



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PAVIA
FACOLTÀ DI INGEGNERIA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE
CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRONICA ED INFORMATICA

Anastilosi su base cromatica e semantica di affreschi pompeiani

Relazione discussa in sede d'esame finale dal candidato: Carniglia Giuseppe

Relatore: Prof. Cantoni Virginio

Correlatore: Prof. Lombardi Luca

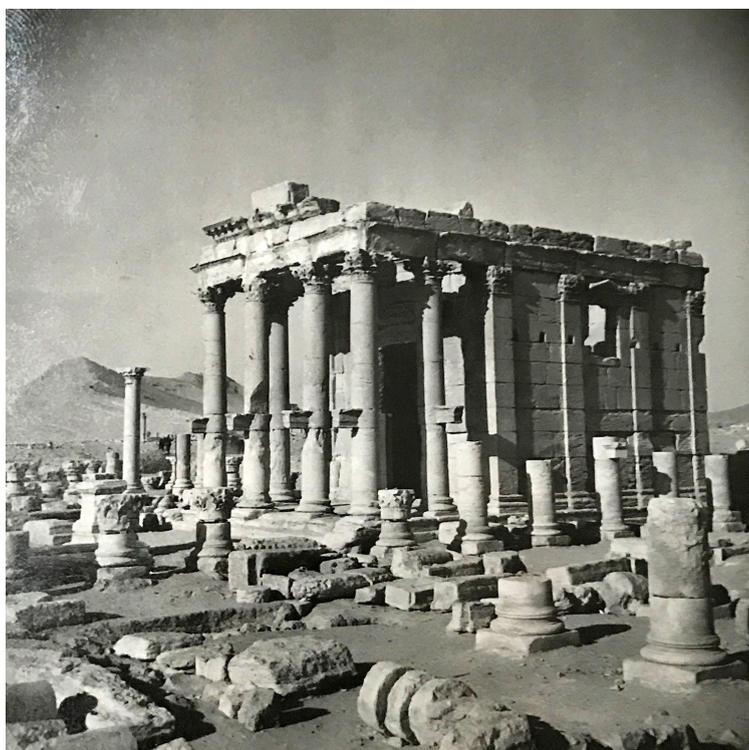
A.A. 2018/2019

INDICE

Anastilosì	pag. 3
Progetto DAFNE	pag.6
Cappella della Chiesa degli Eremitani	pag.6
Sviluppo di Javastylosis	pag.7
Modello MVC	pag.8
Funzionalità aggiuntive	pag.10
Pompei	pag.15
Sitografia e bibliografia	pag.18

- Anastilosi

L'anastilosi, dal greco antico *αναστήλωσις*, -εως; *ανα*, *ana* = "ancora", and *στηλόω* = "erigere [una stele o edificio]"), é una tecnica di restauro che prevede di ricomporre un'opera architettonica distrutta usando i pezzi originali. Originariamente impiegata



per gli edifici è stata successivamente utilizzata su vari tipi di opere, come affreschi e steli. La “Carta di Venezia per il restauro e la conservazione di monumenti e siti” del 1964 è un documento redatto con l'intento di fissare un codice di standard professionali e linee guida che costituiscano un quadro di riferimento internazionale per disciplinare le modalità con cui

condurre interventi di conservazione e restauro di monumenti e manufatti architettonici, e di siti storici e archeologici. In esso vengono descritti i criteri secondo cui è possibile restaurare un'opera in caso di danni parziali o ingenti. Solo se la distruzione era completa si rinuncia alla ricostruzione senza prima aver comunque fatto un tentativo di anastilosi. L'intento dell'anastilosi è quello di ricostruire monumenti architettonici storici utilizzando il più possibile componenti originali lasciati all'incuria anche per secoli. Ciò è possibile riposizionando i componenti ritrovati nella posizione originale studiandone i profili e mantenendo il senso logico dell'opera, utilizzando anche schizzi o materiale grafico(foto) ove possibile. Nel caso

mancassero dei componenti questi possono essere sostituiti con materiali moderni per restauri come gesso, cemento e resine sintetiche.

“Negli anni trenta di questo secolo i restauratori dell'Opificio delle Pietre Dure di Firenze(OPD) furono attivi nelle campagne di scavo ed anastilosi archeologiche condotte nelle isole del Dodecaneso, all'epoca sotto dominazione italiana. Al 1938-40 risalgono in particolare gli interventi nel Castello del Gran Maestro a Rodi: gran parte degli splendidi pavimenti in mosaico ed opus sectile databili dal II al V sec. d.C che adornano le numerose sale del Castello provengono dagli scavi archeologici condotti dopo il terremoto del 1933 nell'abitato antico della vicina isola di Coo. I mosaici furono distaccati, ricomposti e rimontati, talora riassemblati, a cura e sotto la guida dei restauratori dell'Opificio Antonio Freni e soprattutto Vittorio Toti, con numerose ed ampie integrazioni in stile, conformemente a quanto veniva richiesto per l'occasione dal committente Governatorato italiano dell'arcipelago: un criterio di restauro prettamente estetico in conformità alla funzione di rappresentanza e decorativa che si intendeva dare ai mosaici antichi, collocati su pavimenti in ambienti costruiti ex novo, nel nuovo assetto funzionale e monumentale assunto dal Castello. Notevole fu anche l'attività del Toti, nominato nel 1941 responsabile dell'Ufficio Archeologico di Coo, nei settori del restauro ceramico e degli affreschi, in un apposito laboratorio di restauro operativo sino al 1948. Nel corso degli anni '30, restauratori di materiali lapidei dell'Opificio operarono nelle grandi aree archeologiche della Libia, le antiche città romane di Cirene, Sabratha e Leptis Magna, nella anastilosi e nel rimontaggio di elementi strutturali in marmo, spesso interamente decorati da altorilievi ed in Libia l'OPD continuò ad operare nell'ambito dei restauri archeologici anche dopo la guerra, negli anni '60 e '70. Al 1948 risalgono gli interventi di strappo e restauro sui mosaici romani di Torre de Palma, a Vajamont, in Portogallo, al 1956-59 quelli sui mosaici della grande villa romana di Russi (RA), al 1957 sui mosaici romani di Nora (CA). Nel 1958-59 furono condotti importanti interventi sull'opus sectile e sui mosaici della grande villa romana dei Domizi

Enobarbi nell'isola di Giannutri, e nel 1960 furono restaurati e consolidati i mosaici della villa romana di S. Vittore di Cingoli (MC). Al 1966 risale l'intervento di strappo e primo restauro di un grande mosaico romano di soggetto marino del I° sec.d.C. da una cantina in via Cesalpino ad Arezzo, oggi conservato nei magazzini del museo archeologico "Mecenate". Al 1973-74 risale il restauro del grande complesso di statue marmoree di epoca giulio-claudia rinvenuto a Roselle nel 1966: eseguito sotto la direzione scientifica di Clelia Laviosa, fu condotto dal settore lapidei dell'OPD e portò alla ricomposizione di una decina di statue e teste, nonché di molte iscrizioni lapidarie, consentendo la esposizione al pubblico dell'eccezionale complesso nel 1975, nel nuovo Museo Archeologico e d'Arte della Maremma di Grosseto. Nel 1967 e '68 l'Opificio partecipò direttamente con suoi operatori al restauro di uno dei più grandi mosaici del mondo (le dimensioni originali erano di circa 2000 m²), venuto in luce all'epoca da pochi anni, il famoso mosaico policromo a tappeto del IV sec. d.C. dell'agorà di Costanza, in Romania.”

L'anastilosi suscita criticismi nella comunità scientifica poiché soffre di vari problemi, tra cui:

1. Indipendentemente da quanto siano rigorosi gli studi per la preparazione, ogni errore di interpretazione risulterà in errori nella ricostruzione, spesso irriconoscibili.
2. Danni ai componenti originali è praticamente inevitabile
3. Un elemento ritrovato potrebbe appartenere o essere utilizzato da un altro monumento interamente.

Soprattutto negli ultimi anni l'anastilosi si è evoluta grazie alle comunità *Pattern Recognition* e *Computer Graphic* prima e *Computer Vision* dopo che hanno permesso di fare copie virtuali degli elementi originali e poter lavorare su di essi senza perdita di significato e la loro inevitabile usura durante il processo, questa evoluzione è detta anastilosi digitale.

- Progetto DAFNE

Il progetto DAFNE, acronimo di Digital Anastylsis of Frescoes challeNgE (ovvero competizione per l'anastilosi digitale degli affreschi), è una competizione internazionale volta alla ricostruzione e conservazione di beni culturali, in particolare affreschi distrutti o gravemente danneggiati da eventi distruttivi come terremoti o guerre. Ciò è possibile tramite la progettazione di tecniche informatiche che sfruttino le potenzialità di persone e macchine, per completare il puzzle incompleto generato dai frammenti ritrovati.

Le difficoltà principali sono dovute al numero elevato di frammenti spesso mischiati con elementi spuri, alla loro forma generalmente irregolare (a causa dell'erosione) per cui i profili dei frammenti non combaciano perfettamente e alcuni pezzi sono irrimediabilmente andati persi. Inoltre poiché in un edificio generalmente sono presenti più affreschi i pezzi tendono a mischiarsi tra loro durante un evento distruttivo come un terremoto e questo porta a una maggior frammentazione e presenza di elementi diversificati e incompatibili.

La competizione ammette due principali modalità: la prima, prevede di sfruttare metodologie di ricostruzione automatica tramite tecniche automatiche quali il *Machine Learning* e il *Deep Learning* per riconoscere pattern grafici tra i vari frammenti del *dataset* fornito e ricomporli logicamente; la seconda, prevede lo sviluppo di un software ad hoc che mette a disposizione di un volontario, con particolari capacità di riconoscimento delle immagini e che riesce quindi a “pensare per immagini”, gli strumenti necessari per poter ricostruire il *puzzle* dei frammenti manualmente.

Questa abilità di “*visual thinking*” è relativamente diffusa nello spettro autistico.

Al termine della ricostruzione è necessario presentare l'intera immagine risultante che verrà valutata in accordo con i criteri di qualità scelti.

Grazie alle informazioni fornite dall'immagine ricostruita sarà possibile la ricostruzione utilizzando i frammenti originali.

-Cappella della Chiesa degli Eremitani

Uno dei più famosi siti per il progetto DAFNE è la cappella della Chiesa degli Eremitani a Padova. Distrutta durante la Seconda Guerra Mondiale, ha un patrimonio storico culturale notevole poiché conteneva un ciclo di affreschi del maestro Andrea Mantegna e altri, dipinti tra il 1448 e il 1457. Gli affreschi erano situati nella volta della cappella degli Ovetari. Durante il bombardamento del 11 Marzo 1944, parte della chiesa venne distrutta compresa la cappella, distruggendo quasi completamente gli affreschi. Di essi si salvarono alcune parti e molti frammenti circa 78.561, con una dimensione di circa 5-6 cm². A causa dell'elevato numero di frammenti con ridotta dimensione, anche con gli interventi avvenuti nel 2006 non è stato possibile ricostruire più dell'8% della volta. Questo è sul territorio italiano una delle principali applicazioni per il progetto DAFNE che si prefigge lo scopo di migliorare nettamente il risultato finora ottenuto.

-Sviluppo di Javastylosis

È stato quindi sviluppato un software ad hoc denominato Javastylosis scritto in linguaggio orientato agli oggetti Java utilizzando per l'interfaccia grafica l'API javaFX.

Java è un linguaggio di programmazione di alto livello con paradigma a oggetti e tipizzazione statica ideato nel 1995.

In tesi precedenti è stato fornito della possibilità di selezionare un set di immagini di frammenti di affreschi noti e un'immagine dell'originale come controprova da usare come sfondo.

Caricati i frammenti in una finestra per un facile accesso si può operare su di loro semplici trasformazioni geometriche come traslazione e rotazione rispetto al centro. Inoltre è possibile salvare lo stato del programma in un file csv e caricarlo per un rapido accesso a un progetto già iniziato.

JavaFX basa la creazione di programmi dotati di interfaccia grafica basandosi sul modello di design MVC.

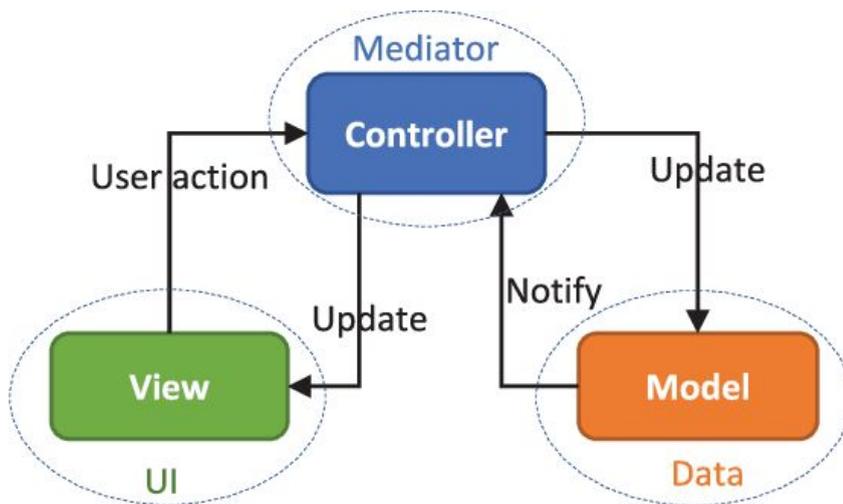
- **Modello MVC**

Il modello MVC è un pattern architetturale, ovvero una descrizione logica per la risoluzione di un problema. MVC è l'acronimo di *Model View Control* ed è basato sulla separazione dei dati, la loro rappresentazione e l'interazione da parte dell'utente

- Il modello: rappresenta il comportamento dell'applicazione indipendentemente dal dominio applicativo, i suoi dati e le operazioni che li manipolano.

Ha il compito di notificare la vista in seguito alle modifiche che subiscono i dati.

- la vista: si occupa di presentare i dati contenuti nel modello all'utente e ne comunica le azioni al controllore.
- il controllore: mette in comunicazione la vista con il modello, si occupa di gestire gli eventi esterni e comunicarli agli altri due strati. Configura quindi la vista e innesca modifiche di stato nel modello.



L'architettura MVC viene utilizzata quando si vuole minimizzare l'accoppiamento tra la gestione e la rappresentazione dei dati, per esempio nelle applicazioni web.

Presenta inoltre alcuni vantaggi come:

- Sviluppo simultaneo: essendo le tre componenti separate nell'implementazione questa può essere portata avanti in parallelo da più sviluppatori
- Alta coesione: MVC permette un raggruppamento logico delle azioni in un unico controller e le viste per un modello possono essere raggruppate assieme. Ogni componente si occupa di un unico aspetto dell'applicazione.
- Basso accoppiamento: per sua natura l'MVC crea un basso accoppiamento tra le sue componenti, quindi una netta separazione delle responsabilità, conseguenza della sua alta coesione.
- Facilità di modifica: avendo un basso accoppiamento, i cambiamenti all'implementazione di una delle componenti non si ripercuotono sulle altre e non causa problemi indesiderati.

Queste sue proprietà di separazione dei compiti e facilità di modifica portano anche degli svantaggi:

- Navigabilità del codice: la separazione dei compiti introduce anche una maggiore complessità dovuta a nuovi livelli di astrazione che complicano la navigazione del *framework* e anche semplici interazioni coi dati.
- Consistenza attraverso le componenti: questa decomposizione di caratteristiche nelle tre componenti causa uno sparpagliamento di cui gli sviluppatori devono tener conto per mantenere la consistenza di più rappresentazioni contemporaneamente.

Il programma presentava quindi il *Controller* predefinito di JavaFX, un file XML per la creazione dell'interfaccia grafica e alcune classi che rappresentavano l'oggetto singolo frammento e alcune classi per la gestione del caricamento e salvataggio dei dati.

- **Funzionalità aggiuntive**

Le funzionalità che mi è stato chiesto di implementare per l'utente sono state:

- la possibilità di poter raggruppare più frammenti in un'unica struttura, detta gruppo
- di poter traslare tutti i frammenti di un gruppo
- poter ruotare i frammenti di un gruppo attorno al centro di uno qualunque dei suoi elementi
- eliminare gruppi o rimuoverne un singolo elemento
- unire gruppi tra di loro

Per fare ciò ho deciso di creare alcune classi: *Group*, *GroupBehaviour* e per ciascuna la propria interfaccia oltre a quella per la classe *Fragment* per rispettare la Dependency Inversion e ridurre la dipendenza da classi concrete.

La classe Group rappresenta il concetto di gruppo di frammenti.

Contiene una collezione di frammenti selezionati dall'utente, le coordinate del gruppo (che coincidono con le coordinate del baricentro) e i metodi che operano sulla collezione e permettono di effettuare la traslazione, rotazione e generiche operazioni di gestione del gruppo, come la rimozione di un frammento o la sua aggiunta.

La classe Group contiene alcuni metodi chiave come:

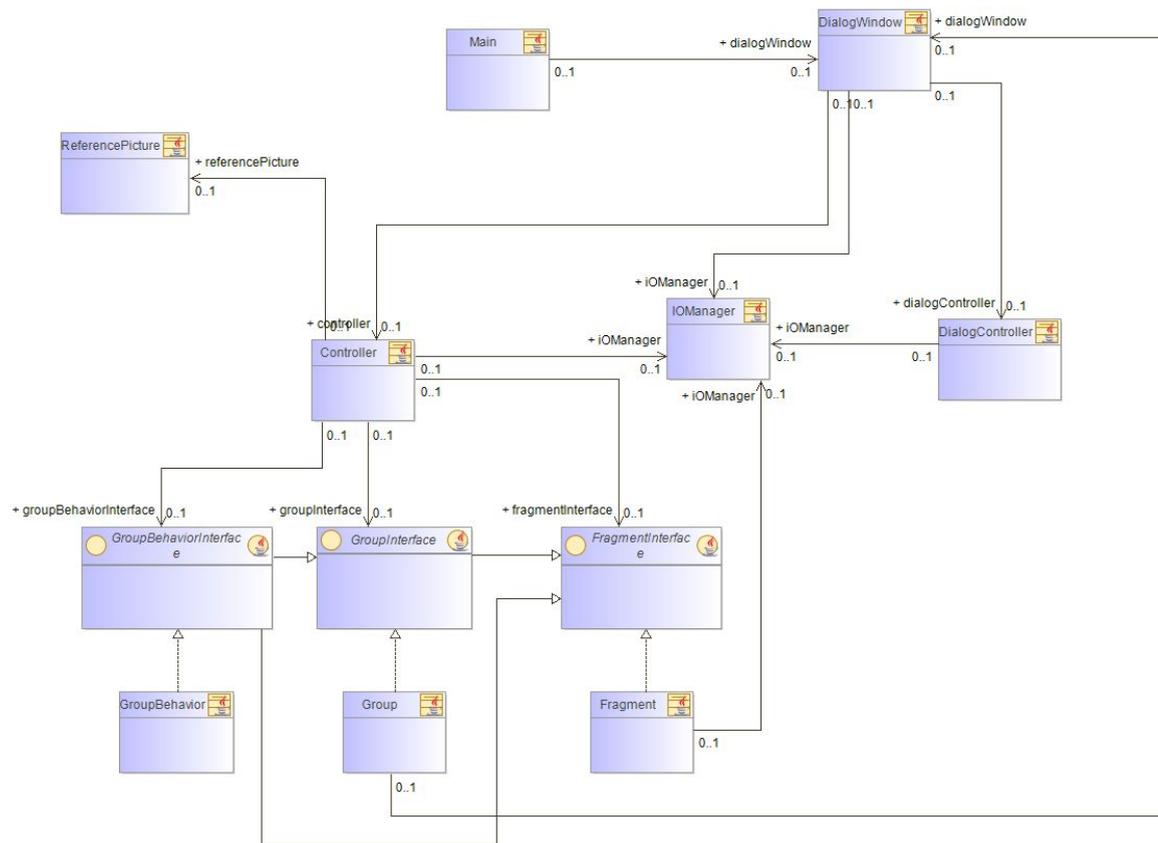
- *addFragment*: permette di aggiungere il frammento selezionato alla collezione dei frammenti che fanno parte del gruppo. Inoltre assegna l'id del gruppo nell'attributo del frammento per creare un riferimento al gruppo di cui fa parte, aggiorna le coordinate del baricentro (tramite una chiamata al metodo *updateGroupCoordinates*)
- *removeFragment*: setta l'attributo *groupId* del frammento passato come parametro a una stringa vuota e lo rimuove dal gruppo, aggiornando il baricentro del gruppo.
- *moveFragments*: permette di traslare tutti i frammenti del gruppo. Il frammento parametro viene traslato di conseguenza il centro del gruppo viene posizionato in modo che mantenga costante la distanza con il parametro, infine gli altri frammenti vengono spostati in modo da mantenere costanti le rispettive distanze dal centro.
- *rotateFragments*: permette di ruotare i frammenti attorno al centro del frammento selezionato. La rotazione attorno a un centro esterno al frammento si tratta di una traslazione lungo una traiettoria circolare. Ogni frammento che non sia l'attuale centro viene traslato usando come raggio di curvatura la distanza relativa frammento-centro momentaneo. Contemporaneamente tutti i frammenti vengono ruotati rispetto al loro centro per mantenere nella stessa direzione la normale al raggio di curvatura.
- *updateGroupCoordinates*: aggiorna le coordinate X e Y del gruppo causate dall'aggiunta di un frammento al gruppo.

- *calculateDistanceFromCenter*: calcola la distanza tra il baricentro del gruppo e ogni frammento che ne fa parte e la salva come proiezione sull'asse X e Y.

Per rendere il codice della classe *Controller* più chiaro e comprensibile ho pensato di raggruppare i metodi che agiscono sui gruppi in una classe a parte nominata *GroupBehaviour*, soluzione rafforzata anche dal fatto che non utilizzavano tutti gli attributi della classe controller e quindi risultava semplice la separazione dei compiti. Ho proceduto inoltre a creare l'interfaccia *GroupBehaviourInterface* che contiene i metodi da me definiti e pubblici richiamati tramite l'oggetto *groupBehaviour* nella classe *Controller* e che rendono il componente più semplice. Questa classe presenta i metodi pubblici:

- *createGroup*: crea un nuovo gruppo con un id unico e ne popola la collezione di frammenti con quelli contenuti in una lista passata come parametro
- *findGroup*: restituisce la posizione del gruppo con quell'id dalla lista di gruppi passata come parametro
- *mergeGroup*: permette di unire tutti i frammenti selezionati all'ultimo gruppo trovato nella lista parametro
- *removeEntireGroup*: permette di eliminare l'intero gruppo, di cui il frammento parametro fa parte.
- *removeFromGroups*: rimuove ogni frammento nella lista parametro dal rispettivo gruppo.

Il rispettivo diagramma UML delle classi di conseguenza si presenta così:



Per rendere disponibili le funzioni aggiuntive del programma ho assegnato ad alcune scorciatoie da tastiera le nuove azioni. Non è un'idea nuova dato che era stato fatto anche nelle tesi precedenti ma prima non tutte le opzioni erano eseguibili tramite una combinazione di tasti. Inoltre ho aggiunto anche un menu nell'interfaccia grafica così che i comandi possano essere eseguiti anche se non ci si ricorda la scorciatoia relativa.

In particolare abbiamo:

- Shift+click sx: seleziona un frammento e lo aggiunge nella lista di frammenti selezionati.
- Ctrl+g: crea un nuovo gruppo con un identificatore unico e lo popola con tutti i frammenti presenti nella lista frammenti selezionati se non fanno già parte di un gruppo (si veda il metodo createGroup), altrimenti unisce i frammenti selezionati all'ultimo gruppo trovato analizzando la lista dei frammenti selezionati (si veda il metodo mergeGroup).

- click Sx+drag: seleziona un singolo frammento e lo trasla per seguire il puntatore del mouse.
- click Sx+scroll: seleziona un singolo frammento e lo ruota attorno al suo centro in senso orario o antiorario in base al verso di rotazione della rotellina del mouse.
- click Sx+Ctrl+drag: seleziona un frammento e trasla il gruppo di cui fa parte. Tutti i frammenti che fanno parte del gruppo vengono circondati da un alone color rosso per avere un feedback visivo su cosa effettivamente si sta per muovere.(si veda il metodo moveFragments)
- click Sx+Ctrl+scroll: seleziona un frammento e ruota il gruppo di cui fa parte usando come centro di rotazione il centro del frammento selezionato. Tutti i frammenti che fanno parte del gruppo vengono circondati da un alone color rosso come feedback degli elementi presenti nel gruppo.(si veda il metodo rotateFragments)
- Ctrl+x: elimina il gruppo di cui fa parte il frammento selezionato. Non elimina i frammenti dal display ma solo il loro raggruppamento logico.(si veda il metodo removeEntireGroup)
- Ctrl+click Dx: se i frammenti selezionati fanno parte di uno più gruppi vengono rimossi da essi altrimenti se ne è stato selezionato solo uno che non è contenuto in nessun gruppo viene rimosso dallo schermo e reinserito nella lista dei frammenti da posizionare sotto la finestra principale.(si veda il metodo removeFromGroups)

Si è reso necessario modificare anche i metodi che generavano i file per il salvataggio dello stato del programma e li caricavano.

Le modifiche permettono ora di aggiungere il codice identificativo del gruppo di appartenenza di un frammento, se esiste, dopo il percorso assoluto dell'immagine del frammento.

Quando viene caricato un file se durante la lettura viene riscontrato un groupID il programma crea un'istanza di un gruppo con quell'ID e aggiunge il frammento relativo alla collezione oppure, se esiste già, popola soltanto la collezione. (si vedano generateSaveContent e loadImagePane)

- **Pompei**

Pompei è una città campana della provincia di Napoli. Nota principalmente per essere stata sepolta da un'eruzione del Vesuvio nel 79 d.C. ed essere stata riportata alla luce alla fine del XVIII secolo come sito archeologico. Assieme ad Ercolano ed Oplonti è dal 1997 sito UNESCO dichiarato patrimonio dell'umanità. A Pompei sono stati ritrovati numerosi manufatti ed opere d'arte tra cui mosaici, suppellettili e altri oggetti comuni dei cittadini. In particolare sono numerosi gli affreschi che decoravano le case e alcune attività commerciali della città, realizzati tra la fine del II secolo d.C e il 79 d.C.

-**Casa del bracciale d'oro**

La casa del bracciale d'oro è una villa storica nel sito archeologico di Pompei. Prende il nome a causa del ritrovamento di un bracciale d'oro dal peso, sostanziale, di 610g con una raffigurazione della dea Selene. L'abitazione presenta vari affreschi nelle sue stanze dai temi vari. In particolare al piano terra, nel ninfeo, che era una stanza usata come sala da pranzo nel periodo estivo (grazie a una cascata artificiale che ne



rinfrescava gli ambienti) le pareti erano dipinte in modo da simulare un giardino. Tra i vari pannelli del giardino per questo progetto abbiamo potuto scomporre uno nei suoi frammenti per essere aggiunto al database dei frammenti disponibili. A causa della sua provenienza non esiste materiale fotografico da usare come Ground Truth quindi questo è uno dei primi affreschi da ricomporre “ciecamente”.



Tuttavia se si vuole avere un riscontro, i frammenti erano stati riposizionati dagli archeologi che ci hanno fornito l’immagine di partenza quindi questa potrebbe fungere da equivalente Ground Truth.

-Preparazione del dataset

Per poter dividere l’affresco nelle sue componenti singole, inizialmente si è utilizzato l’approccio di tassellazione automatico usato negli altri affreschi del database.

Purtroppo a causa della sua struttura non si è riusciti ad avere un risultato soddisfacente, si è operato quindi manualmente.

Attraverso l'uso di Photoshop è stato possibile sovrapporre alle tracce delle crepature tra i frammenti una linea di color bianco uniforme che permetteva di avere una barriera cromatica per il passaggio successivo.

Una volta identificati i frammenti ho proceduto a selezionarli singolarmente per colore e creare un livello per ciascuno in modo da isolarli dall'originale. Il processo di selezione e separazione è stato reso più veloce creando delle macro su misura. Separati i 538 frammenti principali (alcuni non sono stati scelti a causa delle loro ridotte dimensioni dopo il processo) attraverso un plugin gratuito ho accelerato il processo di esportazione di ogni livello come immagine individuale e con un codice prestabilito. Oltre a essere stato usato per questa attività di laboratorio questi frammenti verranno aggiunti al database a disposizione dei partecipanti al progetto.

-Sitografia

Sitografia(da completare):

it.wikipedia.org/wiki/Anastilosi

https://it.wikipedia.org/wiki/Carta_di_Venezia

<https://en.wikipedia.org/wiki/Anastylosis>

http://www.opificiodellepietredure.it/vecchiosito/ita/sezioni_restauero/archeologico/archeologia.htm

https://elearning2.unipv.it/ingegneria/pluginfile.php/21214/mod_resource/content/0/12-architetture.pdf

https://it.wikipedia.org/wiki/Cappella_Ovetari

<https://www.romanoimpero.com/2019/03/casa-del-bracciale-doro-pompei.html>

-Bibliografia

http://www.iuav.it/Ateneo1/docenti/architetto/docenti-st/Paolo-Facc/materiali-/Teoria-e-t2/16_10_2015_B1.pdf

THE DAFNE PROJECT: HUMAN AND MACHINE INVOLVEMENT

(V. Cantoni*, L. Lombardi*, G. Mastrotisi**, A. Setti* *)

Dept. Electrical, Computer and Biomedical Engineering, University of Pavia, Italy

**Novaria Restauri s.r.l, Novara, Italy,EVA 2019 Florence)