

Titolo saggio:

Le nuove tecnologie multimediali nelle *Digital Humanities* insegnate con un approccio di *Experiential Learning*

Titolo breve da utilizzare per l'intestazione della pagina (se il titolo sarà più lungo di 20 caratteri):
EL in Digital Humanities

Autori: Virginio Cantoni, Mauro Mosconi, Alessandra Setti, Haochen Wang

Affiliazione: Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione, Università di Pavia

Indirizzo: Via A. Ferrata 5, 27100, Pavia (Italia)

Titolo in inglese:

An Experiential Learning Approach to Teach the Application of Multimedia Novelties to Digital Humanities

Abstract

This paper provides a brief introduction to an instructional method called “Experiential Learning”, assessed and partially readjusted in an undergraduate computer engineering class, largely mediated by the use of multimedia learning technologies. The approach followed in planning and designing the “Computer vision” course goes through different modalities: traditional lectures in class introduce the key elements, while students independently access additional content, delivered on-line, at home. Later, time in class is devoted to active learning, problem solving and instructor-guided discussions to enhance the subject understanding. The goal is to improve the students’ engagement with learning, focusing on the cycle: thinking, planning, implementing, testing and reflecting to tackle a complex problem.

The proposed case-study is about the 3D reconstruction of an articulated sculpture dated 1362, the Ark of St. Agostino, located in Pavia in the church of San Pietro in Ciel d’Oro. The subject requires the solution of many challenges of multimedia technologies, also involving topics such as computer vision, physics of light, computer science and cutting edge hardware and software techniques. In details, a sequence of strategies must be implemented for 3D modeling, with geometric or sculpted approach, for rendering and for integrating the various specific solutions.

Introduzione

Le opportunità offerte dalla tecnologia attuale favoriscono nuovi modi di insegnamento e apprendimento, consentono di presentare i contenuti in diversi formati fornendone un accesso facile e personalizzato, promuovono un apprendimento multimodale e corale che, tramite strumenti d'interazione applicabili fuori e dentro la classe, fornisce comunicazioni personalizzate e possibilità di feedback tra docenti e studenti, offrendo strumenti analitici utili a monitorare i progressi e a identificare eventuali difficoltà. Un approccio d'insegnamento che renda gli studenti più attivi e l'azione formativa più efficace, focalizzandosi sulla realizzazione di progetti concreti può inoltre incoraggiare sinergie e collaborazioni tra mondo formativo e comunità locale incentivando di conseguenza lo sviluppo sociale ed economico.

Nel corso di *Computer Vision* della laurea magistrale in *Computer Engineering* dell'Università di Pavia, nell'a.a. 2017/18 verrà proposta una nuova esperienza di formazione, con l'adozione di diversi approcci educativi: dopo un'introduzione con lezioni frontali tradizionali, saranno sviluppati modelli di apprendimento *project-based* e di tipo collaborativo, rifacendosi in particolare al modello *problem based learning flipped classroom*.¹ Tale metodologia, in cui gli elementi dell'esperienza educativa – le lezioni in classe e gli esercizi a casa – vengono invertiti, prevede l'esplorazione di un problema e il confronto delle strategie risolutive tra gli studenti, che possono lavorare singolarmente o in gruppo, discutendo in classe, in una fase successiva, metodi e tecniche da applicarsi. Il docente si porrà quale moderatore del processo, curando in particolare assegnazioni e suddivisione dei sotto-progetti e infine valutando quanto realizzato. Gli studenti avranno un ruolo proattivo in tutte le fasi del ciclo concezione-pianificazione-realizzazione-verifica-valutazione, consentendo un'ottimizzazione del tempo in classe, destinato ad approfondimenti guidati. Ciò stimolerà la collaborazione e rafforzerà l'apprendimento attraverso una combinazione di concezione e sperimentazione attiva.

Con questa metodologia, di tipo *student-centered*, gli studenti sono molto più coinvolti e responsabilizzati, però viene loro richiesta non solo una grande motivazione, ma anche e soprattutto la capacità di organizzare il proprio lavoro e di cooperare con gli altri. Questo tipo di approccio offre inoltre agli studenti l'opportunità di imparare a creare delle raccolte personalizzate di casistiche e informazioni – capacità e disponibilità molto utili nella futura carriera lavorativa – invece di affidarsi semplicemente a libri di testo, manuali e guide tradizionali. L'uso di un *learning management system* e di attività di apprendimento appropriatamente progettate e schedulate consente di avere *feedback* da parte degli studenti e di tracciare le attività svolte per evidenziare eventuali difficoltà. Il monitoraggio del coinvolgimento degli studenti tramite la registrazione dei loro accessi alle risorse consente al docente di capire se i concetti base sono stati recepiti e se il programma può procedere con argomenti più complessi. Il materiale di studio sarà organizzato in forma di sito web navigabile, con informazioni multimediali e proposte di lettura per approfondimenti, la cui presa visione consentirà allo studente di partecipare in maniera attiva ai tutorial in classe e ai forum di discussione.

Come emerge da un'analisi su alcuni *case studies*² di applicazione di approcci educativi multimodali in corsi di livello universitario, questo metodo non è esente da criticità: la fase introduttiva in classe del docente non sempre è sufficiente ad assicurare l'autonomia dello studente;³ il coinvolgimento nelle attività on-line potrebbe risultare problematico se non sufficientemente motivato;⁴ ci sono studenti che continuano a preferire lezioni frontali e materiale didattico di tipo tradizionale;⁵ i materiali dei corsi online devono essere controllati regolarmente ed aggiornati (in particolare quelli interattivi e multimediali).⁶ Questi rischi dovranno essere affrontati in dettaglio in fase di progetto del corso.

¹ *Flipped ClassRoom. La lezione capovolta*, a cura di Erasmo Modica, 24 pp., URL: <<http://www.orizzontescuola.it/guida/flipped-classroom-lezione-capovolta-guida-gratuita-orizzontescuola/>>, consultato il 18/07/2017.

² M.D. SANKEY, L. HUNT, *Using Technology to Enable Flipped Classrooms whilst Sustaining Sound Pedagogy*, in "Electric Dreams", 30th asilite Conference (Macquarie University, Sydney, 1-4 December 2013).

³ S. GOH, M. SANKEY (2013). *Authentic Learning in Steven Goh's Flipped Classroom*. URL: <<https://vimeo.com/68278046>> consultato il 18/07/2017.

⁴ J. LAWRENCE, *Designing and Evaluating an Empowering Online Pedagogy for Commencing Students: a Case Study*. The International First Year in Higher Education Conference (Wellington, New Zealand, 7-10 July 2013).

⁵ S. GOH, S. CHOCHRANE, L. BRODIE, *The Impact on Values and Learning Behaviours of Engineering Students from an Authentic Learning Environment: Preliminary Analysis and Observations*, in Proceedings of the 2012 AAEE Conference (Melbourne, Victoria, 3-5 December 2012).

⁶ E. KIERNAN, M. SANKEY, *Helping First Year Student's Transition to Study by Using a Flipped Classroom*, 2013. URL: <<https://soundcloud.com/michael-sankey/ellies-flipped-classroom>> consultato il 18/07/2017.

Progettazione del corso

Lo schema concettuale che definisce formalmente l'approccio da seguire nella fase progettuale è illustrato in Fig. 1.

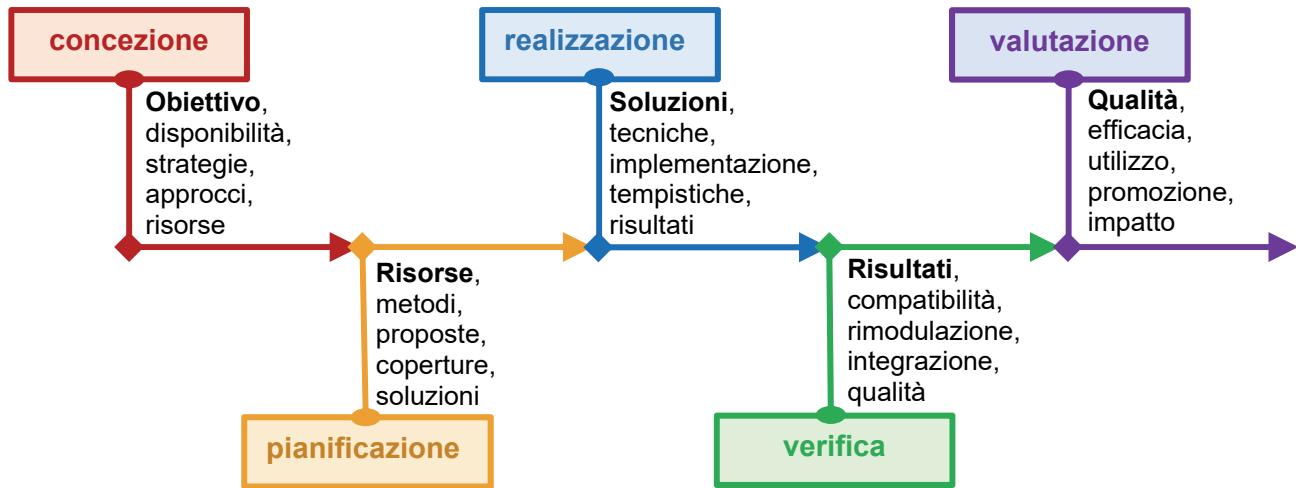


Figura 1. Le cinque fasi di realizzazione del nostro progetto di *problem based learning flipped classroom*.

Il corso proposto come caso di studio si comporrà di due parti distinte. Una prima parte introduttiva sarà presentata con lezioni frontali di tipo tradizionale sulle basi scientifiche e tecnologiche della *Computer Vision* adatte a fornire gli strumenti utili per risolvere l'applicazione complessa scelta come progetto del corso, elencando approcci e metodi specifici sul caso. La seconda parte riguarderà lo sviluppo del progetto, affrontato su base proattiva da parte degli studenti, con fasi di confronto e coordinamento gestite dal docente. Dopo l'introduzione in classe dei punti chiave, il docente preparerà e selezionerà le risorse per gli studenti e le renderà disponibili tramite un sito web (<http://vision.unipv.it/CV/>) che raccoglierà articoli, video e altro materiale didattico, fornendo inoltre l'accesso agli strumenti software necessari. Presentazioni in classe, programmate con cadenza periodica, contestualizzeranno il lavoro svolto e formalizzeranno il piano di lavoro. L'utilizzo di un ambiente informatico per la gestione del corso metterà a disposizione forum di discussione online e potrà rendere i risultati oggetto di dibattito e approfondimento sia online che in classe, dove il docente guiderà le esperienze e le attività collaborative coinvolgendo gli studenti in un tipo di "apprendimento attivo", che privilegia e si focalizza maggiormente sul processo cognitivo rispetto alla semplice memorizzazione delle informazioni. Le fasi da affrontare sono: i) analizzare il problema, ii) definire le strategie di approccio, iii) decidere le scelte metodologiche e tecniche, iv) programmare la suddivisione e la copertura dei percorsi, v) mettere in atto l'effettiva implementazione; vi) produrre la realizzazione finale.

Il corso magistrale di *Computer Vision* a.a. 2017-18

Il corso, secondo la classificazione di Erasmo Modica,¹ rientra nell'approccio *problem based learning flipped classroom*. L'obiettivo sarà la realizzazione virtuale in 3D di una composita scultura datata 1362: l'Arca di Sant'Agostino, che si trova a Pavia nella chiesa di San Pietro in Ciel d'Oro (Fig. 2). L'Arca⁷ (Fig. 3) è una scultura gotica in marmo bianco di Carrara, contenente le spoglie di Sant'Agostino di Ippona, concepita come monumento isolato da potersi visitare nei quattro lati, ma la cui posizione, in alto sopra l'altare, la rende non facilmente osservabile.

Nel contesto delle *Digital Humanities* i modelli 3D possono essere proficuamente sfruttati con diversi obiettivi⁸ adatti al caso nostro: in particolare «per replicare, per la conservazione degli originali, che sono troppo fragili per essere spostati, o semplicemente per rendere disponibili commercialmente delle repliche» e

⁷ D. SACCHI, C. FERRERI, *L'Arca di S. Agostino esistente nella basilica di S. Pietro in Ciel d'Oro in Pavia*, Pavia, Bruni-Marelli Arti Grafiche, 1930.

⁸ 3D-COFORM Tools & Expertise for 3D Collection Formation. URL: <<http://www.3d-coform.eu>> consultato il 18/07/2017.

«per interpretare, per comprendere il passato di un oggetto, un’architettura o una mappa, attraverso l’analisi delle loro ricostruzioni.»⁹

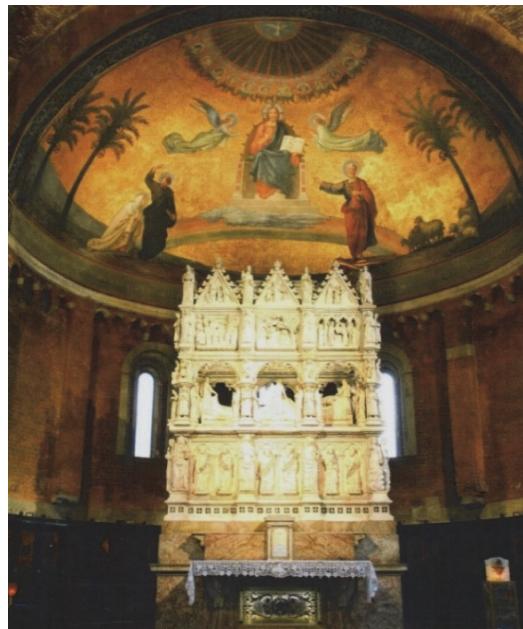


Figura 2. Una veduta dell’Arca di Sant’Agostino nella basilica di San Pietro in Ciel d’Oro a Pavia, sul presbiterio sopraelevato. Tratto da “San Pietro in Ciel d’Oro a Pavia. Mausoleo Santuario di Agostino e Boezio. Materiali antichi e problemi attuali”, a cura di Maria Teresa Mazzilli Savini, Comitato Pavia Città di Sant’Agostino, TCP edizioni, 2013.

Il monumento funebre si sviluppa su tre registri narrativi:

- il primo dal basso, che contiene il sarcofago, rappresenta le statue degli apostoli alternate a quelle degli evangelisti, di santi e delle Virtù;
- il registro mediano è composto da colonne con statue di santi, papi e vescovi; all’interno, sopra il sarcofago, presenta la statua di Sant’Agostino, sdraiato su un lenzuolo sorretto da sei diaconi, mentre legge un libro aperto tra le mani, circondato dai Dottori della Chiesa. Il soffitto di questa parte intermedia è composto da centinaia di cherubini, busti di santi, gli arcangeli Raffaele e Michele e, al centro, il Cristo;
- il registro superiore rappresenta nove episodi della vita del santo, coronati in alto dai suoi miracoli rappresentati in dieci timpani triangolari alternati a figure angeliche.



Figura 3. I quattro lati dell’Arca di Sant’Agostino.

⁹ Pavia, la Battaglia, il Futuro. 1525-2015 Niente fu come prima. CVML e SMART Lab alla Mostra, a cura V. Cantoni, D. Karastoyanov, M. Mosconi, A. Setti, Pavia University Press, 2016.

Caratteristiche fisiche e geometriche dell'arca e modello 3D

Complessivamente l'arca è composta da 95 statue e 50 bassorilievi con scene varie, per un totale di 408 personaggi, oltre a vegetazione, oggetti, animali e rappresentazioni schematiche di città.

Le sue dimensioni complessive sono: 307 cm x 168 cm x 393 cm.

In generale un modello 3D è una rappresentazione matematica di un oggetto tridimensionale, un insieme di dati strutturati che definiscono le proprietà dell'oggetto. Può essere prodotto automaticamente, ad esempio attraverso uno *scanner3D* che scansiona dal vero, oppure manualmente tramite l'uso di software specializzati, chiamati modellatori, che sviluppano l'oggetto attraverso procedure di grafica computerizzata.

In base alla modalità utilizzata per la creazione del modello, si differenziano: modelli solidi (costituiti da forme prismatiche modificabili con operazioni di estrusione o rivoluzione) o superfici (costituiti dalle facce che racchiudono il solido e che rappresentano il sottile guscio che lo contiene, da cui l'uso del termine *shell*) – il cui uso combinato prende il nome di modellazione ibrida. In base al software utilizzato per generarli si hanno: mesh poligonali (insiemi di vertici connessi da spigoli, a formare facce, usati da *Blender*, *3ds Max*, *Maya*, *AutoCAD*) o curve e superfici NURBS (formati da vertici di controllo manipolabili, usati da *Rhinoceros*).

Un'altra tassonomia dei modelli 3D li classifica in base all'oggetto che devono riprodurre: modelli di superfici piatte, modelli organici, modelli di ambiente.

Il modello 3D risultante può essere facilmente sfruttato per produrre immagini a due dimensioni da un punto di vista qualsiasi e con illuminazione arbitraria, definiti dall'osservatore, in modo realistico per quanto riguarda l'aspetto visivo, attraverso un processo di *rendering*.

Il materiale riguardante il processo di modellazione 3D e appositi *video tutorials* sui software specializzati saranno forniti tramite sito web, in modo che in base alle caratteristiche dell'oggetto da rappresentare gli studenti possano opportunamente selezionare metodologie e modellatori idonei.

Il docente, disponibile per chiarire dubbi e fornire approfondimenti, distribuirà le varie parti da modellare a gruppi di due/tre studenti e ne coordinerà i lavori, in modo da ottenere tutte le realizzazioni necessarie alla successiva integrazione che formerà il modello 3D del monumento completo.

La presentazione dei singoli modelli realizzati e una discussione su argomenti base di Computer Vision tratti dalla corrente letteratura internazionale saranno gli elementi su cui si baserà la valutazione finale.

Approcci, metodi e strategie di modellazione geometrica e scultura digitale

La modellazione geometrica postula il principio del moto rigido e opera essenzialmente attraverso traslazioni, rotazioni e cambiamenti di scala degli elementi primitivi costituenti la *mesh*.

I modellatori geometrici sono di due tipi:

- quelli basati sulla geometria dei solidi che puntano a descrivere il volume dell'oggetto attraverso operatori booleani atti a combinare oggetti più semplici;
- quelli basati sulla descrizione analitica della superficie, attraverso un'equazione, oppure attraverso punti di controllo pesati che condizionano la distanza della superficie: più alto è il peso, più vicina deve passare la superficie.

Con oggetti molto complessi, come ad esempio un volto umano (Fig. 4), la modellazione geometrica diventa difficoltosa; si può allora ricorrere alla *scultura digitale*, detta anche organica, con la quale si può agire su porzioni della superficie come se si stesse modellando della creta.

In questo caso non si opera sulle primitive geometriche (vertici, spigoli e facce) ma le aree del modello sono modificate con una ‘spazzola’ che seleziona i vertici toccati e li modifica di conseguenza. Si usano *mesh* dense e spesso è necessario preliminarmente aumentare la risoluzione così da permettere un maggior dettaglio; quindi si cambiano con azione manuale le locazioni dei vertici mantenendo una superficie ben definita ed eventualmente smussata.



Figura 4. Esempio di modellazione 3D di un volto umano con *wireframe* in evidenza.

Il processo di rendering

Il processo di modellazione porta ad uno *scene file* che contiene l'insieme di oggetti che compongono la scena, rappresentati con un linguaggio e strutture dati ben definiti. Sono descritte geometrie, eventuali composizioni procedurali, punti di vista, *texture*, illuminazione e ombreggiature della scena virtuale da realizzare. Tali elementi sono i dati d'ingresso per il programma di *rendering* che, elaborandoli, produce l'immagine digitale finale (Fig. 5).



Figura 5. Due esempi di immagini digitali finali di rappresentazioni 3D di due viste di Piazza Grande (ora Piazza della Vittoria) a Pavia, lato nord e lato sud, come doveva apparire nel XVI secolo, in condizioni di illuminazione diverse. Tratte da Cantoni V., Mosconi M., Setti A. (a cura di), *Ricostruzione virtuale di Pavia nel XVI secolo*, Pavia University Press, in stampa.

Il programma di *rendering* implementa procedure derivate da una serie di discipline, come: fisica della luce, percezione visiva, matematica, informatica, sviluppo software, ecc.

Quando l'immagine preliminare che descrive la scena viene passata al programma di *rendering*, vengono integrati i bitmap delle *texture* e le caratteristiche dei materiali; sono inoltre sviluppate le mutue interferenze

della luce in base alle posizioni relative dei vari oggetti (modello di Phong per oggetti isolati, *ray tracing*, *radiosity*, *photom mapping*, ecc. per scene articolate¹⁰, (Fig. 6)). Viene infine prodotta l'immagine finale.



Figura 6. Esempi di modellazione 3D di oggetti. In evidenza gli effetti di luce/ombra e la resa delle caratteristiche dei materiali (assorbimento, diffusione, fluorescenza, fosforescenza, riflessione, rifrazione, *scattering*, trasparenza, opacità, colore, spessore, ecc.).

Complessità e semplificazione

Oltre a rappresentare vari personaggi maschili e femminili, con abiti di lavoro o riccamente adornati, i bassorilievi e i timpani triangolari dell'Arca di Sant'Agostino presentano scene di terra e di mare con una ricca varietà di animali, attrezzi e oggetti e sontuose decorazioni (si pensi al ‘ricamo’ della veste del santo, visibile in Fig. 7).¹¹ La complessità della composizione è solo in parte attenuata dall'unico materiale utilizzato (senza trasparenza, con diffrazione ridotta e comunque diffusione fissa e un'ottica essenziale) e dalla semplificazione nella gestione dell'illuminazione, che può essere ridotta a quella d'ambiente.

Sommariamente nel seguito vengono esposti esempi di figure e scene da ricostruire in 3D e sono introdotti alcuni aspetti che verranno preliminarmente presentati agli studenti, i quali dovranno affrontarli selezionando le tecniche specifiche per poi risolverli praticamente.

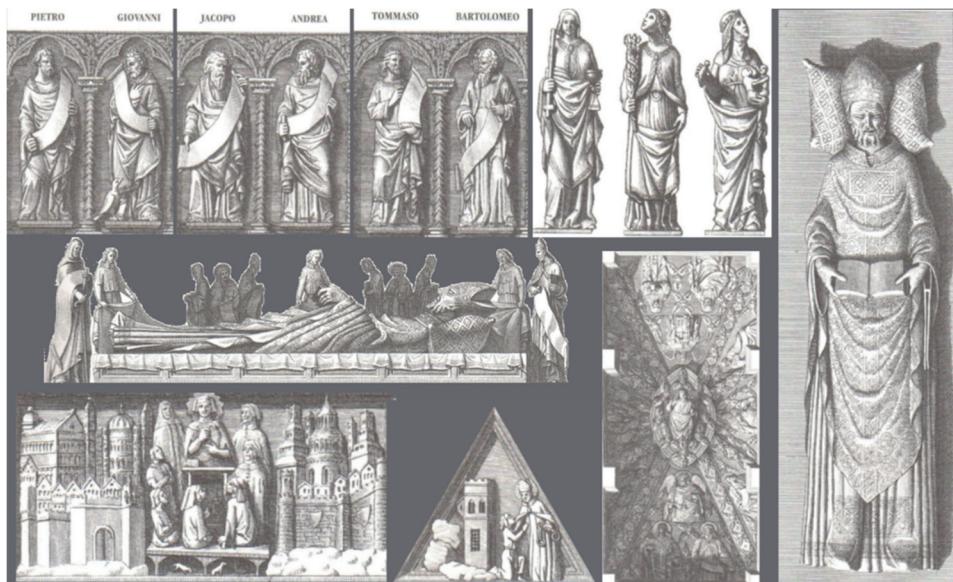


Figura 7. Alcune tipologie di sculture, scene e personaggi che compongono l'Arca di Sant'Agostino: gli apostoli, le virtù, la figura del santo vista dall'alto e di lato, pannelli sulla vita e i suoi miracoli e il decorato cielo tombale.

¹⁰ T. HACHISUKA, H.W. JENSEN, *Robust Adaptive Photon Tracing using Photon Path Visibility*, ACM Transactions on Graphics, Volume 30 Issue 5, 2011, presented at SIGGRAPH 2013. URL: <<http://www.ci.i.u-tokyo.ac.jp/~hachisuka/amcmppm.pdf>> consultato il 18/07/2017.

¹¹ Agostino e la sua Arca, Comunità Agostiniana – Pavia, Edizioni Torchio de' Ricci, 2000.

Statue e personaggi

Le statue hanno una grande varietà di aspetti e postura. Tipicamente, partendo da una base disponibile di figura umana, devono essere specializzate con modelli e/o scolpite, quindi animate attraverso uno scheletro (*rigging*) che unendo gerarchicamente le componenti ‘ossa’ ne consente il movimento congruente per l’acquisto della postura corretta (Fig. 8); poi perfezionate con l’espressione attraverso deformazioni della geometria della faccia (*skinning and morphing*), poi vestite, ecc. (Fig. 9).

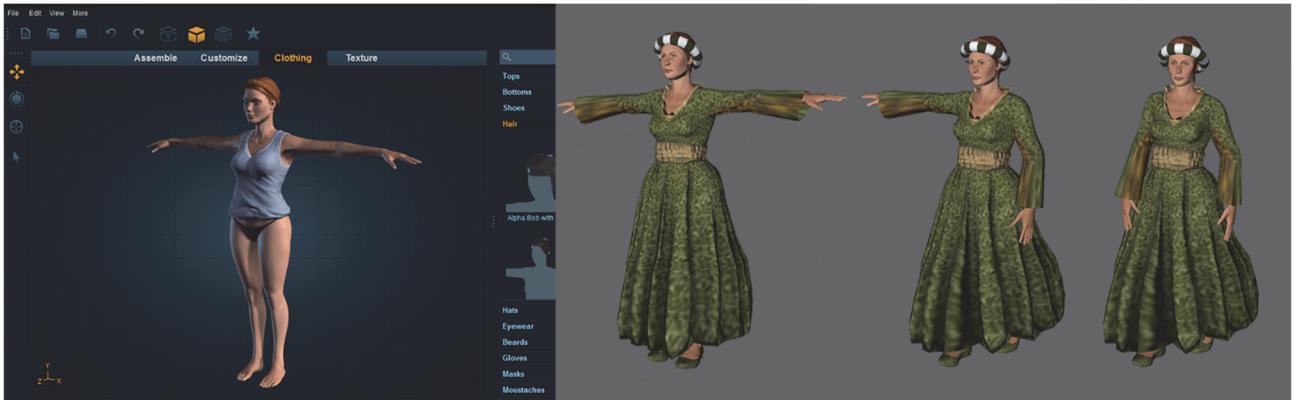


Figura 8. Fasi della realizzazione 3D di un personaggio: nell’esempio, partendo dalla posizione 3D standard (a sinistra), introducendo lo scheletro e l’espressione del volto tramite il sw *Fuse*, si costruisce per gradi la postura finale (a destra) completando il personaggio con abbigliamento e accessori tramite *Blender*.

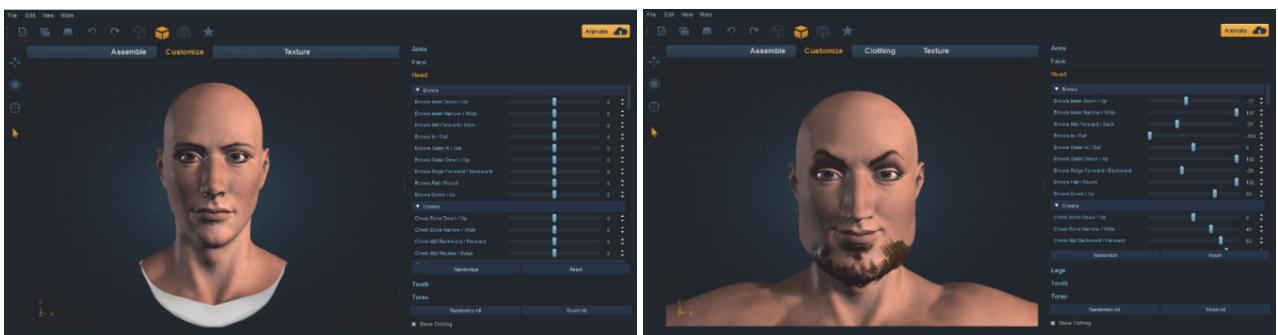


Figura 9. L’espressione voluta su un viso assegnato (a destra) viene costruita modificando lineamenti ed espressioni di visi standard (a sinistra) disponibili con modellatori tipo *Fuse Character Creator* o *Blender*.

I vestiti

Anche il comportamento dei vestiti va simulato in funzione delle proprietà fisiche. I vestiti devono adattarsi alla figura umana in base alla rigidità del tessuto e al suo spessore; inoltre bisogna poter gestire l’adattamento compatibile tra di loro, ad esempio le pieghe devono ‘cadere’ in modo congruente. A questo scopo torna ovviamente utile la possibilità di rifinire i dettagli con la scultura digitale.

Verifica preliminare della fattibilità

Una verifica della fattibilità del progetto con una prima selezione di approcci e tecniche di modellazione applicati ad un set campione di elementi architettonici è stata fatta con successo da alcuni studenti nell’a.a. 2016/17 (Fig. 10).



Figura 10. Bozza di ricostruzione 3D di un particolare del lato sinistro del primo registro dell’Arca di Sant’Agostino.

Conclusione

Il progetto del corso di *Computer Vision* riguarda la modellazione 3D, insegnata con un approccio didattico differenziato e apprendimento a progetto. Negli ultimi due anni accademici sono stati affrontati problemi relativi alle *Digital Humanities* per la mostra sulla battaglia di Pavia in ambito EXPO 2015 e per la ricostruzione 3D della Pavia rinascimentale a partire da un affresco del tempo. In questi due casi la didattica è stata affrontata in modo tradizionale, ma introducendo, in misura sempre crescente, un approccio più attivo da parte degli studenti, che hanno risposto con entusiasmo, producendo soluzioni di impatto nella comunità pavese con risonanza locale e internazionale. Si è quindi ritenuto opportuno formalizzare questo approccio d’insegnamento, volto a rendere gli studenti più attivi e l’azione formativa più efficace, in un contesto innovativo dalle prospettive davvero incoraggianti, favorendo sinergie e collaborazioni tra mondo formativo e comunità locale, per valorizzare il patrimonio culturale e incentivare di conseguenza lo sviluppo sociale ed economico.

Ringraziamenti

Siamo particolarmente grati al prof. Ivo De Lotto che nella sua doppia veste rotariana e di membro storico dell’AICA ci ha proposto questa iniziativa. Ricordiamo l’azione della Commissione Interdistrettuale 2041, 2042 e 2050 del Rotary International che promuove iniziative per diffondere le nuove modalità didattiche permesse dalle attuali tecnologie dell’informazione sia presso le scuole di secondo grado, in particolare gli Istituti professionali, sia presso gli insegnamenti universitari.

Un ringraziamento particolare a tutti gli studenti degli ultimi corsi di Computer Vision per l’entusiasmo e l’abilità con cui hanno lavorato. Nello specifico i lavori qui presentati sono stati realizzati da: Giovanni Rausa, Andrea Bonandin e Federico Alfeo per la figura 10; Bianca Pavesi per le figure 4, 8 e 9; Nicola Davanzo, Tomas Lacovara, Adlane Bakhouche, Federico Guerra e Marco Provitina per la figura 5. Vogliamo inoltre ringraziare Elena Caldirola per la consulenza sulle metodologie didattiche.