

TEORIA E RICERCA IN EDUCAZIONE

COLLANA DEL DIPARTIMENTO
DI FILOSOFIA E SCIENZE DELL'EDUCAZIONE
SEZIONE DI SCIENZE DELL'EDUCAZIONE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

Direttore

Renato GRIMALDI

Comitato scientifico-editoriale

Cristina BERTOLINO

Sara NOSARI

Paolo BIANCHINI

Tania PARISI

Paola BORGNA

Alberto PAROLA

Sandro BRIGNONE

Marisa PAVONE

Barbara BRUSCHI

Isabella PESCARMONA

Tanja CERRUTI

Paola RICCHIARDI

Cristina COGGI

Paolo ROSSO

Ivan ENRICI

Simona TIROCCHI

Carlo Mario FEDELI

Emanuela Maria TORRE

Maria Adelaide GALLINA

Roberto TRINCHERO

Cristiano GIORDA

Federico ZAMENGO

Matteo LEONE

Graziano LINGUA

Daniela MACCARIO

Maria Federica MAZZOCCHI

Lorena MILANI

Il Direttore e i docenti afferiscono all'Università degli Studi di Torino.

TEORIA E RICERCA IN EDUCAZIONE

COLLANA DEL DIPARTIMENTO
DI FILOSOFIA E SCIENZE DELL'EDUCAZIONE
SEZIONE DI SCIENZE DELL'EDUCAZIONE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

[...] tra una scienza e l'altra non sono obbligatorie clamorose divergenze di modelli del mondo, presupposizioni, grammatiche, linguaggi, modelli di base e compositi, [...] molti tipi di scambio di siffatte componenti tra le strutture concettuali di scienze diverse sono meno disagiati di quanto comunemente si creda.

Luciano GALLINO, *L'incerta alleanza*, 1992, p. 282

Teoria, metodo e ricerca sono alla base degli studi raccolti nella presente collana. Il linguaggio scientifico e l'interdisciplinarietà caratterizzano i lavori qui pubblicati da studiosi di differenti aree che, provenendo dalle scienze umane e dalle scienze naturali, proprio in questo spazio trovano il luogo di una feconda cooperazione intellettuale.

Tutti i testi sono preventivamente sottoposti a referaggio anonimo.

La pubblicazione del presente volume è stata realizzata con il contributo dell'Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Filosofia e Scienze dell'Educazione

La foto di copertina è stata generata mediante *ChatGPT-DALL-E (OpenAI)*, sistema di intelligenza artificiale cui è stato chiesto di collocare una foto del social robot Pepper del Laboratorio Gallino nel contesto di un campus universitario.

Classificazione Decimale Dewey:

004 (23.) ELABORAZIONE DEI DATI

SANDRO BRIGNONE

UN MODELLO DI ATTORE SOCIALE TRA SIMULAZIONE AD AGENTI E ROBOTICA

Presentazione di

PAOLA BORGNA, RENATO GRIMALDI





©

ISBN

979-12-XXXXX-XX-X

PRIMA EDIZIONE

ROMA 21 SETTEMBRE 2024

*Ai miei genitori,
ai professori e agli amici,
che mi hanno accompagnato
in questo viaggio*

Tutti indistintamente elaborano modelli improntati al senso comune per superare indenni le difficoltà quotidiane. Alcuni evolvono modelli più raffinati e li sottopongono a continua verifica per comprendere meglio il mondo e manipolarlo con maggiore efficienza: li chiamiamo scienziati, e i loro modelli sono modelli scientifici.

Gallino L., *L'incerta alleanza: modelli di relazione tra scienze umane e scienze della natura*, 1992, pp. 16-17.

Indice

- 13 *Presentazione*
di Paola Borgna e Renato Grimaldi
- 15 *Introduzione*
1. Premessa, 15 – 2. Obiettivo e struttura del lavoro, 16.
- 23 **Capitolo I**
Il modello dell'attore sociale
1. Tipologie di “modelli” della realtà e scienze sociali, 23 – 2. Complessità ed emersione, 28 – 3. Prospettiva sistemica, 32 – 4. Società come sistema. Alcune riflessioni sociologiche, 34 – 5. Teoria dell'attore sociale all'interno dei sistemi: il modello EGO, 36 – 6. EGO, versione computazionale, 41.
- 47 **Capitolo II**
La simulazione, un ponte tra le scienze
1. Modelli ad agenti, 47 – 2. Riflessioni sulla simulazione ad agenti e implicazioni per la ricerca scientifica, 49 – 3. Carattere interdisciplinare delle simulazioni, 52 – 4. Dai primi modelli alle simulazioni applicate al contesto sociale, 54 – 4.1. *Modelli e simulazioni nel contesto di un'evacuazione in situazioni di emergenza*, 56 – 4.2. *Modelli ad agenti e simulazioni nel contesto della pandemia Covid-19*, 65 – 5. Vantaggi e svantaggi delle simulazioni, 69 – 6. Programmi di simulazione, 71 – 7. NetLogo: uno strumento per implementare modelli ad agenti, 73.
- 77 **Capitolo III**
Modelli ad agenti alla prova della simulazione sociale
1. I tre modelli di simulazione realizzati, 77 – 2. “Exit, Voice, and Loyalty”: la terna di Albert Hirschman e il modello di attore sociale EGO di Luciano Gallino, 78 – 2.1. *La terna hirschmaniana in NetLogo*, 81 – 2.2. *Alcuni esiti della simulazione*, 85 – 2.3. *Alcune considerazioni*, 89 – 3. Il progetto “Data-Lab UniTo” e il modello di evacuazione da Palazzo Nuovo, 89 – 3.1. *Strategie e riflessioni per la costruzione del modello di evacuazione*, 91 – 3.2. *Planimetria e modellizzazione di Palazzo Nuovo*, 92 – 3.2.1. *L'edificio “Palazzo Nuovo”*, 92 – 3.2.2. *La costruzione del modello di simulazione*, 93 – 3.3. *Gli access point di Palazzo Nuovo*, 97 – 3.4. *La rilevazione dei dati mediante gli access point*, 100 – 3.5. *Referenti e ambito spazio-temporale della ricerca*,

108 – 3.6. *I dati degli access point nel corso del tempo: presenze e flussi degli studenti in Palazzo Nuovo tra giugno e dicembre*, 109 – 3.7. *Scenari per la simulazione*, 117 – 3.8. *L'interfaccia grafica e funzionamento del modello di evacuazione in NetLogo*, 121 – 3.9. *Movimento degli studenti, stato emotivo, criticità ed eventi che possono accadere durante un'evacuazione*, 127 – 3.10. *I report del modello: monitor, plot e output*, 130 – 3.11. *Alcuni esiti e considerazioni sulle simulazioni di evacuazione*, 131 – 4. Il modello di simulazione sullo scenario di uscita da Palazzo Nuovo con distanziamento sociale, 134 – 4.1. *L'interfaccia grafica e funzionamento del modello di uscita da Palazzo Nuovo con distanziamento sociale in NetLogo*, 139 – 4.2. *La storia di una simulazione: cosa può succedere se un agente è infetto*, 141.

145 Capitolo IV

Intelligenza artificiale e machine learning

1. Origini ed evoluzione dell'intelligenza artificiale, 145 – 2. Alcune tipologie di IA, 154 – 2.1. *Sistemi esperti*, 154 – 2.2. *Machine Learning*, 155 – 2.3. *Reti neurali artificiali*, 158 – 2.4. *IA generativa*, 160 – 3. Alcuni ambiti e contesti di applicazione dei sistemi di IA, 162 – 4. Punti di forza ed elementi di criticità nelle tecniche dell'IA e del ML, 165.

173 Capitolo V

Intelligenza artificiale e processi decisionali: machine learning e carriere universitarie

1. Il sistema universitario italiano: studenti ed esiti di carriera, 173 – 2. Il contributo dell'IA alla previsione delle carriere universitarie, 175 – 2.1. *IA e applicazioni nel campo della formazione universitaria*, 175 – 2.2. *ML e modelli predittivi delle performance accademiche*, 177 – 3. Progetto DataLab UniTo: “Studenti in corso”, 177 – 4. Descrizione degli studenti per la realizzazione del ML. Il database dei corsi di studi in Scienze dell'Educazione, 178 – 5. ML e scelta delle variabili, 182 – 6. La valutazione del modello di ML, 185 – 7. ML “in azione”: previsione sugli iscritti nel 2019, 188 – 8. Alcune considerazioni sul progetto e sul ML, 190.

193 Capitolo VI

Social robot

1. Un sogno antico quanto l'uomo: una breve storia dei robot, 193 – 2. Robot e IA, 196 – 3. Robot e funzioni all'interno della società, 197 – 4. I social robot e l'interazione essere umano-robot: alcuni aspetti chiave e sfide, 202 – 5. Il social robot Pepper, 208 – 6. L'ambiente di sviluppo *NAOqi* e il software *Choregraphe*, 211.

213 Capitolo VII

Social robot e applicazioni nei contesti sanitari ed educativi

1. Social robot alla “prova della realtà”, 213 – 2. Lo sguardo di un social robot durante la campagna anti Covid-19: il contributo di Pepper all’anamnesi vaccinale, 214 – 2.1. *I social robot nei contesti della pandemia*, 214 – 2.2. *Le “qualità sociali” di un social robot che emergono durante l’intervista per l’anamnesi vaccinale*, 216 – 2.3. *Il dialogo tra l’utente e il social robot*, 218 – 2.4. *I social robot come un possibile strumento per fare ricerca*, 222 – 2.5. *Alcune note e riflessioni sull’applicazione realizzata nel contesto sanitario*, 223 – 3. ML e social robot: Pepper a supporto delle carriere degli studenti universitari, 225 – 3.1. *Social robot nei contesti educativi e universitari*, 225 – 3.2. *Progetto “Studenti in corso”: la previsione delle carriere universitarie e l’interfaccia utente*, 229 – 3.3. *User-centred design: la prospettiva degli studenti sull’impiego di Pepper*, 231 – 3.4. *Pepper a supporto delle carriere degli studenti*, 233 – 3.5. *Alcune considerazioni sull’applicazione realizzata nel contesto universitario*, 237.

239 *Conclusioni*255 *Riferimenti bibliografici*

Presentazione

di Paola Borgna e Renato Grimaldi

Dalla teoria alla pratica: così avrebbe potuto essere sottotitolato questo volume, che ci porta *in medias res*. Si occupa cioè di intelligenza artificiale e *machine learning*, simulazione ad agenti, social robot, presentandone i principi teorici, ma anche sperimentandone applicazioni variamente finalizzate allo studio del comportamento sociale. In “un andirivieni tra teoria e dati”, che corrisponde a una precisa scelta di modellizzazione, l’autore rivisita domande ormai classiche sulla possibilità di utilizzo di computer, di architetture hardware e di metodi computazionali nello studio del comportamento sociale; ripercorre la storia dei tentativi compiuti in differenti ambiti; descrive applicazioni esistenti. E si sporca le mani, costruendo modelli ad agenti per la simulazione di movimenti di soggetti tra e dentro sistemi sociali (cap. III), un modello di *machine learning* per la previsione degli esiti di carriere universitarie (cap. V), applicazioni di social robot in contesti di cura e di educazione (cap. VII). I risultati ottenuti da un lato contribuiscono alla formulazione di risposte circostanziate e documentate a quesiti ricorrenti, dall’altro di questi ultimi consentono anche revisioni e riformulazioni in varie direzioni.

La simulazione ad agenti, il *machine learning* e l’impiego di social robot prendono nelle pagine che seguono forma, teorica ed empirica, di strategie di ricerca “di frontiera”; gli esercizi – se così li vogliamo chiamare – condotti contribuiscono alla discussione, che ha ormai parecchi decenni alle spalle, sulla possibilità di simulare il comportamento umano mediante progettazione e programmazione di software, algoritmi e robot. Sappiamo trattarsi di un dibattito che nelle sue linee fondamentali è proseguito a ondate, al quale hanno preso parte nel tempo specialisti di discipline differenti, che è ripreso con forza in anni recenti, pure nelle scienze sociali, anche per le possibilità dischiuse dai progressi nella velocità di elaborazione, nella capacità delle memorie e nella programmazione.

Fornisce unitarietà al lavoro, alle questioni poste e alle esperienze presentate il riferimento a un modello dell’attore sociale messo a punto a partire dalla metà degli anni Ottanta. Il progetto che ad esso diede forma (EGO) era accomunato ad altri programmi di ricerca dell’epoca dall’intento di dotare la sociologia di una teoria dell’attore e di un modello di soggetto agente da essa derivato che avesse capacità previsiva – e quindi, almeno in linea di principio,

falsificabile mediante osservazioni empiriche. Fu certamente anche l'eccezionale sviluppo delle possibilità computazionali dei calcolatori elettronici a contribuire al trasformarsi in tal senso, in quegli anni, delle teorie dell'attore; non sorprenderà perciò il lettore o la lettrice scoprire che del modello a cui ci riferiamo venne messa a punto una versione con le tecniche dell'intelligenza artificiale.

Il modello dell'attore sociale utilizzato interroga le metodologie di simulazione del comportamento umano che l'autore analizza teoricamente e poi sperimenta; le risposte che provengono dal campo a loro volta forniscono spunti per lo sviluppo ulteriore di una teoria dell'attore sociale. Questo rappresenta il senso forse più profondo, e sempre attuale, di quanto si affermava già negli anni Settanta, sostenendo che la maniera migliore di fare progressi con i vecchi problemi filosofici sul rapporto mente-corpo, sulla percezione, sulla conoscenza, sul linguaggio, consiste nel tentare di disegnare meccanismi che possano percepire, pensare, ricordare, imparare, risolvere problemi, interpretare simboli o rappresentazioni, usare il linguaggio; così Aaron Sloman e Margaret Boden, per esempio, nella stagione dell'intelligenza artificiale in cui il riferimento andava principalmente al tentativo di disegnare una "working mind". L'avvento e le sperimentazioni della cibernetica, della bionica, della robotica, dell'intelligenza artificiale e della vita artificiale, sino agli sviluppi della simulazione ad agenti e del *machine learning* hanno sostenuto grandi aspirazioni e promesse e condotto anche in vicoli ciechi e a fallimenti; nell'un caso come nell'altro, il loro sviluppo ha contribuito alla formulazione di domande sistematiche alle discipline relative allo studio della mente, del cervello e del comportamento. Le analisi condotte in questo volume danno corpo ad alcune di quelle domande.

Torino, luglio 2024

Paola Borgna

Prof.ssa ordinaria in Sociologia generale

Dipartimento di Filosofia e Scienze dell'Educazione, Università di Torino

Renato Grimaldi

Prof. onorario in Sociologia generale

Dipartimento di Filosofia e Scienze dell'Educazione, Università di Torino

Introduzione

1. Premessa

Nei primi anni Ottanta un gruppo di ricercatori guidato dal sociologo Luciano Gallino iniziò a lavorare su una teoria dell'attore sociale che fosse in grado di «spiegare e di prevedere i modi in cui un individuo, partecipe d'uno o più sistemi sociali, ha agito o agirà in situazioni differenti, in presenza di differenti parametri iniziali della sua condizione, includendo, tra questi ultimi, stati interni quali emozioni, bisogni, scopi, valori, schemi interpretativi, processi di ragionamento» (Gallino, 1987, p. 5). Da quegli incontri, studi e riflessioni – che coprono un arco temporale di circa 10-15 anni – nacque EGO, un “modello del comportamento sociale umano”, che intendeva simulare la mente di un individuo confrontato da decisioni considerate (soggettivamente) difficili (Gallino, 1984, 1992c). In tale rappresentazione, il singolo attore sociale (l'istanza *Ego*) deve decidere «quale comportamento adottare fra un ristretto numero di comportamenti sociali alternativi al fine di passare da una situazione meno gradita ad una più gradita rispetto ad un'altra in cui rischia di venirsi a trovare» (Borgna, 1992, p. 45).

Del modello concettuale esistono due versioni dialetticamente integrate: una *psicosociologica*, che utilizza il linguaggio tradizionale delle scienze umane e una *computazionale*, espressa nel linguaggio della *computer science* e con l'ausilio dell'*intelligenza artificiale* (Borgna, 1992).

Tuttavia, negli anni Ottanta e primi anni Novanta, esistevano dei limiti fisici, oggettivi, all'implementazione del modello computazionale: risultava, cioè, difficile simulare al computer il comportamento di un attore sociale nella sua complessa interezza, così come proposto nella versione psicosociologica; ciò per ragioni tecniche di potenza di calcolo e memoria dei computer dell'epoca, nonché per l'assenza di software “moderni” che supportassero le operazioni di modellizzazione. Nonostante questo, furono sviluppati con successo diversi moduli del modello EGO e si realizzarono le prime simulazioni in *Lisp* (cfr. Gallino, 1984; Grimaldi, 1992, 1995, 1996; 2020; Borgna, 1995, 2021).

Alla luce di questo rapido excursus storico, il presente lavoro ha inteso proseguire nel solco di quel filone di ricerca, avviato circa quarant'anni fa da

Luciano Gallino¹; si è, pertanto, tentato di costruire, con alcuni degli strumenti attualmente a disposizione (v. Par. succ.), dei programmi che simulino il comportamento sociale umano, per meglio comprenderne le dinamiche e supportare lo sviluppo di una teoria dell'attore sociale.

2. Obiettivo e struttura del lavoro

Il lavoro trae origine e muove dal modello di attore sociale EGO, per arrivare a esplorare e mettere a confronto alcune strategie di ricerca di frontiera, utilizzate per studiare il comportamento sociale. La ricerca si sofferma, in particolare, su tre ambiti di applicazione: la simulazione ad agenti (*agent-based model*), alcuni processi di intelligenza artificiale (*machine learning*) e l'impiego di *social robot*. Il modello EGO – per così dire – viene usato in filigrana e resta sullo sfondo per valutare i progressi attuali. Il lavoro non consiste solo in una riflessione teorico-compilativa, ma ragiona sui metodi declinandone le tecniche a casi concreti. L'obiettivo è, dunque, di esplorare alcuni approcci metodologici alla luce di una teoria sociologica che si ritiene possa essere utile per comprendere come si possa simulare il comportamento di uno o più attori sociali.

Il progetto, in particolare, si struttura e si sviluppa entro i quattro temi sopra espressi. Di seguito ne sono sinteticamente enucleati gli aspetti salienti, trattati nei successivi capitoli e che – parallelamente – hanno portato ad approfondire le conoscenze e l'uso di alcuni software per la costruzione di modelli di simulazione, per l'analisi dei dati e per l'implementazione dell'interazione tra l'essere umano e il social robot.

Il primo tema trattato è il modello EGO, come teoria del soggetto agente, che vede un attore sociale alle prese con una decisione difficile, nel tentativo di passare da una situazione meno gradita a una più gradita. In tale contesto, Gallino sostiene che ciascun soggetto, denominato *Ego_i* (ogni singola *istanza i-ma* del modello) è chiamato a dover scegliere tra piani di azione alternativi. Nel formulare una decisione *Ego_i* considera, in modo più o meno consapevole, quali conseguenze potrebbero avere le sue scelte su ciascuno dei suoi quattro "oggetti"/sistemi di riferimento (*referenti*): il (proprio) *corpo*, il (suo) *sistema di orientamento*, i suoi *affini biologici* e gli *affini culturali*. Nel modello, ciascun sistema è intrinsecamente materiale e simbolico (cfr. Gallino 1987, 1992c).

¹ Luciano Gallino (1927-2015), professore emerito di Sociologia presso l'Università di Torino, è oggi considerato uno dei protagonisti della rifondazione della sociologia in Italia nel Secondo dopoguerra.

La valutazione è effettuata basandosi su uno specifico «gruppo di scopi primari, rispetto ai quali ogni altro scopo, e ogni comportamento, rappresentano soltanto un mezzo» (Gallino, 1984, p. 44). Tali scopi preferenziali, denominati *scopi ultimi*, sono tre: sopravvivenza, persistenza e replicazione (*spr*). Essi costituiscono le abilità di vivere – e di continuare a vivere – di un soggetto e si applicano a ciascuno dei suoi *referenti*. L'ipotesi fondamentale del modello, infatti, è che l'attore decida e adotti un determinato comportamento sociale «se il valore del beneficio complessivo in termini di *spr* recato ad uno o più referenti da un dato comportamento appare superare, come soggettivamente definito, il valore del costo complessivo recato agli altri referenti» (Borgna, 1992).

Tale modello qui sinteticamente esposto, come detto, viene utilizzato come riferimento per l'esplorazione di alcuni nuovi approcci e impieghi utilizzati oggi per studiare e riprodurre il comportamento umano: la *simulazione ad agenti* e alcune applicazioni di forme di intelligenza artificiale, come quella del *machine learning* e quella “incarnata” nei *social robot*.

Il secondo tema affrontato sono proprio i modelli ad agenti (*ABM – Agent-based Model*) e la simulazione sociale. L'applicazione di tale metodo allo studio dei fenomeni sociali è un campo di esplorazione relativamente recente in ambito sociologico (Pabjan, 2004; Squazzoni, 2010; Squazzoni, Casnici, 2013; Bianchi, Squazzoni, 2015; Sonzogni, 2011, 2018). In sintesi, un *ABM* è un metodo computazionale che consente al ricercatore di creare, analizzare e fare esperimenti con modelli composti di agenti che interagiscono all'interno di un ambiente (Gilbert, 2008). Si tratta, quindi, di una rappresentazione semplificata della realtà, costruita all'interno del computer per meglio comprendere le dinamiche che avvengono nel mondo reale, particolarmente utile per lo studio dei sistemi complessi e dei fenomeni emergenti (Parisi, 2001; Corposanto, 2004; Terna, Boero, Morini, Sonnessa, 2004; Gilbert, Troitzsch 2005; Squazzoni, 2008; Boero, Morini, Sonnessa, Terna, 2015).

In ambito applicativo, nel lavoro di ricerca sono stati realizzati, attraverso il software *NetLogo*, tre modelli ad agenti, per lo studio del comportamento sociale, per esplorare sia aspetti più legati alla riflessione teorica sia dinamiche insite in contesti e situazioni specifiche nella realtà.

In particolare, la simulazione sociale è stata applicata dapprima alla terna hirschmaniana (Hirschman, 2017). La triade (*exit, voice and loyalty*) illumina una vasta gamma di fenomeni sociali, politici, nonché etici. Consente altresì di osservare più da vicino un soggetto – così come viene descritto da Luciano Gallino nella sua teoria dell'attore sociale – nel passaggio che egli compie da una formazione sociale a un'altra e, in particolare, da un sistema sociale a un altro.

Successivamente sono stati realizzati altri due modelli: una prima simulazione riproduce un'evacuazione di studenti e personale dall'edificio "Palazzo Nuovo" (sede dei Dipartimenti della Scuola di Scienze Umanistiche dell'Università di Torino, su cui insistono circa 15.000 allievi) in un momento di consistente affluenza all'interno della struttura. Il secondo modello ipotizza uno scenario di ripresa delle lezioni universitarie dopo il primo periodo di *lock-down* dovuto alla pandemia Covid-19 e ricostruisce un'uscita con distanziamento sociale da parte degli studenti che popolano il medesimo stabile. Tali modelli consentono di realizzare degli esperimenti "in silico", per tentare di comprendere quali eventi potrebbero verificarsi in una situazione dinamica reale e, dunque, anche quali fattori considerare come rilevanti in determinate circostanze. In particolare, in entrambi i contesti riprodotti al computer, le simulazioni hanno stimato le tempistiche degli avvenimenti, nonché messo in luce alcune criticità che possono accadere, consentendo riflessioni utili a quanti, a vario titolo, si occupano di didattica e sicurezza entro l'Università².

Il terzo tema indagato è il *machine learning* (*ML - apprendimento automatico*), come una delle forme di *intelligenza artificiale* (*IA o artificial intelligence, AI*) oggi utilizzata per il riconoscimento di regolarità e strutture all'interno di realtà e fenomeni complessi. Di fatto, IA è oggi un campo di indagine ampio e multi-sfaccettato e lo stesso termine funge da "ombrello" sotto cui rientrano varie metodologie/sistemi di elaborazione delle informazioni, che affrontano molti compiti differenti (Boden, 2019). In termini generali, l'IA può essere intesa come l'insieme delle tecnologie (*software e hardware*) che sono in grado di riprodurre alcuni aspetti delle funzioni cognitive umane: raccolgono dati ed elaborano informazioni al fine di compiere generalizzazioni ed inferenze appropriate nei contesti analizzati, fino a esibire autonomia, interazione e adattamento rispetto a una certa situazione/ambiente per raggiungere un determinato fine (Grimaldi, 2022; Quintarelli, 2020; Kaplan, 2017). In questi ultimi anni sistemi di IA si stanno diffondendo sempre più all'interno delle società, ricevendo attenzione anche in ambito educativo. Molteplici applicazioni trovano oggi sperimentazione nell'istruzione terziaria.

Per quanto concerne la presente ricerca, si è costruito un modello di ML in grado di fornire previsioni sugli esiti di carriera degli studenti e, in particolare, agli iscritti ai corsi di studi di area pedagogica del Dipartimento di Filosofia e Scienze dell'Educazione. Lo studio si è svolto nell'ambito del progetto "DataLab UniTo: Studenti in corso" – un lavoro sperimentale ampio e articolato che ha coinvolto diversi Dipartimenti e strutture dell'Università di Torino e l'ente CSI-Piemonte – e si è sviluppato attraverso due fasi principali. La prima

² In tal senso, i lavori di simulazione sull'evacuazione e sull'uscita con distanziamento sociale sono stati presentati e discussi nel corso di alcune riunioni in Ateneo e, inoltre, in alcuni convegni scientifici.