

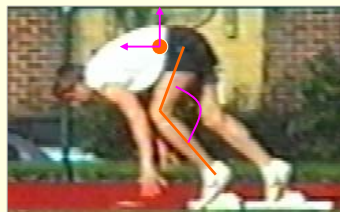
# Φυσιολογία Βαδίσματος

Διάλεξη 3

Εξοπλισμός

## Ποιοτική X Ποσοτική ανάλυση της κίνησης

- Ποιοτική
  - Προπονητική
  - Διάγνωση
  - Απλά αριθμητικά αποτελέσματα
  - Υποκειμενική
- Ποσοτική
  - Ουσιαστική Βιομηχανική ανάλυση
  - Πιο «αριθμητική»
  - Πιο αντικειμενική



## Κινηματική ανάλυση

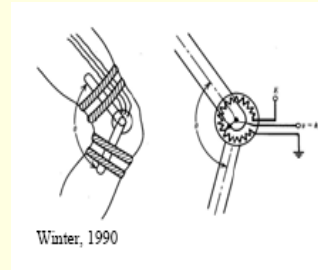
- Μετατόπιση
- Ταχύτητα
- Επιτάχυνση
- Γραμμική
- Γωνιακή

## Μέτρηση

- Άμεση
  - Μέτρο
  - Γωνιόμετρο
  - επιταχυνσιόμετρο
- Έμμεση
  - Βίντεο
  - Οπτοηλεκτρονικά συστήματα

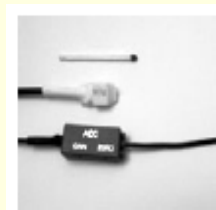
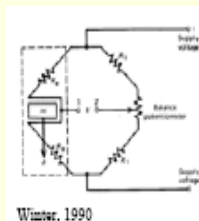
## ηλεκτρογωνιόμετρο

- Στα άκρα κυκλικής αντίστασης εφαρμόζεται τάση. Η μεταβολή της γωνίας που σχηματίζεται είναι ανάλογη της μεταβολής της τάσης



Εύκαμπτο ηλεκτρογωνιόμετρο

## Επιταχυνσιόμετρο

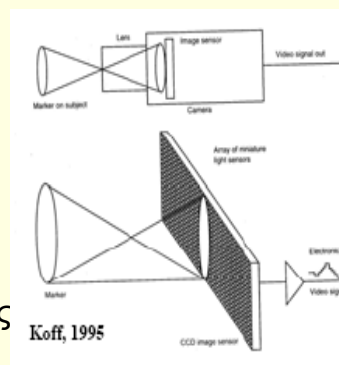


## Ανάλυση κίνησης με βιντεοκαμερες

- Δισδιάστατη
- Τρισδιάστατη
- Κινηματική σε ένα επίπεδο
- Κινηματική σε τρία επίπεδα

## Αισθητήρας εικόνας (charged-coupled device – CCD)

- Μικρή επιφάνεια ( $1\text{cm}^2$ ) που περιέχει μεγάλο αριθμό φωτοευαίσθητων στοιχείων ( $>300,000$ ).
- Το είδωλο προβάλεται πάνω στο CCD και φορτίζει κάποια από τα κύτταρα.
- Το φορτίο μετατρέπεται σε ηλεκτρικό ρεύμα ή video σήμα το οποίο περιέχει πληροφορίες σχετικά με το χρώμα και την ένταση του φωτός



## Διάφραγμα

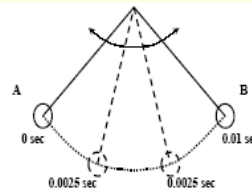
- Ποσότητα φωτός που θα επιτραπεί να περάσει στην εικόνα
- Σειρά ημικυκλικών επικαλυπτόμενων ελασμάτων που μεταβάλουν ανάλογα με την ρύθμιση τον βαθμό επικάλυψης
- Ρυθμίζεται σε βήματα (*f-stop*), 1-1.4-2-2.8-4-5.6-8-11-16-22.
- Κάθε βήμα επιτρέπει την διέλευση διπλάσιας ποσότητας φωτός από το προηγούμενο



## Συχνότητα δειγματοληψίας

- Ο αριθμός εικόνων ανά sec
  - 30, 50, 100, 200 f/s

Η ταχύτητα λήψης αποτελεί κρίσιμο στοιχείο για την καταλληλότητα της κάμερας για ανάλυση της κίνησης



400Hz (κάθε εικόνα αντιστοιχεί σε 0.0025 sec)



100Hz (κάθε εικόνα αντιστοιχεί σε 0.01 sec)



50Hz (κάθε εικόνα αντιστοιχεί σε 0.02 sec)



## Πρωτεργάτες της ανάλυσης της κίνησης (Motion Analysis)

- Edward Muybridge
  - Λήψη φωτογραφιών σε άλογα το 1870s
  - Αργότερα έκανε φωτογράφιση ανθρώπων σε διάφορες κινήσεις
  - Χρόνος λήψης φωτογραφιών 1/60s



## Σημαντικά χαρακτηριστικά του βίντεο

- Ανάπτυξη νέων (PAL: 625 Οριζόντιες γραμμές)
  - VHS: 240 κατακόρυφες γραμμές
  - SVHS: 400 κατακόρυφες γραμμές
  - Digital: >500 κατακόρυφες γραμμές
- Ηλεκτρονικό διάφραγμα υψηλής ταχύτητας
  - «Πάγωμα» εικόνας
  - Χρόνος ανοικτού διαφράγματος: 1/120 s, 1/250 s, 1/500 s
  - Καμία σχέση με συχνότητα δειγματοληψίας (25 frames/s)!



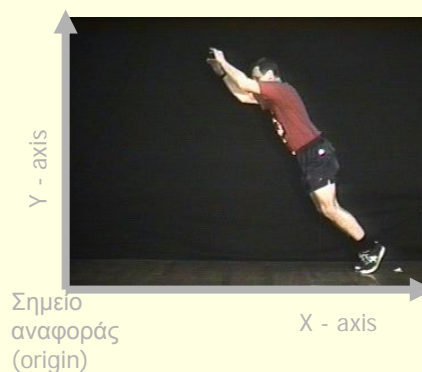
## Σημαντικά χαρακτηριστικά του βίντεο

- Βελτίωση της ποιότητας της εικόνας
  - Χρήση 3 αντί για 1 charge coupled devices (CCDs) στην κάμερα
    - CCDs είναι ευαίσθητα pixels όπου γίνεται η καταγραφή της εικόνας
- Βελτίωση στην συχνότητα δειγματοληψίας (Sampling Rate)
  - PAL video έγγραφή σε 25 εικόνες/s (frames/s)
    - Κάθε εικόνα αποτελείται από 2 καρτέ (fields)
    - Κάποιες κάμερες μπορούν να παρουσιάσουν και τα 2 καρτέ (50 fields/s)
- Ανάπτυξη κάμερας υψηλής ταχύτητας



## 2D Video Analysis

- Χρήση για κινήσεις που γίνονται σε ένα επίπεδο (PLANAR activities)
  - Τα μέλη του σώματος κινούνται στο ίδιο επίπεδο
    - βόδιση (Gait) ?
    - Ποδηλασία (Cycling) ?
    - Αλματα (Jumping) ?
- Χρήση 1 κάμερα
  - Αποτελέσματα οι 2 συντεταγμένες κάθε σημείου στα μέλη που εξετάζουμε:
    - x – Οριζόντιο
    - y – Κατακόρυφο



## Μεθοδολογία 2D εγγραφής

Βασικά σημεία προσοχής:

- Τοποθέτηση της κάμερας σε σταθερό καλής ποιότητας τρίποδα
  - Κλείδωμα της κεφαλής της κάμερας
- Τοποθέτηση κάμερας μακριά από την κίνηση



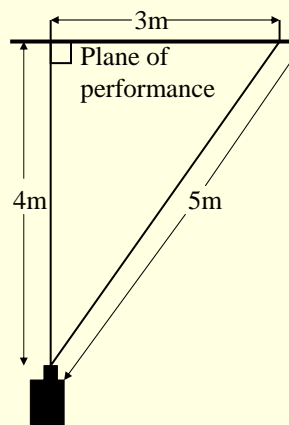
VS.



- Μείωση σφάλματος λόγω θέσης (**perspective error**)
- Χρήση φακών για να φέρουμε την εικόνα όσο δυνατόν πιο κοντά ώστε να βελτιωθεί η ποιότητα ψηφιοποίησης

## Μεθοδολογία 2D εγγραφής

- Διαδοχικές **συγχρονισμένες** κάμερες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εγγραφή κίνησης με μεγάλο εύρος
  - Τρέξιμο / άλματα
- Τοποθέτηση camera(s) κάθετα στο επίπεδο κίνησης
  - Χρήση ορθογωνίου τριγώνου 3-4-5
  - Πολλαπλάσια του τριγώνου 3-4-5
- Χρήση διαβαθμιστή
  - (π.χ.) Ξύλο μήκους 1 m
  - Ορισμός οριζόντιου και κατακόρυφου επιπέδου





## Μεθοδολογία εγγραφής

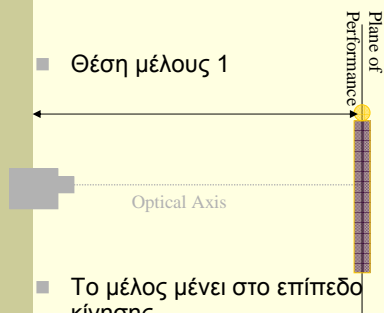
- **Χρήση εξωτερικού φωτισμού**
  - Εγγραφή σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού
  - Πολλαπλοί φωτισμοί από κάθε πλευρά (30° αριστερά και δεξιά της κάμερας)
  - Εξαιρετικά σημαντικό σε κλειστό χώρο καθώς και σε γρήγορη δειγματοληψία (απαραίτητα υψηλή ταχύτητα διαφράγματος)
- **Χρήση σκοτεινής κουρτίνας ως background**
  - Πίνακας πληροφοριών (ημερομηνία, όνομα εθελοντή, αριθμός προσπάθειας κλπ)
- **Εθελοντές**
  - Ρούχα
  - Κέντρα αρθρώσεων για μαρκάρισμα



## Σημαντικότερα προβλήματα με την 2D ανάλυση της κίνησης:

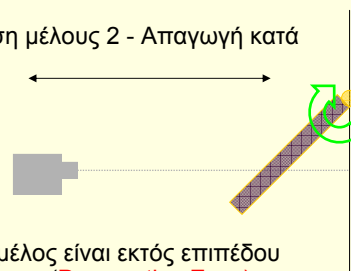
### Πρόσθιο επίπεδο (Frontal Plane View)

- Θέση μέλους 1



- Το μέλος μένει στο επίπεδο κίνησης
  - ☺ Μήκος μέλους
  - ☺ Γωνίες αρθρώσεων
  - ☺ 2D Σωστή

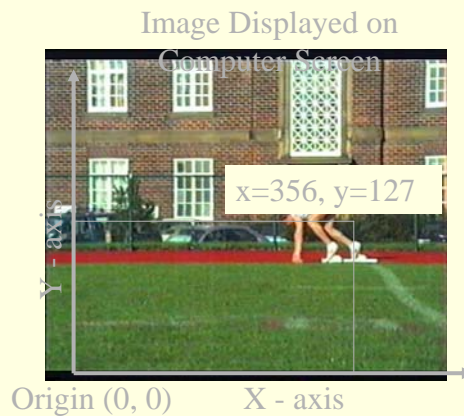
- Θέση μέλους 2 - Απαγωγή κατά 45°



- Το μέλος είναι εκτός επιπέδου κίνησης (**Perspective Error**)
  - ☹ Μήκος μέλους λάθος
  - ☹ Γωνίες αρθρώσεων λάθος
  - ☹ 2D λάθος → 3D σωστή

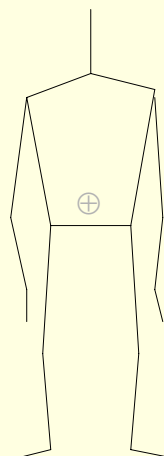
## Τι είναι η ψηφιοποίηση συντεταγμένων ?

1. Εικόνα λαμβάνεται από ειδική κάρτα υπολογιστή και μεταφέρεται στην οθόνη.
2. Θέση X και Y συντεταγμένων καθορισμένων σημείων του σώματος (π.χ. Κέντρα αρθρώσεων)
3. Τα σημεία ενώνονται μεταξύ τους δημιουργώντας το 'stick figure' ή 'humanoid'



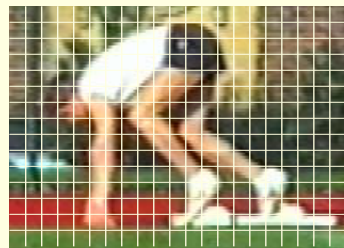
## Ανθρώπινο μοντέλο

- Για την ανάλυση όλου του σώματος συνήθως
  - Ψηφιοποιούμε 18 σημεία
  - 14 μέλη
- Κέντρο μάζας σώματος ( $\oplus$ )
  - Υπολογίζεται από:
    - Συντεταγμένες σημείων
    - Θέσεις κέντρων μάζας των μελών



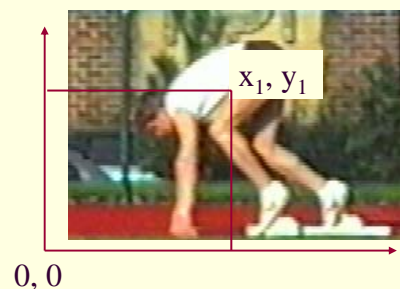
## Ευκρίνεια Βίντεο (resolution)

- Μικρές μετακινήσεις μπορούν να μετρηθούν. Περιορίζεται από τον αριθμό των 'pixels'
- Τυπική Ευκρίνεια
  - 768 Οριζόντια
  - 575 Κατακόρυφη
  - πχ. 768 x 575
  - ή 1280 x 1024
- Υψηλή Ευκρίνεια
  - Υψηλή μέχρι: 12,228 x 9,126



## Υπολογισμός θέσης σημείων

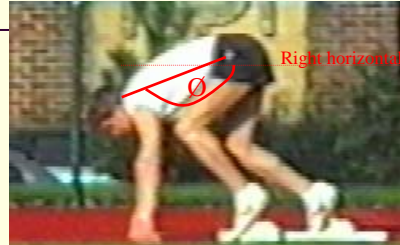
- Χρειάζεται διαβαθμιστής
  - π.χ 1 m χάρακας = 300 κατακόρυφα και οριζόντια Pixels
- Οριζόντια θέση ισχίου
  - $x_1$  είναι (π.χ.) 550 Pixels από την αρχή των αξόνων
    - Θέση είναι  $550/300 = 1.83$  m από το 0,0
- Κατακόρυφη θέση ισχίου
  - $y_1$  είναι (π.χ.) 310 Pixels από την αρχή των αξόνων
    - Θέση είναι  $310/300 = 1.03$  m από το 0,0



## Υπολογισμός γωνιών

- Απόλυτες γωνίες
  - Γωνία μέλους (π.χ. κορμός)
- Σχετικές γωνίες
  - Γωνιακή σχέση μεταξύ δύο μελών
- Πως υπολογίζονται?
  - Τριγωνομετρία και Πυθαγόρειο Θεώρημα

Absolute Angles: e.g. Trunk ( $\theta$ )



Relative Angles: e.g. Knee ( $\theta$ )

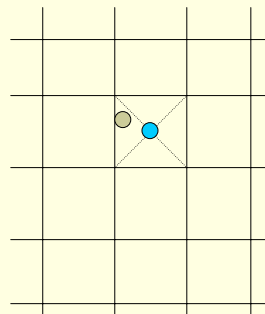


## Σφάλμα Ψηφιοποίησης

“The sampled signal from film of the paths of human body landmarks, consists of two parts: the underlying true signal and the noise which impinges on this signal”

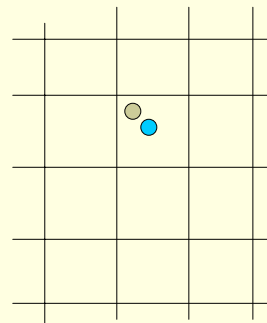
Challis and Kerwin (1988)

Sampled Signal ●  
=  
True Signal ●  
+  
Noise (Error) ● - ●

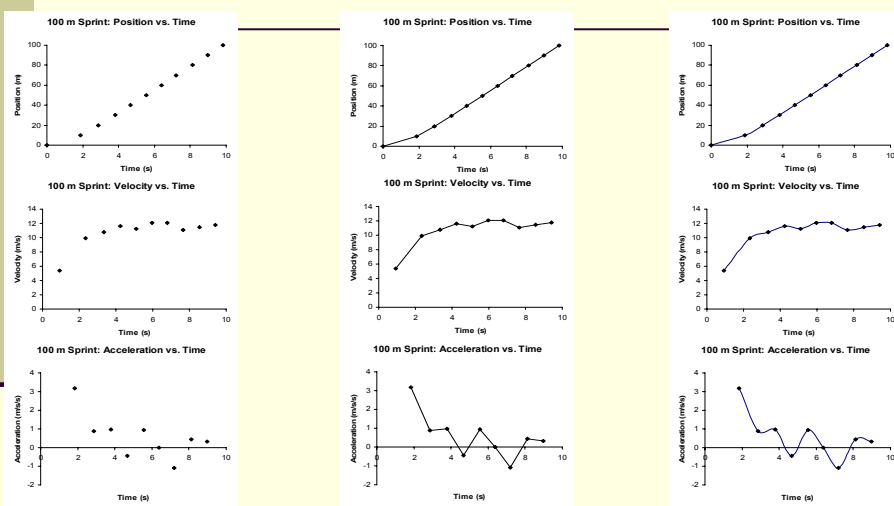


# Πηγές σφάλματος στις συντεταγμένες

- Συστηματικό σφάλμα (π.χ.)
  - Λανθασμένη τοποθέτηση κάμερας
  - Μετακίνηση κάμερας
  - Perspective error
  - Διαβάθμιση
  - Λάθος αντίληψη θέσεως των ανατομικών σημείων
- Τυχαίο (π.χ.)
  - Μετακίνηση δέρματος - marker
  - Χαμηλή ευκρίνεια
  - Ανθρώπινο σφάλμα ψηφιοποίησης



# Σφάλμα στις μετρήσεις

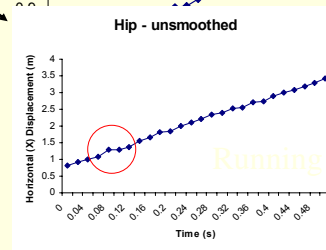
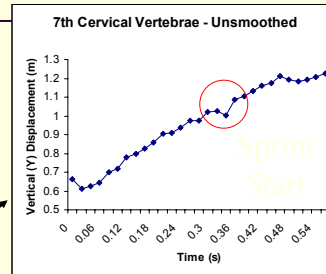


**Αύξηση σφάλματος από μετατόπιση σε ταχύτητα και επιτάχυνση**

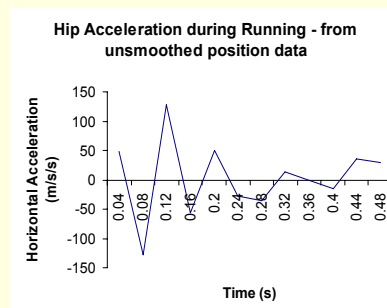
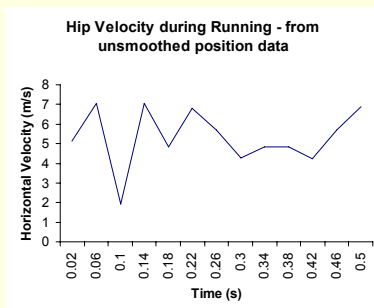
**Καλύτερα ?**

## Επίδραση σφάλματος στην μετατόπιση

- Συστηματικό σφάλμα
  - Πρέπει να μειωθεί χρησιμοποιώντας καλή πρακτική κατά την βιντεοσκόπηση
- Τυχαίο Σφάλμα
  - Φαίνεται στα δεδομένα συντεταγμένων και μετατόπισης
  - Χειροτερεύει στις υπολογιζόμενες μεταβλητές
    - Π.χ. γωνίες
  - Πολλαπλασιάζεται στην παραγωγήση:
    - Ταχύτητα και επιτάχυνση



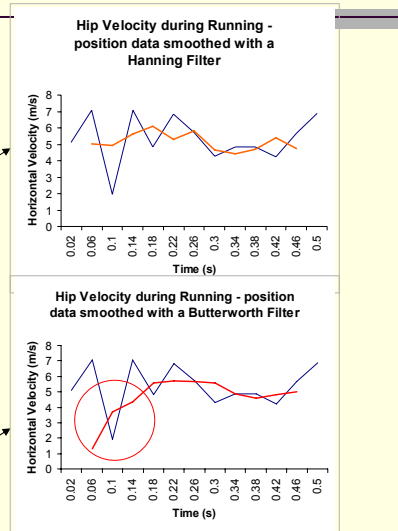
## Επίδραση σφάλματος στην ταχύτητα και επιτάχυνση



Το σφάλμα (θόρυβος) πρέπει να αφαιρεθεί από τα δεδομένα μετατόπισης χρησιμοποιώντας ΦΙΛΤΡΑ

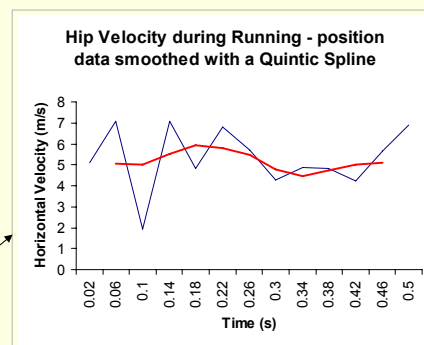
## Εξομάλυνση με Ψηφιακά Φίλτρα

- Απλά φίλτρα
  - Υπολογισμός τιμής με βάση προηγούμενες ή/και επόμενες μη φιλτραρισμένες τιμές.
    - π.χ. **Hanning Filter**
- Σύνθετα φίλτρα
  - Υπολογισμός τιμής με βάση προηγούμενες φιλτραρισμένες τιμές και επόμενες μη φιλτραρισμένες τιμές. Παραμετροποίηση βαθμού εξομάλυνσης.
    - π.χ. **Butterworth Filter**

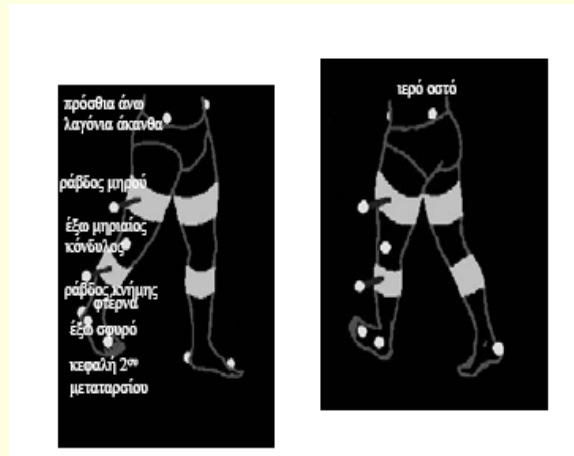


## Εξομάλυνση με προσαρμογή καμπύλης (Curve Fitting)

- Οι καμπύλες προσαρμόζονται στα δεδομένα με βάση κάποια μαθηματική σχέση τιμής - χρόνου:
  - Πολυώνυμα
  - Τμηματικά Πολυώνυμα (Splines)



## Helen Hays marker set



## Κινηματική ανάλυση

- Οπτοηλεκτρονικά συστήματα



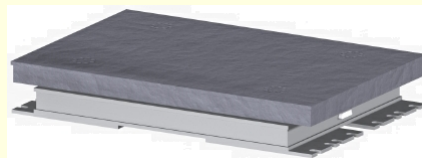


Vicon

demo

## Κινητική ανάλυση

- Δυναμοδάπεδα



## Πληροφορίες από την ποσοτική ανάλυση βίντεο

