

La competenza in Matematica nell'indagine OCSE-PISA 2012 degli studenti dell'Alto Adige: un'analisi multilivello

Luisanna Fiorini, Roberto Ricci

In questo capitolo i risultati di Matematica sono analizzati tenendo conto dell'effetto di variabili di contesto individuali (a livello studente) e di scuola. Le analisi proposte sono state condotte mediante un'opportuna metodologia statistica (modelli multilevel) in grado di tener conto della particolare natura dei dati della rilevazione PISA.

8.1. Introduzione

Lo studio delle relazioni tra le variabili nell'analisi di fenomeni complessi richiede una scelta coerente di modelli statistici, in grado di proporre interpretazioni adeguate e coerenti con il fenomeno che vogliono rappresentare. Nelle indagini sui sistemi d'istruzione quest'ultimo aspetto assume una particolare rilevanza ed è quindi opportuno ricorrere a delle *modellizzazioni* statistiche che rendano possibile una coerente rappresentazione dei dati.

Nel contesto scolastico, quando la popolazione oggetto di studio è rappresentata dagli studenti, i dati presentano una tipica struttura annidata (*nested*) o, come si suole definire nella letteratura di settore, gerarchica. Infatti, gli allievi sono suddivisi in classi che, a loro volta, appartengono a scuole, raggruppate in province e così via. Questo fatto non è privo di conseguenze, poiché è verosimile che gli studenti che si trovano a frequentare una stessa istituzione scolastica siano portatori di somiglianze più accentuate di quelle che si osservano rispetto agli allievi inseriti in altre scuole. È noto, infatti, che processi di selezione impliciti o espliciti e di autoselezione o di esposizione a fattori ambientali comuni generano delle differenze, anche rilevanti, tra i gruppi. Stando così le cose, è quindi cruciale che il metodo di analisi adottato tenga in adeguato conto della struttura annidata dei dati e della correlazione fra le osservazioni delle unità afferenti allo stesso livello. In questo modo è possibile fornire una rappresentazione più appropriata dei fenomeni indagati e stime corrette dei parametri oggetto d'interesse (Raudenbush e Bryk 2002).

Inoltre, il piano di campionamento della ricerca OCSE-PISA, come molte altre indagini di questo tipo, riproduce anch'esso una struttura annidata (*multi-stage sampling*)¹, ossia gerarchica, della popolazione studiata e quindi, a maggior ragione, è opportuno ricorrere a metodi di analisi che siano in grado di dare adeguato conto di tale organizzazione dei dati.

I modelli di regressione a un solo livello non sono in grado, se non in casi particolari², di fornire una rappresentazione adeguata dei dati poiché ne viene ignorata la struttura gerarchica (Mignani e Montanari 1997). Infatti, tali modelli di regressione

¹ L'indagine OCSE-PISA si basa su un campionamento a due stadi (*two-stage sampling*), in cui, al primo stadio, all'interno di ciascun paese, vengono selezionate le scuole con probabilità proporzionale alla loro dimensione, mentre al secondo stadio vengono estratti di norma, in ragione della dimensione della scuola selezionata, 35 studenti fra tutti gli alunni quindicenni iscritti, con probabilità uguale in ciascuna scuola campionata.

² Se la relazione tra le variabili oggetto d'interesse è la stessa all'interno di ciascun gruppo o se i gruppi sono formati al loro interno da unità perfettamente omogenee, allora la struttura gerarchica dei dati può essere ignorata. Tale condizione può essere verificata mediante il calcolo del coefficiente di correlazione intraclassa (vedi *infra*).

non riescono a dar conto degli effetti prodotti dal fatto che gli allievi sono raggruppati in scuole e questo può portare a valutazioni inadeguate, quando non addirittura errate, sull'efficienza di un sistema scolastico.

Le analisi proposte di seguito sono state effettuate mediante modelli lineari gerarchici (*multilevel analysis*) che consentono di fornire una risposta adeguata alle istanze poste in precedenza.

8.2. Il metodo di analisi e le variabili del modello

Nel caso specifico dell'indagine OCSE-PISA, l'applicazione dell'analisi multilivello consente di perfezionare lo studio della prestazione scolastica degli studenti individuando se, e in quale misura, essa è ascrivibile a *fattori individuali*, cioè riconducibili ai tratti caratteristici dello studente (primo livello), quanto essa sia, invece, imputabile a *fattori contestuali*, cioè caratterizzanti la scuola di appartenenza (secondo livello), e quanto su di essa influiscano le interazioni tra i due livelli (Snijders e Bosker 1999).

Uno dei principali pregi dell'indagine OCSE-PISA è quello di mettere a disposizione del ricercatore un'ampia mole di materiale informativo raccolto attraverso due specifici strumenti: il questionario studente, grazie al quale è possibile ricostruire non solo il profilo socio-demografico dell'intervistato, ma anche le sue aspirazioni, i suoi atteggiamenti, i suoi valori; e il questionario scuola, che consente di delineare le specificità del contesto entro il quale lo studente è inserito. Questa ricchezza di dati impone, però, di operare una selezione delle variabili da includere nei modelli multilivello, che non può prescindere dalla definizione dell'oggetto di analisi, e cioè la competenza acquisita dagli studenti quindicenni dell'Alto Adige in Matematica.

Al primo livello (studente) si sono prese in esame le caratteristiche socio-demografiche dello studente, che già nei capitoli precedenti si sono spesso dimostrate responsabili di molta della variabilità registrata fra gli studenti altoatesini (e non solo) rispetto alle competenze scolastiche acquisite nei vari ambiti disciplinari. Sempre a livello studente, l'analisi della competenza matematica si è, inoltre, qui arricchita attraverso l'individuazione di variabili esplicative che sono state organizzate all'interno di cinque diversi blocchi tematici: variabili socio-demografiche, variabili scolastiche (carriera e atteggiamenti verso la scuola), variabili ICT, variabili legate allo studio della Matematica e motivazione (verso la Matematica), variabili relazionali.

Analogamente al primo livello, anche le variabili selezionate per il secondo livello (scuola) sono state organizzate in tre blocchi tematici: variabili di contesto esterno, variabili di contesto interno, variabili legate all'apprendimento della Matematica e alla disponibilità di tecnologie (Tavole 8.1 e 8.2).

Tab./tav.: 0.1 - Variabili a livello studente (livello 1)

NUM.	NOME VARIABILE	CENTRATURA	LEGENDA
Variabili socio-demografiche			
1	ESCS	Media gen.	Indice di status socio-economico culturale
2	ESCS2	Media gen.	Indice di status socio-economico culturale al quadrato
3	GENERE	-	0 = Maschio; 1 = Femmina
4	IMMIG12	-	0 = Nativo; 1 = Immigrato (di I o II generazione)
5	LINGUA1	-	0 = Lingua italiana; 1 = Lingua tedesca o ladina
Variabili scolastiche			
6	REPEAT	-	0 = Regolare; 1 = Almeno una ripetenza
7	ANXMAT	Media gen.	Ansia nell'apprendimento della Matematica
8	ATSCHL	Media gen.	Atteggiamento verso la scuola (esiti di apprendimento)
9	ATTLNACT	Media gen.	Atteggiamento verso la scuola (attività per l'apprendimento)
10	BELONG	Media gen.	Senso di appartenenza
11	PERSEV	Media gen.	Perseveranza nell'impegno
12	SCMAT	Media gen.	Concetto di sé nell'apprendimento della Matematica
Variabili ICT			
13	ICTATTNE	Media gen.	Atteggiamento negativo verso l'utilizzo del computer per lo studio
14	ICTATTPO	Media gen.	Atteggiamento positivo verso l'utilizzo del computer per lo studio
15	ICTHOME	Media gen.	Disponibilità di risorse ICT a casa
16	ICTRES	Media gen.	Disponibilità di risorse ICT
17	ICTSCH	Media gen.	Disponibilità di risorse ICT a scuola
18	USEMATH	Media gen.	Uso delle ICT nell'insegnamento/apprendimento della Matematica
19	USESCH	Media gen.	Uso delle ICT a scuola
Studio della Matematica e motivazione			
20	INSTMOT	Media gen.	Motivazione strumentale verso l'apprendimento della Matematica
21	INTMAT	Media gen.	Interesse verso la Matematica
22	MATBEH	Media gen.	Comportamento verso la Matematica
23	MATHEFF	Media gen.	Autoefficacia in Matematica
24	MATINTFC	Media gen.	Propositi (di studio) verso la Matematica
25	MATWKETH	Media gen.	Atteggiamento etico verso lo studio della Matematica
26	MTSUP	Media gen.	Sostegno dei docenti di Matematica
Variabili relazionali (studenti e insegnanti)			
27	STUDREL	Media gen.	Relazioni insegnante/studente
28	TCHBEHFA	Media gen.	Utilizzo della valutazione formativa
29	TCHBEHSO	Media gen.	Differenziazione nei percorsi di insegnamento/apprendimento per gli allievi in difficoltà
30	TCHBEHTD	Media gen.	Atteggiamento (del docente) verso una didattica prescrittiva
31	TEACHSUP	Media gen.	Comportamento supportivo del docente

Tab./tav.: 0.2 - Variabili a livello scuola (livello 2)

NUM.	NOME VARIABILE	CENTRATURA	LEGENDA
Variabili di contesto esterno			
32	LINGUA1		0 = Lingua italiana; 1 =Lingua tedesca o ladina
33	TECN		0 =Altro tipo di scuola; 1 =Frequenza Istituto tecnico
34	ISTITUTO PROF		0 =Altro tipo di scuola; 1 =Frequenza Istituto professionale
35	FORMAZ PROF		0 =Altro tipo di scuola; 1 =Frequenza Centro di formazione professionale
36	SCHESCS		Indice ESCS medio di scuola
37	SCHSIZE	Media gen.	Dimensione della scuola
38	SCHSIZE2	Media gen.	Dimensione della scuola al quadrato
39	PCGIRLS*100		Percentuale di ragazze nella scuola
40	PCIMMIG		Percentuale di immigrati (I e II gen.) nella scuola
Variabili di contesto interno			
41	ABGMATH	Media gen.	Suddivisione degli studenti per gruppi di livello (per la Matematica)
42	ASSESS	Media gen.	Utilizzo (da parte dei docenti) della valutazione formativa
43	CLSIZE	Media gen.	Dimensione media della classe
44	CREACTIV	Media gen.	Disponibilità di attività creative extracurricolari
45	LEADCOM	Media gen.	Leadership in grado di definire e comunicare gli obiettivi
46	LEADINST	Media gen.	Leadership manageriale
47	LEADPD	Media gen.	Leadership volta al miglioramento della qualità professionale
48	LEADTCH	Media gen.	Leadership partecipativa
49	RESPCUR	Media gen.	Autonomia della scuola nel fissare il curriculum e la valutazione
50	RESPRES	Media gen.	Autonomia della scuola nell'allocazione delle risorse
51	SCICTATTPOS	Media gen.	Atteggiamento positivo verso l'uso delle ICT nell'insegnamento
52	SCICTATTNEG	Media gen.	Atteggiamento negativo verso l'uso delle ICT nell'insegnamento
53	STRATIO	Media gen.	Rapporto studenti/docenti
54	STUDCLIM	Media gen.	Clima scolastico
55	TCSHORT	Media gen.	Mancanza di docenti qualificati
Variabili legate all'apprendimento della Matematica e alla disponibilità di tecnologie			
56	MACTIV	Media gen.	Attività extracurricolari a scuola legate all'apprendimento della Matematica
57	MATHEXC	Media gen.	Corsi aggiuntivi (opzionali) di Matematica
58	PROPMATH*100	Media gen.	Proporzione insegnanti di Matematica sul totale
59	RATCOMP	Media gen.	Disponibilità di computer
60	COMPWEB	Media gen.	Disponibilità di computer collegati a Internet
61	SCICTHOM	Media gen.	Disponibilità di tecnologie a casa
62	SCICTRES	Media gen.	Disponibilità di tecnologie sia a casa sia a scuola
63	SCICTSCH	Media gen.	Disponibilità di tecnologie a scuola

Una volta conclusa la selezione delle variabili e definita la loro organizzazione in blocchi, si sono dovute compiere alcune scelte operative. In primo luogo, si è posta la questione di come trattare i valori mancanti. Sebbene per la maggior parte delle variabili qui esaminate la percentuale dei dati mancanti si attesti su un valore inferiore al 5%, la scelta di eliminare i casi per i quali vi è assenza di informazione è stata scartata, onde evitare una riduzione della numerosità del campione altoatesino, e si è preferito procedere con l'imputazione dei dati mancanti, secondo l'imputazione della mediana provinciale, distinguendo tra gruppo linguistico italiano, da un lato, e gruppo linguistico tedesco-ladino³.

In secondo luogo, tutte le variabili di tipo continuo sono state centrate rispetto alla media generale (cioè la media provinciale), mentre le variabili categoriali e dicotomiche non sono state centrate.

Per quanto attiene la valutazione degli effetti esercitati dalle variabili qui considerate sulla prestazione scolastica in Matematica dei quindicenni altoatesini, si è adottata una procedura di analisi a due *stadi* (*two-step*). Nel primo *stadio* gli effetti delle variabili inserite nei diversi blocchi tematici sono stati stimati singolarmente. In altre parole, sia al primo livello sia al secondo livello, si sono calcolati diversi modelli, uno per ciascun blocco di variabili. Nel secondo *stadio*, invece, si sono combinate solo le variabili che avevano mostrato di avere un coefficiente statisticamente significativo nello *stadio* precedente (Tavole 8.3 e 8.4).

Infine, l'analisi si è conclusa con la stima di un modello *saturo* comprendente le variabili di primo e di secondo livello, che si sono rivelate statisticamente significative alla fine dei passaggi sopra descritti (Tavola 8.5).

In tutti i modelli stimati le pendenze delle rette di regressione sono state mantenute fisse sul loro valore medio e solo le intercette sono state lasciate libere di variare casualmente (*random intercept model*). Nel rispetto della prassi consolidata in tema di analisi multilivello, l'elaborazione di questi modelli è stata preceduta dal calcolo di un modello privo di regressori di primo e di secondo livello e, per questa ragione, detto *nullo* o *vuoto*⁴. In questo caso s'ipotizza che la competenza in Matematica di un quindicenne altoatesino dipenda esclusivamente dalla media generale della popolazione di riferimento, da una componente di errore associata al gruppo (scuola) di appartenenza e da una componente di errore associata al singolo studente. Questo modello *vuoto* consente, pertanto, di rilevare quanto della variabilità nella competenza in Matematica sia dovuta alla scuola frequentata (varianza *tra* le scuole) e quanto sia dovuta alle caratteristiche individuali dello studente (varianza *entro* la scuola). Il primo modello presentato nella Tavola 8.3, cioè il modello *vuoto*, indica che il 44,9% della variabilità complessiva delle prestazioni registrate in Matematica dagli studenti della Provincia Autonoma di Bolzano è dovuta alla scuola frequentata.

³ Nella presente analisi, vista la limitata consistenza numerica del gruppo linguistico ladino, le scuole della valli ladine sono state considerate congiuntamente a quelle con lingua d'insegnamento tedesca.

⁴ HLM 7.0 (Hierarchical Linear Model) è il programma utilizzato per effettuare le presenti elaborazioni. Questo programma ha il vantaggio di fornire automaticamente il modello *medio* finale risultante dall'applicazione dei cinque *plausibile values* necessari a stimare il punteggio conseguito in Matematica dal singolo studente. HLM 7.0 prevede anche la possibilità di inserire i pesi per le variabili di primo e di secondo livello. Al fine di mantenere una certa continuità con le elaborazioni contenute nel rapporto internazionale OCSE, il peso che è stato applicato fa riferimento alle variabili di primo livello (F_Wstwt). Per la stima dei modelli si è ricorsi al *restricted maximum likelihood* (REML).

Questo è un dato non particolarmente sorprendente, dal momento che la partizione del sistema di istruzione secondaria superiore in Licei, Istituti tecnici, Istituti professionali e Formazione professionale tende a riprodurre le differenze di ordine sociale, economico e culturale di origine. Questo stesso dato, inoltre, legittima il ricorso alla tecnica di analisi multilivello, poiché oltre i due quinti della variabilità nelle prestazioni in Matematica non sono imputabili alle caratteristiche individuali dei singoli studenti.

8.3. La competenza in Matematica e gli effetti delle variabili di primo livello (studente)

Questo paragrafo si pone l'obiettivo di analizzare nel dettaglio se, e in quale misura, le variabili di primo livello sono in grado di esercitare degli effetti sulla competenza acquisita in Matematica dai quindicenni inseriti nel ciclo di istruzione secondaria di secondo grado della Provincia Autonoma di Bolzano.

Nella Tavola 8.3, a partire dal modello *vuoto* (Modello 00), si susseguono i cinque modelli relativi ai cinque blocchi tematici di variabili precedentemente descritti, mentre il modello 6 contempla, in un'unica soluzione, tutte le variabili di primo livello che hanno dimostrato di esercitare un effetto statisticamente significativo sulla competenza in Matematica.

Le informazioni fornite dai dati riportati in corrispondenza di ogni modello sono:

- l'intercetta (β_0). Nel modello *vuoto*, questo valore (507,2) esprime il punteggio mediamente ottenuto da uno studente altoatesino in Matematica. Negli altri modelli il valore dell'intercetta – pur continuando a indicare il punteggio medio dello studente altoatesino in Matematica – si carica di un significato incrementale, poiché le variabili prese in esame (regressori o predittori) concorrono a specificare nel dettaglio il profilo dello studente *tipo*. In altre parole, in tutti i modelli proposti, il valore dell'intercetta esprime la competenza mediamente conseguita in Matematica da uno studente che, rispetto alle variabili considerate, si colloca nella categoria 0 nel caso di variabili dicotomiche e assume un valore pari alla media generale nel caso delle variabili continue⁵;
- i parametri (β_i) stimati in corrispondenza di ogni singolo regressore. Questi parametri sono dei coefficienti che suggeriscono di quanti punti – in positivo o in negativo – la competenza in Matematica di uno studente *tipo*, descritto in base a quanto detto sopra, cambia rispetto al valore dell'intercetta quando lo stato del regressore viene sottoposto a un incremento unitario⁶;
- la varianza *entro* (*within*) i gruppi. Questo dato dice quanto della variabilità nella competenza in Matematica è da attribuire alle differenze ascrivibili ai singoli individui;

⁵ Un esempio può aiutare a comprendere meglio il significato di quanto detto: il valore dell'intercetta del modello 1 suggerisce che 495,7 è il punteggio riportato mediamente in Matematica da uno studente che è nativo, maschio, con un livello di status socio-economico (ESCS) pari alla media provinciale e che appartiene al gruppo linguistico italiano.

⁶ Questo è il principio che presiede alla lettura dei parametri stimati in un qualunque modello di regressione ordinaria (Pisati 2002). Nel caso delle variabili dicotomiche, la variazione unitaria consiste nel passaggio dallo stato 0 allo stato 1: da maschio a femmina (GENERE); da nativo a straniero (IMMIG12); ecc.. Nel caso delle variabili continue non standardizzate, questa variazione consiste in un incremento unitario. Nel caso di variabili continue standardizzate sui parametri dei paesi OCSE (per esempio l'ESCS), tale variazione corrisponde a un'unità di deviazione *standard*.

- la varianza *tra (between)* i gruppi. Questo dato dice quanto della variabilità nella competenza in Matematica è da attribuire alla scuola frequentata dallo studente;
- il coefficiente di correlazione intraclasse (ρ). Esso è calcolato solo in corrispondenza del modello *vuoto* e costituisce il passaggio preliminare all'analisi multilivello. Questo coefficiente determina la proporzione di varianza assegnabile alle unità del secondo livello (le scuole)⁷;
- la riduzione, in valore percentuale, della varianza di primo e di secondo livello. Nel passaggio dal modello di partenza (Modello 00) ai successivi, si è specificato quanto la variabilità della competenza in Matematica è stata ridotta, rispetto al modello *vuoto*, in seguito all'introduzione delle variabili via via considerate.

Fatte queste premesse, la rassegna dei principali risultati emersi in questa prima fase di analisi dei dati può risultare semplificata. Ma prima di addentrarci nella discussione dei modelli specificati con l'inserimento dei regressori di primo livello, si ritiene opportuno prendere ancora in esame il risultato ottenuto nel modello *vuoto*. L'alta proporzione di varianza tra (*between*) scuole, pari al 44,9% del totale, non è semplicemente un mezzo per legittimare il ricorso all'analisi multilivello, ma è anche un'utile chiave di lettura del sistema scolastico altoatesino. Il fatto che molta della variabilità della competenza in Matematica sia da imputare alla scuola frequentata suggerisce, infatti, che gli studenti iscritti in uno stesso istituto tendono a essere fra loro simili, ma diversi da quelli iscritti in un'altra scuola. In altre parole, la ripartizione degli studenti all'interno del sistema d'istruzione secondaria di secondo grado in indirizzo liceale, tecnico, professionale e di formazione professionale è facilmente esposta alla critica di non garantire equità, poiché molta della variabilità rilevabile fra gli studenti in termini di competenze scolastiche acquisite è dovuta più alla scuola frequentata che alle singole caratteristiche del giovane. Il tema dell'equità del sistema scolastico verrà ripreso, e ulteriormente approfondito, nei paragrafi successivi alla luce dei risultati delle analisi multilivello che hanno a oggetto le variabili di secondo livello, nonché l'elaborazione del modello *saturo* complessivo. Prima di arrivare a queste considerazioni conclusive è doveroso, però, soffermarsi a fare qualche riflessione sui blocchi tematici delle variabili di primo livello.

⁷ Per ulteriori dettagli il significato e il calcolo del coefficiente di correlazione intraclasse si rinvia a Bryk e Raudenbush (2002).

Tab./tav.: 0.3 - Effetto delle variabili a livello studente (livello 1)

MODELLI	Modello 00	Modello 01	Modello 02	Modello 03	Modello 04	Modello 05	Modello 09
INTERCETTA	507,2	495,7	517,2	500,7	511	502,4	512,9
Variabili socio-demografiche							
ESCS		4,2**					8,1**
ESCS2		-4,7***					-0,9
GENERE		-26,8***					11,5**
IMMIG12		-41,7***					-30,7**
LINGUA1		28,2**					16,7
Variabili scolastiche							
REPEAT			-41,8***				-37,5***
ANXMAT			-14,6***				-6,2
ATSCHL			1,3				
ATTLNACT			-2,7				
BELONG			-4,0				
PERSEV			4,8				
SCMAT			21,3***				19,3***
Variabili ICT							
ICTATTNE				11,4***			-8,0***
ICTATTPO				2,3			
ICTHOME				-10,7***			-10,6***
ICTRES				4,5			
ICTSCH				-4,3			
USEMATH				4,9**			2,4
USESCH				-1,3			
Studio della Matematica e motivazione							
INSTMOT					-0,4		
INTMAT					13,1***		2,3
MATBEH					-4,2		
MATHEFF					25,3***		16,6***
MATINTFC					14,9***		9,5***
MATWKETH					-11,2***		-6,1
MTSUP					2,4		
PERSEV					8,2**		2,6
Variabili relazionali (studenti, insegnanti)							
STUDREL						3,3	
TCHBEHFA						6,0**	-1,1
TCHBEHSA						-10,8***	-9,5**
TCHBEHTD						-5,2*	-0,7
TEACHSUP						4,7*	4,2
COMPONENTI CASUALI							
Varianza Livello 1	4510,3	4218,4	3175,2	4184,9	3468,3	4313,5	2568,3
Varianza Livello 2	3669,9	3227,2	2137,1	3144,9	2315,2	3141,1	1345,6
Varianza Livello 2 su Livello 1 (%)	44,86						
Riduzione Varianza Livello 1 (%)		6,47	29,60	7,21	23,10	4,36	43,06
Riduzione Varianza Livello 2 (%)		12,06	41,77	14,31	36,91	14,41	63,33

* 0,05 < p ≤ 0,10 ; ** 0,01 < p ≤ 0,05 ; *** p ≤ 0,01 (p = p-value)

Il primo modello (Modello 01) prende in esame il blocco tematico delle variabili socio-demografiche, che mira a ricostruire il *background* sociale, economico e culturale dello studente e della famiglia di appartenenza. Nel complesso, i parametri stimati in corrispondenza di queste variabili, oltre ad essere tutti statisticamente significativi, presentano dei valori elevati. Più specificamente, l'indice di status socio-economico e culturale (ESCS) è l'unico regressore fra le variabili socio-demografiche a esercitare un effetto netto positivo sulla competenza in Matematica: a ogni variazione unitaria dell'ESCS, il punteggio riportato in Matematica aumenta, a parità di altre condizioni, di 4,2 punti. L'effetto dell'ESCS tende, invece, a vanificarsi nel momento in cui s'inseriscono nel modello *saturo* (Modello 11) le altre variabili di primo e di secondo livello, mentre l'importanza di questo indicatore non verrà meno nelle analisi di secondo livello presentate nel paragrafo successivo, a riprova dell'esistenza di meccanismi «iniqui» di preselezione degli studenti che compiono le loro scelte scolastiche una volta concluso il primo ciclo di istruzione. La variabile ESCS2 è introdotta per testare la linearità della relazione che lega gli esiti di Matematica con il *background* sociale. A differenza di quanto potrebbe apparire nel primo modello, la relazione quadratica non si conferma come statisticamente significativa quando sono in esame anche le altre variabili di livello 1 e livello 2. In altre parole, ciò significa che si può ragionevolmente assumere che la forza del legame tra l'ESCS e il rendimento in Matematica non vari al mutare del livello socio-culturale degli studenti.

Per quanto attiene alla variabile di genere (GENERE), le ragazze, a parità di altre condizioni, presentano uno svantaggio in Matematica non trascurabile rispetto ai coetanei maschi, pari a oltre 16 punti sulla scala PISA (Modello 11). Oltre all'essere femmina, sono anche altri gli attributi che concorrono a ridurre la qualità della competenza acquisita in Matematica: l'essere straniero ed essere di origine immigrata. La condizione di straniero solitamente penalizza l'apprendimento della Matematica e, più in generale, l'apprendimento scolastico *tout court*, poiché nella maggior parte dei casi questi studenti hanno sovente sperimentato percorsi scolastici accidentati a seguito dell'esperienza diretta della migrazione, che li ha obbligati a riprendere nel paese di adozione un percorso di studi iniziato nel paese di origine. Questo cambiamento socio-culturale può avere delle ripercussioni negative sulla carriera scolastica dello studente (voti insufficienti, episodi di ripetenza, alto rischio di abbandono della scuola), e non necessariamente queste esperienze fallimentari sono frutto di scarso impegno o poca dedizione verso lo studio. Alla condizione di straniero, infatti, spesso si affianca una difficoltà linguistica che può compromettere la riuscita scolastica.

Nel secondo modello (Modello 02), la prestazione in Matematica dei quindicenni altoatesini è stata valutata alla luce delle variabili *scolastiche*. Nello specifico, la condizione generica di ritardo scolastico⁸ (REPEAT) è molto penalizzante in termini di competenza acquisita in Matematica. Infatti, a parità di altre condizioni, essa produce un abbattimento del punteggio riportato in Matematica di oltre 32 punti (Modello 11), e questo regressore conserva la sua significatività statistica in tutti i modelli esaminati, a riprova del fatto che una carriera scolastica pregressa irregolare comporta solitamente la presenza di *deficit* formativi difficilmente colmabili. Tra le

⁸ I dati disponibili non consentono di distinguere gli studenti che sono in condizione di ritardo scolastico a causa di una pregressa esperienza di ripetenza dagli studenti in ritardo scolastico a seguito di un loro inserimento in una classe inferiore rispetto alla loro età pur non avendo mai ripetuto un anno di scuola. Quest'ultima condizione è solitamente più diffusa fra gli studenti stranieri.

variabili di questo gruppo la condizione di ritardo scolastico è l'unico fattore che incide negativamente sulla competenza matematica degli studenti altoatesini.

Gioca invece un ruolo positivo sull'acquisizione di competenze in Matematica il concetto che l'allievo ha di se stesso circa le sue potenziali di apprendimento in questo ambito disciplinare. Si riscontra, infatti, che sia nel modello *saturo* con tutte le variabili di livello 1 (Modello 09) sia in quello *saturo* con variabili di entrambi i livelli (Modello 11) la variabile SCMAT conserva un effetto altamente positivo, a riprova della rilevanza degli aspetti motivazionali nell'apprendimento.

Il Modello 03, congiuntamente ai Modelli 09 e 11, mostra che solo due variabili legate all'ICT mantengono un ruolo significativo sugli apprendimenti in Matematica. Mentre la prima variabile (ICTATTNE) esplica un'influenza prevedibile sugli apprendimenti in Matematica, la seconda (ICTHOME) sembra esercitare un effetto apparentemente controintuitivo. Tuttavia, se si considera che la variabile è centrata rispetto alla media dell'Alto Adige, è facile sciogliere l'apparente contraddizione, vale a dire una disponibilità di ICT a casa oltre la media si traduce, nei fatti, in un effetto negativo sugli apprendimenti. Si riscontra così, ancora una volta, l'importanza di valutare attentamente l'impatto dell'ICT sugli apprendimenti. Sembra quindi che le ICT siano importanti non tanto per la loro disponibilità *sic et simpliciter*, ma solo subordinatamente alla capacità della scuola e degli studenti di farne uno strumento di vero apprendimento.

Tra le variabili introdotte nel modello 05 solo l'indicatore relativo all'uso di pratiche didattiche volte al recupero degli allievi in difficoltà mantiene un ruolo significativo e negativo. Questo dato è solo apparentemente contraddittorio poiché questa variabile tende a identificare principalmente, anche se non esclusivamente, le scuole (Istituti professionali e Formazione professionale) in cui si riscontrano risultati medi più bassi.

8.4. La competenza in Matematica e gli effetti delle variabili di secondo livello (scuola)

I dati contenuti nella Tavola 8.4 si riferiscono esclusivamente alle variabili di secondo livello. Infatti, si può notare che la varianza di primo livello rimane sostanzialmente invariata, mentre quella del secondo cambia in modo apprezzabile in base al modello considerato.

Tab./tav.: 0.4 - Effetto delle variabili a livello scuola (livello 2)

MODELLI	Modello 00	Modello 06	Modello 07	Modello 08	Modello 10
INTERCETTA	507,2	552,8	499,0	502,5	527,7
Variabili di contesto esterno					
LINGUA1		46,8***			45,0***
TECN		-16,0			
ISTITUTO PROF		-31,1**			-29,8**
FORMAZ PROF		-87,5***			-64,8***
SCHESCS		48,5***			33,6**
SCHSIZE		-0,0			
SCHSIZE2		0,0			
PCGIRLS*100		0,9***			-0,7***
PCIMMIG		-1,1*			-0,8
Variabili di contesto interno					
ABGMATH			-24,6***		-7,6
ASSESS			5,6		
CLSIZE			-0,34		
CREACTIV			15,1**		0,9
LEADCOM			9,0		
LEADINST			10,5		
LEADPD			-31,0***		-11,5**
LEADTCH			1,5		
RESPCUR			0,2		
RESPRES			-23,7**		-20,4***
SCICTATT			-32,8**		-0,5
SCIATTNEG			58,0***		-0,5
STRATIO			-0,2		
STUDCLIM			18,9**		6,9*
TCSHORT			1,7		
Variabili legate all'apprendimento della Matematica e alla disponibilità di tecnologie					
MACTIV				18,2***	3,5
MATHEXC				-11,6	
PROPMATH*100				5,1***	2,7*
RATCOMP				0,7	
COMPWEB				-1,8	
SCICTHOM				-10,0	
SCICTRES				47,0**	-4,3
SCICTSCH				-39,9**	-31,5**
COMPONENTI CASUALI					
Varianza Livello 1	4510,3	4518,9	4510,1	4513,3	4513,2
Varianza Livello 2	3669,9	706,5	2105,6	1927,1	468,5
Varianza Livello 2 su Livello 1 (%)	44,86				
Riduzione Varianza Livello 1 (%)		0,00	0,00	0,00	0,00
Riduzione Varianza Livello 2 (%)		80,75	42,63	47,49	87,23

Tra i tre modelli specificati quello che maggiormente contribuisce a spiegare la varianza di livello 2 è, com'era da attendersi, quello che contiene le variabili relative al contesto esterno alla scuola (Modello 06). Esso, infatti, consente di ottenere una riduzione della varianza di livello 2 di oltre 80 punti percentuali. In questo caso si nota che se si prende in esame un Istituto professionale invece che un Liceo, tipo di scuola di riferimento in quest'analisi, si determina nella competenza in Matematica un abbassamento medio di oltre 30 punti, mentre non emergono differenze significative tra studenti di Liceo e di Istituto tecnico. Per la Formazione professionale, come era in buona sostanza da attendersi, il divario con gli studenti del Liceo sale a oltre 60 punti (Modello 10 e Modello 11).

Lo *status* sociale medio di scuola (SCHESCS) mantiene un ruolo rilevante solo quando si effettuano le analisi a livello 2 (Modello 06 e Modello 10), mentre quando si aggiungono anche le variabili a livello studente (Modello 11) prevalgono le caratteristiche sociali individuali rispetto a quelle medie di scuola. Considerazioni analoghe valgono per la percentuale di immigrati (PCIMMIG) e, anche se in misura minore, per la percentuale di ragazze (PCGIRLS).

Considerando congiuntamente i Modelli 08 e 10 soltanto variabili come LEADPD, RESPRES, PROPMATH e SCICTSCH che però tendono a identificare soprattutto gli Istituti professionali e la Formazione professionale, assumendo quindi più un ruolo epifenomenico e non veramente interpretativo o sostantivo.

8.5. Considerazioni conclusive

I dati contenuti nella Tavola 8.5 si riferiscono al modello *saturo* con le variabili di primo e secondo livello risultate significative nei Modelli 09 e 10, rispettivamente.

Per quanto riguarda le variabili a livello studente, come si può constatare osservando la Tavola 8.5 con i dati della Tavola 8.3, il quadro degli effetti dei relativi indicatori non varia di molto. È dunque sui predittori a livello scuola che si continuerà qui a focalizzare l'attenzione. Sono d'altronde questi ultimi che rivestono il maggiore interesse sia per cercar di comprendere le diversità di prestazione fra una scuola e l'altra, sia per l'impostazione e la valutazione delle politiche educative.

A livello individuale le variabili che esplicano un peso maggiore in senso negativo sono l'origine immigrata, la ripetenza, l'essere femmina e avere un atteggiamento negativo verso le ICT nell'apprendimento della Matematica. Sono molto importanti in senso positivo, invece, la fiducia in se stessi nell'apprendimento della Matematica e il senso dell'autoefficacia. Aspetti quest'ultimi che paiono suggerire piste di approfondimento didattico-metodologico molto rilevanti.

Anche le variabili di livello 2 del Modello 11 paiono confermare la considerevole differenza (oltre 31 punti) di risultati medi a favore del gruppo linguistico tedesco e ladino rispetto a quello di lingua italiana, così come il divario tra Licei e Istituti tecnici, da un lato, e Istruzione e Formazione professionale, dall'altro.

Dal punto di vista metodologico il modello proposto mostra un elevato potere esplicativo poiché è in grado di spiegare oltre 90% della variabilità originaria tra le scuole e oltre il 42% di quella all'interno delle scuole, confermandosi ancora una volta quanto l'analisi multilivello sia uno strumento potente per interpretare dati scolastici.

Tab./tav.: 0.5 - Modello saturo (livello 1 e livello 2)

MODELLI	Modello 00	Modello 11
INTERCETTA	507,2	541,5
VARIABILI A LIVELLO STUDENTE (LIVELLO 1)		
<i>Variabili socio-demografiche</i>		
ESCS		4,6
GENERE		-16,7***
IMMIG12		-33,3***
<i>Variabili scolastiche</i>		
REPEAT		-32,3***
SCMAT		25,8***
<i>Variabili ICT</i>		
ICTATTNE		-8,6***
ICTHOME		-11,0***
<i>Studio della Matematica e motivazione</i>		
MATHEFF		13,9***
MATINTFC		10,2***
<i>Variabili relazionali (studenti e insegnanti)</i>		
TCHBEHSO		-8,2**
VARIABILI A LIVELLO SCUOLA (LIVELLO 2)		
<i>Variabili di contesto esterno</i>		
LINGUA1		31,8***
TECN		-15,6
ISTITUTO PROF		-33,5**
FORMAZ PROF		-60,8***
SCHESCS		17,9
PCGIRLS*100		-0,3*
<i>Variabili di contesto interno</i>		
LEADPD		-9,5*
RESPRES		-17,3**
STUDCLIM		7,4
<i>Variabili legate all'apprendimento della Matematica e alla disponibilità di tecnologie</i>		
PROPMATH*100		0,6
SCICTSCH		-27,5*
COMPONENTI CASUALI		
Varianza Livello 1	4510,3	2605,7
Varianza Livello 2	3669,9	345,7
Riduzione Varianza Livello 1 (%)		42,23
Riduzione Varianza Livello 2 (%)		90,58