



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI BARI
ALDO MORO



DIPARTIMENTO
DI INFORMATICA

Dottorato di Ricerca in Informatica e Matematica XXX Ciclo

Progetto di Ricerca

Dottorando: Dott. Andrea Pazienza

Tutor: Prof. Stefano Ferilli

Coordinatore:

Prof. Donato Malerba

Firma del dottorando

Firma del tutor

1. Titolo della ricerca

Argumentation and Argument Based Machine Learning in First Order Logic

2. Area nella quale si inquadra la ricerca

Apprendimento Automatico e Data Mining

3. Obiettivi della ricerca

L'obiettivo della ricerca, che si pone nell'ambito del *MultiStrategy Learning* (MSL) [6], è centrato sullo studio di tecniche e metodi di progettazione, analisi e gestione dell'inferenza per argomentazione e nel suo uso in problemi di apprendimento automatico. Si intende lavorare su argomentazioni formali, con particolare riferimento alla logica del prim'ordine e al paradigma della Programmazione Logica Induttiva (ILP).

Tale obiettivo mira a creare modelli che siano in grado di spiegare esempi di apprendimento in termini di argomenti che li giustifichino. Il suo conseguimento implica, fra l'altro, l'individuazione di opportune rappresentazioni degli argomenti a favore o contro gli esempi e lo studio di come gli algoritmi di apprendimento potrebbero migliorare in termini di prestazioni e accuratezza attraverso l'uso di argomenti (ad esempio scremando gli esempi e selezionando solo quelli con argomenti accettabili).

A tale scopo è necessario porsi il problema di come costruire automaticamente il grafo orientato degli argomenti in conflitto in un contesto, ad esempio a partire da frasi scritte in linguaggio naturale e di come migliorare la qualità dell'argomentazione tramite meccanismi più complessi di quelli attualmente disponibili in letteratura, al fine di inferire quali siano gli elementi più affidabili su cui basare le inferenze successive (quali, appunto, l'induzione di un modello per quel contesto).

L'approccio risultante dalla cooperazione di tali tecniche sarà applicato a domini reali, quali l'elaborazione di dati sociali e l'elaborazione di documenti, aspirando a gestire anche contesti complessi come quelli che prevedano la presenza di Big Data oppure la gestione di documenti e biblioteche elettroniche.

Proprio l'applicazione a domini reali pone particolare accento sulla necessità di individuare, ove possibile, approcci incrementali alle varie tecniche, che consentano di gestire le situazioni di conoscenza parziale e mutevolezza tipiche di tali domini.

4. Motivazioni della ricerca

L'argomentazione è un tipo di ragionamento molto diffuso nella vita di tutti i giorni, poiché ci si trova per lo più in situazioni in cui la nostra razionalità si esercita su premesse discutibili, su passaggi controversi e su problemi complessi. Ed è proprio nel quotidiano che si è costantemente bombardati da argomentazioni che ci propinano informazioni talvolta contraddittorie tra loro, minate da ambiguità, generalizzazioni improprie, argomenti non pertinenti. Tutto ciò rende difficile il compito di analizzare ed organizzare mentalmente le informazioni di cui siamo in possesso.

Inoltre, è facile imbattersi in argomentazioni che fanno leva sulle emozioni per offuscare le capacità di giudizio degli ascoltatori. È oltremodo opportuno tenere in considerazione che una gestione non efficace delle informazioni può portare ad una perdita di esse o ad una errata percezione dei legami fra loro.

Specialmente in alcuni contesti è, invece, di vitale importanza trascendere il piano emozionale, ed affrontare con i mezzi della logica la ricerca della verità. L'adozione di un sistema software basato

sulla programmazione logica, che supporti gli esseri umani nell'individuare le contraddizioni ed i legami validi esistenti tra le affermazioni di un corpus in esame, e supporti la selezione delle conclusioni corrette, è anche stimolante per il fatto di essere un'area ancora poco esplorata nel panorama della ricerca in Intelligenza Artificiale.

Con particolare riferimento all'uso dell'argomentazione in supporto all'apprendimento automatico sarebbe importante realizzare modelli che siano in grado di spiegare esempi in termini di argomenti a favore e/o contro ed utilizzare tali informazioni nell'algoritmo di apprendimento. Ciò comporterebbe indubbiamente vari vantaggi fra cui:

- Le motivazioni (argomenti) impongono vincoli sullo spazio delle ipotesi, riducendo così l'overfitting e guidando gli algoritmi ad ipotesi migliori. Con l'uso delle argomentazioni, la complessità computazionale associata alla ricerca nello spazio delle ipotesi si può ridurre considerevolmente, e permettere una più veloce ed efficiente induzione di teorie.
- La teoria appresa dovrebbe avere senso ed essere leggibile da un esperto, e questo può concretizzarsi anche nel fatto che essa sia coerente con gli argomenti a disposizione. In questo modo, ipotesi altrimenti incomprensibili potrebbero spiegare i dati, sfruttando le argomentazioni come giustificazione, in termini simili a quelli usati dagli esperti.
- L'argomentazione applicata ad un certo esempio di apprendimento consente di spiegarlo come farebbe un esperto basandosi sulla sua conoscenza pregressa. Ciò ridurrebbe il collo di bottiglia legato all'acquisizione di conoscenza che l'esperto deve affrontare quando deve fornire degli esempi per il dominio di interesse.

Inoltre l'ILP può giocare un ruolo fondamentale nell'apprendimento automatico basato su argomentazioni per il fatto di essere particolarmente adatta a gestire problemi in cui gli esempi di apprendimento sono correlati tra loro, con la conseguenza che le descrizioni di vari esempi possono essere correlate fra loro e talvolta contenere porzioni contraddittorie. L'argomentazione può quindi aiutare a dirimere tali situazioni controverse e a gestire quindi tale forma di rumore, particolarmente rilevante in domini reali.

Infine il percorso completo dalle giustificazioni ai fatti dell'esempio potrebbe essere usato per formare la struttura principale delle ipotesi induttive, nel momento in cui una ipotesi in **Argument Based Inductive Logic Programming** (AB-ILP) sarà coerente con gli argomenti se l'albero di dimostrazione dell'esempio di apprendimento conterrà le giustificazioni dei dati argomenti.

5. Stato dell'arte

L'argomentazione è un tipo di ragionamento che consiste nell'inferire, da enunciati che fanno da premessa, un enunciato che costituisce una conclusione. A differenza di quanto avviene nella logica formale, però, le premesse non sono necessariamente vere: sono assunte vere da chi sviluppa il ragionamento e/o da chi ascolta e valuta. Il valore di verità di quanto è affermato nelle premesse dipende dal livello di credenza sia di chi enuncia che di chi ascolta e valuta l'argomentazione.

Probabilmente il lavoro filosofico più importante per lo sviluppo dell'argomentazione è quello di **Stephen Toulmin** [11]. Egli ha dimostrato che il classico ragionamento logico non può catturare tutti gli aspetti del ragionamento argomentativo, poiché non si è quasi mai in grado di possedere informazioni complete relative al problema, quindi è impossibile essere sicuri di tutti i casi eccezionali. Il suo lavoro è più conosciuto per la sua definizione della struttura di argomento astratto: un *argomento* ha una *conclusione* che viene dedotta dai *dati* disponibili, un *warrant* che consente di passare a conclusione, e una possibile *confutazione* (*rebuttal*), che è un nuovo argomento che contraddice l'argomento originale.

Lo studio dell'argomentazione formale è iniziata tra il pensiero critico e il ragionamento pratico dei filosofi [8, 9]. Il *pensiero critico* riguarda l'identificazione di un argomento e la sua valutazione, individuando i punti deboli o mancanti nell'argomento. Il *ragionamento pratico* nell'ambito

dell'argomentazione è un tipo di processo decisionale, in cui gli argomenti vengono utilizzati per determinare la migliore linea di azione in situazioni pratiche, in cui la conoscenza del mondo non è completa. Da ricordare anche che molta ispirazione per la ricerca nell'argomentazione viene dal dominio giuridico [10], dove l'argomento è lo strumento di base che gli avvocati usano negli studi, e la combinazione di tutti gli argomenti porta alla decisione finale.

Dalla filosofia alla pratica ci sono vari aspetti da affrontare. Il primo criterio si ha dal punto di vista della generazione di argomenti. In tal senso l'argomentazione è un approccio promettente usato per il ragionamento su conoscenza incoerente, basato sulla costruzione e il confronto di argomenti. L'argomentazione avviene in tre passi fondamentali:

- 1) costruire argomenti e controargomenti per un'affermazione,
- 2) selezionare gli argomenti accettabili,
- 3) determinare se l'affermazione può essere accettata o no.

L'argomentazione viene utilizzata per fornire una semantica di dimostrazione teorica per la *logica non monotona*. Lo schema di ragionamento non monotono tiene traccia di un insieme di ipotesi che rivede costantemente alla luce delle nuove conoscenze osservate o dedotte [14]. Questo schema dovrebbe essere in grado di:

- aggiornare la base di conoscenza quando viene aggiunto un nuovo fatto o se ne rimuove uno vecchio;
- estendere la base di conoscenza in modo da permettere di fare inferenze sia che la conoscenza sia presente sia che sia assente;
- usare la conoscenza per risolvere conflitti che si generano quando si fanno diverse inferenze non monotone.

L'aspetto pratico di questo tipo di inferenza è emerso nell'area di sistemi multi-agenti dinamici che coinvolge lo sviluppo degli argomenti negli agenti che devono supportare un processo decisionale dipendente dal contesto, oppure negoziare un accordo, o, ancora, instaurare un dialogo portando avanti una interazione che convinca altri agenti della loro posizione [7].

Un'altra prospettiva invece è quella di chi come un arbitro, osservando da fuori, debba decidere in una controversia quali siano gli argomenti più accettabili. In questo caso il primo approccio fondante si deve a **P. M. Dung** [1] con l'introduzione dell'approccio noto come *Abstract Argumentation Framework*. Esso consiste in un insieme di argomenti ordinato da una relazione di attacco su questi argomenti. Questo si può formalizzare come un grafo orientato in cui i vertici rappresentano gli argomenti e gli archi rappresentano l'attacco di un argomento ad un altro. In tal modo è possibile individuare uno stato di giustificazione degli argomenti. Lo stato di giustificazione in un Argumentation Framework (AF) può essere determinato secondo un'opportuna *semantica*, che specifica come derivare da un Argumentation Framework un insieme di estensioni che rappresentano intuitivamente un insieme di argomenti congiuntamente accettabili [2]. Dung ha riassunto l'argomentazione in modo sintetico da un vecchio detto che si riporta testualmente [1]: *"The one who has the last word laughs best"*.

Il lavoro di Dung è stato un importante passo in avanti per tre aspetti: ha fornito una semantica generale ed intuitiva per le nozioni di logica argomentativa (e in generale per la logica non monotona); ha fatto un confronto preciso tra sistemi differenti (traducendoli nella loro versione astratta); e ha fatto uno studio generale delle proprietà formali di sistemi argomentativi: differenze tra sistemi particolari possono essere caratterizzate in termini di alcune nozioni semplici, e risultati formali stabiliti per il framework sono ereditati dalle sue istanze.

Nel campo dell'argomentazione e del *defeasible reasoning* [5] la semantica è un modo per determinare quali argomenti o affermazioni possono essere considerati giustificati. L'Abstract Argumentation Framework si basa sulla nozione di grafo orientato ma astrae ulteriormente il modello basandosi essenzialmente sulla valutazione di una semantica che definisce accettabile un certo argomento: l'intento è quello di capire quale argomento esce non sconfitto dal confronto con

gli altri. Le semantiche basate sul concetto di estensione assegnano un defeat-status in base al risultato della funzione di accettabilità applicata agli argomenti in analisi. Si considerino le seguenti semantiche basate su estensioni proposte da Dung in [1]:

- Una *Complete Extension* di un Argumentation Framework (AF) è quell'insieme S ammissibile tale che tutti gli argomenti che esso difende siano suoi membri.
- Per ogni AF esiste un'unica *Ground Extension* e corrisponde all'insieme di argomenti che soddisfa le condizioni di ammissibilità e che, rispetto alla relazione di inclusione, tra tutti gli ammissibili di AF, risulta essere quello minimale.
- Una *Preferred Extension* di un AF è l'insieme ammissibile che risulta massimale rispetto alla relazione di inclusione, tra tutti gli ammissibili di AF.
- Una *Stable Extension* di un AF è quella estensione completa che attacca tutti gli argomenti esterni ad essa, ossia tutti quelli appartenenti al suo complemento.

Martin Caminada ha proposto in [3] una nuova estensione semantica, chiamata *Semi-Stable*, che è “backward compatibile” alla semantica *Stable*, nel senso che è equivalente alla semantica *Stable* in situazioni dove tale estensione esiste e produce un risultato ragionevole (preferibilmente abbastanza vicino alla *Stable*) in situazioni dove le estensioni *Stable* non esistono; mentre in [4] propone due nuove semantiche che producono sempre esattamente una estensione ammissibile che non abbia gli svantaggi della semantica *Ground*, ovvero le semantiche *Ideal* e *Eager*.

Questi lavori di ricerca hanno fornito le basi per la fondazione della teoria dell'argomentazione computazionale. L'argomentazione è un ramo dell'Intelligenza Artificiale degli ultimi 20 anni, studiata in particolare in settori come la pianificazione, il processo decisionale, il dialogo, l'elaborazione del linguaggio naturale, e i sistemi multi-agente [12]. L'argomentazione è un tipo di ragionamento in cui sono costruiti e valutati argomenti pro e contro per ricavare una conclusione. Questo approccio consente di ragionare con informazioni contraddittorie, che ha reso l'argomentazione particolarmente utile per affrontare la rappresentazione della conoscenza e il ragionamento nei sistemi esperti [13]. La conoscenza è rappresentata da un insieme di regole memorizzate in una base di conoscenza utilizzata da un *argumentation reasoner* per costruire argomenti e giungere a conclusioni. Ogniqualvolta vengono introdotte conoscenze supplementari nella base di conoscenza, non vi è alcuna necessità di cambiare la conoscenza già presente, poiché il reasoner potrà dedurre da solo gli argomenti che possono essere utilizzati (argomenti accettati) per un caso particolare e quelli che non possono essere accettati (argomenti sconfitti).

Un altro approccio all'argomentazione è quello sviluppato da alcuni ricercatori fra cui **Antonis Kakas** e **Francesca Toni** inizialmente per l'introduzione dell'argomentazione nella logica proposizionale e ragionamento non-monotono [14], occupandosi di tracciare un collegamento formale tra l'argomentazione e il ragionamento classico (in forma di Logica Proposizionale) e di collegare ciò a sostegno del ragionamento non-monotono e del defeasible reasoning nell'Intelligenza Artificiale.

Successivamente si trovano ulteriori studi sull'argomentazione con l'introduzione dell'Assumption-Based Argumentation (ABA) [15], che è stata sviluppata come struttura computazionale per riconciliare e generalizzare la maggior parte degli approcci esistenti per il *default reasoning* [17, 18]. Tuttavia, mentre nell'Abstract Argumentation (AA) gli argomenti e gli attacchi tra gli argomenti sono astratti e primitivi, nell'ABA gli argomenti sono deduzioni (con regole di inferenza in una logica di fondo) supportate da *assunzioni*. In questo senso, un argomento attacca un altro se il primo supporta un'affermazione che è in conflitto con qualche assunzione nel secondo argomento, dove i conflitti sono riportati in termini di concetto di *opposto* delle assunzioni.

Infine, si trova una applicazione dell'argomentazione su sistemi multi-agenti in [16] e nell'ambito delle Social Web Application in [19].

L'idea del combinare l'apprendimento automatico e l'argomentazione non è completamente nuova. Comunque, ci sono solo pochi tentativi in questa direzione. Alcuni di questi si sono concentrati sull'uso dell'apprendimento automatico per costruire argomenti che possono essere usati in processi argomentativi, in particolare nel dominio giuridico [28] [29]. Altre idee sull'abbinamento di metodi di apprendimento automatico e argomentazione si trovano in [19] in cui si è sviluppato un approccio dove l'argomentazione viene usata come un metodo per migliorare le performance di reti neurali [20]. Tale metodo viene applicato dopo il termine della fase di apprendimento. **Peter Clark** in [21] ha proposto l'uso di argomenti per vincolare la generalizzazione.

Mentre un primo approccio all'*Argument Based Machine Learning* (ABML) si deve a **Martin Možina** e **Ivan Bratko** in [22] in cui si realizza l'idea di ABML come regola di apprendimento, ovvero come estensione basata su argomenti dell'algoritmo di apprendimento CN2.

L'inferenza argomentativa può diventare quindi un'ulteriore strategia a supporto degli obiettivi che si pone l'area di ricerca dell'apprendimento automatico. La ricerca basata sull'apprendimento automatico mira a creare macchine che imparano dall'esperienza e modificano il loro comportamento in base a quello che hanno imparato, senza bisogno dell'intervento esterno di un programmatore, come invece accade per i programmi tradizionali. **Tom Mitchell** ha fornito una definizione formale dei programmi che apprendono automaticamente [24] :

“Un programma apprende da una certa esperienza E se: nel rispetto di una classe di compiti T, con una misura di prestazione P, la prestazione P misurata nello svolgere il compito T è migliorata dall'esperienza E.”

Elliot Mendelson nei suoi studi in [25] ha definito la logica come strumento formale per analizzare le inferenze in termini di operazioni simboliche, per dedurre conseguenze da un insieme di premesse e per stabilire la coerenza e la validità di una data teoria.

Se come linguaggio utilizzato per rappresentare gli esempi, la conoscenza di base e i concetti del mondo reale che devono essere appresi, si usa un linguaggio logico, il tipo di programmazione prende il nome di *Inductive Logic Programming* (ILP). Il termine è stato usato per la prima volta da **Stephen Muggleton** nel 1991 [26]. Il termine “induttivo” usato nel suo articolo ha più un'accezione filosofica che matematica. Infatti suggerisce l'idea di una “teoria” che sia in grado di spiegare tutti i fatti osservati senza concentrarsi sulle particolari proprietà che un dato concetto debba avere per essere coerente con l'intero insieme di esempi. Grazie alla ILP è possibile definire, in maniera rigorosa, algoritmi completi capaci di costruire teorie generali tramite induzione dagli esempi.

I sistemi di apprendimento imparano una teoria eseguendo una ricerca in quello che prende il nome di Spazio delle Ipotesi, ordinato secondo una relazione di generalità. Lo Spazio delle Ipotesi è l'insieme di tutte le ipotesi che possono essere descritte usando un determinato linguaggio e può essere ridotto usando uno specifico language bias.

Al fine di estrarre informazione da contesti non strutturati, un approccio ritenuto più potente per tale scopo si inquadra nell'utilizzo di rappresentazioni simboliche del primo ordine con strategie di ragionamento multiple [6].

Nella ricerca relativa alla modellazione dei processi di apprendimento capaci di valutare le proprie prestazioni su nuove osservazioni, un approccio si deve a [27], con l'intento di sviluppare nuove metodologie per la revisione di teorie logiche attraverso metodi di apprendimento *incrementale*. Tale caratteristica risulta fondamentale ai fini dell'efficacia ed efficienza del processo di apprendimento in domini in cui si riscontrino la progressiva acquisizione delle osservazioni in diversi momenti successivi, l'esistenza di modelli lacunosi o la presenza di concetti che per loro natura evolvono nel tempo. Risultati teorici hanno stabilito la possibilità, nello spazio di ricerca adottato (a differenza di quelli classici), di definire operatori di raffinamento cosiddetti *ideali*, che consentono la revisione efficiente di teorie logiche apprese in precedenza al fine di ripristinarne la correttezza (intesa come coerenza e completezza rispetto alle osservazioni acquisite).

6. Approccio al problema

Prima di tentare qualsiasi nuovo approccio, si rende indispensabile un'approfondita analisi e comprensione delle tecniche di argomentazione esistenti, al fine di individuare le loro carenze e lacune, pregi e difetti, le loro possibilità di miglioramento e le loro connessioni con l'apprendimento automatico e, in particolare, la possibilità di integrazione con un sistema di apprendimento incrementale per l'induzione di teorie logiche del prim'ordine. Quindi, si prospetta un approccio ad ampio raggio, spaziando su molte prospettive: dall'analisi del dominio in cui utilizzare le argomentazioni, al come creare ed estrarre argomentazioni, come studiarle approfonditamente e a come applicarle per supportare delle decisioni in un determinato dominio, con un approccio multistrategico poiché si intende integrare le tecniche di argomentazione con le tecniche di apprendimento automatico.

Per fare questo sarà necessario, oltre ad una solida preparazione teorica, un insieme di dataset che spazino in diversi contesti per poter ottenere suggerimenti per nuove direzioni di sviluppo e ricerca. L'approccio alla risoluzione dei problemi riguarderà dunque l'estensione dei metodi di apprendimento incrementali del prim'ordine con componenti che risolvano conflitti tra argomenti e componenti che descrivano un'insieme di giustificazioni a favore o contro un esempio di apprendimento.

7. Ricadute applicative

Le ricadute applicative dell'AB-ILP sono da ricercare innanzitutto in domini in cui l'argomentazione è lo strumento di base utilizzato per arrivare ad una decisione finale, ovvero il dominio delle *dispute legali*. Ciò è dovuto dal fatto che i modelli deduttivi e induttivi formali del ragionamento giuridico, ed i risultati, sono lontani dal tipo di ragionamento che è fondamentale per la legge. Si tratta di un ragionamento defettibile, il tipo di ragionamento in cui viene applicata una regola o generalizzazione che è soggetta a deroghe ad un singolo caso, producendo una deduzione plausibile che può fallire in alcuni casi, ma può ancora fornire prove a sostegno di una conclusione.

In particolare, nell'ambito giuridico, l'uso dell'argomentazione può trovare una applicazione nella distinzione delle leggi contraddittorie. Un esempio pratico si ha quando, in un determinato contesto o sezione giuridica, la collezione di una serie di pubblicazioni va a formare un insieme di articoli di un nuovo testo unico che può contenere delle emanazioni in contrasto tra loro.

Un altro dominio reale che potrebbe beneficiare delle tecniche di apprendimento automatico basato su argomentazione è quello del *Automatic Document Processing*, branca dell'Intelligenza Artificiale che si occupa di estrarre informazioni di alto livello dai documenti. Una prima direzione di ricerca in tale ambito può riguardare la *Document Image Analysis*, mirata all'estrazione di informazioni e di conoscenza basate sull'aspetto esteriore dei documenti, ed in particolare il *Document Image Understanding*, ossia lo sviluppo di tecniche per l'individuazione automatica della classe di appartenenza di un documento e del ruolo svolto dalle varie componenti visuali al suo interno.

Una volta compresi il ruolo e la rilevanza di ciascuna delle componenti di un documento, è possibile procedere alla elaborazione del contenuto di quelle più significative. In particolare, molte informazioni che sono espresse sotto forma di testo in linguaggio naturale, possono essere elaborate secondo la tecnica del *Document Understanding*, ossia alla categorizzazione del documento in base al testo contenuto nelle aree precedentemente identificate, e alla estrazione di informazione significativa per tale categoria. In questo modo le tecniche di argomentazione possono venire in contro per definire anche l'aspetto filologico delle informazioni estratte, oltre alle classiche informazioni estrapolate dal testo.

Sebbene in genere l'estrazione di informazione non pone alcun problema perché la maggior parte

dei documenti è costituita da un flusso lineare di testo, in altri casi il layout del documento è abbastanza complesso, e ciò richiede delle strategie adatte a determinare l'esatto ordine di lettura delle componenti del documento. Quindi, viene fuori un terzo aspetto dell'analisi documentale, ovvero quello della *Layout Analysis*, che consiste nel processo di organizzazione concettuale che mira ad identificare i singoli blocchi di un documento e a determinare le relazioni geometriche tra i blocchi. Perciò il problema del *Reading Order Detection* in un documento è attuale e tutt'ora oggetto di studio. In alcune classi di documenti (ad esempio articoli scientifici a singola colonna o multi-colonna) l'ordine di lettura è abbastanza stabile, e quindi può essere appreso fornendo un insieme di esempi adatti per quella classe, mentre in altri casi (ad esempio i quotidiani) le tecniche di apprendimento supervisionato sono fuori portata. L'uso di tecniche di argomentazione formale possono risolvere questo problema.

Altra possibile ricaduta applicativa si potrebbe trovare nel *Semantic Web* e nella *Social Network Analysis*. Le ontologie definiscono concetti specifici del dominio e proprietà che possono essere usate tra le applicazioni. L'integrazione di regole e ontologie viene percepita come una importante sfida per il *Semantic Web*, per dare supporto al *defeasible reasoning* in domini dove è disponibile informazione ontologica. Le applicazioni basate su argomentazione possono naturalmente beneficiare del ragionamento ontologico, dal fatto che i risultati di questo ragionamento possono giocare un ruolo nella costruzione di argomenti. Chiaramente, l'integrazione del ragionamento ontologico all'interno di *Argumentation Framework* e di applicazioni basate su argomentazioni è vantaggiosa per lo sviluppo sia dell'argomentazione sia del ragionamento ontologico per le applicazioni: da un lato, le argomentazioni possono essere costruite sulla base di una conoscenza esperta; dall'altro lato, le ontologie possono contribuire opportunamente ad un immenso ammontare di applicazioni per cui l'argomentazione è ideale.

Inoltre, l'argomentazione è stata suggerita come una base per una metodologia di scambio di analisi [23], in contesti di applicazioni sociali basate su Web e siti e-commerce, permettendo una valutazione formale della validità dialettica delle posizioni discusse o emergenti dagli scambi. I commenti possono essere visti come "object-level" e le opinioni come "meta-level", ma sono tutti espressi dagli utenti. I link forniscono una relazione di base tra commenti e opinioni. Gli scambi basati su Web della suddetta forma possono essere mappati in un *Argumentation Framework* dove commenti, opinioni e link sono caratterizzati univocamente da una etichetta e possono essere mappati in regole. Quindi può essere usata la semantica del *Argumentation Framework* per fornire una vista consapevole agli utenti sulla validità dialettica delle posizioni discusse.

8. Fasi del progetto

Primo anno – Al fine di conseguire gli obiettivi si necessita di una buona base teorica reperibile in letteratura e l'approfondimento di eventuali tecnologie coinvolte, di sistemi esistenti, nonché l'acquisizione delle competenze necessarie ad utilizzarle. Grazie a tale base sarà possibile ricercare, studiare e approfondire metodi per l'integrazione di tecniche argomentative nell'ambito dell'apprendimento supervisionato di teorie logiche del prim'ordine.

Si prevede anche la partecipazione a conferenze e scuole estive inerenti l'ambito di ricerca.

Secondo anno – A seguito dello studio perpetrato durante il primo anno, si potrà lavorare sulla progettazione di metodi che utilizzino l'argomentazione per la sintesi di teorie del prim'ordine. Inoltre, sarà possibile realizzare ed implementare un modulo software che preveda l'uso di esempi argomentati in un sistema di apprendimento automatico, in modo da poter valutare le prestazioni con e senza le nuove realizzazioni. Sarà a questo punto necessario individuare i dataset con cui valutare le prestazioni delle nuove realizzazioni.

Si rende utile successivamente la partecipazione ad uno stage presso una Università straniera per un confronto dell'attività svolta presso altri gruppi di ricerca con obiettivi affini.

Terzo anno – Alla luce dei risultati ottenuti durante il lavoro del secondo anno, sarà necessaria una riorganizzazione dei risultati, per poter pianificare una sperimentazione più ampia del framework risultante, in modo da avere risultati più solidi su cui basare la stesura del lavoro di tesi, in modo tale che rappresenti un connubio dei risultati ottenuti attraverso le varie sperimentazioni, che avranno messo in luce i punti critici su cui si saranno basati tutti i successivi studi e realizzazioni, quindi a rappresentare l'evoluzione del percorso.

9. Valutazione dei risultati

Dal punto di vista qualitativo, esistono diversi criteri per la valutazione della qualità di un argomento. Si agisce principalmente su criteri che considerano il grado di *leggibilità* degli argomenti, oppure il grado di *interpretabilità* di un argomento in un determinato contesto.

A supporto di tale aspetto valutativo ci sono anche metodi per la elaborazione numerica della forza di un argomento [30] che considerano una funzione di valutazione per rappresentare il grado di *accettabilità* di argomento in un intervallo chiuso di numeri razionali compresi tra 0 e 1.

Per quanto concerne il punto di vista quantitativo della valutazione dei risultati, in letteratura esistono varie misure di qualità applicabili ai risultati ottenuti da algoritmi di classificazione. Esse sono:

Accuracy

$$ACC = \frac{(TP + TN)}{(TP + TN + FP + FN)}$$

Precision

$$\pi = \frac{TP}{TP + FP}$$

Recall

$$\rho = \frac{TP}{TP + FN}$$

F-Measure

$$F = \frac{2\pi\rho}{\pi + \rho}$$

Area Under the ROC Curve

La curva ROC rappresenta sull'asse delle ascisse di un piano il False Positive Rate (FPR) e sull'asse delle ordinate il True Positive Rate (TPR), dove:

$$FPR = \frac{FP}{FP+TN}$$

e

$$TPR = \frac{TP}{TP+FN}$$

L'area al di sotto della curva ROC permette di confrontare più classificatori tenendo conto della variazione della soglia che si può scegliere per discriminare se classificare nella classe positiva o negativa.

10. Eventuali referenti esterni al Dipartimento

11. Riferimenti bibliografici

- [1] P. **Dung**, “On the acceptability of arguments and its fundamental role in nonmonotonic reasoning, logic programming, and n -person games”. *Artificial Intelligence*, 77, 321–357 (1995).
- [2] P. **Baroni** and M. **Giacomin**, “Semantics of abstract argument systems”. In G. Simari and I. Rahwan, editors, *Argumentation in Artificial Intelligence*, pages 25–44. Springer US (2009).
- [3] M.W.A. **Caminada**, W.A. **Carnielli**, P.E. **Dunne**. “Semi-Stable Semantics”. *Journal of Logic and Computation* 22(5):1207-1254 (2012).
- [4] M.W.A. **Caminada**, “Comparing Two Unique Extension Semantics for Formal Argumentation: Ideal and Eager”. *BNAIC 2007*, pages 81-87.
- [5] John L. **Pollock**. “How to reason defeasibly”. *Artificial Intelligence*, 57:1–42, 1992.
- [6] **Michalski** R.S., “Inferential Theory of Learning as a Conceptual Basis for Multistrategy Learning”, *Machine Learning*, Special Issue on Multistrategy Learning, Vol. 11, pp. 111-151, 1993.
- [7] A. C. **Kakas** and P. **Moraitis**, “Argumentation based decision making for autonomous agents”, in *AAMAS '03*, pp. 883–890, (2003).
- [8] Ric97 Henry S. **Richardson**. “Practical Reasoning about Final Ends”. Cambridge University Press, 1997.
- [9] Wal06 Doulgas **Walton**. “Fundamentals of Critical Argumentation”. Cambridge University Press, 2006
- [10] Trevor J. M. **Bench-Capon**. “Knowledge-based systems and legal applications”. Academic Press Professional, Inc., San Diego, CA, USA, 1991
- [11] Stephen **Toulmin**. “The Uses of Argument”. Cambridge University Press, 1958.
- [12] Chris **Reed** and Timothy J. **Norman**. “Argumentation Machines: New Frontiers in Argument and Computation”. Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, USA, 2004
- [13] Daniela V. **Carbogim**, David **Robertson**, and John **Lee**. “Argument-based applications to knowledge

engineering". Knowl. Eng. Rev., 15(2):119–149, 2000.

[14] A. **Kakas**, F. **Toni**, P. **Mancarella**, "Argumentation for Propositional Logic and Nonmonotonic Reasoning", CILC 2014, 29 Italiano di Logica Computazionale, Torino 16-18 giugno 2014.

[15] F. **Toni**, "A tutorial on assumption-based argumentation", Argument & Computation, Special Issue: Tutorials on Structured Argumentation, 5(1):89-117, 2014

[16] X. **Fan**, F. **Toni**, A. **Mocanu**, M. **Williams**, "Dialogical Two-Agent Decision Making with Assumption-based Argumentation", 13th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2014), Paris, France, May 5-9, 2014, pages 533-540.

[17] A. **Bondarenko**, P. **Dung**, R. **Kowalski**, and F. **Toni**. "An abstract, argumentation-theoretic approach to default reasoning". Artificial Intelligence, 93(1-2):63–101, 1997.

[18] A. **Bondarenko**, F. **Toni**, and R. **Kowalski**. "An assumption-based framework for nonmonotonic reasoning". In Proc. LPRNR'93, pages 171–189. MIT Press, 1993.

[19] V. **Evrpidou**, F. **Toni** and L. **Carstens**, "From argumentation theory to real life debating: Building social web applications", Arguing on the Web 2.0, Amsterdam, June 30 - July 1, 2014.

[19] Sergio A. **Gomez** and Carlos I. **Chesnevar**. "Integrating defeasible argumentation and machine learning techniques". Technical report, Universidad Nacional del Sur, 2004.

[20] Sergio A. **Gomez** and Carlos I. **Chesnevar**. "Integrating defeasible argumentation with fuzzy art neural networks for pattern classification". Journal of Computer Science and Technology, 4(1):45–51, April 2004.

[21] Peter **Clark**. "Representing arguments as background knowledge for constraining generalisation". In Derek Sleeman, editor, Third European Working Session on Learning, October 1988.

[22] Martin **Mozina**, Jure **Zabkar**, Ivan **Bratko**. "Argument Based Machine Learning". AI Journal, 2007.

[23] F. **Toni** and P. **Torrioni**: "Bottom-Up Argumentation". In: S. Modgil, N. Oren, F. Toni (eds.) TAF2011. LCNS, vol. 7132, pp. 249-262. Springer, Heidelberg (2012).

[24] **Mitchell** T., "Machine Learning", McGraw Hill, 1997.

[25] **Mendelson** E., "Introduzione alla logica matematica", 1972.

[26] S. **Muggleton**, "Inductive logic programming", New generation computing 8 (4), 295-318, 1991.

[27] S. **Ferilli**, "A framework for incremental synthesis of logic theories: an application to document processing" (PhD Thesis, Dipartimento di Informatica - Università degli Studi di Bari, 2000).

[28] Kevin D. **Ashley** and Edwina L. **Rissland**. "Law, learning and representation". Artificial Intelligence, 150:17–58, 2003.

[29] Stefanie **Bruninghaus** and Kevin D. **Ashley**. "Predicting the outcome of case-based legal arguments". In G. Sartor, editor, Proceedings of the 9th International Conference on Artificial Intelligence and Law (ICAIL), pages 233–242, Edinburgh, United Kingdom, June 2003.

[30] Marcin **Selinger**, "Towards Formal Representation and Evaluation of Arguments", Springerlink.com, 17 July 2014