



UNIVERSITÀ DI PISA

**DIPARTIMENTO DI
FILOLOGIA, LETTERATURA E LINGUISTICA**

CORSO DI LAUREA IN INFORMATICA UMANISTICA

TESI DI LAUREA

Creazione di un corpus italiano annotato per negazione e speculazione e
addestramento di modelli per il loro riconoscimento

CANDIDATO

Gianmarco Franchini

RELATORE

Prof. Giuseppe Attardi

CONTRORELATORE

Prof. Francesco Rovai

ANNO ACCADEMICO 2020/2021

1. Introduzione	3
2. La negazione	6
Principali corpus preesistenti	6
Definizione e inquadramento	7
Cue	9
Portata	10
3. La speculazione	20
Principali corpus preesistenti	20
Speculazione e modalità epistemica: una questione terminologico-semantic	21
Definizione	24
Fenomenologia della speculazione in italiano	26
Cue	27
Portata	29
4. Presentazione del corpus	31
Fonte e preprocessazione dei dati	31
Annotazione dei dati e verifica dell'annotazione	32
Analisi del corpus	33
5. Esperimenti di apprendimento automatico	35
Principali lavori precedenti	35
Architettura utilizzata nel presente corpus	38
Preprocessazione dei dati	39
Cue detection: negazione	40
Scope resolution: negazione	41
Cue detection: speculazione	44
Scope resolution: speculazione	48
6. Conclusioni	51
7. Bibliografia	53

1. Introduzione

Gli ultimi venti anni hanno visto la nascita e lo sviluppo di diversi *corpus*¹ annotati per negazione e speculazione, principalmente in lingua inglese, con l'obiettivo di fornire una mole di dati sufficiente ad addestrare sistemi automatici di elaborazione dei due fenomeni. Oggi, questo processo di elaborazione è articolato perlopiù in due *task*: riconoscimento dei *segnali* (*cue detection*), ovvero dei *token* che conferiscono all'enunciato o a parte di esso un significato negativo o speculativo, e risoluzione della *portata* (*scope resolution*), ovvero individuazione dell'insieme dei *token* che sono semanticamente interessati dai segnali. Entrambe le *task* possono essere modellate come un problema di classificazione dei singoli *token*, binaria (segnale/non_segnaie e nella_portata/non_nella_portata) o, per la *cue detection*, anche multiclasse (segnale_negativo/parte_di_segnaie_negativo/non_segnaie ecc.).

Le possibili applicazioni di tali sistemi sono numerose. I primi *corpus*, come si vedrà, si concentrano sul linguaggio scientifico e mirano a permettere una corretta sintesi automatica dei *paper* e delle cartelle cliniche, allo scopo di coadiuvare lo scienziato o medico alla ricerca di informazioni su uno specifico fenomeno di interesse. In questa ottica, dunque, negazione e speculazione possono essere (e in alcuni casi sono) ricondotte a una generica non-fattualità, intesa come non-corrispondenza del testo con il mondo extra-linguistico. L'obiettivo di questi primi lavori, che in alcuni casi sono corredati da un modello addestrato sui dati prodotti, è quindi quello di creare una sorta di setaccio per distinguere fra quanto è fattuale e quanto invece è negato o ipotizzato.

Un altro campo che ha dedicato particolare attenzione alla negazione, per ovvie ragioni, è quello della *sentiment analysis*. In questo caso, la negazione interessa in quanto modificatore di polarità: in parole povere, un aggettivo che esprime un sentimento positivo ma ricade nella portata di un segnale negativo muta la propria polarità, cosicché il sentimento complessivo espresso dall'enunciato viene modificato dalla presenza della negazione. Come si vedrà, alcuni dei *corpus* annotati per negazione, costruiti a partire da recensioni online, possono essere ricondotti a questa linea di interesse.

¹ Qui e nel resto del presente elaborato si è scelto di non pluralizzare le parole straniere, laddove l'uso non lo richiedesse.

Altri *corpus* ancora, specie per quanto concerne la speculazione, nascono da una prospettiva più astratta, sebbene non ignara delle possibili applicazioni pratiche: è il caso dei lavori di Rubin 2006 e Sauri e Pustejovsky 2009 (*FactBank*), che riposano su un apparato teorico ben più elaborato degli altri *corpus* qui presentati.

Com'è ovvio, i sistemi per l'elaborazione automatica di negazione e speculazione sono evoluti passo passo con le tecnologie e i dati disponibili e le modalità di annotazione. I primi modelli, basati su regole (*rule-based*), sono stati poi affiancati nel tempo da modelli basati su SVM, CRF, reti neurali convoluzionali, ricorrenti (in particolar modo BiLSTM) e infine basate su *transformer*. Ad oggi, tuttavia, il problema non può dirsi risolto: sebbene si siano registrati risultati incoraggianti ($F1 > 90$ per la maggior parte delle *task*), la performance su *corpus* diversi da quello di addestramento è nettamente più bassa, a segnalare una scarsa capacità di generalizzazione, dovuta sia a diverse scelte annotative (su cui si tornerà poi) sia, forse, a differenze di genere testuale. Inoltre, la maggior parte dei modelli elaborati, complice la scarsità o totale assenza di dati annotati nelle altre lingue, è addestrata su testi in lingua inglese, cosicché la loro applicabilità è potenzialmente limitata. Infine, nessun *corpus* esistente, e di conseguenza nessun modello, prende in considerazione tutte le manifestazioni riconosciute dei due fenomeni. Specie per la negazione, questo limite è costantemente dichiarato nelle pubblicazioni.

Queste saranno dunque le principali sfide dei prossimi anni: omogeneizzare l'annotazione almeno all'interno di ciascuna lingua, produrre più *corpus* annotati, specie in lingue diverse dall'inglese, ed estendere l'annotazione all'intera gamma di manifestazioni della negazione e della speculazione. Come si vedrà, operazione preliminare per il raggiungimento di questi obiettivi è un maggiore approfondimento teorico dei fenomeni in ballo, per capire di cosa si parla quando si parla di negazione, speculazione, *cue* e portata: solo da un consenso generalizzato circa queste definizioni possono nascere delle linee guida condivise ed esaustive, e solo da linee guida condivise ed esaustive possono nascere *corpus* compatibili e adeguati all'addestramento di modelli in grado di processare negazione e speculazione.

Il lavoro presentato in questo elaborato muove da questi presupposti: innanzitutto, prevede un approfondimento concettuale volto a fornire definizioni rigorose e coerenti con la letteratura linguistico-teorica; quindi, elabora delle linee guida basate su queste definizioni, che con ulteriori

elaborazioni potrebbero fungere da *framework* di riferimento per l'annotazione di negazione e speculazione in italiano; successivamente, produce un *corpus* annotato secondo queste linee guida consistente in oltre 50.000 *token*. Infine, descrive diversi modelli addestrati e testati sul *corpus*, a dimostrazione dei suoi possibili usi e sviluppi futuri.

Il resto dell'elaborato è così organizzato:

- le sezioni 2 e 3 si occupano rispettivamente di negazione e speculazione e sono strutturate in modo analogo: presentano lo stato dell'arte, discutono le definizioni dei fenomeni annotati con riferimento alla letteratura linguistico-teorica e introducono le scelte annotative del presente *corpus*. Sia le definizioni, sia le scelte annotative sono confrontate in chiave critica con le scelte precedentemente documentate in letteratura, rispetto alle quali sono proposte diverse novità;
- la sezione 4 descrive il processo di creazione del *corpus*, dalla raccolta dati alla fase di annotazione finale, e fornisce una descrizione approfondita dello stesso;
- la sezione 5 ripercorre le principali tappe della storia della processazione automatica di negazione e speculazione e presenta dei modelli addestrati sul *corpus*;
- la sezione 6 contiene alcune riflessioni conclusive, che gettano un occhio anche alle possibili prosecuzioni del presente lavoro;
- la sezione 7 contiene i riferimenti bibliografici.

2. La negazione

Principali *corpus* preesistenti

I primi *corpus* annotati per negazione sono in lingua inglese e risalgono ai primi anni 2000; in essi, tuttavia, la negazione è annotata solo come fenomeno secondario: lo scopo principale è individuare le entità di interesse (geni, enzimi, RNA) e le relazioni intercorrenti fra di esse (*BioInfer*, Pyysalo *et al.* 2007, e *Genia Event*, Kim *et al.* 2008).

Il primo grande sforzo annotativo specificamente incentrato sull'annotazione della negazione è invece quello di Vincze *et al.* 2008 (*BioScope*): gli autori annotano per negazione e speculazione - categoria sulla cui definizione si tornerà in seguito - documenti clinici e *paper* e *abstract* di biologia. Come si vede, l'interesse è ancora primariamente biomedico e l'obiettivo dichiarato è distinguere l'informazione fattuale da quella non-fattuale.

Nel decennio successivo si segnalano il *corpus* di Councill *et al.* 2010 (*Product Review*), che consiste in una serie di recensioni annotate per sola negazione, Konstantinova e de Sousa 2011, che annotano il preesistente *SFU Review* per negazione e speculazione riprendendo le linee guida di *BioScope*, Blanco e Moldovan 2011, che annotano parte del preesistente *PropBank* per il solo *focus* (cfr. *infra*) della negazione, Morante e Daelemans 2012 (*ConanDoyle-neg*), che entrano per la prima volta nel campo dell'inglese letterario e annotano due racconti di Arthur Conan Doyle, *The Hound of the Baskervilles* e *The Adventure of Wisteria Lodge*, producendo in parallelo delle dettagliate linee guida (Morante *et al.* 2011), Banjade e Rus 2016 (*DT-Neg*), che raccolgono delle interazioni fra studenti e sistema di tutoraggio informatico e le annotano per *scope* (cfr. *infra*) e *focus* della negazione seguendo Morante *et al.* 2011, opportunamente adattato, e infine Kolkhatkar *et al.* 2019 (*SOCC*), che annotano dei commenti *online* agli articoli d'opinione del giornale canadese *The Globe and Mail* prendendo in considerazione varie dimensioni, fra cui la negazione. Per l'italiano, il solo *corpus* annotato per negazione è quello di Altuna *et al.* 2017, che si compone di articoli di giornale e *tweet* estratti da *corpus* preesistenti e si rifà dichiaratamente a Morante *et al.* 2011 e Blanco e Moldovan 2011.

I *corpus* menzionati differiscono fra loro non solo per la natura dei testi annotati, ma anche ad esempio per gli elementi annotati (il solo *trigger* della negazione - *cue* -, lo *scope*, il *focus* o

anche l'evento negato, in Morante e Daelemans 2012 o in Altuna *et al.* 2017), la definizione che ne danno o presuppongono, il linguaggio e i principi annotativi e il tipo di negazione annotato (olofrastica, affissale, lessicale etc.). Nelle prossime sezioni, le scelte dei principali *corpus* lungo gli assi di variazione rilevanti per il presente lavoro verranno illustrate, discusse e confrontate. Per un confronto esaustivo, si rimanda a Jiménez-Zafra *et al.* 2019.

Definizione e inquadramento

Per negazione si intende "l'azione del presentare [uno stato di cose] come non esistente nella realtà extralinguistica"². Dal punto di vista linguistico ed escludendo il meccanismo dell'ironia, un parlante italiano ha a disposizione vari strumenti per negare uno stato di cose:

1. l'uso di un avverbio negativo come *non, mica, mai*;
2. l'uso di un pronome o aggettivo negativo come *nessuno, niente, nulla*;
3. l'uso di preposizioni come *tranne, eccetto, senza*;
4. l'uso di profrasi come *no* o *affatto* (**negazione olofrastica**):
 1. *No, certo che no*³ ;
 2. *Crediamo proprio di no*⁴ ;
5. l'uso di altri lessemi con significato negativo come *rifiutare, astenersi, evitare, mancare*, sia in forma verbale sia in forma nominale o aggettivale e anche all'interno di locuzioni come *in assenza di* o *in mancanza di* (**negazione lessicale**):
 1. *Oggi [...] sul tavolo di quei lavoratori, c'è [...] il destino di un mancato eventuale riconoscimento della cassa integrazione straordinaria*⁵

² Manzotti e Rigamonti 1991. Una definizione più precisa, ma sostanzialmente equivalente, è quella di Bond 2013, p. 14: "Negation constructions model a binary contrast between a state of affairs in a grammatically framed alternate reality [la realtà descritta dalla corrispondente frase affermativa] in relation to the state of affairs in the communicated reality [la realtà descritta dal parlante con la frase negativa] such that some or all of the properties of the alternate reality are excluded from the set of possible properties of the communicated reality".

³ Dal *corpus*: seduta 9, intervento 45, *sentence* 38.

⁴ *Corpus*: 9, 45, 23.

⁵ *Corpus*: 8, 27, 2.

2. [...] si è stabilito che in mancanza [...] di un nuovo Esecutivo, comunque entro il 30 di settembre si ha la decadenza del collegio⁶

6. l'uso di affissi (perlopiù o solo prefissi), come in *il-legale* o *dis-ubbidire* (**negazione affissale**)

Per quanto riguarda il tipo di negazione annotato, solo Banjade e Rus 2016, che prendono in considerazione più di un periodo (*sentence*) alla volta, annotano la negazione olofrastica, tralasciando però quella affissale e lessicale⁷. Negli altri *corpus*, si oscilla invece fra l'annotazione di ogni negazione ad eccezione di quella olofrastica (Vincze *et al.* 2008, Konstantinova e de Sousa 2011 e Morante *et al.* 2012⁸), e l'annotazione dei soli primi tre casi, designati a volte⁹ collettivamente come **negazione sintattica** (Altuna *et al.* 2017).

In questa sede si seguirà quest'ultima linea, sia per limiti tecnici (la negazione affissale richiederebbe una divisione in *token* diversa da quella adottata), sia per ragioni concettuali (la negazione lessicale si configura come un dominio molto meno ben definito degli altri, perché si appoggia esclusivamente sulla semantica), sia per limiti di tempo: nel quadro del presente lavoro, si è preferito cercare di definire criteri di annotazione rigorosi e coerenti con la fenomenologia linguistica, il che ha comportato una restrizione di fuoco, piuttosto che un'annotazione che sarebbe stata sì estesa a tutte le tipologie di negazione, ma concettualmente fragile o imprecisa.

⁶ *Corpus*: 9, 18, 6.

⁷ Fra i *cue* negativi individuati dagli autori, disponibili nel *paper*, i soli ascrivibili a queste due categorie sono rispettivamente *impossible* e *absence*; tuttavia, sono gli autori stessi a dichiarare di non annotare la negazione affissale ("We have not considered affixal negations, such as *un* in *un-identified*", corsivo nell'originale), intendendo forse con ciò la negazione affissale operante sulla sola parola contenente l'affisso negativo.

⁸ Fra questi, tuttavia, solo Morante *et al.* 2012 annotano come *cue* esclusivamente l'affisso negativo, anziché l'intera parola in cui l'affisso è contenuto. Vincze *et al.* 2008, dal canto loro, sembrano prendere in considerazione la negazione lessicale quando scelgono di non annotare come negative frasi come *A small amount of adenopathy cannot be completely excluded* (dalle linee guida, disponibili online), in cui la negazione implicita in *exclude* neutralizza in qualche modo quella espressa da *cannot*; inoltre, non annotano negazioni riferite a uno solo dei costituenti della frase (per la cui nozione cfr. *infra*). Nelle linee guida si legge infatti (p. 5) "**Some other sentences containing a negative keyword are not to be annotated** [...] In the following examples, [...] [t]he sequence of the negative keyword and the adverb can be easily substituted by another adverb or adjective having the same (or similar) meaning, which is by no means negative [...] Thus, *signaling in NK3.3 cells is not always (=sometimes) identical with that in primary NK cells*. [a capo] *However, NAC did not significantly (=lightly) affect the spontaneous production of IgE by atopic B cells*.", corsivo e grassetto nell'originale. Konstantinova e de Sousa 2011 prendono invece le distanze quest'ultima scelta: "Unlike BioScope corpus we annotate cases similar to 'almost no' and 'not always' (which are ignored there)" (Konstantinova e De Sousa 2012, p. 9).

⁹ Jiménez-Zafra *et al.* 2019.

Si nota fra l'altro che questa scelta rende possibile il confronto del *corpus* qui presentato con quello di Altuna *et al.* 2017.

Cue

Annotare la negazione significa annotare come minimo i *cue*, o marcatori, negativi, vale a dire le parole che segnalano la negatività della proposizione o di parte di essa. L'italiano presenta una sfida già a questo livello basilare a causa del fenomeno della *concordanza negativa*: una sola negazione può essere espressa nella proposizione da più elementi negativi (si pensi a frasi come *Non ho visto nessuno* o *Non sono mai stato a Roma*)¹⁰. Si pone dunque il problema di come annotare frasi del genere per evitare che ogni parola negativa venga associata a una propria negazione, con gravi errori valutativi in termini di statuto di verità della proposizione: nell'italiano contemporaneo, *Non ho visto nessuno* significa *Non ho visto persona alcuna* e non *Ho visto qualcuno*. In altri termini, è necessario stabilire una procedura di annotazione che distingua casi di concordanza negativa da casi di negazione multipla (ad es. *Non è che non ti voglio bene*).

In Altuna *et al.* 2017, che utilizzano il linguaggio XML, una delle parole negative viene marcata come *cue* e le altre come rafforzamento (vd. figura 1). L'uso di un formato CoNLL-U, come nel caso presente, non permette una traduzione agevole di questa soluzione: bisognerebbe, infatti, aggiungere una colonna *REINFORCEMENT* in cui annotare il numero del *cue* di cui il *token* è, eventualmente, un rafforzamento. Come nota a margine, il termine *rafforzamento* non appare inoltre interamente appropriato: le altre parole negative presenti non rafforzano la negazione espressa dal *cue*, ma sono come attratte nella forma negativa (dove la dicitura *concordanza negativa*). Si pensi infatti a una coppia di allofrasi come *Non ho comprato niente* e *Non ho comprato alcunché*: sembra evidente che il contenuto proposizionale e pragmatico veicolato dalle due frasi è lo stesso, e che la differenza si spieghi quindi in termini diafasici (la seconda appartiene a un registro più elevato) e non di forza della negazione (in qualunque - ragionevole - modo la si voglia definire e misurare).

¹⁰ Per un approfondimento sul fenomeno della concordanza negativa in chiave tipologica, cfr. van der Auwera e Van Alsenoy 2016, che forniscono anche un riassunto critico della letteratura.

Fig. 1: esempio di periodo annotato da Altuna et al. 2017: "non" è considerato rafforzamento di "mai".

```

<token t_id="503" sentence="17" number="28">Le</token>
<token t_id="504" sentence="17" number="29">religioni</token>
<token t_id="505" sentence="17" number="30">non</token>
<token t_id="506" sentence="17" number="31">possono</token>
<token t_id="507" sentence="17" number="32">mai</token>
<token t_id="508" sentence="17" number="33">utilizzare</token>
<token t_id="509" sentence="17" number="34">il</token>
<token t_id="510" sentence="17" number="35">nome</token>
<token t_id="511" sentence="17" number="36">di</token>
<token t_id="512" sentence="17" number="37">Dio</token>
<token t_id="513" sentence="17" number="38">per</token>
<token t_id="514" sentence="17" number="39">insegnare</token>
<token t_id="515" sentence="17" number="40">l'</token>
<token t_id="516" sentence="17" number="41">odio</token>
<token t_id="517" sentence="17" number="42">.</token>
</SCOPE-NEG m_id="63" comment="" >
<token_anchor t_id="503"/>
<token_anchor t_id="504"/>
<token_anchor t_id="506"/>
<token_anchor t_id="507"/>
<token_anchor t_id="508"/>
<token_anchor t_id="509"/>
<token_anchor t_id="510"/>
<token_anchor t_id="511"/>
<token_anchor t_id="512"/>
<token_anchor t_id="513"/>
<token_anchor t_id="514"/>
<token_anchor t_id="515"/>
<token_anchor t_id="516"/>
</SCOPE-NEG>

<CUE-NEG m_id="60" comment="" scope="" focus="" reinforcement="" >
<token_anchor t_id="505"/>
</CUE-NEG>
<CUE-NEG m_id="61" focus="62" comment="" reinforcement="60" scope="63" >
<token_anchor t_id="507"/>
</CUE-NEG>

```

La decisione presa, pertanto, è quella di annotare come *cue* una sola delle parole negative per concordanza negativa (se presente il *non*, altrimenti la prima a comparire) e inserire nel suo *scope* le altre. Se si considera infatti il senso dell'annotare un *token* (o gruppo di *token* nel caso di *cue* polirematici) come *cue*, ovvero "questo *token* inverte il valore di verità della (parte di) proposizione in cui è contenuto", ne consegue che a dover essere annotata come *cue* è una sola di esse.

Portata

Un ulteriore passo nell'annotazione della negazione è l'individuazione della sua *portata*, ovvero della parola o gruppo di parole che ne subisce l'effetto. Poiché la negazione è stata definita come un mezzo per affermare la non-sussistenza di uno stato di cose descritto (cfr. *supra*), individuare la portata della negazione significa individuare le parole che descrivono, a giudizio del parlante, qualcosa di non-sussistente nel mondo extra-linguistico. Su questo punto si incontrano e vanno affrontate molte delle difficoltà poste dall'annotazione della negazione. Non è, infatti, sempre immediato capire cos'è esattamente ciò che il parlante designa come falso: può essere l'intera proposizione così come solo parte di essa. Nella letteratura linguistico-teorica sulla negazione nella lingua italiana, i criteri indicati ai fini della delimitazione della portata sono o

non stringenti o prevalentemente prosodici¹¹. In un testo scritto, però, la componente orale non è disponibile, cosicché rimangono esclusivamente la sintassi e il contesto¹².

I *corpus* sopraelencati si sono appoggiati o su concetti di portata per così dire *pragmatici*, non ricondotti a o tratti da letteratura teorica, o sulla definizione data da Huddleston e Pullum 2002, peraltro citata anche in altra letteratura linguistico-computazionale relativa alla portata della negazione¹³.

Per quanto riguarda il primo gruppo, si possono citare i casi di *BioScope*, *SFU Review* e *ConanDoyle-neg*.

In Vincze *et al.* 2008 l'orientamento è decisamente pragmatico: non viene fornita una definizione di portata e si sceglie di far rientrare negli *scope* anche i connettivi o i segnali discorsivi, che come riconoscono gli stessi autori ne sarebbero, a rigor di logica, esclusi: "When marking the scopes of negative and speculative keywords, we extended the scope to the largest syntactic unit possible [...] In the next example ["Atelectasis in the right mid zone is, however, possible"] *however* [corsivo nell'originale] *is not affected by the hedge cue but it should be included within the scope* [corsivo aggiunto], otherwise the keyword and its target phrase would be separated". Alla base di queste scelte è la volontà, non meglio giustificata, di includere sempre ogni *cue* nel proprio *scope* ("since scopes must contain their keywords, it seemed better to include every element in between the keyword and the target word in order to avoid "empty" scopes, that is, scopes without a keyword."; vd. figura 2)

Anche in Konstantinova e de Sousa 2011 manca una definizione di *scope*, nonché delle indicazioni su come annotarlo: si specifica solo che "only the words that are modified by the negation cue are included in the scope", senza chiarire come, appunto, individuare queste parole.

¹¹ Ad esempio: Manzotti e Rigamonti 1991 affermano che la portata della negazione è il "segmento in cui si può manifestare il fenomeno [di] 'despecificazione'" (corsivo aggiunto), vale a dire la perdita di specificità referenziale. Tuttavia, da una parte non tutte le parole incluse nella portata sono passibili di despecificazione (ad es. alcuni verbi) e dall'altra quest'ultima può manifestarsi, appunto, ma non deve; anche il criterio successivamente indicato non trae d'impaccio, dal momento che chiama in causa la prosodia: "coincide, in assenza di rilievo enfatico [...], con il segmento frasale intonativamente unitario che segue la particella negativa"; Bernini 2011 scrive "Nelle frasi dichiarative pronunciate con intonazione neutra la portata della negazione si estende a destra dell'avverbio *non* e comprende la parte rematica della frase" (corsivo nell'originale), chiamando in gioco fattori in prima battuta prosodici e poi sintattici e informativi insieme.

¹² L'importanza del contesto, sia pragmatico sia discorsivo (che è presumibilmente quanto qui si intende con 'cotesto'), è dichiarata esplicitamente da Ballarè 2019: "[...] la portata del marcatore di negazione [è] da porsi necessariamente in relazione a fatti pragmatico-discorsivi. Ad ogni frase negativa può essere attribuita la "giusta" interpretazione *solo* conoscendo il contesto in cui è prodotta, ovvero di cosa, in quel contesto, *nega* il nesso assertivo con la parte topicale." (corsivo nell'originale).

¹³ Sarabi e Blanco 2019, Hossain *et al.* 2020, Morante e Blanco 2020.

Le autrici, tuttavia, riprendono dichiaratamente le linee guida di *BioScope* e si rifanno quindi presumibilmente alle indicazioni sintattiche ivi contenute. A differenza di *BioScope*, tuttavia, decidono di escludere i *cue* dal loro *scope*.

Risolvono più casi e prendono in considerazione la semantica dello *scope* Morante e Daelemans 2012 (*ConanDoyle-neg*), che scelgono ad esempio di non includervi i segnali discorsivi ("discourse markers [...] are never included in the scope because they are not affected by the negation") o i *cue*, a differenza di *BioScope*; tuttavia, il principio di base rimane dichiaratamente pragmatico e orientato alla possibilità di ricostruire, dallo *scope*, l'evento negato nella sua interezza. Nelle linee guida, infatti, si legge: "The scope of negation has been widely treated in the theoretical literature about negation (Horn, 2001). Here we take a very pragmatic approach. The scope of a negation cue will be such that it allows to determine which events are negated in the sentence" (Morante *et al.* 2011). È per questa ragione che Morante e Daelemans annotano nella portata del marcatore di negazione anche il soggetto della proposizione, a differenza di quanto avviene in *BioScope* e *SFU*, e recuperano dal contesto gli elementi elisi ("all arguments of the event being negated are considered to be within the scope, including the subject, which is kept out of the scope in the BioScope corpus. Additionally, elided elements that belong to the scope are recovered from the context [...]"; vd. figura 3).

Figura 2: esempio di periodo negato da BioScope

```
<sentence id="S1.6">
  Recently, a computational study addressed this question and reported that
  <xcope id="X1.6.1">
    <cue type="negation" ref="X1.6.1">no</cue>
    tRNA gene for unknown amino acid was found in genome sequences available
  </xcope>
  .
</sentence>
```

Figura 3: esempio di periodo negato da ConanDoyle-neg (in rosso la colonna dello scope)

capitolo	id periodo	id token	token	lemma	POS	info sintattiche	cue	scope	event
wisteria01	3	0	He	He	PRP	(S(S(NP*))	-	He	-
wisteria01	3	1	made	make	VBD	(VP*	-	made	made
wisteria01	3	2	no	no	DT	(NP*	no	-	-
wisteria01	3	3	remark	remark	NN	*)	-	remark	remark

Seguono infine la linea di Morante *et al.* 2011 anche Altuna *et al.* 2017,

orientandosi quindi verso un concetto di *scope* sì pragmatico, ma in parte determinato anche da considerazioni semantiche. Le autrici, inoltre, forniscono anche una definizione più formalizzata di *scope*, individuandolo nella "section of text expressing the proposition whose truth value is inverted by the negation".

Sono invece Blanco e Moldovan 2011 a citare Huddleston e Pullum 2002 per la definizione di *scope*, seguiti poi da Banjade e Rus 2016; Altuna *et al.* 2017 vi fanno riferimento esplicito solo per quanto riguarda il *focus*.

Secondo Huddleston e Pullum 2002, la negazione è caratterizzata appunto da *scope* e *focus*. Sul *focus* si tornerà poi; lo *scope*, scrivono gli autori, indica un concetto semantico ("Scope is in the first instance a semantic concept"), nel senso che è propriamente individuato al livello del significato della frase e non, ad esempio, della sintassi, e consiste nell'insieme delle parole il cui significato è negato ("the part of the meaning that is negated").

A questa definizione generica, che è in sostanziale accordo con quella qui accolta, segue però un esempio che implicitamente la modifica e rende il concetto di *scope* lì discusso - e poi accolto da parte della comunità linguistico-computazionale - affine semmai a quello che Manzotti e Rigamonti 1991 chiamano *ambito logico della negazione*, ovvero l'insieme delle condizioni di verità di un enunciato. Infatti, nel discutere la frase negativa *Liz didn't delete the backup file* e la sua controparte positiva *Liz deleted the backup file*, gli autori mostrano che i tre costituenti di quest'ultima (*Liz*, *deleted*, *the backup file*) contribuiscono ciascuno al suo significato e quindi ne costituiscono le tre condizioni di verità (espresse come segue: "A deletion operation took place"; "The deletion operation was performed by Liz"; "The deletion operation was performed on the backup file"). Ora, per determinare la falsità della frase positiva, e quindi la verità della controparte negativa, è sufficiente la falsità di una qualsiasi delle tre condizioni di verità e quindi di uno dei tre costituenti; di conseguenza, tutti e tre i componenti sono nello *scope* della negazione. Se si aggiunge un connettivo come *however* (*Ed noticed a problem; Liz, however, didn't delete the backup file*), proseguono più in basso gli autori, si vede che il valore di verità della sua contribuzione di significato (esplicitata in "There is some relation of apparent contrast between [i] and [ii]", dove [i] e [ii] indicano le due frasi dell'esempio) non ha impatto sul valore

di verità della frase negativa: di conseguenza, *however* non andrà incluso nello *scope* della negazione.

La ragione di questo slittamento concettuale è, probabilmente, da ricercarsi nel fatto che Huddleston e Pullum prendono una frase semplice e isolata per illustrare l'operazionalizzazione della loro definizione di *scope*, il che elimina tutte le possibili disambiguazioni fornite dal contesto. In molte produzioni linguistiche reali, però, si danno degli indizi che chiariscono che alcuni costituenti non vanno intesi come negati: le ellissi, le aggiunte correttive, gli spostamenti del marcatore di negazione e il contesto, sia pragmatico, sia discorsivo.

In questa trattazione i termini *scope* e portata vengono usati come sinonimi e distinti dal concetto di ambito logico, che non interessa per i presenti scopi. Poiché questo è primariamente un lavoro di NLP, e non di linguistica teorica, non si ha la pretesa di sviluppare una teoria unitaria della negazione; si mira piuttosto a elaborare una serie di criteri teoricamente fondati e coerenti fra loro che diano conto del maggior numero possibile di casi presenti nel *corpus*, senza cozzare irrimediabilmente con l'intuizione linguistica del parlante madrelingua. Rispetto a un approccio che abbiamo chiamato pragmatico, dunque, si è in questa sede preferito adottare un fuoco ristretto. Vale a dire: se si vuole insegnare al computer a identificare e applicare correttamente la negazione, non si ritiene metodologicamente corretto adottare come criterio di annotazione quello che è il fine di *una* delle *possibili* applicazioni *finali* del lavoro di annotazione stesso. In questa fase è piuttosto preferibile - si crede - concentrarsi esclusivamente sulla negazione e sulla sua fenomenologia: se poi si rivelerà necessario aggiungere qualche pezzo (ad esempio recuperare un soggetto eliso, o l'antecedente di un pronome relativo, per uno scopo preciso), lo si farà in un secondo momento e probabilmente con mezzi e riferimenti teorici diversi, che poco hanno a che fare con la negazione (elisione e pronomi relativi occorrono, infatti, indipendentemente dalla negazione stessa), e a seconda delle esigenze del contesto applicativo del caso.

Dopo questo doveroso *excursus*, si ricapitolano alcuni punti di base: per portata della negazione si intende l'insieme delle parole che non trovano corrispondenza, a giudizio del parlante, nel mondo extra-linguistico. La portata è individuabile innanzitutto a livello semantico e quindi con mezzi prosodici, inaccessibili in un testo scritto, ma anche sintattici e discorsivi. Nel

caso presente, si ha a che fare con trascrizioni curate (resoconti stenografici) di discorsi diffusi oralmente: si dovrà quindi accettare un certo margine di indecidibilità e incertezza dovuto alla perdita di una componente che è stata costitutiva nella produzione di quei discorsi (la prosodia); una produzione linguistica nata per essere diffusa in forma scritta, peraltro, non avrebbe questo problema o lo presenterebbe comunque in forma molto ridotta.

L'inaccessibilità della componente prosodica giustifica il **primo criterio annotativo**: nel caso di un marcatore immediatamente preverbale (negazione preverbale) e in assenza degli indizi descritti nei criteri successivi, si suppone un'intonazione neutra e si include quindi nella portata l'intero segmento frasale a destra del marcatore negativo (seguendo Manzotti e Rigamonti 1991 e Bernini 2011, cfr. nota 9). Vanno comunque esclusi i cosiddetti connettivi, che danno informazioni sul rapporto fra una proposizione e l'altra e non sullo stato di cose descritto nella proposizione, come *comunque*, *però*, *nondimeno* etc. (le ragioni di questa scelta, che pare piuttosto naturale, sono comunque formalizzate in Huddleston e Pullum 2002, cfr. *supra*, Morante *et al.* 2011 e Altuna *et al.* 2017) e qualsiasi altro elemento che rimanga semanticamente estraneo, a vario titolo, allo stato di cose descritto all'interno delle proposizioni (come le apposizioni e i segnali discorsivi).

Il **secondo criterio annotativo** riguarda le proposizioni subordinate alla proposizione contenente una negazione preverbale; in assenza di letteratura che si occupi specificamente dell'argomento, le considerazioni che seguono sono basate sulla distinzione fra subordinate complete, avverbiali e relative presente, fra gli altri, in Prandi 2011 e (sebbene in veste rielaborata) Prandi e De Santis 2019.

In breve, si considerano complete le subordinate che saturano una delle valenze, o degli argomenti, del verbo della reggente: esse non possono essere rimosse senza che l'azione descritta dal verbo della reggente rimanga incompleta. Per i presenti fini, sono considerate complete le proposizioni soggettive (*È risaputo che Giovanni è partito*¹⁴), oggettive (*So che Giovanni è partito, Giovanni spera di avere fortuna*) e interrogative indirette (*Ho chiesto a Luca se viene al cinema, Gli ho domandato a quale concerto andrà Giovanni*).

¹⁴ Dove non altrimenti specificato, questo e gli altri esempi del paragrafo sono presi da Prandi e De Santis 2019, con sottolineato aggiunto per indicare i confini della subordinata.

Sono invece avverbiali le subordinate che descrivono un processo¹⁵ autonomo rispetto a quello della reggente e ad esso collegato dal parlante tramite la particella subordinante o il gerundio¹⁶ e il participio¹⁷. Se per le completeive la particella subordinante è semanticamente povera, per le avverbiali (quando presente) è semanticamente ricca e indica qual è la natura del rapporto fra le due proposizioni (causale, concessivo, consecutivo...). Per i presenti fini, sono considerate avverbiali le subordinate temporali, causali, finali, consecutive, concessive, ipotetiche, strumentali, modali, esclusive, limitative, eccettuative e comparative.

Le proposizioni relative - le proposizioni che sono introdotte da un pronome relativo o avverbio di luogo ed espandono un sostantivo - si dividono in attributive e restrittive, com'è noto: le prime danno informazioni presentate come superflue per l'identificazione del referente del sostantivo (*La consegna dei premi, che avverrà domani alle cinque, è attesa con emozione dai candidati*), le seconde, invece, danno informazioni presentate come necessarie allo stesso fine (*Cerco il libro che mi ha regalato Giovanni*), cioè restringono la portata referenziale del sostantivo, da cui la dicitura di 'restrittive'.

Come criterio generale, la cui validità andrà valutata nello specifico contesto, la portata della negazione della reggente:

- **si estende** alle subordinate completeive, dal momento che queste sono necessarie per completare il senso del verbo negato. Ad esempio, nei casi seguenti sono incluse nella portata le completeive sottolineate:

- i. *Non c'è dato sapere se questa legislatura andrà avanti*¹⁸;
- ii. *Innanzitutto, va sottolineata la correttezza dell'Esecutivo che non ha ritenuto opportuno privare il prossimo Governo del potere di nomina dei membri dell'Autorità*¹⁹;
- iii. [...] *non è ben chiaro cosa possa succedere all'energia prodotta dal carbone*²⁰;

¹⁵ Prandi 2011, riprendendo Prandi 2004, parla di *processo* per indicare genericamente il significato di una frase.

¹⁶ Es. *Se ne andò canticchiando*.

¹⁷ Es. *Finita la partita, le squadre rientrarono negli spogliatoi*.

¹⁸ *Corpus*: 8, 27, 5.

¹⁹ *Corpus*: 9, 32, 4.

²⁰ *Corpus*: 8, 21, 33.

iv. *Non è che siamo solamente dei filantropi*²¹

- **si estende** alle subordinate relative restrittive;
- **non si estende** alle subordinate relative attributive.

Per le subordinate avverbiali, è necessario effettuare un'ulteriore distinzione:

- proposizioni avverbiali che fungono da *modificatori del verbo*, ovvero svolgono un ruolo analogo a quello di avverbi di modo (es. *piano, lentamente, accuratamente...*), locuzioni avverbiali (*in modo/maniera* + aggettivo), complementi di modo (*con cura, con passione, con fatica...*) e privazione (*senza rancore, senza preoccupazione...*)²².

Sono le strumentali/modali, espresse con il gerundio presente (es. *Il cancello si apre sollevando il paletto, Se ne andò ciondolando*), e le esclusive (*Anna è partita senza dire niente*). In questo caso, la negazione preverbale della reggente è **riferita preferenzialmente alla subordinata** (es. *Il cancello non si apre sollevando il paletto*, in isolamento, suggerisce *Il cancello si apre, ma non sollevando il paletto*, piuttosto che *Il cancello non si apre proprio, tantomeno sollevando il paletto*; [...] *la legittimazione di una tale dottrina [...] non può essere riconosciuta come consuetudine senza minare la supremazia della Carta stessa*²³ indica che il riconoscimento della dottrina in questione è possibile, ma implica necessariamente la messa in discussione di una Carta dell'ONU) e solo in casi di nette indicazioni contestuali all'intero periodo. Si può presumere che ciò sia dovuto a ragioni di logica comunicativa: che ragioni avrebbe un parlante di qualificare l'azione se è l'azione semplice (non l'azione così come modificata dall'avverbio o equivalenti) che vuole negare?²⁴

- altre proposizioni avverbiali: la negazione preverbale della reggente può interessare o esclusivamente la reggente, o esclusivamente la subordinata. I casi devono essere di volta

²¹ *Corpus*: 6, 17, 44. Per comodità, vengono quindi in questa sede ricomprese nel novero delle subordinate complete anche le frasi scisse del tipo "Non è che...", per cui cfr. Bernini 1992.

²² Per questo elenco, cfr. Prandi e De Santis 2019, pp. 177-178. È Prandi 2011 stesso a riconoscere la suddivisione ulteriore delle avverbiali in espansioni del solo verbo, del verbo e delle sue valenze (che Prandi 2011, seguendo Prandi 2004, indica collettivamente come predicato) e del processo.

²³ *Corpus*: 6, 14, 8.

²⁴ L'unico caso in cui la negazione potrebbe esser riferita all'azione in sé (quindi alla reggente) e di conseguenza alla subordinata è plausibilmente quello in cui si riprende integralmente un'affermazione precedente per refutarla (caso che Horn 1989, p. 363, chiama *negazione meta-linguistica*, "a device for objecting to a previous utterance on any grounds whatever, including the conventional or conversational implicata it potentially induces, its morphology, its style or register, or its phonetic realization").

in volta risolti contestualmente²⁵. Una negazione che coinvolga invece reggente e subordinata al tempo stesso sembra possibile solo in casi particolari²⁶.

Il **terzo criterio annotativo** è il seguente: se la negazione è preverbale, ma alla frase negativa segue un'aggiunta correttiva, nella portata della negazione va solo la porzione o le porzioni di frase (o periodo) corrette dall'aggiunta. Ad es., nella frase *Giovanni non è andato a Nizza per lavoro, ma in vacanza* (adattato da Bernini 2011, enfasi nell'originale), la portata sarà *per lavoro*. Un esempio equivalente, preso sempre da Bernini 2011, è *Non sono venuto qui per parlarti, ma per vedere tua madre*: in questo caso, la portata sarà *per parlarti*. Un ultimo esempio tratto dal *corpus* è [...] *non li autorizza il Presidente ma l'Ufficio di Presidenza, con un voto*²⁷. Ciò di cui si nega la sussistenza nel mondo extra-linguistico, infatti, non è l'atto del "venire qui", che è evidentemente avvenuto, ma il fine per cui ci si è recati in quel posto.

Il **quarto criterio annotativo** è il seguente: se la negazione **non** è preverbale, viene annotato come portata solo il sintagma (o parte del sintagma) davanti al quale essa si posiziona. Rientrano in questa categoria due casi distinti, che Manzotti e Rigamonti chiamano *negazione predicativa di costituente* e *negazione relazionale di costituente*.

Nel primo caso (es. *Il non completo riempimento dei serbatoi può provocare disturbi nel funzionamento*), si nega che l'elemento seguente al marcatore di negazione predichi l'altro membro; la negazione opera, cioè, al livello della predicazione *interna* al sintagma. La portata, dunque, sarà il suddetto elemento (nell'esempio riportato, *completo*).

Nel secondo caso (es. *Fratelli d'Italia ha chiesto di poter introdurre [...] la materia, non della legge elettorale [...], ma [del]la correzione [...]*²⁸), la negazione opera invece esternamente al sintagma, e nello specifico nega il legame semantico fra sintagma e resto della proposizione. Si tratta, questo, di "un procedimento sintattico per dare, *restringendo la portata*, indicazioni più

²⁵ Ad esempio, uno stesso tipo di subordinata (finale) in una stessa posizione suggerisce due portate diverse, per la negazione della reggente, a seconda del contenuto delle proposizioni: *Non sono venuto per parlarti* sembra suggerire che nella portata della negazione sia solo la subordinata (ovvero *Sono venuto, ma non per parlarti*), *Non sono andato per restare con te* il contrario (ovvero *Per restare con te, non sono andato*).

²⁶ Per cui cfr. la nozione di negazione meta-linguistica presentata *supra*.

²⁷ *Corpus*: 4, 9, 6.

²⁸ *Corpus*: 4, 35, 4.

precise sul fuoco²⁹" (Manzotti e Rigamonti 1991, corsivo aggiunto). In altre parole, lo spostamento del 'non' dalla posizione preverbale (che si suppone sia quella di *default*) chiarisce che gli altri costituenti della frase trovano corrispondenza nella realtà e non vanno quindi inseriti nella portata³⁰.

Il **quinto criterio annotativo** è il seguente: nel caso di frasi scisse del tipo "Non *essere* x che..." o "Non *essere* x a..." (laddove *x* indica il soggetto del verbo *essere*, es. *Non sei tu a piacermi* o [...] *non sono le bombe che possono portare la pace in Siria*³¹), la portata della negazione coinciderà con il costituente che sostituisce *x*. Costrutti come questo, infatti, presuppongono uno stato di cose che è dato per noto (quello descritto nella proposizione subordinata), ma per il quale va identificata una delle entità partecipanti: sono, cioè, una delle manifestazioni possibili (e meglio riconoscibili in un testo scritto) delle *frasi identificative*.³²

Il **sesto criterio annotativo** è un criterio di esclusione: non vanno annotate le negazioni espletive (es. "Lavoriamo finché lei non telefona", "Che disastri non ti combina!", da Manzotti e Rigamonti 1991) e quelle esclusivo-restrittive ("non...(altro) che", "non...se non"), che segnalano la negatività non della frase in cui appaiono, ma "di certe alternative della proposizione a cui si applicano" (Manzotti e Rigamonti 1991), come in "la reazione sanzionatoria verso chi ne è responsabile non poteva che essere necessaria e inevitabile."³³.

²⁹ Per 'fuoco' - che sopra è stato menzionato come *focus* - si intende qui "l'elemento che è responsabile del non sussistere dello stato di cose descritto dalla frase", da Manzotti e Rigamonti 1991.

³⁰ Si ha, qui, il distacco più significativo dalle scelte annotative di Altuna *et al.* 2017.

³¹ *Corpus*: 6, 11, 34.

³² Questa dicitura ha origine negli studi sulla struttura informativa della frase e designa le frasi scomponibili in una *proposizione aperta*, ovvero uno stato di cose presumibilmente noto agli interlocutori, e una o più entità il cui ruolo nella proposizione aperta è invece presumibilmente ignoto agli interlocutori fino al momento dell'atto locutivo. Per maggiori dettagli, anche relativi all'interazione fra portata della negazione e struttura informativa della frase, cfr. ad es. Lambrecht 1994, p. 153.

³³ *Corpus*: 6, 13, 2.

3. La speculazione

Principali *corpus* preesistenti

Come per la negazione, i primi *corpus* annotati per speculazione risalgono alla prima decade del 2000 e nascono in ambito biomedico. Nello specifico, i primi tentativi di annotazione sono registrati in Light *et al.* 2004, che annotano degli *abstract* della banca dati MEDLINE assegnando a ciascun periodo uno di tre livelli di certezza (*highly speculative, low speculative e definite*), Medlock e Briscoe 2007, che annotano sei *paper* di genomica assegnando a ciascun periodo una classe binaria (speculativo o non speculativo), e Szarvas 2008, che segue le linee guida di Medlock e Briscoe 2007 per annotare quattro *paper* di bioinformatica e biologia computazionale.

Parallelamente ai lavori di ispirazione biomedica, si attesta una linea di ricerca più approfondita sul fronte teorico, rappresentata prima dalla pubblicazione di Rubin 2006, successivamente ripresa in Rubin 2010, e poi di Sauri e Pustejovsky 2009.

Rubin 2010 presenta l'annotazione di ottanta articoli del *New York Times* (2243 periodi) con un livello di dettaglio molto superiore rispetto ai *corpus* precedenti: l'autrice individua infatti 5 diversi livelli di certezza (*absolute/high/moderate/low/un-certainty*), l'entità a cui essa è ascrivibile, la sua collocazione nel tempo e il suo oggetto (se un fatto o un'opinione). Tuttavia, non annota lo *scope* dei marcatori speculativi, ma si limita ad assegnare un punteggio di "certezza" ad ogni articolo sulla base dei marcatori contenutivi e della lunghezza dell'articolo stesso. Questa linea annotativa non ha poi avuto molto successo, presumibilmente per il rischio di un'eccessiva arbitrarietà, riconosciuta dalla stessa Rubin a seguito della misurazione dell'*inter-annotator agreement*, e per la scarsa granularità.

Di notevole impegno teorico è anche *FactBank*, presentato in Sauri e Pustejovsky 2009 e costruito a partire da *corpus* preesistenti già annotati per l'espressione di eventi (*TimeBank* e *A-TimeML*): rifacendosi in particolare a Horn 1989, gli autori distinguono diversi gradi di *fattualità*, che per quanto concerne la speculazione si articolano su tre livelli: certezza, probabilità e possibilità (un quarto livello elencato assieme ad essi, *underspecified*, si riferisce piuttosto a eventi sulla cui fattualità non si hanno abbastanza informazioni, come quelli introdotti

da verbi di volizione, es. *want* o *wish*). I vari gradi di fattualità sono assegnati agli eventi pre-identificati e attribuiti a una fonte, al pari di quanto avviene in Rubin 2006.

Sono tuttavia sempre Vincze *et al.* 2008 a produrre, con *BioScope*, uno dei principali *corpus* di riferimento per la speculazione oggi. Al di là della mole di dati annotati, nettamente superiore a quella dei tre *corpus* biomedici precedenti, la dichiarata novità di *BioScope* consiste nell'annotare manualmente lo *scope* e ammettere quindi degli *scope* sub-periodici (obiettivo già prefigurato sia in Light *et al.* 2004, sia in Medlock e Briscoe 2007), garantendo così una maggiore precisione e correttezza sia dell'annotazione, sia conseguentemente degli eventuali modelli addestrati sul *corpus*.

Del 2010 è la *task* condivisa della CoNLL sull'individuazione di *cue* speculativi e loro *scope* e di *weasel words* (categoria ripresa da Wikipedia che indica le parole che presenterebbero un fatto senza riportare per esso una fonte verificabile), presentata in Farkas *et al.* 2010; dal *paper*, tuttavia, non è possibile determinare con certezza se le risorse annotate messe a disposizione dei partecipanti siano riprese integralmente da *corpus* preesistenti, sottoposte a una revisione aggiuntiva o annotate manualmente da zero³⁴.

Riprendono invece l'approccio di *BioScope* Konstantinova e de Sousa 2011, già menzionate per la negazione. Nelle recensioni annotate dalle autrici, la speculazione è dunque vista come una classe binaria e gli *scope* sono sub-periodici. Questo è anche l'approccio adottato in questa sede, con alcuni adattamenti riguardanti soprattutto la definizione del fenomeno.

Speculazione e modalità epistemica: una questione terminologico-semantica

Nei lavori di NLP, a partire almeno da Vincze *et al.* 2008, alla dicitura "epistemic modality", impiegata - anche se non pacificamente - dalla comunità linguistico-teorica, si affianca il più

³⁴ Cfr. la sezione 5 del *paper*, *Datasets*, in cui gli autori dichiarano che i dati sono presi da tre fonti: *BioScope* (che è già annotato), di cui correggono però la segmentazione automatica in periodi, cosicché forse la frase che segue ("the sentences (14541 in number) were annotated manually for hedge cues and their scopes") è da intendersi come riferita ai periodi così corretti; alcuni articoli scaricati da *PubMedCentral*, presumibilmente annotati da zero per *cue* e *scope*; alcuni paragrafi di *Wikipedia* in cui le *weasel words* erano già state marcate dagli utenti ("For the selection of the Wikipedia paragraphs used to construct the training and evaluation datasets, we exploited the weasel tags added by the editors of the encyclopedia"): tuttavia, gli autori dichiarano subito dopo di averle annotate manualmente ("438 randomly selected paragraphs were manually annotated from this pool then the most frequent cue phrases were collected [...] Each sentence was annotated manually for weasel cues. Sentences were treated as uncertain if they contained at least one weasel cue, i.e. the scope of weasel words was the entire sentence"), intendendo forse con ciò di averle riviste.

immediato "speculation". Nell'articolo di presentazione del *BioScope corpus*, divenuto una fonte di dati canonica per le *task* di *cue detection* e *scope resolution* di negazione e speculazione, gli autori utilizzano in realtà alternatamente "uncertainty/uncertain", "hedge/hedging" e "speculation/speculative"³⁵. Da lì, il termine filtra in Özgür e Radev 2009 (*Detecting Speculations and their Scopes* [...], grassetto aggiunto), che sviluppano un modello per il riconoscimento automatico dello *scope* delle speculazioni usando appunto *BioScope* come fonte di dati, Farkas *et al.* 2010, che alternano, come Vincze *et al.* 2008, fra le coppie "uncertainty/uncertain" e "speculation/speculative", Konstantinova e de Sousa 2012 (*A review corpus annotated for negation, speculation and their scope*, grassetto aggiunto), che annotano negazioni e speculazioni nell'*SFU Review corpus*, e poi Attardi *et al.* 2015, Britto e Khandelwal 2020 e Khandelwal e Britto 2020.

A questa differenza terminologica, in realtà, corrisponde anche una certa distanza semantica. Se per "modalità epistemica" si intende infatti la manifestazione linguistica del grado di certezza nutrito dal parlante (o da altri soggetti per cui quest'ultimo parla) rispetto allo stato di cose asserito³⁶, con "speculation" in *BioScope* ed *SFU* ci si riferisce piuttosto a una generica non-fattualità³⁷, che ricomprende sia alcuni enunciati epistemicamente caratterizzati (es. *The presence of urothelial thickening and mild dilatation of the left ureter suggest that the patient [may have continued vesicoureteral reflux]*³⁸), sia enunciati che non sono epistemicamente caratterizzati, ma comunque non descrivono qualcosa di avvenuto nel mondo extra-linguistico (es. [...] *we investigated cardiac infarction patients over a 12-day period to test [if glucocorticoid receptor*

³⁵ Si confrontino i due estratti seguenti: "Our study seeks to fill this gap by presenting the *BioScope* corpus, which consists of medical and biological texts annotated for negation, *speculation* and their linguistic scope." e "[...] and 4 articles from the open access BMC Bioinformatics website were downloaded and annotated for negations, *uncertainty* and their scopes.", corsivo aggiunto.

³⁶ Questa definizione verrà poi ulteriormente formalizzata, cfr. *infra*.

³⁷ Lyons 1977, p. 795, sembra descrivere esattamente questo fenomeno nel parlare di *non-factivity* (il parlante non sostiene né la verità né la falsità dell'enunciato) e *contra-factivity* (il parlante sostiene la falsità dell'enunciato), due macro-categorie in cui poi fa rientrare le protasi, le negazioni, alcuni degli enunciati epistemicamente caratterizzati, i desideri e le interrogative dirette non retoriche.

³⁸ Esempio preso da *BioScope*. In questo e negli esempi successivi, il grassetto indica il *cue* e le parentesi quadre lo *scope* annotati.

*binding is altered in this 'stressful' disease.]*³⁹ o *You can [go to the observation deck for free if [you eat there]]*⁴⁰).

D'altronde *BioScope*, a cui *SFU* dichiaratamente si ispira, nasce con un occhio all'ambito biomedico e quindi con un obiettivo pratico: permettere ai sistemi di elaborazione automatica degli articoli scientifici o delle cartelle cliniche di distinguere quanto è realmente accaduto da quanto invece è solo nominato nel testo, in modo da fornire una sintesi corretta della conoscenza attuale circa un argomento. In altre parole, ciò che importa è evitare falsi positivi, ovvero di dare per certo e reale quanto non lo è.

Da un punto di vista concettuale, tuttavia, la categoria "speculation" così come presupposta in *BioScope* ed *SFU* raggruppa fenomeni profondamente diversi fra loro sia da un punto di vista semantico-funzionale, sia da un punto di vista lessico-morfologico-sintattico⁴¹, come è evidente anche dai *cue* annotati (vd. figura 5), cosicché una loro annotazione in blocco appare sconsigliabile per diverse ragioni: innanzitutto, perché occulta la distinzione fra i vari fenomeni, che potrebbe essere utile in applicazioni diverse da quella immaginata; quindi, perché impedisce, o rende notevolmente più complicata, la definizione di linee guida stringenti e di conseguenza aumenta l'arbitrarietà o la scarsa specificità dell'annotazione; infine, perché complica da un punto di vista cognitivo il lavoro di annotazione stesso, nella misura in cui richiede all'annotatore di catturare una gamma di fenomeni semantico-funzionalmente eterogenei in una sola passata e con una sola etichetta ("speculazione"), che, peraltro, è semanticamente inadeguata a descrivere i fenomeni annotati.

Fig. 5: *cue* speculativi più frequenti in *SFU*
(da Konstantinova *et al.* 2012)

Cue	Frequency	Percentage
If	876	16.34
Or	820	15.30
Can	765	14.27
Would	594	11.08
Could	299	5.57
Should	213	3.97
Think	211	3.93
May	157	2.92
Seems	150	2.79
Probably	121	2.25

³⁹ Esempio preso da *BioScope*.

⁴⁰ Esempio preso da *SFU*.

⁴¹ Per quanto riguarda il primo livello, nella *speculation* vengono sussunte le varie modalità (epistemica, deontica, dinamica...), le ipotesi, i desideri, le alternative etc.; per quanto riguarda il secondo, vengono annotate come speculative protasi, disgiunzioni, frasi contenenti i verbi c.d. modali, interrogative indirette etc.

Di conseguenza, e nello spirito già manifestato per quanto attiene all'annotazione della negazione, in questa sede si è piuttosto deciso di annotare esclusivamente le manifestazioni della modalità epistemica (nel resto della trattazione, il termine "speculazione" andrà inteso in questa accezione ristretta). Questa scelta, rispetto a quella di *BioScope* e *SFU*, ha il vantaggio di semplificare il carico cognitivo dell'annotazione e aumentarne la specificità e coerenza, dal momento che viene fortemente ridotta l'eterogeneità semantico-funzionale; tuttavia, essa presenta almeno due possibili difetti: da una parte, permane una forte varietà di manifestazioni linguistiche; dall'altra, vengono ricomprese nell'annotazione anche affermazioni caratterizzate come certe. Si tornerà su queste criticità dopo aver discusso in maggiore dettaglio la definizione della modalità epistemica.

Definizione

Come accennato nella sezione precedente, il concetto stesso di modalità epistemica non ha ancora trovato una concettualizzazione stabile all'interno della letteratura linguistico-teorica. Non è questa però la sede per esplorare la storia di questa categoria, per cui si rimanda ad esempio a Nuyts 2001, p. 22 e ss., e van der Auwera e Aguilar 2016 (in Nuyts 2016).

Una definizione ragionevole, precisa e utilizzabile è parsa quella fornita da Nuyts 2001:

"Epistemic modality is defined here as (the linguistic expression of) an evaluation of the chances that a certain hypothetical state of affairs under consideration (or some aspect of it) will occur, is occurring, or has occurred in a possible world which serves as the universe of interpretation for the evaluation process, and which, in the default case, is the real world (or rather, the evaluator's interpretation of it [...]). The evaluator is prototypically the speaker him/herself, but this need not be so: a speaker can also report on someone else's evaluation [...] [...] And this estimation of likelihood is situated on a scale (henceforth called the 'epistemic scale') going from certainty that the state of affairs applies, via a neutral or agnostic stance towards its occurrence, to certainty that it does not apply, with intermediary positions on the positive and the negative sides of the scale." (corsivo aggiunto)

Parafasando Nuyts, si può dire che andranno considerati enunciati⁴² epistemicamente modalizzati quelli che comprendono espressioni linguistiche che danno in qualche modo un giudizio sulla probabilità che le cose stiano così come sono descritte nell'enunciato. In questo senso, possono esistere enunciati non epistemicamente modalizzati (es. *Il primo ministro ha fatto un buon lavoro*) ed enunciati epistemicamente modalizzati (es. *Penso che il primo ministro abbia fatto un buon lavoro*). Questi ultimi non sono necessariamente tutti dubitativi: anche *Sono certo*

⁴² Si accantona, per il momento, ogni considerazione relativa alla portata.

che il primo ministro abbia fatto un buon lavoro è un enunciato epistemicamente modalizzato, in cui il grado epistemico è la certezza. Tuttavia, sembra ragionevole affermare che tutti gli enunciati dubitativi sono epistemicamente modalizzati, dal momento che l'assenza di *marche epistemiche* (ovvero le espressioni linguistiche che informano sulla modalità epistemica dell'enunciato) invita implicitamente il destinatario a presumere una certezza irriflessa e acritica del parlante verso l'enunciato⁴³ (*presunzione epistemica di default*).

Questa considerazione offre il pretesto per affrontare e risolvere immediatamente un possibile caso controverso, ovvero l'impiego di espressioni come *secondo me* o *a mio giudizio*. Esplicitamente, infatti, queste espressioni non danno un giudizio sulla verità dell'enunciato; tuttavia, il fatto che esse siano presenti segnala che il parlante ha voluto evitare, per una qualsivoglia esigenza, la presunzione epistemica di default segnalando il fatto che la verità dell'enunciato non è immediata, ma riposa su una fonte o un ragionamento⁴⁴. Pertanto, verranno considerate *marche epistemiche*⁴⁵.

La presunzione epistemica di default fornisce anche una base argomentativa per giustificare l'annotazione delle affermazioni caratterizzate come certe, che è stata individuata come uno dei due difetti del presente approccio (cfr. *supra*). Infatti, il semplice fatto che il parlante dia forma linguistica alla propria certezza blocca la presunzione epistemica di default e differenzia quindi in modo rilevante l'enunciato da un'affermazione non epistemicamente modalizzata. Sarebbe semmai opportuno, come è anche stato proposto e realizzato⁴⁶ in letteratura, annotare

⁴³ Su ciò anche Lyons 1977, p. 797: "Straightforward statements of fact (i.e. categorical assertions) may be described as epistemically non-modal. The speaker, in uttering an unqualified assertion, is committing himself to the truth of what he asserts, by virtue of the felicity-conditions which govern the illocutionary act of assertion" e Givón 1982, che parla al proposito di un "contratto implicito" fra parlante e ascoltatore, articolato come segue per le proposizioni la cui verità è data per scontata: "The essence of the contract is straight-forward: [...] Proposition [*sic*] falling under the scope of this contract are *not challengeable* by the hearer [...] Propositions falling under this contract *require no evidentiary justification* by the speaker", corsivo nell'originale.

⁴⁴ Questo tipo di espressione rimanda primariamente alla categoria della cosiddetta evidenzialità, che tuttavia è secondaria per i presenti scopi e non verrà quindi approfondita. Per una discussione dei rapporti fra evidenzialità e modalità epistemica, cfr. ad es. Nuyts 2001, pp. 27-28, Pietrandrea 2005, pp. 29-34, Boye 2012, pp. 1-2 e Squartini 2016, pp. 57-64 (in particolare 62-64).

⁴⁵ Per questo e il seguente paragrafo cfr. sempre Lyons 1977, pp. 808-809: "It would be generally agreed that the speaker is more strongly committed to the factuality of "It be raining" by saying *It is raining* than he is by saying *It must be raining*. [...] If there is no explicit mention of the source of our information and no explicit qualification of our commitment to its factuality, it will be assumed that we have full epistemic warrant for what we say. But the very fact of introducing 'must', 'necessarily', 'certainly', etc., into the utterance has the effect of making our commitment to the factuality of the proposition explicitly dependent upon our perhaps limited knowledge." (corsivo nell'originale).

⁴⁶ Rubin 2006 e Sauri e Pustejovsky 2009.

differentemente la certezza e l'incertezza. Questa distinzione, tuttavia, non è stata attuata in questa sede.

Fenomenologia della speculazione in italiano

Si è accennato a come la restrizione dell'annotazione alla sola modalità epistemica non porti in italiano a una proporzionale restrizione delle forme linguistiche da annotare. In Pietrandrea 2004 e 2005, ad esempio, vengono individuati i seguenti strumenti per l'espressione della modalità epistemica in italiano: lessicali (che si articolano a loro volta in sintagmi del tipo *secondo me, mi sa, mi pare*, verbi come *dedurre, credere, pensare*, avverbi come *certamente, sicuramente, forse, probabilmente*, aggettivi come *certo, indubbio, possibile e probabile* e sostantivi come *convinzione*⁴⁷), sintattici (categoria in cui la studiosa fa rientrare *dovere* e *potere*, all'indicativo, condizionale o congiuntivo) e morfologici (futuro epistemico), nonché, in via ipotetica, prosodici (per i presenti scopi, come si è già detto, inaccessibili). In sostanziale accordo con questo elenco anche Nuyts 2001, p. 29, che si riferisce in generale ai linguaggi dell'Europa occidentale e designa come possibili marche epistemiche:

- i. avverbi come *maybe*;
- ii. aggettivi come *possible*, usati predicativamente (es. *It is possible that...*);
- iii. verbi denotanti uno stato mentale (*mental state predicates*) come *think* o *believe*;
- iv. verbi cosiddetti modali come *may* o *must*;
- v. nomi;
- vi. particelle modali;
- vii. tempi;
- viii. modi⁴⁸.

Questa varietà di forme costituisce una sfida per l'annotatore in termini di carico cognitivo, sia perché a un unico fatto linguistico corrispondono manifestazioni anche molto distanti fra loro (si pensi al condizionale da una parte e a un avverbio come *forse* dall'altra), sia perché le forme

⁴⁷ L'elenco è introdotto in Pietrandrea 2004, p. 3, e poi ripreso e ampliato con esempi in Pietrandrea 2005, pp. 54-61; qui ne è stata riportata una sintesi lievemente riadattata per esigenze di chiarezza e sinteticità.

⁴⁸ Le voci v-viii sono prive di esemplificazioni perché non costituiscono l'oggetto centrale delle investigazioni di Nuyts.

linguistiche che possono fungere da marche epistemiche non sono sempre tali, come nel caso di *dovere* e *potere*⁴⁹ e del condizionale, e ogni caso va quindi di volta in volta ponderato⁵⁰. Al tempo stesso, non sembra sussistano in questo caso le condizioni, né tecniche né concettuali, per escludere una delle forme dall'annotazione, come è invece avvenuto per la negazione.

Cue

In sostanziale accordo con Nuyts 2001, cfr. *supra*, verranno considerate *cue* epistemiche tutte le parole esprimenti in qualche modo un giudizio sulla probabilità che l'enunciato (o parte di esso) sia vero. A questo gruppo andranno aggiunte anche le parole che, pur non esprimendo un tale giudizio, impediscono la presunzione epistemica di default.

Nell'impossibilità di stilare una lista esaustiva dei possibili *cue*, si rimanda alle categorie e agli esempi di Pietrandrea 2004 e 2005 sopra elencati, a cui andrà aggiunto il cosiddetto condizionale riportativo (es. *Se ne sarebbe andato a casa* [*sc.* stando a quanto dicono alcuni]), che Pietrandrea caratterizza come esclusivamente evidenziale, ma viene qui ricompreso nelle marche epistemiche per ragioni analoghe a *secondo me* o *a mio giudizio* (cfr. *supra*), e verbi come *parere* o *sembrare*, per lo stesso motivo.

Qualche parola a parte va dedicata a verbi come *sapere* o *dire*.⁵¹

Nonostante l'inclusione di *know* nell'elenco dei *mental state predicates* ad opera di Nuyts 2001, p. 109, l'italiano *sapere*, nel senso di "Essere o venire a conoscenza di qlco., possedere informazioni su qlco."⁵² non è annoverato fra i *cue* epistemiche. La scelta è discutibile, perché alcuni esempi del *corpus* sembrano effettivamente inibire la presunzione epistemica di default (*Sappiamo bene che l'avanzata delle mafie [...] è anche dovuta all'assenza dello Stato*⁵³; [...])

⁴⁹ Sull'uso deontico di *dovere* e *potere* cfr. Pietrandrea 2005, pp. 69-80; sull'uso cosiddetto anankastico, cfr. Conte 1995; per un accenno all'uso dinamico, cfr. De Santis 2011. Tratta dei diversi valori modali degli inglesi *must/have to/need to* e *can/be able to/may* (a cui si possono accostare, senza pretese di perfetta corrispondenza, gli italiani *dovere* e *potere*) Nuyts 2016, in Nuyts 2016.

⁵⁰ Per una panoramica inter-linguistica sull'espressione della modalità epistemica, cfr. Boye 2016.

⁵¹ Nell'impossibilità di condurre studi metodologicamente più elaborati, o di attingere a equivalenti studi altrui sull'argomento, le considerazioni che seguono sono il frutto di considerazioni basate sulla rilevante letteratura e sull'uso che si fa dei verbi all'interno del *corpus*.

⁵² Sabatini-Coletti online.

⁵³ *Corpus*: 5, 15, 6.

sappiamo che, nel momento in cui il Governo se ne andrà, questo stesso atto non servirà a nulla⁵⁴); tuttavia, molti altri casi, anche sintatticamente equivalenti, non si prestano a una simile interpretazione (*Sappiamo che ci sono stati circa 200 mila morti, 10 milioni tra sfollati interni e rifugiati*⁵⁵; *sappiamo che [...] il regime di Bashar al-Assad ha fatto ripetutamente uso di armi chimiche*⁵⁶; [...] *si è trattato di una risposta circoscritta, indirizzata, come sapete, a tre installazioni [...]*⁵⁷). In assenza di un chiaro discrimine, si è preferito escludere l'intera gamma di casi per evitare di aumentare l'arbitrarietà e/o soggettività dell'annotazione.

Anche per *dire*, o meglio il traduttore inglese *say*, Nuyts 2001 ammette un valore epistemico in frasi come *I would say they have run out of fuel*, valore effettivamente preservato nella traduzione italiana *Direi che hanno finito la benzina*. Oltre che al condizionale, *dire* può avere valore epistemico anche in espressioni come *si dice (che)*, o *(alcuni) dicono/(qualcuno) dice (che)*, quando queste sono usate, appunto, per evitare la presunzione epistemica di default. Un uso simile si ha anche con soggetti referenzialmente definiti (*La Commissione europea [...] dice che noi non possiamo più estendere il diritto ai cittadini italiani di far pagare un prezzo equo*⁵⁸). Accanto a questi casi, che potrebbero a maggiore o minor diritto essere considerati epistemicamente modalizzati, se ne contano però diversi in cui *dire* non sembra affatto fungere da *cue* epistemico ([...] *sia perché non sono tutte pubbliche [...] le aziende affidatarie del servizio idrico integrato come diceva il referendum*⁵⁹; [...] *dico subito che Fratelli d'Italia ha proposto un emendamento che fissa in trenta giorni [...] la durata della proroga stessa*⁶⁰) e casi dubbi ([...] *quando Moro dice che un milione di voti non vale un atomo di verità probabilmente centra la vera dimensione della politica*⁶¹; [...] *noi dobbiamo dire forte e chiaro che non ci sarà*

⁵⁴ Corpus: 9, 30, 4.

⁵⁵ Corpus: 6, 4, 7.

⁵⁶ Corpus: 6, 4, 9.

⁵⁷ Corpus: 6, 4, 24.

⁵⁸ Corpus: 8, 29, 7.

⁵⁹ Corpus: 8, 12, 38.

⁶⁰ Corpus: 8, 16, 30.

⁶¹ Corpus: 9, 79, 6.

ricostruzione se non ci sarà transizione.⁶²). Come *sapere*, *dire* sembra essere ora provvisto, ora sprovvisto di un valore epistemico; come per *sapere*, dunque, si è deciso di non includerlo fra le marche epistemiche.

Portata

Sulla base della definizione di modalità epistemica data sopra, si considereranno incluse nella portata della marca epistemica la parola o le parole sulla cui verità il parlante esprime, tramite la marca, una valutazione.

Diversamente dalla negazione, per la modalità epistemica manca della letteratura specificamente dedicata all'individuazione della sua portata in italiano, sulla cui base redigere dei criteri annotativi. È sembrato ragionevole, dunque, delineare dei criteri annotativi a partire dai casi individuati nel *corpus* ed estenderli poi ai casi analoghi, individuati, con alcuni adattamenti, sulla base della tassonomia delineata in Pietrandrea 2004 e 2005 e illustrata sopra. Si suppone infatti che marche appartenenti alla stessa categoria avranno il medesimo comportamento per quanto riguarda l'estensione della portata.

1. **Sintagmi del tipo *mi pare*, *mi sa*, *secondo me*, *a mio giudizio*; verbi come *dedurre*, *credere*, *pensare* o *sembrare/parere* o sostantivi come *convinzione*, usati parenteticamente; *dovere* e *potere*; futuro epistemico e condizionale riportativo; avverbi come *certamente*, *sicuramente*, *forse*, *probabilmente*: la portata di queste marche coincide con l'intera proposizione in cui sono contenuti e le eventuali subordinate, con l'esclusione delle relative attributive e delle parentetiche.**
2. **Verbi come *dedurre*, *credere*, *pensare* o *sembrare/parere* o sostantivi come *convinzione* completati da una subordinata: la portata di questi verbi coincide con la proposizione completiva da essi introdotta e le eventuali subordinate di quest'ultima, con l'esclusione delle relative attributive e delle parentetiche.**
3. **Aggettivi come *certo*, *indubbio*, *possibile* e *probabile* usati predicativamente (*Essere/Sembrare/Parere certo/possibile/... che*): come sopra.**

⁶² *Corpus*: 6, 4, 49.

4. **Aggettivi come *certo, indubbio, possibile e probabile* usati attributivamente:** la portata di questi aggettivi coincide con la parola a cui sono riferiti e sue eventuali espansioni (complementi di specificazione o complete).

Come per la negazione, vanno in ogni caso esclusi dalla portata delle marche i connettivi, i segnali discorsivi, le apposizioni e in generale parole semanticamente estranee allo stato di cose descritto all'interno delle proposizioni.

4. Presentazione del *corpus*

Fonte e preprocessazione dei dati

I dati sono stati tratti dai resoconti stenografici delle sedute della Camera del Parlamento italiano, disponibili online in formato XML⁶³. L'XML di ciascuna pagina è stato estratto e processato con uno *script* Python⁶⁴ al fine di eliminare i *tag* ritenuti superflui (ad es. <pagina>, che indica il numero di pagina con un apposito attributo 'numero', <presidenza>, che contiene del testo designante il presidente della Camera per la corrente seduta, <dataEstesa>, che contiene del testo riportante la data della seduta, già riportata altrove etc.). Il tag <nominativo> è stato eliminato, ma i suoi attributi e il testo contenutovi sono stati trasformati in attributi del tag <intervento>. A <intervento> è stato inoltre aggiunto un attributo ('tipo'), con possibili valori "parlamentare", in caso l'oratore sia un deputato, o "altro", in caso ricopra un altro ruolo; in caso di intervento parlamentare, la sigla del partito di appartenenza, riportata nel testo, è stata trasformata in uno specifico attributo di <intervento>, 'partito'. Gli XML così puliti sono quindi stati salvati per le sedute da 1 a 29 della corrente legislatura.

Il testo contenuto negli XML preprocessati è stato quindi estratto e processato con DiaParser⁶⁵, una libreria Python per l'annotazione sintattica che effettua anche tokenizzazione e segmentazione in periodi (*sentence splitting*). Il testo in formato CoNLL-U restituito da DiaParser è quindi stato ampliato con due colonne: CUE, da annotare manualmente secondo la notazione IOB2 (Speranza 2009), e SCOPE, da riempire con l'*id* del *cue* operante sul *token* o '_' nel caso in cui il *token* non appartenga a nessuno *scope*; in caso di più *cue*, ciascun *id* è stato separato con una virgola.⁶⁶

Una prima scrematura dei periodi è stata poi effettuata tramite uno *script* Python che sottopone periodo per periodo all'utente e ne riceve un input, così da annotare automaticamente i

⁶³ <http://documenti.camera.it/apps/resoconto/getXmlStenografico.aspx?idNumero=0001&idLegislatura=18> (per accedere alle altre sedute, basta cambiare il parametro idNumero, che identifica univocamente la seduta all'interno di ogni legislatura, e idLegislatura, che identifica univocamente la legislatura).

⁶⁴ L'intero codice utilizzato per questo lavoro è disponibile online al seguente indirizzo: https://github.com/gfranchini96/neg_spec_IT_corpus

⁶⁵ Attardi *et al.* 2021.

⁶⁶ La procedura qui indicata è stata ripresa da Attardi *et al.* 2015.

periodi non contenenti negazione o speculazione o le sequenze descrittive inserite fra parentesi. Poiché queste ultime non costituiscono la trascrizione di dibattiti svoltisi nella Camera, ma sono piuttosto una descrizione del contesto ad opera degli stenografi, si è deciso di separarle dal resto del resoconto e annotarle con un'apposita sequenza "DESCR.": non sono state considerate in fase di addestramento del modello.

I resoconti così ottenuti, relativi alle sedute 4-6 e 8-9, sono stati salvati in formato TSV⁶⁷.

Fig. 6: esempi di periodi annotati tratti dal corpus

ID	FORM	LEMMA	CPOS	POS	FEAT	HEAD	DEPREL	PHEAD	PDEPREL	CUE_NEG	SCOPE_NEG	CUE_SPEC	SCOPE_SPEC
# sent_id = 1													
# text = Se non vi sono osservazioni, il processo verbale si intende approvato.													
1	Se						4 mark			O		O	
2	non						4 advmod			BN		O	
3	vi						4 expl			O		2 O	
4	sono						11 advcl			O		2 O	
5	osservazioni						4 nsubj			O		2 O	
6	,						4 punct			O		O	
7	il						8 det			O		O	
8	processo						11 nsubj:pass			O		O	
9	verbale						8 amod			O		O	
10	si						11 expl:pass			O		O	
11	intende						0 root			O		O	
12	approvato						11 xcomp			O		O	
13	.						11 punct			O		O	
# text = Negli ultimi anni, a mio parere, abbiamo visto crescere una seconda asimmetria, che è quella dimensionale, cioè il regolatore ora è di dimensione locale, le Autorità di ambito territoriale ottimale, m													
1-2	Negli												
1	In						4 case			O		O	6
2	gli						4 det			O		O	6
3	ultimi						4 amod			O		O	6
4	anni						11 obl			O		O	6
5	,						4 punct			O		O	
6	a						8 case			O		BS	
7	mio						8 det:poss			O		IS	
8	parere						11 obl			O		IS	
9	,						8 punct			O		O	
10	abbiamo						11 aux			O		O	6
11	visto						0 root			O		O	6
12	crescere						11 xcomp			O		O	6
13	una						15 det			O		O	6
14	seconda						15 amod			O		O	6
15	asimmetria						12 obj			O		O	6

Annotazione dei dati e verifica dell'annotazione

L'annotazione dei periodi individuati è stata effettuata manualmente, seguendo le linee guida sopra illustrate. Nel corso dell'annotazione, sintagmi come "non necessariamente", che sono *cue* al tempo stesso negativi e speculativi iniziati con lo stesso token (*non*), hanno messo in evidenza la necessità di duplicare le colonne CUE e SCOPE, separando l'annotazione della

⁶⁷ Per le sedute 1-3 e 7, contenenti elenchi molto lunghi di nomi e cognomi di deputati, si è verificato un errore con DiaParser dovuto all'eccessiva lunghezza dell'input fornito al *transformer* sottostante, errore che ha reso poco pratico includere queste sedute fra quelle annotate.

negazione da quella della speculazione. Questa operazione è stata effettuata in fase di post-processazione.

I resoconti così annotati (4-6 e 8-9) sono stati quindi sottoposti a una verifica automatica della correttezza dell'annotazione, effettuata tramite *script* Python: nello specifico, si è verificato che gli *id* inseriti negli *scope* fossero sempre relativi a *token* annotati come *cue* e che i valori presenti nelle colonne di *cue* e *scope* fossero solo quelli accettati. Gli errori trovati sono stati conseguentemente corretti.

Due esempi di periodi annotati sono visibili in figura 6. Si noti che, per comodità, le marche sono state abbreviate: così, 'B-NEG' è diventato 'BN', 'B-SPEC' 'BS' e 'I-SPEC' 'IS'.

Analisi del *corpus*

Statistiche di base

	#		#
<i>token</i>	51.820	periodi contenenti una o più negazioni	373
periodi (<i>sentence</i>)	1566	periodi contenenti una o più speculazioni	174
negazioni	498	lunghezza media <i>scope</i> negativo	7,7
speculazioni	194	lunghezza media <i>scope</i> speculativo	16,4

Lista dei *cue* in ordine decrescente di frequenza:

<i>cue</i> negativi	#	<i>cue</i> speculativi più frequenti	#
non	448	credo	33
senza	33	forse	15
nessuno	5	probabilmente	9
nessuna	4	pare	7
mai	2	potrebbe	6
nulla	2	penso	6

nessun	1	potrebbero	4
né	1	sembra	4
niente	1	ritiene	4
tantomeno	1	pensare	3

Come si vede, i *cue* negativi e speculativi costituiscono un'esigua minoranza del totale dei *token* (rispettivamente lo 0,96% e lo 0,37% circa⁶⁸). Si fa presente, inoltre, che i soli casi di *cue* polirematici si sono registrati fra i *cue* speculativi.

Per i *cue* negativi, una frequenza pressoché identica si registra in Altuna *et al.* 2017 (0,97%), che come già notato prendono in considerazione esattamente gli stessi tipi di negazione.

Più elevata è la frequenza di *token* compresi in *scope* negativi o speculativi (7,40% e 6,14% circa⁶⁹). Anche in questo caso, per gli *scope* negativi è possibile fare un confronto con Altuna *et al.* 2017, in cui la lunghezza media degli *scope* negativi è 8,2 e la loro incidenza sul totale dei *token* è 7,95%: di nuovo, si ottengono risultati molto vicini. Si può ipotizzare che i valori leggermente più alti di Altuna *et al.* 2017 siano dovuti a una definizione di *scope* più ampia di quella qui adottata (cfr. *supra*).

⁶⁸ Per i *cue* negativi, la percentuale fornita è precisa; per quelli speculativi, 0,37% è in realtà un estremo inferiore, dal momento che non sono stati considerati i *token* interni a *cue* polirematici (57).

⁶⁹ Queste percentuali non rispecchiano però l'effettiva frequenza della classe 1 (i *token* compresi in uno *scope*) al momento della *scope detection*, cfr. sez. 5.

5. Esperimenti di apprendimento automatico

Principali lavori precedenti

Come nel caso dei *corpus*, i primi tentativi di processazione automatica della negazione e della speculazione risalgono ai primi anni 2000 e si collocano in ambito biomedico.

I modelli prodotti in questi anni per la negazione (Mutalik *et al.* 2001 - *NegFinder* -, Chapman *et al.* 2001 - *NegEx* -, Sanchez Graillet e Poesio 2007, Huang e Lowe 2007) sfruttano delle liste precompilate e delle espressioni regolari per individuare potenziali *cue* negativi e delle regole, eventualmente basate sulla sintassi, per stabilire se entità o relazioni di interesse biomedico sono nello *scope* dei *cue* individuati. Questa linea di ricerca (liste precompilate per la *cue detection* e regole basate sulla sintassi per la *scope resolution*) continua anche nella decade successiva (cfr. ad es. de Albornoz *et al.* 2012, Ballesteros *et al.* 2012, Sohn *et al.* 2012, Mehrabi *et al.* 2015 e Peng *et al.* 2017) con alcune innovazioni: de Albornoz *et al.*, che peraltro lavorano su *ConanDoyle-neg* e si allontanano quindi dall'ambito biomedico, arricchiscono la lista precompilata di segnali negativi con *cue* individuati sulla base di criteri morfologici (prefissi *dis-*, *a-*, *un-* etc.) e poi scremati sulla base delle informazioni semantiche contenute in *WordNet* e di regole sintattiche appositamente costruite; Mehrabi *et al.* aggiungono a *NegEx*, che non fa uso di informazioni sintattiche, un *parser* a dipendenze in post-processing⁷⁰ e ottengono un aumento della performance in termini di precisione. Peng *et al.* 2017 (*NegBio*) riprendono questa idea, ma utilizzano il *parser* a dipendenze per tutti i periodi processati con *NegEx*; inoltre, gli autori individuano anche le entità incerte, riallacciandosi così al filone della speculazione.

Innovativo rispetto a questo filone è, invece, il lavoro di Morante *et al.* 2008, che se ne discosta su più versanti e inaugura di fatto una nuova direzione di ricerca: innanzitutto, adotta sia per la *cue detection* che per la *scope resolution* il paradigma dell'apprendimento supervisionato (*supervised learning*), in cui cioè il modello viene addestrato automaticamente (secondo un algoritmo precipuo) su dei *record* per cui si conosce già l'attributo che costituisce l'obiettivo di apprendimento (tipicamente detto *classe*), così da poterne misurare e correggere la performance;

⁷⁰ Nello specifico, gli autori decidono di prendere in considerazione solo i periodi in cui *NegEx* individua un concetto negato al fine di verificare, tramite le informazioni sintattiche, se il concetto è effettivamente negato o se si tratta di un falso positivo.

in secondo luogo, non fa uso di informazioni sintattiche per la risoluzione dello *scope*; infine, introduce la modellazione odierna della *scope resolution*: se precedentemente, infatti, si mirava esclusivamente a individuare se singole entità o relazioni di interesse erano negate, con lo studio di Morante *et al.* l'obiettivo diventa individuare tutte e sole le parole che subiscono l'effetto della negazione. Il *task*, come riconoscono gli stessi autori, viene quindi modellato come un problema di classificazione binaria dei singoli *token*, da ripetersi tante volte quanti sono i *cue* del periodo. Chiaramente, un lavoro di questo tipo è possibile solamente quando siano disponibili adeguate risorse annotate, cosicché si può a pieno diritto affermare che è il neonato *BioScope*, usato dagli autori come *corpus* di apprendimento, a dare impulso a questa svolta.

La ricerca sulla processazione automatica della speculazione conosce un'evoluzione simile: i primi tentativi (Light *et al.* 2004, Medlock e Briscoe 2007 e Szarvas 2008) partono da liste precompilate per la *cue detection* e non prevedono la possibilità di uno *scope* sub-periodico, cosicché sono gli interi periodi ad essere classificati come speculativi o meno. A seguito della pubblicazione di *BioScope*, invece, viene pubblicato il primo studio che ammette uno *scope* speculativo sub-periodico, Özgür e Radev 2009. Gli autori continuano a usare una lista precompilata di potenziali *cue* speculativi per la *cue detection*, ma implementano un SVM per stabilire se i *token* corrispondenti ai *cue* costituiscono effettivamente un segnale speculativo nel contesto di occorrenza. Per la *scope resolution*, vengono usate delle regole basate su *tag* morfologici e sintattici.

Proseguono nella direzione di Morante *et al.* 2008 Morante e Daelemans 2009, che per l'individuazione dello *scope* della negazione addestrano un KNN, un SVM e un CRF, combinando poi i risultati dei tre classificatori con un *metalearner*. La *cue detection*, in realtà, avviene in modo ibrido: prima, le parole appartenenti a una lista precompilata vengono immediatamente classificate come *cue* negativi; quindi, le parole restanti vengono classificate tramite il KNN. La *scope resolution*, diversamente da Morante *et al.* 2008, viene modellata come un problema di classificazione multiclasse, in cui ogni *token* può essere classificato come inizio dello *scope*, fine dello *scope*, o nessuno dei due. Un approccio di questo tipo è reso possibile dal fatto che nel *corpus* di apprendimento (*BioScope*), gli *scope* sono sempre ininterrotti per definizione, cosicché individuare il primo e l'ultimo *token* dello *scope* equivale a individuare tutti

i *token* appartenenti a quel determinato *scope*. Come in Morante *et al.* 2008, non vengono utilizzati *parser* sintattici.

Usano un approccio ibrido per la *cue detection* della negazione anche Lapponi *et al.* 2012, che seguono una procedura analoga a Özgür e Radev 2009: i *token* corrispondenti a o contenenti (in caso di affissi) i potenziali *cue* sono dati in input a un SVM per verificare che costituiscano effettivamente dei segnali di negazione; per la *scope resolution*, Lapponi *et al.* addestrano un CRF che riceve in input anche informazioni sintattiche, ottenute tramite un *parser* a dipendenze. Il corpus di riferimento è *ConanDoyle-neg*.

Altri esempi di applicazione dell'apprendimento supervisionato sono Attardi *et al.* 2015, che implementano diversi classificatori per *cue detection* e *scope resolution* di negazione e speculazione in *BioScope*, Cruz *et al.* 2016, che usano degli SVM per *cue detection* e *scope resolution* di negazione e speculazione nell'*SFU Review*, Qian *et al.* 2016, che addestrano delle reti neurali convoluzionali (CNN) per la *scope resolution* di negazione e speculazione in *BioScope*, e Fancellu *et al.* 2016, che usano *word embedding* e un BiLSTM per la risoluzione dello *scope* su *ConanDoyle-neg*. Fancellu *et al.* sottolineano come i modelli precedenti si siano basati su procedimenti difficilmente generalizzabili a più lingue o anche solo diversi generi, essendo basati su *feature* (attributi) creati appositamente per il *corpus* di addestramento, ed evidenziano quindi il vantaggio ottenuto con la combinazione *embedding* + rete neurale. Dello stesso avviso Lazib *et al.* 2016, che implementano e confrontano fra loro diverse reti neurali ricorrenti (LSTM, BiLSTM e GRU) per la *scope detection* della negazione nell'*SFU Review*. Le osservazioni di Fancellu *et al.* e Lazib *et al.*, e i risultati incoraggianti da loro riportati, danno una nuova direzione alla ricerca, cosicché negli anni a venire vengono pubblicati molteplici *paper* che fanno uso di LSTM o BiLSTM per la processazione della negazione; fra questi, Gautam *et al.* 2018, Taylor e Harabagiu 2018 e Chen 2019. Gautam *et al.* e Taylor e Harabagiu usano per primi degli LSTM (o BiLSTM) anche per la *cue detection*; Taylor e Harabagiu, inoltre, usano per la prima volta anche degli *embedding* pre-addestrati. L'innovazione principale di Chen 2019, invece, è l'uso dell'*attention*, sotto forma di un vettore di pesi applicato all'output del BiLSTM per ottenere una rappresentazione sintetica dell'intero periodo.

È però l'alba del decennio corrente a inaugurare l'uso di reti neurali basate sull'*attention* (*transformer*) per la processazione di negazione e speculazione: Khandelwal e Savant 2020 sviluppano *NegBERT*, che incorpora il modello BERT (Devlin et al. 2019) adattandolo alle *task* di *cue detection* e *scope resolution* della negazione: gli *embedding* in uscita da BERT vengono dati in input a uno strato di classificazione e i pesi dell'intera rete subiscono un'operazione di *fine-tuning*, in cui l'aggiornamento dei parametri avviene con un coefficiente (*learning rate*) molto basso, al fine di preservare la capacità di rappresentazione precedentemente acquisita da BERT, già addestrato su *BooksCorpus* (Zhu et al. 2015) e *Wikipedia* inglese. Gli autori addestrano *NegBERT* sui tre principali *corpus* annotati per negazione (*BioScope*, *SFU Review* e *ConanDoyle-neg*) e riportano risultati soddisfacenti quando *training* e *test set* provengono dallo stesso *corpus* ($87 < F1 < 96$ per entrambe le *task*), ma notevolmente più bassi nel caso contrario ($17 < F1 < 85$ per entrambe le *task*). Al lavoro di Khandelwal e Savant segue quello di Britto e Khandelwal 2020, le cui principali innovazioni sono l'utilizzo di altre architetture a *transformer* (XLNet, Yang et al. 2019, e RoBERTa, Liu et al. 2019) in alternanza con BERT, l'attenzione dedicata anche al problema della speculazione e la fusione dei due *corpus* usati (*BioScope* e *SFU Review*) in fase di addestramento. Gli stessi autori, in Khandelwal e Britto 2020, introducono un'ulteriore sperimentazione consistente nell'addestrare simultaneamente la rete neurale per negazione e speculazione (pur mantenendo separate le fasi di *cue detection* e *scope resolution*) e ottengono risultati confrontabili a un addestramento indipendente.

Architettura utilizzata nel presente *corpus*

Per il presente lavoro, si riprende l'approccio di Khandelwal e Savant 2020 nell'utilizzare gli *embedding* prodotti da BERT per sfruttare le conoscenze già acquisite dal modello. Nello specifico, sono state usate la versione multilingue⁷¹ e una versione italiana⁷² di BERT nell'implementazione di huggingface⁷³ (Wolf et al. 2020).

⁷¹ <https://github.com/google-research/bert/blob/master/multilingual.md>

⁷² <https://github.com/dbmdz/berts/blob/main/README.md>

⁷³ <https://huggingface.co/bert-base-multilingual-cased>, <https://huggingface.co/dbmdz/bert-base-italian-cased>

Sia per la *cue detection* che per la *scope resolution*, gli *embedding* prodotti da BERT sono dati in input a un BiLSTM a N strati, dove N è un parametro stabilito dall'utente; l'output del BiLSTM (un vettore di lunghezza $2 \cdot H$ per ogni *token* del periodo, dove H è un parametro stabilito dall'utente) passa quindi attraverso uno strato di classificazione che vi applica una trasformazione lineare, riducendo la lunghezza del vettore a C, dove C è il numero delle classi. Il vettore risultante è quindi sottoposto a una normalizzazione con una funzione *softmax* e gli elementi del vettore così trasformati sono interpretati come la probabilità di appartenere alle rispettive classi (l'equivalenza elemento-classe viene stabilita sulla base dell'indice dell'elemento all'interno del vettore, cosicché l'elemento di indice 0 rappresenterà la probabilità che il *token* appartenga alla classe 0 e così via). La predizione è data dall'indice corrispondente all'elemento di valore più grande (rappresentante cioè probabilità maggiore).

L'implementazione di tutti i modelli è quella della libreria PyTorch⁷⁴.

Preprocessazione dei dati

L'utilizzo di BERT ha posto due ulteriori restrizioni sul formato dei dati: innanzitutto, si è resa necessaria un'ulteriore tokenizzazione, che ha comportato la suddivisione in *subtoken* di alcuni dei *token* ricevuti in input e l'aggiunta di un *token* speciale all'inizio di ogni sequenza ("[CLS]"); quindi, il fatto che il modello accetti input di lunghezza fissa (512) ha reso necessario aggiungere dei *token* vuoti, detti *padding*, per raggiungere la lunghezza richiesta. Queste operazioni hanno comportato un disallineamento fra il numero dei *token* e il numero di etichette relative a *cue* e *scope*, che è stato risolto propagando l'etichetta del *token* originario a tutti gli eventuali *subtoken*, seguendo Khandelwal e Savant 2020, e aggiungendo un'etichetta fittizia (-100) al *token* di inizio sequenza e ai *token* di *padding*, etichetta che è stata poi ignorata in fase di calcolo della *loss* e delle metriche di precisione, richiamo e F1.

La *cue detection* e la *scope resolution* hanno poi richiesto specifiche fasi di preprocessazione: per la prima, è stato necessario convertire i valori categorici del *cue* (es. B-NEG e O) in numeri (es. 1 e 0), per poter calcolare la *loss*. Inoltre, lo split del *dataset* è stato stratificato, al fine di evitare l'assenza di negazioni o speculazioni in uno dei *set* utilizzati.

⁷⁴ <https://github.com/pytorch/pytorch#readme>

Per la seconda, è stato necessario copiare ogni periodo tante volte quanti erano i *cue* contenitivi, preporre al *token* corrispondente al *cue* una sequenza speciale (es. "token[B-NEG]") per dare al modello la possibilità di comprendere qual era il *cue* nella sequenza, seguendo di nuovo Kandelwal e Savant 2020, e infine trasformare conseguentemente le etichette di *scope* (convertendo cioè le etichette relative al *cue* preso in considerazione in 1 e tutte le altre in 0). Per la *scope resolution*, si fa presente che sono state escluse tutte le sequenze prive di *cue*. Questo ha portato, com'è ovvio, a un'alterazione della frequenza della classe 1: se nel *dataset* originario essa è rispettivamente pari a circa il 7 e 6 % per negazione e speculazione (cfr. sez. 4), dopo la preprocessazione la classe 1 ammonta al 14,49% dei *token* totali per la negazione e al 31,23 % per la speculazione.

Per tutte le task, il *development set* consiste nell'80% dei dati disponibili ed è stato ulteriormente diviso in *training* e *validation set*, seguendo la stessa proporzione (80 vs. 20%).

Cue detection: negazione

Come precedentemente osservato, i *cue* negativi costituiscono un'esigua minoranza dei *token* totali (0,96%), cosicché la distribuzione delle classi è estremamente sbilanciata. Effettivamente, il primo modello addestrato, che prevedeva il congelamento dei pesi di BERT (nella versione multilingue), classificava tutti i *token* come classe 0 (non-*cue*). Inizialmente, si è tentato di risolvere il problema usando una versione pesata della *loss*, di modo che gli errori relativi alla classe 1 generassero una *loss* maggiore (di 100 o 50 volte) rispetto agli altri. Tuttavia, anche questo approccio non ha riportato risultati incoraggianti (vd. tabella 1)⁷⁵.

Tabella 1: performance del modello con *loss* pesata (*cue detection* negazione)

	Precision	Recall	F1
Training set	0,14	0,98	0,25

Si è quindi provato a effettuare il *fine-tuning* di solo parte di BERT (gli ultimi due blocchi di *transformer*) congiuntamente all'utilizzo della *loss* pesata, il che ha considerevolmente migliorato i risultati (vd. tabella 2), senza però arrivare ancora a livelli soddisfacenti.

⁷⁵ I risultati riportati sul *validation set* non sono stati calcolati per la scarsa performance del modello sul *training set*.

Tabella 2: performance del modello con loss pesata e fine-tuning di parte di BERT (cue detection negazione)

	Precision	Recall	F1
Training set	0,26	1	0,42
Validation set	0,24	0,98	0,39

Naturalmente, il passo successivo è stato scongelare l'intero BERT ed effettuare il fine-tuning. Dato l'incremento nel numero di parametri addestrati (dell'ordine di 10^5), che presumibilmente aumentava considerevolmente la capacità di rappresentazione del modello, si è deciso di rimuovere in via provvisoria i pesi dalla *loss* e trattare quindi tutti gli errori come equivalenti. L'incremento della performance è stato significativo (vd. tabella 3) e ha portato alla fine della fase di selezione del modello.

Tabella 3: performance del modello con fine-tuning dell'intero BERT (cue detection negazione)

	Precision	Recall	F1
Training set	0,98	0,98	0,98
Validation set	0,96	0,99	0,98

Il modello così individuato è stato trovato con i seguenti iperparametri⁷⁶:

Iperparametri del modello in tabella 3

Hidden size BiLSTM (H)	Numero strati BiLSTM (N)	Learning rate	Weight decay	Taglia minibatch	Patience	BERT
200	1	0,0001	0,05	50	30	italiano

e ha ottenuto la seguente performance sul *test set*:

Performance del modello in tabella 3 con sul test set

Precision	Recall	F1
0.95	0.99	0.97

Scope resolution: negazione

Nel caso della *scope resolution*, il problema dello sbilanciamento delle classi è molto meno pronunciato (cfr. sezz. 4 e 5).

⁷⁶ La *loss* utilizzata è sempre la *cross entropy* e l'ottimizzatore Adam, nell'implementazione di Pytorch (<https://pytorch.org/docs/stable/generated/torch.nn.CrossEntropyLoss.html>, <https://pytorch.org/docs/stable/generated/torch.optim.Adam.html#torch.optim.Adam>). I pesi sono inizializzati seguendo le opzioni di default di Pytorch.

Per la negazione, come si è visto, la classe 1 costituisce il 14,49% dei *token* totali. Analogamente alla *cue detection*, una prima fase degli esperimenti ha previsto un addestramento solo parziale di BERT (relativamente agli ultimi due blocchi di *transformer*). I migliori risultati ottenuti, riportati nella tabella 4, sono stati incoraggianti.

Tabella 4: performance del modello con fine-tuning di parte di BERT

	Precision	Recall	F1
Training set	0,86	0,83	0,84
Validation set	0,73	0,73	0,73

Visto l'effetto sulla *cue detection*, si è quindi effettuato il *fine-tuning* dell'intero BERT (multilingue e italiano). Prevedibilmente, ciò ha comportato un incremento significativo nelle metriche sia sul *training set*, sia sul *validation set*, a indicare un aumento sia della capacità di rappresentazione sia della capacità di generalizzazione del modello. Il processo di selezione del modello è stato svolto prima euristicamente, modificando cioè a mano gli iperparametri dopo ogni *training* per eliminare valori subottimali, e poi con una *grid search* sui seguenti insiemi di valori:

1. H : {200; 500}
2. N : {1}
3. dropout : {0; 0,01; 0,05}
4. learning rate : {0,0001}
5. weight decay: {0,05; 0,08; 0.1}
6. taglia minibatch: {50; 75}
7. BERT: {'multilingue'; 'italiano'}

Nelle tabelle 5 e ss. sono riportati i risultati ottenuti, con i relativi iperparametri, per alcuni dei modelli così addestrati.

Tabella 5: performance del modello con fine-tuning dell'intero BERT (1)

		Precision	Recall	F1
BERT multilingue	Training set	0.98	0.99	0.98
	Validation set	0.88	0.82	0.85
BERT italiano	Training set	0.97	0.98	0.98
	Validation set	0.91	0.94	0.92

Iperparametri dei modelli in tabella 5

Hidden size BiLSTM (H)	Numero strati BiLSTM (N)	Learning rate	Weight decay	Taglia minibatch	Patience
200	1	0,0001	0,05	75	30

Tabella 6: performance del modello con fine-tuning dell'intero BERT (2)

		Precision	Recall	F1
BERT multilingue	Training set	0.93	0.90	0.91
	Validation set	0.89	0.82	0.85
BERT italiano	Training set	0.98	0.97	0.98
	Validation set	0.95	0.91	0.93

Iperparametri del modello in tabella 6

Hidden size BiLSTM (H)	Numero strati BiLSTM (N)	Learning rate	Weight decay	Taglia minibatch	Patience
200	1	0,0001	0,08	50	30

Tabella 7: performance del modello con fine-tuning dell'intero BERT (3)

		Precision	Recall	F1
BERT multilingue	Training set	0.99	0.98	0.98
	Validation set	0.94	0.82	0.88
BERT italiano	Training set	0.98	0.98	0.98
	Validation set	0.91	0.90	0.90

Iperparametri del modello in tabella 7

Hidden size BiLSTM (H)	Numero strati BiLSTM (N)	Learning rate	Weight decay	Taglia minibatch	Patience
200	1	0,0001	0,1	50	30

Anche dai soli modelli appena riportati, è possibile vedere come il BERT italiano ottenga risultati migliori del BERT multilingue. Nel complesso, infatti, i modelli costruiti col primo ottengono una F1 media di circa 5 punti superiore a quelli costruiti col secondo (0,89 vs. 0,84). Il miglior risultato è stato ottenuto proprio con BERT italiano e la configurazione in tabella 6, che ha riportato i seguenti risultati sul *test set*:

Performance del modello in tabella 6 con BERT italiano sul test set

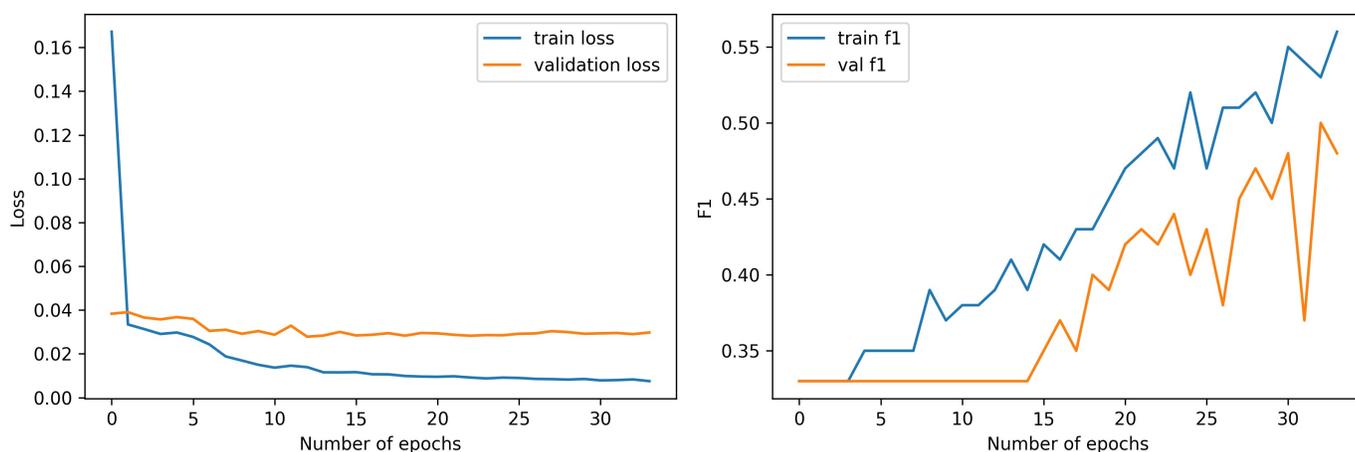
Precision	Recall	F1
0.88	0.88	0.88

Cue detection: speculazione

Per la speculazione, lo sbilanciamento delle classi è ancora più netto che per la negazione: nello specifico, la classe 1 ('B-SPEC') rappresenta lo 0,37% e la classe 2 ('I-SPEC') solo lo 0,11% dei *token* totali.

Nella maggior parte dei casi, in effetti, tutti o quasi i *record* del *validation set* vengono classificati come classe 0, ovvero non appartenenti allo *scope*; anche quando il modello sembra imparare a riconoscere parte della classe 1, fra l'andamento della *loss* e della F1 (macro, ovvero la media delle F1 per ogni classe) emerge una chiara divergenza: selezionare il modello che riporta la minor *loss* sul *validation set* non sembra dunque essere una strategia ottimale per ottenere il miglior modello in termini di F1. Si osservino ad esempio i casi seguenti.

Figura 7: andamento della loss e della F1 per epoch

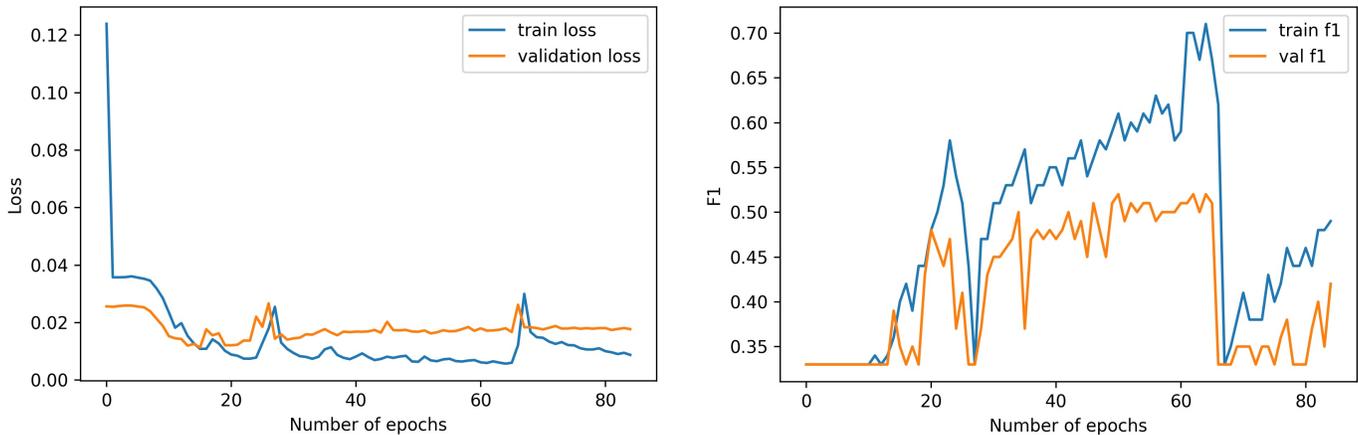


Iperparametri del modello in figura 7

Hidden size BiLSTM (H)	Numero strati BiLSTM (N)	Learning rate	Weight decay	Taglia minibatch	Patience	BERT
500	1	0,0001	0,08	75	20	italiano

Nel caso in figura 7, la minor *loss* sul *validation set* (0,03) viene raggiunta all'*epoch* 12 (con F1 pari a 0,33 e tutti i record classificati come 0), mentre la migliore F1 (0,50) è ottenuta all'*epoch* 32.

Figura 8: andamento della loss e della F1 per epoch



Iperparametri del modello in figura 8

Hidden size BiLSTM (H)	Numero strati BiLSTM (N)	Learning rate	Weight decay	Taglia minibatch	Patience	BERT
200	1	0,0001	0,08	50	20	italiano

Similmente, nel caso in figura 8, la *validation loss* minima (0,01) è raggiunta all'*epoch* 15 e la F1 massima (0,52) all'*epoch* 64. Selezionare il modello dell'*epoch* 15, in questo caso, significa prendere un modello con F1 0,35 sul *validation set*, con quasi 20 punti di distacco, quindi, dal risultato migliore.

La spiegazione di questa divergenza è aritmetica: poiché la *loss* finale di ogni *epoch* è calcolata come la media delle *loss* dei singoli record e poiché i record di classe 0 costituiscono la stragrande maggioranza (come si è visto, più del 99,5%), sono soprattutto questi ultimi a determinare la *loss*. La macro F1, invece, è la media aritmetica delle F1 di ciascuna classe: non prende, quindi, in considerazione il numero di record per ogni classe, ma dà a ciascuna classe la stessa importanza. Di conseguenza, una predizione meno accurata⁷⁷ per la classe 0 che porti a un aumento della F1 della classe 1 e/o 2 viene valorizzata dalla macro F1, ma penalizzata dalla *loss*.

Per questa ragione, il criterio di selezione del miglior modello, per la sola *cue detection* speculativa, è stato la F1. È il modello in figura 8, in effetti, a riportare i migliori risultati (vd. tabella 8).

Tabella 8: performance del modello in figura 8

	Precision (macro)	Recall (macro)	F1 (macro)
Training set	0.91	0.68	0.71

⁷⁷ Si intende con ciò non necessariamente una predizione erranea, ma anche solo una predizione che porti alla stessa classe, ma con minore probabilità.

Validation set	0.59	0.48	0.52
Test set	0.53	0.36	0.37

Come si vede, le metriche rimangono comunque basse.

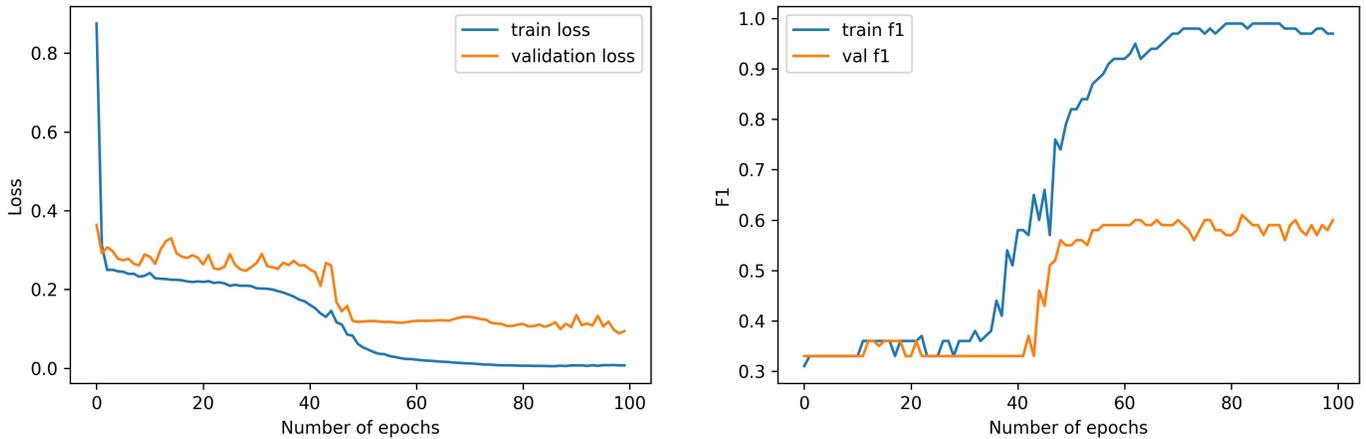
La spiegazione più immediata è che l'estrema scarsità di record della classe 1 e 2 non permetta al classificatore di generalizzare al loro riguardo. Questo è particolarmente vero per quanto concerne la classe 2 (cfr. tabella 9). Presumibilmente, ciò è dovuto anche alla natura più eterogenea dei *cue* speculativi rispetto a quelli negativi: innanzitutto, non esiste un solo *cue* speculativo molto più frequente degli altri (come avviene per la negazione nel caso di *non*, cfr. *supra*); in secondo luogo, i *cue* speculativi, anche quando rappresentati dallo stesso *token*, possono occorrere in posizioni differenti all'interno del periodo⁷⁸. Entrambi questi fattori incrementano l'eterogeneità interna delle classi 1 e 2, cosicché è plausibile che queste classi costituiscano dei gruppi con similarità interna troppo bassa (ed eventualmente similarità inter-classe troppo alta) perché il classificatore possa astrarre, dai pochi dati disponibili, una affidabile equazione predittiva. Per queste ragioni, la soluzione più semplice sarebbe quella di ampliare la base di dati.

Tabella 9: performance del modello in figura 8 per classe

		Training set	# token	Validation set	# token
Classe 0	Precision	1,00	32724	1,00	7832
	Recall	1,00		1,00	
	F1	1,00		1,00	
Classe 1	Precision	0,74	121	0,78	32
	Recall	0,83		0,44	
	F1	0,78		0,56	
Classe 2	Precision	1,00	37	0,00	14
	Recall	0,22		0,00	
	F1	0,36		0,00	

⁷⁸ Ad esempio, "penso" può essere posizionato a inizio frase (*Penso se ne sia andato*), alla fine (*Se n'è andato, penso*), o ancora in mezzo (*Se n'è - penso - andato*).

Figura 9: andamento della loss e della F1 per epoch



Per studiare l'effetto dello sbilanciamento delle classi sulla performance del modello, si è anche tentato di effettuare un *undersampling* (sotto-campionamento) del *dataset*, addestrando cioè il modello solo sui periodi contenenti uno o più *cue* speculativi. Il *dataset* così ricostituito è composto dal 2,31% da *token* di classe 1, 0,68% da *token* di classe 2 e per il restante 97% da *token* di classe 0. Di seguito la performance del modello.

Tabella 10: performance del modello in figura 9

	Precision (macro)	Recall (macro)	F1 (macro)
Training set	0.99	0.98	0.99
Validation set	0.61	0.60	0.61

Iperparametri del modello in figura 9

Hidden size BiLSTM (H)	Numero strati BiLSTM (N)	Learning rate	Weight decay	Taglia minibatch	Patience	BERT
500	1	0,0001	0,08	75	30	multilingue

Come è evidente dalle curve di apprendimento e dai risultati riportati in tabella 10, le metriche di valutazione del modello aumentano considerevolmente con l'*undersampling*, sia sul

training set, sia sul *validation set*. Che la performance su quest'ultimo si mantenga bassa è dovuto prevalentemente alla classe 2, rappresentata però da soli 5 *token* (cfr. tabella 11): è plausibile che la scarsa numerosità del campione lo renda poco rappresentativo dell'intera popolazione, specie se questa, come è stato ipotizzato, è particolarmente eterogenea. Naturalmente, un discorso simile vale anche per il *training set*: l'eterogeneità della classe 2 potrebbe far sì che i *token* presenti nel *training set* non siano sufficienti a permettere al modello di riconoscere la o le specifiche sottoclassi istanziate dai *token* del *validation set*.

Come nota a margine, si osserva che l'andamento della F1 e della *loss* è molto più armonico nel *dataset* sottocampionato che nel *dataset* originario (in particolare, si veda come a un'importante diminuzione della *loss*, fra le *epoch* 40 e 60, corrisponda un altrettanto importante incremento della F1), a conferma della spiegazione data sopra per la loro divergenza.

In conclusione, l'*undersampling* sembra effettivamente aiutare il modello, ma non è sufficiente a colmare il vuoto rappresentativo dato dalla scarsità di dati relativi alle due classi minoritarie, e in particolare alla classe 2.

Tabella 11: performance del modello in figura 3 per classe

		Training set	# token	Validation set	# token
Classe 0	Precision	1,00	5242	0,99	1146
	Recall	1,00		1,00	
	F1	1,00		0,99	
Classe 1	Precision	0,98	127	0,85	29
	Recall	1,00		0,79	
	F1	0,99		0,82	
Classe 2	Precision	1,00	39	0,00	5
	Recall	0,95		0,00	
	F1	0,97		0,00	

Scope resolution: speculazione

Come anticipato, anche per la speculazione il problema di classificazione della *scope resolution* è meno sbilanciato che nella *cue detection*: nello specifico, sono nella classe 1 il

31,23% dei token. Come si vede, la frequenza della classe 1 è superiore anche rispetto alla *scope resolution* nella negazione.

La fase di selezione del modello si è svolta analogamente a quanto riportato per la negazione. Nelle tabelle seguenti sono riportati, a titolo esemplificativo, i risultati ottenuti con alcuni dei modelli addestrati. Come nel caso della negazione, i modelli costruiti con BERT italiano riportano una F1 media superiore: 0,70 vs. 0,65.

Tabella 12: modello per speculation scope resolution

		Precision	Recall	F1
BERT multilingue	Training set	0.78	0.72	0.75
	Validation set	0.73	0.66	0.69
BERT italiano	Training set	0.94	0.87	0.91
	Validation set	0.64	0.82	0.72

Iperparametri del modello in tabella 12

Hidden size BiLSTM (H)	Numero strati BiLSTM (N)	Learning rate	Weight decay	Taglia minibatch	Patience	Dropout
200	1	0,0001	0,05	50	30	0,05

Tabella 13: modello per speculation scope resolution

		Precision	Recall	F1
BERT multilingue	Training set	0.70	0.67	0.69
	Validation set	0.69	0.50	0.58
BERT italiano	Training set	0.92	0.89	0.90
	Validation set	0.73	0.70	0.71

Iperparametri del modello in tabella 13

Hidden size BiLSTM (H)	Numero strati BiLSTM (N)	Learning rate	Weight decay	Taglia minibatch	Patience	Dropout
200	1	0,0001	0,08	50	30	0,05

Tabella 14: modello per speculation scope resolution

		Precision	Recall	F1
BERT multilingue	Training set	0.98	0.68	0.80
	Validation set	0.64	0.71	0.67
BERT italiano	Training set	0.84	0.79	0.81
	Validation set	0.73	0.75	0.74

Iperparametri del modello in tabella 14

Hidden size BiLSTM (H)	Numero strati BiLSTM (N)	Learning rate	Weight decay	Taglia minibatch	Patience	Dropout
200	1	0,0001	0,1	50	30	0,05

Come si vede, a una distribuzione apparentemente più semplice da predire non corrispondono risultati proporzionalmente migliori: i diversi modelli sperimentati non riportano, all'*epoch* con *loss* minore sul *validation set*, una F1 maggiore di 0,74⁷⁹, con uno stacco, quindi, di circa 20 punti dal caso della negazione. Il modello che riporta il risultato migliore (in tabella 14, con BERT italiano) mantiene una performance equivalente anche sul *test set*:

Performance del modello in tabella 14 con BERT italiano sul test set

Precision	Recall	F1
0.73	0.74	0.73

Il calo delle metriche rispetto alla negazione può essere ricondotto a due fattori: da una parte, un *training set* più ridotto (5.699 vs. 16.054 token); dall'altra, la posizione più mobile dei *cue* speculativi, unitamente alla loro eterogeneità e relativa scarsità, che potrebbe rendere più difficile per il modello trovare delle regolarità utili alla risoluzione dello *scope*.

Si ipotizza, cioè, che nel caso degli *scope* speculativi la classe 1 sia più eterogenea che per gli *scope* negativi e che ciò, insieme alla relativa scarsità di record, faccia sì che non sussistano abbastanza esempi per ciascuna sottoclasse perché la rete possa elaborare un'adeguata equazione predittiva.

In considerazione di ciò, la soluzione più immediata sarebbe, analogamente al caso della *cue detection*, ampliare la base di dati.

⁷⁹ In realtà, alcuni modelli riescono a superare una F1 di 0,74. Tuttavia, la *validation loss* raggiunge un minimo in un'altra *epoch*, similmente a quanto accade per la *speculation cue detection*, cosicché la F1 del modello selezionato è più bassa.

6. Conclusioni

Come parzialmente anticipato nell'introduzione, nel corso del presente elaborato sono state affrontate diverse aree di ricerca: l'elaborazione di un quadro concettuale rigoroso per quanto riguarda la definizione di negazione e speculazione; la redazione di linee guida esaustive, chiare e coerenti con il suddetto quadro concettuale; la creazione di un *corpus* di apprendimento e, infine, l'addestramento di modelli per l'elaborazione automatica dei suddetti fenomeni linguistici.

Il contributo offerto in questa sede costituisce, a mio giudizio, un buon punto di partenza sia da un punto di vista metodologico sia da un punto di vista contenutistico. Per quanto riguarda il primo aspetto, è stata evidenziata infatti la necessità di analizzare *in primis* i concetti da annotare (negazione e speculazione, cue e portata), per produrre delle linee guida chiare e un'annotazione di valore. Circa il secondo, il lavoro presenta il primo *corpus* in lingua italiana annotato per negazione e speculazione e i primi modelli di elaborazione automatica di questi fenomeni in italiano, con risultati particolarmente buoni per la negazione.

È evidente, tuttavia, che ciascuna delle aree toccate potrebbe essere ulteriormente esplorata. Alcuni dei possibili sviluppi sono:

- un approfondimento delle linee guida per l'annotazione della portata negativa: nello specifico, è possibile dare indicazioni più precise per le subordinate?
- un approfondimento delle linee guida per l'annotazione della portata speculativa: è possibile restringere la portata a solo alcune componenti del periodo anche nel caso di *cue* speculativi non usati attributivamente, analogamente a quanto avviene per la negazione?
- un'estensione del *corpus*, necessaria, come si è visto, soprattutto per quanto riguarda la speculazione⁸⁰;
- l'annotazione del *corpus* da parte di altri annotatori, per calcolare l'*inter-annotator agreement*;

⁸⁰ Nella sezione 2, si è accennato anche alla possibilità di annotare altri tipi di negazione oltre a quelli qui considerati. Per quanto questo sviluppo sia senz'altro possibile, e per alcuni ambiti utile, si crede però che anche prendere in considerazione la sola negazione sintattica sia sufficiente a produrre uno strumento funzionale in alcune aree. Si pensi ad esempio all'analisi computazionale della storia di un concetto (per cui vd. ad es. Gavin *et al.* 2019), che, in parole povere, prevede lo studio delle associazioni fra parole sulla base dei dati contenuti in un *corpus*. In questo ambito, la negazione affissale e lessicale sarebbero trascurabili, dal momento che si manifestano direttamente nell'unità-parola; prendere in considerazione la negazione sintattica, invece, sembra fondamentale, dal momento che un'associazione (reputata significativa) fra due parole A e B porterà a conclusioni piuttosto diverse, rispetto alla storia dell'uno o dell'altro concetto, a seconda che i termini siano entrambi positivi o che almeno uno di essi sia negato.

- l'inclusione delle marche sintattiche ottenute con DiaParser nella *task* di risoluzione dello *scope*.

La natura eterogenea di questo lavoro, che attraversa branche della linguistica e dell'informatica, ma tocca anche quello spazio puramente logico-concettuale che assegniamo solitamente alle discipline filosofiche, è stata motivata dalla convinzione che l'azione non debba mai prescindere dalla riflessione: ogni azione presuppone e realizza al tempo stesso dei giudizi, propri o altrui, e questi giudizi meritano di essere portati alla luce e vagliati criticamente, per garantire al minimo la consapevolezza del significato del proprio operato e, idealmente, anche un'eventuale revisione degli stessi.

Nel corso dell'elaborato, si è tentato di mettere in luce come buona parte dei lavori precedenti peccasse proprio sotto questo rispetto, dalle definizioni imprecise o sottaciute di *scope* a quella, discutibile, di speculazione. Con questo non si vuole intendere che questi problemi non sussistano, o siano stati risolti, in questa sede: essi sono stati però affrontati e delineati, auspicabilmente, in modo limpido, nella speranza di dare una scossa al terreno di gioco e spingere gli addetti ai lavori a tenerli in debita considerazione.

Se è dunque necessario individuare in qualche parte del presente contributo uno spirito 'informatico-umanistico', lo rintraccerei qui, in questa sintesi di dubbio e azione, domande e risoluzione, elucubrazione e pragmatismo. Nella convinzione che leggere e pensare non sono attività sterili e programmare e implementare non sono attività aride, ma le prime hanno bisogno delle seconde per mettersi alla prova e le seconde delle prime per potersi (ri)pensare.

7. Bibliografia

Altuna, Begona, *et al.* 2017. *The Scope and Focus of Negation: A Complete Annotation Framework for Italian*. In: Blanco, Eduardo, *et al.* *Proceedings of the Workshop Computational Semantics Beyond Events and Roles (SemBEaR)*.

Attardi, Giuseppe, *et al.* 2015. *Detecting the scope of negations in clinical notes*. In: Bosco, Cristina, *et al.* *Proceedings of the Second Italian Conference on Computational Linguistics CLIC-IT 2015*.

Attardi, Giuseppe, *et al.* 2021. *DiaParser attentive dependency parser*. In corso di pubblicazione.

Ballarè, Silvia. 2019. *La negazione di frase: forme e funzioni*. Tesi di dottorato, Università di Bergamo e Università di Pavia. https://aisberg.unibg.it/retrieve/handle/10446/128635/272373/TDUnibg_Ballarè-Silvia.pdf

Ballesteros, Miguel, *et al.* 2012. *UCM-2: a Rule-Based Approach to Infer the Scope of Negation via Dependency Parsing*. In: Agirre, Eneko, *et al.* (editors). **SEM 2012: The First Joint Conference on Lexical and Computational Semantics*.

Banjade, Rajendra, e Vasile Rus. 2016. *DT-Neg: Tutorial Dialogues Annotated for Negation Scope and Focus in Context*. In: Calzolari, Nicoletta, *et al.* (editors). *Proceedings of the Tenth International Conference on Language Resources and Evaluation*.

Bernini, Giuliano. 1992. *Forme concorrenti di negazione in italiano*. In: *Atti del XXV congresso internazionale di studi della Società di linguistica italiana*.

Bernini, Giuliano. 2011. *Negazione*. In: *Enciclopedia dell'italiano, vol. II*. Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana. [https://www.treccani.it/enciclopedia/negazione_\(Enciclopedia-dell%27Italiano\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/negazione_(Enciclopedia-dell%27Italiano)/)

Blanco, Eduardo, e Dan Moldovan. 2011. *Semantic Representation of Negation Using Focus Detection*. In: *Proceedings of the 49th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*.

Bond, Oliver. 2013. *A base for canonical negation*. In: Corbett, Greville (a cura di). *Canonical morphology and syntax*. Oxford, Oxford University Press, pp. 20-47.

Boye, Kasper. 2012. *Epistemic Meaning. A Crosslinguistic and Functional-Cognitive Study*. Berlin - Boston, De Gruyter.

Boye, Kasper. 2016. *The Expression of Epistemic Modality*. In: Nuyts, Jan, e Johan van der Auwera (edited by). *The Oxford Handbook of Modality and Mood*. Oxford, Oxford University Press, pp. 117-140.

Britto, Benita Kathleen, e Aditya Khandelwal. 2020. *Resolving the Scope of Speculation and Negation using Transformer-Based Architectures*. <https://arxiv.org/abs/2001.02885>

Chapman, Wendy W, et al. 2001. *A Simple Algorithm for Identifying Negated Findings and Diseases in Discharge Summaries*. "Journal of Biomedical Informatics", 34, pp. 301-310.

Chen, Long. 2019. *Attention-based Deep Learning System for Negation and Assertion Detection in Clinical Notes*. "International Journal of Artificial Intelligence and Applications (IJAIA)", 10.

Conte, Maria-Elisabeth. 1995. *Epistemico, deontico, anankastico*. In: A. Giacalone Ramat e G. Crocco-Galèas (a cura di). *Dalla pragmatica alla sintassi. Modalità e modi nell'acquisizione di seconde lingue*. Tübingen: Gunter Narr, pp. 309-316.

Councill, Isaac G., et al. 2010. *What's Great and What's Not: Learning to Classify the Scope of Negation for Improved Sentiment Analysis*. In: Morante, Roser, e Caroline Sporleder (editors). *Proceedings of the Workshop on Negation and Speculation in Natural Language Processing*.

Cruz, Noa P., et al. 2016. *A Machine Learning Approach to Negation and Speculation Detection for Sentiment Analysis*. "Journal of the Association for Information Science and Technology", 67, pp. 2118-2136.

De Santis, Cristiana. 2011. *Modalità*. In: *Enciclopedia dell'italiano, vol. II*. Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana. [https://www.treccani.it/enciclopedia/modalita_\(Enciclopedia-dell%27Italiano\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/modalita_(Enciclopedia-dell%27Italiano)/)

Devlin, Jacob, et al. 2019. *BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding*. In: *Proceedings of NAACL-HLT 2019*, pp. 4171–4186

Fancellu, Federico, et al. 2016. *Neural Networks For Negation Scope Detection*. In: Erk, Katrin, e Noah A. Smith (editors). *Proceedings of the 54th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*.

Farkas, Richárd, *et al.* 2010. *The CoNLL-2010 Shared Task: Learning to Detect Hedges and their Scope in Natural Language Text*. In: Farkas, Richárd, *et al.* *Proceedings of the Fourteenth Conference on Computational Natural Language Learning: Shared Task*.

Gautam, Dipesh, *et al.* 2018. *Long Short Term Memory based Models for Negation Handling in Tutorial Dialogues*. In: Brawner, Keith, e Vasile Rus (edited by). *Proceedings of the Thirty-First International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference, FLAIRS 2018*.

Gavin, Michael, *et al.* 2019. *Spaces of Meaning: Conceptual History, Vector Semantics, and Close Reading*. In: Gold, Matthew K., e Lauren F. Klein (editors). *Debates in the Digital Humanities 2019*. Minneapolis - London: University of Minnesota Press, pp. 243-267.

Givón, T. 1982. *Evidentiality and Epistemic Space*. "Studies in Language", 6, pp. 23-49.

Horn, Laurence R. 1989. *A natural history of negation*. Chicago, University of Chicago Press.

Hossain, Md Mosharaf, *et al.* 2020. *Predicting the Focus of Negation: Model and Error Analysis*. In: Jurafsky, Dan, *et al.* (editors). *Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*.

Huang, Yang, e Henry J. Lowe. 2007. *A Novel Hybrid Approach to Automated Negation Detection in Clinical Radiology Reports*. "Journal of the American Medical Informatics Association", 14, pp. 304-311.

Jiménez-Zafra, *et al.* 2019. *Corpora Annotated with Negation: An Overview*. "Computational Linguistics", 46, pp. 1-52.

Khandelwal, Aditya e Benita Kathleen Britto. 2020. *Multitask Learning of Negation and Speculation using Transformers*. In: Holderness, Eben, *et al.* *Proceedings of the 11th International Workshop on Health Text Mining and Information Analysis*.

Khandelwal, Aditya, e Suraj Sawant. 2020. *NegBERT: A Transfer Learning Approach for Negation Detection and Scope Resolution*. In: Calzolari, Nicoletta, *et al.* *Proceedings of the 12th Language Resources and Evaluation Conference*.

Kim, Jin-Dong, *et al.* 2008. *Corpus annotation for mining biomedical events from literature*. "BMC Bioinformatics", 9.

Kolkhatkar, Varada, *et al.* 2019. *The SFU Opinion and Comments Corpus: A Corpus for the Analysis of Online News Comments*. "Corpus Pragmatics", 4, pp. 155-190.

Konstantinova, Natalia, *et al.* 2012. *A review corpus annotated for negation, speculation and their scope*. In: Calzolari, Nicoletta, *et al.* (editors). *Proceedings of the Eight International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'12)*.

Konstantinova, Natalia, e Sheila C.M. de Sousa. 2011. *Annotating Negation and Speculation: the Case of the Review Domain*. In: Temnikova, Irina, *et al.* (editors). *Proceedings of the Student Research Workshop associated with RANLP 2011*.

Konstantinova, Natalia, e Sheila C.M. de Sousa. 2012. *Annotating Negation and Speculation: Annotation Guidelines*. http://www.sfu.ca/%7Eemtaboada/docs/research/SFU_Review_Corpus_Negation_Speculation.zip (il file è nella cartella).

Lambrech, Knud. 1994. *Information structure and sentence form*. Cambridge, Cambridge University Press.

Lapponi, Emanuele, *et al.* 2012. *UiO₂: Sequence-Labeling Negation Using Dependency Features*. In: Agirre, Eneko, *et al.* (editors). **SEM 2012: The First Joint Conference on Lexical and Computational Semantics*.

Lazib, Lydia, *et al.* 2016. *Negation Scope Detection with Recurrent Neural Networks Models in Review Texts*. In: Che W., *et al.* (eds). *Social Computing. ICYCSEE 2016. Communications in Computer and Information Science, vol. 623*. Singapore: Springer.

Light, Marc, *et al.* 2004. *The Language of Bioscience: Facts, Speculations, and Statements in Between*. In: *HLT-NAACL 2004 Workshop: Linking Biological Literature, Ontologies and Databases*. Boston, Association for Computational Linguistics.

Liu, Yinhan, *et al.* 2019. *RoBERTa: A Robustly Optimized BERT Pretraining Approach*. Preprint. <https://arxiv.org/abs/1907.11692>

Lyons, John. 1977. *Semantics, vol. 2*. Cambridge, Cambridge University Press.

Manzotti, Emilio, e Alessandra Rigamonti. 1991. *La negazione*. In: Renzi, Lorenzo, *et al.* *Grande grammatica italiana di consultazione, vol. II*. Bologna, Il Mulino, pp. 245-317.

Medlock, Ben, e Ted Briscoe. 2007. *Weakly Supervised Learning for Hedge Classification in Scientific Literature*. In: Zaenen, Annie, e Antal van den Bosch (editors). *Proceedings of the 45th Annual Meeting of the Association of Computational Linguistics*.

Mehrabi, Saees, et al. 2015. *DEEPEN: A negation detection system for clinical text incorporating dependency relation into NegEx*. Author manuscript. https://www.researchgate.net/publication/273640927_DEEPEN_A_negation_detection_system_for_clinical_text_incorporating_dependency_relation_into_NegEx

Morante, Roser e Eduardo Blanco. 2020. *Recent advances in processing negation*. "Natural Language Engineering", 27, pp. 121-130.

Morante, Roser, e Walter Daelemans. 2009. *A metalearning approach to processing the scope of negation*. In: Stevenson, Suzanne, e Xavier Carreras. *Proceedings of the Thirteenth Conference on Computational Natural Language Learning (CoNLL-2009)*.

Morante, Roser, e Walter Daelemans. 2012. *ConanDoyle-neg: Annotation of negation in Conan Doyle stories*. In: Calzolari, Nicoletta, et al. *Proceedings of the Eighth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'12)*.

Morante, Roser, et al. 2008. *Learning the Scope of Negation in Biomedical Texts*. In: Lapata, Mirella, e Hwee Tou Ng. *Proceedings of the 2008 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*.

Morante, Roser, et al. 2011. *Annotation of negation cues and their scope - Guidelines v1.0*. "CLiPS Technical Report Series", 3.

Mutalik, Pradeep G., et al. 2001. *Use of General-purpose Negation Detection to Augment Concept Indexing of Medical Documents: A Quantitative Study Using the UMLS*. "Journal of the American Medical Informatics Association", 8, pp. 598-609.

Nuyts, Jan. 2001. *Epistemic Modality, Language, and Conceptualization*. Amsterdam - Philadelphia, John Benjamins Publishing Company.

Nuyts, Jan. 2016. *Analyses of the Modal Meanings*. In: Nuyts, Jan, e Johan van der Auwera (edited by). *The Oxford Handbook of Modality and Mood*. Oxford, Oxford University Press, pp. 31-49.

- Peng, Yifan, et al. 2017. *NegBio: a high-performance tool for negation and uncertainty detection in radiology reports*. In: *AMIA Joint Summits on Translational Science proceedings*, pp. 188-196.
- Pietrandrea, Paola. 2004. *L'articolazione semantica del dominio epistemico dell'italiano*. "Lingue e Linguaggio", 2, pp.171-206.
- Pietrandrea, Paola. 2005. *Epistemic Modality. Functional Properties and the Italian System*. Amsterdam - Philadelphia, John Benjamins Publishing Company.
- Prandi, Michele, e Cristiana De Santis. 2019. *Le regole e le scelte. Manuale di linguistica e di grammatica italiana*. Torino, UTET.
- Prandi, Michele. 2004. *The Building Blocks of Meaning*. Amsterdam - Philadelphia, John Benjamins Publishing Company.
- Prandi, Michele. 2011. *Subordinate, frasi*. In: *Enciclopedia dell'italiano, vol. II*. Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana. [https://www.treccani.it/enciclopedia/frasi-subordinate_\(Enciclopedia-dell%27Italiano\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/frasi-subordinate_(Enciclopedia-dell%27Italiano)/)
- Pullum, Geoffrey K., e Rodney Huddleston. 2002. *Negation*. In: Huddleston, Rodney, e Geoffrey K. Pullum. *The Cambridge Grammar of the English Language*. Cambridge, Cambridge University Press, pp. 785-849.
- Pyysalo, Sampo et al. 2007. *BioInfer: a corpus for information extraction in the biomedical domain*. "BMC Bioinformatics", 8.
- Qian, Zhong, et al. 2016. *Speculation and Negation Scope Detection via Convolutional Neural Networks*. In: Su, Jian, et al. (editors). *Proceedings of the 2016 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*.
- Rubin, Victoria. 2006. *Identifying Certainty in Texts*. PhD diss., Syracuse University. https://www.researchgate.net/publication/281113060_Identifying_Certainty_in_Texts
- Rubin, Victoria. 2010. *Epistemic modality: From uncertainty to certainty in the context of information seeking as interactions with texts*. "Information Processing and Management", 46, pp. 533-540.
- Sanchez-Graillet, Olivia, e Massimo Poesio. 2007. *Negation of protein-protein interactions: analysis and extraction*. "Bioinformatics", 23, pp. i424-i432.

Sarabi, Zahra, e Eduardo Blanco. 2019. *Identifying the Focus of Negation Using Discourse Structure*. In: Roman, Barták, e Keith Brawner (edited by). *Proceedings of the Thirty-Second International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference*.

Sauri, Roser, e James Pustejovsky. 2009. *FactBank: a corpus annotated with event factuality*. "Lang Resources & Evaluation", 43, pp. 227-268.

Sohn, S., et al. 2012. *Dependency parser-based negation detection in clinical narratives*. In: *AMIA Joint Summits on Translational Science proceedings*, pp. 1-8.

Speranza, Maria Grazia. 2009. *The named entity recognition task at evalita 2007*. In: *Poster and Workshop Proceedings of the 11th Conference of the Italian Association for Artificial Intelligence*.

Squartini, Mario. 2016. *Interactions between Modality and Other Semantic Categories*. In: Nuyts, Jan, e Johan van der Auwera (edited by). *The Oxford Handbook of Modality and Mood*. Oxford, Oxford University Press, pp. 50-67.

Szarvas, György. 2008. *Hedge classification in biomedical texts with a weakly supervised selection of keywords*. In: Moore, Johanna D., et al. (editors). *Proceedings of ACL-08: HLT*.

Taylor, Stuart J., e Sanda M. Harabagiu. 2018. *The Role of a Deep-Learning Method for Negation Detection in Patient Cohort Identification from Electroencephalography Reports*. In: *AMIA Annual Symposium proceedings*, pp. 1018-1027.

Vincze, Veronica, et al. 2008. *The BioScope corpus: biomedical texts annotated for uncertainty, negation and their scopes*. "BMC Bioinformatics", 9 (suppl 11).

Wolf, Thomas, et al. 2020. *Transformers: State-of-the-Art Natural Language Processing*. In: Liu, Qun, e David Schlangen (editors). *Proceedings of the 2020 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing: System Demonstrations*.

Yang, Zhilin, et al. 2019. *XLNet: Generalized autoregressive pretraining for language understanding*. In: Wallach, H., et al. *Advances in Neural Information Processing Systems 32 (NeurIPS 2019)*.

Zhu, Yukun, et al. 2015. *Aligning books and movies: Towards story-like visual explanations by watching movies and reading books*. In: *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision*, pp. 19–27.

de Albornoz, Jorge Carrillo, *et al.* 2012. *UCM-I: A Rule-based Syntactic Approach for Resolving the Scope of Negation*. In: Agirre, Eneko, *et al.* (editors). **SEM 2012: The First Joint Conference on Lexical and Computational Semantics*.

van der Auwera, Johan, e Alfonso Zamorano Aguilar. 2016. *The History of Modality and Mood*. In: Nuyts, Jan, e Johan van der Auwera (edited by). *The Oxford Handbook of Modality and Mood*. Oxford, Oxford University Press, pp. 9-27.

van der Auwera, Johan, e Lauren Van Alsenoy. 2016. *On the typology of negative concord*. "Studies in Language", 40, pp. 473-512.

Özgür, Arzucan, e Dragomir R. Radev. 2009. *Detecting Speculations and their Scopes in Scientific Text*. In: Koehn, Philipp, e Rada Mihalcea. *Proceedings of the 2009 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*.