



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia

**Corso di laurea in
Scienze Psicologiche Cognitive e Psicobiologiche**

Tesi di laurea triennale

**Metafore incarnate in reti neurali dis-incarnate:
l'interpretazione della temporalità nei Large Language Models**

**Embodied metaphors in dis-embodied neural networks:
how Large Language Models represent time**

Relatore

Prof. Marco Zorzi

Laureanda: Carla Oriani

Matricola: 2012801

Anno Accademico 2023-2024

INDICE

ABSTARCT

1. INTRODUZIONE

2. EMBODIED COGNITION

2.1 Le metafore concettuali

2.2 Evidenze del carattere incarnato della temporalità

2.3 Realtà psicologica

2.4 Influenze culturali

2.5 Simmetria/Asimmetria: ATOM e CMT a confronto

3. TEMPORALITÀ E LARGE LANGUAGE MODELS

3.1 I LLM

3.2 Esperimenti con ChatGPT-3.5

4. Conclusione

ABSTRACT

Questo studio si propone di indagare se la rappresentazione del concetto di tempo in un modello di intelligenza artificiale sia analoga a quella riscontrata negli esseri umani, a partire dalla constatazione che l'intelligenza naturale e quella artificiale differiscono innanzitutto per il fatto che quella naturale, a differenza di quella artificiale, si manifesta in presenza di un corpo.

Secondo la prospettiva dell'*embodied cognition* – o cognizione incarnata – la cognizione umana è inscindibile dal rapporto del corpo con l'ambiente esterno. Questo si riflette anche nel linguaggio, e più nello specifico nelle cosiddette “metafore concettuali” di cui ci serviamo per poter parlare di concetti astratti facendo riferimento alla nostra esperienza con il mondo fisico che ci circonda: così, per esempio, trattiamo del concetto di “tempo” con la stessa terminologia utilizzata per il dominio concettuale dello spazio.

Dalla rassegna svolta in questo studio delle principali ricerche che analizzano la metafora concettuale “tempo è spazio”, emerge che nella cognizione umana la relazione tra i due domini concettuali di spazio e tempo ha una realtà psicologica oltre che linguistica. Ciò significa che l'attivazione di una certa modalità di rappresentazione nel dominio spaziale sembra influenzare allo stesso tempo il tipo di rappresentazione temporale adottata.

Sulla base di queste considerazioni, il presente studio indaga il modo in cui un Large Language Model, nello specifico ChatGPT-3.5, elabora e utilizza la metafora concettuale “tempo è spazio”. L'indagine si basa sulla replica con ChatGPT-3.5 di due esperimenti precedentemente svolti con partecipanti umani, per valutare il grado di concordanza tra le risposte dei partecipanti umani e quelle del Large Language Model.

1. INTRODUZIONE

Negli ultimi decenni si è potuto assistere a una proliferazione, in psicologia ma non solo, delle teorie incarnate della mente (*embodied cognition*), che per quanto diverse e sfaccettate hanno tutte l'obiettivo di mettere al centro della ricerca sulla cognizione umana le implicazioni del suo manifestarsi in presenza di un corpo. La prospettiva dualistica mente-corpo viene abbandonata per lasciare il posto a una prospettiva nuova secondo cui la natura della cognizione è determinata dall'aspetto corporizzato dell'agente, che interagisce con un ambiente attraverso un corpo.

Insieme alle nuove teorie, proliferano anche le critiche. Quelle più aspre nei confronti della cognizione incarnata insistono sul fatto che le proposte di questa nuova prospettiva sono vaghe e banali, e nella migliore delle ipotesi non aggiungono nulla alle prospettive già esistenti, senza aprire nuove frontiere alla ricerca (Goldinger et al., 2016).

Mahon (2016), sostiene che “molti studi pubblicati oggi, dalla (presunta) attività sensomotoria concludono che il carattere della cognizione è incarnato, senza considerare come l'esperimento si sarebbe concluso se la cognizione non fosse incarnata”.

Con l'avvento dell'IA, diventa tuttavia possibile affrontare precisamente la questione della cognizione dis-incarnata, facendo un paragone tra il funzionamento della cognizione in presenza e in assenza di un corpo per indagare cosa, e perché, venga sacrificato o risparmiato della cognizione in assenza di un corpo. Criticamente, i risultati potrebbero restituire informazioni importanti su cosa possa essere necessario implementare dell'aspetto incarnato dell'esperienza umana nella creazione di modelli di Intelligenza Artificiale Generale (AGI). Indagare quali siano gli aspetti incarnati della cognizione umana assume così una fondamentale importanza.

In questa tesi si è affrontato l'aspetto temporale dell'esperienza umana, che è funzionale a confrontare gli eventi, a organizzarli in una maniera coerente, e a comunicarli.

Il tempo non è una caratteristica intrinseca agli oggetti, eppure tutti ne facciamo esperienza, seppur in maniera soggettiva. Se la temporalità non è qualcosa di cui si possa fare esperienza fisica diretta, ma piuttosto un prodotto della nostra attività cognitiva, è legittimo chiedersi come questa venga rappresentata, e perché. Infatti, seppur la durata di uno specifico evento sia influenzata da fattori contingenti e soggettivi, come l'attenzione, la rappresentazione del tempo in generale è largamente condivisa: universalmente si distinguono passato, presente, futuro, che sono organizzati in una maniera precisa.

La prima parte di questo studio affronta appunto la rappresentazione della temporalità nell'essere umano, che la prospettiva della cognizione incarnata suggerisce essere supportata dagli schemi dimensionali spaziali acquisiti attraverso l'esperienza corporea diretta. Degli studi che attestano questa ipotesi è stata fatta una rassegna. Questa organizzazione mentale del tempo organizzata spazialmente è testimoniata dal linguaggio utilizzato per parlarne. Infatti, si ricorre spesso a metafore linguistiche che traggono dal dominio dello spazio i termini per indicare le relazioni tra eventi temporali.

Se sia legittimo affermare che l'epifenomeno dell'organizzazione linguistica del tempo rispecchi fedelmente un'organizzazione mentale sottostante è confermato da una serie di studi psicolinguistici riportati in questa tesi. Particolarmente eloquenti sono gli studi che indagano l'utilizzo delle prospettive metaforiche di movimento del tempo *ego-in-movimento* e *tempo-in-movimento*, e come l'utilizzo dell'una o dell'altra dimensione spaziale veicolata da queste diverse prospettive influenzi i giudizi e le interpretazioni temporali successivi.

La seconda parte di questo studio si focalizza su come un Large Language Model, nello specifico ChatGPT-3.5, che rappresenta lo stato dell'arte del Natural Language Processing, risponda alle stesse manipolazioni spaziotemporali a cui erano stati sottoposti dei soggetti umani. Sono stati per questo riprodotti due esperimenti tratti dalla letteratura che indagano proprio l'influenza dell'utilizzo delle metafore *ego-in-movimento* e *tempo-in-movimento* sulle inferenze temporali. L'obiettivo di questa esplorazione è di testare se l'informazione puramente linguistica elaborata da un LLM sia 1) correttamente interpretata 2) sufficiente a veicolare la struttura spazializzata della temporalità, anche in assenza di un corpo. I risultati mostrano che i LLM ad oggi disponibili non hanno ancora le capacità di elaborare le informazioni temporali in maniera paragonabile a quella di un essere umano.

2. EMBODIED COGNITION

L'*embodied cognition*, qui tradotta in cognizione incarnata, è una prospettiva teorica che si estende a diverse discipline, tra cui psicologia, filosofia, intelligenza artificiale, robotica, e che nella sua accezione più generica afferma essenzialmente che la cognizione umana è inseparabile dall'esperienza corporea, in quanto localizzata in un processo dinamico orientato all'azione, determinato dall'inestricabile interazione tra agente-corpo-ambiente (Wilson, 2002, come citato in Sengupta, 2018).

Questa posizione nasce nella seconda metà del secolo scorso come critica alle teorie cognitiviste classiche, che facevano eco al pensiero cartesiano di dualismo mente-corpo, e secondo cui i fenomeni mentali e cognitivi - come concetti e rappresentazioni - sono di natura simbolica e amodale. Secondo questa prospettiva, il corpo e l'ambiente fungono meramente da risorse di input e luogo di output, senza incidere sulla natura della cognizione. La mente elabora gli stimoli come un algoritmo, separatamente dal corpo che è solamente un organismo indipendente con una funzione meccanica di supporto all'attività mentale (Weigmann, 2012).

La cognizione incarnata afferma, al contrario, che la forma dei concetti è radicata nell'esperienza corporea; ovvero è modale, percettiva e motoria (Mahon, 2015).

Le teorie che rientrano nel corpus della cognizione incarnata sono tutt'altro che uniformi, e spaziano da posizioni di "incarnazione debole" ad altre di "incarnazione radicale" (Goldinger et al., 2016).

Sul versante debole dello spettro dell'incarnazione, si trova per esempio la posizione dell'*embedded cognition*, secondo cui le capacità cognitive dell'agente vengono aumentate dalle opportunità (intese come strumenti) fornite dall'ambiente fisico con cui l'agente interagisce. Così, per esempio, i bambini hanno più facilità a calcolare le frazioni di un intero quando hanno la possibilità di manipolare manualmente i pezzi di una costruzione a torta, rispetto a quando possono solo guardarli. (Martin & Schwartz, 2005, come citato in Shapiro & Spaulding, 2021).

La posizione dell'*enactivism*, invece, che è ben più radicale, sostiene che l'elaborazione dei concetti e l'elaborazione dell'azione sensorimotoria attivino gli stessi processi neurali e cognitivi. Ovvero (Mahon, 2015) le stesse regioni neurali necessarie a una certa azione (es. "calciare") vengono attivate anche quando si osserva quella certa azione (Buccino et al., 2001), quando si guarda un oggetto necessario a compiere quell'azione (Chao & Martin, 2000), e quando si leggono parole che descrivono quell'azione (Hauk, Johnsrude & Pulvermüller, 2004).

All'estremo, questo genere di prospettive più radicali sostengono che si debba abbandonare il concetto di "rappresentazione interna del mondo esterno" appartenente alla tradizione cognitivista classica, in quanto l'informazione sul mondo è identica alla percezione del mondo acquisita attraverso il corpo, ed entrambe consistono nelle medesime attivazioni neurali sensomotorie (Wilson & Golonka, 2013).

Un'altra teoria, che si trova a metà strada tra le posizioni più deboli e più radicali delle teorie dell'incarnazione, è la *Perceptual symbols systems theory* di Barsalou (1999).

Secondo Barsalou (Barsalou, 1999), i simboli esistono e sono modali, ovvero sono simboli percettivi, e in quanto tali sono radicati nell'esperienza sensoriale e motoria.

Quando un agente fa esperienza di un oggetto o di un evento, le informazioni percettive vengono immagazzinate contemporaneamente in diverse modalità (es. visiva, tattile, uditiva, ecc.), e l'attività neurale legata a queste modalità sensomotorie viene simbolicamente connessa all'esperienza di quell'oggetto o evento. In questo modo, il concetto di quell'oggetto, o la sua *rappresentazione*, consisterà nell'attivazione simulata di tutte quelle modalità sensoriali precedentemente esperite nell'interazione reale con quell'oggetto (Kwon & Varnum, 2020; Goldinger et al., 2016). Così, il concetto di "lago" riflette l'attività sensomotoria di "qualcosa che ha questo aspetto, questo suono, in cui posso nuotare in questo modo", (Kwon & Varnum, 2020), e il suo significato sarà quindi altamente determinato dalle proprietà e dai limiti della morfologia del corpo dell'agente (Shapiro & Spaulding, 2021).

Come affermano anche Bonato e colleghi "un concetto è incarnato quando è cognitivamente implementato nella forma di una simulazione mentale, e di conseguenza si suppone che interagisca con trasformazioni sensorimotorie e pianificazione del movimento" (Bonato et al., 2012, pag. 2264).

Queste considerazioni, supportate da esperimenti neuropsicologici e comportamentali come quelli precedentemente riportati, sembrano ragionevoli per quanto riguarda rappresentazioni di oggetti o eventi strettamente legati all'esperienza fisica diretta. Il passo successivo di una prospettiva (non radicale) della cognizione incarnata è ipotizzare quale sia la natura dei concetti astratti.

Di questo si occupa la teoria delle metafore concettuali, dette infatti anche "metafore incarnate", postulata da Lakoff & Johnson (1980), di cui si tratta nella seguente sezione.

2.1 LE METAFORE CONCETTUALI

Secondo la *Conceptual Metaphor Theory* (Teoria della Metafora Concettuale, qui TMC) proposta da Lakoff e Johnsons (Lakoff & Johnson, 1980), le metafore non sono semplicemente una caratteristica stilistica del linguaggio, ma anche un aspetto fondamentale della nostra esperienza quotidiana di pensiero e azione: le metafore sono ciò che costituisce il nostro sistema concettuale, che struttura e guida la nostra esperienza

nell'ambiente che ci circonda. Di conseguenza, l'analisi delle metafore concettuali è chiave per comprendere la struttura degli schemi cognitivi su cui basiamo la nostra esperienza, in quanto "l'essenza della metafora è comprendere ed esperire una cosa nei termini di un'altra" (Lakoff & Johnson, 1980).

Così, per esempio, si può pensare al *topos* "dibattito" come strutturato alternativamente dalla metafora concettuale "*ARGUMENT IS WAR*", o "*ARGUMENT IS DANCE*": a seconda che venga adottata l'una o l'altra metafora concettuale, l'esperienza del dibattito sarà parzialmente strutturata, compresa, agita e raccontata in maniere fondamentalmente diverse. Le persone che partecipano al dibattito saranno esperite come "avversari" o "performer"; l'obiettivo sarà "vincere l'avversario" o "creare una performance bilanciata e suggestiva"; ecc. (Lakoff & Johnson, 1980).

Il meccanismo alla base delle metafore concettuali è analogo a quello riscontrato nelle metafore "classiche". Vi sono un *dominio target*, che è quello che si sta indagando, per così dire il "soggetto" (nell'esempio sopra, "argument"); e un *dominio sorgente*, (in questo caso, "war") che fornisce sia gli elementi che partecipano alla metafora, sia le relazioni che intercorrono tra gli elementi. Sia gli elementi che le relazioni tra essi vengono così proiettati sul dominio *target* (Lakoff & Johnson, 1980).

Nella metafora concettuale il dominio sorgente è un dominio concreto di cui si ha esperienza fisica diretta acquisita attraverso il movimento del corpo nello spazio, mentre il dominio *target* è un concetto astratto che non emerge direttamente dalla nostra esperienza fisica. Ciò significa che le nostre rappresentazioni senso-motorie vengono riciclate consentendoci di pensare a concetti astratti – come la matematica, o la giustizia, o l'amore – di cui non abbiamo esperienza sensoriale diretta. Questo fa sì che parte delle espressioni linguistiche utilizzate dalle persone sia radicata nell'esperienza corporea. (Lakoff & Johnson, 1980; Casasanto & Boroditsky, 2008; Gibbs et al., 2003).

TEMPO È SPAZIO

Queste osservazioni valgono anche per la metafora concettuale "*TIME IS SPACE*", ovvero "TEMPO È SPAZIO", che è onnipresente e per questo ampiamente indagata dai linguisti, e di cui numerosi studi cross-culturali sembrano dimostrarne l'utilizzo in pressoché ogni lingua mai studiata. (Winter et al., 2014). Infatti, se possiamo percepire lo spazio, possiamo tuttavia solamente immaginare il tempo (Casasanto & Boroditsky, 2008). Casasanto (2010) conia l'esempio seguente:

a) *Hanno spostato il camion avanti di due metri*

b) *Hanno spostato la riunione avanti di due ore*

in cui osserva che mentre nella prima frase si tratta di “un oggetto fisico che può muoversi nello spazio, e di cui possiamo vedere, sentire o percepire il movimento”, nella seconda “non c’è modo di percepire attraverso i sensi il “movimento” della riunione nel tempo”. (Casasanto & Boroditsky, 2008).

O ancora, citando Hendricks & Boroditsky (2017), “così come possiamo dire che un uovo è volato, si può dire che un’ora è volata. Possiamo spostare avanti un ceppo o una riunione, credere che un cactus o l’inverno siano dietro di noi, o preoccuparci perché un orso o una scadenza si stanno avvicinando”.

Questi esempi dimostrano come, almeno a livello linguistico, il tempo sia sistematizzato secondo il dominio dello spazio (Bonato et al, 2012; Boroditsky, 2000; Casasanto & Bottini, 2014; Gentner et al., 2002; Gijssel & Casasanto, 2017; Hendricks & Boroditsky, 2017; McGlone & Harding, 1998; Winter et al., 2014; Athanasopoulos et al., 2017).

Il fatto di ricorrere a domini concreti per pensare a, e parlare di, concetti astratti sottende secondo Radden alla funzione comunicativa di creare nuovi significati (Radden, 2003; già Lakoff & Johnson, 2008). Infatti, i domini astratti sono spesso strutturati da domini percettivi molto ricchi, come appunto lo spazio (Casasanto & Boroditsky, 2008; Radden, 2003), che consentono di costruire la struttura metaforica dei concetti astratti in base a schemi potenzialmente molto ampi (Radden, 2003). Così, per esempio, anziché limitarsi a fare esperienza del tempo solo in termini di simultaneità, durata, e concettualizzazione del presente come “ciò che si sta vivendo”, del passato come “ciò che si ricorda” e del futuro come “ciò che viene predetto”, nel momento in cui si adotta la struttura metaforica spaziale si aprono una serie di nuove possibilità di rappresentazione (Radden, 2003). Si può così concettualizzare il tempo secondo ciascuno dei tre assi spaziali (sagittale, verticale, sinistra-destra); oppure parlarne in termini assoluti o relativi (sia ad altri eventi temporali che a un ipotetico EGO che osserva); e ancora gli eventi temporali possono essere stazionari o in movimento.

Siccome la rappresentazione del dominio temporale è modellata su quello spaziale, Boroditsky (2000) sostiene sia ragionevole pensare che gli schemi temporali siano una versione più semplificata ed essenziale di quelli spaziali da cui derivano. Questa osservazione spiegherebbe tra l’altro come mai il tempo venga quasi sempre rappresentato in un’unica dimensione.

Ne consegue che mentre gli schemi spaziali sono applicati a entrambi i domini, quelli temporali, in quanto più ristretti e non sufficientemente dettagliati, risultano utili esclusivamente per il dominio temporale. Questo darebbe ragione dell'asimmetria che si riscontra nella possibilità di pensare al tempo in termini di spazio, ma non viceversa. (Boroditsky, 2000; Athanasopoulos et al., 2017).

L'asimmetria di rappresentazione tra spazio e tempo è un aspetto cruciale di questo studio; verrà ripresa e discussa più approfonditamente in sezioni successive.

2.2 EVIDENZE DEL CARATTERE INCARNATO DELLA TEMPORALITÀ

Si trovano in letteratura prove sorprendenti del carattere incarnato del concetto di tempo. Se ne riportano alcuni esempi, che ai fini della ricerca vengono qui suddivisi in evidenze non-linguistiche ed evidenze almeno parzialmente linguistiche. Quelle puramente non-linguistiche nascono per rispondere alla domanda posta già da Casasanto & Boroditsky (2008): il nostro modo di pensare al tempo dipende dallo spazio anche quando non usiamo affatto il linguaggio?

La maggior parte degli studi presentati supporta una rappresentazione spaziale lineare del tempo, in cui il passato e il futuro sono associati rispettivamente alla sinistra e alla destra – o in alcuni casi, organizzati secondo una linea sagittale avanti-dietro. Questa conformazione prende il nome, usato anche nel linguaggio comune, di linea del tempo (*Mental Time Line, MTL*) (Winter et al, 2014; Bonato et al, 2012), che è altamente compatibile con la teoria della metafora concettuale del tempo rappresentato come spazio.

EVIDENZE NON-LINGUISTICHE

- 1 Come dimostra un esperimento di Conson e colleghi (2008; come citato in Bonato et al, 2012), la durata di uno stimolo sonoro è associata alla posizione spaziale dell'effettore che risponde allo stimolo: ai partecipanti venivano presentati due suoni di cui si doveva giudicare quale fosse il più lungo o il più corto premendo un tasto posizionato alternativamente a destra o a sinistra. Le risposte erano più rapide in due casi: nel caso di stimolo breve e tasto posto a sinistra; e nel caso di stimolo lungo e tasto posto a destra.
- 2 L'effetto STEARC (*Spatial-Temporal Association of Response Code*, una variante del più famoso effetto SNARC) indagato da Ishihara e colleghi (2008) indica come le persone, quando devono giudicare se uno stimolo uditivo sia precedente o successivo a un altro, mostrino tempi di reazione più bassi in caso di stimolo precedente e tasto

- di risposta posto nell'emi-spazio sinistro; oppure in caso di stimolo successivo e tasto di risposta posto nell'emi-spazio destro (Woodin & Winter, 2018; Bonato et al, 2012).
- 3 Casasanto & Boroditsky (2008) progettano sei esperimenti psicofisici basati sull'effetto di interferenza in cui ai partecipanti veniva chiesto di giudicare una serie di stimoli non linguistici. Dai risultati coerenti tra loro di tutti i sei esperimenti emergeva come i partecipanti non riuscissero a ignorare informazioni spaziali irrilevanti quando interrogati sulla durata temporale di uno stimolo, ma non viceversa. Questo fornirebbe una prova sia del ruolo degli schemi spaziali nello strutturare quelli temporali, sia dell'asimmetria metaforica che intercorre tra spazio e tempo, confermando l'ipotesi di "dipendenza asimmetrica" tra i domini spaziale e temporale, rispetto alle ipotesi alternative di "dipendenza simmetrica" e "indipendenza".

EVIDENZE LINGUISTICHE E COMPORTAMENTALI

- 1 Come riportato da Hendricks & Boroditsky (2017), Sell & Kaschak (2011) e Ulrich e colleghi (2012) dimostrano che gli anglofoni prendono decisioni più rapidamente riguardo eventi futuri se contemporaneamente muovono le braccia o un cursore in avanti; allo stesso modo, sono più rapidi a *esprimere* giudizi riguardo eventi passati se contemporaneamente muovono le braccia o un cursore all'indietro.
- 2 Sempre riportato in Hendricks & Boroditsky (2017), le persone sono più veloci a fare un passo in avanti rispetto a un passo indietro quando sentono delle parole associate all'ambito del futuro; a fare un passo indietro rispetto a uno avanti quando sentono delle parole associate al passato.
- 3 Nunez & Sweetser (2006) riscontrano come in alcune culture le persone tendano a fare dei gesti con le mani da sinistra a destra quando parlano di eventi che si sviluppano nel tempo, o similmente gesti che associano passato-lontano e presente-vicino (da Bonato et al., 2012).
- 4 Altre prove comportamentali di questa sovrapposizione spazio-temporale si trovano nelle oscillazioni spontanee che si verificano negli individui quando questi, pensando a eventi passati e futuri, ciondolano rispettivamente all'indietro o in avanti. (Miles et al., 2010).
- 5 Gijssel & Casasanto (2017) descrivono uno studio in cui i partecipanti osservavano dei punti su uno schermo allontanarsi o avvicinarsi rispetto al centro, ricavandone l'illusione percettiva di muoversi in avanti o indietro. In un secondo momento, i partecipanti che avevano esperito un'illusione motoria di movimento in avanti

riportavano di star pensando al futuro; all'opposto, quelli che avevano esperito un'illusione motoria di movimento all'indietro riportavano di star pensando al passato.

2.3 REALTÀ PSICOLOGICA

Dalle prove di diversa natura appena affrontate nella sezione precedente emerge una questione fondamentale: quella della realtà psicologica della metafora TEMPO È SPAZIO.

La questione, posta da numerosi ricercatori che si sono occupati della rappresentazione della temporalità (Boroditsky, 2000; Athanasopoulos et al., 2017; Casasanto & Boroditsky, 2007; McGlone & Harding, 1998; Gentner et al., 2002) è se alla realtà linguistica delle metafore concettuali corrisponda anche una realtà psicologica – battezzata da Casasanto (2010) “metafora mentale”.

Infatti, seppur la corrispondenza tra spazio e tempo a livello linguistico notata da Lakoff fornisca un'intuizione di come il domino temporale possa essere strutturato a livello mentale, da sola non è tuttavia sufficiente per sostenere che la configurazione del tempo sia di natura spaziale anche a livello di schemi cognitivi. (Boroditsky, 2000; Athanasopoulos et al., 2017)

Boroditsky (2000) sviluppa così la *Metaphoric Structuring View* con l'obiettivo di generare un modello psicologico più accurato di quello di Lakoff. La *Metaphoric Structuring View* si propone di dimostrare che le metafore spaziali che descrivono gli aspetti temporali a livello linguistico strutturano la rappresentazione temporale anche a livello cognitivo. In altre parole, gli schemi spaziali insiti nelle metafore utilizzate forniscono le informazioni relazionali necessarie per organizzare gli eventi nel tempo.

METAFORE EGO-IN-MOVIMENTO E TEMPO-IN-MOVIMENTO

Nello specifico, Boroditsky si focalizza sull'aspetto di sequenzialità degli eventi temporali. La sequenzialità può essere rappresentata attraverso due metafore che si differenziano per la prospettiva adottata (Boroditsky, 2000; Gentner et al., 2002; McGlone & Harding, 1998). Nella prima metafora *ego-in-movimento* (EM), è l'ego/l'oggetto a spostarsi lungo la linea del tempo, in direzione del futuro. Per esempio: “Ci stiamo avvicinando alla scadenza”. Nella seconda metafora *tempo-in-movimento* (TM), l'ego/l'oggetto sono fermi sulla linea del tempo, e sono invece gli eventi temporali

a muoversi dal futuro verso il passato - in un certo senso andando incontro all'ego. Per esempio: "La scadenza si sta avvicinando".

Una serie di studi sperimentali ha indagato la realtà psicologica dei costrutti temporali attraverso la manipolazione e l'elaborazione delle metafore EM e TM (Boroditsky, 2000; Gentner et al., 2002; McGlone & Harding, 1998). Si possono individuare due principali paradigmi utilizzati.

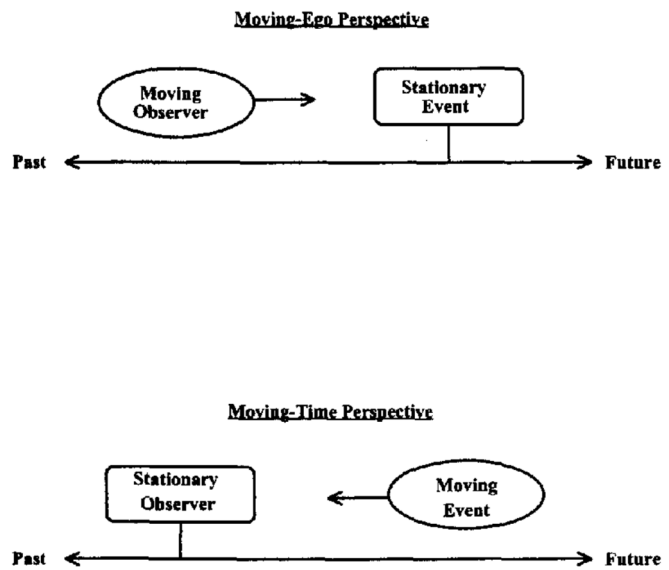


Figura 1
Illustrazione delle prospettive spaziali ego-in-movimento e Tempo-in-movimento (McGlone & Harding, 1998)

L'ipotesi di ricerca del primo paradigma è che se la realtà delle metafore è anche psicologica, allora il mantenimento dello stesso tipo di

metafora EM/TM da una frase *prime* a una frase *target* dovrebbe facilitare l'elaborazione delle espressioni *target*, con un abbassamento dei tempi di reazione (es: frase costruita su EM facilita l'elaborazione di frase costruita su EM); al contrario, se gli schemi EM/TM venissero scambiati, cioè se si passasse da una metafora a un'altra, questo risulterebbe in un'interferenza, con tempi di reazione più alti per l'elaborazione del *target*.

Se invece la realtà delle metafore è puramente linguistica, l'attivazione di EM o TM in *prime* non dovrebbe avere alcun effetto rilevante sull'elaborazione di un *target*.

Prendendo un esempio da McGlone & Harding (1998): ai partecipanti veniva chiesto, supponendo che il giorno dell'esperimento fosse mercoledì e che ci fosse una scadenza di giovedì, di giudicare se le affermazioni presentate fossero vere o false.

Prospettiva TM in prime (P), EM in target (T) (incongruente: si prevede un effetto di interferenza)

P1: We know that the deadline is approaching.

P2: We know that the deadline has reached us.

P3: We know that the deadline is coming up.

P4: We know that the deadline has passed us.

T: We are drawing nearer to the deadline.

Per il secondo paradigma, chiamato paradigma di disambiguazione e adottato da Boroditsky (2000) e McGlone & Harding (1998), l'interpretazione di una frase *target* temporale ambigua è determinata dall'informazione strutturale EM/TM presente nelle frasi *prime*, che viene trasferita anche al *target*.

Un esempio, di nuovo da McGlone & Harding (1998), supponendo di nuovo che l'esperimento fosse presentato di mercoledì.

Contesto prime sottende una prospettiva ego-in-movimento (EM) (risposta attesa per l'affermazione target: venerdì)

P1: We are coming up on the wedding in two days.

P2: We passed the deadline two days ago.

P3: We will arrive at the exam date in two days.

P4: We reached the anniversary two days ago.

T: The meeting originally scheduled for next Wednesday has been moved forward two days.

Globalmente, i risultati degli esperimenti di Boroditsky (2000), Gentner et al. (2002) e McGlone & Harding (1998) dimostrano che:

- 1) La struttura degli schemi spaziali attivati influenza l'interpretazione dell'informazione temporale
- 2) La struttura degli schemi temporali attivati non influenza l'interpretazione di informazioni temporali
- 3) In assenza di informazioni spaziali esplicite, si ricorre a informazioni strutturali già immagazzinate nel dominio temporale

Questi risultati supportano la versione debole della *Metaphoric Structuring View* (Boroditsky, 2000), secondo cui le metafore spaziali hanno sì un ruolo nel modellare gli schemi di rappresentazione temporale; tuttavia, con l'uso frequente di una specifica metafora, lo schema relazionale veicolato viene immagazzinato nel dominio temporale in maniera indipendente, senza che sia più necessario accedere allo schema spaziale per elaborare informazioni temporali. Questo sarebbe confermato da una serie di evidenze sperimentali (Gentner et al., 2002) per cui il costo cognitivo del passaggio da una struttura metaforica ME/MT all'altra si verifica solo in caso di metafore spaziali nuove o poco utilizzate.

Alla luce di questi esperimenti, è importante ora ribadire un aspetto delle metafore concettuali Lakoffiane già precedentemente menzionato, che ora risulta più chiaro. Come osservato da Winter e colleghi (2014) la metafora concettuale trasferisce dal dominio sorgente al dominio *target* non solamente l'organizzazione degli elementi (per esempio, lunghezza spaziale → durata temporale), ma anche, e in maniera cruciale, le inferenze che si possono fare all'interno di ciascun sistema, e che producono diverse risposte (es: lunedì/venerdì nell'esperimento di McGlone & Harding, 1998).

Ciò significa che dalla struttura spaziale adottata dipendono l'interpretazione del tempo e la pianificazione dell'azione (mentale e comportamentale)

2.4 INFLUENZE CULTURALI

Nonostante la metafora TEMPO È SPAZIO sia pressoché universale, esistono tuttavia delle differenze apprese culturalmente rispetto l'esatta rappresentazione del tempo (Bonato et al, 2012; Casasanto & Bottini, 2014; Hendricks & Boroditsky 2017).

Numerosi studi sembrano dimostrare per esempio che l'orientamento e la direzione dello scorrere della linea mentale del tempo siano determinati dalla direzione della scrittura.

Ad esempio, in lingua mandarina si riscontrano metafore temporali orientate lungo l'asse verticale, in cui il passato è associato al sopra e il futuro al sotto. (Boroditsky, 2000; Gijssel & Casasanto, 2017). Inoltre, Casasanto & Bottini (2014) dimostrano che mentre per gli anglofoni – e in generale tutte le lingue occidentali – vale la disposizione sinistra-passato e destra-futuro, per le persone di lingua Araba ed Ebraica, in cui si scrive e legge da destra a sinistra, l'associazione è invertita. In un altro esperimento, Casasanto & Bottini (2008) hanno testato sperimentalmente la plasticità delle metafore temporali in base alla direzione della scrittura, sottoponendo dei partecipanti di lingua Olandese a una serie di stimoli scritti presentati: a) in maniera standard b) a specchio c) ruotati di 90° dall'alto in basso d) ruotati di 90° dal basso verso l'alto. Se all'inizio tutti i partecipanti preferivano l'ortografia standard, dopo solo pochi minuti di abitudine mostravano dei pattern di risposta opposti, avendo nel frattempo capovolto la loro rappresentazione della linea mentale del tempo.

2.5 SIMMETRIA/ASIMMETRIA: ATOM E CMT A CONFRONTO

Fino ad ora sono stati passati in rassegna numerosi studi a supporto della Teoria Metaforica Concettuale che dimostrano che il tempo è rappresentato secondo uno schema spaziale unidimensionale e lineare - spesso una linea del tempo il cui orientamento è

acquisito culturalmente e correlato alla direzione della scrittura - che rispecchiano una asimmetria di rappresentazione tra la sorgente spaziale tridimensionale e quella temporale (Boroditsky, 2000; Radden, 2003; Athanasopoulos et al., 2017).

Tuttavia, in letteratura si trovano evidenze a supporto di un'altra teoria che rende conto della stretta connessione tra spazio e tempo: ATOM (A Theory Of Magnitude), postulata per primo da Walsh (2003).

ATOM è una teoria neurocognitiva che ipotizza la presenza di un unico sistema dominio-generale di elaborazione della magnitudine, dedicato al processamento di informazioni spaziali, temporali e numeriche (quantità) (Bonato et al., 2012; Walsh, 2003; Gijssels & Casasanto, 2017; Winter et al., 2014). Le basi neurali coinvolte in questo sistema sembrano concentrarsi principalmente nella corteccia parietale, coinvolgendo però anche altre regioni distribuite, tra cui la corteccia prefrontale (Winter et al., 2014). Secondo le previsioni di ATOM, l'interazione cross-modale tra i diversi tipi di magnitudine - e quindi anche tra spazio e tempo - dovrebbe essere bidirezionale e simmetrica (Walsh, 2003).

A supporto di questa ipotesi vi è per esempio lo *SNARC effect* (Bonato et al., 2012; Woodin & Winter, 2018), per cui cifre numeriche relativamente basse sono elaborate più velocemente se il tasto di risposta è a sinistra, mentre viceversa cifre numeriche relativamente alte sono elaborate più velocemente quando il tasto di risposta è a destra.

O ancora, come riportato da Bonato e colleghi (2012), l'effetto di compatibilità riscontrato tra la magnitudine indicata da una cifra numerica e l'azione per afferrare un oggetto associato alla cifra (in inglese, *pinch*= "prendere a due dita, pizzicare", oppure *clutch*= "afferrare a mano intera") si verificava sia in risposte verbali che in risposte manuali.

La spiegazione dell'esistenza di questo sistema comune, infatti, risiederebbe nella funzione evolutiva di coordinare i sistemi senso-motori di percezione e azione, ad esempio per afferrare qualcosa (Winter et al., 2014; Walsh, 2003) (es: vedo una certa quantità di cibo, stimo la distanza che mi separa da essa e quanto devo aprire la mano per afferrarla). Come sostengono Winter e colleghi (2014), tutti i tipi di azione, tra cui afferrare, lanciare, indicare e correre, necessitano la coordinazione in parallelo di molteplici magnitudini spaziali, temporali e numeriche. Infatti, alcune forme di queste competenze di trasformazione sensorimotoria orientata all'azione, ontogeneticamente e filogeneticamente primordiali, sono state riscontrate anche nei primati e nei bambini.

Come si può spiegare la coesistenza delle due ipotesi apparentemente contraddittorie sostenute dalla TMC e da ATOM (i.e. asimmetria vs. simmetria di rappresentazione

spazio-tempo)? La proposta di Winter e colleghi (2014) è che le due teorie non siano contraddittorie bensì complementari, e spieghino due aspetti diversi del carattere incarnato della rappresentazione del tempo. Infatti, sostengono, la semplice rappresentazione della magnitudine non è sufficiente da sola per spiegare le ricche e complesse interazioni tra spazio e tempo descritte dalla TMC.

Winter e colleghi ipotizzano dunque che ATOM possa spiegare i compiti di ragionamento di basso livello che sono indipendenti dal linguaggio ed emergono già da molto presto, fornendo il sostrato cognitivo su cui si sviluppano in un secondo momento le capacità di ragionamento di alto livello, come il linguaggio e il ragionamento inferenziale, affrontati invece nella TMC.

3. TEMPORALITÀ E LARGE LANGUAGE MODELS

Dopo aver appurato che la rappresentazione del tempo nella cognizione umana si fonda sulla struttura dimensionale dello spazio, acquisita per esperienza fisica diretta, non resta che affrontare come un'intelligenza artificiale in assenza di un corpo elabori e utilizzi lo stesso concetto. Nello specifico, si vuole indagare se la struttura spaziale del concetto di tempo veicolata nel linguaggio umano venga colta e utilizzata in maniera appropriata da un Large Language Model – nello specifico ChatGPT-3.5 – un algoritmo computazionale preposto all'analisi del linguaggio.

Infatti, è ormai pratica comune per saggiare il funzionamento e l'efficacia dei LLM considerarli “soggetti psicolinguistici” da sottoporre a test tratti dall'ambito della psicolinguistica. Questa pratica è diventata frequente da quando la capacità di analisi del linguaggio dei modelli computazionali ha raggiunto livelli altamente sofisticati (Sinclair et al., 2022).

Per capire cosa renda i LLM così efficaci è necessario introdurne brevemente il funzionamento.

3.1 I LLM

All'interno dell'ambito del Natural Language Processing (NLP), tra gli sviluppi più recenti e sofisticati spiccano i Large Language Models (LLMs), algoritmi computazionali potentissimi in grado di elaborare enormi quantità di dati linguistici, tratti soprattutto dal

web, estraendone pattern strutturali molto complessi, relazioni semantiche, e sottigliezze linguistiche, con l'obiettivo di generare contenuti in forma testuale (Hadi et al., 2023).

I LLM rientrano nella categoria dei transformers, ovvero un tipo di rete neurale artificiale ad apprendimento automatico composta da una serie di strati che funzionano secondo un meccanismo di auto-attenzione. Questo meccanismo consente alla rete neurale di apprendere le dipendenze reciproche tra le diverse parole dell'input, individuando la rilevanza di ogni parola all'interno della frase, indipendentemente dalla sua posizione (Hadi et al., 2023).

Nella fase di *pre-training*, via via che le parole, trasformate in vettori, vengono elaborate dai diversi strati della rete neurale, la loro rappresentazione viene continuamente aggiornata in base alle nuove informazioni di input ricevute. Ovvero, la rappresentazione delle parole cambia in base al contesto fornito. Questo fa sì che il transformer, nel momento in cui deve generare del testo, possa fare una previsione della distribuzione di probabilità dell'output (parola) da generare in base al contesto ricevuto.

Successivamente alla fase di *pre-training* il LLM è sottoposto a una fase di *fine-tuning*, in cui alla rete neurale vengono forniti esempi etichettati di un ambito linguistico specifico, in modo che il LLM sia guidato nel generare risposte più accurate, specializzandosi all'interno di un certo ambito.

Il risultato è un modello computazionale, come per esempio ChatGPT, che processa online l'input fornito da un user, e che in base sia alle informazioni imparate durante l'apprendimento, sia al contesto proposto dallo user, genera una risposta calcolata secondo metodi probabilistici che valutano la verosimiglianza di una certa parola o gruppo di parole in base al contesto fornito (Hadi et al., 2023).

3.2 ESPERIMENTI CON CHATGPT-3.5

Per testare le capacità di ChatGPT-3.5 di elaborare e produrre informazioni temporali su base linguistica sono stati selezionati i due esperimenti di McGlone & Harding (1998) sulle metafore ego-in-movimento (EM) e tempo-in-movimento (TM).

Questa scelta è stata fatta con le seguenti motivazioni:

- 1) L'analisi delle metafore EM e TM è su base linguistica e non comportamentale.
- 2) In letteratura l'analisi delle prospettive EM e TM fornisce prove evidenti dell'utilizzo dell'informazione spaziale nell'elaborazione di informazioni temporali, e vi sono diversi studi che ne confermano il funzionamento: oltre agli

esperimenti di McGlone & Harding (1998), anche Boroditsky (2000) e Gentner e colleghi (2002).

- 3) Negli esperimenti di Boroditsky e Gentner e colleghi, tuttavia, alcuni degli stimoli sono anche visivi oltre che linguistici (nello specifico vengono raffigurate alcune linee del tempo, lungo cui si muovono degli oggetti). Questo è un fattore ostacolante per un LLM che, come si è visto, può elaborare solo informazioni linguistiche. In McGlone, invece, tutti gli stimoli sono esclusivamente linguistici.
- 4) Diversamente da Boroditsky e da Gentner, McGlone manipola, tra frasi *prime* e *target*, sia la variabile “prospettiva metaforica temporale”, sia la variabile “soggetto grammaticale della frase”. In questo modo McGlone può escludere che l’effetto principale di interferenza o facilitazione sia determinato dalla struttura grammaticale, anziché dalla prospettiva metaforica adottata (McGlone & Harding, 1998).

Questo aspetto è particolarmente rilevante nel momento in cui l’esperimento viene riprodotto con un LLM, che in quanto modello di analisi del linguaggio potrebbe essere più suscettibile a informazioni strutturali di natura grammaticale.

ChatGPT-3.5 si è già dimostrato estremamente accurato – anche sorpassando la performance umana – nella risoluzione di compiti cognitivi e di ragionamento molto sofisticati (si vedano Webb et al., 2023; Lampinen et al., 2023). Ci si aspetterebbe, dunque, la stessa accuratezza anche nell’interpretazione delle inferenze temporali, se fosse sufficiente l’informazione strutturale a livello linguistico veicolata dalle metafore EM e TM.

Se invece ChatGPT-3.5 mostrasse dei pattern di risposta diversi da quelli che emergono in McGlone, bisognerebbe supporre che l’elemento strutturale linguistico da solo non è sufficiente per elaborare informazioni temporali, e che ci sia invece bisogno di accedere alla rappresentazione spaziale, di derivazione incarnata, attivata negli esseri umani.

La descrizione e i risultati dei due esperimenti sono riportati di seguito.

PRIMO ESPERIMENTO

Nell’esperimento di McGlone & Harding (1998), a ogni partecipante veniva fornita una lista composta da 128 blocchi di frasi, da cinque frasi ciascuno. Le cinque frasi (4 frasi *prime* + 1 frase *target*) in ogni blocco descrivevano una certa relazione temporale tra il

partecipante e un tipo di evento, la cui durata non superi un giorno (128 eventi totali, uno diverso per ogni blocco).

All'interno di ciascun blocco erano utilizzati 5 verbi diversi, utilizzati a rotazione: *approach* - *come (up)* - *draw (near)* - *reach* - *pass*, che sono verbi frequentemente utilizzati in prospettive sia EM che TM.

Ogni frase conteneva due tipi di variabili: 1) la prospettiva metaforica di movimento del tempo: EM o TM; 2) il soggetto grammaticale: canonico (es: "we are approaching the deadline") o non-canonico (es: "the deadline is what we are approaching").

All'interno di ciascun blocco, tutte le quattro frasi *prime* mantenevano la stessa prospettiva (EM/TM) e lo stesso soggetto grammaticale (canonico/non canonico). Il *target* invece aveva sempre soggetto grammaticale canonico, ma poteva assumere una prospettiva metaforica sia EM che TM.

In questo modo, si formavano 8 diversi scenari sperimentali, in cui le frasi *prime* veicolavano una prospettiva EM/TM, mentre la frase *target* rispetto alle 4 frasi *prime* poteva essere 1) *subject consistent/perspective consistent* 2) *subject consistent/perspective inconsistent* 3) *subject inconsistent/perspective consistent* 4) *subject inconsistent/perspective inconsistent*. Ognuno degli 8 scenari era adottato in 16 blocchi (16x8=128 blocchi totali)

Il compito consisteva nel giudicare se le frasi di ognuno dei 128 blocchi fossero vere o false in base alle informazioni fornite nelle istruzioni ("oggi è mercoledì" - "l'evento accade martedì/giovedì). L'evento avveniva di martedì in metà dei blocchi, di giovedì nell'altra metà.

I risultati degli esperimenti confermavano l'ipotesi di McGlone e Harding: lo schema spaziale attivato nelle frasi *prime* di ciascun blocco influiva sull'elaborazione della frase *target*, risultando in un effetto di facilitazione (TR più bassi) quando veniva mantenuta la stessa prospettiva metaforica (es. EM → EM), oppure in un effetto di interferenza (TR più alti) quando si passava da una prospettiva all'altra (es: EM → ET).

Inoltre, era stato rilevato un effetto di interferenza nei casi di "*subject inconsistency*", L'effetto di interferenza determinato dal cambio di prospettiva e dal cambio di soggetto grammaticale sembravano sommarsi.

In quanto ad accuratezza delle risposte, era stata rilevata una maggior facilità nel giudicare correttamente i target veri rispetto ai target falsi. Tuttavia, non era stato osservato nessun effetto rilevante legato alla consistenza di prospettiva o soggetto grammaticale.

Alcune osservazioni preliminari riguardo la riproduzione dell'esperimento con ChatGPT-3.5:

1. Non potendo calcolare i tempi di reazione nelle risposte generate da un LLM, si è considerata solamente l'accuratezza delle risposte date. Come possibile soluzione per ricerche future, si potrebbe in alternativa analizzare la distribuzione di confidenza nelle risposte del Large Language Model, che secondo Lampinen può essere paragonata alla confidenza di risposta di un essere umano rispecchiata nei tempi di reazione (Lampinen et al., 2023)
2. Il verbo *come (up)* originariamente usato da McGlone è stato sostituito con *get (closer)* in quanto *come(up)* veniva interpretato come se l'evento dovesse verificarsi in quello stesso giorno (mercoledì), anziché starsi avvicinando.
3. L'informazione sul giorno della settimana in cui accadeva l'evento (TUESDAY/THURSDAY) è stata inserita nelle istruzioni, in quanto presentarla in cima alla lista con le frasi da giudicare risultava in risposte particolarmente confuse.

Si è così stilata una lista composta da 128 blocchi (si veda l'appendice A per la lista completa) seguendo le indicazioni che si possono trovare in McGlone & Harding (1998). La lista è poi stata somministrata a ChatGPT-3.5, con l'obiettivo di testare se il pattern di risposta di un LLM fosse paragonabile a quello di un essere umano.

Le risposte di ChatGPT sono state tali da vanificare questa possibilità.

Ciononostante, si possono fare delle osservazioni sull'andamento delle risposte del Large Language Model, riportate nella sezione successiva.

RISULTATI E DISCUSSIONE ESPERIMENTO 1

Le risposte di ChatGPT-3.5 sono state molto poco accurate, tanto nei *prime* quanto nei *target*. Non solo non si è riscontrato un andamento paragonabile a quello umano rilevato in McGlone, ma le stesse inferenze temporali di base, come la sequenza dei giorni della settimana, sono state frequentemente abolite (es: "*FALSE: Today is Wednesday, and the gathering is on Tuesday. We have not reached the gathering yet; we are still one day away from it*"), oppure veniva alterato il significato dei verbi (es: "*FALSE: Since today is Wednesday and the referendum is on Thursday of the same week, we are not drawing nearer to the referendum; it is imminent*"). Di conseguenza, si può affermare che un LLM

come Chat-GPT-3.5 non è, allo stato dell'arte, in grado di elaborare e produrre informazioni temporali alla maniera di un umano. Di seguito se ne riportano le risposte.

	Frase target EM			Frase target TM		
	corrette	scorrette	parzialmente scorrette	corrette	scorrette	parzialmente scorrette
<i>perspective consistent/subject consistent</i>	8	8	0	7	8	1
<i>perspective inconsistent/subject consistent</i>	7	6	3	7	5	4
<i>perspective consistent/subject inconsistent</i>	4	6	6	6	7	3
<i>perspective inconsistent/subject inconsistent</i>	8	6	2	5	8	3
TOT	27	26	11	25	28	11

Figura 2
Tabella delle frequenze Esperimento 1 – risposte di ChatGPT-3.5

Si può fare luce, tuttavia, su una serie di pattern di risposta ricorrenti che potrebbero suggerire qualcosa sul funzionamento di ChatGPT-3.5.

- 1) Non è stato trovato nessun effetto legato alla natura della prospettiva metaforica della frase *target* (27 corrette per EM, 25 corrette per TM). Allo stesso modo, non è stato rilevato nessun effetto legato alla consistenza/inconsistenza di prospettiva e soggetto grammaticale tra frasi *prime* e frasi *target* (si veda la *Figura 1*). L'accuratezza delle risposte era distribuita abbastanza equamente, senza rispecchiare in alcun modo gli effetti di facilitazione/interferenza osservati nei partecipanti in McGlone.
- 2) Le risposte V/F, aggregate per blocco, sono state suddivise in tre livelli di accuratezza: blocco corretto (tutte le cinque risposte all'interno del blocco erano corrette); blocco parzialmente scorretto (il giudizio finale vero/falso era parzialmente scorretto, ma il ragionamento a supporto delle risposte era prevalentemente corretto); blocco scorretto (consistenti errori sia nel giudizio finale, sia nel ragionamento). Globalmente, le risposte corrette ammontavano a 52/128, le parzialmente corrette a 22/128, quelle scorrette a 54/128 (*Figura 3*).

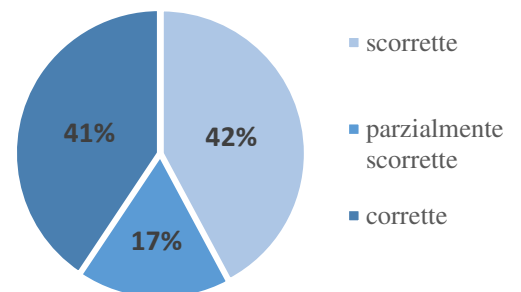


Figura 3
Distribuzione risposte di ChatGPT-3.5
Esperimento 1

3) Delle 54 risposte scorrette, 47 si sono verificate in blocchi in cui l'evento accadeva nel passato ("evento TUESDAY"), mentre solamente 7/54 risposte scorrette sono state riscontrate in blocchi in cui l'evento accadeva nel futuro, ("evento THURSDAY"). Nel primo caso, l'errore più frequente, nonostante le specifiche delle istruzioni, era considerare che l'evento accadesse il martedì successivo (*Figura 4*)

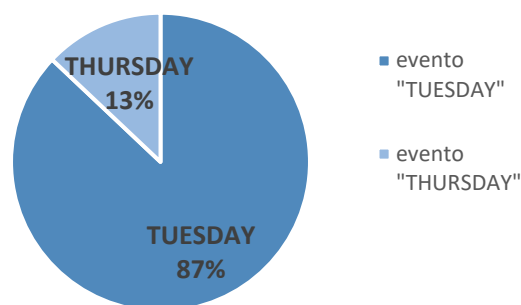


Figura 4
Distribuzione risposte scorrette in base al giorno dell'evento indicato nel prompt

4) La qualità delle risposte rimaneva invariata all'aumentare della precisione delle istruzioni fornite (3 versioni di istruzioni, si veda l'appendice A).

5) È stata stilata una quarta versione delle istruzioni fornite per valutare eventuali effetti contesto (si veda l'appendice A). Questa versione, che conteneva in capo alle istruzioni la sequenza corretta dei giorni della settimana, è stata proposta come follow-up per i blocchi scorretti. In 6/47 blocchi originariamente scorretti con evento TUESDAY la performance è migliorata, mentre in 7/7 eventi THURSDAY originariamente scorretti la performance è migliorata, passando da risposta scorretta a risposta corretta (*Figura 5*).

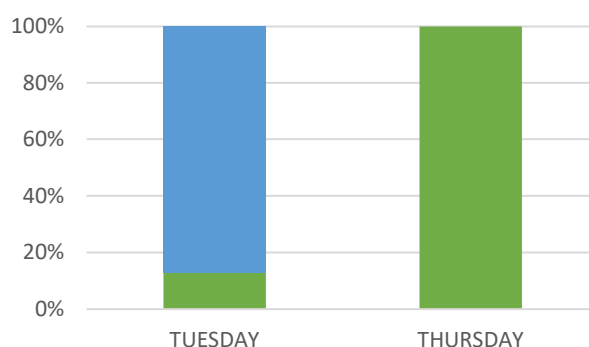


Figura 5
Percentuale di risposte di ChatGPT-3.5 migliorate/invariate in seguito al follow-up con contesto.

SECONDO ESPERIMENTO

Nel secondo esperimento, McGlone & Harding (1998) selezionano quattro verbi spaziotemporali frequentemente utilizzati (*arrive, come (up), pass, reach*) e creano per ciascuno 3 frasi costruite secondo la prospettiva EM e 3 secondo la prospettiva TM, ottenendo una batteria di 24 frasi in tutto (12 EM + 12 TM). Ogni frase descrive una relazione temporale (passato/futuro) e una distanza di 2 giorni tra un evento fittizio e il presente (es: "we passed the deadline two days ago").

Con ciascuna delle batterie di frasi EM e TM vengono creati 3 blocchi *prime* da 4 frasi ciascuno; in ogni blocco vengono esauriti tutti i quattro verbi spaziotemporali. Si ottengono così la lista EM, composta dai 3 blocchi EM; la lista TM, composta dai 3 blocchi TM; e un'ulteriore lista mista di 3 blocchi, composta da 6 frasi EM e 6 frasi TM, selezionate randomicamente tra quelle già create.

Sono poi formulate 3 frasi *target* (sempre le stesse in ogni lista EM, TM e mista) in cui un evento fittizio viene spostato di due giorni. I verbi contenuti nelle frasi *target* veicolano un movimento in avanti (*move forward, advance*) o all'indietro (*push back*), restando tuttavia ambigue rispetto al movimento orientato al futuro o al passato (ovvero: nella frase “*The meeting originally scheduled for next Wednesday has been moved forward two days*” non c'è nessuna informazione che consenta di stabilire in maniera univoca se il meeting sia spostato a venerdì o a lunedì, in quanto l'inferenza dipende dalla prospettiva metaforica di movimento del tempo adottata).

Prima di ogni blocco presentato, si ricorda che il giorno della settimana corrente è mercoledì.

In base a questa informazione, si chiedeva ai partecipanti di indicare, per ogni frase sia *prime* che *target*, se l'evento menzionato fosse stato spostato a LUNEDÌ o VENERDÌ, considerando il movimento temporale veicolato dalla frase.

Secondo le ipotesi di McGlone & Harding (1998), confermate poi dai risultati dell'esperimento, la disambiguazione delle frasi *target* per ogni blocco sarebbe influenzata dalla prospettiva EM/TM veicolata dalle frasi *prime*, e che quindi le risposte ai *target* siano consistenti con la prospettiva veicolata dai *prime*. Altrimenti, se non ci fosse alcun effetto *prime* rilevante, ci si aspetterebbe che le risposte EM/TM fossero ugualmente distribuite.

Nel blocco misto, inoltre, si ipotizzava un pattern di risposta più ambivalente; tuttavia, si riscontra una leggera preferenza per la prospettiva TM.

Per la distribuzione in percentuale dei risultati si faccia riferimento alla tabella in figura 6.

L'esperimento con ChatGPT-3.5 è stato riprodotto esattamente, siccome nello studio di McGlone & Harding (1998) è riportato l'intero dataset (si veda l'appendice B).

RISULTATI E DISCUSSIONE ESPERIMENTO 2

Anche in questo caso la performance di Chat-GPT-3.5 non può chiaramente essere paragonata a quella dei partecipanti umani testati da McGlone. Infatti, indipendentemente dal tipo di prospettiva veicolata dalle quattro frasi contesto (EM/TM), ChatGPT-3.5 ha disambiguato le frasi *target* applicando la prospettiva TM tempo-in-movimento nel 100% dei casi.

Anche McGlone & Harding (1998) notano una preferenza per interpretazioni di frasi temporali ambigue secondo la prospettiva TM, sia in caso di frasi isolate che in caso di contesto TM quanto EM. Una possibile spiegazione proposta da McGlone è che la prospettiva metaforica TM potrebbe essere più frequente di quella EM, rendendola più facilmente accessibile. Se questo fosse vero, vorrebbe dire anche che ChatGPT-3.5 in fase di training sarebbe stato esposto a una maggior quantità di dati a supporto della prospettiva TM, sbilanciandone così le risposte. Tuttavia, questo avrebbe dovuto incidere anche sulle risposte fornite da ChatGPT nel primo esperimento, fatto che non si è verificato.

La tabella sottostante (*Figura 6*) confronta i risultati ottenuti con ChatGPT-3.5 e quelli dell'esperimento originale di McGlone & Harding (1998).

Responses	Human percentages			ChatGPT-3.5 percentages		
	ME	context list		ME	context list	
		MT	mixed		MT	mixed
	<i>The meeting originally scheduled for next Wednesday has been <u>moved forward</u> two days</i>					
ME consistent	61	43	31	0	0	0
MT consistent	39	69	59	100	100	100
	<i>The reception originally scheduled for next Wednesday has been <u>advanced</u> two days</i>					
ME consistent	68	38	36	0	0	0
MT consistent	32	62	64	100	100	100
	<i>The party originally scheduled for next Wednesday has been <u>pushed back</u> two days</i>					
ME consistent	54	38	43	0	0	0
MT consistent	46	62	57	100	100	100

Figura 6

Confronto tra soggetti umani e ChatGPT-3.5 della distribuzione in percentuale delle risposte al secondo esperimento di McGlone & Harding (1998)

SPECIFICAZIONI METODOLOGICHE

In entrambi gli esperimenti è stata aperta una nuova finestra di conversazione per ogni nuovo blocco presentato, in modalità *0-shot*, ovvero senza proporre esempi del compito richiesto. Anche per le domande *follow-up* con contesto specificato del primo esperimento (Istruzioni - versione 4; si veda Appendice A) è stata utilizzata questa metodologia, testando quindi una seconda volta i blocchi in cui le risposte erano risultate scorrette al primo test.

In ogni nuova conversazione le istruzioni sono state fornite in un unico *prompt*, senza che fossero spezzate in spiegazione task-richiesta.

Entrambi gli esperimenti sono stati riprodotti in inglese.

DISCUSSIONE GENERALE

Generalmente, sembra ci sia una maggiore facilità nelle inferenze temporali orientate al futuro, come dimostrato tanto dalla distribuzione delle risposte corrette/scorrette nel primo esperimento, quanto dalle spiegazioni addotte per giustificare le risposte scorrette nei blocchi in cui era necessario implementare delle inferenze orientate al passato.

Al di là di questo pattern osservato, sembra che gli esperimenti qui riprodotti supportino le numerose recenti evidenze secondo cui ChatGpt-3.5 è sì in grado di svolgere compiti molto complessi come ragionamento logico, *problem-solving*, ragionamento inferenziale, ma che la sua abilità sia limitata anche dal tipo di contenuto dei compiti richiesti. Tra questi, la performance dimostrata in compiti legati al dominio temporale è ancora estremamente bassa rispetto alle capacità umane, indipendentemente dalla potenza del modello e dall'estensione del dataset usato per il *pre-training* (Xiong et al., 2024; Chu et al., 2023; Wang & Zhao, 2023; Qiu et al., 2023; Webb et al., 2023). Secondo Webb e colleghi (2023) questo sarebbe dovuto alla particolare difficoltà di ragionamento di ChatGPT-3.5 nei domini legati all'aspetto fisico (incarnato) dell'esperienza umana. Inoltre, Chang e colleghi (2024) riscontrano scarse abilità spaziali in ChatGPT.

Queste osservazioni sembrano effettivamente suggerire, in linea con l'ipotesi avanzata in questa tesi, che senza una rappresentazione solida della spazialità, neanche una rappresentazione della temporalità analoga a quella dimostrata dai soggetti umani possa essere supportata.

4. CONCLUSIONI

La rassegna della letteratura fatta in questo studio riporta prove evidenti, sia comportamentali che linguistiche, dell'aspetto incarnato della temporalità nella cognizione umana. Il concetto di temporalità si è dimostrato essere largamente organizzato secondo le dimensioni del dominio spaziale. La natura di questa relazione è metaforica: in assenza di esperienza fisica diretta della temporalità, che è un concetto astratto, si traggono dallo spazio, che è invece concreto, i termini per descrivere le relazioni tra gli eventi. Ciò implica che per operare inferenze temporali sia necessario attivare anche le rappresentazioni spaziali, che nella maggior parte dei casi consistono in una linea del tempo in cui il tempo scorre da un'estremità all'altra. Questa influenza unidirezionale tra i domini spaziale e temporale porta a un'asimmetria di rappresentazione, riscontrata sia a livello linguistico che mentale. Di conseguenza, l'attivazione di una certa rappresentazione spaziale influenza quella temporale, ma non viceversa.

Attraverso la riproduzione di due esperimenti tratti dalla letteratura, si è poi indagato se il LLM ChatGPT-3.5 mostrasse un pattern di risposta paragonabile a quello degli esseri umani, con lo scopo di testare se l'informazione puramente linguistica sia sufficiente a veicolare le informazioni spaziali presenti nelle metafore temporali, anche in assenza di esperienza spaziale derivata dall'interazione tra corpo e ambiente. Tenendo conto del fatto che lo studio qui presentato è esplorativo, e che non è possibile trarre delle conclusioni su quale sia esattamente la ragione della performance dimostrata da ChatGPT-3.5, non di meno emerge in maniera evidente che i LLM allo stato dell'arte mostrano abilità molto limitate in quanto a inferenze spaziotemporali, con errori importanti anche nelle forme più basilari di ragionamento temporale.

Si propone, per ricerche future, di continuare a indagare gli aspetti di ragionamento temporale nelle reti neurali artificiali, provando a utilizzare modelli di NLP più avanzati rispetto a ChatGPT-3.5, come per esempio ChatGPT-4, oppure LLM multimodali (LMM), che in quanto addestrati anche su informazioni visive, oltre che linguistiche, potrebbero mostrare un maggior grounding spaziale e quindi una performance più simile a quella umana.

BIBLIOGRAFIA

- Athanasopoulos, P., Samuel, S., & Bylund, E. (2017). The-psychological reality of spatio-temporal metaphors. In A. Athanasiadou (Ed.), *Studies in Figurative Thought and Language* (pp. 295-321), John Benjamins.
- Barsalou, L. W. (1999). Perceptual symbol systems. *BEHAVIORAL AND BRAIN SCIENCES* 22, 577–660.
- Bonato, M., Zorzi, M., & Umiltà, C. (2012). When time is space: Evidence for a mental time line. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 36, 2257–2273.
- Boroditsky, L. (2000). Metaphoric structuring: Understanding time through spatial metaphors. *Cognition* 75, 1-28.
- *Buccino G., Binkofski F., Fink G.R., Fadiga L., Fogassi L., Gallese V., & Freund H.J. (2001). Action observation activates premotor and parietal areas in a somatotopic manner: An fMRI study. *European Journal of Neuroscience* 13, 400–404. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1460-9568.2001.01385.x>. [PubMed: 11168545]
- Casasanto, D., & Boroditsky, L. (2008). Time in the mind: Using space to think about time. *Cognition* 106, 579–593.
- Casasanto, D., & Bottini, R. (2014). Spatial language and abstract concepts. *WIREs Cogn Sci* 5, 139–149, <https://doi.org/10.1002/wcs.1271>.
- Casasanto, D. (2010). Space for Thinking. In V. Evans & P. Chilton (Eds.), *Language, Cognition, and Space: State of the art and new directions*. (pp. 453-478), London: Equinox Publishing.
- Chang, Y., Wang, X., Wang, J., Wu, Y., Yang, L., Zhu, K., Chen, H., Yi, X., Wang, C., Wang, Y., Ye, W., Zhang, Y., Chang, Y., Yu, P. S., Yang, Q., & Xie, X. (2024). *A Survey on Evaluation of Large Language Models*. <https://doi.org/10.1145/3641289>.
- *Chao, L.L., & Martin, A. (2000). Representation of manipulable man-made objects in the dorsal stream. *NeuroImage* 12, 478–484. <http://dx.doi.org/10.1006/nimg.2000.0635>. [PubMed: 10988041]
- Chu, Z., Che, J., Chen, Q., Yu, W., Wang, H., Liu, M., & Qin, B., (2023). TIMEBENCH: A Comprehensive Evaluation of Temporal Reasoning Abilities in Large Language Models. (arXiv:2311.17667v1). arXive <https://arxiv.org/pdf/2311.17667.pdf>
- *Conson, M., Cinque, F., Barbarulo, A.M., & Trojano, L., (2008). A common processing system for duration, order and spatial information: evidence from a time estimation task. *Experimental Brain Research* 187 (2), 267–274.
- Gentner, D., Imai, M., & Boroditsky, L. (2002). As time goes by: Evidence for two systems in processing space → time metaphors. *Language and Cognitive Processes*, 17:5, 537-565, <https://doi.org/10.1080/01690960143000317>.
- Gijssels, T., & Casasanto, D. (2017). *Conceptualizing Time in Terms of Space: Experimental Evidence*. In B. Dancygier (Ed.), *Cambridge Handbook of Cognitive Linguistics* (pp. 651-668). Cambridge: Cambridge University Press.

- Goldinger, S. D. (2016). The poverty of embodied cognition. *Psychon Bull Rev* 23, 959–978, <https://doi.org/10.3758/s13423-015-0860-1> .
- Hadi, M. U., Al-Tashi, Q., Qureshi, R., Shah, A., Muneer, A., Zafar, A., Shaikh, M. B., Akhtar, N., Wu, J., & Mirjalili, S. (2023). A Survey on Large Language Models: Applications, Challenges, Limitations, and Practical Usage. <https://doi.org/10.36227/tehrxiv.23589741.v1> .
- *Hauk O., Johnsrude I., & Pulvermüller F. (2000). Somatotopic representation of action words in human motor and premotor cortex. *Neuron* 41, 301–307. [http://dx.doi.org/10.1016/S0896-6273\(03\)00838-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0896-6273(03)00838-9). [PubMed: 14741110]
- Hendricks, R. K., & Boroditsky, L. (2017). New Space–Time Metaphors Foster New Nonlinguistic Representations. *Topics in Cognitive Science* 9, 800–818, <https://doi.org/10.1111/tops.12279> .
- *Ishihara, M., Keller, P.E., Rossetti, Y., & Prinz, W., (2008). Horizontal spatial representations of time: evidence for the STEARC effect. *Cortex* 44, 454–461.
- Kwon, J. Y. & Varnum, M. E. W. (2020). Culture, Ecology, and Embodied Cognition. [Unpublished Manuscript] Department of Psychology, Arizona State University.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1980). *Metaphors we live by*, Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Lampinen, A. K., Dasgupta, I., Chan, S. C. Y., Sheahan, H. R., Creswell, A., Kumaran, D., McClelland, J. L., & Hill, F. (2023). Language models show human-like content effects on reasoning tasks (arXiv:2207.07051). arXiv. <http://arxiv.org/abs/2207.07051>.
- Mahon, B. Z. (2016). The Burden of Embodied Cognition. *Can J Exp Psychol.* 69(2), 172–178. <https://doi.org/10.1037/cep0000060> .
- * Martin, T., & Schwartz, D. L., (2005). Physically Distributed Learning: Adapting and Reinterpreting Physical Environments in the Development of Fraction Concepts, *Cognitive Science* 29(4), 587–625, https://doi.org/10.1207/s15516709cog0000_15.
- McGlone, M. S., & Harding, J. L. (1998.). Back (or Forward?) to the Future: The Role of Perspective in Temporal Language Comprehension. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition* 24(5), 1211-1223, <https://doi.org/10.1037/0278-7393.24.5.1211>.
- *Miles, L.K., Nind, L.K., & Macrae, C.N., (2010). Moving through time. *Psychological Science* 21, 222–223.
- *Nuñez, R.E., & Sweetser, E., (2006). With the future behind them: convergent evidence from Aymara language and gesture in the crosslinguistic comparison of spatial construals of time. *Cognitive Sciences* 30, 401–450.
- Qiu, Y., Zhao, Z., Ziser, Y., Korhonen, A., Ponti, E. M., & Cohen, S., B., (2023). Are Large Language Models Temporally Grounded? (arXiv:2311.08398v2). arXiv <https://arxiv.org/pdf/2311.08398.pdf>
- Radden, Günter. (2003). The Metaphor TIME AS SPACE across Languages. N. Baumgarten, C. Böttger, M. Motz, J. Probst (eds.), *Übersetzen, Interkulturelle Kommunikation, Spracherwerb und Sprachvermittlung - das Leben mit mehreren Sprachen. Festschrift für Juliane House zum 60. Geburtstag. Zeitschrift für Interkulturellen Fremdsprachenunterricht [Online]*, 8(2/3), 226-239.

Sengupta, R. (2018). How embodied is time? *Journal of the Indian Council of Philosophical Research* 35 (3), 431-445

*Sell, A. J., & Kaschak, M. P. (2011). Processing time shifts affects the execution of motor responses. *Brain and Language*, 117(1), 39–44. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2010.07.003>.

Shapiro, L., & Spaulding, S. (2021). Embodied Cognition, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2021 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <https://plato.stanford.edu/archives/win2021/entries/embodied-cognition/>.

Sinclair, A., Jumelet, J., Zuidema, W., & Fernandez, R. (2022). Structural Persistence in Language Models: Priming as a Window into Abstract Language Representations. (arXiv:2109.14989v2) arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2109.14989>.

*Ulrich, R., Eikmeier, V., de la Vega, I., Ruiz Fernandez, S., Alex-Ruf, S., & Maienborn, C. (2012). With the past behind and the future ahead: Back-to-front representation of past and future sentences. *Memory & Cognition* 40(3), 483–495. <https://doi.org/10.3758/s13421-011-0162-4>

Walsh, V. (2003). A theory of magnitude: Common cortical metrics of time, space and quantity. *TRENDS in Cognitive Sciences* 7(11).

Wang, Y., & Zhao, Y. (2023). TRAM: Benchmarking temporal reasoning for Large Language Models. (arXiv:2310.00835v2). arXiv <https://arxiv.org/pdf/2310.00835.pdf>

Webb, T., Holyoak, K., & Lu, H. (2023). Emergent analogical reasoning in large language models. *Nature Human Behaviour* 7, 1526-1541, <https://doi.org/10.1038/s41562-023-01659-w>.

Weigmann, K. (2012). Does intelligence require a body? *EMBO reports* 13(12), 1066-1069.

*Wilson, M. (2002, Dec). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 625-636.

Wilson, A. D. & Golonka, S. (2013). Embodied cognition is not what you think it is. *Frontiers in Psychology*, <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00058>.

Winter, B., Marghetis, T., & Matlock, T. (2014). Of magnitudes and metaphors: Explaining cognitive interactions between space, time, and number. *CORTEX* 64, 209-224

Woodin, G. & Winter, B. (2018). Placing Abstract Concepts in Space: Quantity, Time and Emotional Valence. *Frontiers in Psychology* 9, <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02169>.

Xiong, S., Payani, A., Kompella, R., & Fekri, F. (2024). Large Language Models Can Learn Temporal Reasoning. (arXiv:2401.06853v1). arXiv <https://arxiv.org/pdf/2401.06853.pdf>

*Fonti secondarie

APPENDICE

APPENDICE A - MATERIALE ESPERIMENTO 1

ISTRUZIONI - VERSIONE 1

Hey, let's play a game. I will now give you a list composed of five different sentences.

Consider the following information:
Pretend that today is WEDNESDAY
The event described in the sentences is taking place on TUESDAY

Based on this information, I want you to tell me if each statement is TRUE or FALSE

Hey, let's play a game. I will now give you a list composed of five different sentences.

Consider the following information:
Pretend that today is WEDNESDAY.
The event described in the sentences is taking place on THURSDAY

Based on this information, I want you to tell me if each statement is TRUE or FALSE

ISTRUZIONI -VERSIONE 2

Hey, let's play a game. Pretend that today is WEDNESDAY.

Based on this information, I want you to tell me if the 5 statements below are TRUE or FALSE, considering that the event described in each statement takes place on TUESDAY OF THIS WEEK.

Hey, let's play a game. Pretend that today is WEDNESDAY.

Based on this information, I want you to tell me if the 5 statements below are TRUE or FALSE, considering that the event described in each statement takes place on THURSDAY OF THIS WEEK.

ISTRUZIONI -VERSIONE 3

Hey, let's play a game. Pretend that today is WEDNESDAY.

Based on this information, I want you to tell me if the 5 statements below are TRUE or FALSE, considering that **name of event** takes place on TUESDAY OF THIS WEEK.

Hey, let's play a game. Pretend that today is WEDNESDAY.

Based on this information, I want you to tell me if the 5 statements below are TRUE or FALSE, considering that **name of event** takes place on TUESDAY OF THIS WEEK.

ISTRUZIONI -VERSIONE 4 CON CONTESTO SPECIFICATO

The sequence of the days of the week is SUNDAY-MONDAY-TUESDAY-WEDNESDAY-THURSDAY-FRIDAY-SATURDAY

Pretend that today is WEDNESDAY.
Based on this information, I want you to tell me if the 5 statements below are TRUE or FALSE, considering that the event described in each statement takes place on TUESDAY OF THIS WEEK.

The sequence of the days of the week is SUNDAY-MONDAY-TUESDAY-WEDNESDAY-THURSDAY-FRIDAY-SATURDAY

Pretend that today is WEDNESDAY.
Based on this information, I want you to tell me if the 5 statements below are TRUE or FALSE, considering that the event described in each statement takes place on THURSDAY OF THIS WEEK.

TARGET EGO-IN-MOVIMENTO (x64)

Perspectivally consistent/subject consistent (x 16 blocks)

(THURSDAY)

We are approaching the deadline
We have reached the deadline
We are getting closer to the deadline
We have passed the deadline
We are drawing nearer to the deadline

(THURSDAY)

We have reached the party
We are getting closer to the party
We have passed the party
We are drawing nearer to the party
We are approaching the party

(TUESDAY)

We are getting closer to the match
We have passed the match
We are drawing nearer to the match
We are approaching the match
We have reached the match

(THURSDAY)

We have passed the meeting
We are drawing nearer to the meeting
We are approaching the meeting
We have reached the meeting
We are getting closer to the meeting

(TUESDAY)

We are drawing nearer to the exam
We are approaching the exam
We have reached the exam
We are getting closer to the exam
We have passed the exam

(THURSDAY)

We are approaching the rehearsals
We have reached the rehearsals
We are getting closer to the rehearsals
We have passed the rehearsals
We are drawing nearer to the rehearsals

(THURSDAY)

We have reached the play
We are getting closer to the play
We have passed the play
We are drawing nearer to the play
We are approaching the play

TARGET TEMPO-IN-MOVIMENTO (x64)

Perspectivally consistent/subject consistent (x 16 blocks)

(TUESDAY)

The coronation is drawing nearer to us
The coronation is approaching us
The coronation has reached us
The coronation is getting closer
The coronation has passed us

(THURSDAY)

The signing of the contract is approaching us
The signing of the contract has reached us
The signing of the contract is getting closer
The signing of the contract has passed us
The signing of the contract is drawing nearer to us

(THURSDAY)

The regatta has reached us
The regatta is getting closer
The regatta has passed us
The regatta is drawing nearer to us
The regatta is approaching us

(TUESDAY)

The dance is getting closer
The dance has passed us
The dance is drawing nearer to us
The dance is approaching us
The dance has reached us

(THURSDAY)

The experiment has passed us
The experiment is drawing nearer to us
The experiment is approaching us
The experiment has reached us
The experiment is getting closer

(TUESDAY)

The debate is drawing nearer to us
The debate is approaching us
The debate has reached us
The debate is getting closer
The debate has passed us

(THURSDAY)

The Olympics are approaching us
The Olympics have reached us
The Olympics are getting closer
The Olympics have passed us
The Olympics are drawing nearer to us

(TUESDAY)

We are getting closer to the job interview
We have passed the job interview
We are drawing nearer to the job interview
We are approaching the job interview
We have reached the job interview

(TUESDAY)

We have passed the night out
We are drawing nearer to the night out
We are approaching the night out
We have reached the night out
We are getting closer to the night out

(THURSDAY)

We are drawing nearer to the mass
We are approaching the mass
We have reached the mass
We are getting closer to the mass
We have passed the mass

(TUESDAY)

We are approaching the wedding
We have reached the wedding
We are getting closer to the wedding
We have passed the wedding
We are drawing nearer to the wedding

(TUESDAY)

We have reached the ceremony
We are getting closer to the ceremony
We have passed the ceremony
We are drawing nearer to the ceremony
We are approaching the ceremony

(THURSDAY)

We are getting closer to the graduation
We have passed the graduation
We are drawing nearer to the graduation
We are approaching the graduation
We have reached the graduation

(TUESDAY)

We have passed the pic-nic
We are drawing nearer to the pic-nic
We are approaching the pic-nic
We have reached the pic-nic
We are getting closer to the pic-nic

(THURSDAY)

We are drawing nearer to the concert
We are approaching the concert

(THURSDAY)

The final has reached us
The final is getting closer
The final has passed us
The final is drawing nearer to us
The final is approaching us

(THURSDAY)

The screening is getting closer
The screening has passed us
The screening is drawing nearer to us
The screening is approaching us
The screening has reached us

(TUESDAY)

The departure has passed us
The departure is drawing nearer to us
The departure is approaching us
The departure has reached us
The departure is getting closer

(THURSDAY)

The show is drawing nearer to us
The show is approaching us
The show has reached us
The show is getting closer
The show has passed us

(TUESDAY)

The rally is approaching us
The rally has reached us
The rally is getting closer
The rally has passed us
The rally is drawing nearer to us

(TUESDAY)

The manifestation has reached us
The manifestation is getting closer
The manifestation has passed us
The manifestation is drawing nearer to us
The manifestation is approaching us

(THURSDAY)

The auction is getting closer
The auction has passed us
The auction is drawing nearer to us
The auction is approaching us
The auction has reached us

(TUESDAY)

The hunt has passed us
The hunt is drawing nearer to us

We have reached the concert
We are getting closer to the concert
We have passed the concert

(TUESDAY)

We are approaching the trial
We have reached the trial
We are getting closer to the trial
We have passed the trial
We are drawing nearer to the concert

Perspectivally consistent/subject inconsistent (x16 blocks)

(THURSDAY)

The game is what we have reached
The game is what we are getting closer to
The game is what we have passed
The game is what we are drawing nearer to
We are approaching the game

(TUESDAY)

The flight is what we are getting closer to
The flight is what we have passed
The flight is what we are drawing nearer to
The flight is what we are approaching
We have reached the flight

(THURSDAY)

The funeral is what we have passed
The funeral is what we are drawing nearer to
The funeral is what we are approaching
The funeral is what we have reached
We are getting closer to the funeral

(TUESDAY)

The opening is what we are drawing nearer to
The opening is what we are approaching
The opening is what we have reached
The opening is what we are getting closer to
We have passed the opening

(THURSDAY)

The celebration is what we are approaching
The celebration is what we have reached
The celebration is what we are getting closer to
The celebration is what we have passed
We are drawing nearer to the celebration

(THURSDAY)

The gala is what we have reached
The gala is what we are getting closer to
The gala is what we have passed
The gala is what we are drawing nearer to

The hunt is approaching us
The hunt has reached us
The hunt is getting closer

(THURSDAY)

The excursion is drawing nearer to us
The excursion is approaching us
The excursion has reached us
The excursion is getting closer
The excursion has passed us

Perspectivally consistent/subject inconsistent (x16 blocks)

(THURSDAY)

We know that the competition is approaching us
We know that the competition has reached us
We know that the competition is getting closer
We know that the competition has passed us
The competition is drawing nearer to us

(THURSDAY)

We know that the flash-mob has reached us
We know that the flash-mob is getting closer
We know that the flash-mob has passed us
We know that the flash-mob is drawing nearer to us
The flash-mob is approaching us

(TUESDAY)

We know that the wine tasting is getting closer
We know that the wine tasting has passed us
We know that the wine tasting is drawing nearer to us
We know that the wine tasting is approaching us
The wine tasting has reached us

(THURSDAY)

We know that the exhibition has passed us
We know that the exhibition is drawing nearer to us
We know that the exhibition is approaching us
We know that the exhibition has reached us
The exhibition is getting closer

(TUESDAY)

We know that the premiere is drawing nearer to us
We know that the premiere is approaching us
We know that the premiere has reached us
We know that the premiere is getting closer
The premiere has passed us

(THURSDAY)

We know that the fair is approaching us
We know that the fair has reached us
We know that the fair is getting closer
We know that the fair has passed us

We are approaching the gala

(TUESDAY)

The visit is what we are getting closer to
The visit is what we have passed
The visit is what we are drawing nearer to
The visit is what we are approaching
We have reached the visit

(THURSDAY)

The surgery is what we have passed
The surgery is what we are drawing nearer to
The surgery is what we are approaching
The surgery is what we have reached
We are getting closer to the surgery

(THURSDAY)

The interview is what we are drawing nearer to
The interview is what we are approaching
The interview is what we have reached
The interview is what we are getting closer to
We have passed the interview

(TUESDAY)

The shooting is what we are approaching
The shooting is what we have reached
The shooting is what we are getting closer to
The shooting is what we have passed
We are drawing nearer to the shooting

(TUESDAY)

The brunch is what we have reached
The brunch is what we are getting closer to
The brunch is what we have passed
The brunch is what we are drawing nearer to
We are approaching the brunch

(THURSDAY)

The hike is what we are getting closer to
The hike is what we have passed
The hike is what we are drawing nearer to
The hike is what we are approaching
We have reached the hike

(TUESDAY)

The run is what we have passed
The run is what we are drawing nearer to
The run is what we are approaching
The run is what we have reached
We are getting closer to the run

(THURSDAY)

The climb is what we are drawing nearer to

The fair is drawing nearer to us

(THURSDAY)

We know that the marathon has reached us
We know that the marathon is getting closer
We know that the marathon has passed us
We know that the marathon is drawing nearer to us
The marathon is approaching us

(TUESDAY)

We know that the film festival is getting closer
We know that the film festival has passed us
We know that the film festival is drawing nearer to us
We know that the film festival is approaching us
The film festival has reached us

(TUESDAY)

We know that the contest has passed us
We know that the contest is drawing nearer to us
We know that the contest is approaching us
We know that the contest has reached us
The contest is getting closer

(THURSDAY)

We know that the lecture is drawing nearer to us
We know that the lecture is approaching us
We know that the lecture has reached us
We know that the lecture is getting closer
The lecture has passed us

(TUESDAY)

We know that the conference is approaching us
We know that the conference has reached us
We know that the conference is getting closer
We know that the conference has passed us
The conference is drawing nearer to us

(TUESDAY)

We know that the workshop has reached us
We know that the workshop is getting closer
We know that the workshop has passed us
We know that the workshop is drawing nearer to us
The workshop is approaching us

(THURSDAY)

We know that the ride is getting closer
We know that the ride has passed us
We know that the ride is drawing nearer to us
We know that the ride is approaching us
The ride has reached us

(TUESDAY)

We know that the jam session has passed us

The climb is what we are approaching
The climb is what we have reached
The climb is what we are getting closer to
We have passed the climb

(TUESDAY)

The big day is what we are approaching
The big day is what we have reached
The big day is what we are getting closer to
The big day is what we have passed
We are drawing nearer to the big day

(TUESDAY)

The lesson is what we have reached
The lesson is what we are getting closer to
The lesson is what we have passed
The lesson is what we are drawing nearer to
We are approaching the lesson

Perspectivally inconsistent/subject consistent (x16 blocks)

(TUESDAY)

We know that the class is getting closer
We know that the class has passed us
We know that the class is drawing nearer
We know that the class is approaching
We have reached the class

(THURSDAY)

We know that the book reading has passed us
We know that the book reading is drawing nearer
We know that the book reading is approaching
We know that the book reading has reached us
We are getting closer to the book reading

(TUESDAY)

We know that the feast is drawing nearer
We know that the feast is approaching
We know that the feast has reached us
We know that the feast is getting closer
We have passed the feast

(THURSDAY)

We know that the liberation day is approaching
We know that the liberation day has reached us
We know that the liberation day is getting closer
We know that the liberation day has passed us
We are drawing nearer to the liberation day

(THURSDAY)

We know that the call has reached us
We know that the call is getting closer

We know that the jam session is drawing nearer to us
We know that the jam session is approaching us
We know that the jam session has reached us
The jam session is getting closer

(THURSDAY)

We know that the tour is drawing nearer to us
We know that the tour is approaching us
We know that the tour has reached us
We know that the tour is getting closer
The tour has passed us

(TUESDAY)

We know that the SPA day is approaching us
We know that the SPA day has reached us
We know that the SPA day is getting closer
We know that the SPA day has passed us
The SPA day is drawing nearer to us

Perspectivally inconsistent/subject consistent (x16 blocks)

(THURSDAY)

The ritual is what we have reached
The ritual is what we are getting closer to
The ritual is what we have passed
The ritual is what we are drawing nearer to
The ritual is approaching us

(TUESDAY)

The missile launch is what we are getting closer to
The missile launch is what we have passed
The missile launch is what we are drawing nearer to
The missile launch is what we are approaching
The missile launch has reached us

(TUESDAY)

The service is what we have passed
The service is what we are drawing nearer to
The service is what we are approaching
The service is what we have reached
The service is getting closer

(TUESDAY)

The driving test is what we are drawing nearer to
The driving test is what we are approaching
The driving test is what we have reached
The driving test is what we are getting closer to
The driving test has passed us

(THURSDAY)

The catwalk is what we are approaching
The catwalk is what we have reached

We know that the call has passed us
We know that the call is drawing nearer
We are approaching the call

(TUESDAY)

We know that the appointment is getting closer
We know that the appointment has passed us
We know that the appointment is drawing nearer
We know that the appointment is approaching
We have reached the appointment

(THURSDAY)

We know that the inauguration has passed us
We know that the inauguration is drawing nearer
We know that the inauguration is approaching
We know that the inauguration has reached us
We are getting closer to the inauguration

(TUESDAY)

We know that the closing ceremony is drawing nearer
We know that the closing ceremony is approaching
We know that the closing ceremony has reached us
We know that the closing ceremony is getting closer
We have passed the closing ceremony

(TUESDAY)

We know that movie night is approaching
We know that movie night has reached us
We know that movie night is getting closer
We know that movie night has passed us
We are drawing nearer to movie night

(TUESDAY)

We know that the date night has reached us
We know that the date night is getting closer
We know that the date night has passed us
We know that the date night is drawing nearer
We are approaching the date night

(THURSDAY)

We know that the reception is getting closer
We know that the reception has passed us
We know that the reception is drawing nearer
We know that the reception is approaching
We have reached the reception

(TUESDAY)

We know that the hen party has passed us
We know that the hen party is drawing nearer
We know that the hen party is approaching
We know that the hen party has reached us
We are getting closer to the hen party

The catwalk is what we are getting closer to
The catwalk is what we have passed
The catwalk is drawing nearer

(THURSDAY)

The parade is what we have reached
The parade is what we are getting closer to
The parade is what we have passed
The parade is what we are drawing nearer to
The parade is approaching us

(TUESDAY)

The try-out is what we are getting closer to
The try-out is what we have passed
The try-out is what we are drawing nearer to
The try-out is what we are approaching
The try-out has reached us

(THURSDAY)

The harvest is what we have passed
The harvest is what we are drawing nearer to
The harvest is what we are approaching
The harvest is what we have reached
The harvest is getting closer

(THURSDAY)

The referendum is what we are drawing nearer to
The referendum is what we are approaching
The referendum is what we have reached
The referendum is what we are getting closer to
The referendum has passed us

(TUESDAY)

The hearing is what we are approaching
The hearing is what we have reached
The hearing is what we are getting closer to
The hearing is what we have passed
The hearing is drawing nearer to us

(TUESDAY)

The drag show is what we have reached
The drag show is what we are getting closer to
The drag show is what we have passed
The drag show is what we are drawing nearer to
The drag show is approaching us

(THURSDAY)

The assembly is what we are getting closer to
The assembly is what we have passed
The assembly is what we are drawing nearer to
The assembly is what we are approaching
The assembly has reached us

(THURSDAY)

We know that the bachelor party is drawing nearer
We know that the bachelor party is approaching
We know that the bachelor party has reached us
We know that the bachelor party is getting closer
We have passed the bachelor party

(TUESDAY)

We know that the christening is approaching
We know that the christening has reached us
We know that the christening is getting closer
We know that the christening has passed us
We are drawing nearer to the christening

(TUESDAY)

We know that the anniversary has reached us
We know that the anniversary is getting closer
We know that the anniversary has passed us
We know that the anniversary is drawing nearer
We are approaching the anniversary

(THURSDAY)

We know that the birthday is getting closer
We know that the birthday has passed us
We know that the birthday is drawing nearer
We know that the birthday is approaching
We have reached the birthday

Persectivally inconsistent/subject inconsistent (x16 blocks)

(THURSDAY)

The delivery has passed us
The delivery is drawing nearer to us
The delivery is approaching us
The delivery has reached us
We are getting closer to the delivery

(TUESDAY)

The election is drawing nearer to us
The election is approaching us
The election has reached us
The election is getting closer
We have passed the election

(THURSDAY)

The sail is approaching us
The sail has reached us
The sail is getting closer
The sail has passed us
We are drawing nearer to the sail

(TUESDAY)

The dentist appointment is what we have passed
The dentist appointment is what we are drawing nearer to
The dentist appointment is what we are approaching
The dentist appointment is what we have reached
The dentist appointment is getting closer

(THURSDAY)

The check-up is what we are drawing nearer to
The check-up is what we are approaching
The check-up is what we have reached
The check-up is what we are getting closer to
The check-up has passed us

(TUESDAY)

The training is what we are approaching
The training is what we have reached
The training is what we are getting closer to
The training is what we have passed
The training is drawing nearer to us

(TUESDAY)

The bike ride is what we have reached
The bike ride is what we are getting closer to
The bike ride is what we have passed
The bike ride is what we are drawing nearer to
The bike ride is approaching us

Persectivally inconsistent/subject inconsistent (x16 blocks)

(TUESDAY)

we are getting closer to the engagement
we have passed the engagement
we are drawing nearer to the engagement
we are approaching the engagement
the engagement has reached us

(THURSDAY)

we have passed the protest
we are drawing nearer to the protest
we are approaching the protest
we have reached the protest
the protest is getting closer

(TUESDAY)

we are drawing nearer to the gathering
we are approaching the gathering
we have reached the gathering
we are getting closer to the gathering
the gathering has passed us

(THURSDAY)

The barbeque has reached us
The barbeque is getting closer
The barbeque has passed us
The barbeque is drawing nearer to us
We are approaching barbeque

(TUESDAY)

The gallery opening is getting closer
The gallery opening has passed us
The gallery opening is drawing nearer to us
The gallery opening is approaching us
We have reached gallery opening

(THURSDAY)

The holiday has passed us
The holiday is drawing nearer to us
The holiday is approaching us
The holiday has reached us
We are getting closer to the holiday

(TUESDAY)

The quiz day is drawing nearer to us
The quiz day is approaching us
The quiz day has reached us
The quiz day is getting closer
We have passed the quiz day

(THURSDAY)

The museum visit is approaching us
The museum visit has reached us
The museum visit is getting closer
The museum visit has passed us
We are drawing nearer to the museum visit

(TUESDAY)

The baby shower has reached us
The baby shower is getting closer
The baby shower has passed us
The baby shower is drawing nearer to us
We are approaching the baby shower

(THURSDAY)

The broadcast is getting closer
The broadcast has passed us
The broadcast is drawing nearer to us
The broadcast is approaching us
We have reached the broadcast

(TUESDAY)

The day trip has passed us
The day trip is drawing nearer to us
The day trip is approaching us

(THURSDAY)

we are approaching the stand-up
we have reached the stand-up
we are getting closer to the stand-up
we have passed the stand-up
the stand-up is drawing nearer to us

(THURSDAY)

we have reached the dinner
we are getting closer to the dinner
we have passed the dinner
we are drawing nearer to the dinner
the dinner is approaching us

(TUESDAY)

we are getting closer to the swap-party
we have passed the swap-party
we are drawing nearer to the swap-party
we are approaching the swap-party
the swap-party has reached us

(THURSDAY)

we have passed the garage-opening
we are drawing nearer to the garage-opening
we are approaching the garage-opening
we have reached the garage-opening
the garage-opening is getting closer

(TUESDAY)

we are drawing nearer to the photoshoot
we are approaching the photoshoot
we have reached the photoshoot
we are getting closer to the photoshoot
the photoshoot has passed us

(TUESDAY)

we are approaching the full moon
we have reached the full moon
we are getting closer to the full moon
we have passed the full moon
the full moon is drawing nearer to us

(TUESDAY)

we have reached the festival
we are getting closer to the festival
we have passed the festival
we are drawing nearer to the festival
the festival is approaching us

(THURSDAY)

we are getting closer to the vote
we have passed the vote
we are drawing nearer to the vote

The day trip has reached us
We are getting closer to the day trip

(THURSDAY)

The farmer's market is drawing nearer to us
The farmer's market is approaching us
The farmer's market has reached us
The farmer's market is getting closer
We have passed the farmer's market

(TUESDAY)

The piano lesson is approaching us
The piano lesson has reached us
The piano lesson is getting closer
The piano lesson has passed us
We are drawing nearer to the piano lesson

(TUESDAY)

The audition has reached us
The audition is getting closer
The audition has passed us
The audition is drawing nearer to us
We are approaching the audition

(THURSDAY)

The operation is getting closer
The operation has passed us
The operation is drawing nearer to us
The operation is approaching us
We have reached the operation

(TUESDAY)

The house party has passed us
The house party is drawing nearer to us
The house party is approaching us
The house party has reached us
We are getting closer to the house party

we are approaching the vote
the vote has reached us

(TUESDAY)

we have passed the equinox
we are drawing nearer to the equinox
we are approaching the equinox
we have reached the equinox
the equinox is getting closer

(THURSDAY)

we are drawing nearer to the solstice
we are approaching the solstice
we have reached the solstice
we are getting closer to the solstice
the solstice has passed us

(TUESDAY)

we are approaching the expedition
we have reached the expedition
we are getting closer to the expedition
we have passed the expedition
the expedition is drawing nearer to us

(TUESDAY)

we have reached the end
we are getting closer to the end
we have passed the end
we are drawing nearer to the end
the end is approaching us

(THURSDAY)

we are getting closer to the initiation
we have passed the initiation
we are drawing nearer to the initiation
we are approaching the initiation
the initiation has reached us

APPENDICE B - MATERIALE ESPERIMENTO 2

ISTRUZIONI

Hey, let's play a game. Pretend like today is WEDNESDAY. Based on this information, for each sentence listed below numbered from 1) to 5) I want you to tell me on what day the events mentioned in the sentences (*names of the five events*) will take place.

Moving-Ego Context List

We are coming up on the wedding in two days. (F)

We passed the deadline two days ago. (M)

We will arrive at the exam date in two days. (F)

We reached the anniversary two days ago. (M)

T: The meeting originally scheduled for next Wednesday has been moved forward two days.

C: We will reach graduation in two days. (F)

C: We will have passed the closing ceremony in two days. (F)

C: We came up on the quiz two days ago. (M)

C: We arrived at the performance date two days ago. (M)

T: The party originally scheduled for next Wednesday has been pushed back two days.

C: We passed the holiday two days ago. (M)

C: We will arrive at the election in two days. (F)

C: We reached the gallery opening two days ago. (M)

C: We are coming up on the barbeque in two days. (F)

T: The reception originally scheduled for next Wednesday has been advanced two days.

Moving-Time Context List

C: The wedding is coming up in two days. (F)

C: The deadline passed two days ago. (M)

C: The exam date will arrive in two days. (F)

C: The anniversary reached us two days ago. (M)

T: The meeting originally scheduled for next Wednesday has been moved forward two days.

C: Graduation will reach us in two days. (F)

C: The closing ceremony will have passed in two days. (F)

C: The quiz came up on us two days ago. (M)

C: The performance date arrived two days ago. (M)

T: The party originally scheduled for next Wednesday has been pushed back two days.

C: The holiday passed two days ago. (M)

C: The election will arrive in two days. (F)

C: The gallery opening reached us two days ago. (M)

C: The barbeque is coming up in two days. (F)

T: The reception originally scheduled for next Wednesday has been advanced two days.

Mixed-Context List

C: The wedding is coming up in two days. (F)

C: We passed the deadline two days ago. (M)

C: We will arrive at the exam date in two days. (F)

C: The anniversary reached us two days ago. (M)

T: The meeting originally scheduled for next Wednesday has been moved forward two days.

C: Graduation will reach us in two days. (F)

C: We will have passed the closing ceremony in two days. (F)

C: We came up on the quiz two days ago. (M)

C: The performance date arrived two days ago. (M)

T: The party originally scheduled for next Wednesday has been pushed back two days.

C: The holiday passed two days ago. (M)

C: We will arrive at the election in two days. (F)

C: We reached the gallery opening two days ago. (M)

C: The barbeque is coming up in two days. (F)

T: The reception originally scheduled for next Wednesday has been advanced two days.