facevano le domande.
- Ma l'accuratezza delle risposte diminuiva se chi faceva le domande stava lontano dal cavallo.
- Inoltre, le risposte del cavallo erano quasi sempre sbagliate se la persona che faceva le domande non era visibile al cavallo o non conosceva la risposta.

Il mistero spiegato

I fatti precedenti rivelavano che Hans non stava affatto contando quando dava le risposte.

In realtà, la persona che faceva la domanda segnalava involontariamente ad Hans con il proprio corpo quando doveva smettere di battere lo zoccolo.

Per esempio, quando il numero dei battiti arrivava al numero giusto, la persona che faceva la domanda muoveva involontariamente le sopracciglia, informando così il cavallo che era tempo di fermarsi.

Von Osten non aveva imbrogliato, ma aveva inconsapevolmente dato al cavallo degli indizi per produrre il numero corretto di battiti.

La morale

Una morale della storia dell'intelligente Hans è questa: nell'indagare le abilità numeriche degli animali è importante evitare "l'effetto Hans", cioè lo sperimentatore deve escludere la possibilità che all'animale vengano involontariamente forniti degli indizi che possano suggerire le risposte.

Alex

Facciamo ora conoscenza con Alex, un pappagallo grigio africano:



Qualche notizia su Alex



La specie a cui Alex appartiene, il pappagallo grigio africano, vive nelle foreste tropicali dell'Africa nutrendosi di frutta e semi. Si dice che alcuni esemplari abbiano vissuto fino a ottant'anni. La CITES (Convenzione sul commercio internazionale delle specie di fauna e flora selvagge in pericolo) ha dichiarato illegale il commercio di tutte le varietà di pappagallo che non sono nate in cattività (dal 1992 l'importazione negli U.S.A. è proibita). Nel 2007 il pappagallo grigio africano è stato dichiarato una specie vicina alla minaccia di estinzione da BirdLife International.

Alex è stato acquistato in un negozio di animali nel 1977 da Irene Pepperberg, che ora lavora al dipartimento di psicologia della Brandeis University.

Le capacità cognitive di Alex e dei pappagalli grigi sono state studiate dalla Pepperberg e i risultati sono riportati in un libro dal titolo *The Alex studies* e in numerosi saggi.

Ad Alex piacciono le scatole di cartone, i portachiavi, e i turaccioli.

Alex in azione

Quanti cubi blu?

Nel filmato, avete visto che Alex è in grado di rispondere correttamente a domande che riguardano la cardinalità di certi insiemi di oggetti:

Pepperberg: How many blue block?

Alex: Four!

Sul vassoio ci sono esattamente quattro cubi blu.

(Pepperberg evita il plurale in modo che Alex, per distinguere una domanda numerica dagli altri tipi di domande, non usi il plurale come indizio.)

Ma Alex come ha imparato a dare queste risposte?

L'educazione di Alex

La tecnica modello\rivale

L'educazione di Alex si basa sulla tecnica del modello\rivale, sviluppata da D. Todt nel 1975.

In questa tecnica, due persone mostrano al pappagallo il tipo di interazioni vocali che deve imparare. Una persona, l'*istruttore*, fa le domande, e un'altra persona risponde. La persona che risponde fa da *modello* per il pappagallo e anche da *rivale*, in quanto compete con il pappagallo per l'attenzione dell'istruttore.

Per esempio, l'istruttore dice: "Qual è il mio nome?". E l'essere umano che fa da modello\rivale risponde: "il mio nome è Lora".

Nel caso di Alex, la tecnica include anche una reazione positiva da parte dell'istruttore se Alex dà la risposta giusta e una reazione negativa se Alex dà una risposta sbagliata. Inoltre, le persone che interpretavano ruoli di istruttore e modello\rivale per Alex si sono spesso scambiate per mostrare ad Alex che i ruoli non erano fissi.

L'apprendimento delle parole numeriche

La tecnica modello\rivale è stata usata anche per insegnare ad Alex a usare le parole inglesi "one", "two", "three", "four", "five", "six".

L'istruttore faceva domande della forma "How many X?" (quanti X?) di fronte a un vassoio che conteneva un insieme *omogeneo* di oggetti (un piccolo numero di oggetti dello stesso tipo, come cubi blu, oppure cubi verdi, ecc.), e il modello\rivale rispondeva correttamente.

Con questa tecnica, prima gli è stato insegnato ad usare le parole "three" e "four", poi le parole "two" e "five", poi "six", e infine la parola "one".

L'ordine di insegnamento (three, four, two, five, six, one) è stato adottato per evitare di suggerire che "one" denotasse un numero minore di "two", "two" denotasse un numero minore di "three", "three" denotasse un numero minore di "four", ecc.

Gli esami di Alex

Test di produzione

I test per verificare la comprensione sono solitamente stati somministrati dopo che era terminato il periodo di apprendimento. In cosa consistono questi test? Un tipo di test è questo.

Ad Alex veniva presentato un vassoio contenente un insieme omogeneo di oggetti oppure un insieme eterogeneo (cubi blu, chiavi, pezzetti di carta, ecc.).

Lo sperimentatore gli rivolgeva domande come "How many blue block?" e Alex doveva rispondere producendo la parola che corrispondeva al numero dei cubi blu nel vassoio.

Come evitare l'effetto Hans?

Quando Pepperberg ha cercato di verificare se Alex aveva appreso correttamente le parole numeriche, era importante evitare "l'effetto Hans", cioè evitare di dare involontariamente ad Alex degli indizi che gli suggerissero le risposte.

Si noti che, dal momento che le domande numeriche nei test erano della forma "How many X?" e Alex doveva rispondere con una parola che denotava un numero, non c'era il rischio che si correva con Hans di suggerire la risposta indicando involontariamente con il corpo quando il soggetto doveva interrompere una certa sequenza di colpi.

Tuttavia, Pepperberg ha introdotto comunque diverse precauzioni. Ecco quali sono.

Prima precauzione

Comprensione delle domande numeriche

Per essere sicuri che Alex distinguesse domande numeriche come "How many X?" da altri tipi di domande e non scegliesse di rispondere con parole numeriche semplicemente perché aveva risposto con una parola numerica alla domanda precedente, gli è stata rivolta una sola domanda numerica al giorno (mescolata ad altri tipi di domande oppure nei periodi in cui non faceva niente).

La domanda veniva ripetuta solo se la risposta era sbagliata (l'istruttore allontanava il vassoio dicendo "no!", poi ripresentava il vassoio e rifaceva la domanda, per un massimo di quattro tentativi). Se la risposta era giusta, Alex veniva lodato e riceveva una ricompensa di sua scelta.

Inoltre, il vassoio e gli oggetti utilizzati nei test sui numeri erano anche utilizzati per test di altro tipo.

In questo modo, Alex doveva scegliere la risposta a una domanda numerica, scegliendola dall'intero repertorio di parole che possedeva (circa 90) e non solo tra le parole numeriche.

Seconda precauzione

Comprensione della categoria di numero

Se i cubi blu sul vassoio fossero sempre stati quattro e i cubi verdi sempre cinque, e i pezzetti di carta sempre sei, ci sarebbe ovviamente stato il rischio che Alex usasse parole come "four" per indicare i cubi blu, parole come "five" per riferirsi ai cubi verdi, ecc., invece di usare queste parole per riferirsi alla cardinalità di insiemi di oggetti.

Per evitare questo rischio, gli oggetti presentati in un test differivano dagli oggetti presentati negli altri test.

Terza precauzione

Effetti di consuetudine

Se dei test per la stessa parola numerica fossero stati effettuati consecutivamente, ci sarebbe stato il rischio che Alex scegliesse la risposta giusta semplicemente perché si era abituato a ripetere quella parola di fronte a una domanda numerica.

Per evitare questo rischio, l'ordine delle domande dei test veniva scelto da una persona non coinvolta nella preparazione dei test e, di solito, in giorni diversi venivano fatti dei test per numeri diversi.

Quarta precauzione

L'ottimismo del ricercatore

La persona che somministrava il test, aspettandosi una certa risposta, avrebbe potuto accettare come corretta una risposta poco chiara da parte di Alex (come "gree" per "three", invece che per "green").

Per evitare questo rischio, un'altra persona che ignorava quello che c'era sul vassoio doveva confermare la risposta.

Quinta precauzione

Istruttori e sperimentatori

Alex conosceva bene gli istruttori con cui aveva interagito nella fase di apprendimento delle parole numeriche. Per evitare che Alex potesse sfruttare la propria conoscenza di queste persone al fine di ricavare qualche indizio, le persone che somministravano i test erano studenti che non avevano avuto il ruolo di istruttore.

Inoltre, per somministrare i test sono stati usati da tre a cinque individui diversi.

I voti di Alex

Test di produzione

Dai test che abbiamo descritto risulta che

- nel 78,9 % dei casi, Alex è in grado di associare la parola numerica corretta a insiemi che contengono fino a sei oggetti (la percentuale è ottenuta considerando tutti i tentativi);
- nel 70,0 % dei casi, Alex è in grado di associare la parola numerica corretta al primo tentativo a insiemi di oggetti che fanno parte di insiemi eterogenei (ad esempio, quando gli viene rivolta la domanda "How many blue block?" e gli viene presentato un vassoio che contiene 5 cubi blu e 3 cubi verdi).

Confronto con i bambini

Rispetto ai test precedenti, il livello di Alex risulta superiore a quello di alcuni bambini.

Nella letteratura sui bambini in età prescolare si riporta che se ai bambini viene solo insegnato a identificare la cardinalità di insiemi omogenei (come ad Alex), alcuni di loro non rispondono correttamente a domande come "quanti X ci sono?" se X è un sottoinsieme di un insieme eterogeneo di oggetti.

Per esempio, se a questi bambini viene presentato un vassoio che contiene 5 cubi blu e 3 cubi verdi e gli viene chiesto quanti cubi verdi ci sono, rispondono "otto" (la cardinalità dell'insieme totale) invece di "tre" (la cardinalità del sottoinsieme).

Come abbiamo visto, Alex risponde invece correttamente (al primo tentativo) a domande di questo tipo nel 70 % dei casi.

Un fatto curioso

Fino all'età di 3 anni, ci sono dei bambini ai quali, se viene presentato un insieme di tre biglie, dicono "uno", "due", "tre", indicando le biglie una dopo l'altra.

Ma se gli si dice "dammi tre biglie", vi danno un numero sbagliato di biglie.

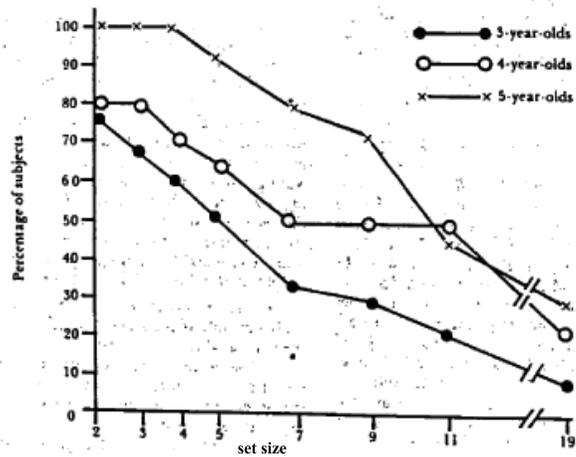
Questo fatto suggerisce che questi bambini *non* hanno realmente capito cosa vuol dire la parola "tre", cioè non hanno capito che "tre" denota la cardinalità di un insieme. Quando dicono "uno", "due", "tre", indicando le biglie una dopo l'altra, non hanno capito che l'ultima parola che hanno prodotto ci dice quanti elementi ci sono nell'insieme delle biglie.

Il principio di cardinalità

Come osservano Gelman e Gallistel (1978), comprendere cosa vogliono dire le parole numeriche ("uno", "due", "tre", ecc.) comporta, tra le altre cose, comprendere il cosiddetto "principio di cardinalità":

- le parole "uno", "due", "tre", ecc., applicate a un insieme di oggetti, ci dicono quanti sono i membri dell'insieme.

I bambini e il principio di cardinalità



Come mostra il grafico (da Gelman e Gallistel), solo il 50% dei bambini di tre anni fa uso del principio di cardinalità per insiemi di 5 oggetti.

Un problema

Forse Alex fa la stessa cosa dei bambini che non hanno compreso il principio di cardinalità.

Forse Alex usa l'etichetta giusta (magari perché ripete mentalmente l'operazione che fanno questi bambini quando contano indicando gli oggetti uno dopo l'altro), ma non ha compreso davvero che il numero che produce denota la cardinalità di un insieme di oggetti.

Come facciamo a verificare che Alex abbia davvero compreso questo?

Gli esami di Alex

Test di comprensione

Un modo per verificare che Alex "onori" il principio di cardinalità è questo.

Supponete di presentargli un insieme eterogeneo di oggetti che contiene due cubi rossi, tre cubi blu e sei cubi verdi.

A questo punto provate a chiedere ad Alex qual è il colore degli oggetti che sono tre ("What color (is) three?").

Se Alex non ha capito che "tre" si riferisce alla cardinalità di un insieme, non c'è ragione che risponda "blu" invece di "verde" o "rosso".

Precauzioni

Ad Alex sono stati somministrati test come quello che abbiamo appena descritto con le parole per i numeri da uno a sei, a volte mescolando anche oggetti diversi (cubi, chiavi, legnetti).

Non c'è stata alcuna fase preliminare di istruzione prima dei test.

La faccia dello sperimentatore era sufficientemente lontana dal vassoio da non poter fornire indizi, con la direzione dello sguardo, riguardo all'insieme di oggetti rilevante.

Gli oggetti che corrispondevano al numero nella domanda non erano vicini, ma erano sparsi tra altri oggetti.

I voti di Alex

Test di comprensione

- Nei test di comprensione che abbiamo descritto, Alex ha risposto correttamente al primo tentativo nell'87,9 % dei casi.

Categoria di numero e concetto di numero

Questi esperimenti sembrano indicare che Alex possiede la *categoria* di numero. Alex comprende, cioè, che un insieme di quattro cubi verdi, un insieme di quattro chiavi blu, un insieme di quattro sfere rosse, un insieme di quattro turaccioni, ecc. sono tutti insiemi che hanno lo stesso numero di elementi. E comprende che questo numero è diverso dal numero di elementi di un insieme di tre cubi verdi, di tre chiavi blu, di tre sfere rosse, di tre turaccioni, ecc.

Alex ha inoltre imparato ad associare le parole per i numeri da uno a sei a insiemi con il numero corrispondente di elementi.

Ma Alex possiede anche il *concetto* di numero? È in grado di compiere operazioni aritmetiche sui numeri?

Quante noci in tutto?

Per capire se Alex è in grado di eseguire delle addizioni, è stata condotta una serie di esperimenti di questo tipo.

Lo sperimentatore, lontano dalla vista di Alex, mette degli oggetti (pezzi di noci o caramelle, di dimensioni differenti, per un totale massimo di sei) su un vassoio e li copre con due tazze, una di fianco all'altra.

Quindi, mette il vassoio davanti ad Alex. Solleva la tazza di sinistra per 2-3 secondi, poi la rimette a posto. Solleva la tazza di destra per due o tre secondi, poi la rimette a posto (nell'ultimo terzo dei test, il periodo è stato aumentato fino a 10-15 secondi).

Poi, lo sperimentatore si assicura che Alex lo guardi negli occhi e, senza averlo istruito in precedenza, fa domande del tipo: "How many nut total?".

Gli oggetti non sono visibili durante la domanda. Dunque, per rispondere correttamente, Alex deve tenere a mente il numero di oggetti sotto ogni tazza, sommarli e dire il totale.

Risultati

- Alex ha risposto correttamente al primo tentativo nell'85.4% dei casi nei test in cui le tazze venivano sollevate per 2-3 secondi ciascuna.
- Un errore che Alex fa regolarmente, e che fa diminuire la percentuale di risposte corrette, riguarda il caso in cui ci sono cinque oggetti sotto una tazza e zero oggetti sotto l'altra tazza (Alex risponde "six" invece di "five" in questo caso).
- Tuttavia, se Alex ha 10-15 secondi di tempo per guardare gli oggetti nel caso di $5 + 0$, il suo punteggio al primo tentativo migliora nettamente: se si usano queste risposte per il caso di $5 + 0$, la sua percentuale di accuratezza totale sale all'89.6%.

Confronto con i bambini

In generale, i risultati di Alex nel test precedente sono simili a quelli ottenuti dai bambini piccoli (riportati nello studio di Mix *et al.*, 2002).

Zero

Un aspetto interessante del test precedente è ciò che accade se ad Alex viene mostrato un vassoio in cui non c'è nulla sotto le due tazze:

“. . . Al primo di quattro tentativi, ha guardato il vassoio e non ha detto niente. A volte ha cercato di sollevare le tazze; allora gli è stato mostrato di nuovo da un istruttore, che sollevava le tazze una alla volta, che non c'era nulla. Al quinto, sesto e settimo tentativo, ha detto “one”. All'ultimo tentativo si è rifiutato di nuovo di rispondere.

Le difficoltà di Alex (si rammenti che non gli è stata insegnata la parola “zero”) indicano che comprende la differenza tra zero e gli altri numeri.

Si noti che l'assenza di quantità tende anche a confondere i bambini (come riportano Bialystok e Codd 2000).

Le cause degli errori

Abbiamo visto che, nei test numerici, Alex risponde correttamente in una percentuale piuttosto alta di casi.

Ma Alex fa anche degli errori. Perché? Sta sbagliando a contare?

Secondo Pepperberg, un esame dettagliato degli errori compiuti da Alex nei test rivela che alcuni errori non sono dovuti a incompetenza numerica, ma ad altre cause.

Per esempio, a volte è chiaro che Alex ha confuso delle parole che hanno un suono simile (come *rock* e *block*) e quindi ha contato l'insieme sbagliato.

Un'altra possibilità è che Alex non percepisca i colori esattamente come noi. In alcuni casi, i suoi errori erano dovuti al fatto che confondeva i colori, e quindi di nuovo contava l'insieme sbagliato.

Il meccanismo cognitivo sottostante

I test precedenti indicano che, come gli esseri umani, Alex possiede la categoria di numero ed è in grado di eseguire alcune semplici operazioni aritmetiche di addizione.

È dunque naturale chiedersi: il “meccanismo mentale” usato da Alex per rispondere a domande numeriche come “How many X?” è lo stesso usato dagli esseri umani?

Alex conta preverbalmente?

Una domanda naturale è se Alex, per rispondere alle domande nei test, usa un meccanismo di enumerazione analogica come il contare preverbale nel senso di Gallistel e Gelman (cioè, conta manipolando grandezze, invece di simboli numerici o parole numeriche, e poi associa una parola numerica alla grandezza che ha ottenuto).

Secondo Gallistel e Gelman, ratti, piccioni e scimmie, opportunamente addestrati, contano in questo modo. E lo stesso fanno gli umani se il meccanismo del contare verbale viene soppresso (altrimenti, utilizzano il contare preverbale solo per insiemi con meno di cinque elementi).

Quello che caratterizza il contare preverbale, come abbiamo visto, è che diventa impreciso per numeri superiori a quattro. Per insiemi più numerosi di quattro i soggetti che fanno uso di questo meccanismo tendono a confondere la numerosità dell'insieme da contare con numerosità vicine. E la deviazione dal numero richiesto dall'esperimento è proporzionale alla grandezza del numero.

Forse, Alex è calcola preverbalmente il risultato e poi seleziona la parola che gli corrisponde.

Percentuale di errore

Pepperberg riporta che la percentuale di errore di Alex non è proporzionale alla grandezza del numero.

Dal momento che Alex finora ha imparato a contare fino a sei, questo è un indizio che Alex non sta contando preverbalmente da uno a sei (per lo meno se le sue capacità di contare preverbalmente sono le stesse degli esseri umani).

(Chiaramente, questa conclusione richiede conferma ulteriore: è necessario verificare cosa accade quando Alex impara ad usare numeri più grandi.)

Subitizing e counting

Abbiamo visto che, normalmente, per valutare la cardinalità di insiemi con un numero di elementi minore o uguale a quattro, gli esseri umani sembrano usare un processo cognitivo (*subitizing*) diverso dal processo che usano per valutare la cardinalità di insiemi con un numero di elementi più grande (*counting*).

Benché non ci sia consenso tra i ricercatori sulla natura di questi processi, *subitizing* e *counting*, i dati relativi ai tempi di reazione nel valutare la cardinalità indicano che, in qualche misura, si tratta di processi distinti.

Abbiamo visto inoltre che, in certe condizioni (con dei "distrattori" opportuni), negli esseri umani il *subitizing* non si verifica, cioè i soggetti sono costretti a contare gli insiemi di quattro elementi o meno come fanno per gli insiemi con un numero maggiore di elementi.

Subitizing, counting e Alex

Alex fa uso di processi cognitivi distinti analoghi al *subitizing* e al *counting* quando valuta la cardinalità degli insiemi?

Non c'è evidenza conclusiva a questo proposito. Pepperberg cita due risultati a questo riguardo.

Il numero cinque

Abbiamo visto che Alex ha difficoltà a calcolare $5+0$, mentre non ha una difficoltà analoga a calcolare $6+0$.

Tuttavia, abbiamo visto anche che, se Alex ha 10-15 secondi di tempo per guardare gli oggetti nel caso di $5+0$, il suo punteggio al primo tentativo migliora nettamente.

Questo suggerisce che Alex potrebbe fare *subitizing* fino al 4 e poi passare al *counting* quando ha a che fare con il numero 5 (il fatto che il *counting* richiede più tempo spiegherebbe i tempi di reazione assai più lunghi per dare la risposta corretta nel caso di $5+0$). I dati relativi al calcolo di $6+0$ rimangono comunque da spiegare.

Giudizi di cardinalità con insiemi “distrattori”

L'accuratezza delle risposte di Alex nel valutare la cardinalità di insiemi con un massimo di sei elementi in presenza di “insiemi distrattori” che bloccano il *subitizing* è paragonabile a quella degli esseri umani adulti.

Vediamo di spiegare questo dato più in dettaglio

Come si blocca il subitizing

Si rammenti che, se i soggetti umani devono dire quanti linee bianche verticali ci sono in un campo di linee verdi verticali e linee bianche orizzontali, i tempi di reazione indicano che i soggetti devono fare *counting* anche quando il numero delle linee bianche verticali non è superiore a quattro.

Invece, se i soggetti devono dire quanti linee bianche o verticali ci sono in un campo di linee verdi orizzontali, i tempi di reazione indicano che i soggetti fanno *subitizing* quando il numero delle linee bianche o verticali non è superiore a quattro.

In altre parole, per bloccare il *subitizing*, gli elementi da contare devono soddisfare una *congiunzione* di condizioni con gli insiemi distrattori che non soddisfano almeno una di queste condizioni.

Il test di Alex con insiemi “distrattori”

Ad Alex sono stati mostrati quattro insiemi di elementi di due colori diversi che variavano anche per altre categorie (per un totale di sei elementi).

Per esempio, dei pezzi di legno blu, dei pezzi di legno rossi, dei batuffoli di lana blu e dei batuffoli di lana rossi.

A questo punto lo sperimentatore gli faceva domande come “Quanti pezzi di legno blu?” (How many blue wood?).

Gli oggetti da contare soddisfavano cioè, come nel caso precedente, una congiunzione di condizioni (legno e blu), mentre i distrattori non soddisfavano almeno una di queste condizioni (non erano blu oppure non erano di legno).

Alex ha risposto correttamente nell'83.3% dei casi, una percentuale simile a quella conseguita dagli esseri umani adulti.

Conclusione

Il risultato del test precedente è compatibile con l'ipotesi che, in presenza di insiemi distrattori che bloccano il *subitizing*, Alex ricorra al *counting*.

L'ipotesi di Pepperberg

L'ipotesi di Pepperberg, da verificare nella ricerca futura, è dunque che

- Alex usi una forma di *subitizing* per gli insiemi con un numero di elementi minore di cinque e passi a una forma di *counting* per insiemi di cardinalità superiore.

Riassumendo



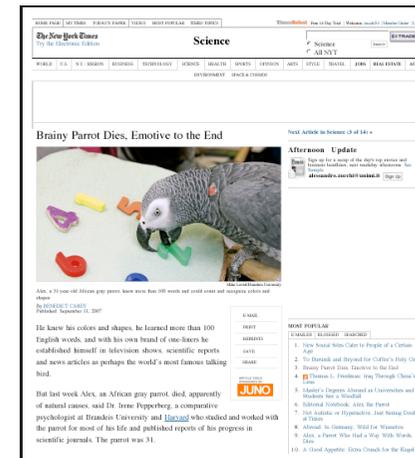
Alex ha mostrato una serie di abilità paragonabili a quelle dei bambini in età prescolare:

- produce e comprende delle parole numeriche ("one", "two", "three", "four", "five", "six");
- può sommare delle piccole quantità usando queste parole;
- ha il concetto di zero.

Infine, come per gli umani adulti,

- le abilità di Alex sono compatibili con l'ipotesi che faccia *subitizing* nell'enumerare quantità minori di cinque e faccia *counting* per insiemi più numerosi.

Alex G. Parrot, 1976-2007



Qualche tempo dopo la stesura di questa lezione, il 10 settembre 2007, Alex è volato nel paradiso dei pappagalli.