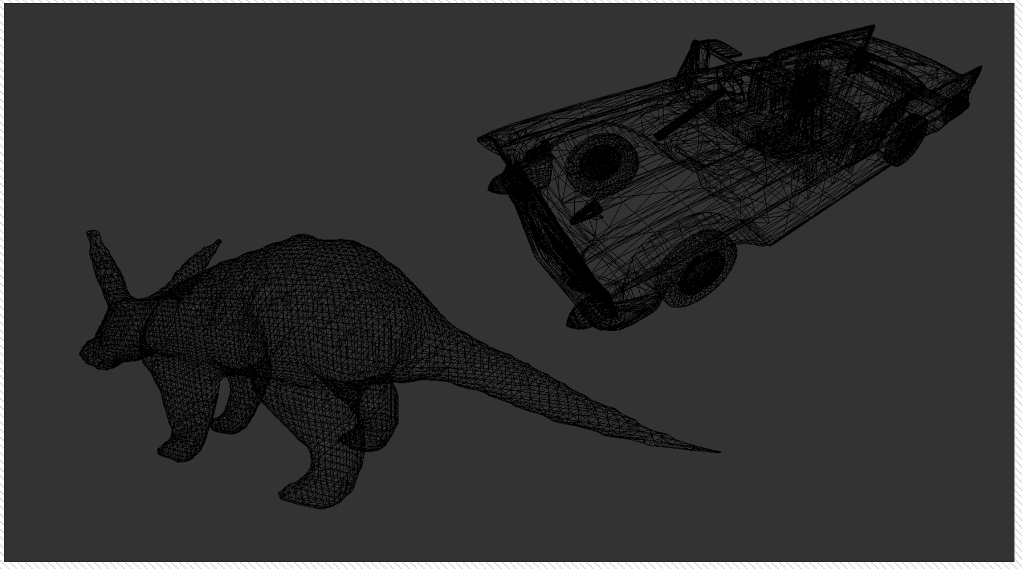
Απαλλακτική Εργασία
Γραφικά & Εικονική Πραγματικότητα



Παπαπαύλου Χρήστος
ΑΜ: *6609*

Αναπαράσταση μοντέλου

- Το 3Δ μοντέλο που διαβάζουμε από το αρχείο obj αποθηκεύεται στην μνήμη με τον ίδιο τρόπο που αναπαρίσταται και στο αρχείο. Δηλαδή με:
  - **Μία λίστα κορυφών** και
  - **Μια λίστα τριγώνων** με τις κορυφές κάθε τριγώνου να δείχνουν με έναν ακέραιο δείκτη στην λίστα κορυφών.
- Ωστόσο υπολογίζουμε και αποθηκεύουμε επιπλέον πληροφορία για διευκόλυνση ορισμένων διαδικασιών:
  - **Κάθετα διανύσματα κορυφών**.
  - Για κάθε κορυφή τα τρίγωνα στα οποία περιέχεται.
  - Λίστα τριγώνων που περιέχονται σε κάθε περιβάλλοντα όγκο. (Για κάθε επίπεδο ιεραρχίας).

Απλοποίηση τριγωνικού πλέγματος

- Η μέθοδος που ακολουθείται είναι η κατάρρευση ακμής.
- Η κατάρρευση συμβαίνει σε δύο γειτονικά τρίγωνα και η ακμή που καταρρέει, είναι η κοινή ακμή αυτών των τριγώνων.
- Το αποτέλεσμα τελικά είναι να διαγραφούν τα εξής:
  - ***Τα δύο γειτονικά τρίγωνα.***
  - ***Η κοινή ακμή τους.***
  - ***Οι 2 κορυφές της ακμής.***
- Οι 2 κορυφές αντικαθίστανται από μία νέα, στην οποία θα συνδεθούν όλες οι ακμές που πριν συνδέονταν στις 2 διαγραμμένες.

Απλοποίηση τριγωνικού πλέγματος

- Σε κάθε κατάρρευση συνεπώς μειώνεται:
  - Ο αριθμός των τριγώνων κατά 2.
  - Ο αριθμός των κορυφών κατά 1.
- Για το επιθυμητό ποσοστό απλοποίησης πρέπει να συμβούν πολλές καταρρεύσεις.
- Η επιλογή των ακμών που θα καταρρεύσουν έχει άμεσο αντίκτυπο στην ποιότητα του απλοποιημένου μοντέλου.

Απλοποίηση τριγωνικού πλέγματος

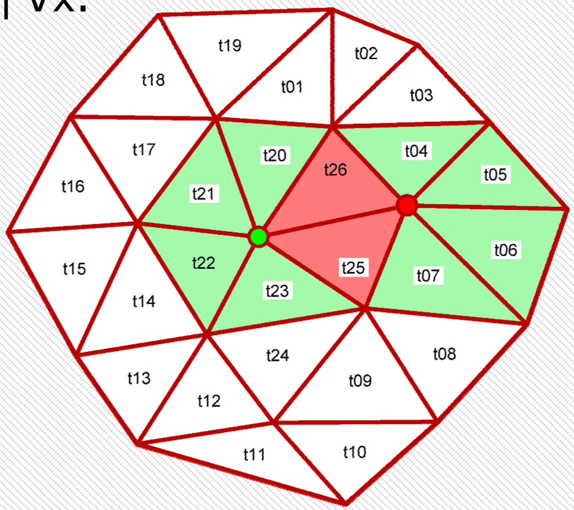
- Στην υλοποίηση που ακολουθήθηκε, αναπαριστούμε το μοντέλο με:
  - Μία λίστα κορυφών.
  - Λίστα τριγώνων με δείκτες για κάθε κορυφή.
- Άρα, δεν έχουμε άμεσα την πληροφορία ακμών ή έστω γειτνίασης των τριγώνων.
- Έτσι πρέπει να εξάγουμε την πληροφορία αυτή από ό,τι έχουμε στην διάθεσή μας.

Απλοποίηση τριγωνικού πλέγματος

- Για να βρούμε μια ακμή κάνουμε το εξής:
  - Κατασκευάζουμε για κάθε κορυφή μια λίστα με τα τρίγωνα στα οποία περιέχεται.
  - Επιλέγουμε ένα τρίγωνο **ti** για το οποίο ψάχνουμε ένα γειτονικό τρίγωνο **tx**. Το **ti** έχει κορυφές {$\mathbf{ti_1}$, $\mathbf{ti_2}$, $\mathbf{ti_3}$}
  - Αν η ακμή που μοιράζονται τα τρίγωνα **ti,tx** είναι η $\mathbf{ti_1}$-$\mathbf{ti_2}$ τότε το τρίγωνο **tx** θα υπάρχει και στις δύο λίστες τριγώνων των κορυφών $\mathbf{ti_1}$-$\mathbf{ti_2}$.
  - Εκμεταλλευόμενοι αυτή την ιδιότητα, υπολογίζουμε την τομή των δύο λιστών τριγώνων για ένα ζευγάρι κορυφών του **ti**. Αυτή η τομή πρέπει να περιέχει ένα τρίγωνο, το οποίο είναι το γειτονικό τρίγωνο που αναζητάμε.
  - **Έτσι βρίσκουμε δύο γειτονικά τρίγωνα καθώς και την κοινή ακμή τους.**

Απλοποίηση τριγωνικού πλέγματος

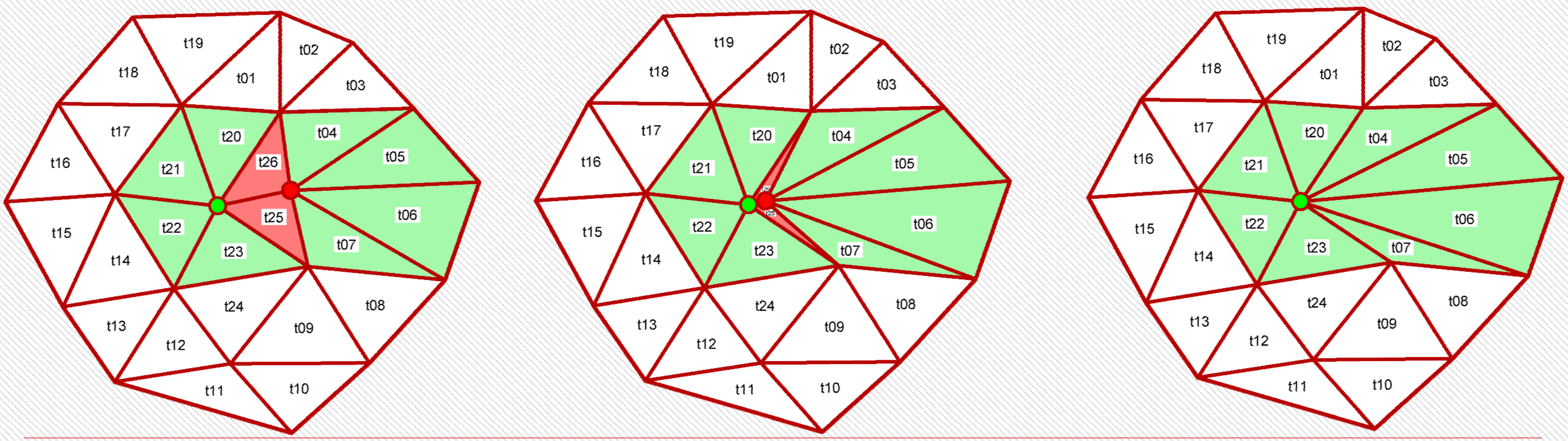
- Τελικά πρέπει να έχουμε στην διάθεση μας τα εξής:
  - **Vk**: Η πρώτη κορυφή της ακμής που θα καταρρεύσει.
  - **Vx**: Η δεύτερη κορυφή της ακμής που θα καταρρεύσει.
  - **Ti**: Το πρώτο τρίγωνο που εφάπτεται στην ακμή που θα καταρρεύσει.
  - **Tx**: Το δεύτερο τρίγωνο που εφάπτεται στην ακμή που θα καταρρεύσει.
  - **VkList**: Λίστα με τα τρίγωνα που περιέχουν την ακμή Vk.
  - **VxList**: Λίστα με τα τρίγωνα που περιέχουν την ακμή Vx.



- Έτσι, για κάθε τρίγωνο του πλέγματος έχουμε μια πιθανή ακμή προς κατάρρευση. Αυτές τις ακμές τις ταξινομούμε με κάποιο κριτήριο έτσι ώστε πρώτες να βρίσκονται οι ακμές που έχουν λιγότερο αντίκτυπο στην αλλοίωση του μοντέλου εάν αφαιρεθούν.
- Το κριτήριο που χρησιμοποιούμε είναι η μέση τιμή των εσωτερικών γινομένων των κάθετων διανυσμάτων των γειτονικών τριγώνων μίας από τις δύο κορυφές της ακμής.

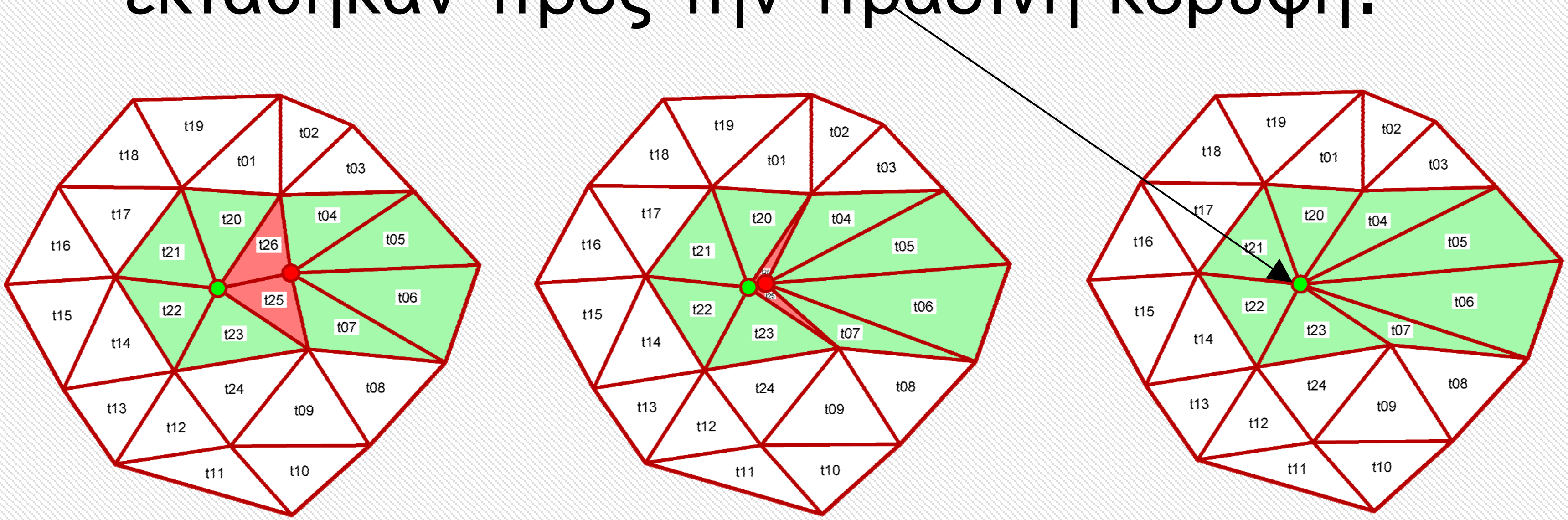
Απλοποίηση τριγωνικού πλέγματος

- Σε αυτό το σημείο εφαρμόζουμε διαδοχικές καταρρεύσεις στις κορυφές που έχουμε εντοπίσει ξεκινώντας από την πρώτη κορυφή της ταξινομημένης λίστας και προχωρώντας προς τις υπόλοιπες.
- Στην εικόνα φαίνεται το αποτέλεσμα μιας κατάρρευσης. Η προκύπτουσα κορυφή τοποθετείται στην θέση μίας από τις δύο διαγραμμένες.



Απλοποίηση τριγωνικού πλέγματος

- Παρατηρούμε είναι ότι τα τρίγωνα που επηρεάστηκαν από την κατάρρευση εκτάθηκαν προς την πράσινη κορυφή.

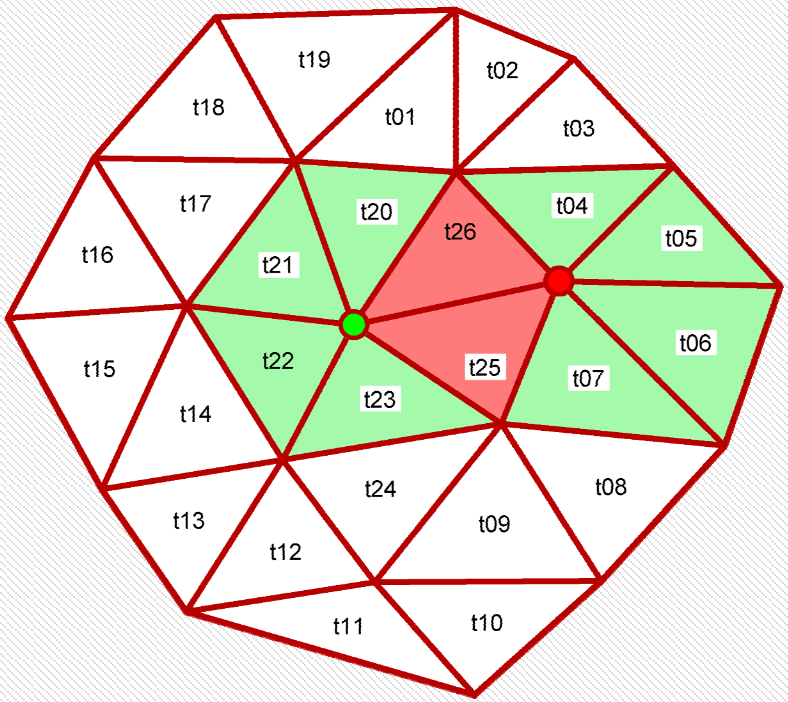


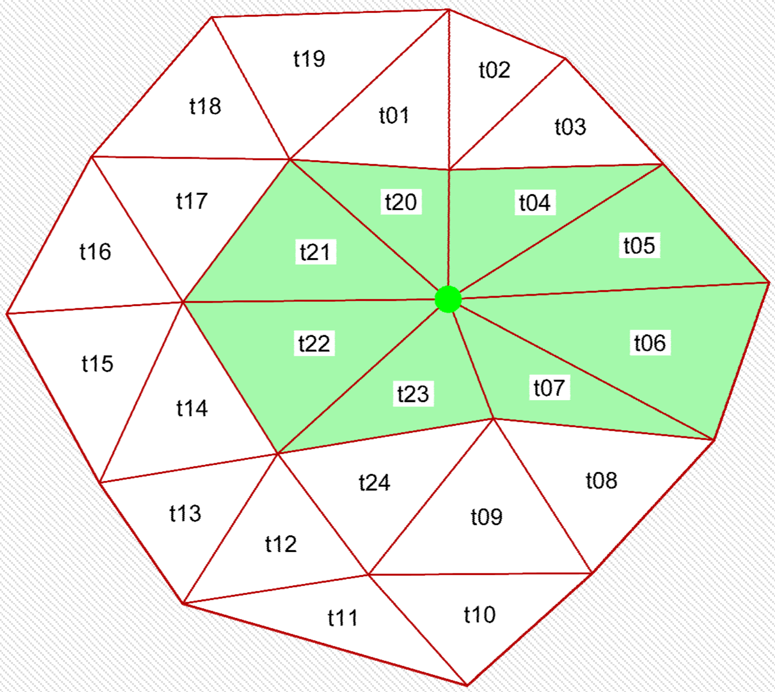
Απλοποίηση τριγωνικού πλέγματος

- Άρα ***η θέση της νέας κορυφής*** που αντικαθιστά τις διαγραμμένες είναι το δεύτερο στοιχεία που παίζει ρόλο στην ποιότητα της απλοποίησης.
- Στην περίπτωση της προηγούμενης διαφάνειας η νέα κορυφή τοποθετήθηκε στην θέση μίας από τις δύο διαγραμμένες. Αυτό συνήθως είναι μια κακή επιλογή.
- Μια εύκολη λύση είναι να τοποθετηθεί η νέα κορυφή *στην μέση* της διαγραμμένης ακμής.
- Βέβαια, η βέλτιστη επιλογή είναι να υπολογιστεί η νέα θέση *ελαχιστοποιώντας κάποιο κριτήριο*.

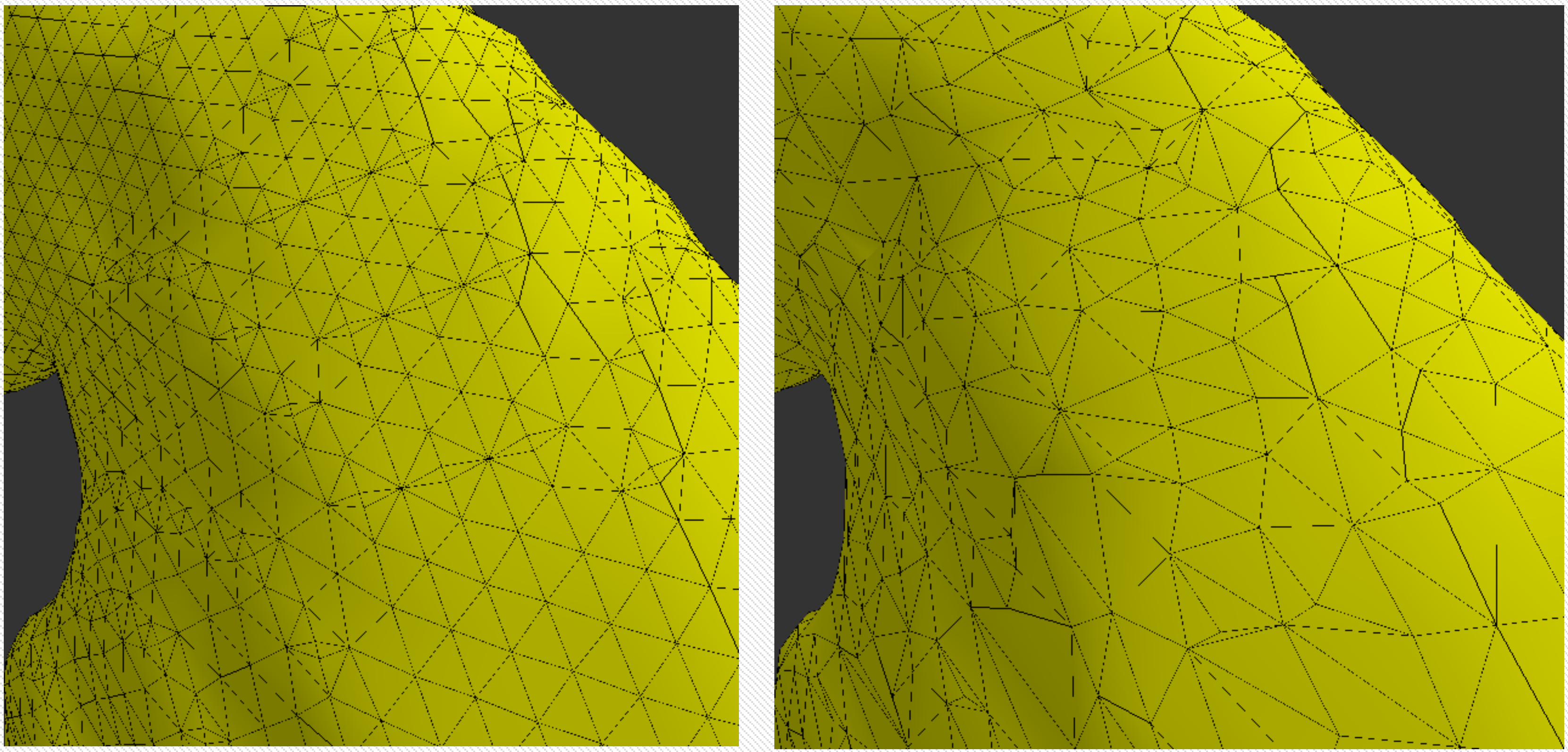
Απλοποίηση τριγωνικού πλέγματος

- Βλέπουμε το αποτέλεσμα μιας κατάρρευσης με την προκύπτουσα κορυφή να τοποθετείται στην μέση της ακμής που κατέρρευσε.





Απλοποίηση τριγωνικού πλέγματος



Ανίχνευση συγκρούσεων

- Για να επιτευχθεί η ανίχνευση συγκρούσεων των τριγωνικών μοντέλων χρειάστηκε να υλοποιηθούν οι παρακάτω συναρτήσεις ελέγχου τομής.
  - Τομή ορθογωνίου – ορθογωνίου
  - Τομή τριγώνου – τριγώνου
  - Τομή τριγώνου – ευθύγραμμου τμήματος
- Ο αλγόριθμος ανίχνευσης συγκρούσεων εργάζεται ως εξής:
  - **ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΑΑΒΒ του ΜΟΝΤΕΛΟΥ_1**
  - **ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΑΑΒΒ του ΜΟΝΤΕΛΟΥ_2**
  - **ΑΝ ΤΑ ΑΑΒΒ ΤΕΜΝΟΝΤΑΙ**
  - **ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΤΡΙΓΩΝΟ ΤΟΥ ΑΑΒΒ_1**
  - **ΑΝ ΤΟ ΤΡΙΓΩΝΟ ΤΕΜΝΕΤΑΙ ΜΕ ΤΟ ΑΑΒΒ_2**
  - **ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΤΡΙΓΩΝΟ ΤΟΥ ΑΑΒΒ_2**
  - **ΑΝ ΤΑ ΤΡΙΓΩΝΑ ΤΕΜΝΟΝΤΑΙ**
  - **ΠΡΟΣΘΕΣΕ ΤΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΚΡΟΥΣΕΙΣ**
- Όπου AABB είναι τα περιβάλλοντα κιβώτια του τελευταίου επιπέδου, τα φύλλα δηλαδή του δέντρου ιεραρχίας περιβαλλόντων όγκων.

Ανίχνευση συγκρούσεων

- Η τομή δύο τριγώνων στηρίζεται στην τομή των τριών πλευρών του πρώτου τριγώνου με το δεύτερο και των τριών πλευρών του δεύτερου τριγώνου με το πρώτο.
- Στην αρχή μπορεί να γίνει και ένας έλεγχος των περιβαλλόντων κιβωτίων των τριγώνων, ώστε στην περίπτωση που τα τρίγωνα είναι αρκετά μακριά να αποφευχθεί ο ακριβός έλεγχος ανά ακμή.
- Βλέπουμε ότι η ανίχνευση συγκρούσεων ανάγεται στον έλεγχο τομής δύο τριγώνων που με την σειρά του ανάγεται στον έλεγχο τομής τριγώνου ευθ. τμήματος.

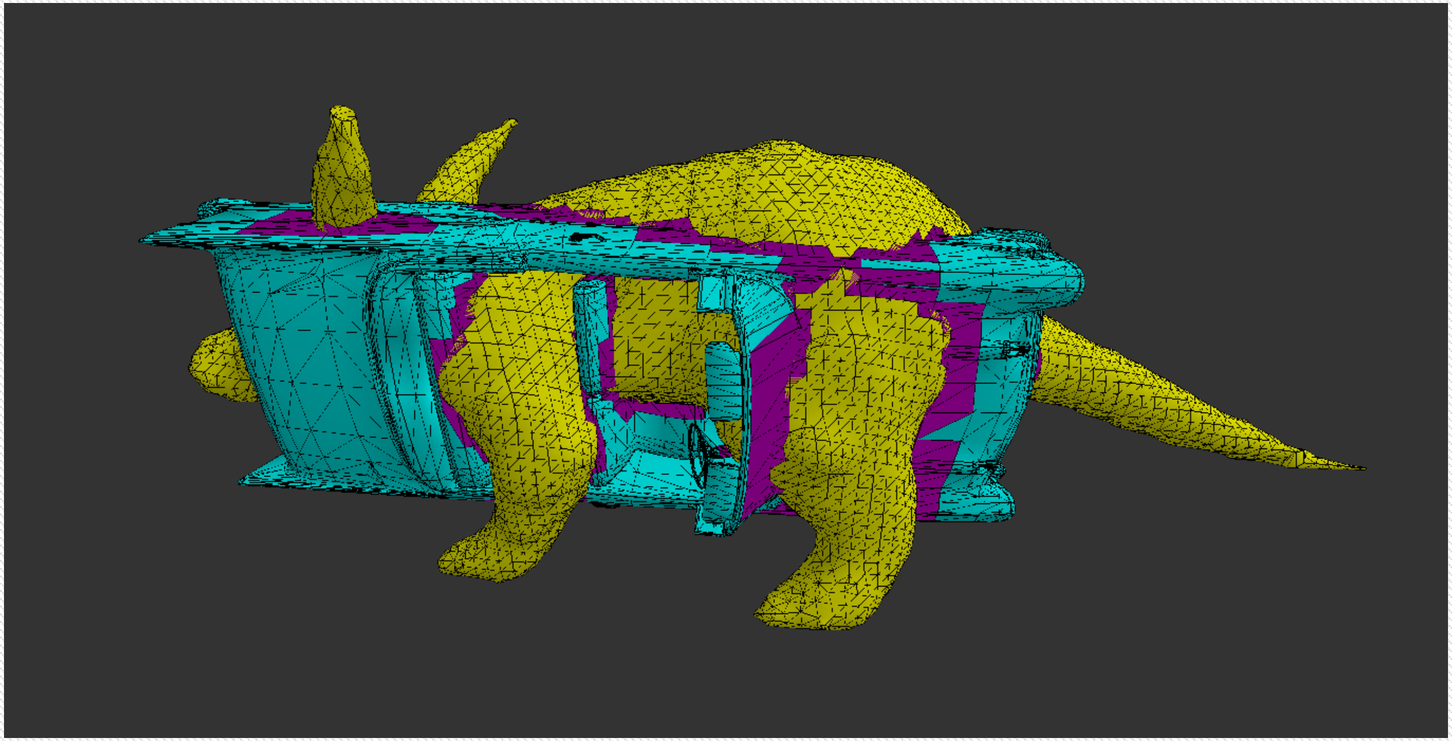
Ανίχνευση συγκρούσεων

- **Τομή τριγώνου – ευθύγραμμου τμήματος**
  - Αρχικά γίνεται έλεγχος αν το ευθύγραμμο τμήμα τέμνει το επίπεδο του τριγώνου. Αυτό γίνεται εξετάζοντας το πρόσημο της εξίσωσης επιπέδου των δύο ακρών του ευθύγραμμου τμήματος. Για να υπάρχει τομή πρέπει να οι δύο τιμές της εξίσωσης να είναι ετερόσημες.
  - Αν υπάρχει τομή πρέπει να την βρούμε. Η τομή βρίσκεται από τον εξής τύπο.

$$i = p2+t\,(p2-p1) \quad \text{όπου} \quad t = -\frac{Ax_1+By_1+Cz_1+D}{Ax_2+By_2+Cz2}$$

  - Αφού βρούμε το σημείο τομής i πρέπει να ελέγξουμε ότι βρίσκεται μέσα στο τρίγωνο. Αυτό το κάνουμε σχηματίζοντας τρία επίπεδα κάθετα στις τρεις πλευρές του τριγώνου.
  - Στην συνεχεία παίρνουμε τις εξισώσεις των τριών επιπέδων για το σημείο τομής και αν είναι και οι τρεις ομόσημες, τότε το σημείο είναι εσωτερικό και των τριών επιπέδων που συνεπάγεται ότι ανήκει στο αρχικό τρίγωνο.

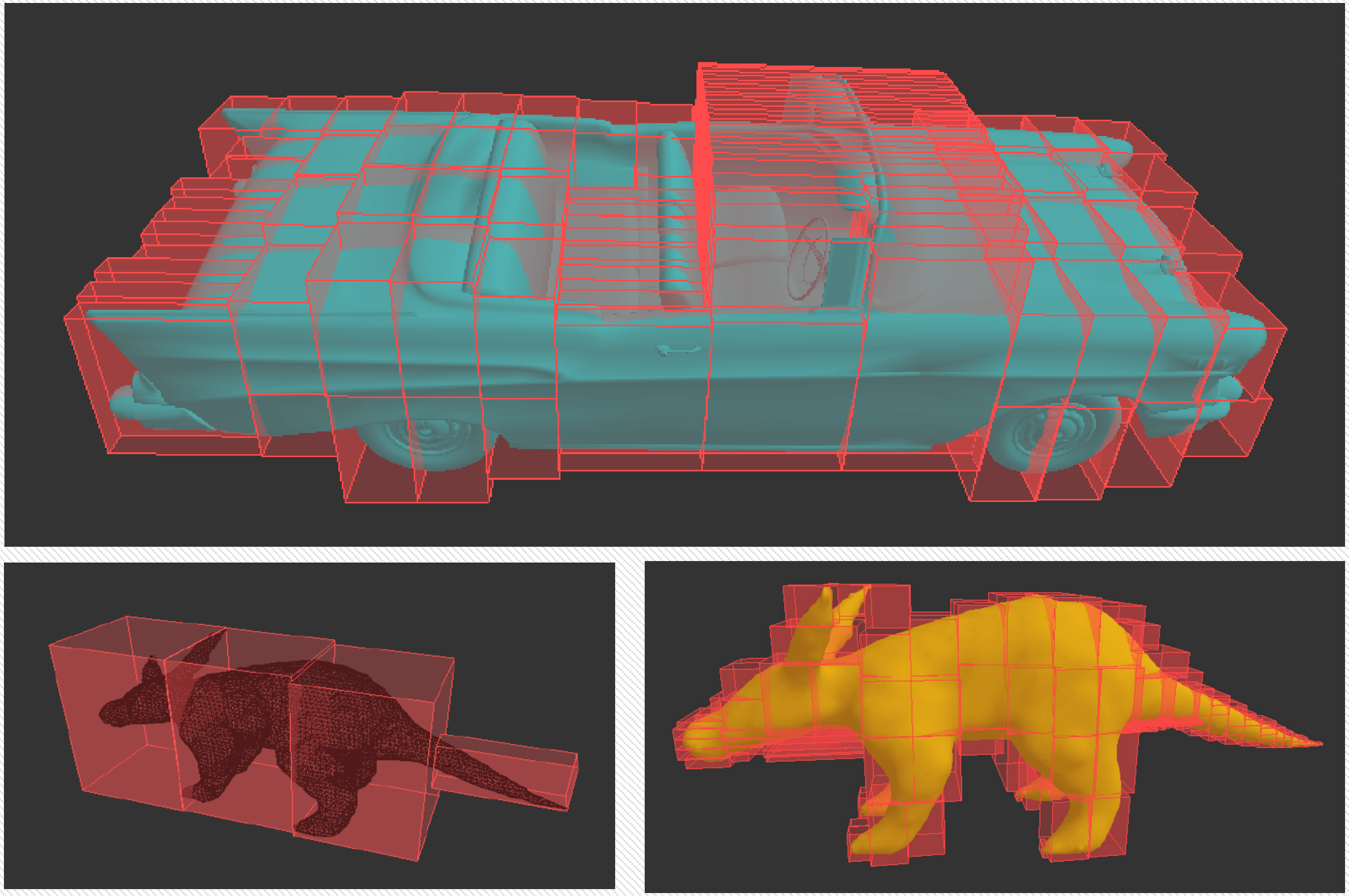
Ανίχνευση συγκρούσεων



AABB

- Για να βρούμε το AABB του μοντέλου:
  - Σαρώνουμε όλες τις κορυφές και για τις 3 διαστάσεις ***x,y,z*** αναζητούμε τις **μέγιστες** και **ελάχιστες** τιμές.
  - Το AABB έχει γωνίες $\{x_{min}, y_{min}, z_{min}\}$, $\{x_{max}, y_{max}, z_{max}\}$.
- Στην συνέχεια για να βρούμε την **ιεραρχία** των AABB κάνουμε τα εξης:
  - Όλα τα AABB κάθε επιπέδου τα *κόβουμε* στην μέση της μεγαλύτερης τους διάστασης, έτσι ώστε από κάθε κιβώτιο του ενός επιπέδου να προκύψουν δύο κιβώτια στο αμέσως επόμενο επίπεδο.
  - Σε κάθε διχοτόμηση ενός κιβωτίου φροντίζουμε τα δύο προκύπτοντα κιβώτια να μην τέμνονται μεταξύ τους.

AABB



Bounding Spheres

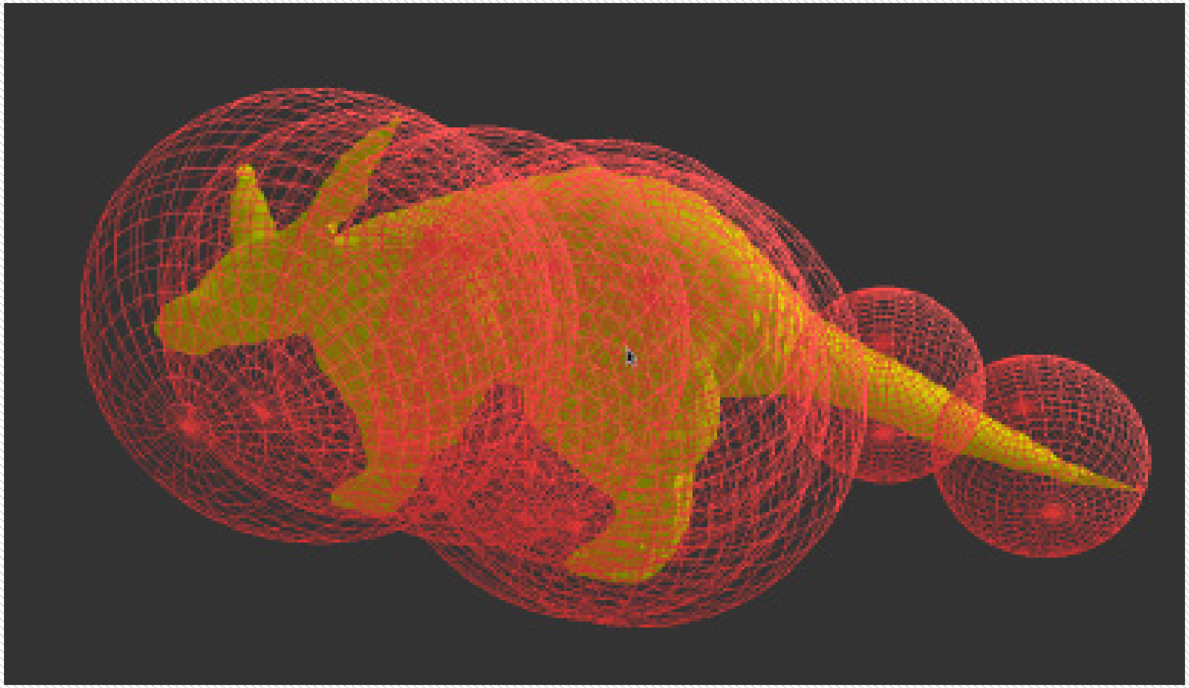
- Η εύρεση της βέλτιστης σφαίρας που περικλείει ένα σύνολο σημείων είναι πιο δύσκολο πρόβλημα σε σχέση με το AABB. Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε είναι ο αλγόριθμος του ritter και λειτουργείώς εξής:
  - 1. Επιλέγει ένα σημείο **x** και βρίσκει το σημείο **y** που έχει την μεγαλύτερη απόσταση από το **x**.
  - 2. Βρίσκει το σημείο **z** που έχει την μέγιστη απόσταση από το **y**. Σχηματίζεται αρχική σφαίρα με κέντρο το μέσο των **y**,**z** και ακτίνα την μισή απόσταση ***yz***.
  - 3. Ελέγχει αν όλα τα σημεία είναι μέσα σε αυτή την σφαίρα. Εάν κάποιο δεν είναι τροποποιεί την σφαίρα ώστε να το χωρέσει και αυτό.

Bounding Spheres

- Για την δημιουργία ιεραρχίας περιβαλλόντων σφαιρών και συγκεκριμένα για την διχοτόμηση κάθε σφαίρας χρησιμοποιείται το ακόλουθο κριτήριο:
  - Όσα τρίγωνα βρίσκονται *αριστερά** από το κέντρο κάθε σφαίρας-πατέρα ανήκουν στην μία υποδιαίρεση, ενώ όσα βρίσκονται δεξιά ανήκουν στη άλλη.

    *Σε κάθε επίπεδο επιλέγεται άλλη διάσταση (*xyz*) ώστε να προκύψει πιο ομοιόμορφο αποτέλεσμα.

Bounding Spheres



Ποσοστό Κάλυψης

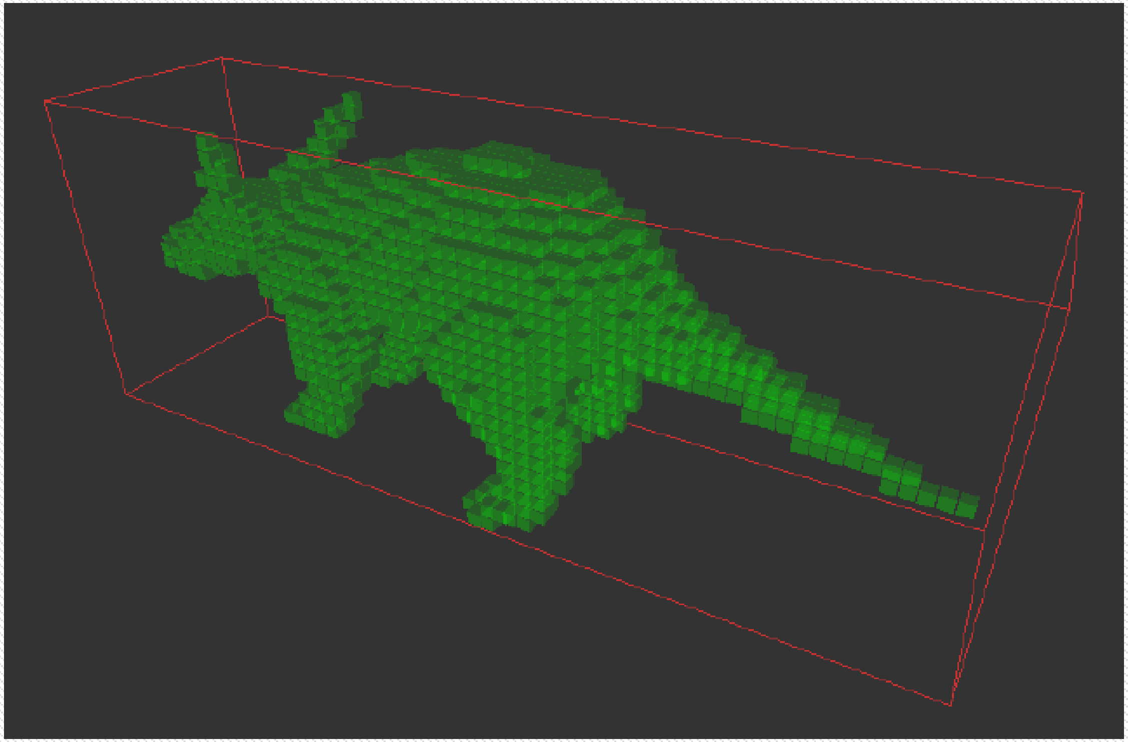
- Για να υπολογιστεί το ποσοστό κάλυψης ενός επιπέδου περιβαλλόντων όγκων, πρέπει να υπολογιστεί ο όγκος της ένωσης των επιμέρους όγκων (κιβώτια /σφαίρες κλπ) και να διαιρεθεί με τον όγκο του μοντέλου.
- Στην περίπτωση που οι επιμέρους όγκοι επικαλύπτονται, πρέπει να βρεθεί ο όγκος της ένωσής τους, και όχι απλά το άθροισμά τους.
  - Με τα AABB εφόσον έχουμε φροντίσει να μην επικαλύπτονται τα πράγματα είναι εύκολα.
  - Με τις σφαίρες από την άλλη πρέπει να χρησιμοποιήσουμε προσεγγιστική μέθοδο, όπως και για το ίδιο το μοντέλο.

Ποσοστό Κάλυψης

- Όγκος μοντέλου
  - Για να βρεθεί ο όγκος του μοντέλου πρέπει να *ολοκληρώσουμε* τον χώρο του μοντέλου
  - Δηλαδή να σαρώσουμε την περιοχή του μοντέλου και για κάθε σημείο να ελέγξουμε αν είναι εσωτερικό του μοντέλου.
  - Ο έλεγχος αυτός γίνεται ως εξής:
    - Εκπομπή ακτίνας προς το άπειρο. Υπολογισμός τομών ακτίνας με το μοντέλο.
      - Άρτιος αριθμός τομών → εξωτερικό σημείο
      - Περιττός αριθμός τομών → εσωτερικό σημείο

Ποσοστό Κάλυψης

- Παραστατικά προκύπτει κάτι τέτοιο μετά την ολοκήρωση της διαδικασίας.



Ποσοστό Κάλυψης

- Παρόμοια, με σάρωση του χώρου που καταλαμβάνει η ένωση των περιβάλλουσων σφαιρών υπολογίζεται το ποσοστό κάλυψης των σφαιρών.