

A scuola di coding con Sapientino

Deliverable D4

Analisi dei risultati degli esperimenti con il robot DOC

Paola Ferrarelli¹, Luca Iocchi¹, and Daniele Nardi¹

Dipartimento di Ingegneria Informatica Automatica e Gestionale Università di Roma
La Sapienza

Abstract. Il presente documento descrive i risultati delle analisi dei dati sperimentali raccolti durante il progetto tramite il sito Web sviluppato nell'attività A5 (Deliverable D2).

1 A8. Analisi dei risultati sperimentali

1.1 Raccolta dei dati

Il sito Web per l'inserimento dei questionari e la raccolta dei dati sperimentali è stato aperto il 29/4/2017 ed è stata fornita la password per accedere agli insegnanti durante la prima settimana di maggio 2017. A fronte delle richieste degli insegnanti, il sito è rimasto aperto fino al 15 luglio 2017 per consentire l'inserimento dei dati di tutti i docenti. Ogni docente poteva aprire diverse sessioni di inserimento dei dati e in ogni sessione si potevano inserire i dati di due questionari e della valutazione delle attività da parte del docente. Molti docenti hanno creato più sessioni, usando alcune sessioni come prova e altre per effettuare agevolmente l'inserimento dei dati nei casi in cui i questionari che avevano ricevuto non erano in ordine progressivo. Il sistema di raccolta dei dati è in grado di unire tutti i dati forniti dai docenti indipendentemente dal numero di sessioni aperte. Sono stati raccolti oltre 5000 dati da 257 sessioni aperte da 148 docenti di classi della scuola dell'Infanzia, di I, II e III elementare, distribuiti tra i 5 tipi previsti di questionario: Matematica I, Matematica II, Geografia, Geometria e Infanzia (vedi tabella 1). I dati dovranno essere verificati accuratamente per eliminare errori di inserimento, come duplicazioni e incongruenze (vedi pulizia dei dati). I risultati di tale analisi saranno illustrate nelle sezioni successive. Al progetto hanno partecipato le scuole appartenenti a 12 regioni italiane, la cui distribuzione geografica è rappresentata nella figura 1, coinvolgendo 2911 studenti di età compresa fra i 5 e gli 8 anni, 163 insegnanti e circa 600 robot.

1.2 Pulizia dei dati

Prima di eseguire l'analisi, i dati ricevuti sono stati "puliti" al fine di eliminare errori di inserimento, come duplicazioni e incongruenze. Sono stati accorpati

Numero di	Totale	Infanzia 5a.	I Elem. 6a.	II Elem. 7a.	III Elem. 8a.
classi	155	38	58	52	7
questionari	4926	677	1938	2056	255

Table 1: Numero di classi e questionari coinvolti nel progetto, ordinati per ordine di scuola.

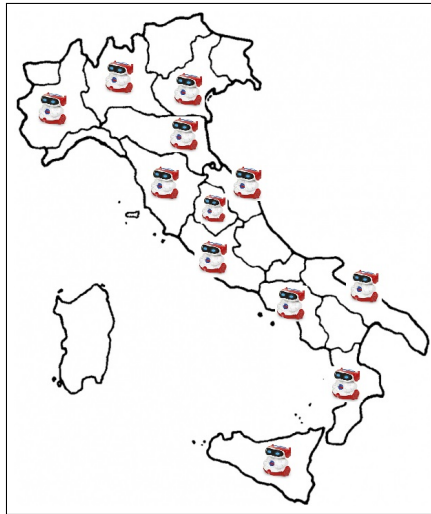


Fig. 1: Distribuzione geografica delle scuole partecipanti al progetto *A scuola di coding con Sapientino*.

i dati appartenenti alla stessa classe, ma provenienti da sessioni diverse. Sono stati eliminati i dati di alunni che hanno eseguito un solo questionario (solo quello iniziale o solo quello finale). Sono stati corretti gli errori di inserimento dati, per esempio nel Genere i casi MM diventano M, FF diventano F e quelli dubbi MF o FM, ricondotti a quelli corretti sapendo il numero totale di maschi e femmine della classe. Di rado, ad alcune domande che requisivano la risposta SI/NO, è stata data la risposta S/N o Vero/Falso o V/F (e viceversa requisivano Vero/Falso e rispondono V/V o S/N o SI/NO). Tali risposte sono state considerate valide laddove non erano ambigue. Ad esempio in una domanda di Geografia, nonostante il campione fosse stato istruito a rispondere con A per indicare Avanti e D per indicare Destra, la risposta D è stata considerata valida per indicare Avanti laddove non ambigua (perché tutta la classe ha usato DX o DE per indicare Destra oppure "A D" per indicare "a destra"). I casi in cui le risposte sono state abbreviate (V anziché Vero) oppure no (rettangolo anziché R, sinistra anziché S), oppure sono state "personalizzate" dall'intera classe (es. DE, DA, S) sono stati ricondotti alla sigla aspettata, laddove non era ambiguo il significato assegnato alla risposta data (DE=destra, DA=avanti, S=sinistra). L'uso dei caratteri maiuscolo e minuscolo non sono fonte di incongruenze. Le risposte che non vengono date (risposte vuote), vengono considerate errate e il numero di tali risposte viene analizzato per cercare ad esempio debolezze del questionario.

1.3 Analisi dei dati

La tabella 2 riassume il numero di classi che hanno compilato i 5 questionari proposti, diviso per livello di scuola. I questionari, iniziale e finale, svolti dagli studenti sono stati corretti e valutati dai ricercatori Sapienza. Per ogni questionario, verranno elencati il numero di studenti che lo hanno eseguito, verranno confrontati i risultati ottenuti dall'alunno nel questionario finale con quelli del suo questionario iniziale, utilizzando il metodo statistico del F test. Ci si propone in tal modo di verificare se ci siano stati miglioramenti nel suo punteggio, dovuti all'utilizzo del robot Doc. Inoltre verrà analizzata la percentuale di alunni che hanno ottenuto il massimo punteggio, la percentuale di risposte lasciate vuote, la percentuale di alunni che migliorano o eguagliano il punteggio del questionario iniziale, infine la percentuale che risponde bene al questionario iniziale, per valutare la qualità del questionario stesso. Sul sito web¹ è possibile trovare il dettaglio delle domande che costituiscono ciascun questionario, sebbene le domande che si sono mostrate critiche, in positivo o in negativo, verranno mostrate e analizzate.

2 Analisi dei questionari valutativi

2.1 Matematica I - codice M

I questionari di Matematica I sono stati compilati da 48 classi, coinvolgendo 886 studenti (445 femmine e 441 maschi). La maggior parte delle classi che hanno

¹ Sito web del progetto con informazioni, materiale aggiuntivo e risultati ottenuti:

<https://sites.google.com/a/dis.uniroma1.it/doc-scuola/attivita>

Numero di classi	Questionari				
	Matematica I	Matematica II	Geografia	Geometria	Infanzia
Infanzia	0	0	0	0	52
I Elementare	44	2	28	32	0
II Elementare	3	37	36	34	0
III Elementare	1	5	3	5	0
Totale	48	44	67	71	52

Table 2: Numero di classi che hanno compilato i 5 questionari proposti, diviso per livello di scuola.

eseguito lo scenario di Matematica I (codice M), sono classi di I Elementare, come si vede dalla tabella 3. Tale risultato peraltro era atteso, perché in fase di sperimentazione (Fase A), i ricercatori Sapienza hanno accolto i feedbacks delle maestre di dividere lo scenario di Matematica in due distinti: uno rivolto alle classi I e l'altro alle classi II. Come vedremo in seguito, le classi II hanno eseguito principalmente scenari di Matematica II, le scuole dell'Infanzia invece gli scenari Infanzia (vedi tabella 2). Per quanto riguarda le classi III elementari, che inizialmente non erano fra i target del progetto, durante la fase di sperimentazione abbiamo ricevuto alcune richieste di partecipazione. Pertanto abbiamo raccolto le loro adesioni ottenendo interessanti risultati.

Questionari di Matematica I	Totale	I Elementare	II Elementare	III Elementare
Classi	48	44 (92 %)	3 (6 %)	1 (2 %)
Studenti	886	810 (91 %)	58 (7 %)	18 (2 %)
robot	192	176	12	4

Table 3: Numero totale di classi e studenti che hanno compilato questionari di Matematica I, di robot Doc utilizzati durante le attività educative, ordinati per livello scolastico.

Analisi statistica La prima analisi che viene qui presentata, considera il punteggio ottenuto da tutti gli studenti a ciascuna domanda del questionario. I risultati, presentati nella tabella 4, mostrano la percentuale di risposte corrette data a ciascuna domanda, prima e dopo l'attività educativa con il robot, la differenza, infine il corrispondente p-value delle due distribuzioni.

Dall'analisi è possibile concludere che le attività educative svolte con il robot Doc, hanno avuto un impatto molto significativo nell'aumento del punteggio ottenuto dagli alunni al questionario di Matematica I. I risultati della tabella sono anche mostrati in forma grafica nella figura 2. Notare che, essendo basso il numero di classi II e III Elementare che hanno compilato questo questionario, il grafico rappresenta i risultati delle classi di I Elementare. Dando uno sguardo più specifico al risultato ottenuto da ciascuno studente, troviamo alcuni andamenti generali molto positivi, che caratterizzano i dati dopo l'uso del robot:

- il 47% degli studenti ottengono un risultato migliore nel questionario finale;
- il 26% degli studenti ottengono lo stesso risultato nel questionario iniziale e finale. Ciò significa che l'attività con il robot, non peggiora la prestazione dello studente. Di questi, l'82% ha voti che spaziano dalla sufficienza al punteggio massimo.

Domande	Prima	Dopo	Differenza	p-value	Significatività
1	60.9 %	68.5 %	7.5 %	8.5e-04	***
2	53.6 %	66.3 %	12.6 %	5.08e-08	****
3	57.1 %	65.5 %	8.3 %	3.03e-04	***
4	54.0 %	60.3 %	6.3 %	7.17e-03	**
5	35.0 %	43.6 %	8.6 %	2.14e-04	***
6	73.9 %	80.4 %	6.4 %	1.25e-03	**
7	71.4 %	76.5 %	5.1 %	1.48e-02	*
8	89.7 %	88.1 %	-1.6 %	2.89e-01	-

Table 4: Percentuale di risposte esatte nei questionari di Matematica I, prima e dopo aver eseguito l'attività educativa usando il robot Doc, p-value della distribuzione statistica e corrispondente livello di significatività.

- la percentuale di studenti che ottengono il punteggio massimo, ovvero rispondono bene a tutte le domande del questionario, aumenta del 6% (dal 19% al 25%);
- solo pochi studenti non rispondono alle domande (risposta vuota), ma per le domande 4 e 5 il numero decresce dopo l'attività col robot, mentre rimane uguale per le domande 2, 6 e 7.

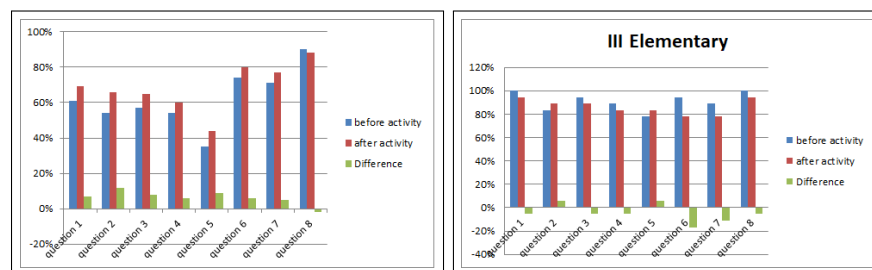


Fig. 2: Matematica I. *A sinistra*: per ogni domanda del questionario, percentuale di studenti di I, II e III Elementare, che rispondono correttamente prima e dopo l'attività educativa con il robot Doc, e la differenza. *A destra*: i risultati degli studenti di III Elementare.

Le domande del questionario iniziale, eccetto la domanda 5 (vedi figura 4), ottengono più del 50% di risposte corrette. Ciò conferma che il questionario è ben calibrato sul livello degli studenti di I Elementare, grazie ai feedback delle maestre nella fase di sperimentazione degli strumenti di misura utilizzati nel presente progetto. L'andamento decrescente dei punteggi nel tempo (l'ultima domanda, la 8, ha una differenza negativa in tutti gli ordini di scuola), è probabilmente dovuto all'affaticamento nel rispondere a 8 domande di Matematica.

Nell'istogramma a destra, nella figura 2, vengono mostrati i dati relativi agli studenti di III Elementare. Seppure questi dati non siano statisticamente ril-

evanti, a causa del basso numero di classi partecipanti (una classe), possiamo tuttavia osservare un'altissima percentuale di risposte corrette (89% in media) rispetto agli studenti di I Elementare (65% in media) dovuta al fatto che i questionari di Matematica sono stati pensati per studenti di I Elementare, e l'alto numero di domande con una differenza negativa (-6% equivale ad uno studente) sono probabilmente dovute alla perdita di motivazione nel fare una seconda volta (nel questionario finale) domande banali per il loro livello. Impariamo pertanto che il miglioramento nelle prestazioni degli alunni dopo l'attività con il robot dipende da come tali attività sono disegnate, non soltanto dalla presenza del robot stesso.

Differenza positiva Come si può vedere dalla tabella 4, la maggior parte dei risultati sono estremamente significativi (domande 1, 2, 3, 5), due sono molto significativi (domande 4 e 6), uno è significativo (domanda 7). I testi delle domande sono riportati nelle figure 3, 4 e 5.

Differenza negativa La domanda 8 è l'unica ad avere una differenza negativa, ma ai fini statistici non è significativa.

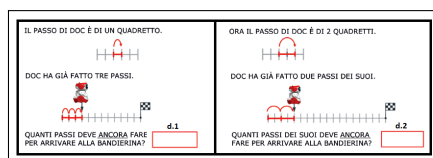


Fig. 3: Matematica I: domande 1 e 2 del questionario.

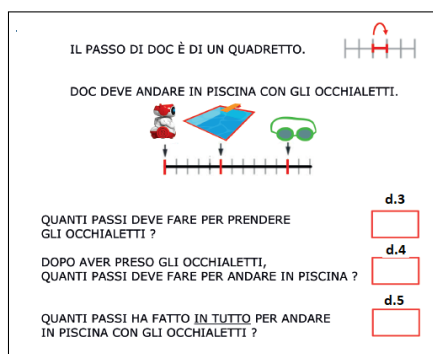



Fig. 4: Matematica I: domande 3, 4 e 5 del questionario.

2.2 Matematica II - codice X

I questionari di Matematica II sono stati compilati da 44 classi, coinvolgendo 823 studenti (398 femmine e 425 maschi). La maggior parte delle classi che hanno

COMPLETA LA STORIA.

SCRIVI I NUMERI AL POSTO GIUSTO.

 *"DOC PERCORRE UNA STRADA LUNGA QUADRETTI.*

HA GIA' PERCORSO QUADRETTI

GLI RIMANGONO QUINDI DA PERCORRERE QUADRETTI."

Fig. 5: Matematica I: domande 6 e 7 del questionario.

eseguito lo scenario di Matematica II (codice X), sono classi di II Elementare, come si vede dalla tabella 5. Tale risultato peraltro era atteso, perché in fase di sperimentazione (Fase A), i ricercatori della Sapienza hanno accolto i feedbacks delle maestre di dividere lo scenario di Matematica in due distinti: uno rivolto alle classi I e l'altro alle classi II. Le scuole dell'Infanzia sono assenti perché hanno compilato i questionari ad essi dedicati (vedi tabella 2). Per quanto riguarda le classi III elementari, che inizialmente non erano fra i target del progetto, durante la fase di sperimentazione abbiamo ricevuto alcune richieste di partecipazione. Pertanto abbiamo raccolto le loro adesioni ottenendo interessanti risultati.

Questionari di Matematica II	Totale	I Elementare	II Elementare	III Elementare
Classi	44	2 (5 %)	37 (84 %)	5 (11 %)
Studenti	823	29 (4 %)	708 (86 %)	86 (10 %)
robot	176	8	148	20

Table 5: Numero totale di classi e studenti che hanno compilato questionari di Matematica II, di robot Doc utilizzati durante le attività educative, ordinati per livello scolastico.

Analisi statistica I risultati, presentati nella tabella 6, mostrano la percentuale di risposte corrette data a ciascuna domanda, prima e dopo l'attività educativa con il robot, la differenza, infine il corrispondente p-value delle due distribuzioni. Come si può vedere dalla tabella le differenze sono tutte positive, i risultati nelle domande 1 e 3 sono estremamente significativi, quelli ottenuti nelle domande 4, 5 e 7 sono significativi. Dall'analisi è possibile concludere che le attività educative svolte con il robot Doc, hanno avuto un impatto significativo nell'aumento del punteggio ottenuto dagli alunni al questionario di Matematica 2. I risultati della tabella sono anche mostrati in forma grafica nella figura 6. Confrontando le tabelle 4 e 6, notiamo che i punteggi ottenuti nelle domande 1, 3, 4, 5 e 7 ottengono livelli di significatività alti sia nel caso di alunni di I che di II elementare, mostrando pertanto che il robot aiuta l'apprendimento del concetto della linea dei numeri. In generale possiamo notare che:

- la percentuale di studenti che ottengono il punteggio massimo, ovvero rispondono bene a tutte le domande del questionario, aumenta del 8% (dal 17% al 25%);

Domande	Prima	Dopo	Differenza	p-value	Significatività
1	57.5%	70.4%	12.9%	4.7e-08	****
2	59.3%	63.2%	3.9%	1.1e-01	-
3	52.0%	63.8%	11.8%	1.2e-06	****
4	30.5%	35.6%	5.1%	2.8e-02	*
5	80.0%	84.3%	4.3%	2.1e-02	*
6	57.7%	61.6%	3.9%	1.1e-01	-
7	53.8%	59.3%	5.5%	2.5e-02	*
8	92.0%	92.1%	0.1%	9.3e-01	-

Table 6: Percentuale di risposte esatte nei questionari di Matematica 2, prima e dopo aver eseguito l'attività educativa usando il robot Doc, p-value della distribuzione statistica e corrispondente livello di significatività.

- il 42% degli studenti ottengono un risultato migliore nel questionario finale.
- il 31% ottiene lo stesso punteggio prima e dopo l'attività, confermando che l'utilizzo del robot non peggiora le prestazioni degli studenti. L'81% di questi sono risultati che variano dalla sufficienza al massimo voto;
- più del 50% degli studenti rispondono correttamente al questionario iniziale, confermando la corretta calibrazione delle domande per il livello scolastico. Fa eccezione la domanda 4 (figura 8), che all'inizio pertanto risulta sfidante per gli alunni, e alla fine raggiunge un livello di significatività oggettivo.
- seppure solo due classi di I Elementare abbiano compilato il questionario di Matematica II, notiamo che nessun alunno di I Elementare ottiene il massimo punteggio, né prima né dopo l'attività con il robot. Il 24% migliora nel questionario finale, mentre il 28% mantiene lo stesso punteggio. Ciò è una conferma del fatto che gli strumenti di misura, nel nostro caso i questionari, devono essere disegnati accuratamente al fine di ottenere risultati non fuorvianti.

Nell'istogramma nella figura 7, vengono mostrati i dati relativi agli studenti di III Elementare. Seppure questi dati non siano statisticamente rilevanti, a causa del basso numero di classi partecipanti (cinque classi), possiamo tuttavia osservare un'alta percentuale di risposte corrette (76% in media) rispetto agli studenti di II Elementare (63% in media), già nel questionario iniziale (più del 66%), dovuta al fatto che i questionari di Matematica sono stati pensati per studenti di II Elementare. La domanda 4 del questionario risulta essere sfidante anche per gli studenti di III Elementare, poiché meno del 50% della classe risponde bene già nel questionario iniziale.

2.3 Geometria - codice H

I questionari di Geometria sono stati compilati da 71 classi, coinvolgendo 1308 studenti (644 femmine e 664 maschi). Le classi che hanno compilato il questionario di Geometria (codice H), sono classi di I e II Elementare, come si vede dalla tabella 7. Le scuole dell'Infanzia non sono presenti perché hanno compilato quello dedicato (vedi tabella 2). Per quanto riguarda le classi III elementari, che

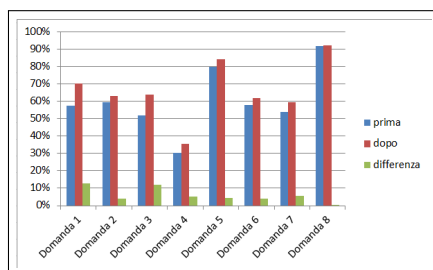


Fig. 6: Per ogni domanda del questionario di Matematica II, percentuale di studenti di I, II e III Elementare, che rispondono correttamente prima e dopo l'attività educativa con il robot Doc, e la differenza tra i risultati.

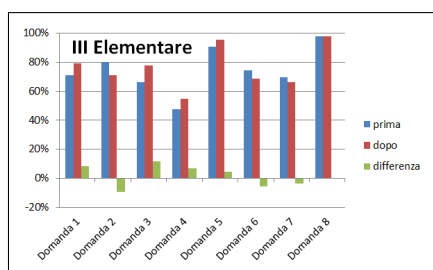


Fig. 7: Per ogni domanda del questionario di Matematica II, percentuale di studenti di III Elementare, che rispondono correttamente prima e dopo l'attività educativa con il robot Doc, e la differenza tra i risultati.

Il passo di Zap è di un quadretto.

Zap deve andare al campo da tennis con la racchetta.

Quantità passi deve fare per prendere la racchetta ?

Quantità passi ha fatto in tutto per andare al campo da tennis con la racchetta ?

Fig. 8: Matematica II: domanda 3 e 4 del questionario.

inizialmente non erano fra i target del progetto, durante la fase di sperimentazione abbiamo ricevuto alcune richieste di partecipazione. Pertanto abbiamo raccolto le loro adesioni ottenendo interessanti risultati.

Questionari di Geometria	Totale	I Elementare	II Elementare	III Elementare
Classi	71	32 (45 %)	34 (48 %)	5 (7 %)
Studenti	1308	584 (45 %)	635 (49 %)	89 (7 %)
robot	284	128	136	20

Table 7: Numero totale di classi e studenti che hanno compilato questionari di Geometria, di robot Doc utilizzati durante le attività educative, ordinati per livello scolastico.

Analisi statistica I risultati, presentati nella tabella 8, mostrano la percentuale di risposte corrette data a ciascuna domanda, prima e dopo l'attività educativa con il robot, la differenza, infine il corrispondente p-value delle due distribuzioni. I risultati della tabella sono anche mostrati in forma grafica nella figura 9. In

Domande	Prima	Dopo	Differenza	p-value	Significatività
1	9.2%	68.8%	59.6%	1.4e-141	****
2	91.5%	88.5%	-3.0%	6.4e-02	*
3	85.6%	82.4%	-3.2%	9.7e-02	*
4	82.2%	83.2%	1.0%	6.2e-01	-
5	82.5%	83.9%	1.4%	4.8e-01	-
6	85.9%	79.2%	-6.7%	8.2e-04	***
7	92.4%	89.8%	-2.6%	7.7e-02	*
8	76.6%	79.0%	2.4%	2.8e-01	-

Table 8: Percentuale di risposte esatte nei questionari di Geometria, prima e dopo aver eseguito l'attività educativa usando il robot Doc, p-value della distribuzione statistica e corrispondente livello di significatività.

generale si nota che:

- nel questionario iniziale solo il 5% degli studenti ottiene il voto massimo, mentre nel questionario finale lo ottengono il 45% (+40%);
- il 60% degli studenti ottiene un voto migliore, mentre il 23% ottiene lo stesso voto;
- più del 75% degli studenti rispondono correttamente a 7 domande su 8 già nel questionario iniziale (fa eccezione la domanda 1). Significa che le domande sono ben calibrate per il livello scolastico ma forse troppo facili, per questo sia il miglioramento che il peggioramento sono lievi;
- la domanda 1 sembra avere le caratteristiche tali che l'attività con il robot la rendono di facile soluzione dopo aver eseguito l'attività educativa (il 69% degli studenti la risolvono correttamente, rispetto all'11% iniziale).

Differenza positiva Come si può vedere dalla tabella 8, i risultati nella domande 1 sono estremamente significativi, con una differenza positiva (figura 10). Una approfondita analisi mostra che il miglioramento nella domanda 1, coinvolge gli studenti di tutti i livelli (I, II e III).

Differenza negativa I risultati ottenuti nella domanda 6 sono molto significativi mentre quelli ottenuti nelle domande 2, 3 e 7 sono significativi (il testo delle domande è mostrato nella figura 11). La differenza negativa però è indice del fatto che le attività educative svolte con il robot Doc, non migliorano i risultati del questionario finale in modo positivo, come invece avviene utilizzandolo nello scenario della domanda 1.

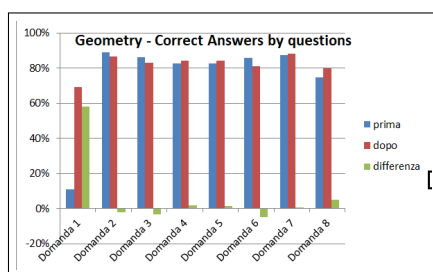


Fig. 9: Per ogni domanda del questionario di Geometria, percentuale di studenti di I, II e III Elementare, che rispondono correttamente prima e dopo l'attività educativa con il robot Doc, e la differenza tra i risultati.

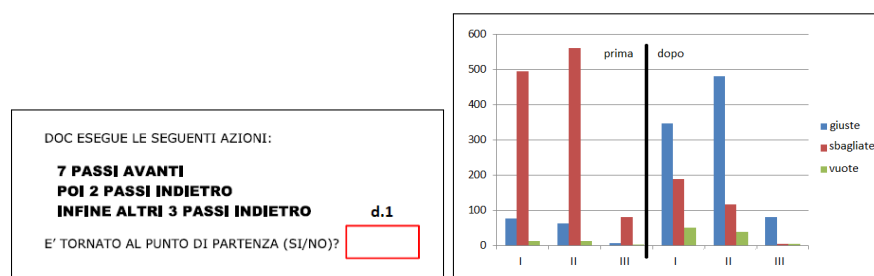


Fig. 10: Geometria, domanda 1. *Sinistra*) Testo della domanda. *Destra*) Dettaglio delle risposte.

2.4 Geografia - codice G

I questionari di Geografia sono stati compilati da 67 classi, coinvolgendo 1232 studenti (592 femmine e 640 maschi). Le classi che hanno compilato il ques-

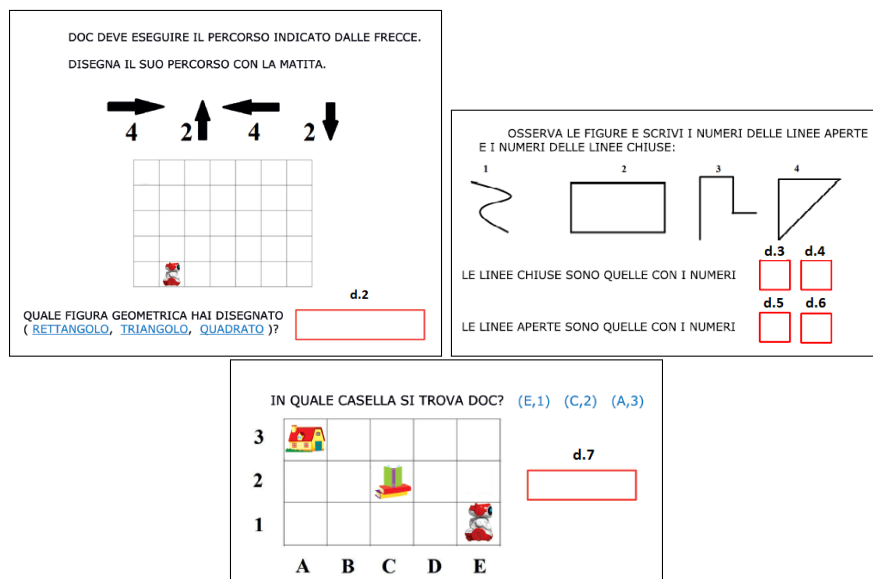


Fig. 11: Geometria: domande 2-7 del questionario.

tionario di Geografia (codice G), sono classi di I e II Elementare, come si vede dalla tabella 9. Le scuole dell'Infanzia non sono presenti perché hanno compilato quello dedicato (vedi tabella 2). Per quanto riguarda le classi di III elementare (tre), che inizialmente non erano fra i target del progetto, durante la fase di sperimentazione abbiamo ricevuto alcune richieste di partecipazione. Pertanto abbiamo raccolto le loro adesioni ottenendo interessanti risultati.

Questionari di Geografia	Totale	I Elementare	II Elementare	III Elementare
Classi	67	28 (42 %)	36 (54 %)	3 (4 %)
Studenti	1232	515 (42 %)	655 (53 %)	62 (5 %)
robot	268	112	144	12

Table 9: Numero totale di classi e studenti che hanno compilato questionari di Geografia, di robot Doc utilizzati durante le attività educative, ordinati per livello scolastico.

Analisi statistica I risultati, presentati nella tabella 10, mostrano la percentuale di risposte corrette data a ciascuna domanda, prima e dopo l'attività educativa con il robot, la differenza, infine il corrispondente p-value delle due distribuzioni. I risultati della tabella sono anche mostrati in forma grafica nella figura 12.

In generale possiamo notare che:

- la percentuale di alunni che ottengono il punteggio massimo al questionario, diminuisce del 2%. Nel dettaglio, si vede che diminuiscono i punteggi massimi

Domande	Prima	Dopo	Differenza	p-value	Significatività
1	47.0%	57.7%	10.7%	9.4e-08	****
2	77.0%	83.5%	6.5%	5.0e-05	****
3	54.1%	52.6%	-1.5%	4.7e-01	-
4	48.4%	49.3%	0.9%	6.6e-01	-
5	88.0%	93.8%	5.8%	4.3e-07	****
6	69.9%	50.6%	-19.3%	4.7e-23	****
7	40.7%	40.0%	-0.7%	7.4e-01	-
8	54.4%	57.1%	2.7%	1.7e-01	-
9	75.1%	46.9%	-28.3%	1.8e-48	****

Table 10: Percentuale di risposte esatte nei questionari di Geografia, prima e dopo aver eseguito l'attività educativa usando il robot Doc, p-value della distribuzione statistica e corrispondente livello di significatività.

- degli alunni di I (-4%) e III elementare (-3%), mentre quelli di II aumentano (+1%);
- il 33% degli studenti migliora il suo punteggio, mentre il 23% lo mantiene uguale, dopo aver eseguito le attività educative con il robot;
- le risposte vuote nel questionario finale non contribuiscono significativamente al peggioramento (nella domanda 9 per esempio diminuiscono);

Differenza positiva I risultati nelle domande 1, 2 e 5 sono estremamente significativi (vedi figure 13 e 14). Una analisi approfondita mostra che questi risultati sono comuni agli studenti di I, II e III elementare. Inoltre, più del 70% degli studenti rispondono bene alle domande 2 e 5 già nel questionario iniziale.

Differenza negativa Come si può vedere dalla tabella 10, i risultati nelle domande 3, 6, 7, e 9 mostrano delle differenze negative (figura 13 e 14). Una analisi approfondita mostra che non sono significativi per le domande 3 e 7, mentre sono estremamente significativi nel caso delle domande 6 e 9. Inoltre, più del 70% degli studenti rispondono bene alle domande 6 e 9 già nel questionario iniziale. Questi risultati sono comuni agli studenti di I, II e III elementare.

2.5 Infanzia - codice I

I questionari dell'Infanzia sono stati compilati da 52 classi, coinvolgendo 677 studenti (347 femmine e 330 maschi). Le classi che hanno compilato il questionario dell'Infanzia (codice I), sono esclusivamente classi della scuola dell'Infanzia e gli studenti frequentano l'ultimo anno (5-6 anni di età). La tabella 11 riassume questi dati.

	classi	studenti	robot
Questionari dell'Infanzia	52	677	208

Table 11: Numero totale di classi, studenti che hanno compilato il questionario dell'Infanzia, e di robot Doc utilizzati durante le attività educative.

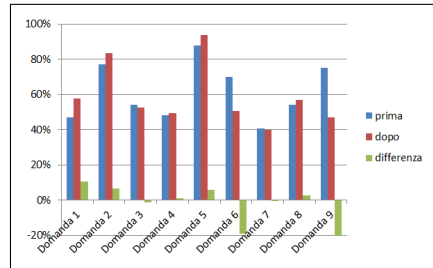


Fig. 12: Per ogni domanda del questionario di Geografia, percentuale di studenti di I, II e III Elementare, che rispondono correttamente prima e dopo l'attività educativa con il robot Doc, e la differenza tra i risultati.

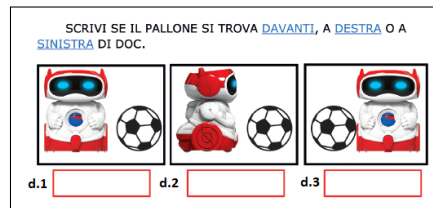


Fig. 13: Geografia: domande 1-3 del questionario.

DOC VUOLE RAGGIUNGERE LA STELLINA SEGUENDO IL PERCORSO DISEGNATO

SCRIVI SE CIASCUNA FRASE È VERA O FALSA: VERO O FALSO

d.5	PRIMA È ANDATO AVANTI DI 3 PASSI	<input type="text"/>
d.6	POI HA GIRATO A DESTRA	<input type="text"/>
d.7	INFINE HA FATTO 1 PASSO AVANTI	<input type="text"/>

I DUE DOC SI MUOVONO SEGUENDO LE STESSA ISTRUZIONI

AVANTI DI 2 QUADRETTI,
GIRA A SINISTRA,
AVANTI DI 2 QUADRETTI.

DISEGNA I PERCORSI

RAGGIUNGONO TUTTE E DUE LA CASETTA (SI/NO)?

d.9

Fig. 14: Geografia: domande 5-7 e domanda 9 del questionario.

Analisi statistica I risultati, presentati nella tabella 12, mostrano la percentuale di risposte corrette data a ciascuna domanda, prima e dopo l'attività educativa con il robot, la differenza, infine il corrispondente p-value delle due distribuzioni. Come si può vedere dalla tabella non ci sono differenze negative e la percentuale di studenti che rispondono correttamente, dopo aver eseguito l'attività con il robot Doc, aumenta in tutte le domande. In particolare i risultati nelle domande 2 (testo riportato nella figura 16), 3 e 4 sono rispettivamente estremamente, molto significativi e significativi. La domanda 2 è relativa al concetto di destra e sinistra, riferito ad un oggetto che è altro da sé. I risultati della tabella sono anche mostrati in forma grafica nella figura 15.

Domande	Prima	Dopo	Differenza	p-value	Significatività
1	91.1%	92.6%	1.5%	3.202302e-01	-
2	58.8%	78.1%	19.3%	1.017399e-14	****
3	87.6%	93.1%	5.5%	6.614580e-04	***
4	53.2%	60.6%	7.4%	6.052410e-03	**
5	54.7%	58.5%	3.8%	1.542269e-01	-

Table 12: Percentuale di risposte esatte nei questionari dell'Infanzia, prima e dopo aver eseguito l'attività educativa usando il robot Doc, p-value della distribuzione statistica e corrispondente livello di significatività.

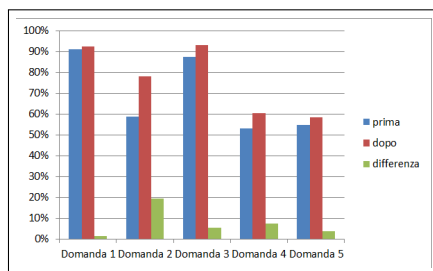


Fig. 15: Per ogni domanda del questionario Infanzia, percentuale di studenti della scuola dell'Infanzia, che rispondono correttamente prima e dopo l'attività educativa con il robot Doc, e la differenza tra i risultati.

In generale possiamo notare che:

- la percentuale di alunni che ottengono il punteggio massimo al questionario, aumenta del 9% dopo aver eseguito l'attività didattica con il robot;
- il 33% degli studenti migliora il suo punteggio, mentre il 57% lo mantiene uguale, dopo aver eseguito le attività educative con il robot;
- più del 50% degli studenti rispondono bene alle domande già nel questionario iniziale, pertanto il questionario è ben calibrato sul livello scolastico;



Fig. 16: Infanzia: domanda 1 e 2 del questionario.

- la percentuale di risposte vuote è minore o uguale al 5%, sia nel questionario iniziale che in quello finale. Da notare che le domande 2 e 5 sono quelle che raccolgono il maggior numero di risposte vuote.

3 Analisi dei questionari di feedback

Gli insegnanti che hanno partecipato al progetto possono essere distinti in 3 categorie: i *neofiti*, gli *apprendisti* e gli *esperti*. I *neofiti*, sono insegnanti non esperti nel coding o nella robotica. Non hanno mai usato robot o coding per insegnare. Hanno accettato di partecipare per curiosità o consigliati da colleghi a provare, nonostante la mancanza di basi specifiche. Sono gli insegnanti più esitanti e dubbiosi circa i risultati positivi ottenuti da una didattica alternativa come questa che utilizza i robot. Questo progetto rappresenta per loro un banco di prova ed una opportunità di avvalersi del materiale educativo pubblicato sul sito web del progetto.

Gli *apprendisti*, insegnanti che hanno partecipato a corsi di coding online o in classe ma non hanno una solida esperienza in classe. Sono all’inizio della loro preparazione e hanno sperimentato in classe usando Scratch o Scratch Junior o usando sporadicamente Doc o altri robot, come Bee Bot, Blue bot, Mio Robot o Cyber Robot Clementoni. Si mostrano entusiasti e fiduciosi nei risultati di una nuova didattica, ma anche un po’ dubbiosi.

Gli *esperti*, insegnanti che hanno un’esperienza medio-forte di coding e robotica in classe. Hanno già usato strumenti come Lego WeDo, più cari e sofisticati rispetto a Doc, perché il robot deve essere assemblato, scegliendo i pezzi e i sensori. Hanno partecipato con i loro studenti a competizioni nazionali o internazionali come RoboCup Junior o RomeCup. Sono la minoranza nel nostro campione di insegnanti che hanno partecipato al progetto, ma sono il gruppo più critico e scettico riguardo le prestazioni di uno strumento semplice come Doc.

Complessivamente, hanno tutti commentato che Doc, presentandosi come un amico, viene utilizzato dai bambini con gioia e divertimento, senza paura di commettere errori. Ciò rende Doc un buono strumento per introdurre gli studenti più giovani (5-8 anni) alla robotica educativa e al coding. Molti insegnanti

sottolineano come, usando una didattica non tradizionale, tutti gli studenti fossero attivi e interessati, anche quelli che di solito non vengono valutati come studenti motivati. Infine, gli insegnanti rimarcano l'importanza di considerare l'errore come un punto di partenza per superare una sfida e non come un motivo di frustrazione.

Analizzando i questionari di feedback, in totale 149 schede, si evince che:

- il 75% degli insegnanti coinvolti conosce i concetti di base della robotica educativa e della programmazione (coding);
- per il 50% di loro è stata la prima esperienza di robotica educativa condotta in classe;
- il 95% userebbe nuovamente il robot mobile DOC per ulteriori attività didattiche in futuro.

Infine, la valutazione complessiva del robot DOC è stata valutata pari a 4,4, su una scala da 1 a 5.

4 Conclusioni

Al termine del progetto, possiamo dire che su 38 domande dispensate, il 76% hanno ottenuto un punteggio finale migliore di quello iniziale; solo il 16% ottengono un punteggio inferiore con livelli di significatività non nulli, di cui il 5% sono molto significativi e sono relativi a Geografia, mentre l'11% sono significativi e sono relativi a Geometria. Da considerare che gli scenari di Geometria ottenevano in media una percentuale di risposte corrette del 75% già nel questionario iniziale, rispetto a quella degli altri scenari che è minore o uguale al 60% (escludendo Infanzia). Ciò è dovuto alla semplicità delle figure geometriche tracciate dal robot Doc, dovuto al passo fisso di 13 cm e alla rotazione di angolo fisso di 90 gradi.

L'analisi dati ha evidenziato un contributo molto significativo relativamente agli scenari di **Matematica**, sia 1 che 2, riguardante il concetto della linea dei numeri.

Per quanto riguarda **Geometria** si riscontra un risultato estremamente significativo, con delta positivo, nelle domande le cui risposte implicano la visualizzazione di una serie di istruzioni scritte; mentre un risultato molto significativo, ma con delta negativo, nelle domande inerenti il riconoscimento delle linee aperte e chiuse, probabilmente dovuto al fatto che il robot Doc non disegna la linea mentre cammina; infine significativo con delta negativo se il robot si muove eseguendo delle rotazioni sul piano.

I risultati di **Geografia** sono estremamente significativi nelle domande che riguardano il concetto di destra/sinistra/avanti, relativo ad un oggetto che è altro da sé, e il movimento lineare; si riscontra invece un risultato estremamente significativo, ma con delta negativo, nelle domande che coinvolgono movimenti con rotazioni del robot sul piano, come già notato a Geometria.

Nelle scuole dell'**Infanzia** l'attività con il robot ha riportato risultati estremamente significativi nelle domande che riguardano il concetto di destra/sinistra, relativo ad un oggetto che è altro da sé; e risultati molto significativi nelle

domande sul concetto di "percorso evitando ostacoli prestabiliti (non lineare)" e significativi se il percorso è lineare.

5 Lavoro futuro

In questo paragrafo si riportano idee di possibili lavori futuri che possono completare la ricerca suddetta:

- creare gruppi di controllo formati da alunni che eseguano i questionari di Matematica, Geometria e Geografia, dopo aver essere stati istruiti con metodi didattici alternativi rispetto all'uso di un robot fisico come Doc (ad esempio simulatori di robot virtuali o metodi tradizionali di insegnamento delle discipline);
- comparare i risultati ottenuti utilizzando il robot Doc, con quelli ottenuti utilizzando un robot fisico che abbia caratteristiche diverse (ad esempio passo e angoli di rotazione personalizzabili).