

ICT E LIVELLI DI APPRENDIMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA: UN'ANALISI SULL'IMPATTO DELLA LIM IN CLASSE

Gianluca Argentin, Università Cattolica del Sacro Cuore (Milano),

Gianluca.argin@unicatt.it

Tiziano Gerosa, Università degli Studi di Milano-Bicocca,

Tiziano.gerosa@unimib.it

Autore per corrispondenza: Gianluca Argentin

SOMMARIO

Grazie alla crescente diffusione delle ICT in ambito educativo, l'esperienza scolastica degli studenti sembra contribuire sempre più attivamente alla costruzione del loro bagaglio di competenze digitali. Meno chiaro, invece, è il rapporto che intercorre fra l'utilizzo di tali tecnologie e i rendimenti in materie curricolari come italiano o matematica. Il presente articolo si focalizza sulla Lavagna Interattiva Multimediale (LIM), un dispositivo sul quale sono stati fatti ingenti investimenti pubblici nel corso degli ultimi anni. Ricorrendo a un database originale, frutto dell'unione tra il Questionario Insegnante e i test standardizzati INVALSI 2013-2014, si stimano gli effetti della presenza di una LIM in classe sulle performance scolastiche degli alunni al secondo grado di istruzione della scuola primaria. Questo lavoro presenta due principali vantaggi rispetto a buona parte della letteratura pregressa sul tema. In primo luogo, sfrutta un campione nazionale ampio e statisticamente rappresentativo, dotato di un considerevole grado di validità esterna. In secondo luogo, tiene sotto controllo un ampio insieme di caratteristiche degli studenti, degli insegnanti, delle classi e delle scuole coinvolte potenzialmente in grado di distorcere le stime di impatto della LIM. Le analisi comprendono modelli alternativi di stima dell'impatto delle LIM sui risultati dei test di italiano e matematica (ai livelli individuale e di classe), combinando le tecniche di regressione multivariata e abbinamento statistico (*Propensity Score Matching*). I risultati concordano nel mostrare un effetto nullo della LIM sui rendimenti scolastici degli studenti, mettendo in dubbio la legittimità degli ingenti investimenti pubblici indirizzati alla sua introduzione negli anni iniziali della

scuola primaria. Nel paragrafo conclusivo dell'articolo si discutono i limiti delle analisi condotte, formulando raccomandazioni per valutazioni future più robuste e funzionali alle scelte di investimento da parte del decisore pubblico.

PAROLE CHIAVE

Lavagne Interattive Multimediali (LIM), risultati degli studenti, scuola primaria, valutazione dell'impatto, analisi controfattuale

ABSTRACT

The recent introduction of ICTs in compulsory education has actively contributed to the development of students' digital literacy. Less clear, however, is the ratio of the relationship between the use of these technologies in the classroom and students' performance in the curricular areas of Literacy and Math. Using an original database, resulting from a merge between the INVALSI Teacher Questionnaire and students' standardized tests for the year 2013-2014, this article estimates the effects produced by Interactive Whiteboards (IWB) on second grade students' performances in Literacy and Math assessments. This study has two main advantages over much of the previous literature. First of all, it is based on a large sample which is representative at the national level and it ensures a considerable degree of external validity. Second, it allows the estimation of IWBs' impacts taking into account a rich set of control variables related to students, teachers, classes and schools characteristics. The analysis includes several alternative statistic models (both at individual and class level) and it combines multivariate regression (MLR) and propensity score matching (PSM). Results converge, showing a null effect of IWBs on students' performances. This conclusion questions the legitimacy of recent public investments made in order to disseminate IWBs within schools. In addition, we remark the limitations of our study, providing recommendations in order to address future assessments on more robust methods.

KEYWORDS

Interactive whiteboards, student achievement, primary education, impact estimation, counterfactual analysis

1 Introduzione

Grandi speranze sono riposte dai decisori pubblici nella digitalizzazione della scuola italiana, come dimostrano non solo le risorse investite negli ultimi decenni,¹ ma anche l'enfasi posta dal *Piano Nazionale Scuola Digitale*, rilanciato dall'attuale governo. Effettivamente, l'introduzione dei dispositivi digitali può permettere agli insegnanti di adottare forme di didattica inedite, ad esempio combinando materiali di diversa natura proveniente da molte fonti in un unico documento prodotto in classe con i propri studenti, ma può anche arricchire lo scambio maggiore di documentazione con i colleghi. I dispositivi digitali si caratterizzano soprattutto per la possibilità di accrescere la centralità degli studenti e avvicinare la scuola a forme comunicative e di apprendimento tipiche dei cosiddetti «nativi digitali» (Prensky, 2001), ovvero alle generazioni di studenti cresciuti immersi nelle tecnologie digitali e abituati quindi a interagire con dispositivi multimediali e processi di accesso alla conoscenza non lineari e monodirezionali. Tale abitudine si configura come problematica, dal momento che si associa a competenze digitali modeste (Gui & Argentin, 2011).

Particolarmente interessante è il caso della scuola primaria, non solo perché per i più giovani la presenza dei dispositivi digitali nella crescita è stata ancora più onnicomprensiva, ma anche perché la scuola agisce in questo caso su una fascia d'età cruciale, dal momento che anche piccoli guadagni di apprendimento in questa età hanno poi ricadute di lungo corso fino all'età adulta (Heckman, 2006). Questi processi sembrano ancora più importanti in un sistema scolastico come quello italiano, caratterizzato per la scuola primaria da un corpo docente estremamente femminilizzato già nell'ultimo ventennio, con un'età media che è andata rapidamente crescendo (Argentin, 2013) e, soprattutto, con una formazione specifica verso l'uso didattico delle ICT piuttosto limitata.²

In questo articolo affrontiamo il tema della diffusione di tecnologie digitali nella scuola italiana, focalizzandoci sulla Lavagna Interattiva Multimediale (LIM³). Si tratta di uno strumento didattico che è andato diffondendosi nel corso degli ultimi anni, soprattutto grazie a massicci piani di investimento nazionali e locali che lo hanno reso parte rilevante del processo di digitalizzazione delle scuole italiane. Più precisamente, ci si focalizza sull'impatto della LIM sugli apprendimenti degli alunni nei primi anni della scuola primaria. Confrontiamo quindi gli apprendimenti degli studenti che stanno in una clas-

¹ Si pensi, ad esempio, all'ingente flusso di risorse che dal 2007 al 2013 è stato destinato alle ICT grazie alle politiche di investimento previste dall'Obiettivo Convergenza.

² Si rammenta, a tal proposito, che è recente nel nostro Paese la predisposizione di percorsi universitari obbligatori specificamente rivolti alla formazione degli insegnanti.

³ La LIM è un dispositivo progettato per proiettare documenti digitali da computer su una lavagna, che consente però agli utenti di interagire con essi attraverso vari tipi di software e controlli digitali, come ad esempio la penna elettronica o il *touch screen* (DiGregorio & Sobel-Lojeski, 2010) e può essere collegata a dispositivi connessi alla Rete.

se in cui questo dispositivo è presente con quelli che, invece, non lo hanno a disposizione. Si tratta, evidentemente, di circoscrivere in modo piuttosto radicale l'ampio tema della digitalizzazione dei contesti scolastici della cosiddetta terza infanzia (dai 6 agli 8 anni). Proprio questo esercizio di riduzione ci pare però particolarmente utile, per diverse ragioni. In primo luogo, focalizzarsi su un singolo supporto, peraltro particolarmente rilevante, consente di evitare vacue retoriche sulla digitalizzazione e forza invece a indagare i processi reali in atto nel sistema. In secondo luogo, circoscrivere l'interrogativo consente di adottare una prospettiva valutativa di stampo controfattuale,⁴ compiendo così un ulteriore passo nella direzione della concretezza e costringendo a prendere sul serio il tema delle ricadute della digitalizzazione. Va detto che, in termini comparativi, studi controfattuali rigorosi sono ancora poco diffusi nel nostro Paese (Martini & Trivellato, 2011) e che poche sono le esperienze che hanno valutato rigorosamente gli impatti della digitalizzazione del sistema scolastico sull'apprendimento degli studenti. A nostra conoscenza, solo due lavori (dei quali diremo in seguito) si sono precedentemente spinti in questa direzione (Giusti et al., 2015; Rettore & Checchi, 2014) e nessuno dei due era focalizzato sulle lavagne digitali nel contesto della scuola primaria. Il nostro esercizio contribuisce quindi a colmare un ambito povero di evidenza empirica, a dispetto dei cospicui investimenti di risorse pubbliche che lo caratterizzano. Inoltre, il nostro lavoro presenta dei punti di forza sul piano metodologico, dei quali meglio diremo nel corso del testo, ma che pare utile sintetizzare sin da subito: da un lato, siamo in grado di stimare l'impatto della LIM su un campione nazionale di studenti, disponendo di dati rappresentativi e quindi di stime di impatto dotate di una considerevole validità esterna; dall'altro, siamo in grado di tenere sotto controllo un ampio insieme di caratteristiche degli studenti, delle loro classi e scuole e, fatto inusuale, anche dei loro insegnanti. In altri termini, nel confrontare gli apprendimenti degli studenti che sono in una classe in cui è presente una LIM con quelli che non hanno tale dispositivo, possiamo parificare le condizioni anche rispetto a un insieme di caratteristiche dei loro insegnanti. Ciò pare davvero importante, non solo perché gli insegnanti sono il più importante fattore alla base dell'apprendimento degli studenti (OECD, 2005), ma anche perché sono loro i mediatori della tecnologia didattica inserita nelle scuole italiane. In altri termini, non esiste digitalizzazione dei processi di apprendimento a scuola, finché non ha luogo un'integrazione dei dispositivi digitali nella didattica, come suggeriscono anche alcuni studi recentemente condotti proprio su dati italiani (Argentin et al., 2013; Comi et al., 2016).

⁴ Tale approccio di stima degli effetti è emerso negli ultimi decenni nel campo della valutazione delle politiche pubbliche. Si tratta di un approccio che ha lo scopo di stimare in senso causale l'effetto di una politica su una o più variabili risultato di interesse. L'approccio statistico si basa sull'idea di ricostruire la situazione controfattuale, ovvero cosa sarebbe accaduto se l'intervento oggetto di valutazione non fosse stato realizzato. Per il lettore italiano interessato a introduzioni all'argomento si rimanda al testo di Martini e Sisti (2009).

L'articolo è strutturato come segue: il prossimo paragrafo presenta una rassegna della letteratura sul tema, focalizzandosi in particolare sull'evidenza valutativa; nel terzo paragrafo si descrivono i dati impiegati nel nostro studio; nel quarto paragrafo si illustrano le tecniche di stima degli effetti, evidenziandone punti di forza e debolezza; si presentano quindi i risultati raggiunti (quinto paragrafo), descrivendo la diffusione delle LIM nella scuola primaria italiana e poi le stime del loro impatto sugli apprendimenti di italiano e matematica degli studenti. In conclusione, si traggono alcune implicazioni da questo esercizio.

2 La letteratura sulle LIM

La maggior parte della letteratura esistente sulle lavagne interattive si concentra sui potenziali rischi e benefici derivanti dalla loro introduzione all'interno delle aule scolastiche, analizzando le percezioni, gli atteggiamenti e i comportamenti degli studenti al riguardo (DiGregorio & Sobel-Lojeski, 2010; Higgins et al., 2007). La conclusione più condivisa che emerge da tali studi è che le LIM abbiano un impatto positivo⁵ sulle dimensioni affettive della motivazione, degli atteggiamenti verso lo studio, dell'efficacia personale percepita e della socialità. A differenza di altre ICT, infatti, queste ultime promuovrebbero lo sviluppo di un ambiente di apprendimento più stimolante, fondato su interazioni dirette e ripetute. Tale peculiarità migliorerebbe la qualità delle relazioni tra studente e insegnante, ma anche tra i compagni di classe (Glover et al., 2005), incrementando la disposizione degli studenti a condividere le conoscenze acquisite e ad imparare tutti insieme dai propri errori (Schroeder, 2007; Smith et al., 2006). Seguendo la prospettiva teorica offerta da Weimer (2001), l'implementazione della «dimensione sociale dell'apprendimento» rappresenterebbe l'aspetto principe da tenere in considerazione e la più importante risorsa su cui investire per garantire un concreto miglioramento delle performance scolastiche degli alunni.

Altri aspetti positivi derivano dall'utilizzo della LIM da parte delle giovani generazioni. Gli studenti, infatti, interagendo direttamente e autonomamente con le LIM hanno l'opportunità di lavorare in un contesto multimediale familiare, all'interno del quale passano gran parte del loro tempo libero (Gui, 2010). A tal proposito, alcuni studi rilevano che le risorse multimediali offerte dalle LIM, soprattutto in termini di funzionalità visive (colore e movimento), dispositivi audio (musica, registrazioni vocali, effetti sonori) e interazione *touch-screen*, costituiscono un chiaro stimolo per l'impegno e l'entusiasmo verso lo studio (Hall & Higgins, 2005; Slay et al., 2008). Stando ai risultati delle principali

⁵ In questa sede definiamo come «impatto» sia gli effetti stimati attraverso approcci controfattuali, sia i risultati emersi da analisi qualitative sulle percezioni degli intervistati. Tuttavia, essendo soprattutto interessati a una stima del contributo apportato dalle LIM sulle performance degli studenti nei test standardizzati, consideriamo il primo tipo di evidenza più convincente, come del resto è argomentato nella sezione metodologica dell'articolo.

indagini campionarie e ricerche qualitative sul tema, il connubio fra le suddette opportunità di interazione e la familiarità con strumenti digitali di nuova generazione porterebbe a un incremento dei livelli di motivazione degli studenti (Armstrong et al., 2005; Glover et al., 2005; Glover et al., 2007; Hall & Higgins, 2005; Higgins et al., 2007; Lewin et al., 2008; Martin, 2007; Schmid, 2006; Schroeder, 2007; Schuck & Kearney, 2007; Shenton & Pagett, 2007; Slay et al., 2008; Smith et al., 2005; Smith et al., 2006; Wall et al., 2005; Wood & Ashfield, 2008), stimolandone la concentrazione e l'interesse verso il contenuto delle lezioni (Glover et al., 2005; 2007; Hall & Higgins, 2005; Smith et al., 2006). L'ipotesi dell'affermazione di un effetto motivazionale positivo trova conferme anche attraverso evidenze di tipo sperimentale. Weimer (2001), attraverso un studio di caso circoscritto a 49 soggetti, conclude che lezioni svolte con l'ausilio delle LIM incrementano, seppure in modo contenuto, il livello di motivazione degli studenti. Torff e Tirota (2010), concentrandosi sulle classi al terzo, quarto e quinto grado d'istruzione di una scuola all'interno di un distretto scolastico della periferia di New York, riscontrano un leggero incremento dell'impegno scolastico da parte degli studenti che partecipano a lezioni con l'ausilio di LIM rispetto al gruppo di controllo, mentre la loro motivazione si associa positivamente alla maggiore apertura degli insegnanti nei confronti di tale tecnologia.

Se gli studi sopra citati trovano solide conferme dell'esistenza di un moderato impatto positivo delle LIM sulla dimensione affettiva degli alunni, lo stesso non si può dire per quella delle competenze scolastiche di tipo cognitivo, legate all'apprendimento di informazioni specifiche e all'abilità nell'eseguire i compiti richiesti con facilità, precisione e capacità di adattamento a condizioni mutevoli (Rychen, 2004). In questo caso la mancanza di evidenze empiriche è imputabile da una parte alle difficoltà metodologiche che insorgono ogni qualvolta si voglia misurare le performance scolastiche utilizzando questionari e strumenti qualitativi e, dall'altra, al fatto che il loro uso coinvolge più spesso l'intero gruppo classe che i singoli studenti, influenzando la dimensione collettiva dell'apprendimento più che quella individuale (Smith et al., 2006).

Nonostante tali difficoltà, gli esperti ipotizzano l'esistenza di un effetto positivo delle LIM sulle conoscenze e le abilità degli studenti – quantomeno indiretto – e che queste ultime siano notevolmente migliorabili attraverso un uso in aula corretto e ben pianificato di questo strumento digitale (Clemens et al., 2001; Lewin et al., 2008; Weimer, 2001). Tale scenario appare tanto sperabile quanto necessario, soprattutto considerando gli enormi investimenti di denaro pubblico compiuti negli ultimi anni in favore dell'installazione delle LIM all'interno delle scuole. Purtroppo, le poche ricerche esistenti sul tema si basano in gran parte su studi di caso o indagini descrittive, focalizzate su microprocessi relazionali che hanno luogo all'interno di singole classi e dotate di scarso potere di generalizzazione al di fuori del circoscritto contesto analizzato (DiGregorio & Sobel-Lojeski, 2010; Higgins et al., 2007). A dispetto di rare eccezioni, infatti, la valutazione del loro impatto sulle performance degli studenti manca di approcci rigorosi, basati su studi quantitativi longitudinali e metodi di analisi di tipo

sperimentale o quasi-sperimentale (DiGregorio & Sobel-Lojeski, 2010; Torff & Tirota, 2010). Le scarse evidenze raccolte attraverso l'adozione di un concetto stretto di causalità, basate quindi sull'approccio controfattuale, forniscono risultati controversi.

Lewin, Somek e Steadman (2008) hanno valutato l'impatto delle LIM attraverso modelli multilivello di analisi dell'esperienza scolastica di più di 2.000 studenti tra classi e scuole differenti, scoprendo che a una maggiore quantità di tempo speso usando i dispositivi in classe corrispondono significativi miglioramenti nell'alfabetizzazione, nella matematica e nelle scienze per i soggetti compresi tra i 7 e gli 11 anni. Questi progressi sono più forti per gli studenti che ottengono risultati scolastici sulla media o sopra la media, mentre non si registra alcun impatto significativo sui *low performers*. Analizzando i dati sugli studenti provenienti da 32 scuole secondarie di Londra, Moss e colleghi (2007) giungono a conclusioni differenti: dopo avere fissato l'effetto scuola, l'effetto insegnante e l'effetto dipartimento, viene registrato un impatto significativo delle LIM soltanto nell'ambito delle materie scientifiche e dell'inglese, ma la ridotta portata dell'effetto e l'instabilità rilevata tra i risultati dei tre modelli statistici impiegati non consentono di confermarne la robustezza. Inoltre, va osservato che anche gli studi quasi-sperimentali sull'argomento alimentano un clima di incertezza sui risultati, soprattutto nel confronto tra l'impatto della LIM a breve e lungo termine.

Clemens, Moore e Nelson (2001) propongono uno studio basato sul metodo quasi-sperimentale per valutare l'efficacia delle *SMART boards* sugli studenti al primo grado di istruzione in una singola scuola primaria del Wichita State District (Kansas, USA). Dopo avere selezionato una classe di controllo caratterizzata da una popolazione di studenti comparabile a quella dei trattati, i ricercatori hanno confrontato la variazione media nei punteggi di matematica ottenuti dai due gruppi (trattati e controlli) a inizio e fine anno scolastico. I risultati evidenziano che la classe dei trattati ottiene una valutazione media maggiore rispetto a quella del gruppo di controllo. Questo risultato è stato interpretato come una prova dell'effetto positivo a breve termine delle *SMART boards*, specialmente per gli studenti con prestazioni inferiori. Non bisogna però dimenticare che simili evidenze hanno scarso potere di generalizzazione, perché fortemente localizzate (soltanto una scuola) ed estratte da campioni decisamente ridotti (il gruppo dei trattati conta soltanto 20 casi). Una valida alternativa è fornita da uno studio quasi-sperimentale su larga scala realizzato nei primi anni del Duemila sotto il patrocinio del Ministero dell'istruzione britannico⁶ (Higgins, 2010; Higgins et al., 2005). Il campione è composto da più di 4.500 studenti al sesto grado d'istruzione iscritti in 67 scuole trattate e 55 scuole di controllo appartenenti alle autorità locali d'istruzione (LEA) di Cumbria, Bracknell, Forest, Lewisham, Oxfordshire, Redcar e Cleveland e Wakefield. Durante gli anni scolastici

⁶ Per maggiori approfondimenti sul tema si veda *UK Government's Primary National Strategy, Embedding ICT in the Literacy and Numeracy Strategies pilot programme* (<https://www.education.gov.uk/>).

2002/2003 e 2004/2005 i rendimenti degli alunni sono stati studiati attraverso un metodo di stima controfattuale che consente di stimare gli effetti causali in modo tendenzialmente più robusto rispetto alla regressione (si tratta del *difference-in-difference*), rilevando un debole e significativo impatto positivo delle LIM in matematica e scienze alla fine del primo anno, a cui fa da contraltare la sua completa dissoluzione al termine del secondo.

Per l'Italia, una prima importante analisi valutativa sul tema è stata realizzata grazie al progetto Cl@ssi 2.0, promosso dal Ministero dell'Istruzione nel 2009. Si tratta di un piano di valutazione quasi-sperimentale degli effetti prodotti dall'introduzione di diverse tecnologie informatiche sull'apprendimento degli studenti, che ha visto il coinvolgimento di 308 classi di scuola secondaria di primo grado (156 trattate e 152 classi abbinata di controllo scelte in modo non casuale all'interno della stessa scuola) sparse sull'intero territorio nazionale (Rettore & Checchi, 2014). La ricerca ha considerato più tipi di ICT (come *notebook*, *tablet*, attrezzature video e audio e strumenti simili) e ne ha stimato l'impatto sulle competenze degli studenti attraverso la somministrazione di test di matematica e di italiano a distanza di tre anni (2010-2013). I risultati mostrano la presenza di un moderato effetto positivo, comunque non significativo,⁷ soltanto sui livelli di apprendimento di italiano e condensato principalmente sul sottogruppo degli studenti caratterizzati da una minore dotazione di capitale culturale familiare.

Un secondo studio, realizzato sui dati longitudinali dell'Osservatorio Tecnologico del Ministero dell'Istruzione, analizza il rapporto esistente tra l'intero stock di ICT a disposizione delle scuole (LIM, connessione wireless, tecnologie mobili) e le performance degli studenti misurate tramite i test Invalsi (Giusti et al., 2015). Le analisi sono state condotte su un campione di plessi rappresentativo, stimando l'associazione tra dotazione di risorse tecnologiche e i punteggi medi nei test di italiano e matematica. I risultati inerenti le LIM mostrano la presenza di un'associazione positiva a livello nazionale tra la quota di classi coperte e i punteggi medi di plesso nei test di italiano e matematica. Tuttavia, si tratta di un'associazione di entità piuttosto contenuta, e quando la si stima sui sottocampioni delle scuole di Nord, Centro e Sud Italia, essa mostra di non essere stabile cambiando addirittura segno.

Riassumendo quanto detto sinora, possiamo dare conferma dell'esistenza di un ricco bagaglio di evidenze empiriche a supporto dell'idea che i dispositivi LIM siano ben accettati all'interno delle scuole. Questa tecnologia sembra in grado di promuovere un ambiente di apprendimento interattivo tra insegnanti e studenti e di accrescere la motivazione di questi ultimi. Esistono, inoltre, indizi a favore di un possibile ruolo attivo svolto dalle LIM nel miglioramento delle performance scolastiche. Purtroppo le evidenze ad oggi disponibili in ambito

⁷ L'effetto delle ICT diventa significativo solamente ipotizzando che non vi sia una correlazione a livello classe fra gli errori delle stime.

nazionale sono ancora scarse ed eterogenee, dimostrando quanto sia tuttora necessario investire nella ricerca di tipo controfattuale per raggiungere conclusioni più convincenti a sulla loro efficacia in quest'ambito specifico (DiGregorio & Sobel-Lojeski, 2010; Torff & Tirota, 2010).

3 Dati e variabili

I dati utilizzati in questo articolo si inseriscono nel filone di studi appena descritto e sono frutto dell'unione di tre fonti di informazione: il database principale è quello sugli alunni delle classi seconde della scuola primaria, raccolti da INVALSI nel Maggio del 2014 mediante la somministrazione di test standardizzati di Italiano e Matematica. Le variabili risultato da noi impiegate, come già anticipato, sono i punteggi conseguiti dagli studenti in queste prove. Tali dati contengono anche informazioni aggiuntive sul background migratorio e familiare degli studenti, ottenute dalle segreterie scolastiche. Impieghiamo come misure di apprendimento i punteggi dei test INVALSI, dopo averli normalizzati con media 0 e deviazione standard 1.⁸ Impiegare gli esiti dei test INVALSI presenta il vantaggio che tutti gli studenti sono giudicati su una scala comune, ma implica ovviamente lo svantaggio di focalizzare le nostre analisi su variabili risultato di stampo cognitivo e su due discipline specifiche, che ricoprono comunque gran parte del monte orario nella scuola secondaria di primo grado.

Si considerano nelle nostre analisi solo le classi facenti parte del cosiddetto «campione principale», quello che l'INVALSI estrae casualmente e sottopone a verifica diretta da parte di osservatori esterni, al fine di minimizzare fenomeni di *cheating* (manipolazione dei risultati dei test per migliorare i risultati degli studenti). Una ragione ulteriore per circoscrivere l'analisi al campione principale è data dal fatto che solo agli insegnanti di italiano e matematica delle rispettive classi è stato somministrato da INVALSI un questionario on line contenente l'informazione relativa alla presenza o meno della LIM. Si tratta di un'indagine che ha avuto tassi di risposta piuttosto elevati: l'80,9% delle classi campione ha un insegnante di italiano che ha compilato il questionario; la percentuale è pari all'80,1% per quanto attiene gli insegnanti di matematica. Inoltre, questi dati sono arricchiti da un ampio insieme di caratteristiche relative al contesto territoriale in cui la scuola ha sede. A proposito della variabile relativa alla presenza della LIM in classe, è utile segnalare che è stata costruita, per le classi che hanno la risposta sia dell'insegnante di italiano sia di matematica, escludendo i casi in cui non vi era consenso tra i due, dando quindi valore mancante ai casi contraddittori. L'informazione è risultata incoerente soltanto per una ridotta minoranza di casi, pari a circa il 5% del totale. Le dimensioni campionarie risultanti sono piuttosto ampie, come mostra la

⁸ Nel nostro caso, tale trasformazione permette di interpretare i coefficienti in termini di *effect size*. Si è infatti verificato che i gruppi di controllo presentano sempre deviazione standard pressoché pari a 1.

tabella 1, anche limitandosi al sottoinsieme dei casi sottoposti ad analisi.

TABELLA 1

Ampiezza dei campioni di studenti, classi e scuole inclusi ed esclusi dall'analisi

		Studenti	Classi	Scuole
Italiano	LIM presente	4.593	245	183
	LIM assente	16.010	872	472
	Totale casi inclusi nell'analisi	20.603	1.117	655
	(esclusi dall'analisi per mancanza di informazioni concordanti sulla LIM)	(1.202)	(64)	(9)
	(esclusi dall'analisi per mancanza del questionario insegnanti)	(5.139)	(289)	(200)
Matematica	LIM presente	4.571	245	186
	LIM assente	15.830	860	470
	Totale casi inclusi nell'analisi	20.401	1.105	656
	(esclusi dall'analisi per mancanza di informazioni concordanti sulla LIM)	(1.202)	(64)	(14)
	(esclusi dall'analisi per mancanza del questionario insegnanti)	(5.363)	(297)	(214)

La tabella 1 permette anche di apprezzare il fatto che gran parte dei casi esclusi dall'analisi sono in tale condizione non perché vi sia discordanza tra gli insegnanti che hanno risposto in merito alla presenza o meno della LIM in classe, ma perché non hanno preso parte al questionario on line proposto dall'INVALSI.

La dimensione campionaria è importante in un'analisi come la nostra perché a una più ampia base numerica corrisponde la possibilità di intercettare e poter definire in modo statisticamente significativo anche effetti di dimensioni modeste.⁹ Disponiamo inoltre di un database particolarmente ricco nel numero e nella composizione delle variabili di controllo che possiamo impiegare nella stima dell'effetto della LIM sugli apprendimenti in italiano e matematica degli studenti. In altri termini, possiamo confrontare i risultati nei test INVALSI degli studenti con e senza LIM al netto di moltissime caratteristiche dei contesti territoriali, scolastici e di classe nei quali si trovano. Si rimanda alla tabella A1 in appendice per una descrizione più dettagliata delle variabili impiegate.

4 I metodi di stima degli effetti

È utile ribadire che possiamo contare su variabili che assorbono le differenze tra studenti con e senza LIM derivanti dai contesti territoriali, dalle caratteristiche istituzionali dell'istituto, dalla sua dirigenza e dal bacino di studenti che serve,

⁹ Una più ampia dimensione campionaria porta a un più basso *minimum detectable effect* (MDE).

dalla composizione degli studenti nelle classi e dei relativi effetti pari, da alcune caratteristiche degli insegnanti che operano nella classe stessa e, infine, da predittori individuali rilevanti dei risultati degli studenti nei test standardizzati (ad esempio il background culturale e migratorio). Poter controllare per questo ampio insieme di caratteristiche di controllo è importante perché rende più solide le stime dell'impatto delle LIM sugli apprendimenti: la differenza che osserviamo tra gruppo di trattamento e gruppo di controllo è al netto di questo vasto insieme di fattori, resi equivalenti dai modelli statistici impiegati. La differenza che permane tra chi ha e non ha la LIM può quindi più credibilmente essere imputata alla LIM stessa. Usiamo l'espressione «credibilmente» perché le nostre analisi si basano comunque sull'assunto che le variabili di controllo inserite nei modelli abbiano intercettato tutte le differenze tra gruppo di controllo e gruppo di trattamento non imputabili alla LIM stessa. Per stimare gli effetti prodotti dalla presenza di una LIM nella classe si è fatto ricorso a due approcci: i modelli di regressione multivariata e il *propensity score matching* (PSM). In entrambi i casi, si mira a confrontare chi ha ricevuto il trattamento (la LIM in classe nel nostro caso) e chi invece non l'ha ricevuto (il cosiddetto gruppo controllo) rispetto alla performance nei test di apprendimento INVALSI di italiano e matematica. Tale confronto viene depurato da un vasto insieme di caratteristiche di controllo, descritte nel paragrafo precedente. Da tale confronto netto tra le medie di performance dei due gruppi, resi equivalenti per le caratteristiche di controllo, viene inferita la stima di impatto del trattamento sull'apprendimento di italiano e su quello di matematica.

Regressione e PSM condividono lo stesso fine, ma differiscono nel modo in cui cercano di rendere equivalenti gruppo di trattamento e gruppo di controllo per le variabili di controllo: nel caso della regressione, tali variabili sono incorporate in un'equazione che stima il parametro del trattamento; nel caso del PSM si cercano invece gemelli per ogni caso trattato nel gruppo di controllo, così da generare due gruppi equivalenti sui quali si testa una differenza di medie. Va osservato che il caso in esame ben si presta all'impiego del PSM: infatti, disponiamo di molti casi di controllo rispetto al numero di trattati e di un ampio insieme di variabili osservate che sono predittive dell'apprendimento degli studenti. È utile ribadire che disponiamo di molte variabili di controllo per gli apprendimenti, ma che siamo comunque esposti al rischio che esistano differenze da noi non considerate e rilevanti, al contempo, per la probabilità di avere una LIM in classe e per l'apprendimento degli studenti. Tali variabili omesse, se esistenti, potrebbero distorcere le nostre stime.

Essendo il nostro trattamento la presenza di una LIM nella classe, abbiamo stimato gli effetti sull'apprendimento a due livelli: a livello classe, confrontando quindi la performance media delle classi con LIM rispetto a quelle senza, e a livello studente, confrontando gli alunni nelle classi con LIM e quelli in classi senza LIM.¹⁰ Per ognuno dei due livelli, sono state prodotte otto stime di impatto

¹⁰ Nel caso delle stime a livello di classe, nei modelli si è tenuto conto della clusterizzazione per scuola dei dati; nel caso delle stime a livello studente, si è tenuto conto della clusterizzazione per classe dei dati.

delle LIM, quattro per italiano e quattro per matematica, che vanno dal confronto tra medie a modelli di regressione multipla con diverse specificazioni e al ricorso al PSM. Per guadagnare in robustezza dei risultati, quindi, abbiamo scelto di ricorrere a stime derivanti da tecniche statistiche diverse, che applichiamo sia a livello classe sia a livello studente e che implementiamo su diversi sottoinsiemi di casi. Se approcci di stima differenti portano a risultati convergenti, le conclusioni raggiunte risultano evidentemente più credibili. Una descrizione approfondita dei modelli statistici impiegati è offerta nell'appendice tecnica dell'articolo.

5 Risultati

Grazie alla ricchezza di informazioni ottenute unendo i dati del questionario insegnante con quelli delle prove INVALSI, abbiamo la possibilità di esaminare nel dettaglio la distribuzione delle LIM in funzione di molteplici caratteristiche rilevanti delle singole scuole considerate, del territorio in cui hanno sede, delle loro classi e dei principali soggetti che gravitano al loro interno. Nel complesso, possiamo notare come poco meno di un quarto delle classi prese in esame abbia in dotazione una LIM fissa. Si tratta di una stima in leggero ribasso rispetto a quelle offerte dell'Osservatorio Tecnologico del Ministero dell'istruzione per lo stesso periodo, ma del tutto plausibile se si considera che i dati a nostra disposizione si concentrano su un numero ridotto di classi estratte per singola scuola (al massimo 2) e che, al contempo, sono ancora pochi gli istituti del Paese che possono vantare una copertura totale.

Disaggregando i risultati per macroarea geografica, si osserva la presenza di una quota di LIM tendenzialmente omogenea tra le aree del Nord ovest, Nord est, Centro e Sud, mentre le scuole delle Isole fanno registrare un livello di penetrazione di tale tecnologia nelle classi vicino al 60%. Ciò vuol dire che, in media, le scuole campione di Sicilia e Sardegna dispongono di una LIM fissa per quasi due terzi delle proprie classi, assicurandosi il primato assoluto a livello nazionale. Questo risultato è imputabile, da un lato, all'ormai consolidata presenza della Sicilia tra le regioni dell'Obiettivo Convergenza e, dall'altro, agli effetti delle politiche educative della regione Sardegna, che nel corso dell'ultimo quinquennio hanno fortemente sospinto gli investimenti per la diffusione delle ICT (Giusti et al., 2015; Pitzalis et al., 2016).

TABELLA 2

Quota di classi dotate di una LIM fissa. Confronti per caratteristiche territoriali, di scuola, di classe, del corpo docente e degli studenti

Variabili per livello	LIM
Classe	Caratteristiche territoriali

Variabili per livello	LIM	
Area geografica Istat	Nord ovest	19,8
	Nord est	18,8
	Centro	22,6
	Sud	15,9
	Isole	59,1
Comune capoluogo	No	22,6
	Si	22,2
Dimensioni comune	Paese	26,1
	Città	20,8
	Grande città	21,3
Densità abitativa	Terzile basso (fino a 290)	26,5
	Terzile medio	20,7
	Terzile alto (oltre 950)	20,0
Altitudine comune	Pianeggiante/collinare	23,3
	Montano	13,6
Classe	Caratteristiche scuola	
Dimensioni scuola	Fino a 3 classi	20,2
	Da 4 a 6 classi	24,0
	Oltre 6 classi	20,3
Qualità dirigente	Terzile basso	21,6
	Terzile medio	23,9
	Terzile alto	22,1
Qualità relazioni	Terzile basso	24,5
	Terzile medio	22,1
	Terzile alto	20,7
Qualità corpo docente	Terzile basso	22,7
	Terzile medio	22,0
	Terzile alto	22,8
Qualità scuola	Terzile basso	21,4
	Terzile medio	24,0
	Terzile alto	21,9
Classe	Caratteristiche classe	
Dimensioni classe	Fino a 15	18,6
	Da 16 a 25	22,8
	Oltre 25	27,4
Studenti immigrati I generazione	No	22,4
	Si	22,7
Studenti immigrati II generazione	No	23,7
	Si	21,5

Variabili per livello	LIM		
	Presenza studenti bocciati	No	23,2
Sì		22,2	
Quota studenti bg culturale elevato	Fino al 20%	23,5	
	Oltre il 20%	22,8	
Quota studenti bg culturale basso	Fino al 20%	21,2	
	Oltre il 20%	25,3	
Classe	Caratteristiche insegnanti	Ita	Mat
Sesso insegnante	Femmina	21,6	22,4
	Maschio	26,1	17,4
Età insegnante	Fino a 40 anni	17,7	25,8
	Da 41 a 50 anni	21,4	22,5
	Da 51 a 60 anni	24,1	21,5
	Oltre 60 anni	15,8	18,6
Condizione contrattuale insegnante	Di ruolo	21,7	22,2
	A tempo determinato	21,2	21,4
Radicamento nella scuola	Fino a 3 anni	16,2	23,8
	Oltre 3 anni	22,3	21,7
Titolo di studio insegnante	Diploma	22,6	21,7
	Laurea o più	19,6	23,3
N corsi di formazione svolti	Meno di 1 all'anno	21,2	21,7
	Almeno 1 all'anno	22,0	22,5
N altre attività oltre all'insegnamento	Nessuna	20,4	21,3
	1 o più	23,2	23,3
Studente	Caratteristiche studenti		
Sesso	Femmina	22,9	
	Maschio	22,8	
Regolarità scolastica	In corso	23,0	
	Bocciati o ritardatari	21,5	
Background culturale familiare	Basso	24,0	
	Medio	22,5	
	Alto	22,8	
Classe occupazionale familiare	Working class	24,0	
	Piccola borghesia	24,8	
	Classe media impiegatizia	22,9	
	Service class	23,0	
Status migratorio	Cittadinanza italiana	23,0	
	Immigrato I generazione	22,3	
	Immigrato II generazione	21,7	
Classe	Totale	22,5	
Studente	Totale	22,8	

Per ciò che riguarda i singoli istituti, l'assegnazione dei dispositivi sembra essere guidata almeno in parte dalla numerosità delle classi, con un aumento complessivo di circa 8 punti percentuali nel passaggio da quelle con meno di 15 a quelle con più di 25 alunni. Per contro, la qualità del sistema organizzativo scolastico e la composizione delle classi non sembrano in grado di incidere in modo significativo sulla dotazione di LIM. Non si rilevano, infatti, variazioni significative a svantaggio delle scuole giudicate di minore qualità dagli insegnanti, né tanto meno delle classi che contano studenti bocciati, membri di minoranze etniche o quote elevate di soggetti dotati di un basso capitale culturale familiare (da noi approssimato, come usuale, mediante il titolo di istruzione dei genitori). Un'ulteriore conferma di questo trend arriva dall'analisi comparativa delle caratteristiche individuali degli studenti, da cui non emergono scostamenti degni di nota ad appannaggio degli alunni dotati di maggiori risorse socio-culturali. Si tratta senza alcun dubbio di un risultato confortante, che evidenzia quanto l'assegnazione delle LIM tra le scuole e le classi campione sia avvenuta in modo equilibrato e libero da meccanismi di allocazione potenzialmente discriminatori nei confronti delle comunità e dei soggetti più svantaggiati.

Prima di procedere con le stime di impatto delle LIM sulle performance scolastiche degli studenti, occorre considerare l'eventualità che la mera presenza fisica di tale dispositivo all'interno della classe non sia sufficiente a garantirne un corretto ed efficace utilizzo da parte degli insegnanti. La tabella 3 mostra la percentuale di docenti che, oltre a insegnare in un'aula dotata di LIM, dichiara di utilizzarla regolarmente durante la lezione. La maggioranza degli intervistati si dimostra propensa a utilizzare questo tipo di tecnologia come supporto per la didattica, con una leggera prevalenza degli insegnanti di matematica su quelli di italiano. Disaggregando i dati il risultato non cambia: non vi sono sottogruppi di insegnanti per cui la quota di utilizzatori assidui scende al di sotto del 50%, con l'unica e tutto sommato prevedibile eccezione degli over 60.

TABELLA 3

Quota di insegnanti che fa uso regolare della LIM. Confronti per caratteristiche territoriali, di scuola, di classe, del corpo docente e degli studenti

Variabili per livello	Caratteristiche territoriali	Uso LIM	
		Ita	Mat
Classe	Nord ovest	68,3	76,2
	Nord est	55,3	64,3
	Centro	68,5	74,5
	Sud	56,9	62,3
	Isole	60,3	62,5
Comune capoluogo	No	63,3	70,3
	Sì	57,7	60,3

Variabili per livello		Uso LIM	
Dimensioni comune	Paese	67,7	73,6
	Città	54,3	65,1
	Grande città	59,3	57,7
Densità abitativa	Terzile basso (fino a 290)	61,7	71,1
	Terzile medio	66,0	68,7
	Terzile alto (oltre 950)	56,7	62,2
Altitudine comune	Pianeggiante/collinare	62,2	67,5
	Montana	50,0	64,3
Classe	Caratteristiche scuola	Ita	Mat
Dimensioni scuola	Fino a 3 classi	61,1	67,6
	Da 4 a 6 classi	64,0	64,8
	Oltre 6 classi	71,4	75,5
Qualità dirigente	Terzile basso	64,6	65,4
	Terzile medio	63,3	69,6
	Terzile alto	66,2	66,2
Qualità relazioni	Terzile basso	61,7	66,3
	Terzile medio	67,5	67,9
	Terzile alto	65,4	68,0
Qualità corpo docente	Terzile basso	63,3	62,0
	Terzile medio	59,0	70,4
	Terzile alto	72,7	69,6
Fattore qualità scuola	Terzile basso	61,5	62,7
	Terzile medio	57,0	68,8
	Terzile alto	76,6	71,1
Classe	Caratteristiche classe	Ita	Mat
Dimensioni classe	Fino a 15	66,7	66,5
	Da 16 a 25	54,6	65,7
	Oltre 25	66,7	76,2
Studenti immigrati I generazione	No	62,4	65,5
	Sì	70,4	71,3
Studenti immigrati II generazione	No	68,0	65,6
	Sì	62,1	69,1
Presenza studenti bocciati	No	60,7	67,0
	Sì	67,3	67,5
Quota studenti bg culturale elevato	Fino al 20%	68,8	73,6
	Oltre il 20%	62,5	61,0
Quota studenti bg culturale basso	Fino al 20%	60,7	64,8
	Oltre il 20%	72,6	69,5
Classe	Caratteristiche insegnanti	Ita	Mat

Variabili per livello		Uso LIM	
Sesso insegnante	Femmina	63,7	66,5
	Maschio	66,7	87,5*
Età insegnante	Fino a 40 anni	65,0	66,7
	Da 41 a 50 anni	74,3	80,0
	Da 51 a 60 anni	61,4	59,8
	Oltre 60 anni	31,3	44,4
Condizione contrattuale insegnante	Di ruolo	64,3	66,8
	A tempo determinato	54,6	75,0*
Radicamento nella scuola	Fino a 3 anni	62,8	65,9
	Oltre 3 anni	66,7	74,4
Titolo di studio insegnante	Diploma	64,0	65,8
	Laurea o più	63,5	70,8
N corsi di formazione svolti	Meno di 1 all'anno	59,6	61,0
	Almeno 1 all'anno	66,7	72,4
N altre attività oltre all'insegnamento	Nessuna	59,3	55,8
	1 o più	68,5	83,0*
Studente	Caratteristiche studenti	Ita	Mat
Sesso	Femmina	67,3	67,5
	Maschio	66,1	68,9
Regolarità scolastica	In corso	66,3	68,2
	Bocciati o ritardatari	70,6	68,7
Background culturale familiare	Basso	62,9	63,6
	Medio	67,1	69,5
	Alto	70,0	74,6
classe occupazionale familiare	Working class	65,9	66,4
	Piccola borghesia	64,6	69,0
	Classe media impiegatizia	65,7	67,4
	Service class	71,2	75,1
Status migratorio	Cittadinanza italiana	67,5	68,7
	Immigrato I generazione	70,2	70,1
	Immigrato II generazione	57,7	62,7
Classe	Totale	61,4	67,3
Studente	Totale	66,7	68,2

* Stime non attendibili a causa della bassa numerosità dei sottogruppi di riferimento.

Una volta illustrata l'effettiva propensione degli insegnanti a utilizzare attivamente la LIM come strumento didattico, presentiamo i risultati chiave del nostro lavoro, ovvero le stime di impatto della LIM sull'apprendimento di italiano e matematica degli studenti, secondo i diversi modelli di stima.

I risultati delle analisi, riportati in tabella 4, rimandano a uno scenario piuttosto

sconfortante alla luce dell'investimento di risorse pubbliche su questo dispositivo: i coefficienti stimati utilizzando i metodi del confronto fra medie (modello 0) e della regressione multipla con clusterizzazione degli errori standard (modello 1) evidenziano la presenza di un lieve effetto positivo delle LIM per la matematica, ma privo di qualsiasi valore sostantivo in termini di divari di apprendimento. Le differenze registrate fra il gruppo dei trattati e quello dei controlli rimangono ben lontane dall'essere significative anche a seguito dell'abbinamento statistico (modelli 2 e 3), dando un'ulteriore conferma dell'assenza di legami robusti tra apprendimento degli studenti e la dotazione di LIM. Più in generale, osserviamo coefficienti di intensità modesta e statisticamente non significativi, che arrivano addirittura ad assumere segno negativo (per quanto estremamente prossimo allo 0), in alcune specificazioni dei modelli statistici.

TABELLA 4

Impatto della LIM sulle competenze per livello, disciplina e modelli di stima

			Italiano			Matematica		
			Effetto LIM	ES	pvalue	Effetto LIM	ES	Pvalue
Stime sull'apprendimento medio di classe	modello 0	confronto di medie	0,008	0,089	0,925	0,063	0,083	0,447
	modello 1	regressione multipla su tutti i casi	0,105	0,091	0,250	0,076	0,087	0,385
	modello 2	propensity score matching	0,054	0,104	-	0,057	0,099	-
	modello 3	regressione multipla con effetti fissi di scuola	-0,061	0,164	0,713	0,034	0,188	0,857
Stime sull'apprendimento degli studenti	modello 0	confronto di medie	-0,002	0,038	0,952	0,028	0,042	0,504
	modello 1	regressione multipla su tutti i casi	0,036	0,038	0,345	0,038	0,044	0,381
	modello 2	regressione multipla su studenti delle classi matchate	0,021	0,040	0,596	0,025	0,050	0,621
	modello 3	regressione multipla con effetti fissi di scuola	-0,047	0,048	0,334	-0,024	0,054	0,622

Osserviamo inoltre che i due modelli più convincenti sul piano dell'inferenza causale (modelli 2 e 3) mostrano parametri puntuali leggermente più intensi per matematica che per italiano. Va però detto che si tratta di effetti modesti, affetti da un certo grado di incertezza. Solo considerando gli estremi superiori dei re-

lativi intervalli di confidenza, saremmo in presenza di un intervento capace di generare impatti degni di nota in termini di *effect size*.

In sintesi, sembra quindi davvero difficile sostenere che le LIM hanno prodotto benefici sull'apprendimento degli studenti della classe seconda nella scuola primaria, stante anche la coerenza tra modelli di stima alternativi e il fatto di aver potuto contare su livelli di incertezza contenuti e un ampio insieme di variabili di controllo.

6 Osservazioni conclusive e implicazioni

L'analisi condotta nelle pagine precedenti presenta il duplice vantaggio di disporre di un dataset nazionale e di un vasto insieme di variabili di controllo, che consentono di rispondere alla domanda se la presenza della LIM in classe accresca o meno l'apprendimento degli alunni della classe seconda della scuola primaria. Ciò che è emerso è che le LIM non hanno effetti rilevanti né sulla performance di italiano né su quella di matematica. Al contempo, i risultati delle analisi segnalano anche che la presenza delle LIM non sembra avere effetti negativi sull'apprendimento degli studenti, come paventato dai suoi detrattori. Questi risultati sono sostanzialmente stabili a prescindere dal fatto che siano stimati a livello classe o a livello studente e indipendentemente dal modello di stima impiegato. Permane ovviamente il dubbio che possano esservi variabili omesse, cioè variabili per le quali non controlliamo l'equivalenza nei nostri modelli che minano la validità delle stime presentate. Una soluzione piena a tale problema richiede coraggio da parte dei *policy makers*, che dovrebbero avviare rigorose sperimentazioni controllate e fare valutare le ricadute delle proprie decisioni di investimento. Allocare in modo genuinamente casuale le LIM alle classi o scuole, creando un gruppo di trattamento e un gruppo di controllo, permetterebbe stime rigorosamente causali dell'impatto di questo supporto digitale sull'apprendimento degli studenti. Non si tratta di qualcosa di impossibile, al contrario si tratta di un approccio valutativo che sta prendendo piede anche nel nostro Paese in anni recenti, peraltro proprio nel campo dell'istruzione (Abbiati et al., 2013; Argentin, 2016).

I risultati prodotti dal nostro lavoro sollevano quindi dubbi relativamente al massiccio investimento in LIM (e in tecnologie digitali) che ha avuto luogo nel nostro Paese. L'assenza di effetti robusti e consistenti, peraltro coerente con la letteratura precedente a livello nazionale e internazionale, suggerisce che quella dell'infrastruttura tecnologica non sia la via su cui investire prioritariamente per migliorare il rendimento dei nostri studenti nei primi anni della scuola primaria nelle discipline chiave di italiano e matematica. Non è detto che ciò valga per altri gradi scolastici non considerati nella nostra analisi. Inoltre, le LIM a scuola potrebbero avere generato effetti benefici su altre dimensioni qui non considerate, ad esempio sulla motivazione dei discenti e/o sul modo in cui vengono visute e impiegate le ICT da insegnanti e studenti. Tali effetti, che possono essere

solo ipotizzati ma non stimati in assenza di adeguate misurazioni, non si sono comunque tradotti in apprendimenti in italiano e matematica.

Il focus sugli studenti della scuola primaria, una generazione nata immersa nel mondo dei dispositivi digitali, rinforza queste considerazioni: è utile sin dai primi anni di scuola accompagnare questa generazione con azioni educative che integrino i nuovi media e i contenuti digitali disponibili nella Rete e ciò sembra essere molto facilitato dalla presenza della LIM nelle aule. In tal senso vanno anche i risultati relativi all'uso delle LIM nelle classi dichiarato dagli insegnanti: circa due terzi degli intervistati dice di farne un uso regolare. Se sommiamo a questo l'uso saltuario, giungiamo a un tasso di impiego pressoché universale (94% per italiano e 97% per matematica), a dire che le LIM sono vissute dagli insegnanti come uno strumento che facilita il proprio lavoro in aula.

Tenendo però ferma l'assenza di effetti sui risultati degli studenti nei test standardizzati di italiano e matematica, un indicatore importante per quanto parziale di apprendimento, sorgono dubbi in merito all'investimento massivo e a tappeto su questo strumento digitale. In termini di efficienza nell'allocazione delle (modeste) risorse destinate all'istruzione nel nostro Paese, pare quindi discutibile portare avanti politiche improntate al potenziamento delle infrastrutture digitali delle classi, in particolare alla diffusione delle LIM, che potrebbero inoltre essere accettabilmente sostituite da PC connessi a videoproiettori (Avvisati et al., 2013). Pare più importante concentrare sforzi e risorse anche su azioni di supporto formativo agli insegnanti chiamati a impiegare le LIM, identificando pratiche innovative che meritino di essere premiate e condivise tra docenti, come raccomanda anche il parere OECD al *Piano Nazionale Scuola Digitale (ibidem)*. Sembra utile, a tal fine, accompagnare studi come il presente, basati su dati macro che fotografano la realtà da una prospettiva ampia, con analisi nelle classi che guardino all'uso effettivo fatto dagli insegnanti e dagli studenti delle LIM, come ad esempio il lavoro di Giusti e colleghi (2015) sulle regioni PON o quello di Pitzalis e colleghi (2016) sulla Sardegna, così da gettare luce sul modo in cui le LIM mutano il campo scolastico e da identificare le ragioni che impediscono a questi dispositivi di generare gli auspici benefici nell'apprendimento degli alunni.

Bibliografia

- Argentin, G. (2013). Come cambia la forza lavoro nel sistema scolastico. Le tendenze demografiche degli insegnanti italiani, 1990-2010. *Sociologia del lavoro*, 131(3), 74-88.
- Argentin, G. (2016). Non è un Paese per l'evidenza. Peculiarità, limiti e potenzialità delle sperimentazioni controllate nel sistema scolastico italiano. In P. Landri & A.M. Maccarini (a cura di), *Uno specchio per la valutazione della scuola. Paradossi, controversie, vie d'uscita*. Milano: Franco Angeli.
- Argentin, G., Gui, M., & Tamanini, C. (2013). A scuola di competenza digitale. Il ruolo degli insegnanti nell'uso delle ICT degli studenti. *Scuola democratica*

- ca, 4(1), 79-104.
- Abbiati, G., Argentin, G., Capurto, A., Pennisi, A., Romano, B., & Vidoni, D. (2013). Ricomincio da tre. Lezioni da tre esperienze italiane di analisi controfattuale in ambito educativo. *RIV Rassegna Italiana di Valutazione*, 55(1), 21-46.
- Armstrong, V., Barnes, S., Sutherland, R., Curran, S., Mills, S., & Thompson, I. (2005). Collaborative research methodology for investigating teaching and learning: the use of interactive whiteboard technology. *Educational Review*, 57(4), 457-469.
- Avvisati, F., Hennessy, S., Kozma, R.B., & Vincent-Lancrin, S. (2013). *Review of the Italian strategy for digital schools*. OECD working paper series. http://www.oecd-ilibrary.org/education/review-of-the-italian-strategy-for-digital-schools_5k487ntdbr44-en [Accesso 16.05.2016].
- Clemens, A., Moore, T., & Nelson, B. (2001). *Math intervention 'SMART' project (student mathematical analysis and reasoning with technology)*. <http://www.smarterkids.org/research/paper10.asp> [Accesso 16.05.2016].
- Comi, S., Gui, M., Origo, F., Pagani, L., & Argentin, G. (2016). Is it the Way They Use it? Teachers, ICT and Student Achievement. *Statistics Working Paper* No. 341. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2795207 [Accesso 16.05.2016].
- Digregorio, P., & Sobel-Lojeski, K. (2010). The Effects of Interactive Whiteboards (IWBs) on Student Performance and Learning: A Literature Review. *Journal of Educational Technology Systems*, 38(3), 255-312.
- Giusti, S., Gui, M., Micheli, M., & Parma, A. (2015). Gli effetti degli investimenti in tecnologie digitali nelle scuole del mezzogiorno. *Materiali UVAL Analisi e studi Documenti Metodi*, 33.
- Glover, D., Miller, D., Averis, D., & Door, V. (2005). The interactive whiteboard: a literature survey. *Technology, Pedagogy And Education*, 14(2), 155-170.
- Glover, D., Miller, D., Averis, D., & Door, V. (2007). The evolution of an effective pedagogy for teachers using the interactive whiteboard in mathematics and modern languages: An empirical analysis from the secondary sector. *Learning, Media and Technology*, 32(1), 5-20.
- Gui, M. (2010). L'uso didattico delle ICT. In A. Cavalli, & G. Argentin (a cura di), *Gli insegnanti italiani: come cambia il modo di fare scuola. Terza indagine dell'Istituto IARD sulle condizioni di vita e di lavoro nello scuola italiana*. Bologna: il Mulino.
- Gui, M., & Argentin, G. (2011). The digital skills of Internet-natives. The role of ascriptive differences in the possession of different forms of digital literacy in a random sample of northern Italian high school students. *New Media and Society*, 13(6), 963-980.
- Hall, I. & Higgins, S. (2005). Primary school students' perceptions of interactive whiteboards. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21(2), 102-117.

- Heckman, J. (2006). Skill Formation and the Economics of Investing in Disadvantaged Children. *Science*, 312(5782), 1900-1902.
- Higgins, S. (2010). The impact of interactive whiteboards on classroom interaction and learning in primary schools in the UK. In M. Thomas & E.C. Schmid (Eds), *Interactive Whiteboards for Education: Theory, Research and Practice* (pp. 86-101). Hershey, PA: IGI Global.
- Higgins, S., Falzon, C. Hall, I., Mosley, D., Smith, F., Smith, H., & Wall, K. (2005). *Embedding ICT in literacy and numeracy strategies: final report*. Newcastle upon Tyne: Newcastle University.
- Higgins, S., Beauchamp, G., & Miller, D. (2007). Reviewing the literature on interactive whiteboards. *Learning, Media And Technology*, 32(3), 213-225.
- Lewin, C., Somekh, B., & Steadman, S. (2008). Embedding interactive whiteboards in teaching and learning: The process of change in pedagogic practice. *Education And Information Technologies*, 13(4), 291-303.
- Martin, S. (2007). Interactive whiteboards and talking books: a new approach to teaching children to write?. *Literacy*, 41(1), 26-34.
- Martini, A., & Sisti, M. (2009). *Valutare il successo delle politiche pubbliche*. Bologna: Il Mulino.
- Martini, A., & Trivellato, U. (2011). *Sono soldi ben spesi?: perché e come valutare l'efficacia delle politiche pubbliche*. Venezia: Marisilio editore.
- Moss, G., Jewitt, C., Levaic, R., Armstrong, V., Cardini, A., & Castle, F. (2007). *The Interactive Whiteboards, Pedagogy and Pupil Performance Evaluation: An Evaluation of the Schools Whiteboard Expansion (SWE) Project: London Challenge*. London: Institute of Education.
- OECD (2005). *Teachers Matter Education and Training Policy. Attracting, developing and retaining effective teachers*. Parigi: OECD publications.
- Pitzalis, M., Porcu, M., De Feo, A., & Giambona, F. (2016). *Innovare a scuola. Insegnanti, studenti e tecnologie digitali*. Bologna: il Mulino.
- Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants Part 1. *On The Horizon*, 9(5), 1-6.
- Rettore, E., & Checchi, D. (2014). La valutazione degli esiti sugli apprendimenti degli alunni. In S. Girardi & V. Pandolfini (a cura di), *Rapporto finale del progetto cl@ssi 2.0*. Fondazione Agnelli. https://www.ircv.it/sites/ircv.fbk.eu/fi-les/rapporto_finale_classi_2.0.pdf [Accesso 16.05.2016].
- Rychen, D.S. (2004). Key competencies for all: An overarching conceptual frame of reference. In D.S. Rychen & A. Tiana (Eds), *Developing key competencies in education: Some lessons from international and national experience* (pp. 5-34). Geneva: UNESCO/IBE.
- Schmid, E. (2006). Investigating the use of interactive whiteboard technology in the English language classroom through the lens of a critical theory of technology. *Computer Assisted Language Learning*, 19(1), 47-62.

- Schroeder, R. (2007). Active learning with interactive whiteboards: A literature review and a case study for college freshmen. *Communications in Information Literacy*, 1(2), 63-73.
- Schuck, S., & Kearney, M. (2007). *Exploring pedagogy with interactive whiteboards: A case study of six schools*. Sydney: University of Technology. <http://www.eddev.uts.edu.au/teachered/research/LIMproject/pdfs/LIMreportweb.pdf> [Accesso 16.05.2016].
- Shenton, A., & Pagett, L. (2007). From 'bored' to screen: the use of the interactive whiteboard for literacy in six primary classrooms in England. *Literacy*, 41(3), 129-136.
- Slay, H., Siebörger, I., & Hodgkinson-Williams, C. (2008). Interactive whiteboards: Real beauty or just «lipstick»? *Computers & Education*, 51(3), 1321-1341.
- Smith, F., Hardman, F., & Higgins, S. (2006). The impact of interactive whiteboards on teacher-pupil interaction in the National Literacy and Numeracy Strategies. *British Educational Research Journal*, 32(3), 443-457.
- Smith, H., Higgins, S., Wall, K., & Miller, J. (2005). Interactive whiteboards: Boon or bandwagon? A critical review of the literature. *Journal Of Computer Assisted Learning*, 21(2), 91-101.
- Torff, B., & Tirotta, R. (2010). Interactive whiteboards produce small gains in elementary students' self-reported motivation in mathematics. *Computers & Education*, 54(2), 379-383.
- Wall, K., Higgins, S., & Smith, H. (2005). «The visual helps me understand the complicated things»: pupil views of teaching and learning with interactive whiteboards. *British Journal of Educational Technology*, 36(5), 851-867.
- Weimer, M.J. (2001). *The influence of technology such as SMART board interactive whiteboard on student motivation in the classroom*. Smarter Kids Foundation. <http://smarterkids.org/research/paper7.asp> [Accesso 16.05.2016].
- Wood, R., & Ashfield, J. (2008). The use of interactive whiteboard for creative teaching and learning in literacy and mathematics: A case study. *British Journal of Educational Technology*, 39(1), 84-96.

Appendice

TABELLA A1
Descrizione delle variabili impiegate nelle analisi

Variabile	Contenuto
Caratteristiche del territorio	
Area geografica Istat	Area geografica in cui la scuola a sede. Variabile costruita in forma categoriale a 5 modalità su indicazioni Istat: 1) Nord ovest; 2) Nord est; 3) Centro; 4) Sud, 5) Isole.
Comune capoluogo	Ruolo amministrativo del comune in cui la scuola ha sede in forma dicotomica: 0) la scuola ha sede in un comune non capoluogo; 1) la scuola ha sede in un comune capoluogo di provincia o regione.
Dimensioni comune	Popolazione residente nel comune in cui la scuola ha sede. Variabile ricodificata in forma ordinale a 3 modalità: 1) paese fino a 10,000 abitanti; 2) città da 10,000-100,000 abitanti; 3) grande città con oltre 100,000 abitanti.
Densità abitativa	Densità abitativa del comune in cui la scuola ha sede in residenti per km ² . Variabile in forma continua.
Altitudine comune	Altitudine del comune in cui la scuola ha sede in forma dicotomica: 0) comune pianeggiante o collinare al di sotto dei 600 m; 1) comune montano al di sopra dei 600 m.
Caratteristiche della scuola	
Dimensioni scuola	Dimensioni della scuola in numero totale di classi presenti. Variabile ricodificata in forma ordinale a 3 modalità: 1) fino a 3 classi; 2) da 4 a 6 classi; 3) oltre 6 classi.
Fattore qualità dirigente	Fattore estratto con metodo delle componenti principali da batteria di item di tipo likert sulle percezioni degli insegnanti circa l'impegno profuso dal dirigente scolastico. Variabile in forma continua ricondotta alla media per scuola.
Fattore qualità relazioni	Fattore estratto con metodo delle componenti principali da batteria di item di tipo likert sulle percezioni degli insegnanti circa la qualità delle relazioni con il personale scolastico. Variabile in forma continua ricondotta alla media per scuola.
Fattore qualità corpo docente	Fattore estratto con metodo delle componenti principali da batteria di item di tipo likert sulle percezioni degli insegnanti circa la qualità del corpo docente nella scuola. Variabile in forma continua ricondotta alla media per scuola.
Fattore qualità scuola	Fattore estratto con metodo delle componenti principali da batteria di item di tipo likert sulle percezioni degli insegnanti circa la qualità del corpo docente nella scuola. Variabile in forma continua ricondotta alla media per scuola.
Caratteristiche della classe	
Presenza LIM	Dichiarazione degli insegnanti intervistati sulla presenza della LIM in classe. Variabile dicotomica costruita a livello classe: 0) LIM non presente nella classe/scuola; 1) presenza stabile di una LIM in classe. La robustezza dell'informazione è garantita attraverso una analisi preventiva della coerenza nelle risposte offerte dagli insegnanti di italiano e matematica nella medesima classe.

Variabile	Contenuto
Dimensioni classe	Dimensioni della classe in numero totale di studenti iscritti. Variabile ricodificata in forma ordinale a 3 modalità: 1) fino a 15 studenti; 2) da 16 a 25 studenti; 3) oltre 25 studenti.
Quota immigrati I	Quota di studenti immigrati di prima generazione sul totale della classe. Variabile in forma continua.
Quota immigrati II	Quota di studenti immigrati di seconda generazione sul totale della classe. Variabile in forma continua.
Quota studenti bocciati	Quota di studenti bocciati o con ingresso ritardato sul totale della classe. Variabile continua.
Quota studenti bg culturale elevato	Quota di studenti con retroterra culturale familiare elevato (laurea o più) sul totale della classe. Variabile continua.
Quota studenti bg culturale basso	Quota di studenti con retroterra culturale familiare ridotto (licenza media o meno) sul totale della classe. Variabile continua.
Sesso insegnante	Sesso dell'insegnante in forma dicotomica: 0) femmina; 1) maschio.
Età insegnante	Età dell'insegnante ricodificata in forma ordinale a 4 modalità: 1) fino a 40 anni; 2) da 41 a 50 anni; 3) da 51 a 60 anni; 4) oltre 60 anni.
Condizione contrattuale insegnante	Condizione contrattuale dell'insegnante in forma dicotomica: 0) contratto a tempo indeterminato; 1) contratto a tempo determinato annuale, fino al termine dell'attività didattica e di supplenza.
Radicalimento nella scuola	Anni consecutivi di insegnamento nella scuola oggetto di indagine. Variabile ricodificata in forma dicotomica: 0) fino a 3 anni; 1) più di tre anni.
Titolo di studio insegnante	Titolo di studio insegnante in forma dicotomica: 0) diploma di maturità; 1) laurea o più.
Corsi di formazione	Numero di corsi di formazione e aggiornamento svolti nel corso degli ultimi 2 anni. Variabile ricodificata in forma dicotomica: 0) meno di 1 all'anno; 1) almeno 1 all'anno.
Altre attività oltre all'insegnamento	Numero di attività svolte dall'insegnante all'interno della scuola oltre all'insegnamento. Variabile ricodificata in forma dicotomica: 0) nessuna; 1) 1 o più.
Caratteristiche degli studenti	
Punteggi standardizzati dei test SNV italiano e matematica	Punteggi ottenuti dallo studente nei test Invalsi di italiano e matematica pesati per il fattore di correzione del cheating e successivamente standardizzati
Sesso studente	Sesso dello studente in forma dicotomica: 0) femmina; 1) maschio.
Regolarità scolastica	Regolarità dello studente rispetto al corso di studi in forma dicotomica: 0) regolare; 1) bocciato o ingresso ritardato.
Background culturale familiare	Titolo di studio più elevato posseduto dai genitori dello studente, ricodificato in forma ordinale a 3 modalità: 1) basso; 2) medio; 3) alto. Un basso background culturale familiare indica la presenza di genitori con licenza elementare o secondaria inferiore, mentre un livello medio corrisponde all'ottenimento di qualifiche professionali triennali, del diploma di maturità o di diplomi post-secondari. Il livello alto, infine, comprende genitori che si sono laureati, che hanno concluso un master o un dottorato di ricerca.

Variabile	Contenuto
Classe occupazionale familiare	Classe occupazionale più elevata dei genitori dello studente, ricodificata in forma ordinale a 4 modalità: 1) working class; 2) piccola borghesia; 3) classe media impiegatizia; 4) service class. La working class comprende le figure dell'operaio, dell'addetto ai servizi e del socio di cooperativa. La piccola borghesia è formata dal variegato insieme dei lavoratori in proprio (commerciante, coltivatore diretto, artigiano, meccanico, ecc.). La classe media impiegatizia raggruppa insegnanti, impiegati e militari graduati. La service class, infine, comprende i professionisti dipendenti, i liberi professionisti, gli imprenditori/proprietari agricoli, i dirigenti, i docenti universitari, i funzionari e gli ufficiali militari.
Status migratorio	Status migratorio dello studente in forma categoriale a 3 modalità: 1) italiano; 2) immigrato di I generazione; 3) immigrato di II generazione.

Nota tecnica: I modelli statistici impiegati nello studio

Modello 0. Si tratta di un semplice confronto di medie, senza alcuna variabile di controllo, che corregge gli errori standard per la clusterizzazione dei dati.

Modello 1. Si è qui impiegato un modello di regressione multipla, che controlla per le variabili contenute nella tabella A1 e corregge per la clusterizzazione dei dati a livello di classe. Per le stime a livello di classe, si controlla per tutti i predittori territoriali, di scuola e di classe. Per le stime a livello studente, si controlla anche per i predittori presenti a quel livello.

Modello 2. In questo caso, per le stime di classe si presenta la stima ottenuta con il PSM,¹¹ controllando per tutte le variabili di livello territoriale, scolastico e di classe. Si è deciso di riportare la stima ottenuta impiegando il criterio di abbinamento *nearest neighbour* uno a uno senza reinserimento e limitando il confronto al supporto comune; si sono comunque testati altri approcci di abbinamento giungendo agli stessi risultati. L'abbinamento qui presentato mostra un buon bilanciamento tra classi trattate e classi di controllo.¹² Per le stime relative al livello studente, si riporta la regressione di cui al modello 1, stimata però solo sul sottoinsieme delle classi abbinate mediante PSM. In altri termini, si limita il confronto tra studenti di classi con e senza LIM che già erano risultate gemelle.

Modello 3. Infine, si stima l'effetto della LIM a livello classe e a livello studente su un ulteriore sottoinsieme di classi, quelle che sono in scuole dove alcune classi hanno la LIM e altre no. In questo modo, introducendo nei modelli un effetto fisso di scuola e i regressori di controllo a livello classe e studente, abbiamo una stima fatta solo tra classi (o tra studenti) confrontando entro la

¹¹ Si è impiegato il comando *psmatch2* del software *Stata*.

¹² Solo la percentuale media di studenti maschi e femmine nella classe differisce significativamente tra i due gruppi, ma lo scarto è di debole entità (2 punti percentuali).

stessa scuola chi ha la LIM e chi non la ha. Il vantaggio di questa stima è chiaramente una maggiore somiglianza tra gruppo di trattamento e gruppo di controllo su tutte le caratteristiche socio-demografiche del territorio e istituzionali della scuola. lo svantaggio, per contro, è una drastica riduzione del campione (le stime si basano su N scuole) con una perdita di validità esterna.