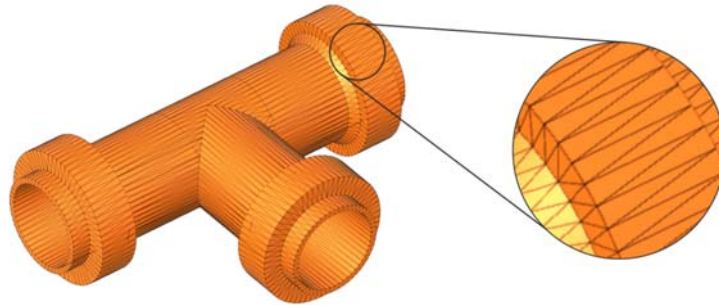


ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΔΙΑΔΡΑΣΤΙΚΟΥΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟΥΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ CAD



Δρ. Αικατερίνη Μανιά
Δρ. Βασίλειος Σαμολαδάς
Δρ. Αριστομένης Αντωνιάδης

Άγγελος Μαρινάκης

Πολυτεχνείο Κρήτης – Χανιά 2018

<http://www.music.tuc.gr>



Technical University of Crete
School of Electrical & Computer Engineering
Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης

2

- 1: Εισαγωγή
- 2: Στάθμη των γνώσεων, ορισμοί, βασικά αντικείμενα
- 3: Δομή μηχανής γραφικών
- 4: Αναγνώριση και προβολή τρισδιάστατων μοντέλων - AR
- 5: Αλγόριθμοι
- 6: Εφαρμογή – Λειτουργίες
- 7: Περιβάλλον εφαρμογής



Δομή της εργασίας

<http://www.music.tuc.gr>



Technical University of Crete
School of Electrical & Computer Engineering
Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης

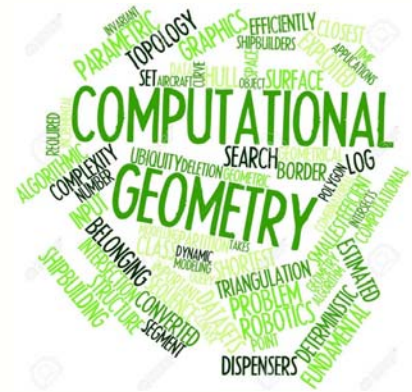
Computer Aided Design (CAD)

- Υπολογιστικά συστήματα για παραγωγή, διαφοροποίηση ή βελτίωση ενός σχεδίου
- Δισδιάστατα σχέδια – διαγράμματα
- Τρισδιάστατα μοντέλα



Υπολογιστική Γεωμετρία

- Επίλυση γεωμετρικών προβλημάτων με τη χρήση αλγορίθμων
- Εφαρμογές στη ρομποτική, μηχανική όραση, συστήματα CAD



2018

Computer Aided Design – Υπολογιστική Γεωμετρία

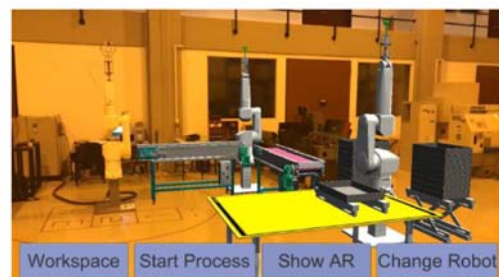
<http://www.music.tuc.gr>


Technical University of Crete
School of Electrical & Computer Engineering
Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης

Επαυξημένη Πραγματικότητα

- Υπέρθεση ψηφιακού περιεχομένου στον πραγματικό κόσμο
- Διαφοροποίηση αντίληψης πραγματικού κόσμου
- Λανθασμένη ταύτιση με την εικονική πραγματικότητα
- Εφαρμογές στην ιατρική, βιομηχανία, ηλεκτρονικά παιχνίδια.
- Διπλωματική Εργασία: **Κόκκας Ανδρέας** (ΕΜΠ 2018)
- Χωροταξική Διάταξη και Προσομοίωση Λειτουργίας Ευέλικτου Συστήματος Κατεργασιών με Χρήση Επαυξημένης Πραγματικότητας



2018

Επαυξημένη πραγματικότητα

<http://www.music.tuc.gr>

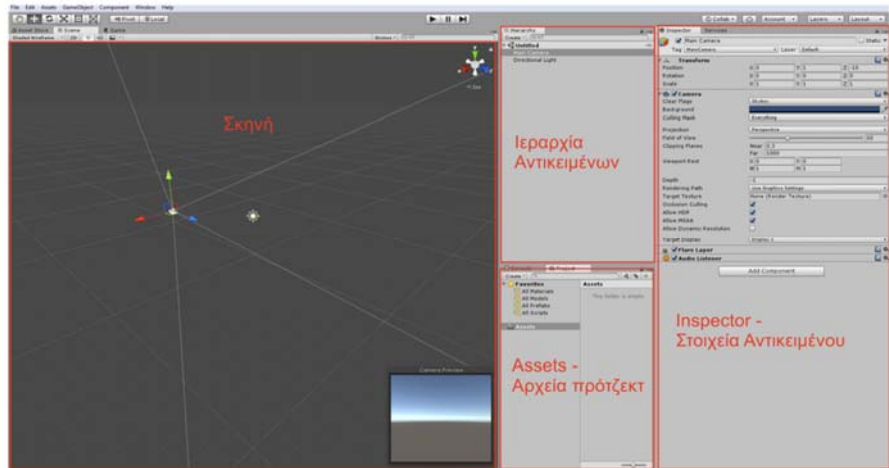

Technical University of Crete
School of Electrical & Computer Engineering
Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης

- Unity Technologies - 2005
- Βασική χρήση → Ανάπτυξη βιντεοπαιχνιδιών
- Εύχρηστο περιβάλλον -ενεργή κοινότητα χρηστών
- Εύκολη πρόσβαση σε γεωμετρικά στοιχεία των μοντέλων



Περιβάλλον
ανάπτυξης μίας
Εφαρμογής στη
Unity



Μηχανή γραφικών Unity

<http://www.music.tuc.gr>



Technical University of Crete
School of Electrical & Computer Engineering
Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

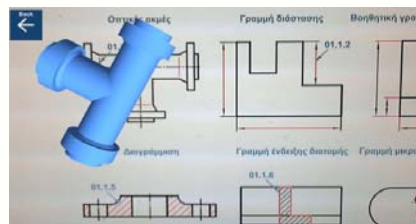
Άγγελος Μαρινάκης

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα στην εφαρμογή

Εύρεση εικόνας – στόχου στον πραγματικό κόσμο

Λήψη αρχείου γεωμετρίας και εισαγωγή του στη Unity

Υπέρθεση μοντέλου επάνω από την εικόνα - στόχο



Επιλογή επιθυμητού μοντέλου



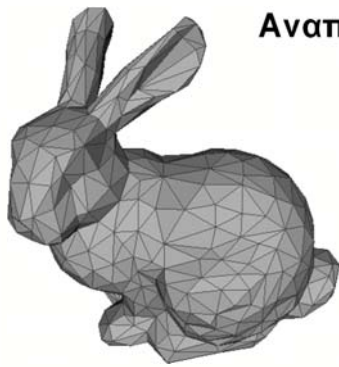
Αναγνώριση και επιλογή του μοντέλου μέσω Επαυξημένης Πραγματικότητας

<http://www.music.tuc.gr>



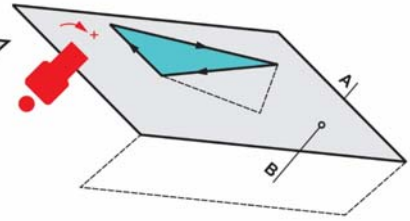
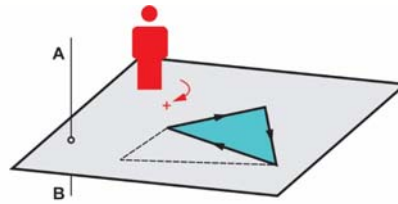
Technical University of Crete
School of Electrical & Computer Engineering
Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης



Δίκτυο γεωμετρίας (Mesh)

Αναπαράσταση τρισδιάστατων μοντέλων

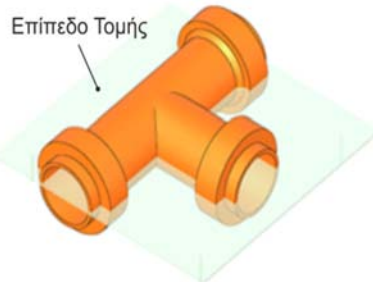


Πρόβλημα Τομής

Αρχικό Μοντέλο

Τομή σε Μοντέλο Επιφανειών

Τομή σε Στερεό Μοντέλο



Αναπαράσταση μοντέλων και πρόβλημα τομής

<http://www.music.tuc.gr>

 Technical University of Crete
 School of Electrical & Computer Engineering
 Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

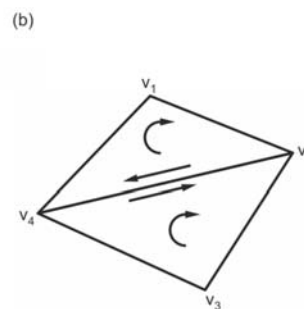
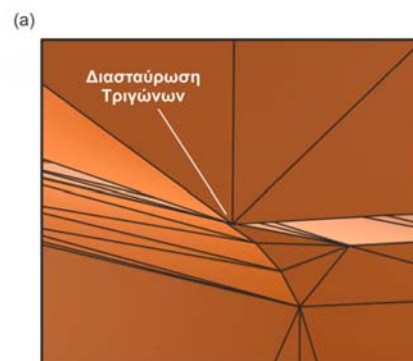
Άγγελος Μαρινάκης

Παραδοχή 1:

Κάθε ακμή του δικτύου γεωμετρίας μοιράζεται με δύο ακριβώς τρίγωνα και δεν πρέπει να υπάρχουν σημεία διασταύρωσης μεταξύ των τριγώνων, ακόμα και στην περίπτωση που η γεωμετρία αποτελείται από ξεχωριστά αντικείμενα σε μία συναρμολόγηση.

Παραδοχή 2:

Δύο τρίγωνα που είναι ορατά και μοιράζονται μία κοινή ακμή θα πρέπει να έχουν αντίθετες κατευθύνσεις στην κοινή τους ακμή.

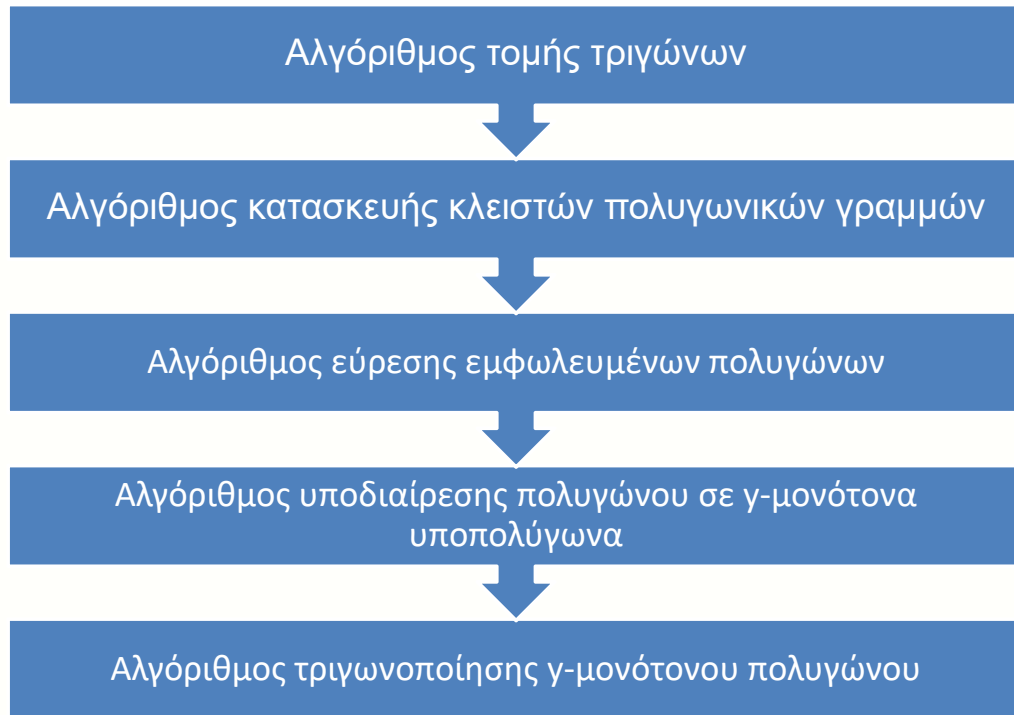


Παραδοχές Τομής

<http://www.music.tuc.gr>

 Technical University of Crete
 School of Electrical & Computer Engineering
 Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης

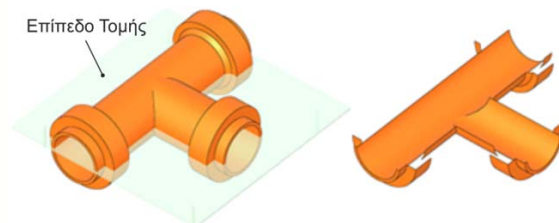
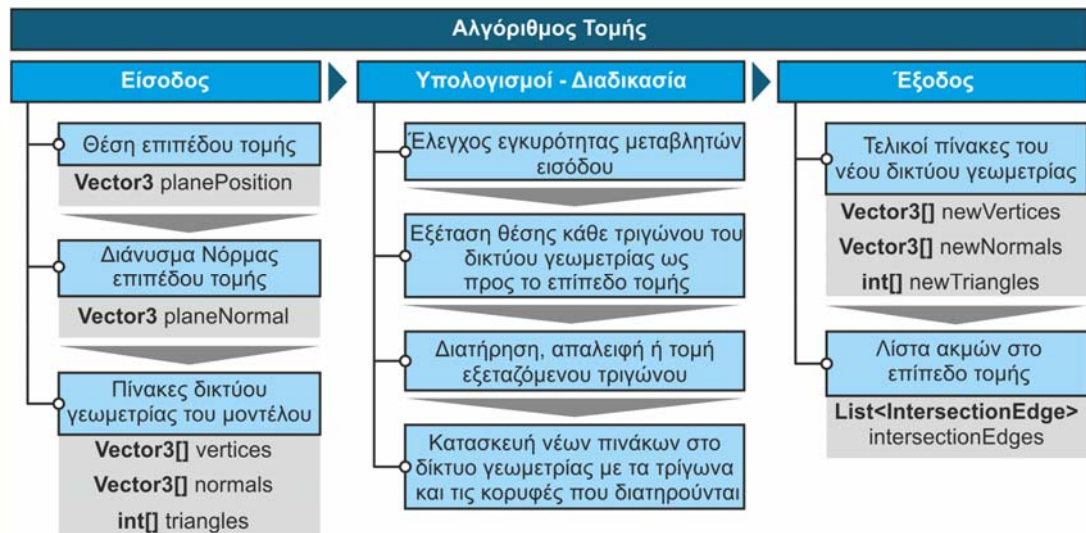


Αλγόριθμοι τομής

<http://www.music.tuc.gr>

 Technical University of Crete
 School of Electrical & Computer Engineering
 Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης



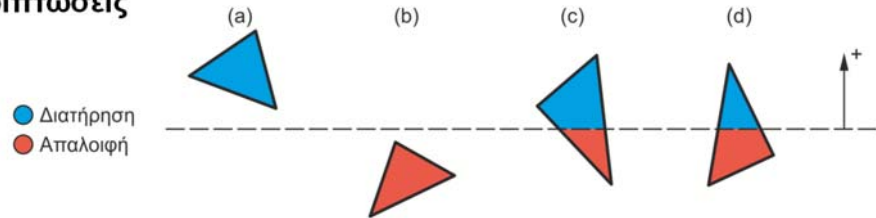
1 – Αλγόριθμος τομής τριγώνων

<http://www.music.tuc.gr>

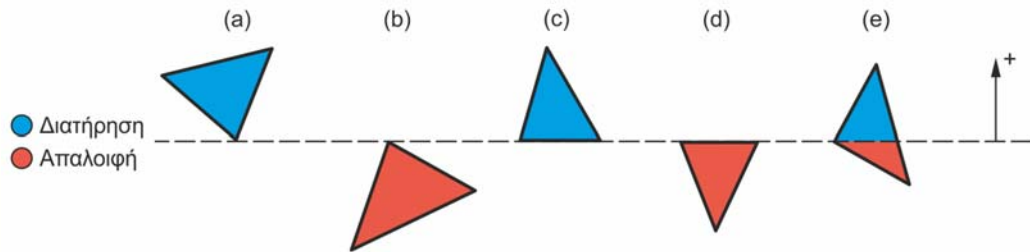
 Technical University of Crete
 School of Electrical & Computer Engineering
 Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης

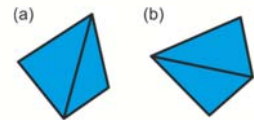
Συνήθεις περιπτώσεις



Οριακές περιπτώσεις



Διαχωρισμός τετραπλεύρου



Θέσεις τριγώνων ως προς το επίπεδο τομής

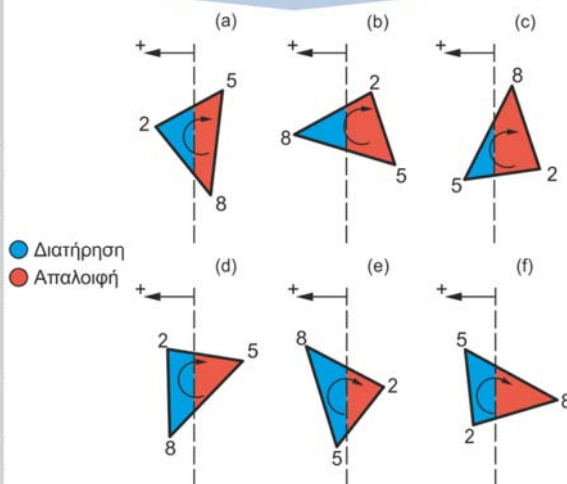
<http://www.music.tuc.gr>


Technical University of Crete
School of Electrical & Computer Engineering
Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης

Διαχωρισμός κορυφών

```
for (int j = 0; j < 3; j++) {
    if (pointDistances[j] > 0f) {
        positive.Add(vertexIndices[j]);
    } else if (pointDistances[j] <= 0f) {
        negative.Add(vertexIndices[j]);
    }
}
```

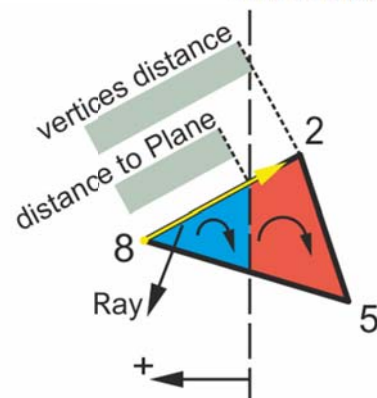


Υπολογίζεται η ακριβής θέση των σημείων τομής με το επίπεδο

Vector3.Lerp(Vector3 a, Vector3 b, float t)

Εύρεση απόστασης κορυφής από το επίπεδο

$$\text{distance Normalized} = \frac{\text{distance to Plane}}{\text{vertices Distance}}$$

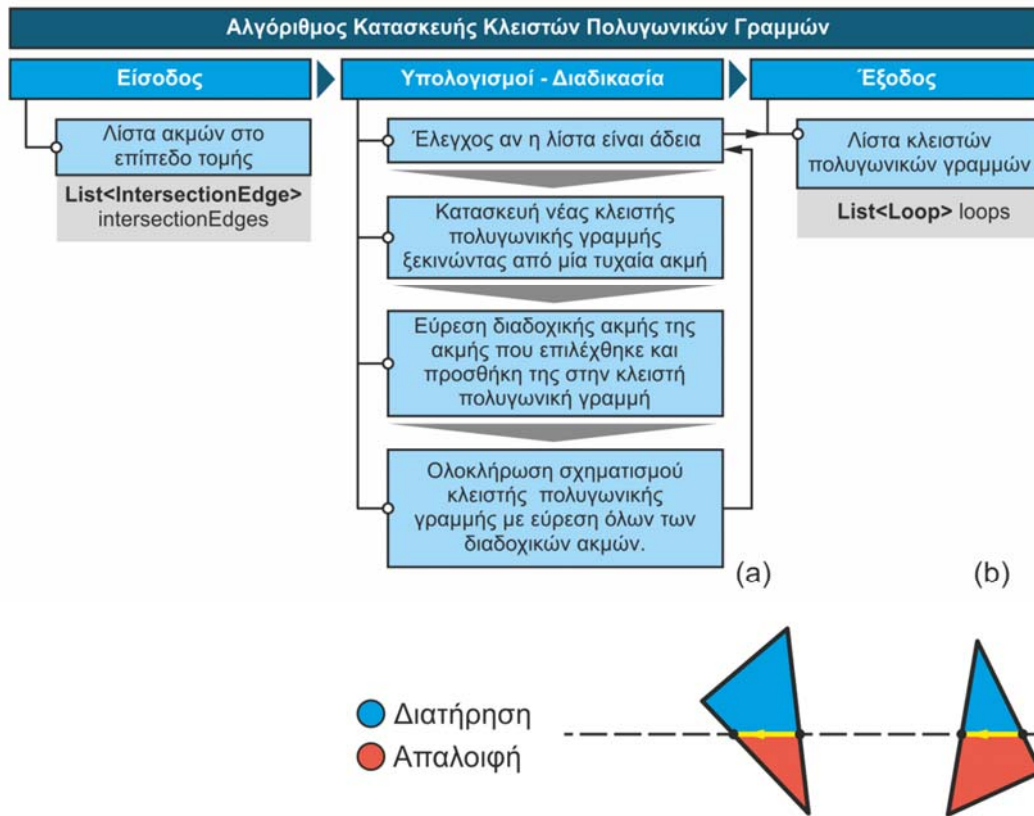


Θέσεις κορυφών τριγώνου ως προς το επίπεδο τομής

<http://www.music.tuc.gr>


Technical University of Crete
School of Electrical & Computer Engineering
Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης



2 – Αλγόριθμος κατασκευής κλειστών πολυγωνικών γραμμών

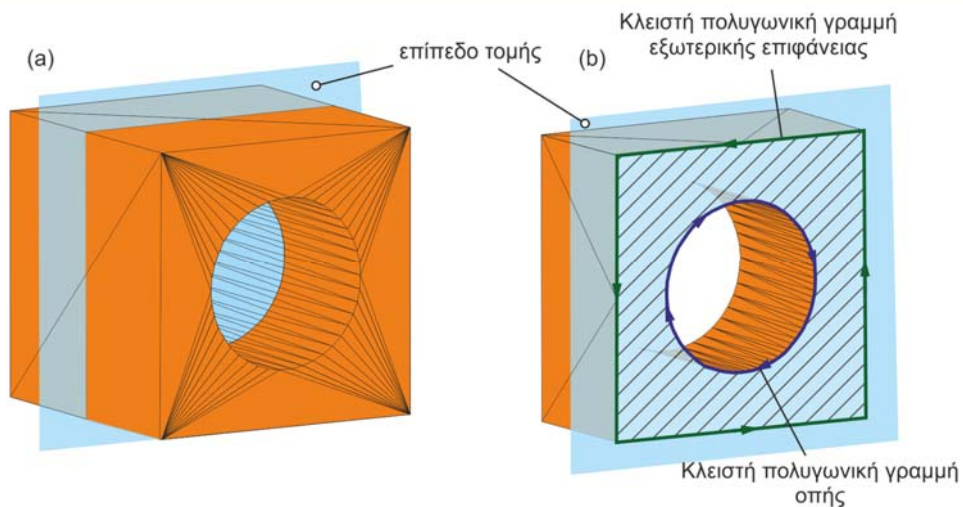
<http://www.music.tuc.gr>

 Technical University of Crete
 School of Electrical & Computer Engineering
 Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης

Αποτέλεσμα Αλγορίθμου

- Πολυγωνικές γραμμές εξωτερικής επιφάνειας → Αριστερόστροφες
- Πολυγωνικές γραμμές οπής → Δεξιόστροφες

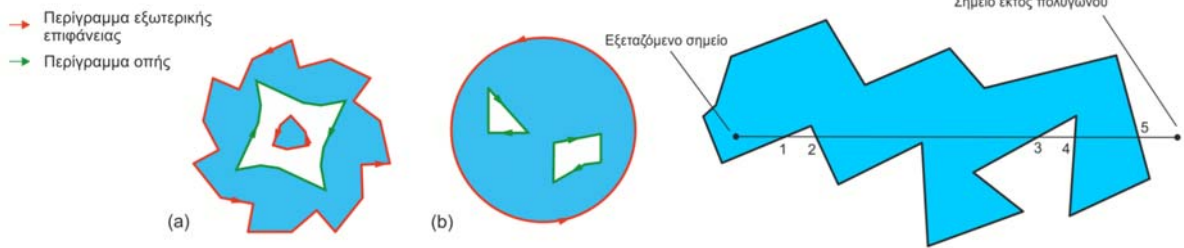
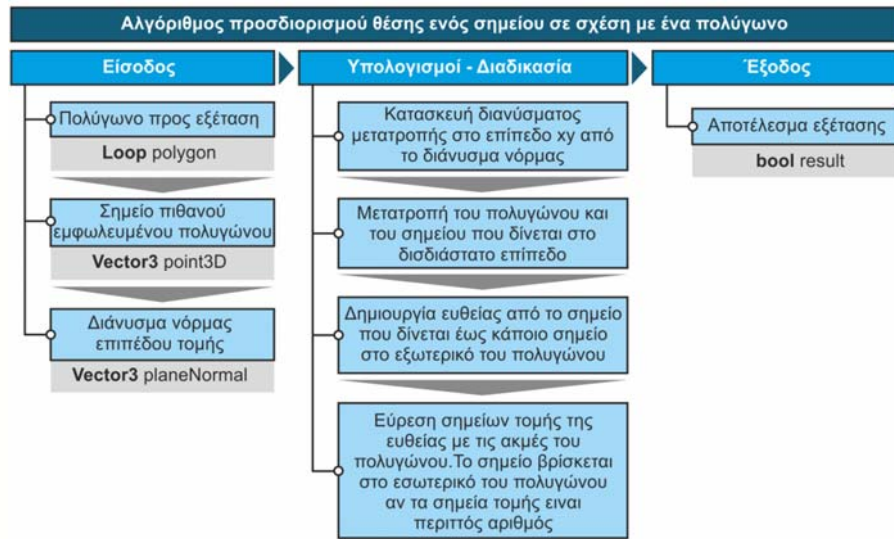


2 – Αλγόριθμος κατασκευής κλειστών πολυγωνικών γραμμών

<http://www.music.tuc.gr>

 Technical University of Crete
 School of Electrical & Computer Engineering
 Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης



2018

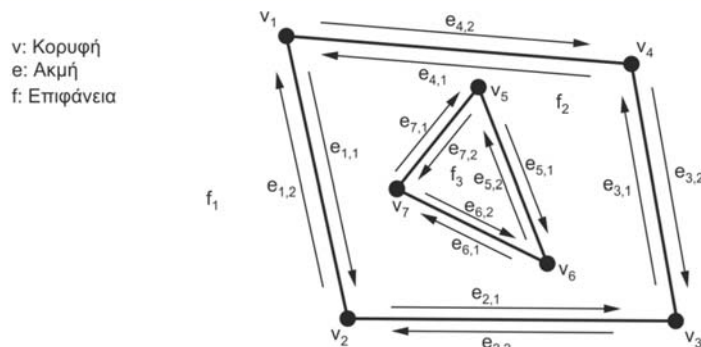
3 – Αλγόριθμος εύρεσης εμφωλευμένων πολυγώνων

<http://www.music.tuc.gr>

 Technical University of Crete
 School of Electrical & Computer Engineering
 Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης

- Δομή δεδομένων ιδιαίτερα χρήσιμη για αλγορίθμους υπολογιστικής γεωμετρίας
- Αποθήκευση συνόλου πολυγώνων σε μία δομή



v: Κορυφή
e: Ακμή
f: Επιφάνεια

Vertex		IncidentEdge			
v ₁		e _{1,1}			
v ₂		e _{2,1}			
v ₃		e _{3,1}			

Face	OuterComponent	InnerComponents			
f ₁	null	e _{1,2}			
f ₂	e _{1,1}	e _{5,1}			

Edge	Origin	Twin	IncidentFace	Next	Prev
e _{1,1}	v ₁	e _{1,2}	f ₂	e _{2,1}	e _{4,1}
e _{1,2}	v ₂	e _{1,1}	f ₁	e _{4,2}	e _{2,2}
e _{2,1}	v ₂	e _{2,2}	f ₂	e _{3,1}	e _{1,1}

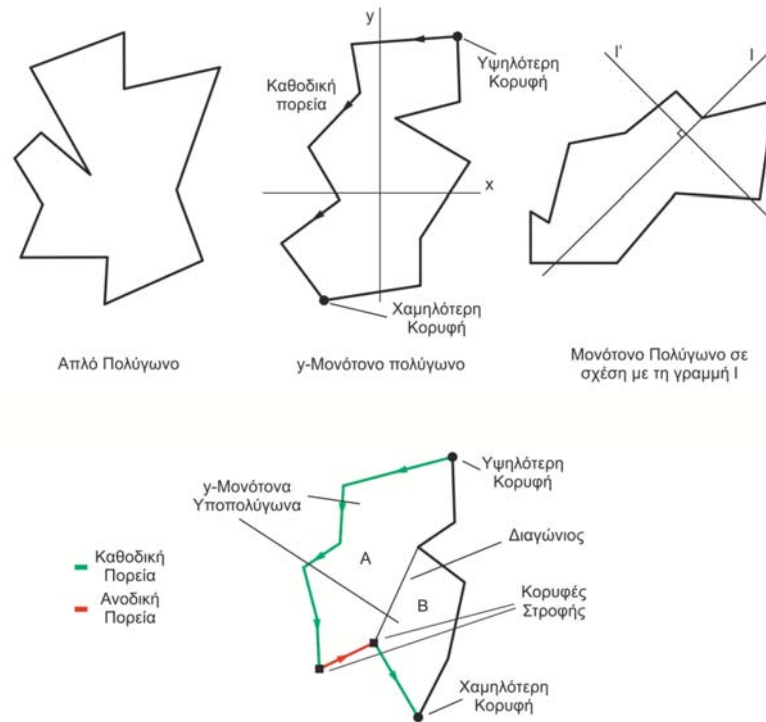
2018

Διπλά συνδεδεμένη λίστα ακμών

<http://www.music.tuc.gr>

 Technical University of Crete
 School of Electrical & Computer Engineering
 Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης



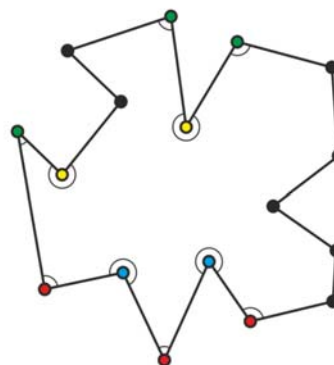
Μονότονα πολύγωνα

<http://www.music.tuc.gr>


Technical University of Crete
School of Electrical & Computer Engineering
Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης

- Κανονική Κορυφή
- Κορυφή Αρχής
- Κορυφή Τέλους
- Κορυφή Διαχωρισμού
- Κορυφή Συγχώνευσης



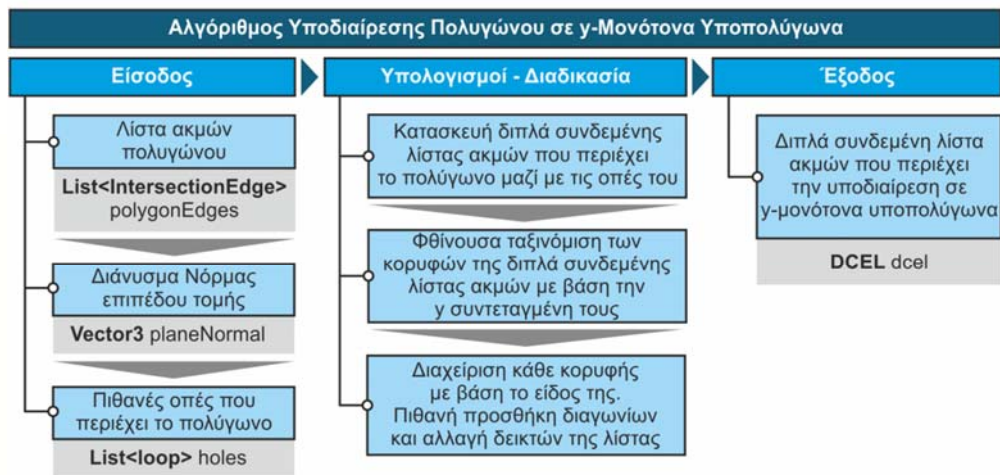
- **Κορυφή αρχής (Start Vertex):** Κορυφή στροφής v της οποίας και οι δύο γειτονικές κορυφές βρίσκονται από κάτω της και η εσωτερική γωνία στην κορυφή v είναι μικρότερη από 180° .
- **Κορυφή διαχωρισμού (Split Vertex):** Όμοια με την κορυφή αρχής με τη διαφορά ότι η εσωτερική γωνία είναι μεγαλύτερη από 180° .
- **Κορυφή τέλους (End Vertex):** Κορυφή στροφής v της οποίας και οι δύο γειτονικές κορυφές βρίσκονται από πάνω της και η εσωτερική γωνία στην κορυφή v είναι μικρότερη από 180° .
- **Κορυφή συγχώνευσης (Merge Vertex):** Όμοια με την κορυφή τέλους με τη διαφορά ότι η εσωτερική γωνία είναι μεγαλύτερη από 180° .
- **Κανονική Κορυφή (Regular Vertex):** Κορυφή της οποίας η μία γειτονική κορυφή βρίσκεται από κάτω της και η άλλη γειτονική κορυφή βρίσκεται από πάνω της. Αποτελεί το μόνο είδος που δεν είναι κορυφή στροφής.

Είδη Κορυφών

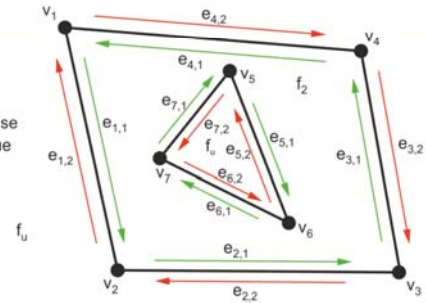
<http://www.music.tuc.gr>


Technical University of Crete
School of Electrical & Computer Engineering
Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης



v: Κορυφή
 e: Ακμή
 f: Επιφάνεια
 f_u: Unbounded Face
 — hasBeenTraversed = false
 — hasBeenTraversed = true



2018

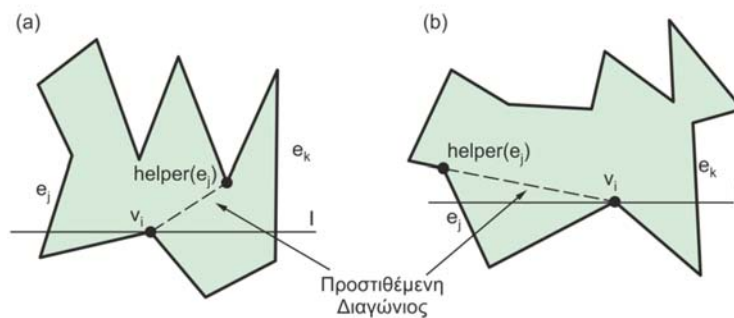
4 – Αλγόριθμος υποδιαίρεσης πολυγώνου σε γ-μονότονα υποπολύγωνα

<http://www.music.tuc.gr>

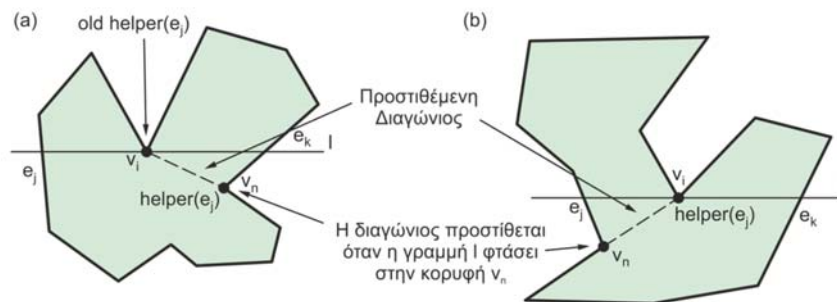

Technical University of Crete
 School of Electrical & Computer Engineering
 Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης

Προσθήκη Διαγωνίου για μία κορυφή διαχωρισμού



Προσθήκη Διαγωνίου για μία κορυφή συγχώνευσης



2018

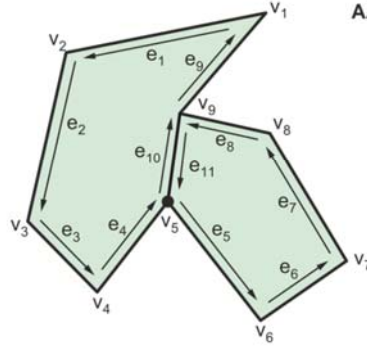
4 – Αλγόριθμος υποδιαίρεσης πολυγώνου σε γ-μονότονα υποπολύγωνα

<http://www.music.tuc.gr>


Technical University of Crete
 School of Electrical & Computer Engineering
 Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης

2018

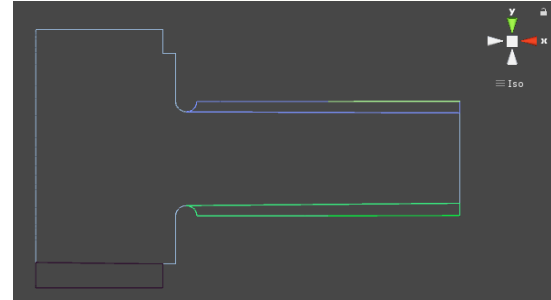
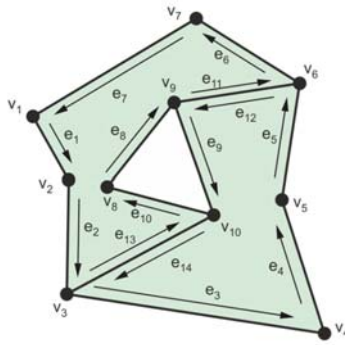


Προσθήκη Διαγωνίου από την κορυφή v_5 προς την v_9
Αλλαγές δεικτών με τη σειρά που αυτές εφαρμόζονται

```

e10.Origin = v5
e10.Twin = e11
e10.Prev = v5.IncidentEdge.Prev
e11.Origin = v9
e11.Twin = e10
e11.Next = v5.IncidentEdge
e10.Next = v9.IncidentEdge
e11.Prev = v9.IncidentEdge.Prev
v9.IncidentEdge.Prev.Next = e11
v9.IncidentEdge.Prev = e10
v5.IncidentEdge.Prev.Next = e10
v5.IncidentEdge.Prev = e11
v5.IncidentEdge = e10
    
```

Αποτέλεσμα Αλγορίθμου



4 – Αλγόριθμος υποδιαίρεσης πολυγώνου σε γ-μονότονα υποπολύγωνα

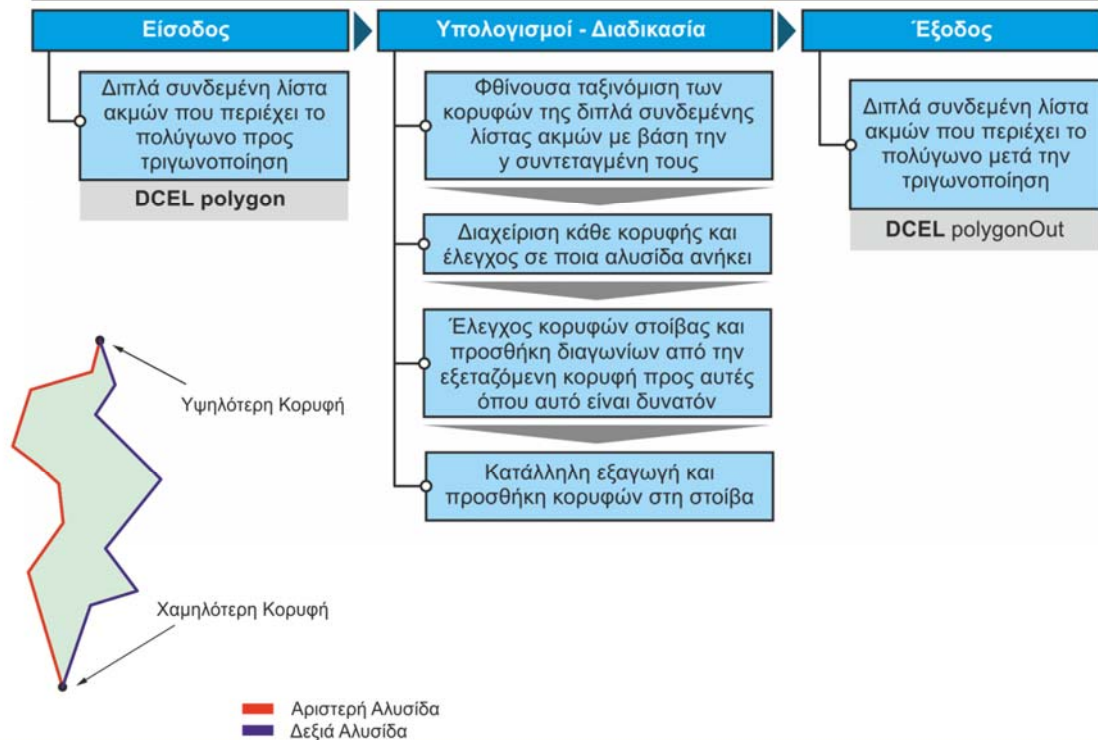
<http://www.music.tuc.gr>


Technical University of Crete
School of Electrical & Computer Engineering
Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης

2018

Αλγόριθμος Τριγωνοποίησης ενός Υ-Μονότονου Πολυγώνου



5 – Αλγόριθμος τριγωνοποίησης γ-μονότονου πολυγώνου

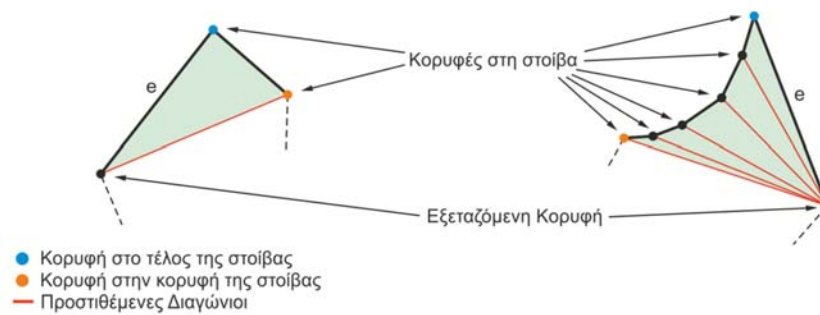
<http://www.music.tuc.gr>


Technical University of Crete
School of Electrical & Computer Engineering
Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης

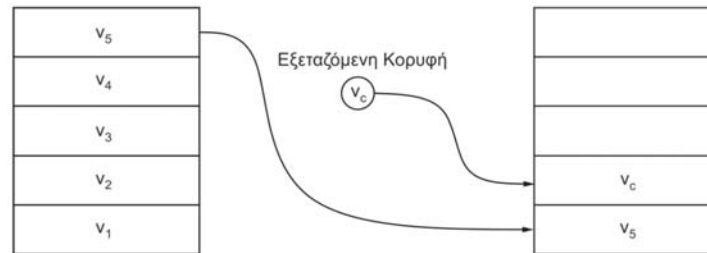
(a) Πρώτη Εξεταζόμενη Κορυφή

(b) Ενδιάμεση Εξεταζόμενη Κορυφή



Στοιβά πριν την προσθήκη διαγωνίων

Στοιβά μετά την προσθήκη διαγωνίων



5 – Αλγόριθμος τριγωνοποίησης γ-μονότονου πολυγώνου

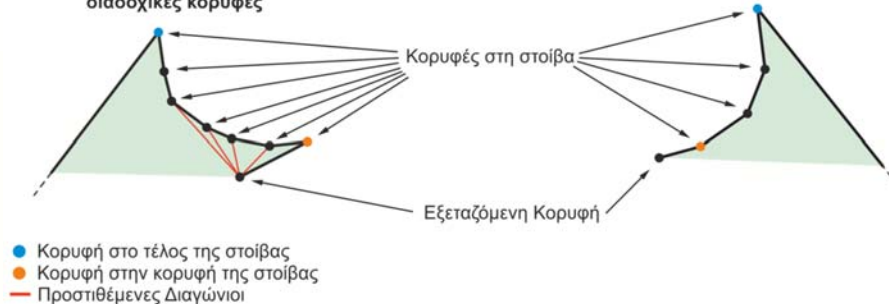
<http://www.music.tuc.gr>

 Technical University of Crete
 School of Electrical & Computer Engineering
 Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης

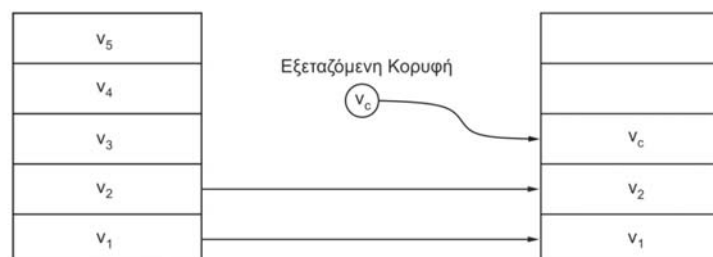
(a) Εφικτή εισαγωγή διαγωνίων σε διαδοχικές κορυφές

(b) Μη εφικτή εισαγωγή διαγωνίων

Προσθήκη διαγωνίων στις κορυφές v_3, v_4

Στοιβά πριν την προσθήκη διαγωνίων

Στοιβά μετά την προσθήκη διαγωνίων



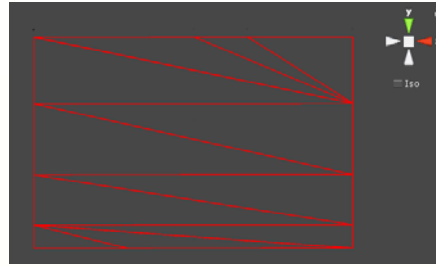
5 – Αλγόριθμος τριγωνοποίησης γ-μονότονου πολυγώνου

<http://www.music.tuc.gr>

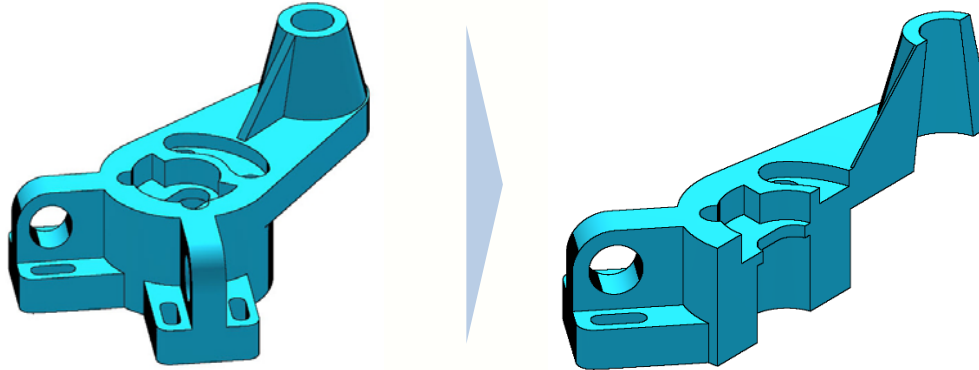
 Technical University of Crete
 School of Electrical & Computer Engineering
 Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης

Αποτέλεσμα τριγωνοποίησης



Τελικό αποτέλεσμα μετά από εφαρμογή όλων των αλγορίθμων



Αποτελέσματα αλγορίθμων

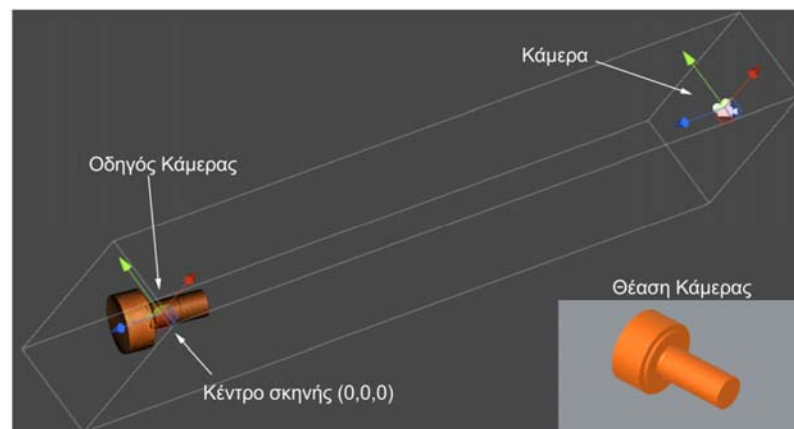
<http://www.music.tuc.gr>


Technical University of Crete
School of Electrical & Computer Engineering
Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης

Διαχείριση του μοντέλου με χρήση της Κάμερας στη σκηνή

- Μεγέθυνση – Σμίκρυνση
- Περιστροφή
- Μετακίνηση
- Προσαρμογή



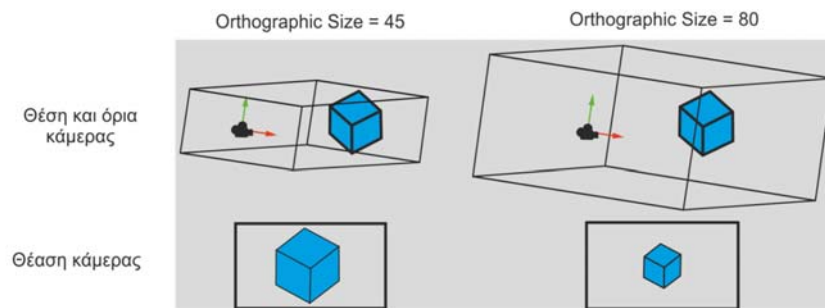
Λειτουργίες διαχείρισης του μοντέλου

<http://www.music.tuc.gr>

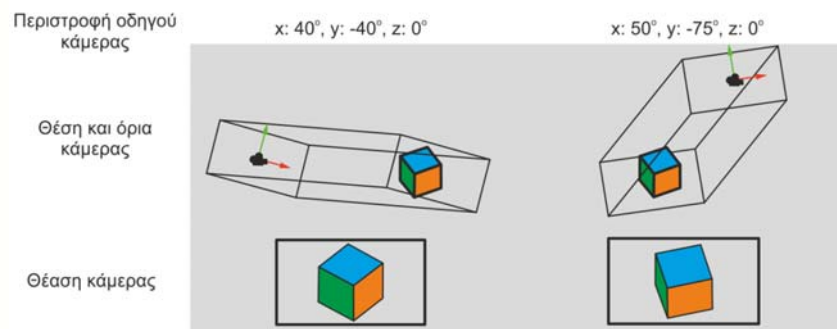

Technical University of Crete
School of Electrical & Computer Engineering
Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης

Λειτουργία Μεγέθυνσης - Σμίκρυνσης



Λειτουργία Περιστροφής



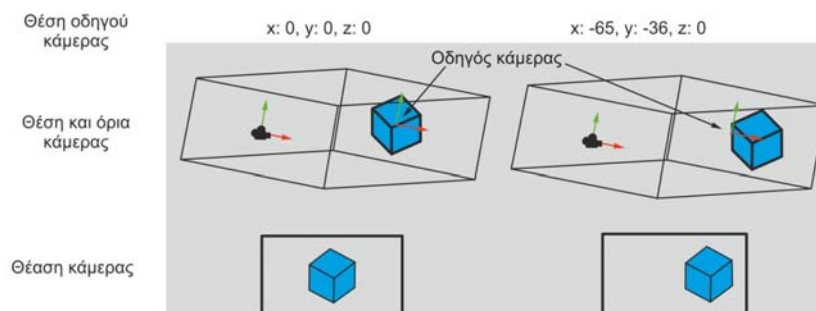
Λειτουργίες διαχείρισης του μοντέλου

<http://www.music.tuc.gr>

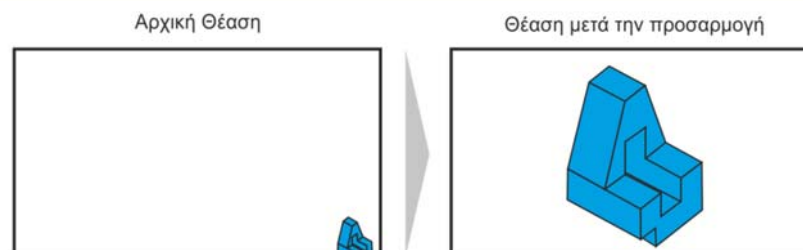
 Technical University of Crete
 School of Electrical & Computer Engineering
 Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης

Λειτουργία Μετακίνησης



Λειτουργία Προσαρμογής



$$\text{OrthographicSize} = \text{maxBound} / 1.75 + \text{distanceOffset}$$

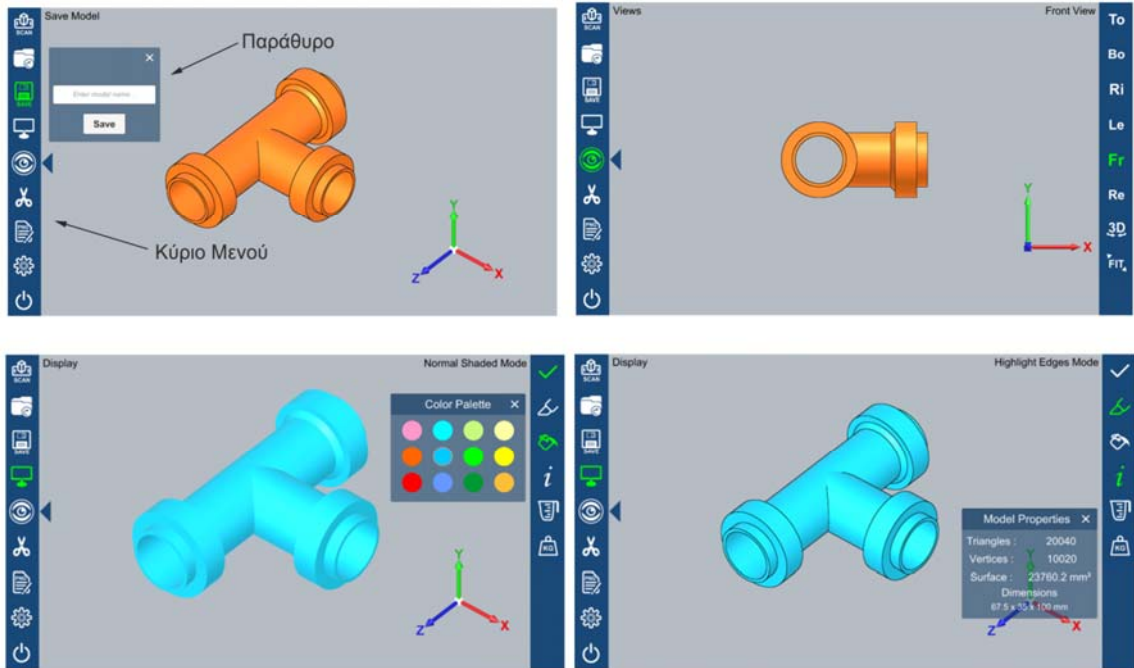
Λειτουργίες διαχείρισης του μοντέλου

<http://www.music.tuc.gr>

 Technical University of Crete
 School of Electrical & Computer Engineering
 Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης

2018



Εφαρμογή - Περιβάλλον

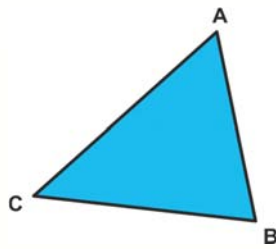
<http://www.music.tuc.gr>

 Technical University of Crete
 School of Electrical & Computer Engineering
 Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης

2018

Υπολογισμός Επιφάνειας

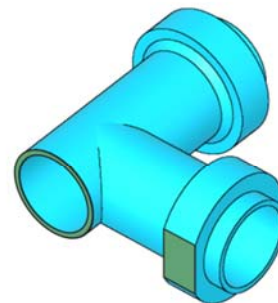
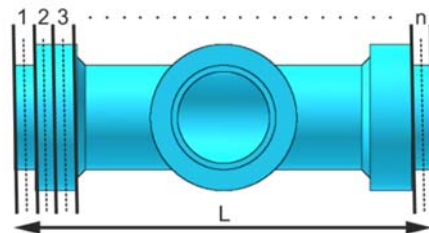


$$triangleHeight = \frac{|\vec{CB} \times \vec{CA}|}{|\vec{CB}|}$$

$$triangleSurface = \frac{|\vec{CB}| \cdot triangleHeight}{2}$$

Υπολογισμός Όγκου

— Επιφάνεια Τομής
 Θέσεις τομών


 Στοιχειώδες μήκος = L / n

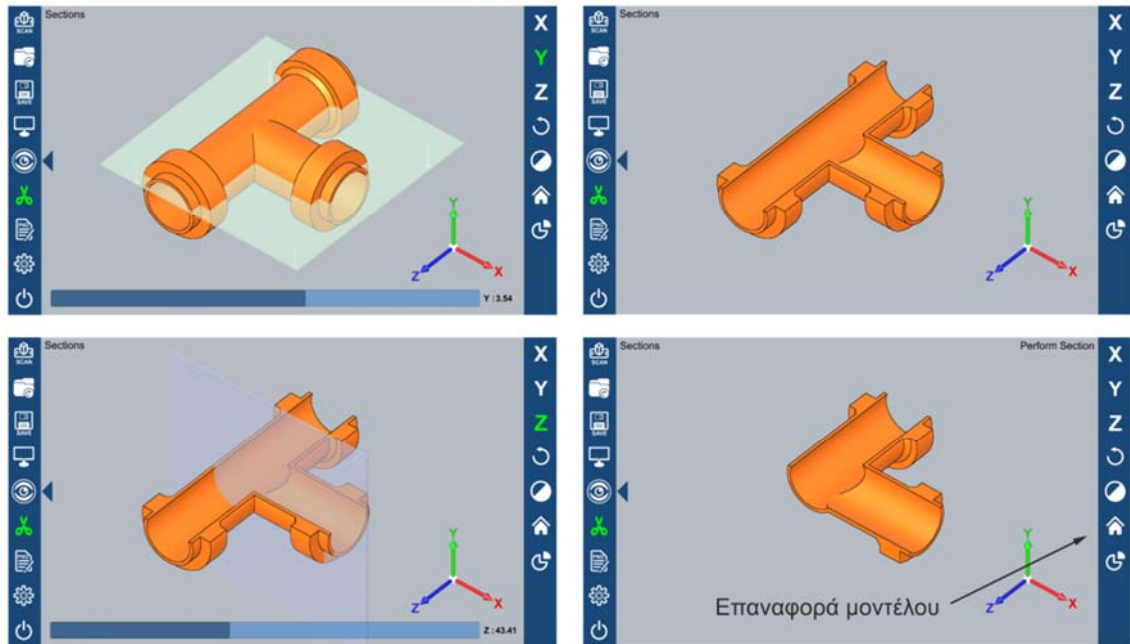
Στοιχειώδης όγκος = Επιφάνεια Τομής * Στοιχειώδες μήκος

Υπολογισμός όγκου και επιφάνειας μοντέλου

<http://www.music.tuc.gr>

 Technical University of Crete
 School of Electrical & Computer Engineering
 Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης



Εφαρμογή - Τομές

<http://www.music.tuc.gr>


Technical University of Crete
School of Electrical & Computer Engineering
Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης

Ευχαριστώ για την προσοχή σας!!

<http://www.music.tuc.gr>


Technical University of Crete
School of Electrical & Computer Engineering
Lab. of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

Άγγελος Μαρινάκης