



# Strumenti VPL per la scomposizione geometrico-semanticale di figure piane complesse

Emanuela Lanzara

## Abstract

Obiettivo del contributo è sfruttare il ruolo euristico della geometria mediante utilizzo di strumenti VPL\_Visual Programming Language per la definizione, soluzione speditiva (e.g. *image sampling*, *nesting*) e animazione (GIF animate, video) di *puzzle* 2D interattivi, fruibili mediante *devices*, il cui utilizzo è molto diffuso negli ambiti educativo e terapeutico.

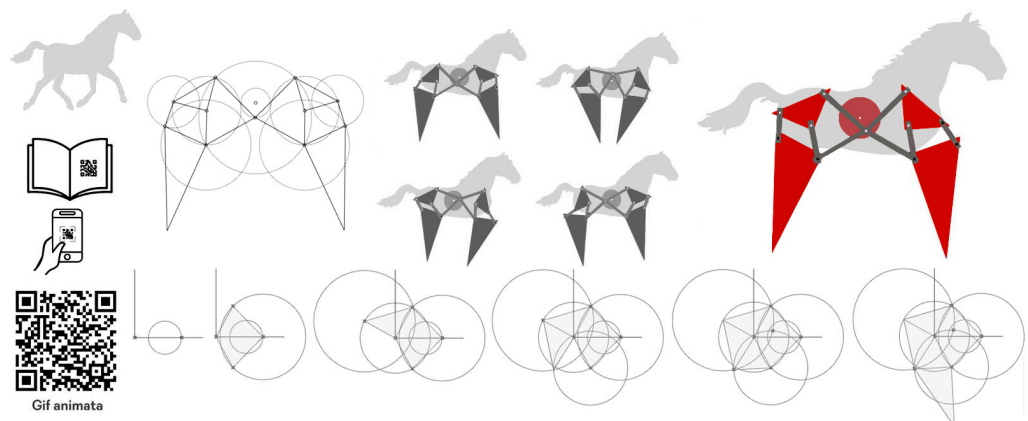
Il *design* di tali strumenti è finalizzato alla scomposizione/ricomposizione geometrico - semantica (significante - significato) di regioni/*silhouette* di oggetti reali complessi mediante figure geometriche primitive. Tali prodotti possono essere fruiti mediante integrazione di QR code a supporto di testi e immagini narrativi e/o descrittivi per la visualizzazione e gestione dei contenuti (*Digital Storytelling*), e integrati mediante definizione algoritmica di configurazioni cinematiche.

La principale finalità di questo studio è supportare tale attività di ricerca, dimostrandone l'efficacia in ambito didattico - comunicativo a diversi livelli di istruzione (primaria - superiore), attraverso la definizione e *testing* (*in progress*) di *design tools* e/o prodotti ludico - didattici sviluppati per agevolare i processi di formazione, apprendimento e comunicazione.

Studi specialistici testimoniano importanti esiti relativi all'utilizzo di tali strumenti in diversi campi di ricerca, tra cui *AI\_Artificial Intelligence*, *Digital* e *Medical Humanities*. Pertanto, questo studio intende contribuire, quale possibile fonte di ispirazione, alle attività di ricerca condotte in tali ambiti scientifici.

## Parole chiave

Forma, discretizzazione, composizione, pattern, cinematismo



Discretizzazione, parametrizzazione e simulazione (GIF animata) del cinematismo di una figura piana complessa fruibile mediante QR code. (Elaborazione dell'autore).

## Introduzione

Le capacità percettive e di orientamento spaziale sono direttamente correlate alle esperienze di vita quotidiana di un individuo. Pertanto, gli educatori supportano il coinvolgimento di attività interdisciplinari che favoriscano i processi di acquisizione, comprensione e manipolazione mentale (scomposizione/composizione) della forma sul piano e nello spazio [Kmetová 2021; Vrenna 2021; Olkun 2003]. La capacità di ristrutturare o manipolare le informazioni visive implica il riconoscere, trattenere e ricordare un dato elemento al variare delle configurazioni assunte [Baran 2019] e, con essi, la forma di partenza, favorendo lo sviluppo e l'arricchimento delle capacità di *problem solving* [Ben-Chaim et al. 1989]. Nel caso specifico, questo processo si traduce nel discretizzare/manipolare mentalmente la forma, indipendentemente dalle infinite configurazioni che la stessa può assumere in funzione della distribuzione delle parti (conservazione del significato).

Il presente contributo mostra i primi esiti di uno studio *in progress* basato su approcci e strumenti algoritmico-generativi, alla ricerca di una chiave re-interpretativa di processi consolidati quali potenziali fonti di ispirazione per future ricerche interdisciplinari. Tale approccio adotta, pertanto, una prospettiva di ricerca che trova terreno fertile nel connubio STEM (*Science/Technology/Engineering/Mathematics*)-Humanities (i.e. *Digital Humanities*), la cui dimensione poliedrica sfrutta il pensiero e gli strumenti computazionali per gestione (didattica, comunicazione) di risorse eterogenee (testi, immagini, oggetti audiovisivi, dati multimediali, etc.).

L'obiettivo è manipolare/valorizzare l'informazione per agevolare l'apprendimento, la comunicazione, dunque l'acquisizione e/o la divulgazione della conoscenza.

## Pragmatica della forma: scomposizione vs riconoscibilità

L'obiettivo delle seguenti applicazioni è quello di rafforzare la relazione tra le Scienze della Rappresentazione e le Scienze della Formazione e della Comunicazione, sviluppando o potenziando approcci interdisciplinari e strumenti ludico-euristici che agevolino la comprensione/conoscenza analitica ed operativa della forma [Cervellini 2000] a supporto di nuove modalità di comunicazione interattiva.

Il segno, strumento comunicativo, è l'unità indissolubile di due elementi, significato e significante [de Saussure 1916], (fig. 01). La forma è la prima entità autonoma e organizzata percepita di cui, tra i criteri di classificazione, è notoriamente possibile distinguere il contorno, i caratteri geometrico-distributivi (simmetria, ripetizione, etc.), la funzione (mimetica, astratta, etc.), la *texture*, il colore. Tali caratteri strutturano la composizione della forma e guidano il processo di scomposizione (significante), garantendo la comunicazione del contenuto (significato).

Rispetto alla scomposizione dell'intero in parti, "un approccio sintagmatico al problema deriva dall'assunto strutturalista che ogni segno è un'unità di forma e significato, il cui mutamento dell'uno ha sicuramente effetti sul mutamento dell'altro e viceversa. Questo implica che una differenza di significato si produce in una differenza di distribuzione" [Petricca 2019].

Inoltre, il contorno/profilo relaziona e, al tempo stesso, distingue la forma (significante) dal contesto in cui è inserita e con il quale si relazione (significato).

Pertanto, sulla base di tali premesse, sono stati testati/definiti strumenti e processi che supportano il processo di semplificazione e le operazioni di scomposizione/ricomposizione di profili complessi con figure elementari, tali da consentire la riconoscibilità del corretto significato espresso dal significante [Maestri et al. 2021].

## Approcci ludico – euristici per la scomposizione geometrico – semantica di figure piane

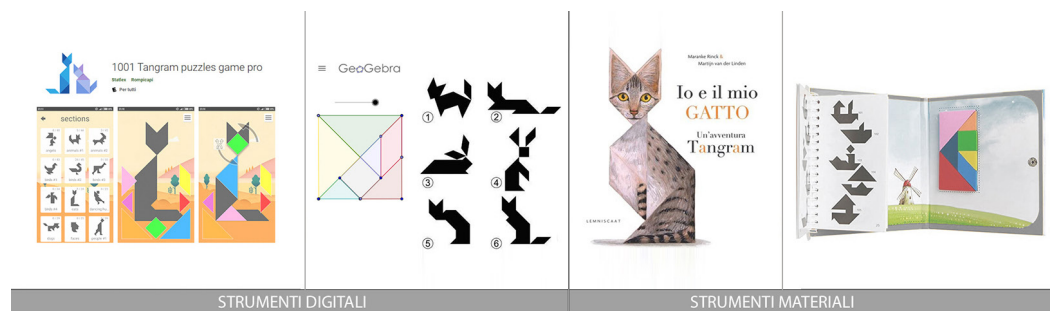
Obiettivo di questo contributo è sperimentare l'utilizzo di strumenti automatici a supporto del processo di scomposizione e trasformazione (cinematismo) di figure complesse, potenzialmente utili anche per applicazioni e sviluppi nei succitati campi di ricerca. In letteratura, sono presenti nuovi paradigmi di interazione inesplorati rispetto ai meccanismi

di apprendimento *human learning*, con possibile estensione allo sviluppo di sistemi *machine learning* [Gelsomini et al. 2019]. Nel campo della *computer vision* (AI), gli attuali metodi di *pre-training* si concentrano sulla scomposizione e riconoscimento di immagini complesse caratterizzanti i diversi contesti della realtà quotidiana [Zaho et al. 2021; Zhu et al. 2015]. La condizione base per la ricerca di una soluzione a tale problema (*human driven* o *machine driven*), è rappresentata dalla modularità o dalla disponibilità di un *data set* finito di pezzi su cui basare il processo di scomposizione/composizione della figura/scena. L'omogeneità o l'eterogeneità delle aree, l'estensione, la *texture*, il colore sono tra i caratteri che supportano il processo di comprensione, discretizzazione e definizione del contorno apparente e delle parti che definiscono una figura, semplice o complessa, dunque l'attribuzione del significato ad una data forma (significante). *On-line* è possibile fruire *artworks* [Tadić 1982; 2019], video basati su *Tangram animations*, oppure accedere a *workspace* digitali (canvas+Tangram) per comporre i puzzle trascinando i pezzi all'interno di regioni (figura) il cui contorno è geometrizzato in maniera da sovrapporsi perfettamente ad una composizione di tans (fig. 02).



Fig. 01. Semplificazione vs riconoscibilità della forma.

Fig. 02. Applicazioni e strumenti digitali/materiali ludico – didattici basati sull'utilizzo dei Tangram. Da sinistra: 1001 Tangram puzzles game pro App by Statlex; Tangram puzzle - geogebra.org/geometry; copertina di Io e il mio gatto. Un'avventura tangram, Rinck M., Van der Linden M. (2018); C COOGAM Viaggio Tangram Puzzle con 3 Set Tangram Magnetico).



Sulla base di tali premesse, il presente contributo propone l'utilizzo di procedure digitali consolidate (*Image Sampling, Clustering, Nesting, sliders animations*), reinterpretate in chiave "ludico - euristica, sperimentale, esplorativa all'interno dell'universo delle forme cui il pensiero mentalmente si può accostare, ma che solo il disegno tende direttamente a costruire e raffigurare" [Cervellini 2000], per la ricerca di soluzioni speditive al problema della scomposizione geometrico - semantica della forma.

In particolare, data un'immagine/scena (figure+elementi di sfondo), per procedere alla discretizzazione delle regioni sono state testate le seguenti tecniche:

- tassellazione regolare del piano per la discretizzazione di regioni omogenee complesse (assenza di cinematisimo – distribuzione automatica);

- tassellazione semi-regolare del piano (fig. 03) per la discretizzazione di figure/soggetti (distribuzione automatica);
- *Tangram*, antico gioco cinese basato sull'interpretazione e scomposizione di figure mediante distribuzione/permutazione di sette poligoni o *tans* (*dataset* finito – interpretazione della forma);
- discretizzazione della figura in poligoni piani individuati in funzione del cinematismo della figura (interpretazione della forma - animazione di sliders).

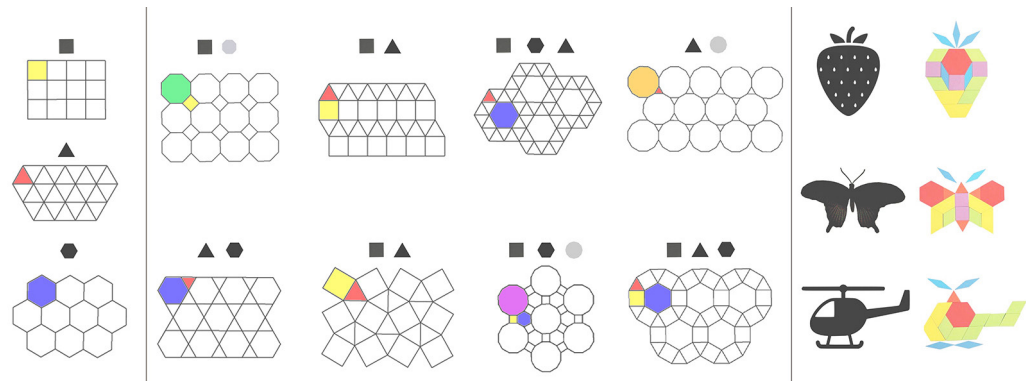


Fig. 03. Tassellazioni regolari e semi-regolari del piano. Esempi di applicazioni ludico – didattiche (a destra: LEADSTAR Montessori Tangrams Puzzle. HellDoler®).

I sette pezzi del *Tangram* sono suddivisi in cinque triangoli isosceli rettangoli di tre diverse misure, un quadrato e un parallelogramma. Il gioco consiste nel comporre sagome riconoscibili (animali, persone, oggetti) mediante traslazione, rotazione e ribaltamento dei soli sette pezzi disponibili, senza sovrapposizioni (figg. 04, 05). Pertanto, il processo richiede capacità di osservazione, semplificazione e stilizzazione della forma, oltre che il riconoscimento di simmetrie e moduli. Le figure ricomposte saranno equi-composte, quindi equivalenti.

I *Tangram* possono essere classificati in semplici e complessi. La risoluzione di *puzzle* semplici è basata sulla combinazione di traslazioni e rotazioni a comporre un'unica regione; la risoluzione di *puzzle* complessi necessita di più componenti di uno stesso tipo, vuoti, rotazioni non vincolate, ribaltamento del parallelogramma [Yamada et al. 2020]. In letteratura è dimostrato che il *Tangram* è utilizzato per allenare la mente a identificare, classificare e analizzare la forma [Renavitasari et al. 2018; Zhu et al. 2015]. La soluzione di un *puzzle Tangram* è inevitabilmente associata alle capacità cognitive, immaginative e all'intelligenza visiva.

Con riferimento al settore disciplinare delle scienze matematiche, il *Tangram* è usato, in particolare, per supportare e sviluppare le abilità spaziali degli studenti. L'utilizzo dei *Tangram* rappresenta, pertanto, un'opportunità per lo sviluppo, in ambito ludico-didattico, di competenze di tipo STEM. I diagrammi astratti, tra cui icone e simboli, supportano la comprensione e comunicazione della complessità del mondo reale. Oltre che in ambito didattico, infatti, il *Tangram* è utilizzato in campo medico, e.g. sviluppo di metodi di rieducazione visiva, o come strumento di supporto per bambini e adolescenti affetti da disturbi del neurosviluppo NDD\_ *Neuro-Developmental Disorder*, tra cui il Disturbo da Deficit di Attenzione e Iperattività (ADHD), il Disturbo dello Spettro Autistico (ASD) e la Sindrome di Down [Gelsomini et al. 2019]. Il meccanismo alla base del comportamento umano nel riconoscimento/composizione della forma (e.g. gioco del *Tangram*) rappresenta, inoltre, un processo automatico digitale base per l'addestramento reti neurali [Zaho et al. 2021]. A tale proposito, la letteratura sul tema riporta i dati relativi ai tempi massimi necessari per la risoluzione dei *Tangram puzzle* da parte di un campione di partecipanti adulti, distinguendo tra *Tangram* digitali e *Tangram* "a mano" [Baran 2019].

Di seguito, gli step che compongono il *workflow* definito per la scomposizione/ricomposizione e animazione speditiva di figure piane complesse:

- scomposizione semantica di un'immagine/scena (soggetto/i, oggetti, elementi di sfondo);
- individuazione parametri utili per scomposizione semantica di una figura: *texture/colore (image sampling/clustering)*;
- *sampling/paneling* (pattern triangolare, quadrangolare ed esagonale) preferibilmente di aree omogenee ed estese (e.g. elementi di sfondo), (figg. 06, 07);
- tassellazione semi – regolare applicata a profili complessi (figure);
- *nesting* di un set di figure predefinito (*Tangram puzzle*), (figg. 08, 09);
- discretizzazione della figura in base alla definizione algoritmica del cinematismo;
- creazione GIF animate;
- creazione QR code (interattività testi).

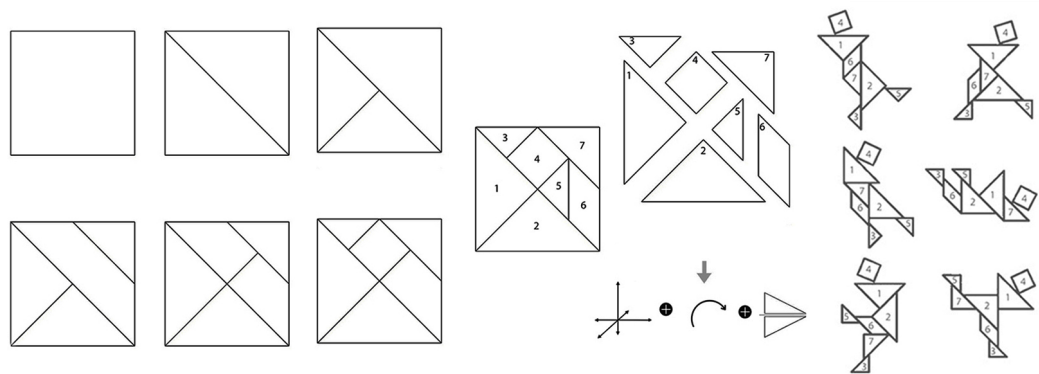


Fig. 04. *Tangram* quadrato.

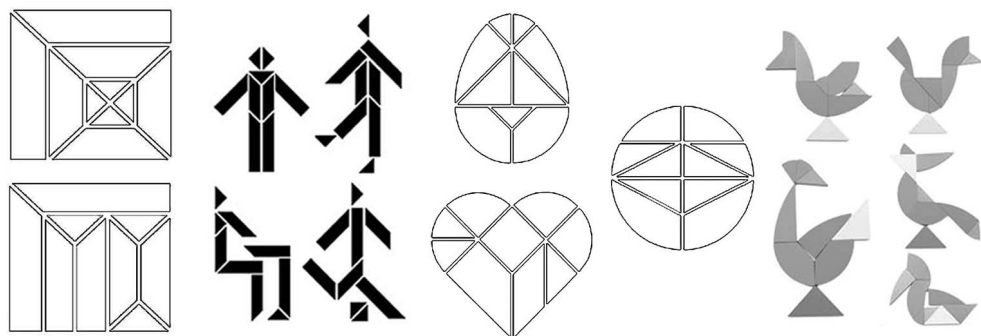


Fig. 05. Varianti del *Tangram*: quadrato, ovale, a cuore, circolare. A sinistra, variante GRANTAM, progettata da D'Ambrosio, R., Modello depositato nel 1986 (n. 52612b/86); a destra, rielaborazione composizioni tratte da Slocum, J., Gebhardt, D. (2022). *The Anchor Puzzle Book*. Indiana University Press.

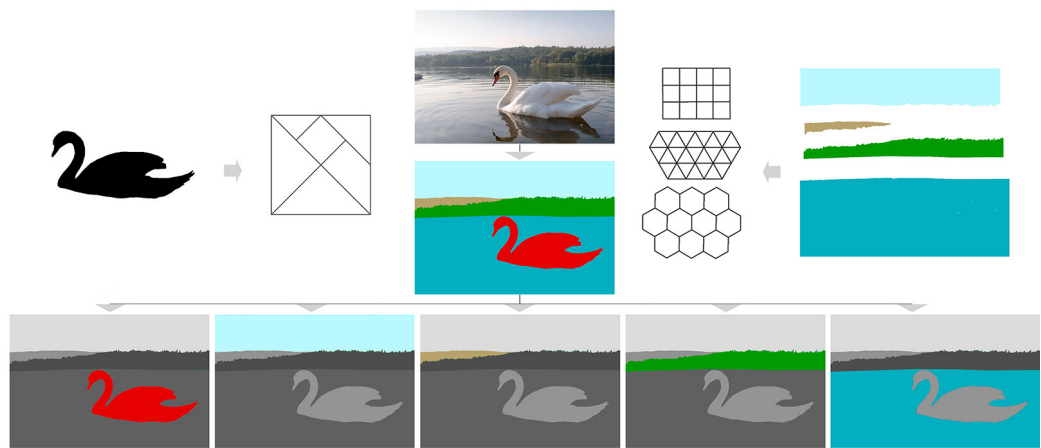


Fig. 06. Scomposizione semantica di un'immagine (figura + sfondo). Tecnica di discretizzazione basata sulla distinzione figura - aree omogenee di sfondo.

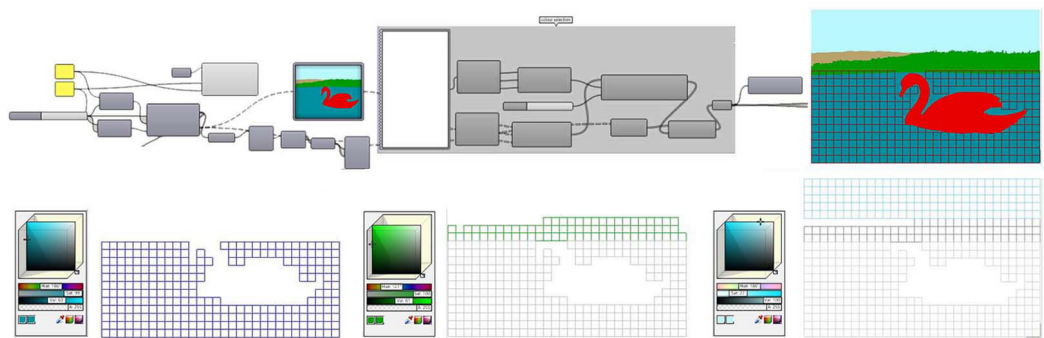


Fig. 07. Campionatura/ tassellazione (Image Sampling/pixelation) di regioni omogenee. Scomposizione semantica dell'immagine (figura + sfondo) con riferimento al parametro colore.

Pertanto, sulla base delle premesse sopra riportate, è evidente che i pattern irregolari (e.g. Voronoi, etc.) siano esclusi in quanto composti da tasselli infinitamente differenti, condizione che impedisce la risoluzione del problema mediante un dataset determinato di pezzi.

La risoluzione di un *Tangram puzzle* è un problema fortemente analogo al processo di *packaging* di una forma irregolare bidimensionale (problema NP – *hard\_ nondeterministic polynomial-time hard problem*) [Yamada 2019], confrontabile con processi C&P, *Cutting and Packaging* o, dunque processi di *Nesting*, i.e. annidamento, ((to) nest “nidificare”) di parti all'interno di un profilo/contenitore bidimensionale complesso.

Il *nesting* è, infatti, più semplicemente definito come il posizionamento efficiente di forme multiple del pezzo su una data area di una superficie. I software (*open source*) testati per le seguenti applicazioni di *Nesting* dei *tans* all'interno delle regioni individuate mediante semplificazione di oggetti sono *OpenNest* e *Nest&Cut* (figg. 08, 09).

Il *workflow* alla base della risoluzione di *Tangram puzzle* mediante *Nesting* dei *tans* all'interno di regioni complesse sono:

- individuazione/isolamento del profilo da scomporre/ricomporre;
- *upload* dei *tans* all'interno della piattaforma *open source* (*Nest&Cut*) /definizione VPL (e.g. *OpenNest*);
- *upload* della regione/profilo per il *Nesting* dei *tans*;
- impostazione parametri di ottimizzazione (distanza *tans* = 0, tempi);
- *Nesting*.



Fig. 08. Schermata del software Nest&Cut. Testing del Nesting per la discretizzazione automatica di profili complessi. Upload dei tans (pezzi) e della sagoma della lastra (profilo del cigno).

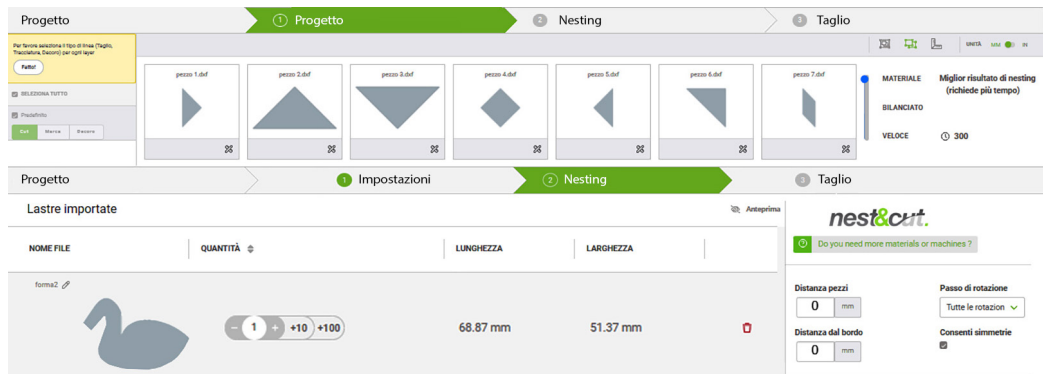
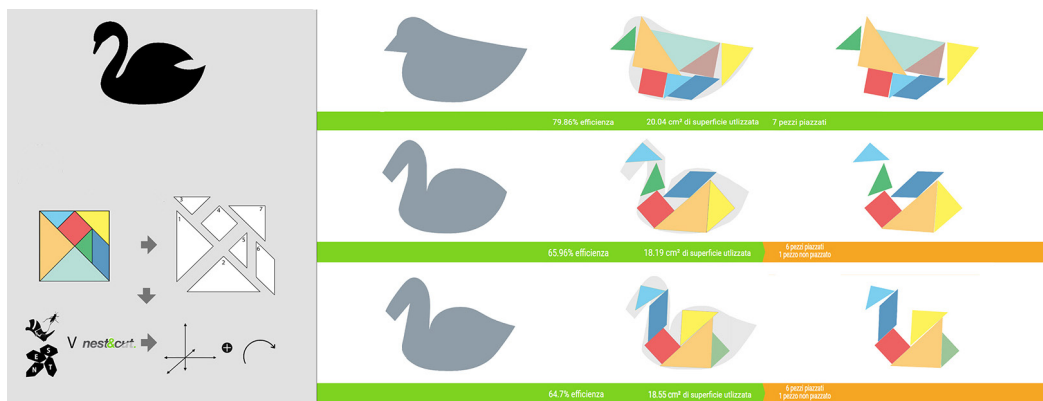


Fig. 09. Semplificazione progressiva della sagoma del cigno ("lastra da sottoporre al taglio") per agevolare il Nesting automatico dei tans all'interno del profilo. Software: Nest&Cut.



## Applicazione: GIF animate + QR code per Digital Storytelling

Le GIF animate, fruibili mediante QR code da inserire su supporti cartacei (testi, pannelli, etc.) o attivabili mediante appositi widgets (testi digitali), agevolano la comunicazione del messaggio.

A tale proposito, in ambiente VPL sono state animate singole figure complesse o composizioni, discretizzate con figure semplici. L'animazione degli sliders consente la traduzione degli algoritmi definiti per generare il cinematismo dei poligoni in una sequenza di frames necessari per la creazione della GIF animata (figg. 00, 10). Quindi, è possibile animare più sliders o combinare più GIF animate per la composizione di una scena dinamica. In sintesi, il workflow si compone dei seguenti step:

- discretizzazione dei profili/regioni di partenza, sfondo + figura (Paneling/Image Sampling-Nesting/Tangram);
- parametrizzazione del cinematismo di una composizione di poligoni (azione compiuta dalla figura);
- animazione degli sliders e generazione della sequenza di frames per la creazione della GIF animata;
- creazione del QR code per la visualizzazione dell'animazione;
- inserimento del QR code all'interno di testi o utilizzo delle GIF animate per la creazione di prodotti digitali.

Le applicazioni inserite all'interno di questo contributo sono state realizzate nell'ambito del Corso di Disegno digitale e Modellazione del Corso di Laurea in Design per la Comunità *Community Design*, Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Napoli Federico II. In particolare, l'algoritmo VPL generato dagli studenti parametrizza il meccanismo di locomozione terrestre delle sculture cinetiche dell'artista olandese Theo Jansen (1948), basato sull'utilizzo di algoritmi evolutivi, necessario per il confronto tra migliaia di possibili configurazioni di moto. Gli studenti hanno testato lo strumento (discretizzazione delle figure e progettazione delle connessioni) su diversi soggetti (figg. 10, 11, 12).

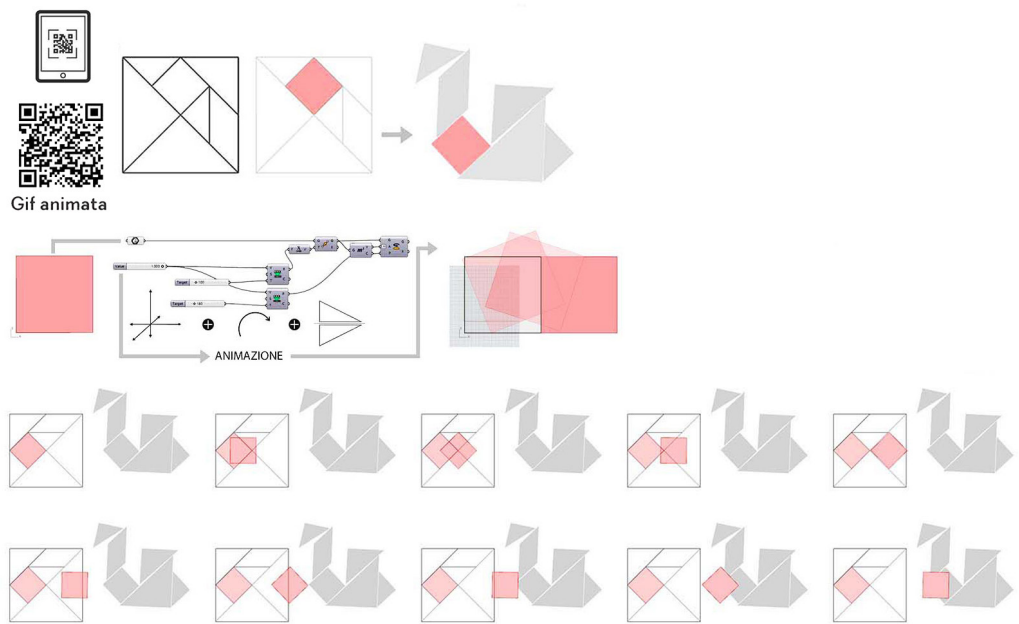


Fig. 10. Cinematismo (moto composto) di un poligono (rotazione + traslazione). Sovrapposizione del poligono sulla sagoma discretizzata del cigno (*Tangram puzzle*).

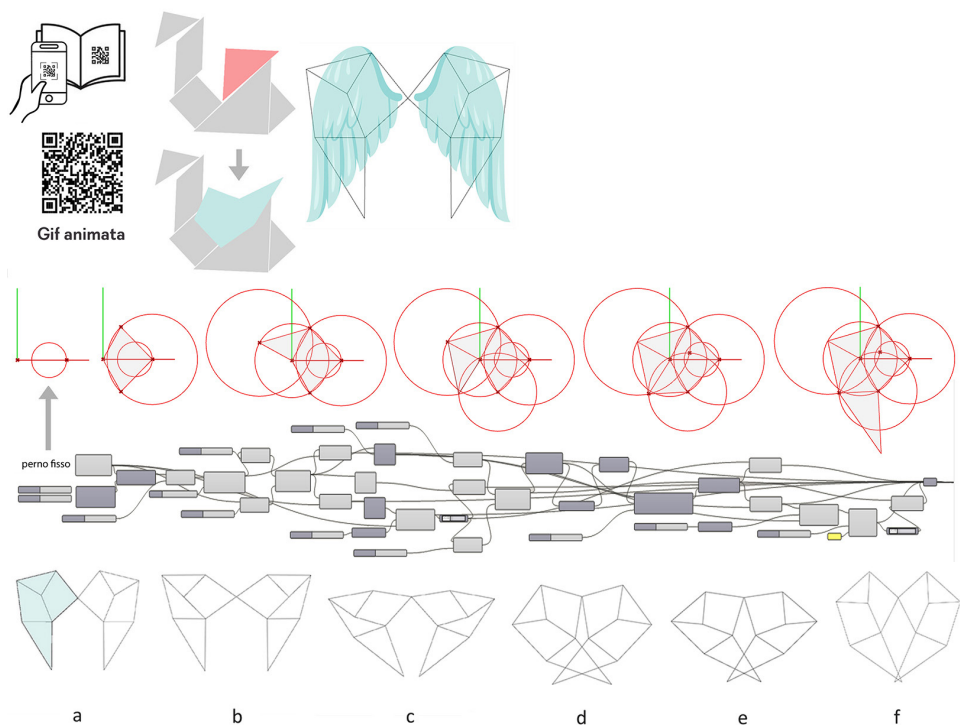


Fig. 11. Discretizzazione e cinematismo della sagoma dell'ala del cigno. Adattamento dell'algoritmo di locomozione di Jansen per simulare il cinematismo.



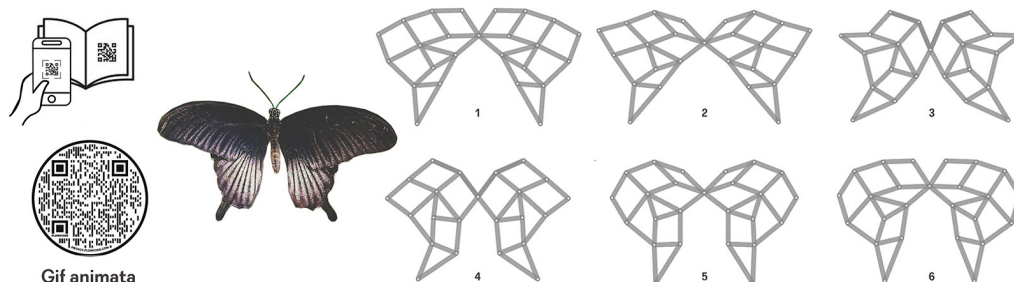


Fig. 12. Discretizzazione e cinematismo del profilo di una farfalla. Adattamento dell'algoritmo di locomozione di Jansen per simulare il cinematismo.

### Conclusioni e Future Works

La finalità delle sperimentazioni VPL proposte all'interno di questo contributo è, dunque, quella di testare e fondere procedure digitali consolidate per contribuire/agevolare la creazione di prodotti ludico/didattici (GIF animate, video) a supporto/corredo di testi analogici o digitali, accessibili mediante QR code o widgets (*Digital Storytelling*). Parametrizzare nuove configurazioni di moto, estendere il processo di scomposizione semantica della forma dalla tassellazione del piano (figure piane), alla tassellazione dello spazio (composizioni di poliedri) e coinvolgere l'utilizzo di algoritmi genetici VPL per ottimizzare i processi di scomposizione/ricomposizione della forma rappresentano dei possibili, futuri lavori di ricerca.

## Riferimenti bibliografici

- Bahar, B., Berrin, D., Kursat, C. (2007). How Do Adults Solve Digital Tangram Problems? Analyzing Cognitive Strategies Through Eye Tracking Approach. In Jacko J. (a cura di): *Human-Computer Interaction, Part III, HCI 2007*, LNCS 4552, pp. 555 – 563, 2007. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Ben-Chaim, D., Lappan, G., Houang, R.T. (1989). The role of visualization in the middle school curriculum. In *Focus on Learning Problems in Mathematics*, 11, pp. 49–60.
- Cervellini, F. (2000). *Il Disegno officina della forma*. ProCam Dipartimento di progettazione e costruzione dell'ambiente dell'Università degli Studi di Camerino.
- De Saussure, F. (1967). *Cours de linguistique générale*. Wiesbaden: Otto Harrasowitz.
- Renavitasari I. R. D., Supianto A. A. (2018). *Educational Game For Training Spatial Ability Using Tangram Puzzle*, International Conference on Sustainable Information Engineering and Technology (SIET), 2018, pp. 174-179, <doi: 10.1109/SIET.2018.8693164> (consultato il 22 aprile 2022).
- Kmetová, M., Nagiová Lehocá, Z. (2021). Using Tangram as a Manipulative Tool for Transition between 2D and 3D Perception in Geometry. In *Mathematics*, n.9, 2185.
- Maestri, D., Gaiani, M., Docci, M. (2021). *Scienza del disegno*. Torino: CittàStudi Edizioni.
- Nest&Cut. <<https://app.nestandcut.com/project/263753/cut>> (consultato il 22 aprile 2022).
- Olkun, S. (2003). Comparing Computer versus Concrete Manipulative in Learning 2D Geometry. In *J. of Comp. Math. and Sci. Teaching*, 22(1), pp. 43–56.
- Petricca, P. (2019). *Semantica. Forme, modelli, problemi*. Edizioni Universitarie di Lettere, Economia, Diritto.
- Rinck, M., Van der Linden, M. (2018). *Io e il mio gatto. Un'avventura tangram*. Rotterdam: Lemniscaat Editore.
- Tadić, Konsta (1982 – 2019). <<https://kostatadic.com/blog/>> (consultato il 22 aprile 2022).
- Thom, R. (2006). *Morfologia del semiotico*. Milano: Booklet.
- Vrenna M. (2021). Expanding the possibilities of tangram in a neutral-imaginary playground to promote the stages of children's development. In *Science Prospect*, n.8, p. 143.
- Yamada, F. M., et al. (2020). An Extended Approach for the Automatic Solution of Tangram Puzzles Using Permutation Heuristics. In *Computer Science*. Nicograph International (Nicolnt).
- Yamada, F. M., Gois, J. P., Batagelo, H. C. (2019). *Solving Tangram Puzzles Using Raster-Based Mathematical Morphology*, 2019 32nd SIBGRAPI Conference on Graphics, Patterns and Images (SIBGRAPI), 2019, pp. 116-123.
- Zaho, Y., et al. (2021). Learning from the Tangram to Solve Mini Visual Tasks. In *36th AAAI Conference on Artificial Intelligence A Virtual Conference (February 22 – March 1, 2022)* <<https://arxiv.org/pdf/2112.06113.pdf>> (consultato il 22 aprile 2022).
- Zhu, J., et al. (2015). A Reconfigurable Tangram Model for Scene Representation and Categorization. In *IEEE Transactions on Image Processing*, 25.

## Autore

Emanuela Lanzara, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa, [emanuela.lanzara@docenti.unisob.na.it](mailto:emanuela.lanzara@docenti.unisob.na.it)

Per citare questo capitolo: Lanzara Emanuela (2022). Strumenti VPL per la scomposizione geometrico-semantica di figure piane complesse/VPL applications for geometric-semantic decomposition of complex planar figures. In Battini C., Bistagnino E. (a cura di). *Dialoghi. Visioni e visualità. Testimoniare Comunicare Sperimentare. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Dialogues. Visions and visuality. Witnessing Communicating Experimenting. Proceedings of the 43rd International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 2753-2592.



# VPL applications for geometric-semantic decomposition of complex planar figures

Emanuela Lanzara

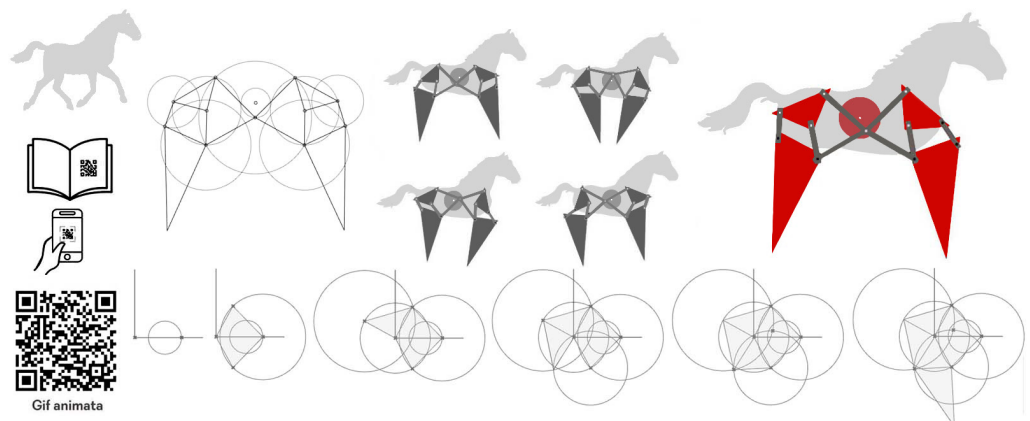
## Abstract

This paper is aimed at exploiting the heuristic role of geometry through VPL\_Visual Programming Language tools to define fast solutions (e.g. *image sampling, nesting*) and animation (animated GIFs, videos) of interactive 2D puzzles, applicable through devices in the educational and therapeutic fields. The design of these tools is based on the geometric-semantic decomposition/composition (signifier - meaning) of regions/silhouettes of complex real objects according to primitive geometric figures. These tools may include the integration of QR code in narrative/descriptive texts for the visualization/management of contents (*Digital Storytelling*), particularly referred to the algorithmic definition of cinematic configurations.

The main goal is to demonstrate the effectiveness of this research in the didactic - communicative field at different education levels (primary - higher), through the definition/testing of playful/didactic products by improving descriptive and/or narrative texts and images to facilitate training, learning and communication processes. Specialist studies testify to significant results in various research fields, including AI\_Artificial Intelligence, Digital and Medical Humanities. Therefore, this study aims to inspire and improve these research areas.

## Keywords

Shape, discretization, composition, pattern, kinematics



Discretization, parameterization and simulation of the kinematics of a plane figure. QR code for Animated GIF. (Processed by author).

## Introduction

Perceptual and spatial orientation skills are directly related to the individual's daily life experiences. Therefore, educators support interdisciplinary activities to improve acquisition, understanding and mental manipulation processes (discretization/composition) of plane and spatial shapes [Kmetová 2021; Vrenna 2021; Olkun 2003]. Restructuring or manipulation of visual information capabilities involve recognizing, retaining and remembering a given element despite its varying configurations and their starting profile [Baran 2019]. This approach allows for the development and improvement of problem solving skill [Ben-Chaim et al. 1989]. More specifically, this process consists in mental discretization/manipulation of the shape, independently of its infinite configurations resulting from distribution of its parts (conservation of meaning). According to these premises, this contribution shows early outcomes of a work in progress based on algorithmic - generative approaches and tools aimed at reinterpreting consolidated processes to inspire future interdisciplinary research. Therefore, this research approach can be supported by the combination of STEM (Science/Technology/Engineering/Mathematics) and Humanities, (i.e. Digital Humanities), through thinking and computational tools aimed at the management (teaching, communication) of heterogeneous resources (texts, images, objects audiovisuals, multimedia data, etc.). The main goal is to manipulate/enhance information to facilitate learning, communication, acquisition and/or knowledge dissemination.

## Shape Pragmatics: decomposition vs recognition

The goal of the following applications is to enhance the relationship between Representation Sciences and the Education and Communication Sciences, developing interdisciplinary approaches and playful-heuristic tools to facilitate the analytical and operational awareness/knowledge of the shape [Cervellini 2000] in support of the new modalities of interactive communication.

Sign as a communicative tool is the indissoluble unity of two elements, meaning and signifier [de Saussure 1916], (fig. 01). Shape is the first perceivable autonomous and organized entity, its classification criteria include contour, geometric - distributive characters (symmetry, repetition, etc.), function (mimetic, abstract, etc.), texture, color. These characters structure the form and lead decomposition process (signifier), guaranteeing communication of content (meaning).

According to the decomposition of the whole into parts, "a syntagmatic approach to the problem derives from the structuralist assumption that every sign is a unity of form and meaning, the change of one certainly has effects on the change of the other and vice versa. This means that a difference in meaning generates a difference in distribution" [Petricca 2019]. Furthermore, the contour / profile relates and, at the same time, distinguishes the form (signifier) from its context (signified). Therefore, according to these premises, tools and processes have been tested/defined to support the simplification and decomposition/recomposition process of complex profiles with elementary figures, to allow the recognition of the correct meaning expressed by the signifier [Maestri et al. 2021].

## Playful-heuristic approaches for the geometric-semantic decomposition of planar figures

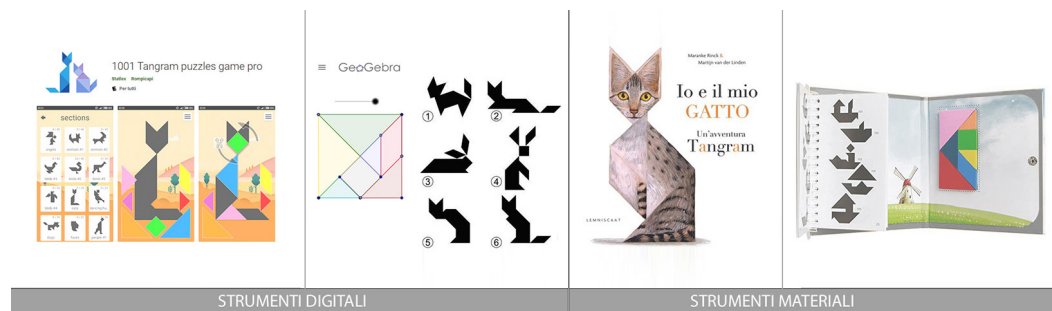
The aim of this contribution is to experiment with automatic tools to support the decomposition and transformation process (kinematics) of complex figures, potentially useful also for applications and developments in the aforementioned research fields. In scientific literature, there are new unexplored interaction paradigms regarding human learning mechanisms, potentially extensible to the development of machine learning systems [Gelsomini et al. 2019]. In the computer vision (AI) field, current pre-training methods focus on the decomposition and recognition of complex images characterizing the different contexts of everyday life [Zaho et al. 2021; Zhu et al. 2015].

The basic condition for finding a solution to this problem (human driven or machine driven) is represented by a finite data set on which to base the process of decomposition/composition of figures/scenes. Homogeneity or heterogeneity of the areas, extension, texture, color are among the characters that support the process of comprehension, discretization and definition of the apparent outline and of the parts that define a simple or complex figure, therefore they attribute meaning to a given form (signifier). On-line it is possible to enjoy artworks [Tadić 1982; 2019], videos based on Tangram animations or access digital workspaces (canvas + Tangram) to compose the puzzles by dragging the pieces within geometrized regions (figure) to perfectly overlap a composition of tans (fig. 02).



Fig. 01. Simplification vs recognition.

Fig. 02. Applications and digital/materials playful/didactic tools based on Tangram. From left: 1001 Tangram puzzles game pro App by Statlex; Tangram puzzle - geogebra.org/geometry; cover of the book Io e il mio gatto. Un'avventura tangram, by Rinck M., Van der Linden M. 2018.; C COOGAM Viaggio Tangram Puzzle con 3 Set Tangram Magnetico).



According to these premises, this contribution proposes the use of consolidated digital procedures (*Image Sampling, Clustering, Nesting, sliders animations*), in a “playful - heuristic, experimental, exploratory key within the universe of forms which mentally thought can be approached, but that only drawing directly constructs and depicts” [Cervellini 2000], to find expeditious solutions to the problem of the geometric-semantic decomposition of the shape. More specifically, starting from an image / scene (figures + background elements), the following techniques were tested for regions discretization:

- regular planar tessellation to discretize complex homogeneous regions (absence of kinematics-automatic distribution);
- semi-regular planar tessellation (fig. 03) to discretize figures/subjects (automatic distribution);
- *Tangram*, ancient chinese game based on the interpretation and decomposition of figures by distribution/permutation of seven given polygons or tans (dataset-shape interpretation);
- shape discretization into polygons identified as a kinematics function (shape interpretation-sliders animation).

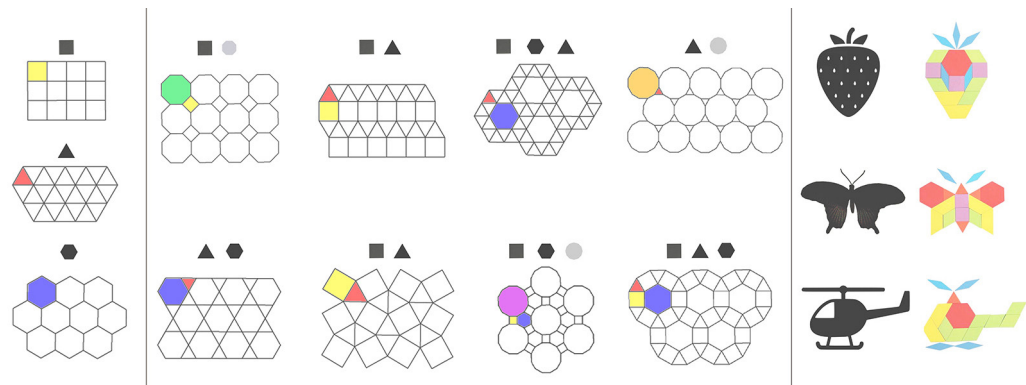


Fig. 03. Planar regular and semi-regular tessellations. Playful/didactic applications (right: LEADSTAR Montessori Tangrams Puzzle. HellDoler®).

The seven pieces of *Tangram* are divided into five isosceles right triangles of three different sizes, a square and a parallelogram. The game consists in the composition of recognizable shapes (animals, people, objects) by translating, rotating and overturning the seven given pieces, without overlapping (figs. 04, 05). Therefore, the process requires shape observation, simplification and stylization skills, as well as the symmetries and forms recognition. The rebuilt figures will be equi-composed, therefore equivalent. *Tangram* can be classified into simple and complex. The simple puzzle solution is based on the combination of translations and rotations to compose a single region; the solution of complex puzzles presents several components of the same type, holes, unconstrained rotations and parallelogram mirroring [Yamada et al. 2020]. The scientific literature demonstrates that *Tangram* is used for mind training to identify, classify and analyze shape [Renavitasari et al. 2018; Zhu et al. 2015]. The solution of a *Tangram* puzzle is inevitably associated with cognitive and imaginative abilities and visual intelligence. With reference to the field of mathematical sciences, *Tangram* is used to support and develop students' spatial skills. Therefore, *Tangram* represents an opportunity for the development of STEM-type skills in the recreational-educational field. Abstract diagrams, including icons and symbols, support awareness and communication of real-world complexity. Beyond the didactic field, *Tangram* is used in the medical field, e.g. for the development of visual re-education methods, or as a support tool for children and adolescents suffering from neurodevelopmental disorders NDD\_ Neuro-Developmental Disorder, including Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD), Autism Spectrum Disorder (ASD) and Down Syndrome [Gelsomini et al. 2019]. Furthermore, the basic mechanism of human behavior in shape recognition/composition (e.g. *Tangram* game) represents a basic digital automatic process for training neural networks [Zaho et al. 2021]. In this regard, the thematic literature reports data on the maximum times necessary for the resolution of the *Tangram* puzzles by a sample of adult participants, distinguishing between digital *Tangram* and hand *Tangram* [Baran 2019]. Therefore, developing quick tools to find automatic solutions could facilitate the development of new tools.



Below, the workflow defined for the decomposition/recomposition and rapid animation of complex planar figures:

- image/scene semantic decomposition (subjects, objects, background elements);
- identification of useful parameters for the semantic decomposition of a figure: texture/ color (image sampling / clustering);
- sampling/paneling (triangular, quadrangular and hexagonal pattern) of homogeneous and extended areas (e.g. background elements), (figs. 06, 07);
- semi regular tessellation of complex profiles (fig. 03);
- nesting of a figures dataset (Tangram puzzle), (figs. 08, 09);
- figure discretization based on kinematic algorithm definition:
- animated GIF creation;
- QR code creation (text interactivity).

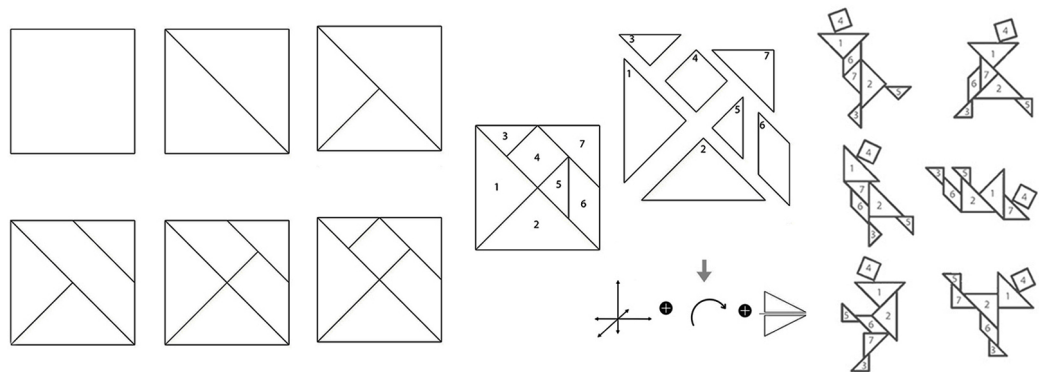


Fig. 04. Square Tangram.

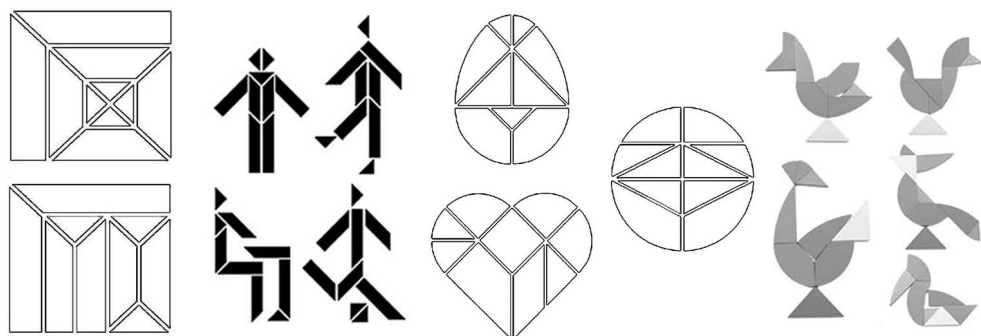


Fig. 05. Tangram variants: square, oval, heart, circular. Left, GARN-TAM variant, designed by D'Ambrosio, R., model filed in 1986 (n. 52612b/86); right, reworking composition from Slocum, J., Gebhardt, D. (2022). The Anchor Puzzle Book. Indiana University Press.

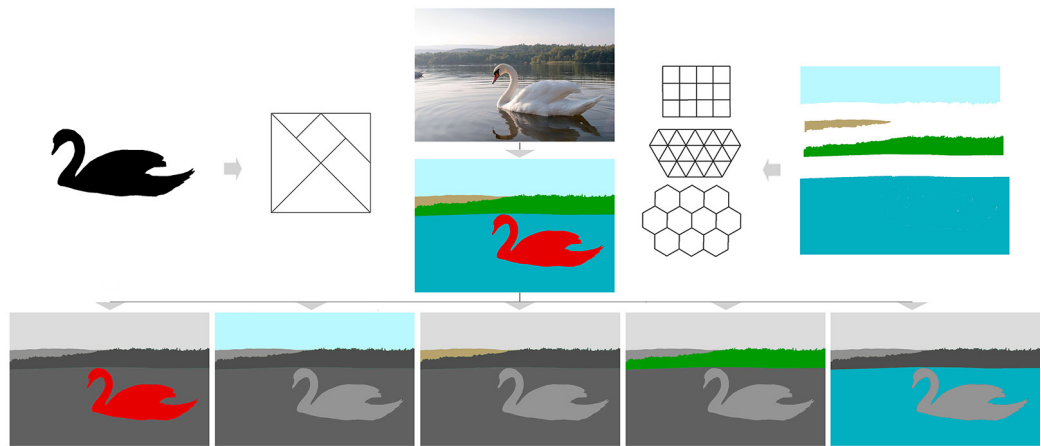


Fig. 06. Semantic decomposition of an image (figure + background). Discretization technique based on distinction between individual profile and homogeneous background areas.

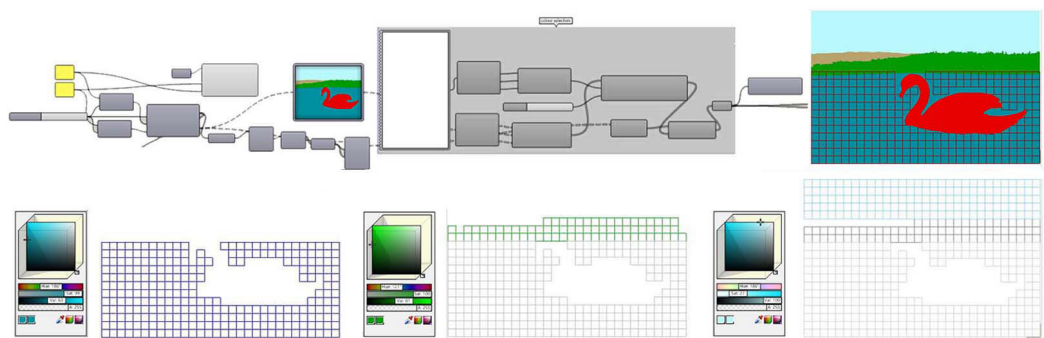


Fig. 07. Image Sampling/ pixelation of homogeneous regions. Semantic decomposition of the image (figure + background) based on color parameter

Therefore, according to the previous premises, irregular patterns (e.g. Voronoi) are obviously excluded because they are made up of infinitely different pieces, condition that denies the resolution of the problem with a given dataset of pieces.

Solving a *Tangram* puzzle is a problem strongly analogous to the packaging process of a two-dimensional irregular shape (NP problem-hard\_nondeterministic polynomial-time hard problem) [Yamada 2019], comparable with C&P, Cutting and Packaging processes or, therefore, with Nesting processes, that is (to) nest “nesting” of parts within a complex two-dimensional profile/container.

Nesting is defined as the efficient distribution of multiple shapes over a given area.

The software (*open source*) tested for the following Nesting applications of the tans within regions obtained by simplifying objects are *OpenNest* and *Nest & Cut* (figs. 08, 09). The basic workflow for solving *Tangram* puzzles using *tans nesting* within complex regions are:

- identification/isolation of the profile to be reassembled;
- *upload* of *tans* within the open source platform (*Nest & Cut*)/VPL definition (e.g. *OpenNest*);
- upload of region/profiles for *tans Nesting*;
- setting of optimization parameters (*tans distance* = 0, *times*);
- Nesting.

Fig. 08. Nest & Cut software screen. Nesting test for the automatic discretization of complex profiles. Tans (pieces) and slab (swan profile) upload.

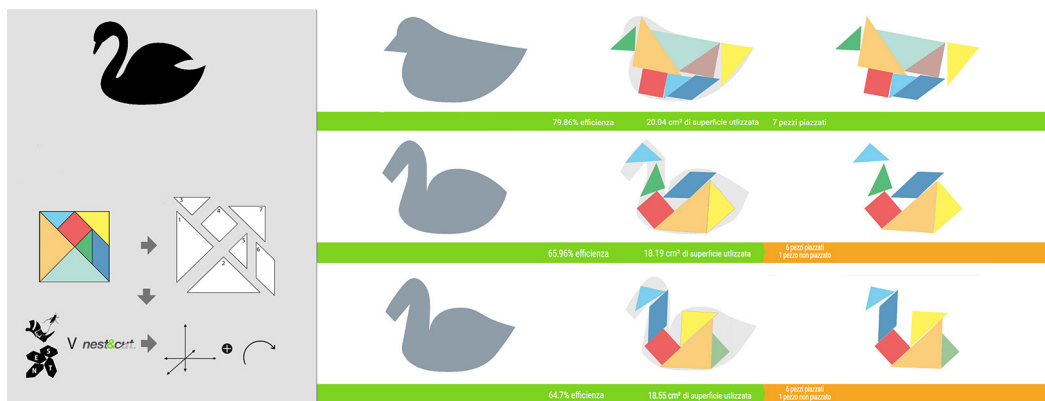
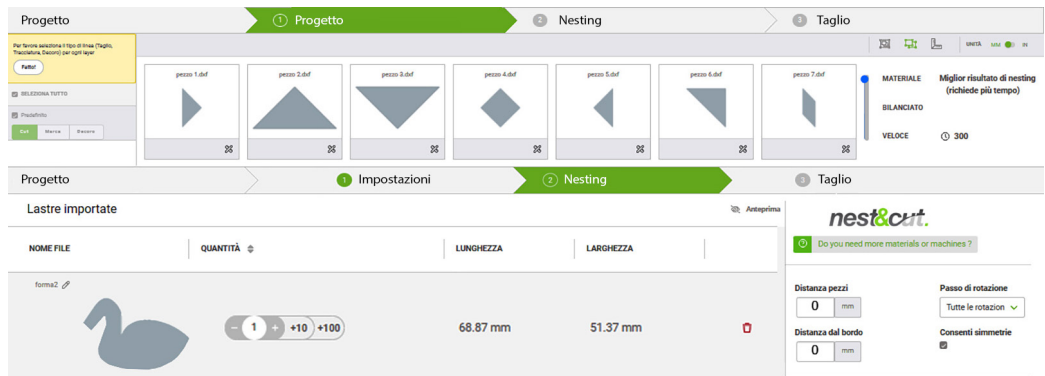


Fig. 09. Progressive simplification of the swan shape (cutting plate) to facilitate the automatic nesting of the tans inside the profile. Software: Nest & Cut.

## Applications: animated GIFs + QR code for Digital Storytelling

The animated GIFs, usable through QR codes on paper supports (texts, panels, etc.) or activated through special widgets (digital texts), facilitate the communication of a message. Then, in the VPL environment, single complex figures or compositions were animated and discretized with simple figures. The animation of sliders allows the translation of the kinematic algorithms into a sequence of frames to create an animated GIF (figs. 00, 10).

Hence, it is possible to animate multiple sliders or combine multiple animated GIFs to compose a dynamic scene. The workflow consists of the following steps:

- discretization of the starting profiles/regions, background + figure (*Paneling/Image Sampling-Nesting/Tangram*);
- kinematics parametrization of a polygons composition (action performed by figure);
- sliders animation to generate a frames sequence for animated GIF;
- QR code for animation;
- insertion of the QR code within texts or use of animated GIFs for the creation of digital products.

The applications shown in this contribution are produced by students of the Digital Drawing and Parametric Modeling Laboratory of *Community Design* Degree Course, Department of Architecture of the Federico II University of Naples. In particular, the VPL algorithm generated by the students parameterizes the terrestrial locomotion mechanism of the kinetic sculptures of the Dutch artist Theo Jansen (1948), based on the use of evolutionary algorithms necessary for the comparison between thousands of possible motion configurations. The students tested this tool (discretization of the figures and design of the connections) on different figures (figs. 10, 11, 12).

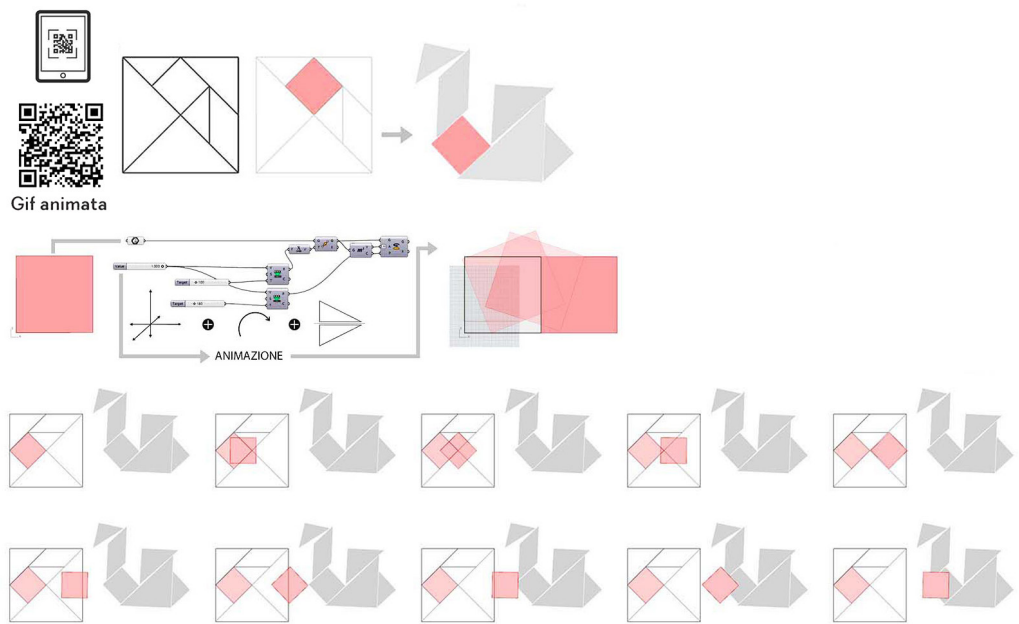


Fig. 10. Kinematics (compound motion) of a polygon (rotation + translation). Polygon overlay on swan silhouette (Tangram puzzle).

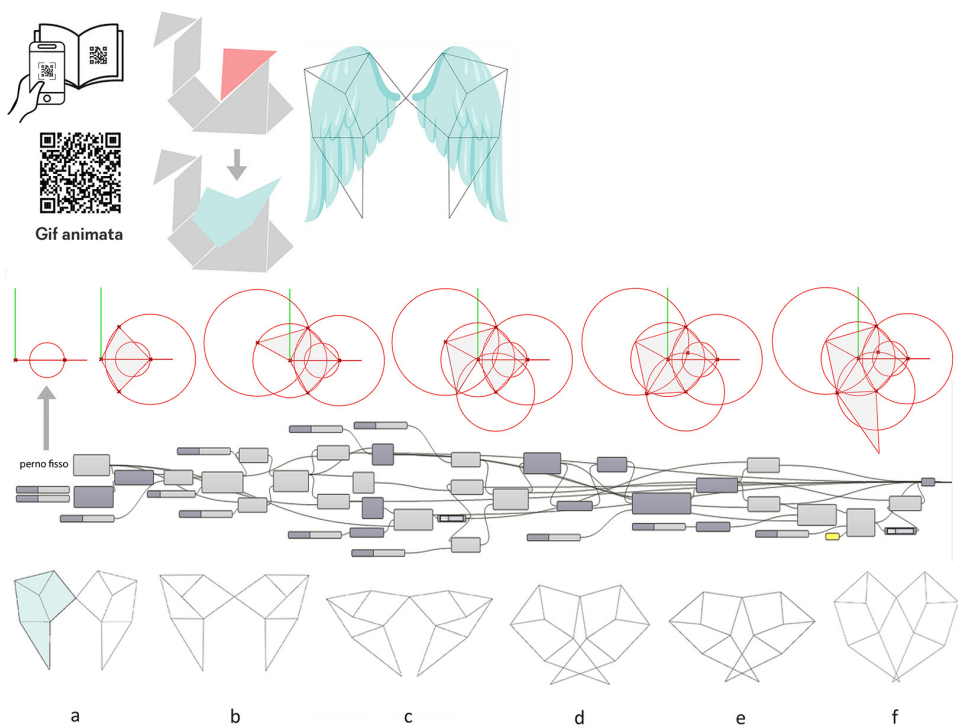
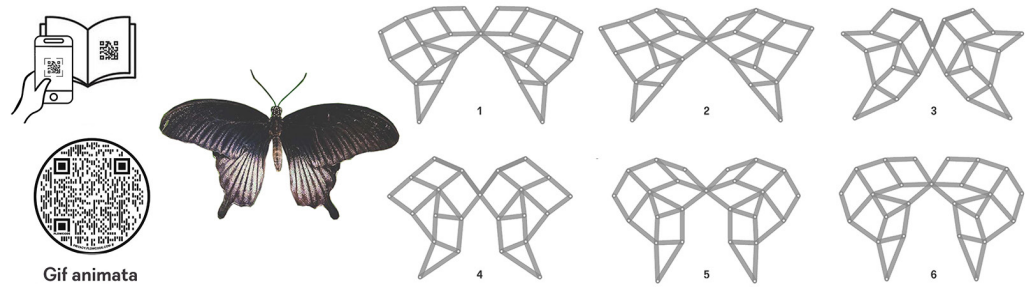


Fig. 11. Swan wing discretization and kinematics. Adaptation of Jansen's locomotion algorithm to simulate dynamic configuration.

Fig. 12. Discretization and kinematics of a butterfly profile. Adaptation of Jansen's locomotion algorithm to simulate dynamic configuration.



## Conclusions and Future Works

The goal of the VPL experiments proposed within this contribution is, therefore, to test and merge consolidated digital procedures to contribute / facilitate the creation of playful / educational products (animated GIFs, videos) in support of analog or digital texts, accessible through QR code or widgets (*Digital Storytelling*).

Parameterizing new kinematics, extending the semantic decomposition process of shape from planar tessellation (plane figures) to spatial tessellation (compositions of polyhedra) and involving VPL genetic algorithms to optimize shape decomposition/recomposition processes represent possible, future research works.

## References

- Bahar, B., Berrin, D., Kursat, C. (2007). How Do Adults Solve Digital Tangram Problems? Analyzing Cognitive Strategies Through Eye Tracking Approach. In Jacko J. (a cura di): *Human-Computer Interaction, Part III, HCI 2007*, LNCS 4552, pp. 555 – 563, 2007. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Ben-Chaim, D., Lappan, G., Houang, R.T. (1989). The role of visualization in the middle school curriculum. In *Focus on Learning Problems in Mathematics*, 11, pp. 49–60.
- Cervellini, F. (2000). *Il Disegno officina della forma*. ProCam Dipartimento di progettazione e costruzione dell'ambiente dell'Università degli Studi di Camerino.
- De Saussure, F. (1967). *Cours de linguistique générale*. Wiesbaden: Otto Harrasowitz.
- Renavitasari I. R. D., Supianto A. A. (2018). *Educational Game For Training Spatial Ability Using Tangram Puzzle*, International Conference on Sustainable Information Engineering and Technology (SIET), 2018, pp. 174-179, <doi: 10.1109/SIET.2018.8693164 > (consultato il 22 aprile 2022).
- Kmetová, M., Nagyová Lehocá, Z. (2021). Using Tangram as a Manipulative Tool for Transition between 2D and 3D Perception in Geometry. In *Mathematics*, n.9, 2185.
- Maestri, D., Gaiani, M., Docci, M. (2021). *Scienza del disegno*. Torino: CittàStudi Edizioni.
- Nest&Cut. <<https://app.nestandcut.com/project/263753/cut>> (consultato il 22 aprile 2022).
- Olkun, S. (2003). Comparing Computer versus Concrete Manipulative in Learning 2D Geometry. In *J. of Comp. Math. and Sci. Teaching*, 22(1), pp. 43–56.
- Petricca, P. (2019). *Semantica. Forme, modelli, problemi*. Edizioni Universitarie di Lettere, Economia, Diritto.
- Rinck, M., Van der Linden, M. (2018). *Io e il mio gatto. Un'avventura tangram*. Rotterdam: Lemniscaat Editore.
- Tadić, Konsta (1982 – 2019). <<https://kostatadic.com/blog/>> (consultato il 22 aprile 2022).
- Thom, R. (2006). *Morfologia del semiotico*. Milano: Booklet.
- Vrenna M. (2021). Expanding the possibilities of tangram in a neutral-imaginary playground to promote the stages of children's development. In *Science Prospect*, n.8, p. 143.
- Yamada, F.M., et al. (2020). An Extended Approach for the Automatic Solution of Tangram Puzzles Using Permutation Heuristics. In *Computer Science*. Nicograph International (Nicolnt).
- Yamada, F.M., Gois, J. P., Batagelo, H. C. (2019). *Solving Tangram Puzzles Using Raster-Based Mathematical Morphology*, 2019 32nd SIBGRAPI Conference on Graphics, Patterns and Images (SIBGRAPI), 2019, pp. 116-123.
- Zaho, Y., et al. (2021). Learning from the Tangram to Solve Mini Visual Tasks. In *36th AAAI Conference on Artificial Intelligence A Virtual Conference (February 22 – March 1, 2022)* <<https://arxiv.org/pdf/2112.06113.pdf>> (consultato il 22 aprile 2022).
- Zhu, J., et al. (2015). A Reconfigurable Tangram Model for Scene Representation and Categorization. In *IEEE Transactions on Image Processing*, 25.

## Author

Emanuela Lanzara, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa, [emanuela.lanzara@docenti.unisob.na.it](mailto:emanuela.lanzara@docenti.unisob.na.it)

To cite this chapter: Lanzara Emanuela (2022). Strumenti VPL per la scomposizione geometrico-semantica di figure piane complesse/VPL applications for geometric-semantic decomposition of complex planar figures. In Battini C., Bistagnino E. (a cura di). *Dialoghi. Visioni e visibilità. Testimoniare Comunicare Sperimentare. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Dialogues. Visions and visibility. Witnessing Communicating Experimenting. Proceedings of the 43rd International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 2753-2592.