

# Implementazione di modelli stocastici per la valutazione della qualità della didattica universitaria

Paolo Giudici, Flavio Ferlini<sup>1</sup>, Francesco Civardi<sup>2</sup>  
Dipartimento di Statistica ed Economia Applicate 'L. Lenti', Università degli Studi di Pavia  
Corso Strada Nuova 65, 27100 Pavia PV  
paolo.giudici@unipv.it  
<sup>1</sup>Area Sistemi Informativi, Università degli Studi di Pavia  
Via Ferrata 1, 27100 Pavia PV  
flavio.ferlini@unipv.it  
<sup>2</sup>DaisyLabs  
Vicolo Curioni 7, 29029 Rivergaro PC  
fcivardi@daisylabs.it

*Viene proposta una nuova metodologia per la classificazione delle istituzioni accademiche dal punto di vista della qualità dell'insegnamento. È previsto l'utilizzo di scorecard e modelli a dominanza stocastica per valutare le prestazioni dell'attività formativa, misurata sulla base della qualità percepita dagli studenti e di quella erogata. Si propone di sintetizzare i dati mediante un nuovo indice non parametrico in grado di esprimere in modo efficiente la natura ordinale delle variabili analizzate. Attraverso l'applicazione di tale indice si ottiene una graduatoria completa di corsi universitari. L'evidenza empirica è fornita sulla base di un caso reale. Dal punto di vista delle tecnologie ICT, la metodologia è stata implementata utilizzando software open source.*

## 1. Introduzione

Il Piano di e-government 2012 definisce un insieme di progetti d'innovazione digitale che si propongono di modernizzare, rendere più efficiente e trasparente la Pubblica Amministrazione, migliorare la qualità dei servizi erogati ai cittadini e diminuirne i costi per la collettività. In tale ambito il programma ICT4University [Dipartimento per la Digitalizzazione della Pubblica Amministrazione e l'Innovazione Tecnologica, 2011], specificamente rivolto al sistema universitario, intende favorire l'adozione da parte delle Università e degli Istituti di alta formazione artistica e musicale di servizi didattici e amministrativi on-line, anche su reti Wi-Fi, accelerare l'adozione della tecnologia VoIP ed eliminare i flussi cartacei tra università e tra università e MIUR. Nell'ambito dell'iniziativa Università Digitale, l'Università degli Studi di Pavia sta completando il progetto "Uni5Net4Student", cofinanziato dal Dipartimento per la Digitalizzazione delle

Pubbliche Amministrazioni e l'Innovazione Tecnologica della Presidenza del Consiglio dei Ministri, che include fra i suoi obiettivi la realizzazione di un sistema informatico a supporto della valutazione della qualità e dell'efficacia dell'attività formativa universitaria.

Questo argomento è oggi molto importante non solo nel contesto accademico, ma anche per gli "stakeholder" esterni, in quanto la scelta di una università rispetto ad un'altra potrebbe essere una decisione chiave per il futuro degli studenti. L'attenzione che i media riservano alle classifiche di merito quali Times Higher Education University Rankings [Jobbins, 2010], QS World University Rankings [QS TopUniversities, 2011] o come quelle prodotte da Shanghai Jiao Tong [Liu, 2009], dimostra quanto il posizionamento delle università stia assumendo sempre maggior rilevanza in quanto percepito come importante indicatore di reputazione. Un istituto con una buona posizione di classifica potrebbe avere una migliore capacità di attrarre studenti, professori, risorse e una migliore possibilità di partecipare a importanti progetti di ricerca internazionali. Poiché la qualità complessiva di una istituzione accademica è la sintesi di diversi indicatori, è importante disporre di strumenti che consentano d'individuare, valutare e classificare i fattori di rischio che potrebbero influenzare la qualità delle diverse componenti oggetto di analisi.

Nell'ambito del progetto "Uni5Net4Student" [Rete Uni5Net, 2011] l'attenzione è stata focalizzata sui modelli per la valutazione della qualità dell'insegnamento accademico partendo dal presupposto che questa dipende principalmente dalla performance dei suoi studenti, che rappresentano, quindi, i principali attori delle analisi. L'azione si è sviluppata sia sul piano metodologico sia su quello tecnologico. Relativamente al primo aspetto sono stati elaborati e testati nuovi indici basati sulla qualità percepita dagli studenti, desunta dai questionari della didattica, e sulla qualità oggettiva, ricavata dallo sviluppo delle carriere universitarie. Dal punto di vista tecnologico, gli algoritmi di calcolo e di presentazione degli indicatori sono stati implementati con tecnologie open source rendendoli disponibili all'interno di un cruscotto che consente alle figure istituzionali, responsabili dell'organizzazione delle attività didattiche, di effettuare valutazioni e, di conseguenza, nuove pianificazioni in una logica di miglioramento continuo.

## **2.Aspetti metodologici**

La metodologia elaborata è stata applicata ai dati raccolti dalla Facoltà di Economia dell'Università di Pavia. Si sono considerati due diversi insiemi di dati. Il primo relativo alla qualità percepita: dal febbraio 2010 la Facoltà di Economia, su indicazione dell'Ateneo, ha adottato un nuovo sistema basato sul web per raccogliere le risposte dei questionari di valutazione della didattica. Al momento della iscrizione on-line all'appello d'esame viene data allo studente la possibilità di compilare il questionario relativo a quel particolare corso, in modo anonimo. Il questionario ha due sezioni: una per gli studenti che effettivamente hanno partecipato alle lezioni e una per i non frequentanti. La domanda sulla soddisfazione complessiva è riservata ai frequentanti: in questo modo la struttura del questionario permette di valutare il parere degli studenti che sono

in grado veramente di valutare il contenuto del corso e le prestazioni del professore titolare. Lo studente può scegliere i diversi valori di una scala Likert a quattro livelli, relativamente alla domanda: "Sei complessivamente soddisfatto del corso?". Le possibilità di risposta sono quindi: "Decisamente sì", "Più sì che no", "Più no che sì", "Decisamente no". Poiché ogni categoria riporta diverse frequenze di risposta, è possibile applicare ad una distribuzione di questo tipo l'indice SDI (Stochastic Dominance Index) basato sulla funzione di ripartizione e così definito:

$$SDI = \sum_{i=1}^K F_i$$

dove  $F_i$  è la funzione di distribuzione cumulativa e  $K$  è il numero di classi.

L'indice viene poi normalizzato dividendo per il numero di categorie [Cerchiello et al, 2010]. SDI assume valori compresi fra 0 e 100, dove valori più alti indicano migliori performance.

Una prima analisi basata su questa metodologia è stata condotta usando i dati di 10.929 questionari. Dall'elaborazione sono stati esclusi i corsi con meno di 5 osservazioni. Aggregando i dati per corso si è ottenuta una nuova matrice composta da 168 osservazioni: ogni nuova unità statistica (riga) rappresenta un corso tenuto da un docente specifico. Ogni colonna riporta la percentuale relativa ad una categoria della scala di soddisfazione a quattro livelli. Attraverso il calcolo dell'indice SDI è stato possibile ottenere un completo ordinamento di tutti i corsi espressione del livello qualitativo percepito dagli studenti.

Valori	Frequenza	%	% cumulata
(30-40)	1	0,6	0,6
(40-50)	3	1,8	2,4
(50-60)	2	1,2	3,6
(60-70)	14	8,3	11,9
(70-80)	56	33,3	45,2
(80-90)	70	41,7	86,9
(90-100)	22	13,1	100,0
Totale	168	100,0	100,0

**Tab.1 - Distribuzione dei corsi basata sui punteggi dello SDI-questionari**

La Tab.1 riporta i punteggi ottenuti in base all'indice SDI: solo il 3,6% dei corsi ha valori inferiori a 60, quindi è possibile dire che la soddisfazione complessiva è molto buona tra gli studenti (in particolare il 41,7% dei corsi ha valori compresi tra 80 e 90).

Il secondo insieme di dati preso in considerazione è quello relativo alla qualità oggettiva. Prendendo a riferimento un periodo di sei anni (2004-2010), sono state analizzate le carriere degli studenti calcolando qualsiasi ritardo nel sostenere gli esami. Complessivamente sono state elaborate informazioni relative a 105.114 esami, superati o ancora da sostenere. Analogamente a

quanto fatto per i dati sulla qualità percepita, anche in questo caso le informazioni sono state aggregate ottenendo 397 righe, ogni riga indicante un corso specifico. Le colonne riportano ciascuna una categoria di una scala a quattro livelli: "esame sostenuto entro meno di un anno", "esame sostenuto fra uno e due anni ", "esame sostenuto fra due e tre anni ", "esame sostenuto oltre 3 anni ". Si è quindi calcolato l'indice SDI per ottenere una classificazione in termini di qualità effettiva.

Poiché l'obiettivo è quello d'integrare sia la qualità percepita sia quella reale mediante un indice sintetico di valutazione, i due insiemi di dati sono stati abbinati secondo il codice d'identificazione dell'esame. Si sono considerati solo i corsi con una perfetta corrispondenza tra i due insiemi di dati: attraverso questa selezione i corsi disponibili per l'analisi sono stati 168, ciascuno riportante sia un punteggio SDI fornito dalle carriere, sia un punteggio SDI ricavato dai questionari.

Valori	Frequenza	%	% cumulata
(50-60)	1	0,6	0,6
(60-70)	6	3,6	4,2
(70-80)	34	20,2	24,4
(80-90)	92	54,8	79,2
(90-100)	35	20,8	100,0
Totale	168	100,0	100,0

**Tab.2 - Distribuzione dei corsi basata sui punteggi dello SDI-carriere**

La Tab.2 mostra come la maggior parte dei corsi abbia ottenuto buoni valori dell'indice, in particolare tra 80 e 90 nel 54,8% dei casi, confermando un andamento analogo ai risultati dei questionari on-line.

	SDI carriere	SDI questionari
1 Q	80,32	75,41
Mediana	84,15	81,00
3 Q	89,60	85,71

**Tab.3 - Confronto indici per quartili**

La Tab.3 mostra un confronto degli indici in termini di quartili. Il confronto è consentito dalla normalizzazione dei due indici. Le valutazioni dei corsi ricavate attraverso l'indice SDI-questionari sono più severe rispetto a quelle fornite dallo SDI riferito alle carriere. Tuttavia anche questa analisi conferma valutazioni nel complesso positive.

La Tab.4 presenta una classifica con i migliori ed i peggiori dieci corsi, ordinati in base al punteggio dell'indice SDI-carriere. Al fine di mantenere la privacy del professore titolare dell'insegnamento, non si riporta il nome esatto, ma un codice identificativo e l'area del corso, in maniera tale da poter

confrontare anche diversi settori scientifici. Ad esempio si nota che tra i migliori corsi l'area marketing è la più citata, con tre corsi che presentano valori maggiori di 90. È significativo il fatto che ordinando i corsi in base all'indice basato sui questionari, la classifica cambierebbe, ma i valori restano fortemente positivi e non ci sono differenze molto grandi rispetto allo SDI-carriere.

Area Corso	Codice corso	Ranking	SDI carriere	SDI questionari
Economia	01	01	97,91	84,44
Diritto	02	02	97,22	83,33
Marketing	03	03	96,19	71,83
Management	01	04	95,23	88,88
Economia	02	05	95,09	87,50
Diritto	01	06	94,89	91,66
Management	02	07	93,93	80,39
Marketing	01	08	93,78	93,68
Organizzativa	01	09	93,65	90,90
Marketing	02	10	93,23	80,55
Quantitativa	01	159	71,60	71,11
Diritto	04	160	71,41	81,15
Economia	03	161	70,72	85,09
Quantitativa	02	162	68,79	77,14
Quantitativa (matematica)	03	163	68,03	77,42
Lingue	01	164	66,32	95,23
Quantitativa (statistica)	04	165	66,26	76,55
Lingue	02	166	64,96	74,23
Quantitativa (matematica)	05	167	63,72	73,33
Diritto	05	168	54,56	80,00

**Tab.4 - Ranking dei migliori e peggiori corsi, ordinati secondo lo SDI-carriere**

Questo fenomeno potrebbe avere diverse interpretazioni: per esempio l'effettiva qualità della didattica, mostrata dallo SDI-carriere, potrebbe essere confermata dalla qualità percepita, rappresentata dal SDI-questionari. In altre parole la qualità oggettiva è confermata dalla qualità soggettiva, e viceversa. D'altra parte i corsi con i più alti valori dello SDI-carriere potrebbero essere anche gli esami più facili da superare: secondo questa interpretazione gli studenti percepiscono un argomento come più facile e pertanto esprimono maggiore soddisfazione.

Focalizzando l'attenzione sui peggiori valori dello SDI-carriere si osserva che ci sono ben cinque insegnamenti dell'area quantitativa, di cui tre

appartenenti al campo matematico e statistico. È ben noto che per molti studenti matematica e statistica sono tra gli argomenti più ostici da affrontare: tale graduatoria conferma che questo tipo di esami richiede un periodo più lungo di preparazione. In alcuni casi i valori dello SDI-questionari si dimostrano più elevati rispetto allo SDI-carriere, come per il corso di lingua con la posizione di classifica 164: probabilmente in questi casi l'esame è percepito come più difficile, ma gli studenti apprezzano la qualità generale del corso. In questo lavoro non approfondiremo gli aspetti del questionario web, ma in un precedente articolo [Cerchiello et al, 2010] si è mostrato come la soddisfazione generale sia spesso determinata da altri fattori, per esempio se il professore stimola-motiva l'interesse verso la disciplina o espone in modo chiaro.

Poiché l'obiettivo finale è quello di aggregare le diverse valutazioni di qualità percepita e reale, ai dati disponibili sono stati applicati i modelli di rating solitamente usati per i rischi finanziari.

	Percepita	Reale
A	22,7	27,3
B	23,6	29,5
C	30,9	33,3
D	22,7	10,0
Totale	100,0	100,0
MEDIANA	C	B
LETI INDEX D*	0,959	0,853
LETI RATING	C	B

**Tab.5 - Ratings sulla qualità percepita e reale, attraverso la metodologia Leti-Mediana (valori espressi in %)**

Nella Tab.5 viene messa a confronto la qualità reale e percepita di un corso. La lettera A indica, rispettivamente, la percentuale di "Decisamente sì" e la percentuale di "esame sostenuto in meno di un anno". Si ottengono due valutazioni diverse per uno stesso corso e, come previsto dalla metodologia applicata, si considera utile, in uno scenario prudenziale, il rating peggiore, in questo caso una valutazione "C" per il corso. Questo metodo è utile per individuare fattori di rischio, ma potrebbe essere limitato nel processo d'integrazione tra qualità percepita e reale. Abbiamo quindi cercato di ottenere un punteggio sintetico tramite gli indici SDI: avendo a disposizione un valore dello SDI dai dati delle carriere e uno relativo ai questionari, è possibile procedere all'integrazione tramite una media geometrica, ma nel nostro caso una media ponderata potrebbe essere più indicata. Dal momento che stiamo considerando due set di dati, spesso il numero di studenti utilizzati come peso per il calcolo della SDI-carriere è molto diverso rispetto al numero di questionari compilati: ad esempio il corso di "Marketing 01" è stato valutato mediante 236 carriere, a fronte di soli 132 questionari.

La Tab.6 presenta i corsi ordinati in base alla media aritmetica ponderata (MAP). Per completezza si può anche fare riferimento alla media geometrica

(MG) e alla media geometrica ponderata (MGP). Attraverso questa nuova classificazione notiamo che diversi nuovi corsi appaiono (nella tabella sono riportati in grassetto). Rispetto alla classifica non aggregata, rimane una buona presenza di corsi dell'area marketing tra i migliori insegnamenti. D'altra parte è significativo che tra i peggiori corsi, sette appartengano all'area quantitativa, in particolare della matematica.

Area Corso	Codice	Ranking	MAP	MG	MGP
Diritto	01	01	94,19	93,27	94,18
Marketing	01	02	93,75	93,74	93,75
Economia	01	03	93,62	90,93	93,40
Economia	02	04	93,14	91,22	93,08
<b>Risorse umane</b>	<b>01</b>	<b>05</b>	<b>93,10</b>	<b>93,93</b>	<b>93,09</b>
Organizzativa	01	06	92,71	92,27	92,70
<b>Diritto</b>	<b>06</b>	<b>07</b>	<b>92,48</b>	<b>90,71</b>	<b>92,47</b>
<b>Management</b>	<b>03</b>	<b>08</b>	<b>92,41</b>	<b>92,42</b>	<b>92,41</b>
<b>Marketing</b>	<b>04</b>	<b>09</b>	<b>92,37</b>	<b>93,20</b>	<b>92,36</b>
<b>Marketing</b>	<b>05</b>	<b>10</b>	<b>92,36</b>	<b>87,42</b>	<b>92,31</b>
Quantitativa	01	159	71,50	71,36	71,50
Quantitativa (matematica)	03	160	70,92	72,58	70,79
<b>Quantitativa (matematica)</b>	<b>07</b>	<b>161</b>	<b>70,83</b>	<b>66,67</b>	<b>69,78</b>
Quantitativa	02	162	69,43	72,85	69,40
Quantitativa (statistica)	04	163	69,12	71,22	68,98
Lingue	01	164	68,00	79,48	67,73
Lingue	02	165	66,97	69,44	66,87
Quantitativa (matematica)	05	166	63,75	68,36	63,75
<b>Quantitativa (matematica)</b>	<b>06</b>	<b>167</b>	<b>61,22</b>	<b>59,97</b>	<b>59,41</b>
Diritto	05	168	56,01	66,07	55,76

Tab.6 - Ranking dei corsi ordinati secondo la media aritmetica ponderata

### 3.Aspetti tecnologici

I dati utili per sviluppare le analisi secondo la metodologia descritta sono stati raccolti sfruttando le funzionalità del software ESSE3 del consorzio CINECA, di cui l'Università di Pavia è membro. Il sistema ESSE3 è stato introdotto presso l'Ateneo pavese nell'aprile 2009, dopo un completo recupero dei dati delle carriere degli studenti, automatizzate a partire dall'anno accademico 1969/1970.

I dati qualitativi espressi dai questionari e i dati quantitativi relativi al superamento degli esami sono stati estratti dalla banca dati Oracle di ESSE3 ed organizzati in un Data Mart basato su database relazionale MySQL. Per la costruzione delle procedure di ETL (Extraction, Transformation and Load) si è utilizzato l'ambiente open source Kettle (recentemente rinominato Pentaho Data Integration).

Per la consultazione e navigazione delle informazioni è stato creato, mediante la suite di business intelligence Pentaho [Bouman e Van Dogen, 2009], un ambiente di analisi e reporting, fruibile via web, che consente agli utenti autorizzati di visualizzare gli indicatori sintetici SDI, insieme ad altre variabili, a diversi livelli di dettaglio.

Numero minimo di Questionari compilati	SDI (Gradimento)	Numero Questionari
5		
SDI Gradimento dei Corsi		
Tutti i Corsi		
Questionari compilati: almeno 5		febbraio 08, 2011
Corso	SDI (Gradimento)	Numero Questionari
STORIA DEL DIRITTO MODERNO E CONTEMPORANEO (10541)	100,00	7
METODI E TECNICHE DI RICERCA SOCIALE (20813)	100,00	7
FILOLOGIA DEL TESTO FIGURATIVO (294001)	100,00	5
COMMERCIALIZZ. E COMUNICAZ. IN AMBITO SANITARIO (300084)	100,00	9
RADIDATTIVITA' (45682)	100,00	11
NUTRIZIONE UMANA (45855)	100,00	5
SCIENZE GIURIDICHE ED ECONOMICHE I (46272)	100,00	5
SCIENZE INFERMERISTICHE IV (46314)	100,00	5
ODONTIATRIA SOCIALE (46321)	100,00	5
STORIA DEI PAESI ISLAMICI (500044)	100,00	6
TEORIA DELLE RELAZIONI INTERNAZIONALI (500079)	100,00	16
TEORIA POLITICA NORMATIVA (500081)	100,00	6
STORIA DELL'ECONOMIA INTERNAZIONALE (500206)	100,00	8
PEDAGOGIA GENERALE (C. P.) (500297)	100,00	5
CHIMICA FISICA DEI SISTEMI COMPLESSI (500583)	100,00	6
STORIA DELLA SCRITTURA DALL'ETÀ ROMANA AL MEDIOEVO (500993)	100,00	8
STORIA DELLA LINGUA GRECA C. P. (501074)	100,00	5
DIALETTOLOGIA GRECA (501176)	100,00	5
DRAMMATURGIA MUSICALE 3 (501371)	100,00	5
STORIA DELL'ARTE CLASSICA (501409)	100,00	8

Fig. 1 - Esempio di presentazione dei risultati

Il sistema è stato concepito per permettere, partendo dal livello dell'intera popolazione studentesca, di effettuare drill-down su specifiche facoltà/corsi di studi/esami, piuttosto che su caratteristiche dello studente. In questo modo tutti gli indicatori vengono dinamicamente calcolati sui sottoinsiemi appropriati della popolazione.

Si è quindi costruito un "cubo" multidimensionale, utilizzando Pentaho Mondrian Analysis, fornendo così una rappresentazione dei dati ad n dimensioni, anziché tabellare. Lo spazio è definito da caratteristiche (dette "dimensioni") dell'offerta formativa: corso, facoltà, anno accademico, anno di corso, anno di sostenimento esame, e da caratteristiche della popolazione studentesca (età, sesso, tipo di diploma, ...), ed è "riempito" da misure, o



metriche, quali il numero di studenti, i crediti, il numero di questionari, il ritardo nel sostenimento degli esami, ecc..

Gli indici SDI-carriere e SDI-questionari sono stati definiti in MDX (Multidimensional Expressions) [Spofford et al, 2006], linguaggio che rappresenta lo standard “de facto” per la manipolazione e l’interrogazione di dati multidimensionali.

Il front-end web utilizza JPivot, un ambiente di analisi libera in cui l’utente può selezionare ed incrociare a piacere dimensioni, misure e indicatori, effettuare drill-down, roll-up e altre operazioni. Si sono inoltre costruiti alcuni report parametrici, sempre accessibili via web, per le analisi di più comune interesse.

Attraverso le procedure di ETL, citate precedentemente, è possibile aggiornare periodicamente i dati e, di conseguenza, gli indicatori, consentendo così di verificare costantemente l’effetto delle policy di miglioramento messe in atto dall’Università.

## **4. Conclusioni**

Sono stati qua presentati i risultati di metodologie che possono essere utilizzate per valutare l’insegnamento universitario. Tali metodologie mutuano concetti dal rischio operativo, utilizzano modelli scorecard, basati sulla mediana e gli indici di Leti o di Gini; un ulteriore approccio consiste nell’impiego di nuovi indici di dominanza stocastica. Entrambe le metodologie precedenti producono ranking in maniera efficace. Essi possono essere confrontati con i metodi normalmente impiegati nei sistemi di valutazione dell’Università, sulla base di punteggi quantitativi. I risultati mostrano che i punteggi basati su dati ordinali sono facilmente interpretabili e, di conseguenza, appropriati ai fini del confronto e della comunicazione. Attraverso l’applicazione degli indici proposti si è ottenuta una classifica completa dei corsi della Facoltà di Economia dell’Università degli Studi di Pavia che sarà in futuro estesa all’intero Ateneo.

Sul piano tecnologico, nell’ambito del progetto “Uni5Net4Student” finalizzato alla digitalizzazione dei processi e al potenziamento dei servizi on-line dell’Università, avendo a riferimento le metodologie prima richiamate, è stato implementato un sistema a supporto dei processi decisionali dei competenti organi accademici fruibile via web, di facile utilizzo e basato su tecnologie open source.

In una logica di condivisione dei risultati con l’intero sistema universitario italiano, in conformità con l’art. 69 del Codice dell’Amministrazione Digitale, il software sarà reso disponibile come “programma informatico riutilizzabile”.

## **Bibliografia**

Bouman R., Van Dogen J., Pentaho Solutions. Business Intelligence and Data Warehousing with Pentaho and MySQL. Wiley, 2009.

Cerchiello P., Dequarti E., Giudici P., Magni C., Scorecard models to evaluate perceived quality of academic teaching. Statistica Applicazioni, 2, 2010, 145-156.

Dipartimento per la Digitalizzazione della Pubblica Amministrazione e l'Innovazione Tecnologica, Presidenza del Consiglio dei Ministri. (5 aprile 2011). [Online]. Disponibile: <http://www.ict4university.gov.it/>

Jobbins D. (21 giugno 2010). Global Rankings: Thousands respond to the survey. University World News [Online]. Disponibile: <http://www.universityworldnews.com/article.php?story=20100617192654650>

Liu N. C., The Story of the Academic Ranking of World Universities. International Higher Education, 54, 2009, 2-3.

QS TopUniversities. (5 aprile 2011). [Online]. Disponibile: <http://www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings>

Rete Uni5Net (Università degli Studi di Pavia, Università degli Studi di Bergamo, Università degli Studi di Firenze, Università degli Studi Insubria Varese-Como, Università degli Studi di Milano-Bicocca). (5 aprile 2011). Progetto Uni5Net4Student. [Online]. Disponibile: <http://www.ict4university.gov.it/media/32630/univ%20pavia%20schedauniversitadigitale.pdf>

Spofford G., Harinath S., Webb C., Hai Huang D., Civardi F., MDX Solutions. Wiley, 2006.