

Accountability e Responsabilità nei Processi Distribuiti, AI ed Educazione, Analisi di Bandi di Gara e Processi di Costruzione

Matteo Baldoni¹, Cristina Baroglio¹, Monica Bucciarelli², Sara Capecchi¹, Elena Gandolfi², Cristina Gena¹, Francesco Ianì², Mirko Lai¹, Elisa Marengo¹, Rosa Meo¹, Roberto Micalizio¹, Paolo Pasteris¹, Amon Rapp¹, Stefano Tedeschi¹

¹ Dipartimento di Informatica

² Dipartimento di Psicologia

Università degli Studi di Torino
nome.cognome@unito.it

Abstract

Questo articolo presenta una carrellata di tematiche trattate dal nodo di Torino, presso l'Università degli Studi.

1 Sistemi Multiagente Accountable e Robustezza dei Sistemi Distribuiti

La robustezza è una proprietà importante dei sistemi software. La disponibilità di feedback adeguati è cruciale per ottenerla, soprattutto nei sistemi costituiti da componenti distribuite, interconnesse. I sistemi multiagente (MAS) possono costituire uno strumento prezioso per realizzare sistemi distribuiti robusti per design. La sfida consiste nel fatto che i sistemi distribuiti sono spesso caratterizzati da una rete complessa di dipendenze funzionali che legano un insieme eterogeneo di attori, consentendo loro di ottenere insieme obiettivi che altrimenti non potrebbero raggiungere.

Secondo il vocabolario ISO/IEC/IEEE 24765 la robustezza è il grado di funzionamento corretto che un sistema riesce a mantenere in presenza di input invalidi o di condizioni ambientali sfavorevoli (perturbazioni). Per trattare le perturbazioni le parti di un sistema robusto devono adattare il proprio comportamento, mostrando autonomia decisionale. I MAS [Wooldridge, 2009] costituiscono un approccio particolarmente appropriato, in quanto offrono astrazioni per realizzare sistemi potenzialmente complessi costituiti da parti autonome (agenti) cooperanti che corrispondono a luoghi di decisione.

In [Baldoni *et al.*, 2021d] viene illustrato un approccio al progetto e allo sviluppo di MAS dove la robustezza è trattata in maniera sistematica. Tale approccio fornisce meccanismi specifici per allertare gli agenti del sistema giusti riguardo l'occorrenza di perturbazioni e per fornire informazioni che consentono l'attuazione, a livello di sistema, dei comportamenti adatti a trattarle.

La proposta si ispira al modo in cui le organizzazioni umane trattano problemi simili appoggiandosi a framework di accountability (es. UN TR DP/2008/16/Rev.1). Gli accountability frameworks rispondono al bisogno di raccogliere informazioni, analizzarle e quindi adottare opportune misure basate su dati reali.

In [Baldoni *et al.*, 2021d] abbiamo definito un modello concettuale che formalizza l'accountability nei sistemi multiagente. Tale modello fornisce una guida per lo sviluppo di sistemi in grado di rendere conto dei propri processi interni. In generale i rendiconti alimentano la flessibilità, cioè la reattività, la proattività e le abilità sociali degli agenti. Gli agenti reagiranno ai rendiconti, agiranno in modo tale da ottenerli e interagiranno con gli altri agenti nel processo di trattazione. Questo modello è stato applicato per introdurre lo strumento delle eccezioni nei sistemi multiagente [Baldoni *et al.*, 2021a]. Inoltre è stata realizzata una versione della piattaforma per agenti JaCaMo che incorpora i meccanismi dell'accountability [Baldoni *et al.*, 2021e].

2 Il progetto di EmpAI di SMAILE

Il progetto EmpAI è (*Potenziamento delle Competenze per l'Intelligenza Artificiale*), finanziato dalla Fondazione Compagnia di San Paolo. Si concentra sulla definizione di una metodologia di insegnamento che rinforzi competenze cognitive di base che facilitano l'apprendimento dell'Intelligenza Artificiale. L'approccio si basa su attività ludico didattiche, condotte insieme alle scuole. L'assunzione alla base del progetto è che la comprensione e la costruzione di sistemi intelligenti sia supportata da abilità già presenti nel bambino piccolo. Esercitare queste abilità preparerà i ragazzi e le ragazze a vivere in un mondo sempre più digitalizzato e permetterà loro di risolvere problemi e affrontare situazioni anche in campi che non coinvolgono necessariamente le applicazioni di IA.

Il progetto si sviluppa secondo le seguenti tre fasi:

1. progettazione delle attività che allenano le capacità di base dei bambini;
2. attualizzazione e validazione delle attività;
3. realizzazione di strumenti per allenare le capacità di base implicate nella comprensione di concetti di Intelligenza Artificiale.

La prima parte è stata dedicata alla progettazione delle attività che dovranno allenare le capacità di base presenti nei bambini e che li aiuteranno nella comprensione e costruzione di sistemi intelligenti e all'avvio dell'attualizzazione e valutazione delle attività [Baldoni *et al.*, 2021c]. Tra le abili-

tà del bambino evidenziate da studi sperimentali in ambito psicologico, sono state individuate le seguenti:

1. *Distinguere la sintassi dalla semantica.* I bambini piccoli si comportano in modo diverso con gli esseri umani e gli artefatti non umani, suggerendo che possono cogliere una differenza cruciale tra menti umane e menti artificiali: queste ultime manipolano i simboli ma non capiscono il significato.
2. *Classificare dati.* I neonati formano categorie nel primo anno di vita sulla base di caratteristiche esterne e percettive degli oggetti come forma e colore, ed in seguito sulla base delle loro funzioni. Pertanto, i bambini afferrano già la nozione di classificazione dei dati.
3. *Pianificare.* A 8-9 mesi i bambini sono capaci a risolvere problemi in modo primitivo (es. tirano una corda per recuperare un oggetto) e a 5 anni sono capaci di forme più complesse di soluzione di problemi (es. creano un insieme di istruzioni per costruire un luogo sicuro dove far giocare un cagnolino).
4. *Monitorare l'esecuzione di un piano.* Il punto di partenza è chiedersi se lo stato delle cose in esame sia ottimale. Se la situazione non è quella desiderata, l'individuo compie un'azione volta a diminuire la discrepanza fra lo stato reale e lo stato obiettivo, fino a quando non si ottiene lo stato desiderato.

Per allenare l'*abilità di distinguere la sintassi dalla semantica* è stata progettata l'attività "*The Egyptians school desk*" che prende ispirazione dal noto esperimento di J. Searle "*The Chinese room*" che mostra come i computer non abbiano una mente, una coscienza o possano comprendere che cosa fanno. Per allenare l'*abilità di classificare dati* è stata progettata un'attività in cui i bambini sono invitati a costruire delle barche assemblando differenti parti, rappresentate da carte. Nella prima parte dell'attività i bambini a coppie devono creare una nave assemblandone alcune parti. Una volta che le navi sono state composte, si chiede ai bambini di dividersi a gruppi sulla base di alcuni elementi comuni, riflettendo sulle categorie generate. Nella seconda fase dell'attività ciascun bambino dovrà scegliere tra le immagini distribuite nel gruppo quella con l'imbarcazione che ritengono più adatta per affrontare una delle situazioni proposte. Per allenare l'*abilità di pianificazione* i bambini verranno coinvolti in un gioco che li vedranno impegnati ad aiutare "Cappucetto Goffo" a trovare un percorso per andare a trovare la propria nonna sulla mappa di una città immaginaria, che dovrà rispettare alcune caratteristiche presentate in modo progressivo anche durante l'individuazione di un percorso stesso. I bambini saranno invitati a confrontarsi sui percorsi individuati e sui motivi che li hanno condotti a sceglierli. Infine, per allenare l'*abilità di monitorare l'esecuzione di un piano* è stata progettata un'attività in cui sono coinvolti a preparare una ricetta a sorpresa. Purtroppo non tutti gli ingredienti saranno a disposizione per realizzare la ricetta scelta e potrebbe essere necessario rivedere le proprie scelte. L'esecuzione di una ricetta implica il controllo dei passi da effettuare, chiedendosi ad ogni passo se il progresso verso la realizzazione della ricetta è possibile. Questo ciclo in letteratura è conosciuto come *test-operate-test*.

Le attività sono state organizzate in un training di cui si valuterà l'efficacia valutando l'abilità di programmare un robot [Baldoni *et al.*, 2021b]. È stato progettato un corso composto di 8 lezioni utilizzando il robot Codey Rocky supportato dall'ambiente di programmazione mBlock. All'interno di questo corso sono inserite le 4 lezioni di training per un totale di 12 lezioni. Abbiamo individuato 14 classi, 7 appartenenti alla scuola primaria (quinta elementare) e sette appartenenti alla scuola secondaria inferiore (prima media). Una classe di quinta elementare e una classe di prima media sono state coinvolte come test partecipando al *co-design* di tutte le attività. Le rimanenti 12 classi sono utilizzate per la valutazione. Le prime lezioni sono partite nel corso del mese di novembre 2021 e si concluderanno a maggio 2022.

A latere sono state sviluppate altre attività unplugged su argomenti di AI, descritte in [Baroglio *et al.*, 2021].

3 Pubblica Amministrazione e Processi di Costruzione

I benefici che derivano dall'evoluzione della tecnologia e i passi da gigante fatti in termini di Intelligenza Artificiale trovano applicazione in molti settori della pubblica amministrazione. Anche in ambito edilizio la tendenza è quella di aumentarne la loro applicazione. Con il Decreto BIM 560/2017, ad esempio, si impone l'obbligatorietà di utilizzare strumenti elettronici di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture per le opere pubbliche. L'obbligo è entrato in vigore a gennaio 2019 per interventi superiori ai 100 milioni. Soglia che viene gradualmente ridotta a 15 milioni per il 2021, a 5 milioni per il 2022 fino a comprendere tutte le opere pubbliche (senza limite) a partire dal 2025.

Contrariamente a quanto si possa pensare, l'introduzione di tale obbligo rappresenta una sfida nell'ambito edilizio dove si registra una scarsa automazione e uno scarso utilizzo di strumenti informatici a supporto della gestione dei processi di costruzione. Questo è soprattutto vero per le piccole e medie imprese (PMI), dove i margini di guadagno ridotti impongono un'oculata pianificazione delle spese, che spesso privilegia investimenti sulle risorse rispetto ad investimenti sul personale o su strumenti informatici atti a modellare, pianificare e monitorare processi di costruzione. Tali strumenti, tuttavia, ben si adatterebbero a gestire la complessità dei processi di costruzione, dove occorre tenere in considerazione un elevato numero di fattori (come l'alternanza delle aziende in cantiere, la sincronizzazione di diverse maestranze, la sincronizzazione con la fornitura dei materiali, il loro stoccaggio e così via). Fattori a volte non controllabili (come le condizioni atmosferiche). Strumenti commerciali basati su BIM consentirebbero una migliore gestione dei processi, permettendo di identificare eventuali problematiche in tempi utili per attuare delle contromisure che ne riducano gli effetti negativi (quali ritardi) sul cantiere. Strumenti così potenti, tuttavia, hanno costi elevati, sia in termini di licenze che di formazione del personale. Sono infatti strumenti complessi da utilizzare. Per questo motivo, il loro utilizzo è ancora limitato, soprattutto nelle PMI.

Con queste problematiche in mente, negli ultimi anni abbiamo lavorato allo sviluppo di metodologie e prototipi per la

gestione di processi di costruzione orientata alle PMI [COC-kPiT, 2020]. L'obiettivo è quello di supportare la gestione dei loro processi in linea con il modus operandi da loro attuato abitualmente, diminuendo così investimenti iniziali per il loro utilizzo e abbattendo le resistenze nell'adozione di nuovi strumenti, tipici del settore. A tal fine, abbiamo scomposto la gestione dei processi di costruzione in tre sottoprocessi interconnessi: *i*) la modellazione, *ii*) la pianificazione e *iii*) il monitoraggio.

Modellazione. L'obiettivo di questa fase è quello di raccogliere i requisiti del processo di costruzione, in particolare le attività, le aree di costruzione e i vincoli di sincronizzazione tra le diverse maestranze presenti in cantiere. A tal proposito abbiamo sviluppato una metodologia di tipo *collaborativo*, un linguaggio a supporto della modellazione [Marengo *et al.*, 2022] e degli algoritmi capaci di identificare in modo efficiente delle inconsistenze presenti nel modello.

Pianificazione. L'obiettivo è quello di costruire un piano a partire dal modello di processo, che definisca con precisione data di inizio e di fine per ogni attività in ogni area di costruzione. Questo tenendo conto di aspetti quali la minimizzazione della durata o la massimizzazione delle continuità in cantiere per ogni singola azienda. Per questo abbiamo sviluppato degli algoritmi basati su ottimizzazione e soddisfacimento vincoli. Generato un piano complessivo per il cantiere (pianificazione inter-company), abbiamo sviluppato degli strumenti che consentano la pianificazione settimanale o giornaliera per ogni singola azienda (pianificazione intra-company) [Rahman *et al.*, 2020]. Non è difficile intuire che la definizione di questi piani sia piuttosto dispendiosa. Per questo, stiamo sviluppando delle tecniche basate su machine learning e *predictive process monitoring (PPM)* che consentano di suggerire le attività da pianificare.

Monitoraggio. Visto il numero di imprevisti e problematiche che si possono verificare in cantiere, la pianificazione non avrebbe senso senza una fase di monitoraggio che permetta di misurare nel dettaglio quanto lavoro pianificato sia effettivamente stato fatto in cantiere. Gli strumenti sviluppati consentono non solo di confrontare pianificazione e avanzamento in cantiere, ma la raccolta di dati dal cantiere può essere sfruttata per affinare e allenare gli algoritmi di PPM al fine di fornire suggerimenti per la pianificazione in linea con le strategie adottate in cantiere.

4 Pubblica Amministrazione e Appalti di Gara

A Gennaio 2019 l'Università di Torino e in particolare i gruppi di ricerca coordinati dalle proff. Gabriella Racca (Diritto Amministrativo) e Rosa Meo (Informatica), ha stipulato con l'Autorità Nazionale Anticorruzione (ANAC) un contratto a titolo gratuito di collaborazione per lo svolgimento di un progetto di ricerca di analisi dei dati che l'Autorità stessa ha accumulato nella Banca Dati Nazionale dei Contratti Pubblici. L'ANAC [Autorità Nazionale Anticorruzione, 2020] nasce con la legge del 6 Novembre 2012, n. 190, con il compito di tutela dell'integrità dell'amministrazione pubblica, il controllo, la prevenzione e il contrasto alla corruzione e all'illegalità

nella pubblica amministrazione, compiti da svolgersi in una logica preventiva piuttosto che repressiva. A tal fine le Pubbliche Amministrazioni sono tenute a comunicare all'ANAC, anche tramite gli Osservatori Regionali dei contratti pubblici, alcune informazioni sulle procedure di acquisto di servizi e forniture e di realizzazione degli interventi, i bandi e gli avvisi di gara, i dati di aggiudicazione dei contratti, l'elenco delle opere incompiute.

Un bando di gara viene pubblicato per svolgere la procedura di scelta del contraente, adottata da una pubblica amministrazione, anche detta stazione appaltante, per aggiudicare un contratto pubblico.

La banca dati nazionale dei contratti pubblici è principalmente di tipo "strutturato", i cui dati sono organizzati in varie tabelle di tipo "relazionale". Le tabelle hanno lo scopo di descrivere i bandi di gara, la tipologia delle procedure e la loro organizzazione in lotti, la tempistica di svolgimento della procedura di gara e il suo risultato tra cui l'aggiudicatario, l'ammontare del contratto stipulato e il quadro economico.

Durante lo svolgimento del progetto di ricerca ci siamo chiesti che cosa può fare l'Intelligenza Artificiale e in particolare l'Apprendimento Automatico per favorire il raggiungimento degli obiettivi dell'ANAC.

Abbiamo delineato un percorso di esplorazione dati ed analisi così composto:

1. **analisi esplorativa dei dati** con tecniche di statistica descrittiva e strumenti di visualizzazione e *reporting*. Lo scopo di questa fase è indagare la distribuzione dei valori e il significato dei dati, le loro possibili interazioni e farsi una idea della loro qualità tra cui la frequenza dei valori mancanti e le possibili operazioni di "pulizia" per la loro correzione. Un altro obiettivo è individuare legami con banche dati esterne, tra cui gli open data di Istituti di Statistica (come ISTAT) che descrivono le realtà geografico-territoriali ed economiche del nostro Paese, il Portale degli Acquisti della Pubblica Amministrazione (MEPA [CONSIP e Ministero dell'Economia e delle Finanze, 2020]) e il portale di Giustizia Amministrativa [Consiglio di Stato e Tribunali Amministrativi Regionali, 2020];
2. **analisi predittiva tramite modelli supervisionati** di alcune variabili di interesse, quali la presenza di ricorso amministrativo, ritardi di aggiudicazione, costi aggiuntivi dovuti alle varianti in corso d'opera, ritardi nei pagamenti; lo scopo è fornire sia alle stazioni appaltanti che all'ente di controllo strumenti per prevedere possibili situazioni di rischio o di malfunzionamento delle procedure di gara.
3. **analisi prescrittiva** tramite modelli di analisi di tipo "what-if" che utilizza i modelli descrittivi al punto 1 precedente, per fornire suggerimenti (raccomandazioni) di interventi correttivi e buone pratiche da seguire in base all'osservazione di casi simili, o all'individuazione di valori ottimali di variabili in modelli di simulazione e ottimizzazione.

I primi risultati di questo progetto di ricerca sono stati pubblicati in [Meo *et al.*, 2021] ed altri sono in via di pubblica-

zione su riviste sia di carattere giuridico che informatico. Ne citiamo qui qualcuno.

il grafo delle aggiudicazioni ripetute che illustra i legami di collaborazione ripetuta nel tempo di stazioni appaltanti e aggiudicatari; il grafo mostra anche la presenza di fenomeni di “segregazione” geografica, in quanto le stazioni appaltanti tendono ad aggiudicare gli appalti agli operatori economici del loro stesso territorio;

classificatori che predicono la presenza di ricorsi, accolti o respinti, dai Tribunali Amministrativi Regionali; gli esperimenti condotti con metodi *ensemble* mostrano che i risultati predittivi raggiungono buone performance (dell’ordine del 90%).

classificatori che predicono la presenza di varianti in corso d’opera nei lavori pubblici (anche per questi ultimi classificatori si ottengono buone performance predittive);

strumenti di Explainable AI (come i valori Shapley [Lundberg e Lee, 2017]) che forniscono una spiegazione dei risultati dei classificatori in termini di importanza dei fattori predittivi e della loro correzione per vedere modificato l’output del processo predittivo.

Riferimenti bibliografici

[Autorità Nazionale Anticorruzione, 2020] Autorità Nazionale Anticorruzione. Prevenire la corruzione, promuovere la trasparenza e la cultura della legalità. <https://www.anticorruzione.it>, 2020.

[Baldoni *et al.*, 2021a] M. Baldoni, C. Baroglio, O. Boissier, R. Micalizio, e S. Tedeschi. Exception Handling in Multiagent Organizations: Playing with JaCaMo. In N. Alechina, M. Baldoni, e B. Logan, editors, *Proc. of the 9th International Workshop on Engineering Multi-Agent Systems, EMAS 2021, held in conjunction with AAMAS 2021*, Online, May 3rd-4th 2021.

[Baldoni *et al.*, 2021b] M. Baldoni, C. Baroglio, M. Bucciarelli, S. Capecchi, E. Gandolfi, C. Gena, F. Iani, E. Marengo, R. Micalizio, e A. Rapp. EmpAI: L’Intelligenza Artificiale imparata in modo naturale. In *Proc. of the DIDAMATICA 2021, Artificial Intelligence for Education*, pages 139–145, Palermo, Italy, October 7th-8th 2021.

[Baldoni *et al.*, 2021c] M. Baldoni, C. Baroglio, M. Bucciarelli, S. Capecchi, E. Gandolfi, C. Gena, F. Iani, E. Marengo, R. Micalizio, e A. Rapp. Empowering AI competences in children: A training program based on simple playful activities. In *Proc. of the Third Symposium on Psychology-Based Technologies, PSYCHOBIT 2021*, Naples, Italy, October 4th-5th 2021.

[Baldoni *et al.*, 2021d] M. Baldoni, C. Baroglio, R. Micalizio, e S. Tedeschi. Reimagining Robust Distributed Systems through Accountable MAS. *IEEE Internet Computing*, 25(6), 2021.

[Baldoni *et al.*, 2021e] M. Baldoni, C. Baroglio, R. Micalizio, e S. Tedeschi. Robustness based on Accountability in

Multiagent Organizations. In U. Endriss, A. Nowé, F. Dignum, e A. Lomuscio, editors, *Proc. of 20th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems, AAMAS 2021*, pages 142–150, Online, May 3rd-7th 2021. IFAAMAS, Richland, SC.

[Baroglio *et al.*, 2021] C. Baroglio, S. Capecchi, e Parola C. L’Intelligenza Artificiale? È un gioco! In *Proc. of the DIDAMATICA 2021, Artificial Intelligence for Education*, pages 84–92, Palermo, Italy, October 7th-8th 2021.

[COCKPiT, 2020] UniBZ, UniTO, e Fraunhofer IT. COCKPiT: Collaborative Construction Process Management. <http://www.cockpit-project.com/>, 2020.

[Consiglio di Stato e Tribunali Amministrativi Regionali, 2020] Consiglio di Stato e Tribunali Amministrativi Regionali. Giustizia Amministrativa. <https://www.giustizia-amministrativa.it>, 2020.

[CONSIP e Ministero dell’Economia e delle Finanze, 2020] CONSIP e Ministero dell’Economia e delle Finanze. Acquisti in rete PA. <https://www.acquistinretepa.it/opencms/opencms/>, 2020.

[Lundberg e Lee, 2017] Scott M Lundberg e Su-In Lee. A unified approach to interpreting model predictions. In I. Guyon, U. V. Luxburg, S. Bengio, H. Wallach, R. Fergus, S. Vishwanathan, e R. Garnett, editors, *Advances in Neural Information Processing Systems*, volume 30. Curran Associates, Inc., 2017.

[Marengo *et al.*, 2022] Elisa Marengo, Werner Nutt, e Matthias Perktold. CoPModL: Construction Process Modeling Language and Satisfiability Checking. *Inf. Syst.*, 103:101457, 2022.

[Meo *et al.*, 2021] Rosa Meo, Mirko Lai, e Paolo Pasteris. Machine learning per la pubblica amministrazione. In Roberto Cavallo Perin, editor, *L’amministrazione pubblica con i big data: da Torino un dibattito sull’intelligenza artificiale*, pages 131–148. Quaderni del Dipartimento di Giurisprudenza dell’università di Torino, 2021.

[Rahman *et al.*, 2020] Arif Ur Rahman, Syed Mehtab Alam, Patrick Dallasega, Elisa Marengo, e Werner Nutt. Increasing Control in Construction Processes: The Role of Digitalization. In *Business Process Management Workshops*, volume 397 of *LNBIP*. Springer, 2020.

[Wooldridge, 2009] Michael J. Wooldridge. *Introduction to multiagent systems, 2nd edition*. Wiley, 2009.