

Formazione universitaria e modelli di crescita

Marisa Civardi, Emma Zavarrone¹

*Università di Milano-Bicocca*²

Riassunto. In questo lavoro si propone una particolare misura del capitale umano denominata Capitale Umano Universitario (*UHC*) basata sulla legge di accrescimento della componente del capitale umano degli studenti riconducibile al processo di formazione nell'università. Si tratta di un tipo di capitale che si aggiunge alle altre tipologie di capitale umano e che funge da segnalatore, per le aziende interessate, delle competenze possedute dal laureato. L'*UHC* è interpretabile anche come una componente del "capitale intellettuale" che caratterizza i diversi tipi di imprese. Le traiettorie individuali di crescita dell'*UHC* saranno determinate tramite il ricorso ai modelli autoregressivi a traiettorie di variabili latenti. I primi risultati ottenuti evidenziano la possibilità di sintetizzare la legge di accrescimento degli *UHC* individuali mediante funzioni logistiche o di Gompertz.

Parole chiave: Curve di crescita latente; Formazione universitaria, Capitale umano universitario; Competenze specifiche; Modello multilevel strutturale.

1. Introduzione

In un precedente lavoro (Civardi e Zavarrone, 2004) hanno delineato un modello generatore delle competenze basato sull'analisi delle conoscenze fornite al laureato dall'università. Le competenze sono viste come l'esito di un processo composito in cui risultano coinvolti, oltre alla didattica, il complesso di interazioni che si sviluppano tra gli studenti dello stesso corso di laurea, della stessa facoltà, della stessa università.

¹ Il presente lavoro è stato finanziato nell'ambito del progetto "Transizioni Università-Lavoro e valorizzazione delle competenze professionali dei laureati: modelli e metodi di analisi multidimensionali delle determinanti", cofinanziato dal MIUR. Coordinatore nazionale è L. Fabbris, coordinatore del Gruppo di Milano-Bicocca è Marisa Civardi. La nota è stata redatta da: M. Civardi per i Parr. 2.2 e 3.1 e da E. Zavarrone per i Parr. 2.1, 3.2 e 3.3. I Paragrafi 1, 4 e 5 sono opera di entrambi gli autori.

² Le dati di base utilizzate per l'applicazione sono state predisposte dal dott. Francesco Maggio della Presidenza della Facoltà di Economia dell'Università di Milano-Bicocca.

Le competenze si caratterizzano per essere variabili nel tempo e non direttamente osservabili e si configurano come una componente intrinseca delle competenze possedute alla fine del percorso universitario

L'acquisizione di conoscenze modifica progressivamente la competenza complessiva dello studente. Poiché le competenze concorrono a determinare il capitale umano, possono essere considerate come un'importante leva per l'accesso al mondo del lavoro.

Una corretta misurazione dell'accrescimento delle competenze richiederebbe una "biografizzazione" del percorso formativo del singolo studente, realizzabile affiancando alle informazioni riguardanti la carriera universitaria (reperibili presso la segreteria studenti) dati espressivi del cambiamento intervenuto nello studente quando passa da una condizione ad un'altra (ad esempio, quando supera un esame). Si dovrebbe, cioè, poter rilevare l'incremento del livello generale delle competenze conseguente all'evento. Questo obiettivo è parso difficilmente raggiungibile, anche perché le competenze necessarie per svolgere un tale compito coinvolgono una pluralità di ambiti disciplinari.

Questo lavoro, pertanto, si limita alla quantificazione dell'accrescimento delle conoscenze conseguente al superamento delle prove d'esame, tenendo conto del momento temporale in cui le singole prove vengono superate, del voto conseguito e dei relativi crediti acquisiti.

2. Capitale Umano Universitario

La rappresentazione minimale del processo di formazione universitario assume che gli attori coinvolti siano solo coloro che fruiscono della formazione (gli studenti) e la struttura che eroga la formazione (l'Università). Un approccio più complessivo, invece, tiene conto della relazione di interdipendenza che si instaura tra il capitale umano posseduto dallo studente (riconducibile alla famiglia d'origine, all'ambiente sociale in cui è inserito, al percorso universitario seguito), la struttura che eroga la formazione, le imprese che operano sul mercato.

È, infatti, evidente che le scelte educative familiari, nonché il complesso delle interazioni con l'ambiente sociale, contribuiscono a determinare la tipologia di capitale umano posseduta dallo studente al momento della sua immatricolazione (il capitale umano al tempo iniziale t_0 : HC_0). Durante la permanenza in università l' HC varia in conseguenza delle attività formative seguite, delle esperienze fatte e delle opportunità colte.

È nella fase della formazione universitaria che il capitale umano si specifica nel "capitale umano universitario" (UHC). Un capitale umano, cioè, che in ogni

individuo assume forma e distribuzione diverse come conseguenza, anche, della velocità e dei “livelli”, misurati in termini di voti conseguiti, con cui vengono acquisite le conoscenze e del tempo di permanenza in università. Al termine del processo formativo il laureato disporrà quindi di un capitale umano caratterizzato dall’apporto di questa specifica componente *UHC*, sulla cui base le imprese effettuano il processo di selezione.

UHC può anche essere visto come una componente del capitale intellettuale che contribuisce a caratterizzare le diverse tipologie di imprese. Il capitale intellettuale di un’impresa è interpretabile come la sintesi di almeno tre tipologie di capitale: il capitale sociale, quello relazionale e quello umano (Lev, 2000).

A configurare il capitale intellettuale dell’impresa concorrono aspetti del capitale umano quali: la capacità, le competenze, le abilità e il *know how* posseduti da ciascun dipendente. Il *know-how*, secondo Edvisson e Malone (1997), si compone di due aspetti distinti: il sapere e le esperienze accumulate. Il sapere è determinato da tutto ciò che l’istruzione formale e non formale apporta all’individuo durante il suo periodo di formazione. Le esperienze accumulate, indipendentemente dalla loro natura (conscie e/o inconscie, documentali, verbali, tacite), sono le principali fonti di condizionamento sia del livello di apprendimento, sia dei comportamenti degli studenti/laureati. Per quantificazione il contributo apportato dal *know-how* alla creazione dell’*UHC* si farà ricorso (v. Par. 3) alla metodologia delle curve di crescita di variabili latenti (Muthen e Khoo, 1998).

Se si accetta l’ipotesi che gli aspetti del capitale umano siano quelli che maggiormente caratterizzano il capitale intellettuale, si può considerare *UHC* come un importante elemento di congiunzione tra il mondo universitario (che forma la figura professionale) e il mercato del lavoro (che tale figura cerca). Il capitale umano universitario diventa cioè l’elemento di connessione tra Studenti, Università e Imprese.

In sintesi, mentre la finalità degli studenti è quella di totalizzare, nel periodo di tempo prestabilito, tutti i crediti necessari per il conseguimento del titolo di studio, quella delle università è erogare attività formative in grado di preparare figure professionali idonee a ricoprire le posizioni lavorative richieste dal sistema imprenditoriale. In quest’ottica, proprio la componente del capitale umano dei futuri lavoratori rappresentata dal loro capitale umano universitario, diventa uno degli elementi cruciali che caratterizzano il capitale intellettuale delle imprese.

Prima di enunciare le ipotesi che ci hanno guidato nella scelta della metodologia utilizzata, è necessario definire la misura di capitale umano universitario e richiamarne le principali caratteristiche. In questo lavoro, l’*UHC* è definito come l’accumulazione di competenze, acquisite nel corso degli studi universitari, che si evolvono in un contesto dinamico. Questo processo, sinteticamente, è riconducibile alla presenza di:

- a. una *Componente individuale* connessa con :
1. la diversa dotazione di *HC* iniziale;
 2. le diverse traiettorie di accumulazione di *UHC*;
 3. l'interazione tra i livelli individuali di *UHC* raggiunti ed il tempo impiegato per raggiungerli.
- b. una *Componente di gruppo* che esprime gli effetti indotti sull'*UHC* individuale dal "sistema" (ad esempio il corso di laurea scelto).

Per il generico laureato j , il valore numerico dell'*UHC* da lui accumulato al tempo t è determinato in base alla seguente espressione:

$$UHC_j(t) = \frac{100 \sum_{i=0}^t uhc_j(i)}{\max UHC_j(T_j)} \quad (t=1,2,3,\dots,T) \quad [1]$$

dove: $uhc_j(i) = \sum cfu_j(i) * voto_j(i)$ è l'ammontare di crediti acquisiti dal soggetto j al tempo i (mese di registrazione del/degli esami sostenuti) ponderati con le rispettive votazioni conseguite agli esami. $uhc_j(i)$ rappresenta, dunque, l'incremento puntuale dell'*UHC* del laureato j nell'occasione di osservazione i .

Il denominatore della [1] esprime, per il soggetto j , il massimo teorico di *UHC* raggiungibile, al tempo T_j , (tempo in cui consegue il titolo). Se non si attribuisce alcun punteggio alle eventuali lodi, tale massimo, per un laureato triennale, è dato da: $\max UHC_j(T_j) = 180 * 30$. Sarà quindi: $0 \leq UHC_j(t) \leq 100$.

3. La metodologia

3.1 Le curve di crescita

La componente individuale riconducibile alle traiettorie di accumulazione dell'*UHC* dei singoli laureati può essere calcolata stimando i parametri di opportune funzioni del tempo. E' del tutto evidente che la funzione lineare, $f(t) = b + kt$, implicando sia un tasso di crescita k costante sia l'assenza di un limite superiore $\lim_{t \rightarrow \infty} f(t) = \infty$,

non è la funzione più idonea.

Se, come è più realistico, si assume che esista un valore limite di *UHC* pari ad α e si impone che il tasso di crescita al tempo t sia direttamente proporzionale (con fattore di proporzionalità $k > 0$) all'ammontare di crescita ancora da raggiungere, è possibile descrivere la situazione ipotizzata mediante la seguente equazione differenziale:

$$\frac{df(t)}{dt} = k(\alpha - f(t)) \quad [2]$$

una cui soluzione conduce alla curva di crescita detta *esponenziale modificata*:

$$f(t) = \alpha(1 - be^{-kt}) \quad \text{con } b > 0 \quad [3]$$

Essendo: $\lim_{t \rightarrow \infty} f(t) \rightarrow \alpha$, ne consegue che α , oltre ad essere un fattore di scala della funzione, rappresenta l'asintoto orizzontale superiore della funzione e, pertanto, è anche il valore massimo di *UHC*. Nel nostro caso, α è noto a priori ed è uguale a 100. Il parametro k controlla la scala lungo l'asse dei tempi. Infine, dal momento che il valore iniziale è: $UHC(0) = \alpha(1-b)$, il parametro b determina l'intersezione della curva con l'asse verticale.

Essendo noto α , basta calcolare la funzione $g(t) = f(t) - \alpha$ così che la $g(t)$ diventi una funzione esponenziale i cui parametri sono stimabili con i minimi quadrati.

L'ipotesi che, sempre in presenza di un valore limite di crescita pari ad α , il tasso di crescita relativo al tempo t sia direttamente proporzionale (con fattore di proporzionalità $k > 0$) all'ammontare relativo di crescita ancora di raggiungere, porta, invece, alla seguente equazione differenziale:

$$\frac{df(t)}{dt} / f(t) = \frac{k}{\alpha} [\alpha - f(t)] \quad [4]$$

che, integrata, dà la *funzione logistica* a 3 parametri:

$$f(t) = \frac{\alpha}{1 + b e^{-kt}} \quad b > 0 \quad [5]$$

La curva ha due asintoti orizzontali, uno inferiore, rappresentato dall'asse dei tempi, ed uno superiore, rappresentato da α che è dunque ancora il valore massimo di *UHC*. Il valore iniziale, in questo caso, è: $UHC(0) = \alpha/(1+b)$. La curva, inoltre, presenta un punto di flesso.

Poiché il reciproco di $f(t)$ è una funzione esponenziale modificata, l'introduzione della funzione $g(t) = 1/f(t)$ riconduce la determinazione dei parametri della funzione logistica a quella dell'esponenziale modificata.

Infine, l'ipotesi che, sempre in presenza di un limite superiore α , il tasso di crescita relativo al tempo t sia proporzionale (con fattore di proporzionalità $k > 0$) alla differenza tra il logaritmo del livello massimo raggiungibile e il logaritmo del livello raggiunto al tempo t , porta alla sottostante equazione differenziale:

$$\frac{df(t)}{dt} / f(t) = k[\log \alpha - \log f(t)] \quad [6]$$

La [6], sostanzialmente, esprime il tasso di crescita relativo come funzione lineare di $\log f(t)$ dalla cui integrazione si ottiene la *curva di Gompertz*:

$$f(t) = \alpha \exp(-be^{-kt}) \quad b > 0 \quad [7]$$

Anche nella curva di Gompertz, sia l'asse dei tempi sia α sono asintoti orizzontali cosicché α rappresenta ancora il valore massimo di UHC . Il valore iniziale in questo caso è: $UHC(0) = \alpha e^{-b}$. Nella funzione di Gompertz è il logaritmo di $f(t)$ ad essere espresso come una esponenziale modificata, cosicché l'introduzione della funzione $g(t) = \log(f(t))$ riconduce la determinazione dei parametri a quella dell'esponenziale modificata.

Le tre curve di crescita presentate riflettono altrettanti possibili modelli di comportamento nell'acquisizione dei crediti richiesti per conseguire la laurea. Secondo l'ipotesi sottesa alla offerta formativa del MIUR, il tasso di accumulazione annuale dello studente, e cioè i crediti che dovrebbe acquisire in ciascuno dei tre anni di corso, dovrebbe essere costante. Nella realtà l'esperienza indica che pochi studenti riescono a laurearsi in corso e comunque, anche per quelli che ci riescono, raramente si verifica un trend di accumulazione di crediti costante nei tre anni.

L'esponenziale modificata implica tassi di crescita (e quindi numero di crediti conseguiti nell'intervallo unitario di tempo) sempre decrescenti, in quanto proporzionali all'ammontare di crediti ancora da acquisire. In base a questa legge statistica gli studenti dovrebbero accumulare un maggior numero di crediti al primo anno di quanti non ne accumulino negli anni successivi.

Decisamente più appropriati mostrano di essere gli altri due modelli di crescita. In particolare, l'ipotesi di proporzionalità tra tasso di crescita relativo e quota relativa di crescita ancora di raggiungere, che è alla base della funzione logistica, equivale ad assumere che il rapporto tra i crediti acquisiti nel generico intervallo unitario di tempo e il totale dei crediti all'inizio dell'intervallo sia direttamente proporzionale alla quota di crediti ancora da acquisire rispetto ai 180 richiesti per conseguire la laurea. Questa condizione implica che nel periodo iniziale, e cioè nei primi appelli d'esame, gli studenti acquisiscono crediti con maggiore lentezza mentre accelerano nei periodi centrali.

Nel modello di Gompertz il rapporto tra i crediti acquisiti nel generico intervallo unitario di tempo e il totale dei crediti all'inizio dell'intervallo (il tasso di crescita relativo) è una funzione lineare decrescente del logaritmo dei crediti acquisiti. Anche quest'ultimo modello, come il precedente, assume una partenza più lenta quantunque, rispetto alla logistica, l'accelerazione inizia prima.

3.2 I modelli lineari di crescita a due livelli

Gli effetti riconducibili all'interazione tra opportune trasformazioni della quantità di UHC raggiunta e il tempo impiegato per raggiungerla possono essere determinati mediante il ricorso ad un modello lineare di crescita a 2 livelli, in cui il primo livello esprime il modello di crescita individuale. In base alle considerazioni svolte nel Par.

3.1, al primo livello sono stati impostati tre diversi modelli di crescita in cui la variabile dipendente è espressa dalle seguenti trasformazioni dell' UHC individuale:

$UHC^* = \log(100 - UHC)$ per il modello dall'esponenziale modificata;

$UHC^* = \log(1/UHC - 1/100)$ per quello espresso dalla logistica;

$UHC^* = \log[\log 100 - \log UHC]$ per quello espresso dalla Gompertz.

Indicando con π i parametri del modello per il livello 1 ("entro" gli studenti) e con β i parametri per il livello 2 ("tra" gli studenti), si può scrivere:

$$UHC_{ij}^* = \pi_{0j} + \pi_{1j}t_{ij} + r_{ij} \quad \text{dove } r_{ij} \approx N(0, \sigma^2) \quad [8]$$

in cui

$$\pi_{0j} = \beta_{00} + u_{0j}; \quad \pi_{1j} = \beta_{10} + u_{1j} \quad [9]$$

dove:

$$\begin{pmatrix} u_{0j} \\ u_{1j} \end{pmatrix} \approx N \left[\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \tau_{00} & \tau_{01} \\ \tau_{10} & \tau_{11} \end{pmatrix} \right]. \quad [10]$$

L'equazione [8] esprime la variabile UHC_{ij}^* di ciascun studente j , osservata al tempo i , come funzione lineare del tempo. I parametri π_{0j} e π_{1j} corrispondono, rispettivamente, al valore medio al tempo iniziale e al tasso di crescita di UHC_{ij}^* .

Le equazioni [9] indicano che, per lo studente j , il valore di UHC_{ij}^* nell'istante di riferimento (π_{0j}) dipende dall' UHC_{ij}^* medio di tutti gli studenti (β_{00}) e da un effetto casuale specifico dello studente j (u_{0j}) e, analogamente, che il suo tasso di crescita (π_{1j}) dipende dal tasso di crescita medio di tutti gli studenti (β_{10}) nonché da un effetto casuale specifico dello studente j (u_{1j}).

La presenza di errori casuali in entrambi i livelli denota la natura casuale del modello. In particolare, come indicato nella [8], r_{ij} esprime l'effetto casuale dell'istante temporale i sulla traiettoria di crescita di UHC_{ij}^* mentre, come già ricordato, u_{0j} e u_{1j} sono gli effetti casuali, rispettivamente per intercetta e tasso di crescita, sulla traiettoria di crescita dello studente j rispetto a quella media di tutti gli studenti.

Combinando i due livelli in un'unica equazione si ottiene:

$$UHC_{ij} = [\beta_{00} + \beta_{10}t_{ij}] + [u_{0j} + u_{1j}t_{ij} + r_{ij}] \quad [11]$$

L'equazione [11] indica che il modello multilevel è esprimibile come somma di due parti delle quali, la prima contiene due effetti fissi (uno per l'intercetta e uno per il parametro del tempo - tasso di accrescimento), mentre la seconda è composta da tre effetti casuali (sull'intercetta, sulla pendenza di t e sui residui entro gli studenti, r_{ij}). In questa formulazione, sia l'intercetta che la pendenza si assumono essere effetti casuali e al livello 2 non è presente alcuna variabile. Entrambi questi assunti, tuttavia, possono essere modificati (Singer, 1998).

3.3 Le traiettorie di crescita latente

L'analisi delle curve di variabili latenti, che in letteratura si colloca sia nell'ambito dei modelli strutturali sia in quello dei modelli multilevel, studia i cambiamenti che, al passare del tempo, si verificano negli individui sottoposti ad osservazione e li configura come percorsi o traiettorie. Il cambiamento di una caratteristica individuale, registrato tra uno stato temporale ed il successivo, viene descritto attraverso l'identificazione della forma della traiettoria e, di conseguenza, attraverso la determinazione di un opportuno tasso di variazione.

Il tasso di variazione può essere sia positivo sia negativo mentre la traiettoria di crescita (o di declino) può avvenire seguendo un "percorso" lineare o non lineare. Nel caso più semplice, la traiettoria individuale di tipo latente è descritta dall'equazione di una retta $f(t)=\alpha+\beta t$ in cui i parametri α (intercetta \approx valore assunto dalla caratteristica al tempo zero) e β (tasso di crescita/declino) identificano la traiettoria e sono governati da una variabile latente sottostante. Sotto l'ipotesi di un particolare modello di crescita, la combinazione lineare pesata dei punteggi della corrispondente variabile osservata UHC consente di determinare i parametri (intercetta e pendenza) e, quindi, di stimarne i valori attesi.

Il metodo delle curve di crescita latente affonda le radici nell'analisi fattoriale longitudinale proposta da Tucker (1958) e da Rao (1958). Essa, infatti, è del tutto equivalente al modello dell'analisi fattoriale quando si assuma μ diverso da zero (Stoel, Van Der Wittenboer, 2003). Ne consegue che la variabile latente sottostante genera non solo la matrice di covarianza per le variabili osservate ma anche il vettore delle medie (Browne, 1993). Rovine e Molenaar (1998) dimostrano che il modello delle curve di crescita latente è equivalente al modello a coefficienti casuali formalizzato nelle equazioni [8], [9] e [10]. Questo sistema rappresenta il modello generale delle curve di crescita latente e può essere opportunamente esteso anche al caso di modelli non lineari.

Nella nostra applicazione, la variabile osservata è la misura y_{ij} dell' UHC_{ij}^* per lo studente j rilevata all'istante i .

$$y_{ij} = \lambda_{0i}\eta_{0j} + \lambda_{1i}\eta_{1j} + \varepsilon_{ij} \quad [12]$$

dove

$$\eta_{0j} = v_0 + \gamma_{01}x_j + \zeta_{0j} \quad [13]$$

$$\eta_{1j} = v_1 + \gamma_{11}x_j + \zeta_{1j}. \quad [14]$$

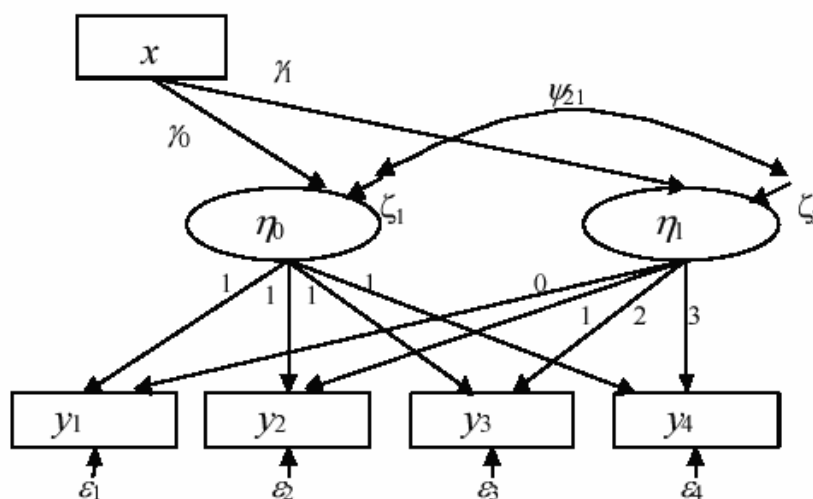
Nella [12] y_{ij} è funzione di due fattori latenti η_{0j} e η_{1j} , con pesi fattoriali, rispettivamente, λ_{0i} e λ_{1i} , e di una componente d'errore ε_{ij} . Nelle equazioni [13] e [14] x_j è una variabile casuale, indipendente dal tempo, caratterizzata da $E(x)=0$,

mentre i fattori η_{0j} e η_{1j} , con: $E(\eta_0)=v_0$ e $E(\eta_1)=v_1$, sono funzione del predittore x_j e dei due residui ζ_{0j} e ζ_{1j} .

Le ipotesi che caratterizzano questo modello, oltre a quelle imposte dal modello ad equazioni strutturali (Bollen, 1989), sono, nel caso lineare:

1. la crescita dell' UHC_{ij}^* di ogni studente è linearmente correlata con la variabile che esprime il tempo. Ciò implica l'esistenza di un'unica funzione lineare per tutto il periodo di osservazione e uguale per tutti gli studenti.
2. la variabilità tra le occasioni di rilevazione e quella connessa alle differenze individuali sono generate da un'unica fonte. Ne consegue che la varianza riconducibile agli studenti (varianza nei gruppi) è determinata dagli stessi fattori (latenti) che generano la variazione nelle medie (varianza tra le rilevazioni temporali).

Figura 1. Path diagram di un modello di crescita latente con quattro occasioni di osservazioni e una variabile x indipendente dal tempo.



Le equazioni [12] ÷ [14] riguardano un modello di crescita latente molto generale in quanto valido anche per curve di crescita non lineari. Nel caso di curve di crescita latente lineari è necessario imporre alcuni vincoli (Meredith, Tisak, 1990) sui coefficienti fattoriali λ_{0i} e λ_{1i} , noti in letteratura anche come *basis functions*. Imponendo che $\lambda_{0i}=1$, η_{0j} diventa il fattore latente al tempo iniziale e imponendo che $\lambda_{1i}=i$, η_{1j} rappresenta il tasso di crescita lineare. Dal momento che quest'ultimo

fattore rappresenta “una unità di cambiamento”, ogni *basis function* indica il numero di unità di cambiamento che si verificano tra l’occasione corrente t e il tempo iniziale t_0 .

La matrice di covarianza implicita è data da:

$$\Sigma = \Lambda_y (\Gamma \Phi \Gamma' + \Psi) \Lambda_y' + \Theta_\varepsilon \quad [15]$$

dove Λ_y ($ix2$) è la matrice dei coefficienti *basis function*, Γ è il vettore dei coefficienti di regressione connessi alla covariata tempo indipendente x , Φ è uno scalare che rappresenta la varianza di x , Ψ ($2x2$) è la matrice di covarianza dei parametri di crescita e Θ_ε è la matrice di covarianza degli errori ε_{ij} .

Facendo riferimento alla [12] η_0 rappresenta dunque il valore atteso all’inizio del processo mentre η_1 rappresenta il tasso di crescita. La Fig. 1 riporta il path diagram teorico per un modello di crescita lineare semplificato che contiene una variabile tempo indipendente x e una *basis function* prefissata.

4. L’applicazione

L’applicazione è stata condotta sulla coorte di immatricolati alla Facoltà di Economia dell’Università di Milano-Bicocca nell’a.a. 2000-01. Le carriere di ogni immatricolato sono state osservate fino al 31 dicembre 2004, prendendo in considerazione solo gli studenti che, nell’arco temporale d’osservazione, avevano conseguito il titolo. La coorte è stata osservata per 48 mesi.

Di ciascun studente sono state rilevate le seguenti caratteristiche:

- voto ottenuto nel primo esame sostenuto (VE_1)
- crediti associati al primo esame (CE_1),
- data (mm.aa.) del primo esame (DTE_1),
- voto ottenuto nel secondo esame sostenuto (VE_2),
- crediti associati al secondo esame (CE_2),
- data (mm.aa.) del secondo esame (DTE_2),
-
- voto ottenuto nell’ultimo esame sostenuto (VE_n),
- crediti associati all’ultimo esame (CE_n),
- data (mm.aa.) dell’ultimo esame (DTE_n),
- voto ottenuto nell’esame di laurea (VL),
- crediti associati all’esame di laurea (CL),
- data (mm.aa.) dell’esame di laurea (DTL).

Tabella 1. Valori medi stimati con le tre funzioni di crescita - effetti fissi

C.d.L.	Parametri della funzione linearizzata		UHC Stimato al tempo 0	Valori UHC (1° riga) e Tassi di crescita (2° riga)			UHC medio osservato a 36 mesi
	p0	p1		dopo 12 mesi	dopo 24 mesi	dopo 36 mesi	
Esponenziale							
1	4,968	-0,049	-43,728	20,585	56,120	75,755	69,758
<i>t</i>	123,291	-9,682		3,926	2,169	1,199	14,800
2	4,997	-0,056	-47,909	24,739	61,705	80,514	73,103
<i>t</i>	161,576	-19,406		4,237	2,156	1,097	14,894
3	5,016	-0,058	-50,830	24,689	62,397	81,224	77,960
<i>t</i>	204,353	-17,846		4,359	2,176	1,087	12,142
4	5,290	-0,084	-98,295	27,328	73,367	90,240	87,315
<i>t</i>	66,989	-25,894		6,079	2,228	0,816	2,650
5	4,993	-0,052	-47,375	21,246	57,916	77,511	73,434
<i>t</i>	112,229	-11,055		4,113	2,198	1,174	14,740
Facoltà	5,007	-0,056	-49,476	24,095	61,455	80,427	74,256
<i>t</i>	250,427	-27,981		4,286	2,177	1,105	14,277
Logistica							
1	-0,392	-0,149	1,459	8,090	34,359	75,686	69,758
<i>t</i>	-1,239	-15,946		1,105	3,351	2,734	14,800
2	-0,747	-0,130	2,066	9,156	32,504	69,705	73,103
<i>t</i>	-3,385	-14,248		1,084	2,859	2,752	14,894
3	-0,246	-0,155	1,263	7,635	34,811	77,527	77,960
<i>t</i>	-0,609	-12,691		1,096	3,528	2,709	12,142
4	-0,194	-0,162	1,200	7,848	37,397	80,733	87,315
<i>t</i>	-0,172	-3,907		1,174	3,800	2,525	2,650
5	0,010	-0,163	0,980	6,552	33,176	77,854	73,434
<i>t</i>	0,030	-16,907		0,999	3,616	2,812	14,740
Facoltà	-0,526	-0,141	1,664	8,435	33,397	73,185	74,256
<i>t</i>	-3,347	-22,928		1,091	3,141	2,771	14,277
Gompertz							
1	1,583	-0,078	0,768	14,939	47,600	74,837	69,758
<i>t</i>	23,331	-15,272		2,226	2,769	1,700	14,800
2	1,793	-0,101	0,247	16,794	58,856	85,428	73,103
<i>t</i>	19,012	-12,734		3,030	3,155	1,361	14,894
3	1,772	-0,096	0,279	15,757	55,962	83,330	77,960
<i>t</i>	17,262	-12,985		2,810	3,135	1,466	12,142
4	2,388	-0,144	0,002	14,576	71,145	94,159	87,315
<i>t</i>	9,424	-9,677		4,053	3,498	0,818	2,650
5	1,668	-0,083	0,499	14,189	48,699	76,712	73,434
<i>t</i>	23,072	-17,787		2,305	2,915	1,692	14,740
Facoltà	1,775	-0,098	0,273	16,115	56,843	83,962	74,256
<i>t</i>	29,299	-19,229		2,875	3,139	1,435	14,277

Negli archivi della segreteria studenti i dati iniziali contenevano, per ogni studente, n_j+1 record (uno per ciascuno degli n_j esami sostenuti dallo studente j , più il record relativo all'esame di laurea). Ognuno degli n_j record era composto da matricola, nome dell'esame, voto, numero crediti, data dell'esame; il record relativo all'esame di laurea era composto da matricola, voto di laurea, numero crediti, data dell'esame di laurea.

Si è preliminarmente stabilito di fissare una cadenza d'osservazione mensile e un arco temporale uguale per tutti i laureati. Come tempo di osservazione iniziale t_0 è stato scelto il 31 dicembre 2000, che, per come è organizzata la didattica nella Facoltà, rappresenta il momento da cui l'immatricolato può iniziare a sostenere esami e quindi può iniziare ad accumulare il suo UHC ; il tempo massimo T_{48} coincide con il 31 dicembre 2004.

Per ogni laureato è stato costruito un record di 49 osservazioni, la prima delle quali contiene la matricola (l'identificatore) e le successive 48 i valori di $uhc_j(t_i)$ ai mesi di osservazione t_1, t_2, \dots, t_{48} .

I valori degli $uhc_j(t_i)$ sono stati determinati in base alla seguente formula: $uhc_j(t_i) = \sum CE_j(t_i) * VE_j(t_i)$ dove la sommatoria riguarda gli esami sostenuti nell'intervallo temporale compreso tra t_{i-1} e t_i . Quindi, se lo studente j nel mese di gennaio 2001 ha sostenuto 2 esami, il suo $uhc_j(t_1)$ sarà dato dalla somma del prodotto (crediti x voto) dei due esami sostenuti; nel caso invece che non abbia sostenuto alcun esame il suo $uhc_j(t_1)$ sarà uguale a zero.

La fase successiva è consistita nella costruzione di un nuovo record, sempre di 49 osservazioni, contenente, dopo la matricola, i valori degli $UHC_j(t_i)$, ottenuti calcolando le cumulate degli $uhc_j(t_i)$ e rapportandole al massimo teorico.

Sulla base della matrice dei dati così ottenuta, si determinano le curve di crescita di UHC per i cinque corsi di laurea e per l'intera facoltà. La stima dei parametri è effettuata per ciascuna delle tre curve di crescita esaminate nei paragrafi 3.1 e 3.2 utilizzando la procedura MIXED del software SAS (Littel *et al.* 1996). Fissando l'attenzione sugli effetti fissi (livello 1), si determinano i parametri delle funzioni (rese lineari nei parametri), i relativi valori del test t , i valori stimati di UHC al tempo 0, dopo 12 mesi, dopo 24 e dopo 36 mesi e i corrispondenti tassi medi di crescita (Tab. 1).

Poiché nel modello non sono presenti variabili al livello 2, questi valori esprimono i valori medi del livello e dei tassi istantanei di crescita di UHC dei laureati in ciascun C.d.L. e nella Facoltà. I valori del test t , tutti altamente significativi, soprattutto per i modelli logistico e Gompertz, consentono di rifiutare l'ipotesi nulla che, nella popolazione, i parametri siano uguali a zero.

Nelle Fig. 2 e 3 sono rappresentate le traiettorie medie di crescita dei singoli C.d.L. e della Facoltà assumendo, rispettivamente, un modello logistico e un modello di Gompertz. Entrambi i modelli evidenziano percorsi di crescita moderatamente

differenziati tra i C.d.L. che potrebbero essere imputabili o a presenza di pre-selezione (gli studenti più bravi scelgono di iscriversi ad alcuni C.d.L. e non ad altri) o a una differente difficoltà dei percorsi tra i C.d.L. La verifica della prima ipotesi è ciò che ci proponiamo di fare introducendo nelle equazioni [9] tre caratteristiche individuali (variabili x_{sij} , $s=1,2,3$, indipendenti dal tempo) e cioè, il tipo di diploma, il voto di diploma ed il tempo intercorso tra conseguimento del diploma e data di immatricolazione all'Università.

Nella Tab. 2 si riportano le stime degli effetti casuali e, in particolare, di quelli connessi all'intercetta e alla pendenza e, pertanto ai livelli medi di *UHC* e al tasso di crescita medio. La significatività di tali valori indica l'esistenza di variazioni nell'intercetta e nella pendenza che possono essere spiegate dalle caratteristiche individuali, cioè dai livelli di *UHC* raggiunti dal singolo studente e dal tempo impiegato per raggiungerli.

La covarianza tra intercetta e pendenza risulta significativa, e con segno negativo, solo per due C.d.L. Questo risultato, segnalando l'esistenza di covariazione discorde tra tempo e *UHC* iniziale, indica che agli studenti meno bravi corrispondono tempi, per raggiungere un dato livello di *UHC*, più lunghi.

Per individuare le traiettorie di crescita latente dei laureati della Facoltà, senza distinzione tra i C.d.L., sono stati costruiti due modelli, uno assumendo la funzione logistica, l'altro la funzione di Gompertz. I dati utilizzati riguardano quindi 109 laureati osservati per i 36 mesi corrispondenti alla durata legale dei corsi di laurea triennali.

Quantunque entrambi i modelli risultino identificati, la loro stima presenta difficoltà riconducibili alla presenza di un numero di variabili elevato rispetto alla numerosità campionaria. Un'ulteriore difficoltà è rappresentata dai valori numerici degli *UHC* per la stima con la funzione di Gompertz che, derivando da una doppia trasformazione logaritmica degli *UHC* iniziali, presentano una variabilità molto ridotta cosicché la matrice di varianza e covarianza teorica risulta non adeguata.

Per la funzione logistica, invece, è possibile stimare i valori di η_0 ed η_1 , anche se, sulla base dell'indice RMSEA riportato in Fig. 4, essa non appare idonea a spiegare l'evoluzione dell'*UHC*. È opportuno tuttavia ricordare che l'indice RMSEA è solo una delle numerose misure di adattamento che possono essere utilizzate per la valutazione di un modello strutturale, però, a differenza di altri indici, non risente dell'effetto connesso all'ampiezza campionaria.

I valori soglia del test sono: 0,05, che consente di considerare il modello come buono, un valore compreso tra 0,05 e 0,08, che consente di considerare il modello come accettabile; valori superiori a 0,08 indicano che non è accettabile (Browne, Cudeck, 1993).

Figura 2 . Traiettorie medie di crescita dei singoli C.d.L. e della Facoltà: modello logistico

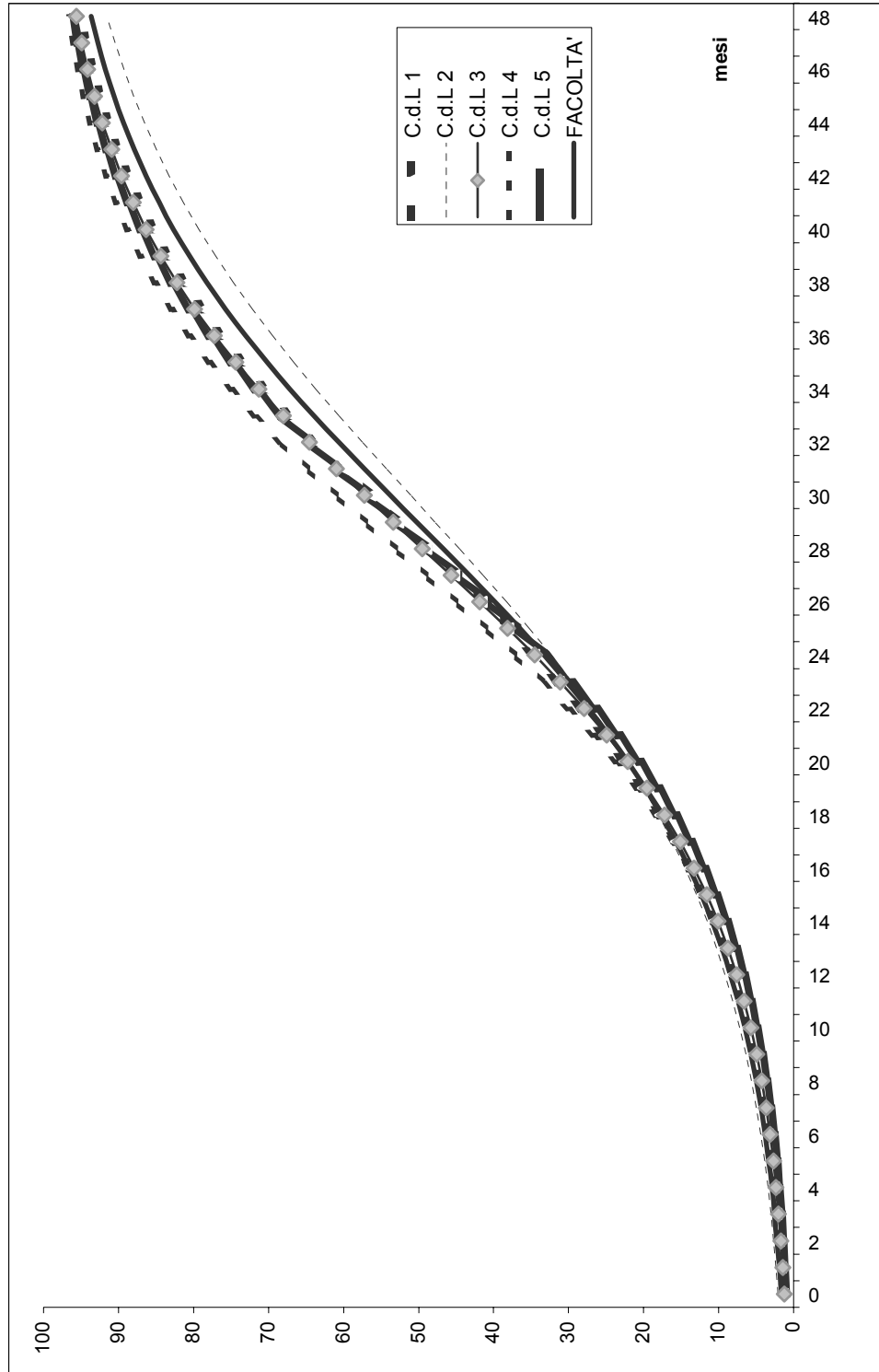


Figura 3. Traiettorie medie di crescita dei singoli C.d.L. e della Facoltà: modello di Gompertz

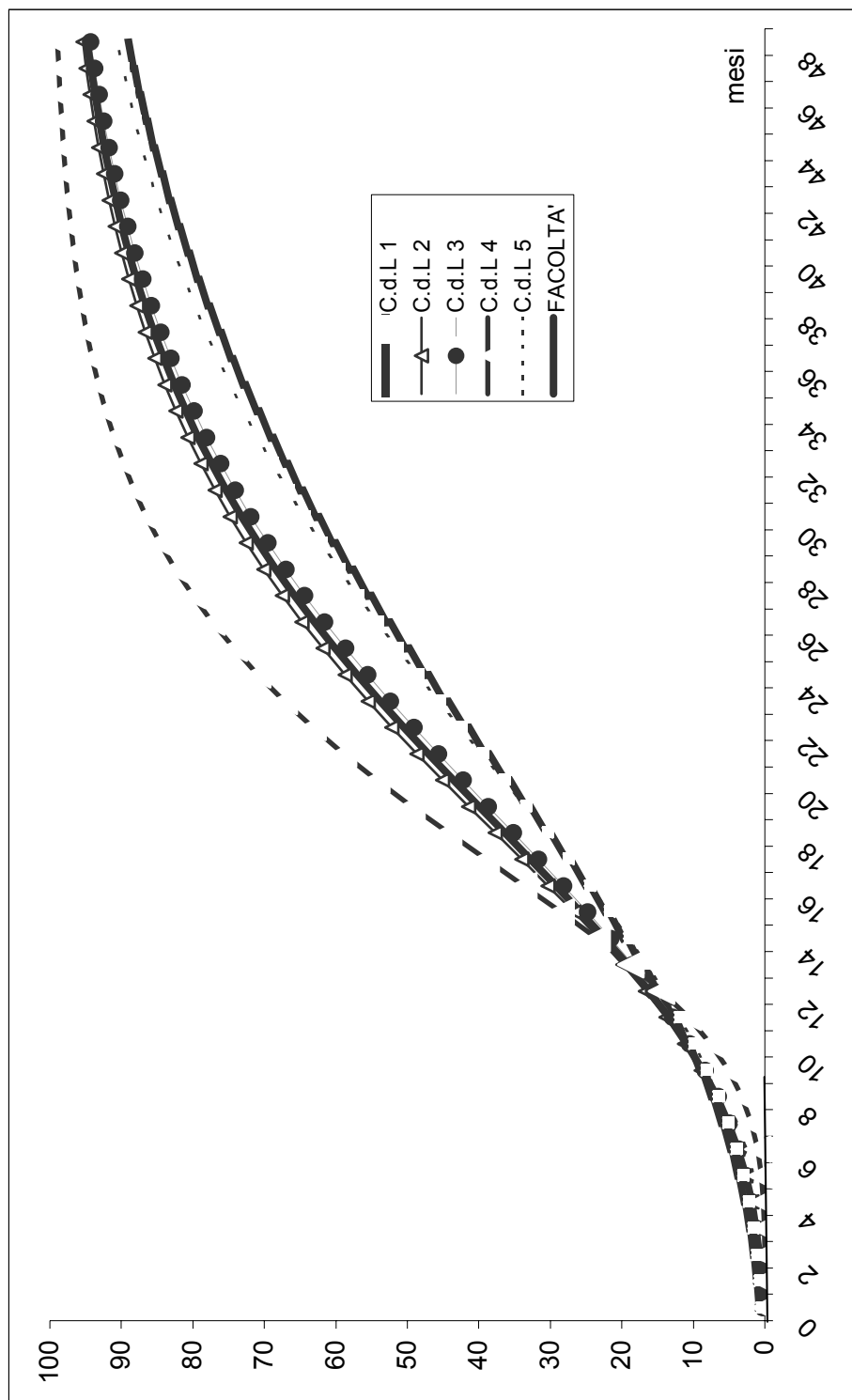


Figura 4. Path diagram di un modello di crescita latente con 36 occasioni di misura.

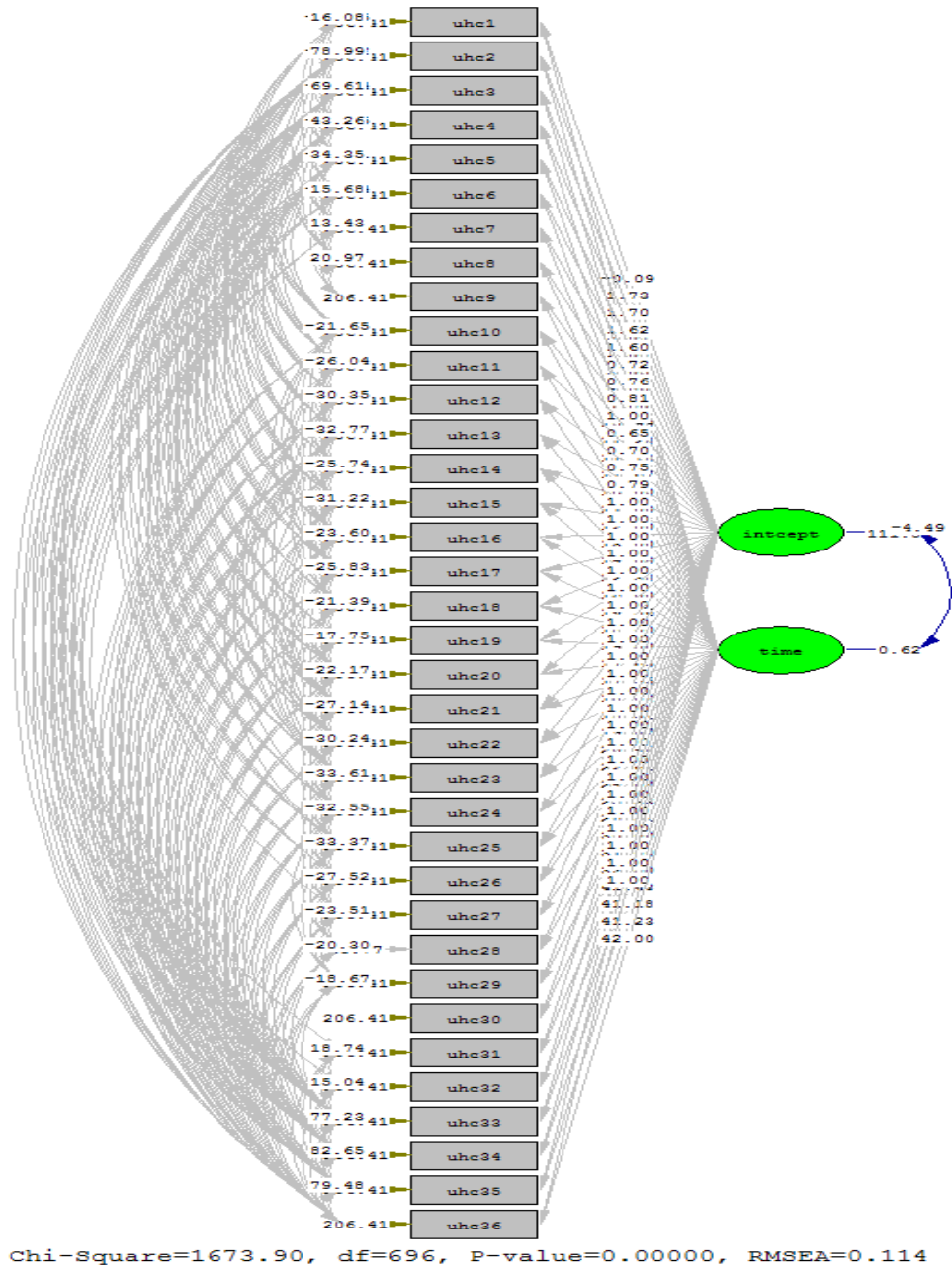


Tabella 2. Confronto tra stime degli effetti fissi e stime degli effetti random

C.d.L	Effetti Fissi		Effetti Random		
	Parametri funzione linearizzata		Coefficienti matrice varianze e covarianza		
	β_{00}	β_{10}	τ_{00}	τ_{11}	τ_{01}
Logistica					
1	-0,392	-0,149	0.818	-0.018	0.001
<i>t</i>	-1,239	-15,946	0.097	0.174	0.162
2	-0,747	-0,130	2.298	-0.090	0.004
<i>t</i>	-3,385	-14,248	0.000	0.000	0.000
3	-0,246	-0,155	3.555	-0.099	0.003
<i>t</i>	-0,609	-12,691	0.002	0.003	0.003
4	-0,194	-0,162	3.080	-0.113	0.004
<i>t</i>	-0,172	-3,907	0.418	0.412	0.410
5	0,010	-0,163	1.556	-0.038	0.001
<i>t</i>	0,030	-16,907	0.020	0.037	0.038
Facoltà	-0,526	-0,141	2.003	-0.073	0.003
<i>t</i>	-3,347	-22,928	0.000	0.000	0.000
Gompertz					
1	1,583	-0,078	0.043	-0.001	0.000
<i>t</i>	23,331	-15,272	0.060	0.324	0.031
2	1,793	-0,101	0.451	-0.036	0.003
<i>t</i>	19,012	-12,734	0.000	0.000	0.000
3	1,772	-0,096	0.224	-0.014	0.001
<i>t</i>	17,262	-12,985	0.003	0.005	0.001
4	2,388	-0,144	0.085	-0.007	0.001
<i>t</i>	9,424	-9,677	no sig.	no sig.	no sig.
5	1,668	-0,083	0.079	-0.003	0.000
<i>t</i>	23,072	-17,787	0.012	0.112	0.006
Facoltà	1,583	-0,078	0.317	-0.025	0.002
<i>t</i>	23,331	-15,272	0.000	0.000	0.000

5. Conclusioni

L'obiettivo di pervenire ad una misura dell'accrescimento delle conoscenze acquisite dai laureati durante il periodo di formazione universitaria basata sui risultati (voto conseguito) di ciascuna prova d'esame e sulle relative dinamiche temporali di una coorte di studenti immatricolatisi a cinque corsi di laurea della Facoltà di Economia

di Milano-Bicocca e laureatisi nei 44 mesi d'osservazione, è stato conseguito ricorrendo a metodologie statistiche proposte nell'ambito sia dei modelli a componenti di varianza sia dei modelli strutturali. L'ipotesi da cui si è partiti è che l'accumulazione di competenze si identifica, sostanzialmente, con una particolare forma di capitale umano, che abbiamo chiamato capitale umano universitario, che evolve in un contesto dinamico e che dipende ovviamente dalle caratteristiche dello studente (la componente individuale) ma che risente anche dagli effetti indotti dal corso di laurea di iscrizione (la componente di gruppo).

I percorsi di crescita moderatamente differenziati tra i C.d.L. se, da una parte, sembrano confermare quanto l'analisi statistica preliminare, relativa alle distribuzioni per tipo e voto di diploma di scuola media superiore, sembrava delineare: l'esistenza di auto selezione che porta gli studenti più bravi a scegliere di iscriversi ad alcuni C.d.L., dall'altra sembra indicare anche un livello di difficoltà differente nei percorsi dei C.d.L. Ed è proprio questa ipotesi che andrà approfondita per giungere ad una corretta valutazione dell'efficacia interna delle attività didattiche offerte dalla Facoltà.

Riferimenti bibliografici

- BOLLEN A.K. (1989) *Structural Equations with Latent Variables*, Wiley, New York
- BROWNE M. (1993) Structured latent curve models. In CUADRAS ?? RAO (eds), *Multivariate analysis: future directions*, North Holland, Amsterdam
- BROWNE M., CUDECK ?? (1993) Alternative ways of assessing model fit. In: BOLLEN ?? LONG ?? (eds) *Testing Structural Equation Models*, Sage Publications, Newbury Park
- CIVARDI M., ZAVARRONE E. (2004) Proposta di un modello generatore delle competenze acquisite attraverso la formazione universitaria. In: AURELI CUTILLO E. (a cura di) *Strategie metodologiche per lo studio della transizione Università-lavoro*, CLEUP, Padova: ??-??
- EDVISSON L., MALONE M. (1997) *Intellectual Capital: Realizing your Company's True Value by Finding its Hidden Roots*, Harper Collins, New York
- LEV B. (2000) *Knowledge and Shareholder Value*, N.Y. University Press, New York
- LITTELL R., MILIKEN G., STROUP W., WOLFINGER R. (1996). *SAS Systems for Mixed Models*, North Carolina, SAS Institute.
- MEREDITH W, TISAK J. (1990) Latent curve analysis, *Psychometrika*, **55**: 107-122

- MUTHEN B, KHOO S.T. (1998) Longitudinal studies of achievement growth using latent variable modelling. *Learning and Individual Differences*, **10**: 73-102
- RAO C.R. (1958) Some statistical methods for comparison of growth curves, *Biometrics*, **14**: 1-17
- ROVINE M.J, MOLENAAR P.C.M. (1998) The covariance between level and shape in the latent growth curve model with estimated basis vector coefficients, *Methods of Psychological Research Online*, **3**[on-line serial]
- SINGER J. (1998) Using SAS PROC MIXED to fit multilevel models, hierarchical models and individual growth models, *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, **4**: 323-355
- STOEL R.D., VAN DER WITTENBOER G. (2003) Time dependence of growth parameters in latent growth curve models with time invariant covariates, *Methods of Psychological Research Online*, **8**: 21-41
- TUCKER L. (1958) An inter-battery method of factor analysis, *Psychometrika*, **23**: 11-136.

University Education and Growth Models

Summary. *Our paper focuses on the law of growth of the human capital deriving from the component of undergraduates' human capital due to the university educational process. For this purpose, we introduce a particular specification of human capital, defined as University Human Capital (UHC). It is a kind of human capital that sums up to the other kinds of human capital and that acts, for the enterprises concerned, as a detector of competencies owned by graduates (screening variable). It then follows that UHC can be interpreted also as a component of the "intellectual capital" characterising the different kinds of enterprises. UHC individual growth trajectories are to be established by means of autoregressive latent trajectories models (ALT). Our first results show the chance of synthesizing the law of individual UHC growth through both a logistic and a Gompertz function.*

Keywords. *Latent growth curves, human capital, specific competences, structural multilevel.*

