



## ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

### **Χρήση των ATC sensors για την ανίχνευση πτώσης ηλικιωμένων**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

ΤΟΥ

**ΣΩΤΗΡΙΟΥ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ**

**Επιβλέπων :** Δημήτριος Κουτσούρης  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2014



# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

## Χρήση των ATC sensors για την ανίχνευση πτώσης ηλικιωμένων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΣΩΤΗΡΙΟΥ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ

**Επιβλέπων :** Δημήτριος Κουτσούρης  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2014





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ  
ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

## Χρήση των ATC sensors για την ανίχνευση πτώσης ηλικιωμένων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

**ΣΩΤΗΡΙΟΥ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ**

**Επιβλέπων :** Δημήτριος Κουτσούρης  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή τον Μάρτιο του 2014

(Υπογραφή)

.....  
Δημήτριος Κουτσούρης  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

(Υπογραφή)

.....  
Κωνσταντίνα Νικήτα  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

(Υπογραφή)

.....  
Γεώργιος Ματσόπουλος  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2014

.....  
Σωτηρίου Δ. Αναστάσιος

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Σωτηρίου Δ. Αναστάσιος, 2014

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ανθρώπινη κοινωνία έχει έρθει αντιμέτωπη με σημαντικές δημογραφικές αλλαγές τον τελευταίο αιώνα. Ο μέσος όρος ηλικίας των ανθρώπων έχει ανέβει και τα επόμενα χρόνια αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά το ποσοστό ηλικίας των ανθρώπων άνω των 65 ετών. Ένα κύριο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι ηλικιωμένοι είναι οι πτώσεις. Έχουν γίνει πολλές μελέτες που αφορούν συστήματα ανίχνευσης πτώσεων και αξιοποιούν τις τεχνολογικές εξελίξεις. Σε αυτήν την διπλωματική παρουσιάζεται και αναλύεται ένα αυτοματοποιημένο σύστημα ανίχνευσης πτώσεων που περιλαμβάνει ασύγχρονους αισθητήρες χρονικής ανάλυσης και ονομάζονται ATC αισθητήρες. Είναι μια βιολογική επηρεασμένη τεχνολογία η οποία χρησιμοποιεί μια καινούργια τεχνική διευθύνσεων-γεγονότων. Λόγω της τεχνικής αυτής η παλιά συμβατική επεξεργασία εικόνων δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί και για αυτό εισάγονται νέες μεθοδολογίες επεξεργασίας και ανάλυσης. Αναλύονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα καθώς και τεχνολογική εξέλιξη της που χρησιμοποιείται από το CARE project, ένα ευρωπαϊκό χρηματοδοτούμενο πρόγραμμα που έχει ως σκοπό την ανάπτυξη τεχνολογιών για την ανίχνευση πτώσης ηλικιωμένων.

## ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ

<< Ηλικιωμένοι, ανίχνευση πτώσεων, ασύγχρονος αισθητήρας όρασης, τεχνολογία διευθύνσεων-γεγονότων>>

## **ABSTRACT**

Human society is confronted with major demographic problems in the last century. The average age of the people has risen and the coming years the percentage of people over 65 years old is expected to significantly increased. A main problem that face the elderly people are the falls. There have been many studies on fall detection systems that exploit technological developments. In this dissertation it is presented an analyzed automatic fall detection system that includes asynchroneal temporal vision sensors which name is ATC vision sensors. Its a biological inspired technology which uses a new address-event technique. Because of this technique the conventional image processing cannot be performed and this introduces new analyzing and processing methodologies. There are analyzed the advantages and the disadvantages of this technology as well as the technological developments of CARE project, which is a European funded program that aims to develop technologies for detection systems for elderly people.

## **KEY WORDS**

<< Elderly people, fall detection, asynchronous vision sensor, address-event technology >>





## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου κ. Δημήτριο Κουτσούρη που μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα τόσο σημαντικό και ενδιαφέρον θέμα. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω και τον συνεργάτη του εργαστηρίου κ. Κώστα Γκιόκα για την καθοδήγηση του. Επίσης νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω τους γονείς μου Δημήτρη και Διονυσία για την αμέριστη στήριξη και υπομονή που μού έχουν δείξει μέχρι και την εκπόνηση αυτής της εργασίας. Με την βοήθεια τους κατάφερα να φτάσω στο τέλος ενός πολύ όμορφου ταξιδιού. Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τα αδέρφια μου Γιώργο και Όλγα-Ρουμπίνη για την ψυχολογική υποστήριξη τους στο πρόσωπο μου.



## Πίνακας περιεχομένων

<b>1</b>	<b>Εισαγωγή</b> .....	<b>12</b>
	1.1 <Η ανάγκη για την πρόβλεψη της πτώσης των ηλικιωμένων>.....	12
	1.3 <Οργάνωση κειμένου> .....	18
<b>2</b>	<b>Υπόβαθρο</b> .....	<b>19</b>
	2.1 < Ορισμός και ανάλυση πτώσεων> .....	19
	2.2 < Ανάλυση των υπάρχουσων τεχνολογιών για την ανίχνευση της πτώσης των ηλικιωμένων > .....	23
	2.3 < Ηθικά ζητήματα που προκύπτουν από την παρακολούθηση ηλικιωμένων > .....	34
	2.4 <Απαιτήσεις από τα συστήματα ανίχνευσης πτώσεων> .....	33
<b>3</b>	<b>ATC Αισθητήρες</b> .....	<b>41</b>
	3.1 <Ένας ασύγχρονος αισθητήρας όρασης για την ανίχνευση πτώσης ηλικιωμένων > .....	41
	3.2 < Αρχιτεκτονική διεθύνσεων-γεγονότων και σύγκριση με συμβατική επεξεργασία > .....	53
	3.3< Ανίχνευση πτώσεων χρησιμοποιώντας ATC αισθητήρα > .....	61
	3.4< Τεχνολογικός σχεδιασμός του ATC αισθητήρα > .....	72
<b>4</b>	<b>Μελλοντικές κατευθύνσεις έρευνας</b> .....	<b>77</b>
	4.1 <CARE PROJECT >.....	77
	4.2 <Χωροχρονική 4D Ανάλυση Πτώσεων >.....	81
<b>5</b>	<b>Επίλογος</b> .....	<b>92</b>
<b>6</b>	<b>Βιβλιογραφία</b> .....	<b>95</b>

# 1

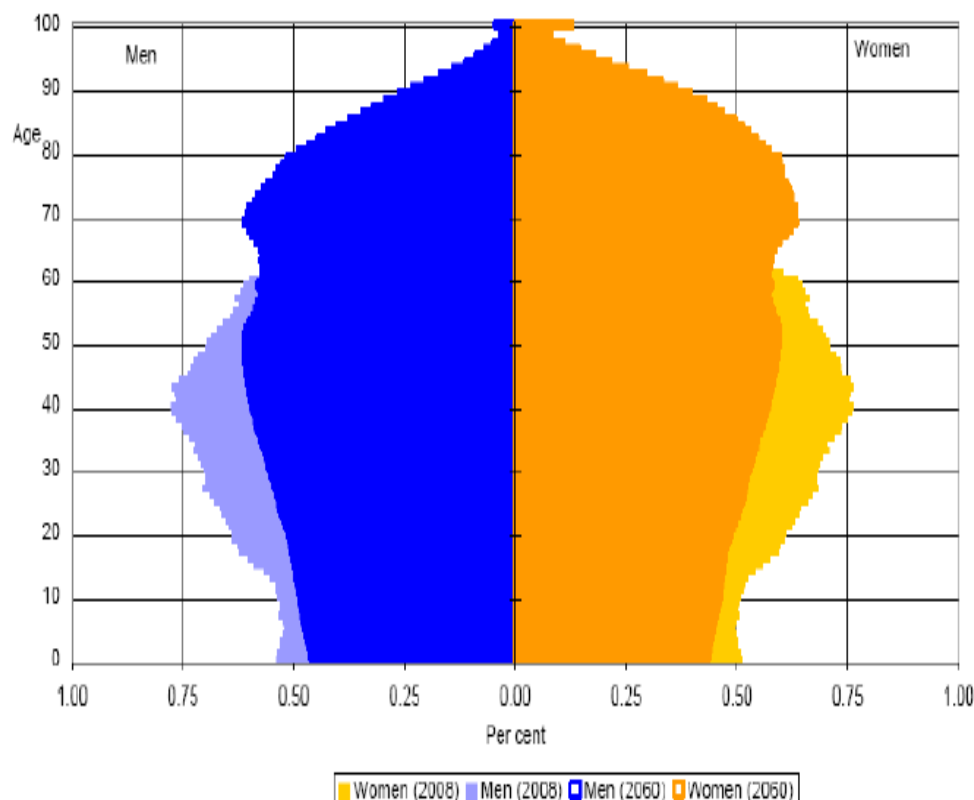
## Εισαγωγή

### 1.1 <Η ανάγκη για την πρόβλεψη της πτώσης των ηλικιωμένων>

Ο 20<sup>ος</sup> αιώνας έχει φέρει δραματικές δημογραφικές αλλαγές για τα κράτη και συγκεκριμένα στην Ευρώπη. Ο μέσος όρος ηλικίας έχει αυξηθεί σημαντικά και στα επόμενα 50 χρόνια αντιμετωπίζουμε ένα μαζικό πρόβλημα αύξησης του ποσοστού των ανθρώπων ηλικίας ανω των 65 ετών. Οι επιστήμονες θεωρούν ότι μπορεί να υπάρχει αύξηση έως και 210% του ποσοστού αυτού [1, 2]. Οι δημογραφικές αυτές αλλαγές θα προκαλέσουν πολύ σημαντικές αλλαγές για όλη την κοινωνία. Η φροντίδα του όλου και αυξανόμενου ποσοστού μεγάλης ηλικίας ανθρώπων απαιτεί όλο και περισσότερους οικονομικούς και ανθρώπινους πόρους για την ανάγκη εξέλιξης της τεχνολογίας που αφορά την φροντίδα ηλικιωμένων.

Ένα άλλο πρόβλημα που δημιουργείται με την ταχεία αύξηση του ποσοστού των ηλικιωμένων είναι η μείωση του ανθρώπινου ειδικά εκπαιδευμένου προσωπικού, που είναι υπεύθυνο για την φροντίδα των ηλικιωμένων. Η μείωση του ποσοστού των εργαζομένων ανθρώπων συμβάλλει ακόμα περισσότερο σε

αυτή την δυσαναλογία. Είναι απαραίτητο δηλαδή η ανάπτυξη και η εφαρμογή έξυπνων τεχνολογιών που θα μπορέσουν να βοηθήσουν και να καλύψουν μέρος της δουλειάς όσων ασχολούνται με την φροντίδα των ηλικιωμένων.



Source: Eurostat, EUROPOP2008 convergence scenario

**Εικόνα 1 :** Το οικοδόμημα της ανθρώπινης ηλικίας στην Ευρώπη [1]

Οι πτώσεις είναι σημαντικό κοινωνικό και οικονομικό πρόβλημα εξαιτίας του υψηλού ποσοστού πτώσεων ανάμεσα στους όλο και πιο γρήγορα αυξανόμενους πληθυσμούς ατόμων μεγάλης ηλικίας. Περίπου το 28 – 35 % των ατόμων ηλικίας 65 και άνω πέφτουν κάθε χρόνο με το ποσοστό να αυξάνεται σε 32 – 42 % σε αυτούς που είναι ηλικίας 70 ετών και άνω (Διεθνής Οργανισμός Υγείας 2008 -

Eurostat 2008, EUROPOP2008, convergence scenario) [1]. Παρόλα αυτά είναι περισσότερο ο αντίκτυπος που έχει η πτώση στους ηλικιωμένους που προκαλεί μεγάλο ενδιαφέρον και όχι τόσο το ίδιο το περιστατικό. Οι ηλικιωμένοι είναι γενικότερα πιο ευαίσθητοι, πιο ασταθείς, με πιο αργές αντιδράσεις και επιπλέον έχουν περισσότερες πιθανότητες να τραυματιστούν από ότι τα μικρά παιδιά και οι αθλητές που επίσης πέφτουν συχνά. Περίπου το 40 – 60 % των καταγεγραμμένων πτώσεων των ηλικιωμένων οδηγούν σε τραυματισμούς από τις οποίες 30 – 50 % είναι τραυματισμοί μικρής σημασίας, ενώ το 5 - 6 % των πτώσεων οδηγούν σε σπασίματα. Οι περισσότεροι ηλικιωμένοι που θα υποστούν κάταγμα δεν θα επανέλθουν ποτέ στα προηγούμενα επίπεδα κινητικότητας ενώ το 20 % των πτώσεων που έχουν σαν αποτέλεσμα το κάταγμα ισχύος οδηγούν στον θάνατο μέσα στο χρονικό διάστημα ενός έτους. Εάν τα επίπεδα των πτώσεων δεν μειωθούν άμεσα, σύμφωνα με μελέτες το 2030 θα έχουμε διπλασιασμό των τραυματισμών [1, 2].

Οι πτώσεις έχουν επίσης κοινωνικές και ψυχολογικές επιπτώσεις. Κοινωνικά μια πτώση μπορεί να οδηγήσει στην απώλεια της κοινωνικής ανεξαρτησίας καθώς και της κοινωνικής συμμετοχής. Σύμφωνα με μελέτες το 54 % των ανθρώπων ηλικίας 70 και άνω έχουν ψυχολογικό φόβο για τις πτώσεις με αποτέλεσμα την μείωση της συμμετοχής τους σε κοινωνικές και φυσικές δραστηριότητες[2]. Οι κύριες επιπτώσεις που προκαλεί ο φόβος των πτώσεων είναι η μείωση της σωματικής και νοητικής επίδοσης, αύξηση του ενδεχόμενου πτώσης, και γενικότερη μείωση της ποιότητας ζωής. Οι πτώσεις μπορούν επίσης να επηρεάσουν το οικογενειακό περιβάλλον του ατόμου, όπως η σύζυγος τα παιδιά ή οι φίλοι, δημιουργώντας έντονες ανησυχίες. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της προσοχής για τις πτώσεις και το ενδεχόμενο πρόσληψης ειδικά εκπαιδευμένων φροντιστών. Δεν είναι έκπληξη ότι κάποιος τραυματισμός από πτώση και ο φόβος που αναπτύσσεται λόγω αυτού είναι ένας κύριος λόγος που οδηγούνται τα άτομα αυτά σε νοσοκομεία.

Η πλειοψηφία των πτώσεων δεν οδηγεί σε τραυματισμούς και επίσης πολλές μικρής σημασίας επιπλοκές και ολισθήσεις δεν καταγράφονται και γρήγορα μένουν στο παρελθόν. Παρόλα αυτά διαφορετική μελέτη και αξιολόγηση γίνεται σε περιπτώσεις όπου μια πτώση οδηγεί σε τραυματισμό κάποιου μαλακού ιστού

η σε κάταγμα, εάν έχουμε δυο οι περισσότερες πτώσεις σε έναν χρόνο (επαναλαμβανόμενες πτώσεις), εάν υπάρχει δυσκολία στο περπάτημα και γενικότερα στην ισορροπία του ατόμου και τέλος αν υπάρχουν φαινόμενα φόβου πτώσης. Μια πολυπαραγοντική αξιολόγηση μπορεί να οδηγήσει σε αποκάλυψη παραγόντων που οδηγούν το άτομο σε κίνδυνο πτώσης και μπορεί επίσης να βοηθήσει στο να αναγνωριστούν οι πιο κατάλληλες παρεμβάσεις που πρέπει να γίνουν. Ο κίνδυνος για πτώση αυξάνεται δραματικά όσο αυξάνονται και οι παράγοντες κινδύνου. Τεχνολογίες που σχετίζονται με τις πτώσεις μπορούν να ταξινομηθούν σε σχέση με την ανίχνευση, την αξιολόγηση, και την πρόληψη και στην συνέχεια να ταξινομηθούν σχετικά με το που βρίσκονται όπως σε κάποιο νοσοκομείο, σε γηροκομείο ή σε κατ' οίκον. Μια μεγάλη ποικιλία τεχνολογιών για τις πτώσεις υπάρχει τόσο για περιστατικά μη-πτώσεων, πτώσεων ,πρόσφατες πτώσεις και επαναλαμβανόμενες πτώσεις παρόλο που οι τεχνολογικές απαιτήσεις διαφέρουν για κάθε περιστατικό. Ένα περιλαίμιο με συναγερμό μπορεί να είναι πραγματικά χρήσιμο για κάποιον που υφίσταται συχνές πτώσεις αλλά να μην χρειάζεται σε κάποιον που έχει πολύ περιστασιακές πτώσεις.

Ένα σύστημα ανίχνευσης πτώσης μπορεί να ορισθεί σαν ένας βοηθητικός μηχανισμός που θα ειδοποιεί πότε έχει προκληθεί μια πτώση [3]. Στην πραγματική ζωή οι ανιχνευτές αυτοί έχουν την δυνατότητα να μετριάσουν τις αρνητικές επιπτώσεις που δημιουργούν οι πτώσεις. Συγκεκριμένα οι ανιχνευτές πτώσεων μπορούν να έχουν άμεσο αντίκρισμα στην μείωση του φόβου των πτώσεων καθώς και την άμεση παροχή βοήθειας έπειτα από μια πτώση. Στην πραγματικότητα μια πτώση και ο φόβος για μια πτώση αλληλοεξαρτώνται : ένα άτομο που τυγχάνει πτώσης μπορεί μεταγενέστερα να αναπτύξει φοβία και αντίστροφα η φοβία σε ένα άτομο για πτώση οδηγεί σε αύξηση του ενδεχομένου πτώσης. Τα συστήματα ανίχνευσης πτώσης από την μια πλευρά οδηγούν στην μείωση αυτή που προκαλεί η φοβία για πτώσεις όπως αποφυγή για δραστηριότητες και φυσική άσκηση και γενικότερη ψυχολογική πίεση. Σύμφωνα με μελέτες άτομα τα οποία χρησιμοποίησαν ανιχνευτές πτώσης ένιωθαν πιο ασφαλή και ανεξάρτητα και θεώρησαν ότι τα συστήματα αυτά τελικά αύξησαν την ασφάλεια τους.

Η άλλη πλευρά που καλύπτουν οι ανιχνευτές κίνησης είναι ο χρόνος που παραμένει κάποιος στο πάτωμα έπειτα από μια πτώση. Αυτός ο χρόνος μπορεί να προσδιορίσει και το πόσο σφοδρή είναι μια πτώση και για αυτό είναι τόσο σημαντικός. Πολλοί ηλικιωμένοι οι οποίοι πέφτουν είναι αδύνατο να σηκωθούν χωρίς βοήθεια ενώ το να παραμένουν για αρκετό διάστημα στο πάτωμα οδηγεί σε καταστάσεις όπως υποθερμία, αφυδάτωση ή βρογχοπνευμονία. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό εάν το άτομο ζει μόνο του ή χάσει τις αισθήσεις του λόγω της πτώσης. Σύμφωνα με μελέτες πάνω από το 20 % των ατόμων που προσήλθαν στο νοσοκομείο οφείλεται στο ότι παρέμειναν στο έδαφος για μια και περισσότερη ώρα και παρόλο που δεν υπήρξε άμεσος τραυματισμός από την πτώση τα επίπεδα νοσηρότητας ήταν πολύ αυξημένα για τους επόμενους 6 μήνες.[3] Ικανοί ανιχνευτές πτώσης μπορούν να περιορίσουν τον χρόνο αυτό. Ένας ικανός ανιχνευτής μπορεί να διαχωρίσει ποτέ μια πτώση είναι όντως πτώση και ποτέ αυτή δεν είναι ακόμα και σε συνθήκες πραγματικής ζωής κάτι το οποίο δεν είναι εύκολο. Εάν προκύψει μια πτώση και ο ανιχνευτής δεν την αναγνωρίσει οι συνέπειες μπορεί να είναι δραματικές. Σε αντίθεση αν το σύστημα ανίχνευσης πτώσεων ανιχνεύει έναν υπερβολικά μεγάλο αριθμό πτώσεων χωρίς πάντα να υπάρχει λόγος αυτό οδηγεί στην απαξίωση του συστήματος από τους χειριστές και τους φροντιστές των ηλικιωμένων. Η ικανότητα αυτή του συστήματος δεν είναι εύκολη υπόθεση. Παρόλο που στο εμπόριο υπάρχουν πολλά προϊόντα πλέον για αυτόν τον λόγο δεν είναι ευρέως γνωστά και έχουν και μικρό αντίκτυπο στην ζωή των ηλικιωμένων.

Υπάρχουσες λύσεις όπως η παρακολούθηση με video ή συναγερμοί οι οποίοι προσαρμόζονται πάνω στους ασθενείς έχουν αποδειχθεί ανεπαρκείς, αναποτελεσματικοί ή και τα δυο. Η παρακολούθηση με video η οποία είναι ευρέως γνωστή σε νοσοκομεία έχει σημαντικά μειονεκτήματα. Από την πλευρά της ηθικής αλλά και της άμεσης των ασθενών παραβιάζεται η προστασία της ιδιωτικής τους ζωής ενώ ακόμα είναι απαραίτητη η χρήση ατόμων για τον χειρισμό των μηχανημάτων. Οι συναγερμοί έχουν αποδειχτεί και αυτοί αναποτελεσματικοί. Εξαρτάται από την θέληση και την ικανότητα των ασθενών να σημάνουν τον συναγερμό. Ένας σταθεροποιημένος συναγερμός μπορεί να μην είναι προσιτός εκείνη την στιγμή ενώ ένας φορητός μπορεί να ξεχαστεί να



φορεθεί. Μια πτώση η οποία συμβαίνει σε συνθήκες αναισθησίας καθιστά αμέσως τον συναγερμό ανίκανο να ενεργοποιηθεί. Συνοψίζοντας : οι υπάρχουσες λύσεις είναι ανεπαρκής , αναποτελεσματικές και/ή ανέφικτες. Χρειάζεται ένα αποτελεσματικό και ικανό αυτόματο σύστημα παρακολούθησης. Οι απαιτήσεις για ένα τέτοιο σύστημα περιλαμβάνει αφάνεια (είναι σημαντικό για τους ηλικιωμένους να μην είναι εμφανής η χρήση του συστήματος), αξιοπιστία (τόσο οι ασθενείς όσο και οι φροντιστές στηρίζονται στην αξιοπιστία του συστήματος σε περιστατικά πτώσεων) και ικανότητα (το σύστημα θα πρέπει να μπορεί να διαχειριστεί αξιόπιστα περιπτώσεις άγνωστες και ασυνήθιστες) [3].

Σε αυτήν την διπλωματική παρουσιάζουμε και αναλύουμε ένα αυτοματοποιημένο σύστημα ανίχνευσης που περιλαμβάνει ασύγχρονους χρονικής αντίθεσης αισθητήρες όρασης (ATC vision sensors). Οι αισθητήρες ATC είναι μια καινούργια βιολογικά επηρεασμένη τεχνολογία που χρησιμοποιεί μια διαφορετική προσέγγιση στο θέμα αίσθησης αυτό που ονομάζουμε αμφιβληστροειδή πυριτίου (silicon retina) [4]. Εξαιτίας της φύσης αυτού του τύπου αισθητήρα οι παραδοσιακές τεχνικές επεξεργασίας εικόνας είναι ανέφικτες καθώς εδώ δεν υπάρχει εικόνα με την παραδοσιακή έννοια που γνωρίζουμε. Εισάγονται κάποιες νέες τεχνικές που βασίζονται στην ανίχνευση του γεγονότος (event based methods) ώστε να αξιοποιηθούν πλήρως οι δυνατότητες αυτής της τεχνολογίας και να θεωρήσουμε αυτό το σύστημα ανίχνευσης πτώσης ηλικιωμένων ως ένα ικανότατο σύστημα.

## 1.2 <Οργάνωση κειμένου >

Η διπλωματική αυτή έχει οργανωθεί σε 6 Κεφάλαια:

Στο **Κεφάλαιο 1** γίνεται η εισαγωγή για το θέμα των ATC αισθητήρων και γίνεται αναφορά στο δημογραφικό πρόβλημα που δημιουργείται από την αύξηση των ηλικιωμένων.

Στο **Κεφάλαιο 2** αναλύεται η έννοια της πτώσης καθώς και οι υπάρχουσες τεχνολογικές λύσεις. Αναλύεται επίσης το ηθικό ζήτημα που προκύπτει από την παρακολούθηση των ηλικιωμένων.

Στο **Κεφάλαιο 3** αναλύεται εκτενώς το θέμα της διπλωματικής, δηλαδή Βοι ATC αισθητήρες. Γίνεται τεχνολογική ανάλυση των μεθοδολογιών που χρησιμοποιεί καθώς και των κατασκευαστικών ιδιοτήτων του.

Στο **Κεφάλαιο 4** γίνεται αναφορά στο CARE project, ένα Βπρογραμμα χρηματοδοτούμενο από την Ευρωπαϊκή Ένωση για την προστασία των ηλικιωμένων στο οποίο χρησιμοποιείται η τεχνολογική εξέλιξη των ATC αισθητήρων.

Το **Κεφάλαιο 5** είναι ο επίλογος στον οποίο και συζητιούνται τα υπέρ και τα κατά αυτής της τεχνολογίας.

Το τελευταίο κεφάλαιο αυτή της διπλωματικής είναι η βιβλιογραφία, στο οποίο παρατίθενται όλες οι επιστημονικές πηγές και έρευνες οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση της.

# 2

## Υπόβαθρο

### 2.1 <Ορισμός και ανάλυση πτώσεων>

Δεν υπάρχει κάποιος σαφής και ξεκάθαρος ορισμός για την “πτώση”, αλλά αυτό που υιοθετούμε πιο συχνά όταν αναφερόμαστε στην πτώση είναι: “ένα γεγονός κατά το οποίο ένα άτομο έρχεται σε επαφή με το έδαφος ή σε κάποιο χαμηλότερο επίπεδο με ή χωρίς την απώλεια συνείδησης [5].

Υπάρχουν αρκετές σαφείς αιτίες για τις οποίες προκαλούνται πτώσεις στα ηλικιωμένα άτομα, όπως παρουσιάζονται και στον Πίνακα 1, όπου συνοψίζονται αποτελέσματα από τις κυριότερες μελέτες που έχουν γίνει και αφορούν συνθηκες πτώσεων ηλικιωμένων σε διάφορους χώρους. “Τυχαίες” πτώσεις ή πτώσεις που σχετίζονται με το περιβάλλον στο οποίο ζουν οι ηλικιωμένοι ανέρχονται σε 30 – 50 % [5]. Ωστόσο πολλές πτώσεις που αποδίδονται σε ατυχήματα στην πραγματικότητα προέρχονται από την αλληλεπίδραση των αναγνωρίσιμων κινδύνων του περιβάλλοντος και στην αυξημένη ευαισθησία των ηλικιωμένων στα συσσωρευμένα προβλήματα λόγω ηλικίας και ασθενειών. Οι μεγαλύτεροι σε

ηλικία άνθρωποι έχουν πιο άκαμπτο, λιγότερο συντονισμένο και επικίνδυνο βάδισμα από ότι οι νεώτεροι σε ηλικία. Ο έλεγχος της στάσης του σώματος, τα αντανακλαστικά που αφορούν τον προσανατολισμό του σώματος, η μυική δύναμη, και η σταθερότητα του βηματισμού όλα μειώνονται με την αύξηση της ηλικίας και αυτό έχει σαν συνέπεια την μείωση της ικανότητας για αποφυγή μιας πτώσης έπειτα από κάποια αιτία που θα την προκαλέσει. Οι σχετικά με τη αύξηση της ηλικίας βλάβες της όρασης, της ακοής και της μνήμης επίσης συμβάλλουν στην αύξηση των ολισθήσεων και των πτώσεων.

ΑΙΤΙΑ	ΜΕΣΟ ΠΟΣΟΣΤΟ (%)
“Τυχαίες”, Σχετιζόμενες με Περιβάλλον	31
Βάδισμα/Δυσλειτουργία Ισορροπίας	17
Ζάλη/Ίλιγγος	13
Ξαφνική Πτώση	9
Σύγχυση	5
Υπόταση	3
Οπτική δυσλειτουργία	2
Συγκοπή	0.3
Άλλες προσδιορισμένες αιτίες	15
Άγνωστες Αιτίες	5

**Πίνακας 1 :** Αιτίες πτώσεων των ηλικιωμένων [5, 6].

Η ευρεία κατηγορία που έχουν σχέση με προβλήματα και αδυναμία βαδίσματος είναι η επόμενη πιο συνηθισμένη αιτία πτώσεων. Η ικανότητα του κανονικού βαδίσματος βασίζεται σε πολλούς βιο-μηχανικούς παράγοντες όπως η ελεύθερη κίνηση των αρθρώσεων, ιδιαίτερα στα πόδια. Άλλοι παράγοντες είναι ο έγκαιρος συγχρονισμός της δράσης των μυών και με την κατάλληλη ένταση τους, καθώς και η κανονική λειτουργία του κέντρου αισθήσεων. Προβλήματα βάδισης επηρεάζουν την λειτουργία των των ατόμων ηλικίας ανω των 65 σε ποσοστό 20 - 40 % ενώ το ποσοστό αυτό γίνεται 40 – 50 % για άτομα ηλικίας 85 και άνω [5, 6].

Η επόμενη σημαντική καταγεγραμμένη αιτία είναι η ζάλη κάτι που είναι απόλυτα συνηθισμένο ανάμεσα σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας. Ωστόσο η ζάλη δεν είναι ένα απόλυτα καθορισμένο σύμπτωμα και πολλές φορές αντικατοπτρίζει προβλήματα τόσο διαφορετικά όσο είναι οι καρδιακές ανεπάρκειες, ορόσταση, παρενέργειες από φάρμακα η ακόμα άγχος και κατάθλιψη.

Οι ξαφνικές πτώσεις (drop attacks) ορίζονται ως πτώσεις χωρίς την απώλεια συνείδησης ή λόγω ζάλης και έχουν συσχετιστεί με ποσοστά μεταξύ 1 έως 10 % των συνολικών πτώσεων [5]. Οι ασθενείς αναφέρονται συνήθως στην εμπειρία ως απότομη αδυναμία των κάτω άκρων και ξαφνική βύθιση του κεφαλιού. Η αδυναμία είναι παροδική αλλά μπορεί να επιμείνει για ώρες. Οι ξαφνικές πτώσεις καταγράφονται στις μέρες μας λιγότερο λόγω καλύτερης διαγνωστικής ακρίβειας.

Η συγκοπή ή η ξαφνική απώλεια των αισθήσεων συνήθως είναι αποτέλεσμα της μειωμένης αιματικής ροής προς τον εγκέφαλο ή άλλων μεταβολικών φαινομένων του οργανισμού. Έχει συσχετιστεί με το 2 - 10 % των πτώσεων. Άλλοι προσδιορισμένοι λόγοι που οδηγούν σε πτώσεις είναι η δυσλειτουργία του νευρικού συστήματος, κακή όραση, παρενέργειες από φάρμακα, κατανάλωση αλκοόλ, αναιμία, προβλήματα στα πόδια, οστεοπώρωση ή άλλες σοβαρές ασθένειες. Επειδή στους περισσότερους ηλικιωμένους μπορεί να υπάρχουν αρκετές αιτίες που δρουν ταυτόχρονα και οδηγούν σε πτώση, η ακριβής αιτία είναι δύσκολο να εντοπιστεί [5].

Σε μια κοινωνία λοιπόν όπου ο αριθμός των ηλικιωμένων αυξάνεται ραγδαία και με δεδομένο το πρόβλημα των πτώσεων για αυτούς η ανάγκη για ανάπτυξη τεχνολογιών και οι μελέτες που γίνονται πάνω σε αυτές για την ανίχνευση των περιστατικών αυτών είναι πιο μείζον θέμα από ποτέ.

## 2.2 <Ανάλυση των υπάρχουσων τεχνολογιών για την ανίχνευση της πτώσης των ηλικιωμένων >

Έχουν γίνει πολλές μελέτες που αφορούν την κατάταξη των συστημάτων ανίχνευσης των πτώσεων για τους ηλικιωμένους. Ουσιαστικά η δομή όλων αυτών των συστημάτων είναι πάντα παρόμοια. Ο κύριος στόχος τους είναι να εισάγουν διακρίσεις μεταξύ των περιστατικών που υπάρχει πτώση και της δραστηριότητας της καθημερινότητας που για συντομία χρησιμοποιείται ο όρος ADL (activities of daily living). Η ταξινόμηση σε κατηγορία ADL δραστηριοτήτων δεν είναι εύκολη υπόθεση καθώς το να κάθεται κάποιος ή να πηγαίνει από μια καθιστή θέση σε ξαπλωμένη, είναι δραστηριότητες που έχουν πολλές ομοιότητες με μια πτώση. Λόγω αυτού για να δοκιμαστεί ένας ανιχνευτής πτώσεων είναι απαραίτητο να γίνει συλλογή δεδομένων τόσο από πτώσεις όσο και από ADL δραστηριότητες, οι οποίες μπορεί να είναι ή πραγματικές ( κάτι το οποίο είναι πολύ δύσκολο ειδικά όσον αφορά τις πτώσεις) είτε προσομοιωμένες από εθελοντές. Αυτά τα δεδομένα καταγράφονται από αισθητήρες και μπορεί να είναι της μορφής καταγραφής επιτάχυνσης, εικόνες, καταγραφή πίεσης και άλλες μορφές. Τότε επεξεργάζονται και κατηγοριοποιούνται χρησιμοποιώντας μια κατάλληλη τεχνική για την ανάλυση πτώσεων που ξεχωρίζει αυτές που είναι όντως πτώσεις από αυτές που είναι ADL δραστηριότητες. Στις περισσότερες περιπτώσεις η απόδοση του ανιχνευτή εκφράζεται σε όρους ευαισθησίας (SE) και εξειδίκευσης (SP). Η ευαισθησία είναι η ικανότητα του ανιχνευτή να ταξινομεί σωστά μια πτώση σαν πτώση ενώ η εξειδίκευση είναι η ικανότητα να ταξινομείται σωστά μια ADL δραστηριότητα.

Έπειτα από μελέτη της βιβλιογραφίας μπορούμε να κατατάξουμε τους ανιχνευτές πτώσης σε δύο κατηγορίες: πλαίσιο-ενήμερα συστήματα (context-aware) και συσκευές που μπορούν να φορεθούν (wearable devices) [3,7].

## Contex-aware συστήματα

Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν αισθητήρες για να ανιχνεύουν πτώσεις. Το κύριο πλεονέκτημα που έχουν είναι ότι δεν χρειάζεται το άτομο να φορά κάποια ειδική συσκευή.

Ανάμεσα σε όλους τους πιθανούς τύπους αισθητήρων οι πιο δεδομένοι είναι οι κάμερες, οι αισθητήρες δαπέδου, υπέρυθροι αισθητήρες, μικρόφωνα και αισθητήρες πίεσης. Συστήματα που βασίζονται στην τεχνολογία βίντεο μπορούν να θεωρηθούν ως υποκατηγορία των contex-aware συστημάτων καθώς χρησιμοποιούν τεχνολογίες ανίχνευσης που διαφέρουν από τις υπόλοιπες κατηγορίες. Ο Πίνακας 2 παρουσιάζει τις πιο σημαντικές μελέτες και τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί όσον αφορά αυτήν την κατηγορία ανιχνευτών πτώσεων και αναλύονται κάποια βασικά χαρακτηριστικά τους.

Υπάρχει μεγάλη διακύμανση όσον αφορά τις τεχνικές ανίχνευσης όσον αφορά τον τύπο αισθητήρα που χρησιμοποιείται κάθε φορά. Όλες οι μεθοδολογίες και οι τεχνικές ξεκινούν με κάποια εξαγωγή χαρακτηριστικών όπως για παράδειγμα η αναλογία ανθρώπινου ύψους και βάρους, τα σημεία αιχμής από την σιλουέτα ενός ατόμου, ο προσανατολισμός του κύριου άξονα του, οι αλλαγές που καταγράφονται στον φωτισμό, το πλάτος το ύψος και το βάθος του ανθρώπινου σώματος ή το χρώμα του ατόμου για να μπορεί να ανιχνευθεί. Στη συνέχεια όλα αυτά τα χαρακτηριστικά συγκρίνονται και ταξινομούνται ώστε να γίνει η διάκριση μεταξύ των πραγματικών πτώσεων από αυτές που δεν είναι χρησιμοποιώντας διαφορετικές τεχνικές.

Ο αριθμός των μελετών που έχουν γίνει όσον αφορά τις contex-aware τεχνικές είναι ακόμα χαμηλός σε σχέση με τις μελέτες για συστήματα που μετρούν την επιτάχυνση (acceleration based) και θα αναλυθούν στην συνέχεια [3]. Ένα κοινό που έχουν επίσης όλες οι μελέτες είναι η απουσία ηλικιωμένων ανθρώπων κατά την περίοδο δοκιμών.



Παρόλο που όλες οι μελέτες αναφέρουν σχετικά υψηλά ποσοστά επιτυχίας και ακρίβειας, τα πειραματικά ευρήματα δεν μπορούν να γενικευτούν καθώς υπάρχουν σημαντικοί περιορισμοί στην πειραματική βάση [3]. Για παράδειγμα τα συστήματα που στηρίζονται σε τεχνικές με βίντεο έχουν μια ή το πολύ δυο ακολουθίες σε ελεγχόμενο περιβάλλον ενώ άλλες μελέτες με διαφορετικού τύπου αισθητήρα (όπως οι αισθητήρες πίεσης) χρησιμοποιούν μόνο ένα μικρό μέρος των δεδομένων που έχουν συλλεχτεί από νεαρούς εθελοντές. Πιθανότατα πιο μακράς διάρκειας και σε πραγματικές καταστάσεις πειράματα θα οδηγούσαν σε πιο ρεαλιστικά αποτελέσματα.

Ανησυχίες για την προστασία της ιδιωτικής ζωής δεν είναι μικρής σημασίας. Διαδικασίες και μέθοδοι για την προστασία της ιδιωτικής ζωής εξαρτώνται από τις ιδιότητες του αισθητήρα που χρησιμοποιείται κάθε φορά. Σε κάποιες ακραίες περιπτώσεις που χρησιμοποιείται τεχνολογία με κάμερες οι ερευνητές προτίμησαν να επισκιάσουν ή να νοθεύσουν την εικόνα των ασθενών με σκοπό την διασφάλιση της ιδιωτικής ζωής. Παρόλο που η προστασία των προσωπικών δεδομένων θα έπρεπε να έχει ήδη συνυπολογιστεί από την σχεδίαση των συστημάτων ανίχνευσης πτώσης, δεν έχουν όλες οι έρευνες ακολουθήσει αυτήν την προσέγγιση, κάτι το οποίο κάνει προφανές το ότι πολλές μελέτες προτίμησαν να δώσουν βάρος περισσότερο στις τεχνολογικές μελέτες και όχι τόσο στην ανάπτυξη συστημάτων σε πραγματικές συνθήκες.

Ερευνητής	Βάση	Αισθητήρας
Lee et al.	Μέθοδος με βάση την όραση για την καταγραφή πτώσεων στο σπίτι	Camera
Miaou et al.	Προσαρμοσμένη ανίχνευση πτώσης χρησιμοποιώντας κάμερα πολλών κατευθύνσεων	Camera
Vishwakarma et al.	Αυτόματη ανίχνευση ανθρώπινης πτώσης με βίντεο	Camera
Cucchiara et al.	Σύστημα ανίχνευσης με πολυκάμερα βασισμένο στην όραση με εντοπισμό επικίνδυνων συμπεριφορών	Camera
Fu et al.	Σύστημα με αντίθεση βασισμένο στην όραση που ανιχνεύει τυχαίες πτώσεις	Contrast Vision Sensor
Hazelhoff et al.	Σύστημα όρασης σε πραγματικό χρόνο για ανίχνευση απαρατήρητων περιστατικών στο σπίτι	Camera
Anderson et al.	3D αναπαράσταση του ατόμου χρησιμοποιώντας πολλαπλές κάμερες. Πρώτα γίνεται ο καθορισμός της θέσης και έπειτα της δραστηριότητας	Camera
Lie et al.	Σύστημα ανίχνευσης βασισμένο στην όραση που λαμβάνει υπόψη θέματα προσωπικών δεδομένων.	Camera

Rimminen et al.	Μέθοδος ανίχνευσης πτώσεων που στηρίζεται σε αισθητήρες με τεχνολογία κοντινού πεδίου	Αισθητήρας κοντινού πεδίου
Tzeng et al.	Σύστημα το οποίο προσαρμόζει την ευαισθησία ανίχνευσης σε μια βάση δεδομένων για να μειώσει τους λανθασμένους συναγερμούς	Υπέρυθροι αισθητήρες/αισθητήρες πίεσης
Diraco et al.	Ενεργό σύστημα όρασης για ανίχνευση πτώσεων με αναγνώριση στάσης σώματος για κατ' οίκον νοσηλεία	Camera
Rougier et al.	Σύστημα παρατήρησης που στηρίζεται στην παρακολούθηση της παραμόρφωσης του ανθρώπινου σώματος	Camera
Li et al.	Σύστημα ακουστικής ανίχνευσης	Πίνακας μικροφώνων
Mastorakis et al.	Σύστημα ανίχνευσης σε πραγματικό χρόνο βασισμένο σε αισθητήρα Kinect	Υπέρυθρος αισθητήρας
Zhang et al.	Αυτόματη ανίχνευση πτώσεων με διατήρηση προσωπικής ζωής	RGBD cameras

**Πίνακας 2:** Σύγκριση των contex-aware συστημάτων [3].

## Wearable devices

Μορούν να ορισθούν και να περιγραφούν ως μικροσκοπικές ηλεκτρονικές συσκευές βασισμένες σε αισθητήρες που φοριούνται από τον ασθενή μέσα, έξω ή πάνω από τα ρούχα [3, 7]. Η συντριπτική πλειοψηφία των φορητών ανιχνευτών πτώσης είναι με την μορφή επιταχυνσιόμετρων. Κάποιοι από αυτούς επίσης ενσωματώνουν άλλους αισθητήρες όπως είναι τα γυροσκόπια (gyroscopes) ώστε να αποκτήσουν πληροφορίες για την θέση του ασθενούς. Η χρήση αυτών των εφαρμογών που βασίζεται σε επιταχυνσιόμετρα και γυροσκόπια στην αξιολόγηση της ισορροπίας και του βαδίσματος, στην αξιολόγηση του κινδύνου πτώσεως και στην παρατήρηση της κινητικότητας έχει εκτενώς αναλυθεί στις μέρες μας. Αυτή η τάση έχει αυξηθεί τον τελευταίο καιρό λόγω των οικονομικών ενσωματωμένων αισθητήρων που περιέχονται στα έξυπνα τηλέφωνα (smart phones) [3]. Υπάρχουν δύο υποκατηγορίες για wearable συσκευές οι οποίες αναλύονται παρακάτω και σχετίζονται με το αν υπάρχει εφαρμογή σε smart phone ή όχι.

### Επιταχυνσιόμετρα προσαρμοσμένα στο σώμα

Δεδομένα επιτάχυνσης συλλέγονται κατά την διάρκεια των πτώσεων με την χρησιμοποίηση ανεξάρτητων τριαξονικών επιταχυνσιόμετρων προσαρμοσμένα σε διάφορα σημεία του σώματος. Ο Πίνακας 3 παρουσιάζει τις μελέτες που έχουν γίνει και αφορούν αυτήν την κατηγορία συστημάτων ανίχνευσης πτώσης. Από την στιγμή που ο συγκεκριμένος πίνακας αναφέρεται μόνο σε μεθοδολογίες με επιταχυνσιόμετρα, οι πιθανές τεχνικές για ανίχνευση πτώσεων μειώνεται σε μόλις δυο:

- Μέθοδοι με βάση την ανίχνευση ενός κατώτατου ορίου, TBM, στην οποία αναφέρεται η πτώση όταν η επιτάχυνση φτάσει σε ένα καθορισμένο όριο
- Μέθοδοι μηχανικής μάθησης (MLM)

Οι περισσότερες από τις υπάρχουσες έρευνες αφορούν τεχνικές με την χρήση κατωφλίου, ωστόσο η προσέγγιση με την τεχνική της μηχανικής μάθησης έχει αυξηθεί από το 2010 και έπειτα [3].

Σχετικά με την θέση τοποθέτησης του μηχανισμού από τις έρευνες προκύπτει ότι η τοποθέτηση στην μέση είναι το ιδανικό σημείο για την αναγνώριση πτώσεων. Επιταχυνσιόμετρα προσαρμοσμένα στην μέση του ασθενούς βρίσκονται κοντά στο κέντρο βαρύτητας του σώματος δίνοντας αξιόπιστες πληροφορίες για τις κινήσεις του σώματος.

Όπως και στη προηγούμενη κατηγορία, η δηλωθείσα απόδοση είναι πολύ υψηλή, αλλά το θέμα είναι ότι υπάρχει πολύ μικρή χρήση αυτών των συσκευών στην πρόληψη πτώσεων ηλικιωμένων και μικρή βιομηχανική επένδυση καθώς υπάρχει το ζήτημα των λανθασμένων ειδοποιήσεων. Τα αποτελέσματα των ερευνών είναι πολύ καλά για εργαστηριακά περιβάλλοντα με περιορισμένες συνθήκες και δεδομένα αλλά στο πραγματικό περιβάλλον υπάρχουν πολλοί παράγοντες που μειώνουν την απόδοση αυτών των συστημάτων. Ως εκ τούτου είναι απαραίτητο να γίνουν εκτενέστερες έρευνες που να περιλαμβάνουν δείκτες πιο κοντά στις πραγματικές συνθήκες, όπως για παράδειγμα ο αριθμός των λανθασμένων συναγερμών ανά μέρα.

Ερευνητής	Βάση	Θέση
Linderman et al.	Ανιχνευτής πτώσεων τοποθετημένος στο κεφάλι του ασθενούς	Αυτί
Chen et al.	Ανίχνευση του περιστατικού της πτώσης και εντοπισμός του θύματος	Μέση
Zhang et al.	Σύστημα ανίχνευσης που εφαρμόζει στρατηγικές μάθησης από μηχανή	Μέση
Bourke et al.	Διερεύνηση για την ικανότητα διαλογής πτώσεων από ADL δραστηριότητες	Κορμός, Μηρός
Doukas et al.	Επιταχυνχόμετρα που μεταδίδουν τα δεδομένα κίνησης του ασθενούς ασύρματα στο μέσον	Πόδια
Kangas et al.	Σύγκριση 3 χαμηλής πολυπλοκότητας αλγορίθμων	Καρπός, Κεφάλι, Μέση
Li et al.	Σύστημα ανίχνευσης πτώσεων χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα επιταχυνσιόμετρα και γυροσκόπια	Στήθος, Μηρός
Kangas et al.	Πρωτότυπο ανίχνευσης πτώσης με την επικύρωση της συλλογής δεδομένων	Μέση
Shan et al.	Έρευνα για ανιχνευτή πτώσεων για τις πρώιμες επιπτώσεις	Μέση

Bianchi et al.	Αύξηση των συστημάτων που βασίζονται σε επιταχυνσιόμετρα με χρήση αισθητήρων βαρομετρικής πίεσης	Μέση
Bourke et al.	Συγκρίνει θεωρητικούς ανιχνευτές πτώσης με ποικίλες πολυπλοκότητες	Μέση
Lai et al.	Διάφοροι ανιχνευτές επιτάχυνσης για την από κοινού ανίχνευση πτώσεων	Λαιμός, Χέρι Πόδι, Μέση
Bagala et al.	Χρησιμοποιεί ως σημείο αφοράς τις υπάρχουσες έρευνες ου αφορούν μελέτες σε πραγματικές συνθήκες	Χαμηλά στην πλάτη
Yowono et al.	Χρήση εξελιγμένης μεθόδου ανίχνευσης πτώσης	Μέση
Kerdegari et al.	Έρευνα για την απόδοση αλγορίθμων που ανήκουν σε διαφορετικές κατηγορίες	Μέση
Cheng et al.	Καθημερινή παρακολούθηση δραστηριότητας και ανίχνευση πτώσεων	Στήθος, Μηρός

**Πίνακας 3 :** Σύγκριση των acceleration-based ανιχνευτών πτώσεων [3].

## Επιταχυνσιόμετρα ενσωματωμένα σε smart phones

Στις μέρες μας τα smart phones έχουν ένα πολυάριθμο σύνολο από ενσωματωμένους αισθητήρες, όπως επιταχυνσιόμετρα, ψηφιακή πυξίδα, γυροσκόπια, GPS, μικρόφωνα και κάμερες [3, 7]. Πολλοί ερευνητές προσπαθούν να αξιοποιήσουν αυτά τα πλεονεκτήματα ώστε να συνδυάσουν συστήματα ανίχνευσης πτώσης μαζί με smart phones. Ο Πίνακας 4 παρουσιάζει τις μελέτες που έχουν γίνει πάνω σε αυτό το κομμάτι.

Χαμηλής πολυπλοκότητας αλγόριθμοι που βασίζονται στην τεχνική του κατωφλίου έχουν χρησιμοποιηθεί στις περισσότερες μελέτες και μόνο λίγες κάνουν ένα βήμα περισσότερο με το υιοθετούν τεχνικές εκπαίδευσης από μηχανήματα.

Αναφορικά με την θέση του τηλεφώνου και σε αυτήν την υποκατηγορία η μέση παραμένει η ιδανική θέση για τοποθέτηση, παρόλο που υπάρχει η αναδυόμενη τάση για προσαρμογής τον μηρό καθώς εκεί βρίσκεται η θέση της τσέπης.

Κάποιες από αυτές τις μελέτες έχουν μετατραπεί σε πραγματικές εφαρμογές για την ανίχνευση πτώσεων και είναι διαθέσιμες για λήψη από το Google Play [3]. Παρόλα αυτά ακόμα βρισκόμαστε σε πολύ πρώιμο στάδιο με τις κριτικές από τους χρήστες να είναι ελάχιστες κάτι που σημαίνει ότι τα αποτελέσματα από τις εφαρμογές αυτές δεν είναι ακόμα ικανοποιητικά. Είμαστε αντιμέτωποι με έναν καινούργιο αναπτυσσόμενο κλάδο όπου πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή.



Ερευνητής	Βάση	Θέση
Sposaro et al.	Σύστημα συναγερμού για ανίχνευση πτώσεων με χρήση smart phone	Μηρός(τσέπη)
Dai et al.	Κινητά τηλέφωνα σαν μια πλατφόρμα για την ανάπτυξη συστημάτων ανίχνευσης πτώσεων	Στήθος. Μηρός, Μέση
Lopes et al.	Εφαρμογή για ανίχνευση και καταγραφή πτώσεων αποστέλλοντας SMS ή εντοπίζοντας το τηλέφωνο	Μηρός
Albert et al.	Σχεδιασμένες τεχνικές που όχι μόνο αξιόπιστα ανιχνεύουν μια πτώση αλλά κατηγοριοποιούν και τον τύπο της	Πλάτη
Lee et al.	Μελετά την ευαισθησία και την ειδικότητα της ανίχνευσης πτώσης με την χρήση τεχνολογία κινητών τηλεφώνων	Μηρός
Fang et al.	Πρωτότυπο ανίχνευσης πτώσεων για πλατφόρμα Android	Στήθος. Μηρός, Μέση
Abbate et al.	Σύστημα παρακολούθησης της κίνησης ασθενών όπου αναγνωρίζεται η πτώση και ταυτόχρονα αποστέλλεται ειδοποίηση στον φροντιστή	Μέση

**Πινάκας 4 :** Σύγκριση συστημάτων που ενσωματώνονται σε smart phones [3].

## 2.2 <Ηθικά ζητήματα που προκύπτουν από την παρακολούθηση ηλικιωμένων >

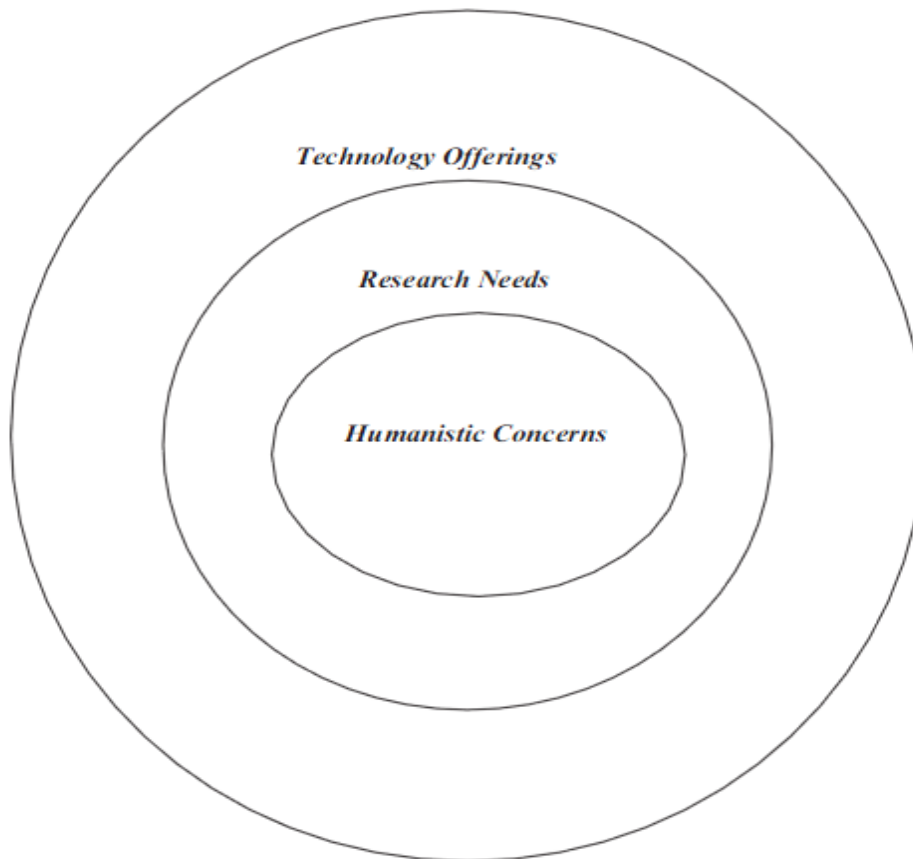
Η λέξη επιτήρηση συχνά φέρνει στο νου αρνητικές εικόνες σύμφωνα με μελέτες που έχουν γίνει και αφορούν την παρέμβαση που έχει η τεχνολογία στην προσωπική ζωή των ηλικιωμένων. Υπάρχουν σαφείς ενδείξεις ότι οι ανησυχίες που σχετίζονται με την ιδιωτική ζωή έχουν περιορίσει αρκετά την είσοδο συστημάτων παρακολούθησης. Σύμφωνα με τις έρευνες το να παρακολουθούνται οι ηλικιωμένοι απέτρεψε πολλούς οργανισμούς που μελετούν το πώς να παρέχονται στους φροντιστές των ηλικιωμένων καλύτερα τεχνικά μέσα, να πάρουν μέρος σε έρευνες [8].

Όταν αναφερόμαστε στην παρακολούθηση, οι όροι επιτήρηση και οι επιδιωκόμενοι στόχοι μπορεί να μπλεχτούν. Για παράδειγμα σχετικά με την προστασία της ιδιωτικής ζωής, το σπίτι είναι παραδοσιακά ένας ιδιωτικός χώρος με καθορισμένα σύνορα. Οι πόρτες οριοθετούν ένα σύνορο που σε κανονικές συνθήκες δεν περιμένουμε από κάποιον να παρακολουθεί. Η παρακολούθηση όμως με κάμερες παραβαίνει το σύνορο αυτό. Το να βρεθεί μια ισορροπία μεταξύ της προστασίας της ιδιωτικής ζωής και της παρακολούθησης είναι μια υπόθεση που πρέπει να γίνουν πολλές μελέτες.

Σε κάποιες μελέτες, η υπόθεση ότι έχουμε ιατρικά οφέλη από την παρακολούθηση υποτίθεται από πριν [8], αλλά οι ερευνητές πρέπει να συνυπολογίσουν της ανησυχίες που εκφράζονται περί οριοθέτησης κατάλληλων συνόρων ώστε να επιτευχθεί η προστασία της ιδιωτικής ζωής. Υπάρχουν κοινωνικό πολιτισμικές παραδοχές και συνήθειες της κοινωνίας οι οποίες είναι απαραίτητο να συνυπολογιστούν.

Από την αρχή της μελέτης του έργου για ένα επιτυχημένο μοντέλο παρακολούθησης των ηλικιωμένων είναι απαραίτητο να υπάρχει ένα ηθικό πλαίσιο στο οποίο θα στηριχτούν οι έρευνες και οι προσδοκώμενες εφαρμογές της τεχνολογίας. Το μοντέλο παρουσιάζεται στην Εικόνα 2 και είναι απαραίτητο να τηρούνται οι αρχές του. Αυτό το μοντέλο διατηρεί τις ανθρωποκεντρικές

ανησυχίες ως κύρια προτεραιότητα του, ενώ διατηρεί τις ερευνητικές και κοινωνικές ανησυχίες που σχετίζονται με την τεχνολογία μέσω κατάλληλων προοπτικών.



**Εικόνα 2** : Ηθικό μοντέλο για τεχνολογική έρευνα και ανάπτυξη [8].

## Ανθρωποκεντρικές ανησυχίες

- Σεβασμός στους ανθρώπους που χρειάζονται κατ' οίκον παρακολούθηση.

Ο σεβασμός πρέπει να υπάρχει σε όλες τις πλευρές της έρευνας και ο ερευνητής θα πρέπει να βρίσκονται σε διαρκή επαγρύπνηση σχετικά με τον μην βρεθούν σε κατάσταση έλλειψης σεβασμού καθώς κοινωνική στάση απέναντι σε τέτοια προβλήματα όπως της "ανικανότητας" πολλές φορές οδηγεί στην μείωση της αυτονομίας και της ποιότητας ζωής.

- Αυτονομία μέσω του σεβασμού για τις ατομικές διαφορές.

Η κοινωνία τείνει να θεωρεί τους ηλικιωμένους λιγότερο ικανούς από τα υπόλοιπα μέλη της. Οι ερευνητές θα πρέπει να διαχειριστούν αυτές τις ανησυχίες βελτιώνοντας την ανεξάρτητη λειτουργία του σπιτιού πολλές φορές αντιμετωπίζοντας την άρνηση της βοήθειας των ηλικιωμένων στις έρευνες.

- Ποιότητα ζωής μέσω του σεβασμού της ανθρώπινης κατάστασης.

Η κοινωνία τείνει να βλέπει τους ηλικιωμένους ως άρρωστους και ανίκανους. Ωστόσο οι ηλικιωμένοι μπορούν να έχουν κοινωνική, νοητική και φυσική υγεία. Μπορούν ακόμα και να ασκηθούν. Οι ερευνητές πρέπει με προσοχή να διασφαλίσουν ότι αναγνωρίζουν τις περιοχές αυτές. διαφορετικά υπάρχει κίνδυνος να παραβιαστεί ο αυτοσεβασμός των ανθρώπων αυτών.

- Σεβασμός προς τους φροντιστές των ηλικιωμένων και τα μέλη των οικογενειών τους.

Τα πρωτόκολλα για την ανθρώπινη παρακολούθηση θα πρέπει να διακρίνονται από μεγάλη ευαισθησία για το πώς επηρεάζονται οι οικογενειακές σχέσεις μέσα στο σπίτι.

### Ερευνητικές ανάγκες και ανησυχίες

- Αναλογικότητα

Ο στόχος των ερευνητών θα πρέπει να είναι να πετυχαίνουν όσο το λιγότερο παρεμβατικά και περιοριστικά μέσα, τα οποία όμως να παραμένουν επαρκή, και έχοντας όσο περισσότερη ευαισθησία γίνεται στο ατομικό περιβάλλον. Για παράδειγμα δυσκίνητα η πολύπλοκα μέσα παρακολούθησης θα πρέπει να γίνονται όσο περισσότερο απλοποιημένα ώστε να βελτιστοποιηθεί η χρήση αλλά και να ελαττωθεί η παρέμβαση στο ατομικό περιβάλλον.

- Θεωρήσεις περί ιδιωτικής ζωής και προστασίας

Όπως και όλα τα πρωτόκολλα που χτίζονται με τον άνθρωπο έτσι και αυτά που σχετίζονται με την ανθρώπινη παρακολούθηση θα πρέπει να δίνουν ιδιαίτερη σημασία σε όλα τα προληπτικά μέτρα που διασφαλίζουν την ατομική και οικογενειακή προστασία ιδιωτικής ζωής και της εμπιστευτικότητας. Για παράδειγμα οι συσκευές παρακολούθησης θα πρέπει να διαθέτουν λειτουργίες προστασίας όπως όταν χρησιμοποιείται το μπάνιο ή γενικότερα για πράξεις που δεν προορίζονται να παρακολουθούνται από τρίτους. Τόσο στο σπίτι όσο και στο εργαστήριο η συγκέντρωση, η αποθήκευση και η ανάκτηση πληροφοριών θα πρέπει να διασφαλίσει την ηθική και νόμιμη λειτουργία τους.

## Τεχνολογικές ανησυχίες και υποσχέσεις

- Διανεμημένη δικαιοσύνη

Τα ερευνητικά πρωτόκολλα πρέπει να κατασκευάζονται με στόχο την ανάπτυξη συστημάτων παρακολούθησης ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες όλων όσων μπορούν να επωφεληθούν από αυτό. Η αύξηση του αριθμού των ηλικιωμένων συνηγορεί στο ότι οι ερευνητικοί συνεργάτες, οι πηγές χρηματοδότησης και τα πρωτόκολλα θα πρέπει να επιλέγονται με δέσμευση στο να καλυφθούν όλοι οι επηρεασμένοι πληθυσμοί.

- Αλήθεια, σύνεση και ταπεινότητα ως αρετές

Το θέμα των ηλικιωμένων είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο στην κοινωνία και κάθε εξέλιξη αποτελεί κυρίαρχο νέο. Για αυτό το λόγο οι ερευνητές είναι υποχρεωμένοι να μεταφέρουν με ειλικρίνεια στον κόσμο όλες τις δυνατότητες των τεχνολογικών εξελίξεων στα μέσα παρακολούθησης. Αυτό περιλαμβάνει σύνεση στο να αναφέρονται οι περιορισμοί που υπάρχουν όσον αφορά τα θετικά αποτελέσματα. Τέλος οι ερευνητές θα πρέπει να προσπαθούν να μένουν όσο το δυνατόν πιο ταπεινοί στην βήμα πρόβλημα προσπάθεια για τεχνολογική εξέλιξη.

## 2.3 <Απαιτήσεις από τα συστήματα ανίχνευσης πτώσεων >

Η κατασκευή ενός ικανού, αξιόπιστου συστήματος υποστήριξης διαβίωσης είναι ένα εξαιρετικά δύσκολο έργο και απαιτεί ειδικούς χειρισμούς. Συνολικά οι κύριες απαιτήσεις ενός τέτοιου ιδανικού συστήματος είναι οι εξής [9].

1. Ικανότητα. Το σύστημα πρέπει να είναι εξαιρετικά ικανό απέναντι σε όλων των ειδών τα λάθη και τις κακές χρήσεις. Λανθασμένες εισοδοί στο σύστημα δεν θα πρέπει να οδηγούν σε δυσλειτουργία ή κατάρρευση.
2. Διαθεσιμότητα. Το σύστημα πρέπει να εκτελεί την δουλειά του ακόμα και με την παρουσία βλάβης ή έλλειψης υλικού, όπως η έλλειψη αποθηκευτικού χώρου ή προβλήματα στο εύρος επικοινωνίας.
3. Επεκτασιμότητα. Το σύστημα πρέπει να υποστηρίζει τις επεκτάσεις του ακόμα και την ώρα που βρίσκεται σε λειτουργία. Για παράδειγμα με ειδικούς αισθητήρες που ελέγχουν τις κύριες λειτουργίες ώστε να γίνει προσαρμογή του συστήματος σε όποιες αλλαγές ανιχνεύονται.
4. Ασφάλεια. Το σύστημα πρέπει να εκτελεί επακριβώς τις λειτουργίες για τις οποίες σχεδιάστηκε. Αυτό απαιτεί ακριβή καθορισμό των προδιαγραφών του συστήματος και καθοδηγούμενη διαδικασία σχεδιασμού ώστε να εξασφαλίζεται ότι τηρούνται οι προδιαγραφές αυτές.
5. Προστασία προσωπικών δεδομένων. Ένα σύστημα υποστήριξης όπως είναι και αυτό της ανίχνευσης πτώσεων αφού παρακολουθεί συνεχώς τις κινήσεις των ατόμων πρέπει να εξασφαλίζει έναν συγκεκριμένο βαθμό ασφάλειας και

προστασίας ιδιωτικών δεδομένων των ατόμων αυτών. Οι κανόνες αυτοί πρέπει να έχουν οριοθετηθεί και αποσαφηνισθεί πλήρως.

6. Αμεσότητα. Οι υπηρεσίες του συστήματος πρέπει να διεκπεραιώνονται άμεσα. Μεγάλες καθυστερήσεις μετά την ανίχνευση περιστατικών δεν επιτρέπονται.
7. Αποδοτική χρήση των πόρων. Οι διαθέσιμοι πόροι όπως για παράδειγμα η επεξεργαστική ισχύς, η μνήμη, ή η ενέργεια του συστήματος πρέπει να χρησιμοποιούνται όσο πιο αποδοτικά γίνεται ώστε να διασφαλίζουν πιο οικονομικό σύστημα ή αυτονομία στους κινητούς κόμβους αισθητήρων.
8. Φυσικό, προβλέψιμο περιβάλλον διαχείρισης. Τα συστήματα πρέπει να παρέχουν ανθρώπινο περιβάλλον σε 3 ομάδες ανθρώπων: τα υποστηριζόμενα άτομα, τους φροντιστές και το προσωπικό συντήρησης. Το περιβάλλον αυτό για τους ηλικιωμένους θα πρέπει να βασίζεται στην φωνή, στις χειρονομίες και στην οπτική κίνηση και να αποφεύγει οποιαδήποτε χρήση εξεζητημένων ικανοτήτων. Το περιβάλλον υπηρεσιών για το ιατρικό προσωπικό θα πρέπει να επιτρέπει την εισαγωγή ή την εξαγωγή ιατρικών δεδομένων όπως κρίσιμοι δείκτες για τα άτομα που παρακολουθούνται με προκαθορισμένο εύκολο τρόπο.
9. Προσαρμοστικότητα. Τα συστήματα θα πρέπει να μπορούν να προσαρμοστούν σε πραγματικό χρόνο. Η προσαρμοστικότητα σε διαφορετικά επίπεδα και κλίμακες είναι ένα εξαιρετικό χαρακτηριστικό των συστημάτων αυτών. Για να το επιτύχουν αυτό τα συστήματα θα πρέπει να ελέγχουν τον ίδιο τους τον εαυτό, όπως με το διαρκώς να ελέγχουν κρίσιμους δείκτες λειτουργίας του συστήματος. Δείκτες αυτοί είναι η συμφόρηση των πόρων, ενδείξεις ότι επέρχεται βλάβη του υλικού, ή η στάθμη της μπαταρίας. Αφού γίνεται ο έλεγχος αυτών το σύστημα μπορεί να προχωρήσει σε διακοπή της λειτουργίας του.



# 3

## ATC Αισθητήρες

### 3.1 < Ένας ασύγχρονος αισθητήρας όρασης για την ανίχνευση πτώσης ηλικιωμένων >

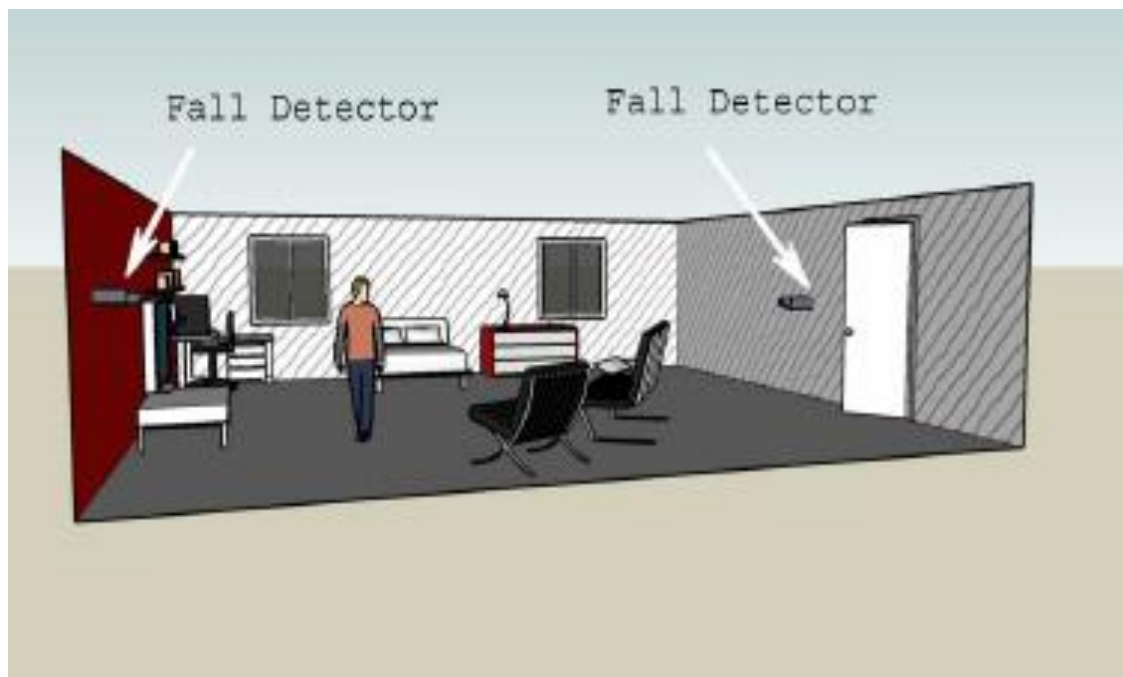
Οι πτώσεις όπως ήδη έχει αναφερθεί είναι ένα κυρίαρχο πρόβλημα υγείας για τους ηλικιωμένους ιδιαίτερα όταν ζουν ανεξάρτητοι. Περίπου το 65 % των ανθρώπων που είναι 65 ετών τυγχάνει πτώσης κάθε χρόνο [3]. Ο τρόπος για να έχουμε πρόσβαση, ανταπόκριση και επίλυση αυτών των προβλημάτων είναι κύριο ζήτημα για τον τομέα της υγείας.

Τα συστήματα παρακολούθησης των ηλικιωμένων θα πρέπει να μπορούν να αναλύσουν και να ανταποκριθούν στις συμπεριφορές τους όταν αυτοί μένουν μόνοι. Οι ATC αισθητήρες(ασύγχρονοι χρονικής αντίθεσης) καταφέρνουν να πλεονεκτούν σε δυο απαιτήσεις των συστημάτων παρακολούθησης των ηλικιωμένων:

1. Τα συστήματα παρακολούθησης θα πρέπει να είναι μη παρεμβατικά στην ανθρώπινη ζωή. Ο αντίκτυπος από την εφαρμογή αυτών των συστημάτων στην ζωή των ασθενών θα πρέπει να μειώνεται στο ελάχιστο. Από την πλευρά του συστήματος θα πρέπει να είναι όσο το πιο δυνατόν μικρά σε μέγεθος και διακριτικά και να τοποθετούνται κατάλληλα.

2. Τα συστήματα παρακολούθησης θα πρέπει να διαφυλάττουν τα προσωπικά δεδομένα των ασθενών. Καμία προσωπική πληροφορία δεν θα πρέπει να απελευθερώνεται μέχρι το σύστημα να αναγνωρίσει κρίσιμη κατάσταση. Πολλοί ηλικιωμένοι είναι εναντίον στο να χρησιμοποιούν κάμερες και μικρόφωνα καθώς θεωρούν ότι βρίσκονται υπό παρακολούθηση και η καταπατάται η προσωπική τους ζωή.

Στην Εικόνα 3 απεικονίζεται η εγκατάσταση του συστήματος ανίχνευσης πτώσεων. Ο ανιχνευτής κάνει λήψη από πολυπλευρικές θέσεις ώστε να ανιχνεύσει δραστηριότητες όπου εντοπίζεται ατύχημα και να ειδοποιήσει τον συναγερμό. Το σύστημα όρασης τοποθετείται στον τοίχο σε ύψος 0.8 μέτρων που είναι περίπου στο ίδιο ύψος με τους διακόπτες για τον φωτισμό.



**Εικόνα 3:** Σύστημα address-event αισθητήρων για την διευκόλυνση της ανθρώπινης ζωής [3].

Η προσέγγιση με ATC αισθητήρες είναι καινοτόμος για δύο λόγους:

1. Ένας ασύγχρονος αισθητήρας χρονικής όρασης αναφέρει και εντοπίζει αλλαγές στα pixels με καθυστέρηση της τάξης των milliseconds.

2. Ένας ελαφρύς αλγόριθμος υπολογισμού και επιπλέον η γρήγορη ανάγνωση που μπορεί να γίνει μας επιτρέπει να υπολογίσουμε ένα στιγμιαίο διάνυσμα κίνησης και να καταγράψουμε τα περιστατικά των πτώσεων. Αυτό δεν μπορεί να γίνει με έναν αισθητήρα εικόνας που βασίζεται στην λήψη καρέ καθώς ο ρυθμός των καρέ είναι σταθερός και περιττές πληροφορίες προκαλούν δυσλειτουργίες στο εύρος ζώνης.

Η κύρια τεχνολογία που χρησιμοποιείται σε αυτήν την έρευνα είναι ένας ασύγχρονος χρονικής αντίθεσης αισθητήρας όρασης (asynchronous temporal contrast vision sensor) [3]. Ο αισθητήρας αυτός εξάγει τα pixels τα οποία υφίστανται αλλαγή (γεγονότα κίνησης) από το παρασκήνιο-φόντο και αναφέρει την χρονική αντίθεση που ισοδυναμεί με την αλλαγή της ανάκλασης της εικόνας όταν ο φωτισμός είναι σταθερός. Ένας ασύγχρονος αισθητήρας χρονικής αντίθεσης μπορεί να εξάγει πληροφορίες για την κίνηση επειδή, σε κανονικές συνθήκες φωτισμού, ένας σημαντικός αριθμός pixel αλλάζει όταν ένα αντικείμενο κινείται στην παρακολουθούμενη σκηνή. Κάθε pixel αναφέρει αλλαγή στον φωτισμό πάνω από κάποιο καθορισμένο όριο με ένα ασύγχρονο γεγονός. Τα pixels δεν σαρώνονται με έναν συγκεκριμένο ρυθμό καρέ αλλά το καθένα από αυτά κάνει καθορισμό από μόνο του. Σε περίπτωση που υπάρχει κάποιο γεγονός η αντίστοιχη διεύθυνση του pixel διαβιβάζεται. Αφού το γεγονός αναγνωρίζεται από κάποιον εξωτερικό δέκτη το pixel επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση.

Ένα κύριο χαρακτηριστικό ενός ATC αισθητήρα είναι η ανταπόκριση χρονικής αντίθεσης που σημαίνει ότι ο αισθητήρας αναφέρει και καταγράφει τις όποιες αλλαγές στην υπό παρακολούθηση σκηνή (που προκαλείται για παράδειγμα από κινούμενα αντικείμενα) και απορρίπτοντας τον προϋπάρχοντα φωτισμό. Ένα κύριο πλεονέκτημα αυτού του ATC αισθητήρα εικόνας είναι ότι παρέχει τις πληροφορίες στον δέκτη μόνο εφόσον μια προκαθορισμένη συνθήκη ικανοποιηθεί. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε υψηλής

ταχύτητας συστήματα όρασης καθώς ένα pixel αποστέλλει τις ενδιαφέρουσες πληροφορίες άμεσα αντί για την αναμονή ακολουθίας εκλογής του. Ένα pixel δημιουργεί έναν υψηλότερο ρυθμό γεγονότων όταν καταλαβαίνει μεγαλύτερες αλλαγές στον φωτισμό.

Η έξοδος του αισθητήρα είναι μια ασύγχρονη ροή από χρονικά σφραγισμένα ψηφιακά pixel-διευθύνσεις. Οι διευθύνσεις αυτές Οι διευθύνσεις αυτές αναγνωρίζουν την θέση του pixel αποστέλλοντας το γεγονός [3, 11].

Λόγω της ασύγχρονης φύσης των ATC αισθητήρων δεν αμελούν κάποια κίνηση που γίνεται ανεξάρτητα από το πόσο γρήγορη είναι αυτή. Είναι ευαίσθητοι μόνο σε αλλαγές έτσι το εύρος συχνοτήτων (bandwidth), πόροι που χρειάζονται για τους υπολογισμούς ή η ενεργειακή κατανάλωση δεν σπαταλώνται στο να αναλύσουν το ίδιο σκηνικό ξανά και ξανά. Οι ATC αισθητήρες δεν παρέχουν εικόνα αλλά διαθέτουν σύνολα χαρακτηριστικών που ανήκουν στα pixels όπως η πολικότητα(on/off διεύθυνση των αλλαγών στο φωτισμό), ο χρόνος και η τοποθεσία(θέση του pixel στο σκηνικό) [3].

Ένα από τους σημαντικότερα γεγονότα που πρέπει να αναλυθούν σε σχέση με την ανίχνευση πτώσεων είναι το ότι οι ATC αισθητήρες δημιουργούν κατάτμηση του περιβάλλοντος(τη διαφορά μεταξύ περιεχομένου και υπόβαθρου) από την φύση τους. Καθώς μόνο το δυναμικό περιεχόμενο ανιχνεύεται, το υπόλοιπο υπόβαθρο που δεν χρειάζεται απορρίπτεται. Έτσι ελαχιστοποιείται η δύσκολη διαδικασία κατάτμησης του περιβάλλοντος κάνοντας τον συγκεκριμένο αισθητήρα κατάλληλο όχι μόνο για εργαστηριακά πειράματα αλλά και για πραγματικές συνθήκες.

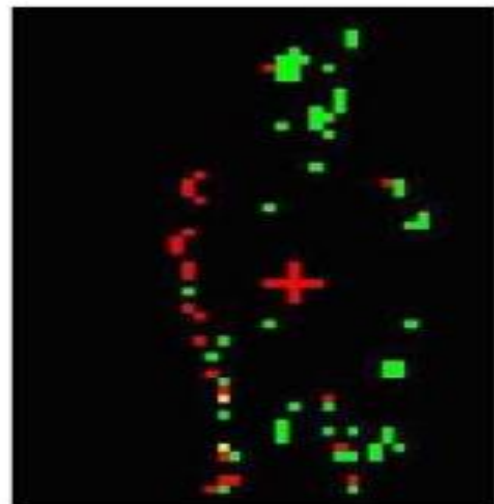
Τέλος ένα ακόμα πλεονέκτημα των ATC αισθητήρων είναι το ότι στο πλαίσιο της φροντίδας των ηλικιωμένων δεν υπάρχει εικόνα. Λόγω του ότι καταγράφονται μόνο σιλουέτες ατόμων έχουμε ένα πολύ μεγάλο πλεονέκτημα έναντι της προστασίας της ιδιωτικής ζωής που έχουμε συζητήσει.



**Εικόνα 3:** Ασύγχρονος αισθητήρας όρασης χρονικής αντίθεσης( ATC) για την ανίχνευση πτώσεων [3].



**(a)**



**(b)**

**Εικόνα 5 :** Λήψη από: Κανονική συμβατική κάμερα(a) και ATC αισθητήρα(b). Ο αισθητήρας τοποθετείται σε απόσταση 3m και ύψος 0.8m [3].

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν όμως οι ATC αισθητήρες μας φέρνουν αντιμέτωπους με μια πρόκληση: οι συμβατικές τεχνικές επεξεργασίας εικόνας δεν είναι εφαρμόσιμες, καθώς δεν υπάρχουν εικόνες για την επεξεργασία τους με την κλασσική έννοια που γνωρίζουμε. Οι παραδοσιακές τεχνικές χρειάζονται καρέ από εικόνες για να δουλέψουν, οι οποίες θα πρέπει να δημιουργηθούν από τα χρονικά καθορισμένα διευθύνσεις-γεγονότα. Θα μπορούσαν να δημιουργηθούν εικόνες από τα γεγονότα αυτά αλλά με αυτήν την διαδικασία αλλά αυτή είναι μια προσωρινή λύση και στην καλύτερη περίπτωση είναι χρήσιμη για λόγους σύγκρισης αποτελεσμάτων. Η καλύτερη λύση για να αξιοποιηθούν τα δεδομένα που παίρνουμε από τους ATC αισθητήρες είναι η δημιουργία ειδικών αλγορίθμων που θα επεξεργάζονται τα γεγονότα αυτά.

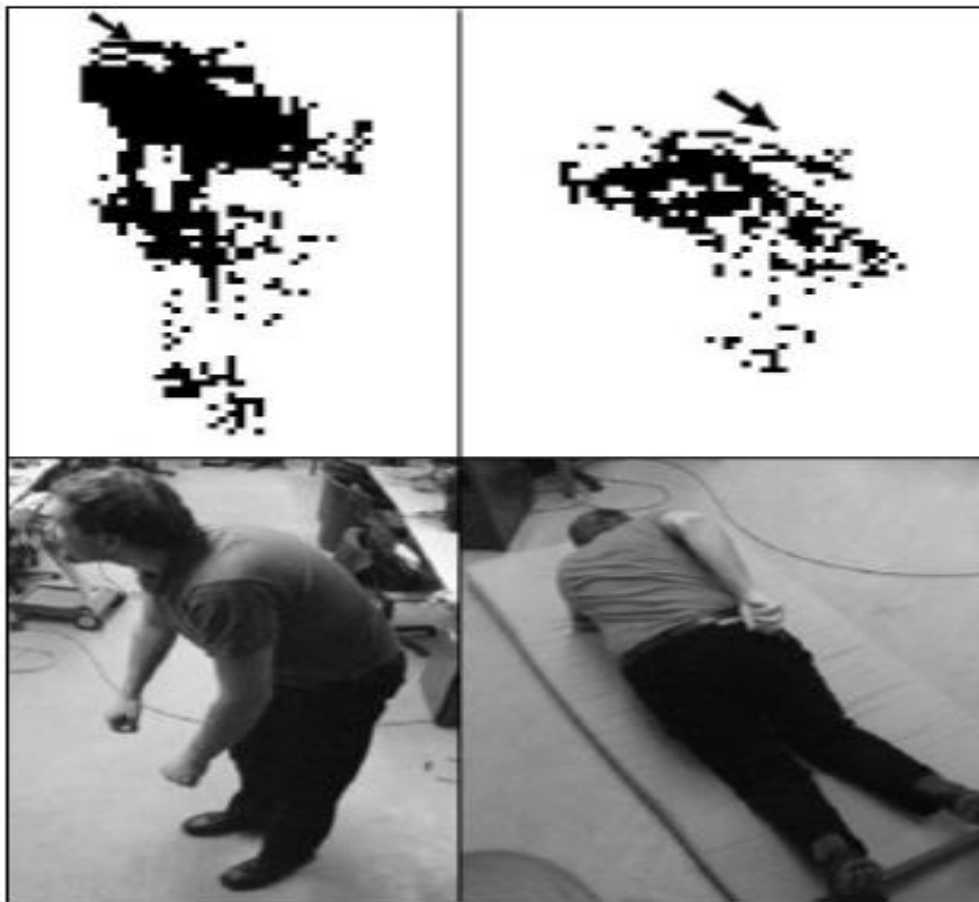
Οι πτώσεις έχουν πολλούς πιθανούς δείκτες: αλλαγές στο ύψος, την ταχύτητα και την επιτάχυνση ή το περίγραμμα της σιλουέτας που μεταβάλλεται και οι αναλογίες της. Κάποιοι από αυτούς τους δείκτες απαιτούν την καταγραφή ενός συγκεκριμένου σημείου, αντικείμενο που θέλει ιδιαίτερη επεξεργασία και σκέψη ώστε να επιλεγεί το καταλληλότερο σημείο

Ένα τέτοιο σημείο είναι το πιο υψηλό σημείο του σώματος, το οποίο στις περισσότερες περιπτώσεις είναι το κεφάλι. Δυστυχώς αυτό δεν είναι πάντα η αλήθεια καθώς σε μια πτώση οι αγκώνες ή το πόδι μπορεί να είναι το υψηλότερο σημείο του σώματος όπως φαίνεται και στην Εικόνα 6.

Ένα άλλο σημείο είναι το κέντρο βαρύτητας του σώματος. Είναι αρκετά εύκολο να υπολογιστεί και επηρεάζεται λίγο από μικρές κινήσεις. Ένα παραπλήσιο σημείο είναι το κέντρο βαρύτητας του κεφαλιού. Κατά την διάρκεια μιας πτώσης το κεφάλι είναι το σημείο του σώματος που κινείται με την μεγαλύτερη ταχύτητα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα έναν υψηλό ρυθμό δημιουργίας γεγονότων στον αισθητήρα και έτσι οι δείκτες της ταχύτητας και της επιτάχυνσης είναι ακόμα πιο εύχρηστοι. Το ζήτημα όμως είναι ότι ο διαχωρισμός του κεφαλιού από το υπόλοιπο σώμα δημιουργεί την ανάγκη για μεγαλύτερη υπολογιστική ικανότητα, πράγμα που δεν είναι εύκολο.

Η τελευταία πιθανότητα που μελετούμε είναι η παρακολούθηση της γραμμής των ώμων του ατόμου. Ανατομικά κατά την διάρκεια της ημέρας από την κίνηση

του κεφαλιού και γενικότερα του άνω κορμού οι ώμοι κινούνται τελευταίοι. Αυτό προκαλεί αναισθησία σε μικρές κινήσεις του κεφαλιού που γίνονται κατά την διάρκεια της ημέρας. Ωστόσο και η παρακολούθηση της γραμμής των ώμων απαιτεί πολύπλοκους υπολογισμούς.



**Εικόνα 6 :** Το πρόβλημα του υψηλότερου σημείου. Αριστερά το υψηλότερο σημείο είναι κεφάλι και δεξιά ο αγκώνας [10].

Πολλά χαρακτηριστικά συνδέονται με την επιλογή του σημείου ενδιαφέροντος. Ένα από τα πιο απλά είναι το ύψος. Αν η τιμή του ύψους του καταγραφόμενου σημείου ξεπεράσει ένα προκαθορισμένο όριο τότε ενεργοποιείται ένας συναγερμός. Αυτή η μέθοδος είναι ιδιαίτερα απλή αλλά έχει κάποιες ατέλειες. Ένας συναγερμός μπορεί να ενεργοποιηθεί από μία κανονική συμπεριφορά όπως το να κάτσει κάποιος ή να ξαπλώσει.

Μια άλλη προσέγγιση εξετάζει την καταγραφόμενη κατακόρυφη ταχύτητα του σημείου παρακολούθησης. Πολλές κατηγορίες πτώσεων περιλαμβάνουν σχεδόν ελεύθερη πτώση κάποιου σημείου όπου η κατακόρυφη ταχύτητα παρουσιάζει γραμμική αύξηση, κάτι που είναι χρήσιμο για τον καθορισμό μιας πτώσης. Δεν έχουν όλες οι πτώσεις τέτοιο στοιχείο αλλά συγκριτικά με αλλά χαρακτηριστικά (όπως η θέση) είναι αρκετά χρήσιμη, από τη στιγμή που η ευαισθησία μπορεί να αυξηθεί και οι λανθασμένοι συναγερμοί να μειωθούν. Χρησιμοποιώντας πρώιμες πληροφορίες, όπως γνωρίζοντας ποια είναι η θέση του κρεβατιού, μπορεί επίσης να μειωθεί ο αριθμός αυτός αλλά υπάρχει σημαντικό επιπλέον κόστος για το σύστημα [10].

Μια επιπλέον προσέγγιση από αυτήν εξετάζει το συνολικό διάνυσμα της ταχύτητας. Ξαφνικές αλλαγές μεγάλης εμβέλειας στο διάνυσμα της ταχύτητας υποδεικνύουν κάποιο ασυνήθιστο γεγονός. Το να χτυπήσει κάποιος σε μια σκληρή επιφάνεια κατά την διάρκεια μιας πτώσης ή σε μια κρούση με το δάπεδο προκαλεί σημαντικές αλλαγές στο μέγεθος και την διεύθυνση του διανύσματος ταχύτητας.

Ένα χαρακτηριστικό που χρησιμοποιείται συχνά είναι το πλαίσιο οριοθέτησης (bounding box) της σιλουέτας. Ιδανικά το πλαίσιο αυτό λαμβάνεται εύκολα από τα χρόνο καθορισμένα γεγονότα-διευθύνσεις. Το πλαίσιο οριοθέτησης είναι αρκετά υποσχόμενο χαρακτηριστικό όσον αφορά την καταγραφή πτώσεων, ειδικά ο λόγος του πλάτους προς το ύψος, το οποίο διαφέρει σημαντικά μεταξύ όρθιων και επικλινών στάσεων του σώματος. Δυστυχώς χρησιμοποιώντας αποκλειστικά αυτό το χαρακτηριστικό το να βρεθεί κάποιος σε ξαπλωμένη θέση μπορεί εύκολα να παρερμηνευθεί ως πτώση.



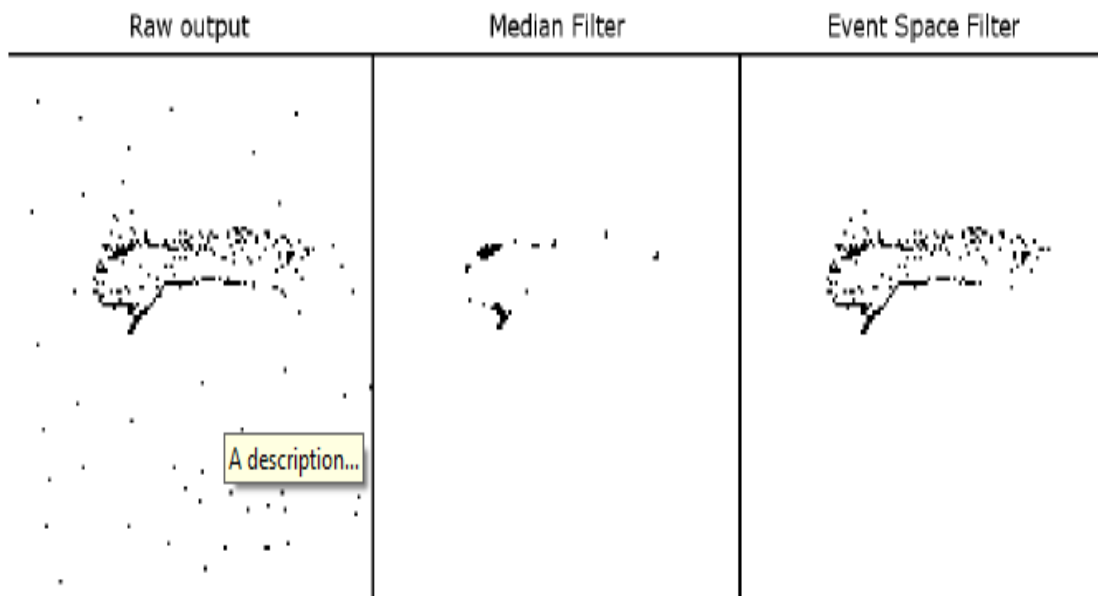


**Εικόνα 6 :** Bounding box σε καθήμενη στάση(αριστερά) και σε ξαπλωμένη(δεξιά) [10].

Ένα τρισδιάστατο πλαίσιο οριοθέτησης μπορεί να έχει κάποια μειονεκτήματα. Ένας οργανισμός χαρακτηρίζεται από 3 διαστάσεις: ύψος, πλάτος και βάθος. Αυτό οδηγεί σε 3 πιθανές αναλογίες που κωδικοποιούν την πτώση του αντικείμενου κάτι που δεν βοηθάει την ανίχνευση πτώσεων [10]. Το βασικό σκεπτικό όμως παραμένει το ίδιο, έτσι το επόμενο βήμα είναι ένας οριοθετημένος κύλινδρος. Η αναλογία του ύψους προς την διάμετρο είναι μεγάλη για ένα όρθιο και μικρή για ένα ύπτιο αντικείμενο. Η κατεύθυνση που το αντικείμενο βρίσκεται στο έδαφος δεν επηρεάζει την αναλογία αυτή λόγω της κυκλικής βάσης του κυλίνδρου. Έτσι οι αλγόριθμοι απλουστεύονται σημαντικά.

Αναλύοντας την έξοδο του αισθητήρα πρέπει να μειωθεί ο θόρυβος που παρατηρείται. Στις συμβατικές εφαρμογές αυτό το είδος θορύβου εύκολα αφαιρείται. Αυτές οι εφαρμογές όμως δεν μπορούν εφαρμοστούν απευθείας στους αισθητήρες διευθύνσεων γεγονότων όπως είναι οι ATC αισθητήρες. Για να διορθωθεί αυτό το πρόβλημα χρησιμοποιείται ένα φίλτρο ώστε να μειωθεί ο θόρυβος. Το φίλτρο δεν κρατάει τα γεγονότα διευθύνσεις που δεν έχουν στην περιοχή τους κάποιον αριθμό συγγενικών γεγονότων.

Μετατρέποντας τα γεγονότα διευθύνσεις σε συμβατικές εικόνες ώστε να μπορεί να γίνει η σύγκριση των αποτελεσμάτων βλέπουμε (Εικόνα 7) ότι με εφαρμογή ενός δισδιάστατου αλγορίθμου καταφέρνουμε να αφαιρέσουμε τον θόρυβο χωρίς να αφαιρεθούν πληροφορίες από το παρακολουθούμενο αντικείμενο.



**Εικόνα 7** : Σύγκριση φίλτρων για τον θόρυβο [10].

Ένα κύριο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι ανιχνευτές πτώσης συνοψίζεται με την ερώτηση τι είναι μια πτώση. Δεν μπορούμε να απαντήσουμε ικανοποιητικά σε αυτήν τη ερώτηση από την στιγμή δεν μπορούμε να περιγράψουμε πλήρως αλγοριθμικά τις πτώσεις. Μπορούμε όμως να δώσουμε πολλά παραδείγματα από πτώσεις και μη πτώσεις. Είναι κύριο ζήτημα και στόχος να εκπαιδεύουν οι αισθητήρες στο να αναγνωρίζουν σύνθετες περιπτώσεις και να κάνουν έξυπνες επιλογές που θα βασίζονται στα δεδομένα που διαθέτουν. Το σύστημα θα πρέπει να μάθει να ξεχωρίζει πότε υπάρχει πτώση και πότε δεν υπάρχει. Έπειτα από έρευνες ο καταλληλότερος τρόπος για να γίνει αυτή η εκπαίδευση είναι μέσω ενός τεχνητού νευρωνικού δικτύου

Όταν χρησιμοποιούμε νευρωνικά δίκτυα τα δεδομένα έχουν καθοριστικό ρόλο στα αποτελέσματα. Ανεπαρκή ή μη κατάλληλα δεδομένα αυξάνουν

σημαντικά το ποσοστό αποτυχίας. Έτσι είναι απαραίτητο να υπάρχουν που να χαρακτηρίζονται από επάρκεια, ποιότητα και ποικιλία.

### 3.2 < Αρχιτεκτονική διευθύνσεων-γεγονότων και σύγκριση με συμβατική επεξεργασία >

Οι ATC αισθητήρες βασίζονται στην επεξεργασία με την τεχνική διευθύνσεων-γεγονότων (address-event) [3] . Ο στόχος αυτής της τεχνικής είναι να μιμηθεί τις διαδικασίες που εκτελούνται στα βιολογικά συστήματα ώστε να σχεδιαστούν αισθητήρες που να εκμεταλλεύονται τα πλεονεκτήματα που δίνουν η τεχνολογίες της κάμερας. Αυτό οδηγεί στον σχεδιασμό αισθητήρων που μετρούν παραμέτρους ειδικού ενδιαφέροντος από το περιβάλλον και δεν μπαίνουν στην διαδικασία απόκτησης εικόνας. Μια τέτοια προσέγγιση φιλτράρει και απορρίπτει όλες τις πληροφορίες που δεν χρειαζόμαστε και κρατάει μόνο όσες πρέπει από το υπό παρακολούθηση σκηνικό.

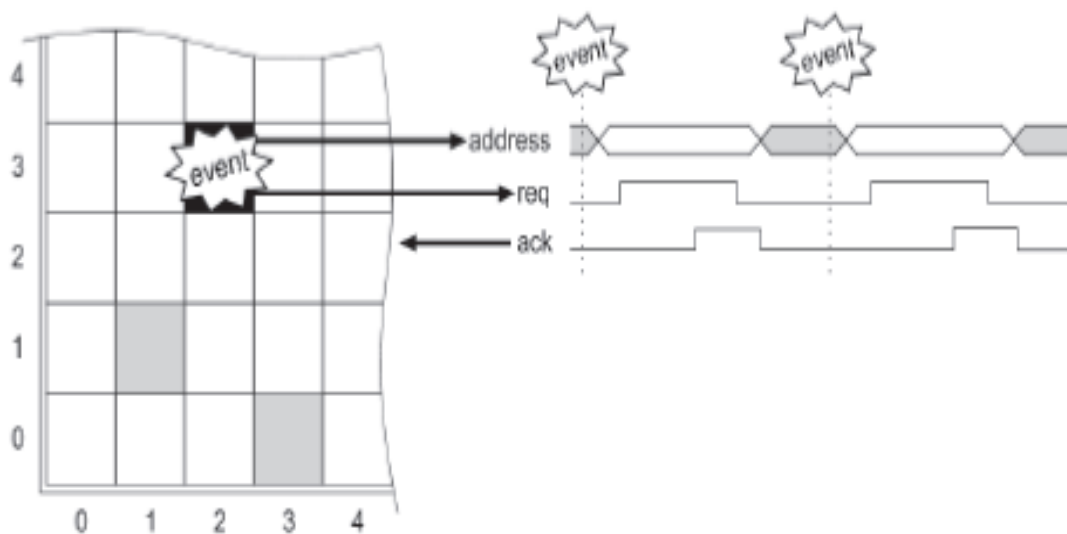
Είναι μια υποσχόμενη τεχνολογία για δίκτυα με αισθητήρες. Έχουν πολλά πλεονεκτήματα όπως το ότι καταναλώνουν λίγα  $\mu W$  ενέργειας που είναι σχεδόν 3 τάξεις μεγέθους μικρότερη από ότι η κατανάλωση από τις συμβατικές κάμερες στα δίκτυα αισθητήρων. Ένα ακόμα πιο σημαντικό χαρακτηριστικό είναι ότι με αυτήν την τεχνολογία χρησιμοποιείται ένα απόλυτα διαφορετικό μοντέλο υπολογισμού το οποίο είναι γρηγορότερο και ελαφρύτερο από ότι η συμβατική τεχνολογία επεξεργασίας. Στους AE(address-event) επεξεργαστές ο υπολογισμός ξεκινάει όταν το pixel επιλεγεί από τον αισθητήρα. Το pixel σχεδιάζεται για να ανιχνεύσει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά όπως αλλαγές στον φωτισμό ή στην κίνηση. Κάθε pixel δημιουργεί ένα γεγονός όταν οι συνθήκες αυτές ικανοποιούνται και αυτό ελαχιστοποιεί την ανάγκη για ανάλυση συνεχούς πληροφορίας. Αυτό έχει επίσης σαν αποτέλεσμα την αυτόματη κατάταξη και κωδικοποίηση των δεδομένων, που βασίζεται στο πόσο σημαντικά είναι αυτά και δίνει την δυνατότητα για σχεδιασμό ακόμα πιο απλοποιημένων αλγορίθμων. Τέλος από τα δεδομένα που λαμβάνουμε από τους AE επεξεργαστές είναι πολύ δύσκολο να ανακατασκευάσουμε την εικόνα. Αυτό ουσιαστικά κάνει τους ATC αισθητήρες κατάλληλους για την προστασία της ιδιωτικής ζωής κάτι που απουσιάζει από τις συμβατικές κάμερες.

## Αρχιτεκτονική διευθύνσεων-γεγονότων

Η αναπαράσταση με τεχνική διευθύνσεων-γεγονότων (address-event representation-AER) είναι ένα βιολογικά επηρεασμένο ασύγχρονο πρωτόκολλο για την κωδικοποίηση και την επικοινωνία δεδομένων από αισθητήρες μεταξύ ενός αισθητήρα μετάδοσης και μιας μονάδας λήψης [12]. Ένα κανάλι επικοινωνίας διευθύνσεων γεγονότων αποτελεί ένα μοντέλο που αναπαριστά την μετάδοση νευρωνικής πληροφορίας στα βιολογικά συστήματα. Μεταφέρουν την πολύπλοκη καλωδίωση των βιολογικών συστημάτων σε ολοκληρωμένα κυκλώματα. Οι νευρώνες του ανθρώπινου μυαλού και στις αισθητήριες οδούς επισυνάπτουν περίπου  $10^5$  συνδέσεις με γειτονικά όργανα, ένα απαγορευτικό νούμερο για τα ολοκληρωμένα κυκλώματα που χρειαζόμαστε. Παρόλα αυτά τα τελευταία είναι ικανά για κύκλους χειρισμών που είναι 6 τάξεις μικρότερες από ότι σε έναν κοινό νευρώνα. Έτσι μπορεί να μεταδίδει αυτό το πλεονέκτημα της ταχύτητας μεταξύ αρκετών αισθητήρων και να δημιουργήσει ένα μοναδικό κανάλι επικοινωνίας που θα μεταφέρει όλη την πληροφορία σε έναν μόνο δέκτη. Στην AE (address-event) τεχνολογία τα γεγονότα είναι πακέτα επικοινωνίας τα οποία αποστέλλονται από έναν πομπό σε έναν ή περισσότερους δέκτες. Για έναν AE αισθητήρα εικόνας που είναι ευαίσθητος στις αλλαγές του φωτισμού τα γεγονότα σηματοδοτούνται όταν μεμονωμένα pixels φάνουν σε ένα προκαθορισμένο κατώτατο όριο και μέσω του διαύλου επικοινωνίας έρχονται σε επαφή με τον δέκτη. Ένα AE σύστημα γενικά αποτελείται από μια πληθώρα κελιών ή στοιχείων που είτε μεταδίδουν είτε λαμβάνουν δεδομένα, είτε και τα δυο. Ένα γεγονός έχει την απλή μορφή της διεύθυνσης του μεταδιδόμενου στοιχείου (από εκεί προέρχεται και ο όρος διευθύνσεις-γεγονότα).

Ένα κύριο πλεονέκτημα που έχουν οι αισθητήρες AE τεχνολογίας είναι ότι δεν χρειάζεται να ερωτηθούν για την συλλογή πληροφορίας καθώς όταν την συλλέξουν την αποστέλλουν στον δέκτη [12]. Επιπλέον είναι συνηθισμένο για AER αισθητήρες να παρέχουν αυτόματα κωδικοποιημένα αξιολόγηση των δεδομένων βάση της σημασίας τους. Σε έναν AER αισθητήρα εικόνας που είναι ευαίσθητος στις αλλαγές του φωτισμού, τα πιο φωτεινά pixels θα δημιουργήσουν

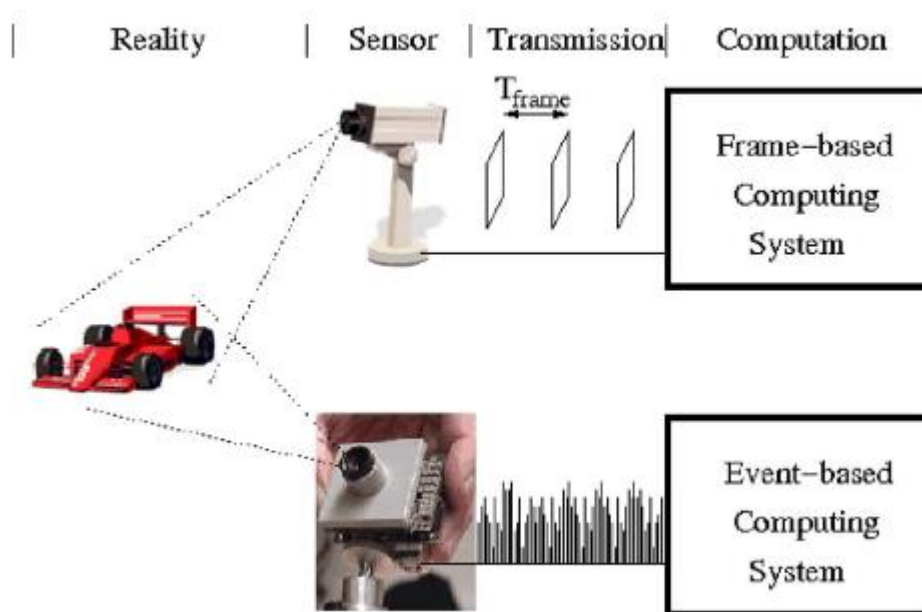
γεγονότα πρώτα και συχνότερα από ότι κάποια πιο σκοτεινά pixels, έτσι τα δεδομένα από αυτά τα pixels θα γίνουν άμεσα διαθέσιμα στον δέκτη. Επομένως μπορούν να παρέχουν μειωμένη καθυστέρηση στην ανταπόκριση που χρειάζεται για αναγνώριση του συστήματος μεταδίδοντας μόνο την σχετική πληροφορία και αξιολογώντας με τέτοιο τρόπο τα δεδομένα ώστε οι πιο σημαντικές πληροφορίες να προηγούνται. Στην Εικόνα 8 φαίνεται η αναπαράσταση διευθύνσεων-γεγονότων: όταν ένα γεγονός δημιουργείται η διεύθυνση του Pixel αυτού ασφαρίζεται και μεταφέρεται. Ο αισθητήρας τότε περιμένει σήμα από τον δέκτη πριν αποστείλει και άλλο γεγονός.



**Εικόνα 8 :** Αναπαράσταση διευθύνσεων-γεγονότων [12].

## Σύγκριση μεταξύ αισθητήρων διευθύνσεων γεγονότων και συμβατικής τεχνολογίας.

Στην Εικόνα 9 φαίνεται η εννοιολογική διαφορά μεταξύ ενός συστήματος γεγονότων και ενός συστήματος καρέ [13]. Καθένα από τα δυο χρησιμοποιεί αισθητήρα για να δεσμεύσει την πραγματικότητα. Στην πάνω σειρά μια frame-based κάμερα συλλαμβάνει μια ακολουθία από καρέ, καθένα από τα οποία μεταδίδεται στο υπολογιστικό σύστημα. Κάθε καρέ επεξεργάζεται μέσω αλγορίθμων ώστε να επιτευχθεί αναγνώριση. Το υπολογιστικό σύστημα πρέπει να έχει στην διάθεση του όλες τις τιμές των pixels προτού ξεκινήσει οποιαδήποτε διαδικασία υπολογισμού.

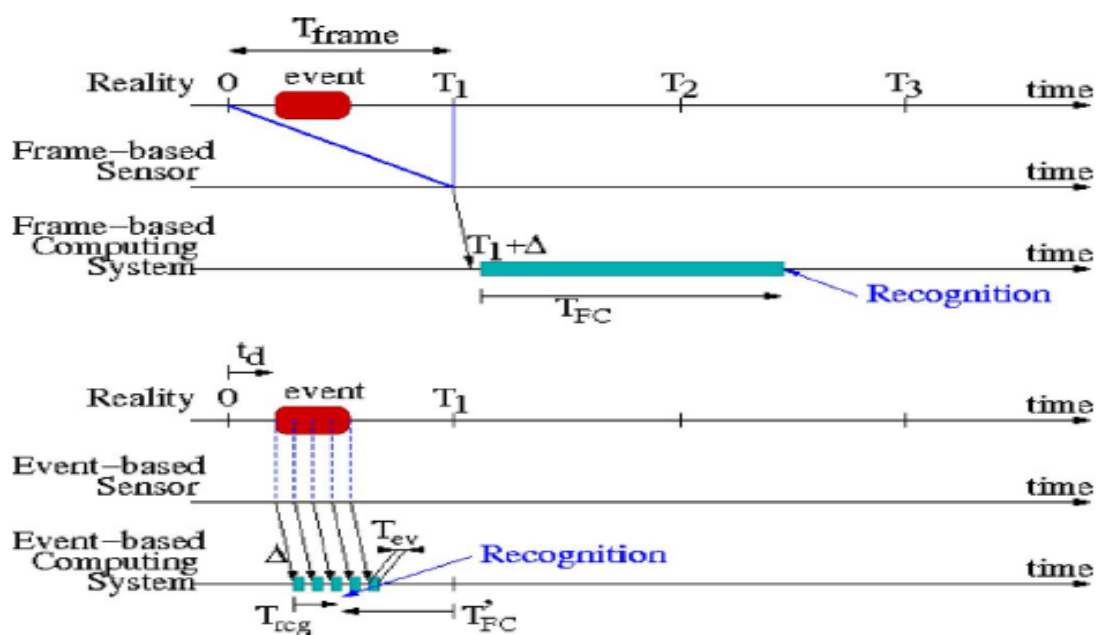


**Εικόνα 9** : Συγκριτική απεικόνιση frame-based υπολογιστικού συστήματος(άνω) και event-based συστήματος(κάτω).

Στην κάτω σειρά ένα event-based σύστημα αισθητήρα λειτουργεί χωρίς καρέ. Κάθε pixel αποστέλλει ένα γεγονός(συνήθως τις συντεταγμένες του) όταν

ανιχνεύει κάποια αλλαγή όπως αλλαγή στον φωτισμό σε σχέση με κάποιο γειτονικό ριxel. Τα γεγονότα αποστέλλονται στο υπολογιστικό σύστημα όπως παράγονται χωρίς να χρειάζονται χρόνο επεξεργασίας των καρτέ. Το υπολογιστικό σύστημα ανανεώνει την κατάσταση του έπειτα από κάθε γεγονός [13].

Η Εικόνα 10 παρουσιάζει την διαφορά στους χρόνους επεξεργασίας μεταξύ των δύο σκεπτικών. Στην πάνω εικόνα η πραγματικότητα ομαδοποιείται σε τμήματα διάρκειας  $T_{frame}$ . Κατά την διάρκεια του πρώτου καρτέ  $T_1$  ένα γεγονός συμβαίνει αλλά η πληροφορία που παράγεται από αυτό το event δεν φτάνει στο υπολογιστικό σύστημα μέχρι να συλληφθεί ολόκληρο το καρτέ (στο  $T_1$ ) και να διαβιβαστεί (με μια επιπλέον καθυστέρηση  $\Delta$ ). Τότε το υπολογιστικό σύστημα έχει να επεξεργαστεί το ολοκληρωμένο καρτέ, διαχειρίζοντας μεγάλο όγκο δεδομένων και με την απαίτηση ενός αρκετά μεγάλου χρόνου υπολογισμού  $T_{FC}$  πριν επιτευχθεί η αναγνώριση.



**Εικόνα 10:** Σύγκριση των χρόνων επεξεργασίας μεταξύ ενός frame-based συστήματος (άνω) και ενός event-based(κάτω) [13].

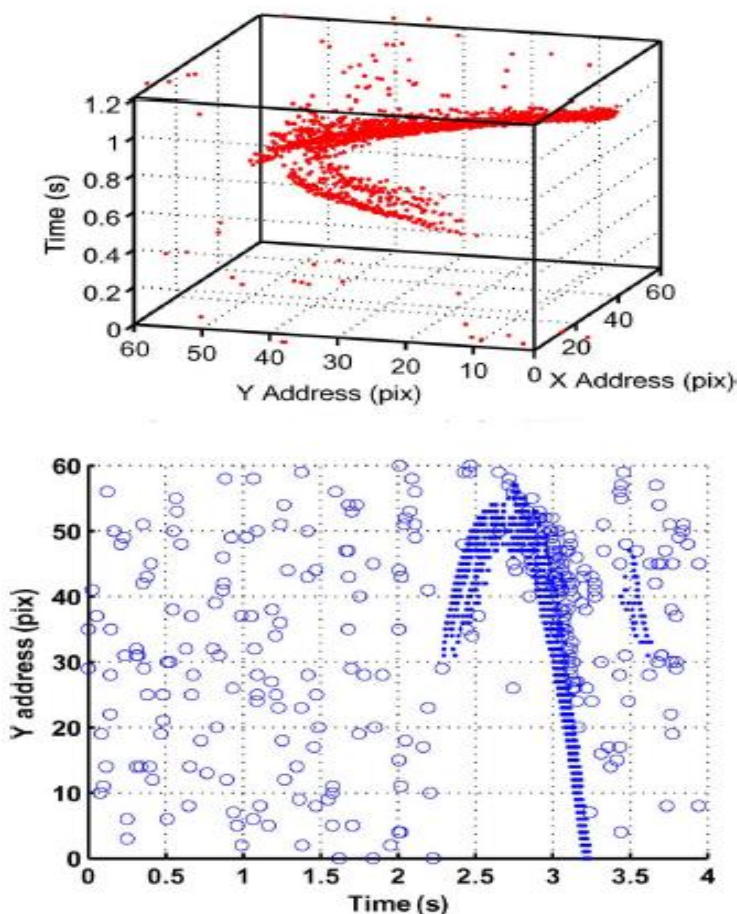


Στο κάτω μέρος της εικόνας τα “βλέπουν” απευθείας το γεγονός στην πραγματικότητα και αποστέλλουν τα δικά τους γεγονότα με μια καθυστέρηση  $\Delta$  στο υπολογιστικό σύστημα . Τα γεγονότα επεξεργάζονται καθώς ρέουν με μια καθυστέρηση του υπολογισμού των γεγονότων  $T_{ev}$ (της τάξης των nanoseconds). Για να επιτευχθεί αναγνώριση δεν χρειάζονται όλα τα γεγονότα. Στην πραγματικότητα τα πιο σχετικά γεγονότα συνήθως εμφανίζονται πρώτα η με πιο μεγάλη συχνότητα. Συνεπώς ο χρόνος αναγνώρισης  $T_{rcg}$  μπορεί να είναι μικρότερος από τον συνολικό χρόνο που χρειάζεται για να παραχθούν τα γεγονότα.

Πολύ σημαντικές είναι και οι παρατηρήσεις που έχουμε σχετικά με την απόδοση ενός ATC αισθητήρα και ενός frame-based συστήματος (μιας COTS κάμερας) όσον αφορά την καταγραφή ενός αντικειμένου που βρίσκεται σε ελεύθερη πτώση. Αποδεικνύεται ότι ο ATC αισθητήρας λειτουργεί και από δίδει καλύτερα σε υψηλές ταχύτητες καταγραφής για δύο λόγους: Πρώτον ο ATC αισθητήρας έχει μεγαλύτερη χρονική ανάλυση και μεταφέρει έγκαιρη πληροφορία για τα γεγονότα κίνησης που ανιχνεύονται [3]. Δευτερεύον ATC αισθητήρας αξιολογεί και κατατάσσει τα γεγονότα με βάση το πόσο σημαντικά είναι και επίσης αποστέλλει μόνο επιλεκτικές πληροφορίες για τα γεγονότα κίνησης. Αυτό μειώνει το μέγεθος της πληροφορίας και το εύρος ζώνης συχνότητας. Μια COTS κάμερα αναπαράγει εικόνες σε χαμηλούς ρυθμούς όπως 30 καρέ το δευτερόλεπτο με αποτέλεσμα τις περισσότερες φορές να υπάρχουν λίγα καρέ χρονικής πληροφορίας για κάθε περίπτωση πτώσης. Αυτά τα περιορισμένα δεδομένα δεν είναι αρκετά για να κάνουν ακριβείς υπολογισμούς στην ταχύτητα και την επιτάχυνση ώστε να διακρίνουν μια περίπτωση πτώσης και αυτό αποτελεί ένα πολύ βασικό μειονέκτημα όσον αφορά την χρήση αυτής της τεχνολογίας για την ανίχνευση των πτώσεων. Τα δεδομένα της εικόνας επίσης θολώνουν από την ταχύτητα της κάμερας.

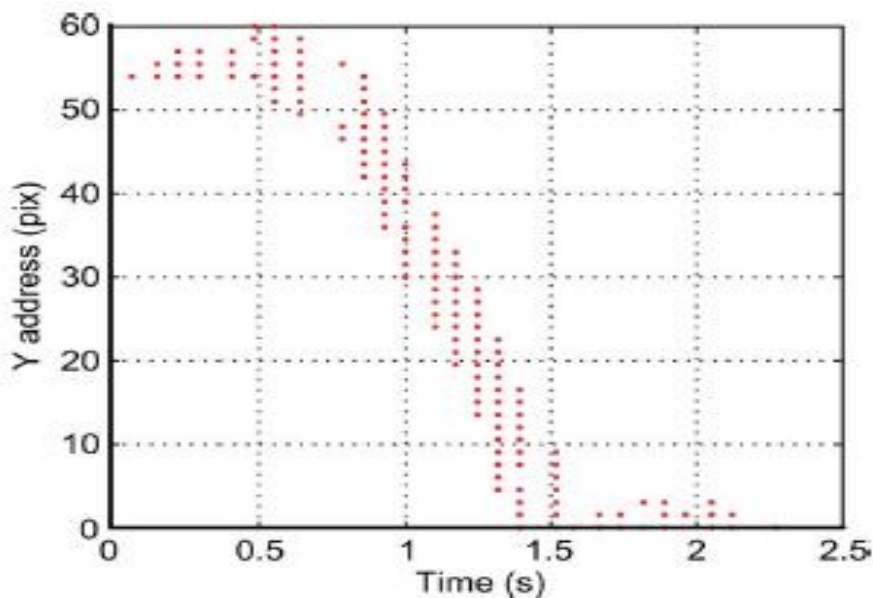
Η Εικόνα 11 δείχνει τις μετρούμενες αντιδράσεις καθώς ένας ATC αισθητήρας καταγράφει την ελεύθερη πτώση ενός αντικειμένου (το αντικείμενο βρίσκεται σε απόσταση 3m και ο αισθητήρας σε ύψος 0.8m). Ο αισθητήρας μεταδίδει 1330 γεγονότα ανά δευτερόλεπτο όταν καταγράφει την πτώση του αντικειμένου. Ο ρυθμός αυτός μειώνεται στα 221 γεγονότα ανά δευτερόλεπτο όταν καμία κίνηση δεν ανιχνεύεται στο υπό παρακολούθηση σκηνικό. Αυτά είναι γεγονότα που

οφείλονται στον θόρυβο λόγω φαινομένων διαρροής μεταξύ της σύνδεσης των pixels και είναι αραιά και ασυσχέτιστα στον χώρο και τον χρόνο. Αυτά τα γεγονότα θορύβου αναπαρίστανται από κύκλους στην εικόνα. Τα γεγονότα αυτά από τον θόρυβο μπορούν να φιλτραριστούν αλλά πολλές φορές επιλέγουμε να μην το κάνουμε ώστε να κρατήσουμε το υπολογιστικό μοντέλο σε πιο προσιτές τιμές. Σε αυτό το συγκεκριμένο παράδειγμα συλλεχτήκαν 1550 γεγονότα κατά την διάρκεια της πτώσης η οποία διήρκησε 1.1 δευτερόλεπτα και εκ των οποίων το 94% αποτελεί την πτώση ενώ το υπόλοιπο είναι θόρυβος.



**Εικόνα 10:** Μετρούμενες αντιδράσεις κατά την καταγραφή πτώσης αντικειμένου από ATC αισθητήρα(a). Γεγονότα θορύβου (κύκλοι) και γεγονότα πτώσης (τελείες) κατά την διάρκεια της πτώσης [3].

Η Εικόνα 11 δείχνει τα μετρούμενα αποτελέσματα από τον frame-based ανιχνευτή κατά την πτώση του αντικειμένου (αφού έχουν γίνει οι κατάλληλες μετατροπές). Ο ρυθμός είναι 150 γεγονότα ανά δευτερόλεπτο κατά μέσο όρο και είναι 10 φορές μικρότερος από ότι στον ATC αισθητήρα [3]. Κάθε καρέ περιέχει αρκετή αχρείαστη πληροφορία λόγω του αμετάβλητου υποβάθρου. Καταγράφονται μόνο 232 γεγονότα κατά την διάρκεια τη πτώσης, χωρίς την προσθήκη θορύβου. Πρέπει να σημειωθεί ακόμα ότι σε frame-based αισθητήρες χρησιμοποιούνται μέχρι και 15 pixels για ένα γεγονός αριθμός που στους ATC αισθητήρες είναι 3 pixels (ειδικά στο διάστημα 3 και 3.2 δευτερόλεπτα). Αυτό σημαίνει ότι οι ATC αισθητήρες μπορούν να κάνουν μέχρι και 5 φορές πιο ακριβής υπολογισμούς της ταχύτητας.



**Εικόνα 11:** Αναπαράσταση των μετρούμενων αποκρίσεων από frame-based αισθητήρα κατά την διάρκεια πτώσης αντικειμένου [3].

Συγκριτικά βλέπουμε ότι οι ATC αισθητήρες έχουν πιο υψηλή χρονική ανάλυση από ότι τα frame-based συστήματα. Στο πείραμα ο ATC αισθητήρας έχει 10 φορές πιο υψηλό ρυθμό καθώς καταγράφει την πτώση του αντικειμένου [3]. Επίσης διαθέτον πιο υψηλή αποδοτικότητα όσον αφορά το εύρος ζώνης επειδή επιλεκτικά αποστέλλουν πληροφορίες.

### 3.3 < Ανίχνευση πτώσεων χρησιμοποιώντας ATC αισθητήρα>

Σε αυτό το κεφάλαιο θα περιγράψουμε την καταγραφή πτώσεων με τον υπολογισμό δυναμικών και με μια συγκεκριμένη διαδικασία που ονομάζεται υπολογισμός κέντρου βάρους γεγονότων (centroid event computation).

#### Υπολογισμός κέντρου βάρους

Στην έρευνα για μηχανήματα όρασης πολλοί επιτυχημένοι αλγόριθμοι έχουν προταθεί για την καταγραφή της ανθρώπινης συμπεριφοράς. Παρόλα αυτά αυτοί οι αλγόριθμοι είναι δύσκολο να εφαρμοστούν σε κόμβους αισθητήρων με περιορισμένη υπολογιστική ισχύ. Το κέντρο βάρους είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος ώστε να υπολογιστεί η κίνηση ενός αντικειμένου στον χώρο. Τα κέντρα βάρους μπορούν να υπολογιστούν σαν οι χρονικοί μέσοι μιας σειράς γεγονότων. Μια απλή διεύθυνση για το κέντρο βάρους ενός γεγονότος ( $x_c$ ,  $y_c$ ) κατά την διάρκεια μιας συγκεκριμένης περιόδου μπορεί να υπολογιστεί με βάση τον τύπο (1). Όπου  $N$  ο αριθμός των γεγονότων δοσμένος σε ένα παράθυρο και  $(x_i, y_i)$  οι διευθύνσεις των γεγονότων [3].

$$x_c = \left[ \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \right], \quad y_c = \left[ \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N} \right] \quad (1)$$

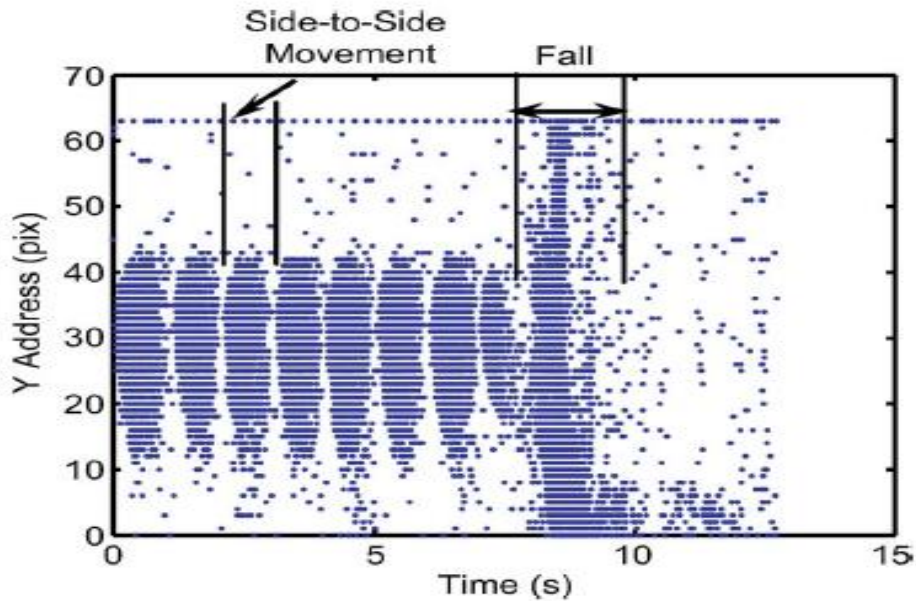
Τα κέντρα βάρους υπολογίζονται ως οι κινούμενοι μέσοι μιας σειράς γεγονότων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με μεγάλη χρονική ανάλυση και μικρό λειτουργικό κόστος. Μια πιθανή hardware υλοποίηση είναι με μια FIFO

διαδικασία, η οποία αποθηκεύει τα γεγονότα που συμβαίνουν σε ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα. Καθώς καινούργια γεγονότα εισέρχονται στην δομή ξεκινάει ένας κύκλος υπολογισμού ο οποίος αφαιρεί τα γεγονότα που έχουν λήξει και προσθέτει τα καινούργια. Όλα τα γεγονότα στην λίστα με την σχέση (1) λαμβάνουν το κέντρο βάρους τους.

### Υπολογισμός της πτώσης

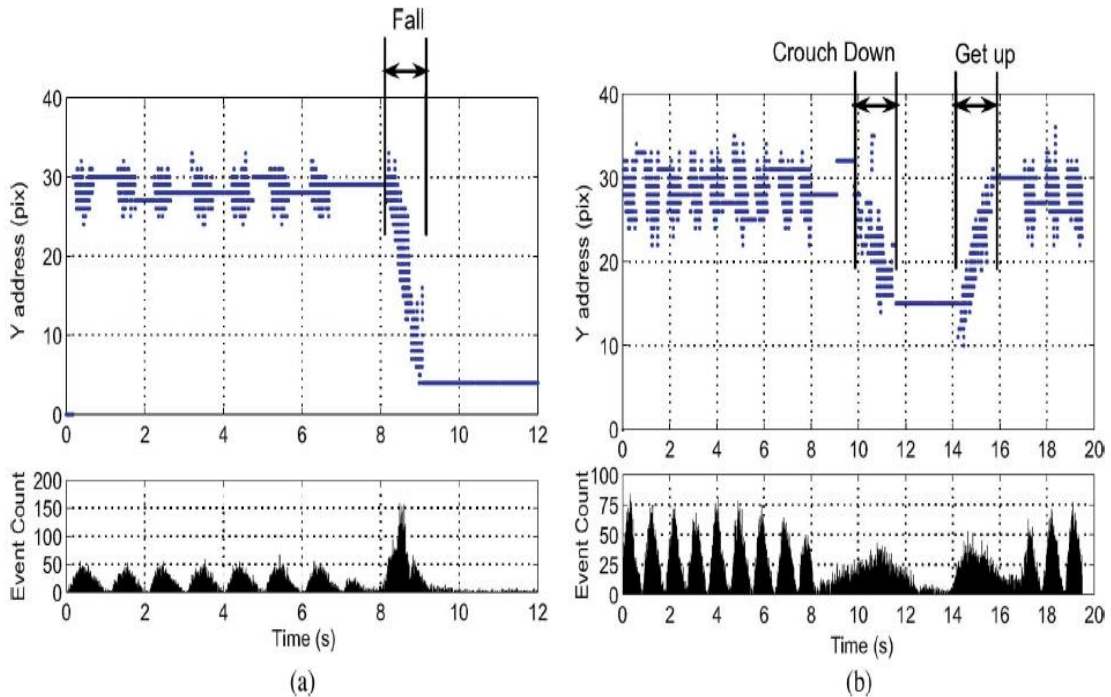
Η ανίχνευση πτώσεων είναι εξαιρετικής σημασίας ιδιαίτερα όταν το άτομο διαμένει μόνο του. Αυτό είναι ένα από τα πιο σημαντικά σενάρια καθώς σε περίπτωση που υπάρχουν και άλλα άτομα στο σπίτι σε περίπτωση πτώσης κάποιος μπορεί να καλέσει για ιατρική φροντίδα.

Ο ρυθμός των δεδομένων ενός ATC αισθητήρα ή ο ρυθμός των γεγονότων όπως τον ονομάζουμε σχετίζεται με την ταχύτητα της κίνησης, του μεγέθους και την αντίθεση φωτισμού στο παρατηρούμενο σκηνικό. Όταν οι συνθήκες φωτισμού στο σκηνικό είναι καθορισμένες, ο ρυθμός γεγονότων είναι χρήσιμος για τον χαρακτηρισμό της κίνησης. Για παράδειγμα μια πιο γρήγορη κίνηση προκαλεί την δημιουργία περισσότερων γεγονότων κατά την διάρκεια μιας χρονικής περιόδου. Λόγω των διαφορετικών ρυθμών γεγονότων που πρέπει να βρεθεί ο μέσος όρος ποικίλει και εξαρτάται από την κίνηση στο σκηνικό. Η Εικόνα 12 δείχνει τις αποκρίσεις που έχουμε από την καταγραφή μιας πτώσης ανθρώπου από έναν ATC αισθητήρα. Πριν την πτώση το άτομο κάνει πλευρική ταλάντωση(side-to-side) με ορθό τρόπο βαδίσματος. Αυτή η πλευρική κίνηση μπορεί να συγκριθεί με τα δεδομένα που συλλέγονται κατά την πτώση. Κάθε πλευρική κίνηση δημιουργεί περίπου 460 γεγονότα ανά δευτερόλεπτο ενώ κατά την πτώση έχουμε 5600 γεγονότα. Η έκρηξη αυτή στα γεγονότα οφείλεται στην γρήγορη κίνηση που παρατηρείται στο σκηνικό. Για συγκριτικούς λόγους αναφέρουμε ότι στην καταγραφή της ίδιας πτώσης από frame-based σύστημα παρατηρούμαι 1500 γεγονότα ανά δευτερόλεπτο.



**Εικόνα 12:** Κατακόρυφη διεύθυνση (Y) γεγονότων κατά την καταγραφή πτώσης από ATC αισθητήρα [3].

Η Εικόνα 13 δείχνει τις αποκρίσεις κέντρου βάρους όταν ο αισθητήρας καταγράφει μια πτώση και το κάθισμα ενός ατόμου. Θεωρούμε και το σενάριο όπου το άτομο κάθεται διότι είναι μια κίνηση παρόμοια της πτώσης αλλά σε πιο μεγάλο χρονικό διάστημα. Στο πείραμα έχουμε μια σύντομη πλευρική κίνηση πριν από την παρατήρηση του αντίστοιχου φαινομένου. Στην 13(a) η πτώση προκαλεί την μείωση της κατακόρυφης διεύθυνσης από 30 σε 5 μέσα σε 0.9 δευτερόλεπτα. Ένας στιγμιαίος ρυθμός γεγονότων 5600 γεγονότα ανά δευτερόλεπτα υποδεικνύει σημαντικές αλλαγές στο σκηνικό. Στην 13(b) φαίνονται οι αλλαγές στο κέντρο βάρους όταν ο ανιχνευτής καταγράφει το άτομο να κάθεται και έπειτα να σηκώνεται. Σε αυτήν την περίπτωση οι κάθετες συντεταγμένες του κέντρου βάρους αναφέρουν μια χαμηλότερη κατακόρυφη ταχύτητα και έναν χαμηλότερο ρυθμό γεγονότων. Η Y διεύθυνση μειώνεται από 30 σε 15 μέσα σε 2 δευτερόλεπτα με ρυθμό γεγονότων 310 γεγονότα ανά δευτερόλεπτο.



**Εικόνα 13:** Κατακόρυφη διεύθυνση του ρυθμού γεγονότων όταν ένα άτομο πέφτει (a) και όταν κάθεται και επανέρχεται (b) [3].

Προκειμένου να υπολογίσουμε αριθμητικά τα δυναμικά στα γεγονότα της εξόδου του ATC αισθητήρα υπολογίζουμε το κέντρο βάρους μιας κάθετης ταχύτητας με την σχέση (2) όπου  $\Delta t = t_i - t_j < T$  και  $T$  είναι ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα [3].

$$V_y = \frac{\Delta y_c}{\Delta t} = \frac{(y_{c,i} - y_{c,j})}{t_i - t_j} \quad (2)$$

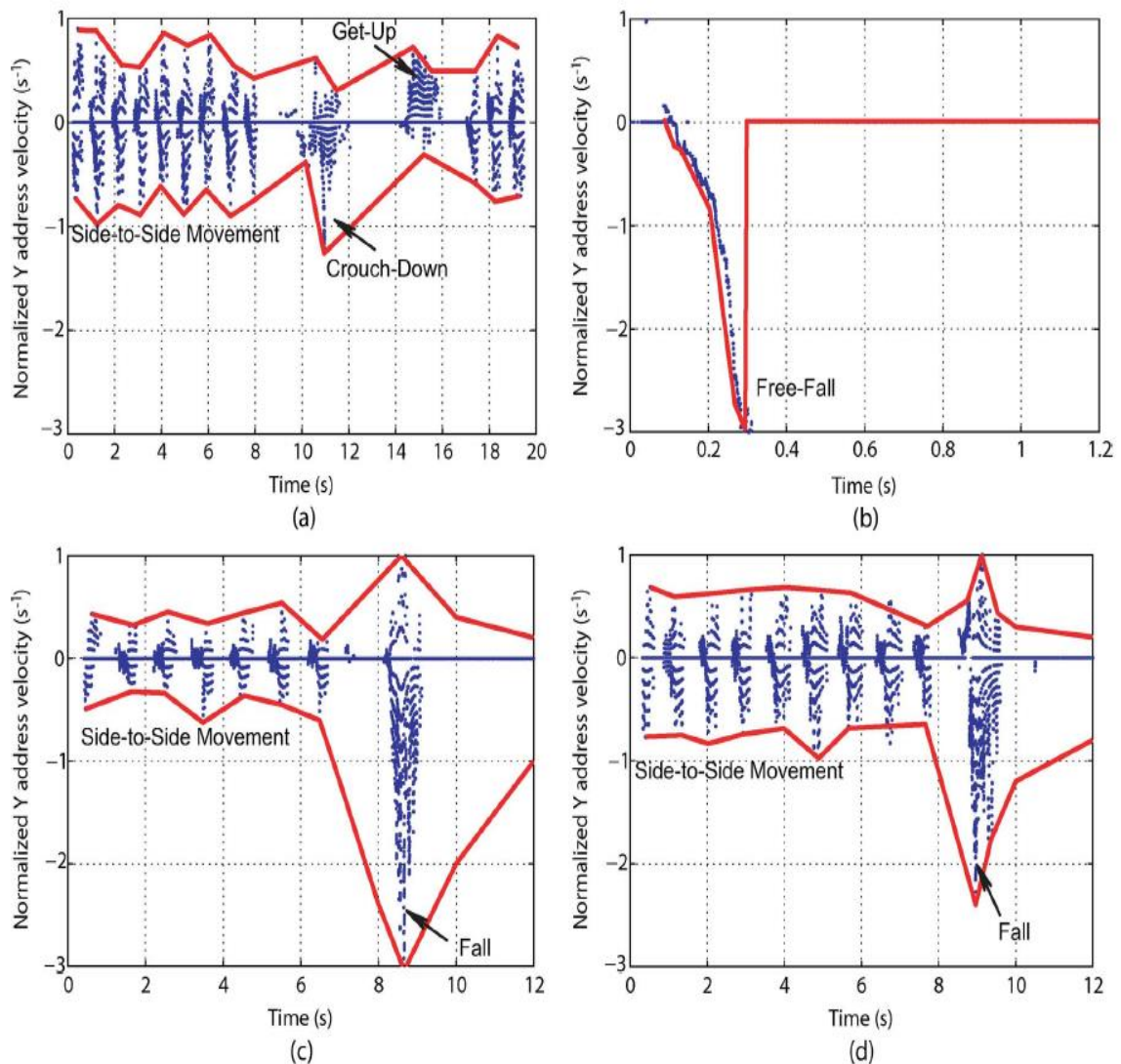
Είναι σημαντικό να υπάρχει μια μέτρηση για το κέντρο βάρους που να είναι ανεξάρτητη της απόστασης που έχει η κάμερα από το παρατηρούμενο αντικείμενο. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό, η κάθετη ταχύτητα  $V_y$  διαιρείται ανάλογα με το ύψος του αντικειμένου σε pixels,  $y_d$ , όπως φαίνεται και στην σχέση (3). Το ύψος είναι η διαφορά της μεγαλύτερης και της μικρότερης τυπικής

απόκλισης της κατακόρυφης διεύθυνσης κατά την διάρκεια ενός καθορισμένου χρονικού διαστήματος διάρκειας 30 ms. Η μονάδα της κανονικοποιημένης κατακόρυφης ταχύτητας είναι  $\text{second}^{-1}$  [3].

$$V_{y,norm} = \frac{V_y}{y_d} = \frac{\frac{\Delta y}{\Delta t}}{y_d} = \frac{(y_i - y_d)/y_d}{t_i - t_d} \quad (3)$$

Η Εικόνα 14 δείχνει εξαιρετικής σημασίας αποτελέσματα καθώς δείχνει τα κέντρα βάρους από τις κατακόρυφες ταχύτητες σε 4 σενάρια: 1) ένα άτομο σκύβει 2) την ελεύθερη πτώση ενός κουτιού 3) ένα άτομο πέφτει προς τα εμπρός 4) ένα άτομο πέφτει προς τα πίσω. Οι ταχύτητες κανονικοποιούνται με την σχέση (3). Τα κέντρα βάρους στην εικόνα δείχνουν και την θετική και την αρνητική ταχύτητα μαζί εξαιτίας της διαφοράς του κινούμενου μέσου και του φυσικού κέντρου βάρους κατά την καταγραφή της πτώσης ενός αντικειμένου. Η καλή εκτίμηση των φυσικών κέντρων βάρους απαιτεί χρόνο για να συλλεχθούν τα γεγονότα. Συνήθως κατά την καταγραφή έχουμε μικρά παράθυρα ώστε να κρατάμε σε υψηλό βαθμό την χρονική ανάλυση. Αυτό προκαλεί την ταλάντωση του μέσου γύρω από το φυσικό κέντρο βάρους όταν ο αισθητήρας καταγράφει μια γρήγορη πτώση. Για παράδειγμα σε μια ανθρώπινη πτώση, ο πρώτος μέσος των γεγονότων, ο οποίος κυρίως περιγράφει το κάτω μέρος του ατόμου ακολουθείται από έναν δεύτερο μέσο ο οποίος κυρίως περιγράφει το άνω μέρος. Ακόμα και με την μείωση της κατακόρυφης ταχύτητας του μέσου κέντρου βάρους μπορεί να φαίνεται θετική ταχύτητα. Πρέπει να παρατηρηθεί ότι όπως φαίνεται στην εικόνα η ταχύτητα παρουσιάζει αιχμή στα  $-3 \text{ s}^{-1}$  στη κατακόρυφη διεύθυνση. Αυτή η ταχύτητα είναι κοντά σε αυτήν που παρατηρείται κατά την καταγραφή της πτώσης αντικειμένου. Ο αισθητήρας όμως κατά το σκύψιμο παρουσιάζει αιχμή  $-1 \text{ s}^{-1}$  και για αυτό τον λόγο μπορεί να γίνει διαχωρισμός των ανθρώπινων συμπεριφορών που συγχέονται με τις πτώσεις.



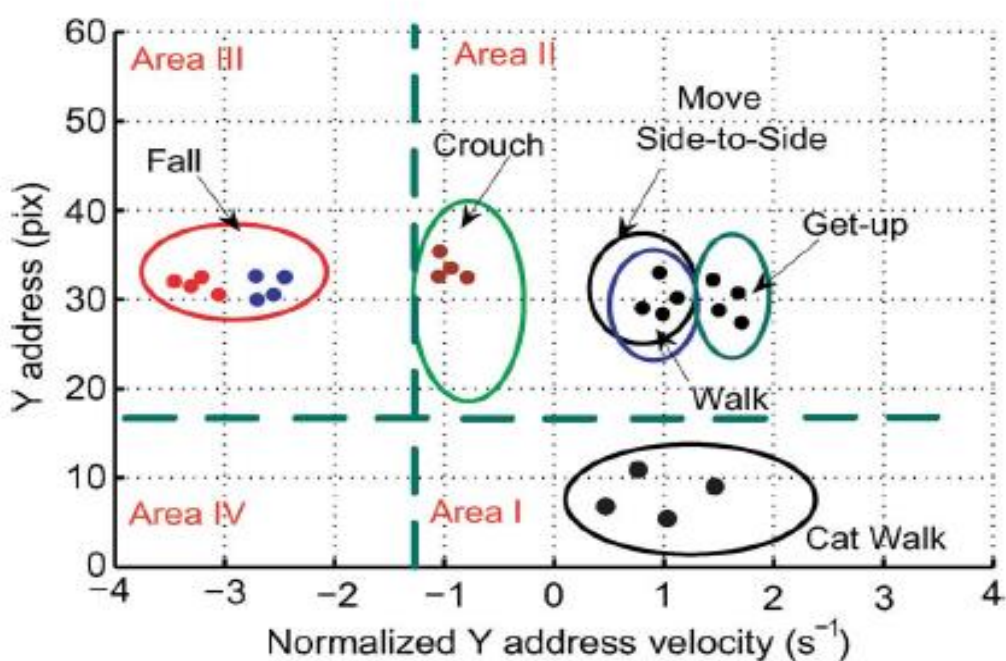


**Εικόνα 14 :** Κανονικοποιημένες κατακόρυφες ταχύτητες κέντρου βάρους σε 4 διαφορετικά σενάρια: το άτομο σκύβει(a), ελεύθερη πτώση αντικειμένου(b), άτομο πέφτει προς τα εμπρός(c), άτομο πέφτει προς τα πίσω(d) [3].

Υπολογίστηκαν διάφορα σενάρια με την χρήση εργαστηριακών δοκιμών. Ένας ATC αισθητήρας όρασης παρακολούθησε 3 ανθρώπους ξεχωριστά από απόσταση 3 m. Ο αισθητήρας τοποθετήθηκε στο πλάι και σε ύψος 0.8 m περίπου δηλαδή στο ύψος ενός διακόπτη φωτισμού. Το καθένα από τα άτομα εκτέλεσε μια προκαθορισμένη σειρά ενεργειών που περιλάμβανε πτώσεις και άλλες ανθρώπινες συμπεριφορές. Όσον αφορά τις πτώσεις στα σενάρια υπήρχαν

πτώσεις προς τα εμπρός, προς τα πίσω ή πτώσεις στο πλάι. Στα σενάρια όμως μελετήθηκαν και συνηθισμένες ανθρώπινες συμπεριφορές όπως περπάτημα, κάθισμα και σκύψιμο αλλά και περιπτώσεις όπως το βάδισμα της γάτας.

Τα αποτελέσματα απεικονίζονται στην Εικόνα 15 και δείχνουν την σύγκριση μεταξύ της αρχικής κατακόρυφης διεύθυνσης του κέντρου βάρους και του μέγιστου κέντρου βάρους της κατακόρυφης ταχύτητας.



**Εικόνα 15** : Υπολογισμός κέντρων βάρους των συμβάντων από 4 διαφορετικά σενάρια [3].

Ο χώρος στην εικόνα χωρίζεται σε 4 περιοχές. Τα κέντρα βάρους στην Περιοχή I είναι αυτά που αφορούν την ανθρώπινη συμπεριφορά, συμπεριλαμβάνοντας σκύψιμο, περπάτημα και ανασήκωμα. Έχουν πιο υψηλές συντεταγμένες από ότι τα κέντρα βάρους για κατοικίδια ζώα στην Περιοχή I που είναι πιο κοντά στο έδαφος. Τα κέντρα βάρους στην Περιοχή III καταγράφονται ως

κίνδυνοι πτώσεων. Έχουν μεγαλύτερες αιχμές όσον αφορά τις κατακόρυφες ταχύτητες από ότι άλλες ανθρώπινες συμπεριφορές.

Τα κέντρα βάρους των ανθρώπων είναι περίπου στο μέσον του οπτικού πεδίου της κάμερας όταν αυτοί κινούνται. Τα κέντρα βάρους διακυμαίνονται μεταξύ 30 και 40. Αυτό συμπίπτει με το αναμενόμενο ύψος του ανθρώπινου σώματος. Τα κέντρα βάρους για τα κατοικίδια βρίσκονται σε χαμηλότερες συντεταγμένες πιο κοντά στο έδαφος. Τόσο μια πτώση όσο και ένα σκύψιμο παρουσιάζουν αρνητικές κατακόρυφες ταχύτητες, το οποίο οφείλεται στην μείωση της κάθετης διεύθυνσης. Ωστόσο το κέντρο βάρους σε μια πτώση μειώνεται με αρκετά πιο υψηλή ταχύτητα από ότι στο σκύψιμο ( $-3 \text{ s}^{-1}$ ). Αυτή η γρήγορη μείωση της κάθετης διεύθυνσης διακρίνει και τα περιστατικά πτώσεων από άλλες ανθρώπινες συμπεριφορές.

Ο Πίνακας 5 παρουσιάζει τα στατιστικά για τον ρυθμό γεγονότων όταν ο αισθητήρας παρακολουθεί διαφορετικές ανθρώπινες συμπεριφορές.

ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ	ΜΕΣΟΣ ΡΥΘΜΟΣ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ (event/sec)	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ (event/sec)
Βάδισμα	2100	11.3
Σκύψιμο	3500	15.2
Πτώση	5120	10.2
Κάθισμα	3150	15.2
Καμία Κίνηση	300	30.5

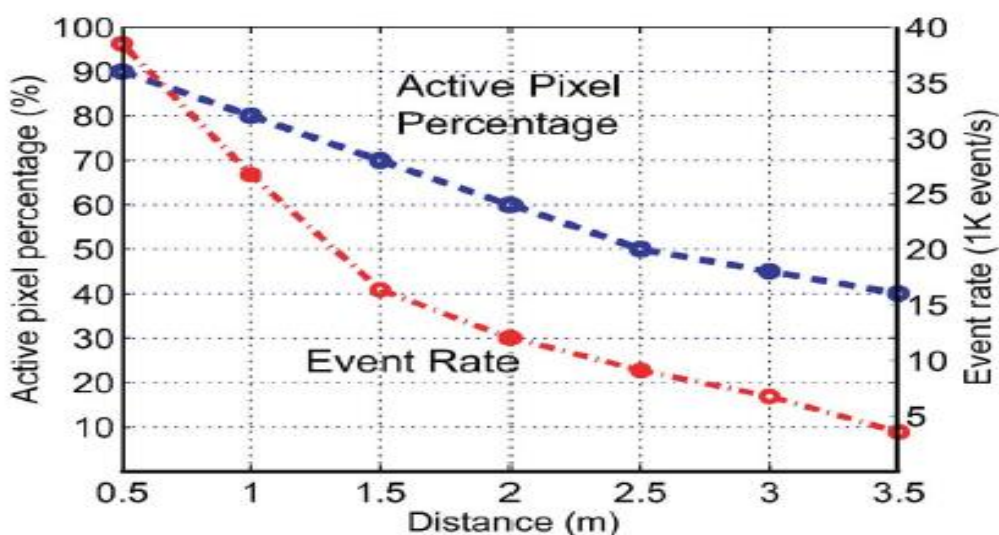
**Πίνακας 5 :** Στατιστικά του ρυθμού γεγονότων για διαφορετικά σενάρια [3].

Όταν το σύστημα καταγράφει μια πτώση, η έκρηξη στον ρυθμού γεγονότων είναι διπλάσια από όταν ένα άτομο περπατάει. Αυτό συμβαίνει διότι η ευαισθησία

προκαλεί αλλαγές σε περισσότερα pixels στην μονάδα του χρόνου όταν ο ανιχνευτής παρακολουθεί μια πιο γρήγορη κίνηση. Όταν δεν υπάρχει καθόλου κίνηση στο υπό παρακολούθηση σκηνικό ο ρυθμός γεγονότων είναι 300 γεγονότα ανά δευτερόλεπτο και η διακύμανση είναι 30.5 γεγονότα ανά δευτερόλεπτο, αισθητά μεγαλύτερη. Αυτό οφείλεται στον θόρυβο από τα γεγονότα που προκαλούνται από τις διαρροές κατά την σύζευξη των pixels.

Προκειμένου οι ATC αισθητήρες να είναι υψηλής ευκρίνειας, υπάρχει ένας αριθμός ζητημάτων τα οποία πρέπει να συνυπολογιστούν σχετικά με τον σχεδιασμό τους συστήματος και την εγκατάσταση του. Όταν τα υπό παρακολούθηση αντικείμενα είναι πολύ κοντά στον αισθητήρα, μπορούν να εμποδίσουν την όραση της κάμερας και να καταστήσουν ακατάλληλο τον ανιχνευτή για ακριβείς υπολογισμούς κίνησης. Προκειμένου να λυθεί αυτό το θέμα δυο ανιχνευτές μπορούν να εγκατασταθούν σε απέναντι πλευρές του δωματίου. Όταν το αντικείμενο βρίσκεται πολύ κοντά στον έναν και τον εμποδίζει ο άλλος μπορεί να κάνει ακριβή αναγνώριση της πτώσης.

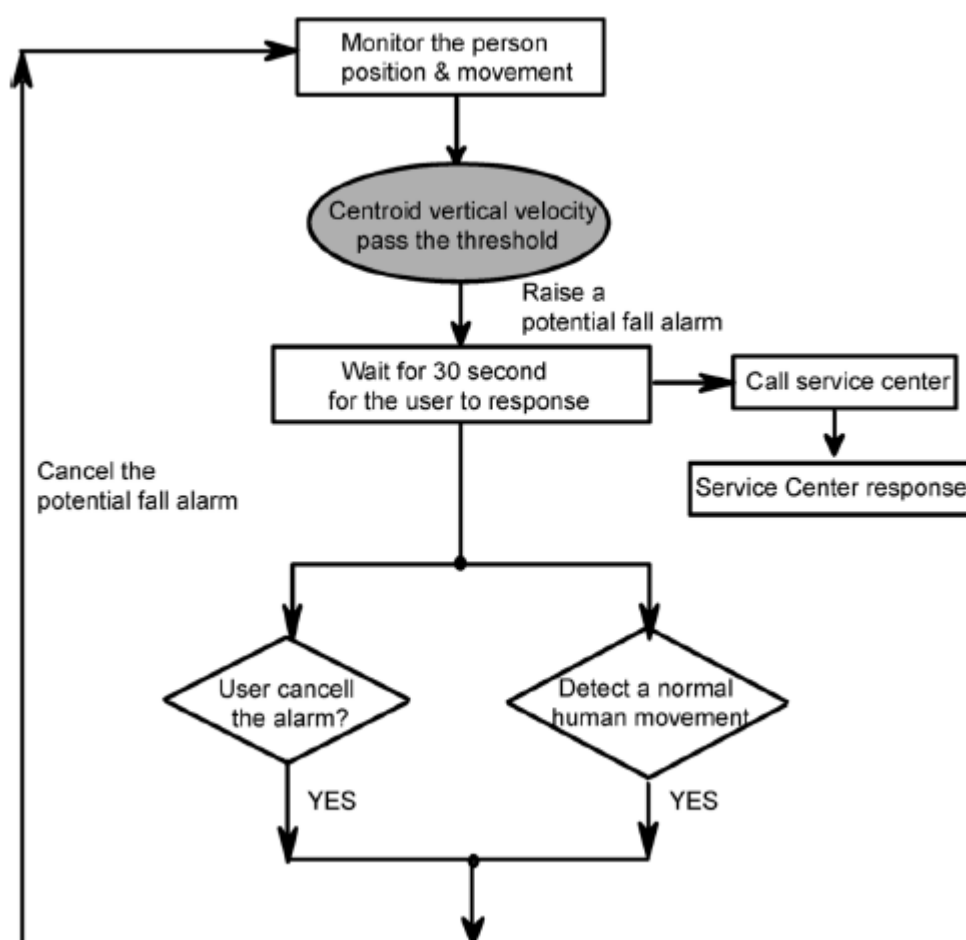
Η Εικόνα 16 δείχνει την σχέση μεταξύ της απόστασης από τον αισθητήρα και του ρυθμού γεγονότων.



**Εικόνα 16** : Σχέση μεταξύ της απόστασης και του ρυθμού γεγονότων (κόκκινο) και της σχέσης απόστασης και ενεργών pixel (μπλε) [3].

Αναφέρει επίσης τη σχέση μεταξύ των ενεργών Pixel και της απόστασης από το υπό παρακολούθηση αντικείμενο. Τόσο ο ρυθμός γεγονότων όσο και το ποσοστό αυτό αυξάνονται όσο το αντικείμενο πλησιάζει στον αισθητήρα. Όταν το άτομο βρίσκεται 1 m από τον αισθητήρα το 80 % των pixels στέλνουν γεγονότα. Σε αυτήν την κατάσταση, ο ανιχνευτή δεν μπορεί να κάνει ακριβείς εκτιμήσεις για την κίνηση του κέντρου βάρους καθώς δεν μπορεί να υπολογίσει την θέση του κέντρου βάρους και τις διαστάσεις του αντικειμένου.

Η Εικόνα 17 δείχνει το διάγραμμα ροής της λειτουργίας του ανιχνευτή:



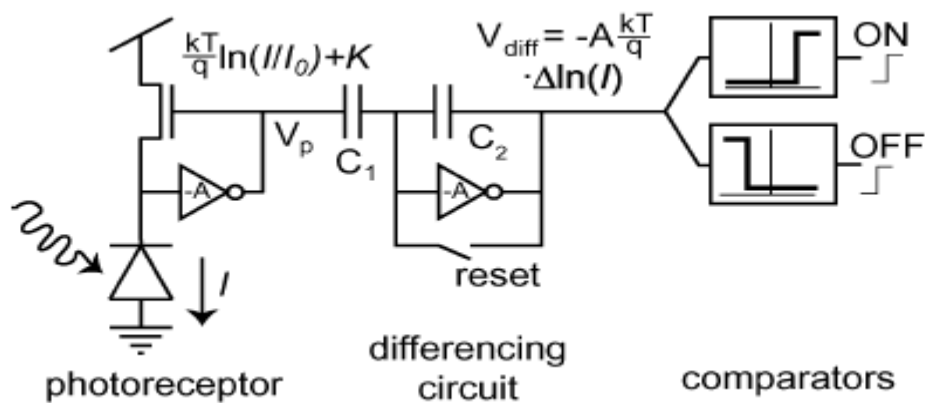
Εικόνα 17 : Διαγραμματική ροη της ανίχνευσης πτώσης και των ενεργειών αναφοράς [3].

Ένα αρνητικό όριο κατακόρυφης ταχύτητας καθορίζεται. Μόλις το κέντρο βάρους κάποιου γεγονότος περάσει αυτό το όριο ενεργοποιείται ο συναγερμός. Ο ανιχνευτής προκαλεί μια "πιθανή ανίχνευση πτώσης" που κρατάει για κάποιο χρονικό διάστημα για παράδειγμα 30 δευτερόλεπτα. Ο αισθητήρας συνεχίζει την καταγραφή κίνησης για αυτό το χρονικό διάστημα. Σε αρκετές περιπτώσεις η πτώση δεν είναι τραυματική για τους ηλικιωμένους και μπορούν να σηκωθούν και να συνεχίσουν κανονικά. Σε αυτήν την περίπτωση το κέντρο βάρους κινείται με θετική ταχύτητα. Αυτό είναι παρόμοιο με άλλα περιστατικά ανθρώπινης δραστηριότητας όπως το να πέσει ένα αντικείμενο ή το άλμα ενός κατοικίδιου ζώου. Καθώς το άτομο περπατάει στον χώρο κανονικά το κέντρο βάρους βρίσκεται στο μέσον του αισθητήρα. Το άτομο επίσης μπορεί από μόνο του να ακυρώσει τον πιθανό συναγερμό. Εάν όμως αδυνατεί να σηκωθεί και να σταματήσει τον συναγερμό τότε υπάρχει επιβεβαίωση του πιθανού συναγερμού και καλείται βοήθεια.

### 3.4 < Τεχνολογικός σχεδιασμός του ATC αισθητήρα >

#### Σχεδιασμός Pixel

Ο στόχος για τον σχεδιασμό του pixel είναι να επιτυγχάνει με την λειτουργία του χαμηλή αναντιστοιχία (mis-match), μεγάλο δυναμικό εύρος (dynamic range), και χαμηλή καθυστέρηση (latency) σε έναν λογικού μεγέθους πίνακα pixels. Αυτές οι προκλήσεις υλοποιούνται με ένα κύκλωμα φωτοδέκτη (photoreceptor), ένα διαφορικό κύκλωμα που ενισχύει τις αλλαγές με μεγάλη ακρίβεια και δυο transistor-συγκριτές (comparators). Η Εικόνα 18 δείχνει πως συνδυάζονται αυτά τα 3 στοιχεία [11].



Εικόνα 18 : Σχηματική αναπαράσταση των συστατικών του Pixel [11].

Το κύκλωμα του φωτοδέκτη έχει τις επιθυμητές ιδιότητες ώστε αυτόματα να ελέγχει το κέρδος του κάθε pixel ενώ την ίδια ώρα να αποκρίνεται άμεσα και γρήγορα σε αλλαγές στον φωτισμό. Το μειονέκτημα αυτού του κυκλώματος είναι

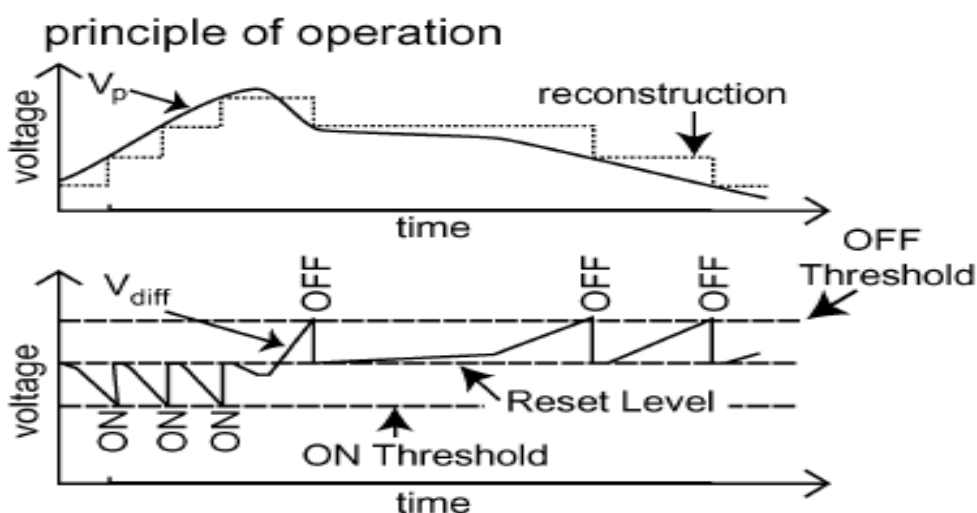
ότι η διακύμανση στο κατώτατο όριο του transistor προκαλεί σημαντική DC αναντιστοιχία μεταξύ των pixels, δημιουργώντας προβλήματα όταν αυτή η έξοδος χρησιμοποιείται απευθείας.

Η DC αναντιστοιχία αφαιρείται με την ισορρόπηση της εφόδου του διαφορικού κυκλώματος σε ένα μηδενικό επίπεδο(reset level) μετά την δημιουργία κάθε γεγονότος. Το κέρδος από την ενίσχυση καθορίζεται από τον λόγο των πυκνωτών  $C_1/C_2$  . Η αναπόφευκτη αναντιστοιχία από τους συγκριτές μειώνεται από το ακριβές κέρδος του διαφορικού κυκλώματος.

Εξαιτίας της αφαίρεσης της DV τάσης και λόγω της λογαριθμικής μετατροπής στον φωτοδέκτη , το pixel είναι ευαίσθητο στην χρονική αντίθεση TCON η οποία ορίζεται ως:

$$TCON = \frac{1}{I(t)} \frac{dI(t)}{dt} = \frac{d(\ln(I(t)))}{dt}$$

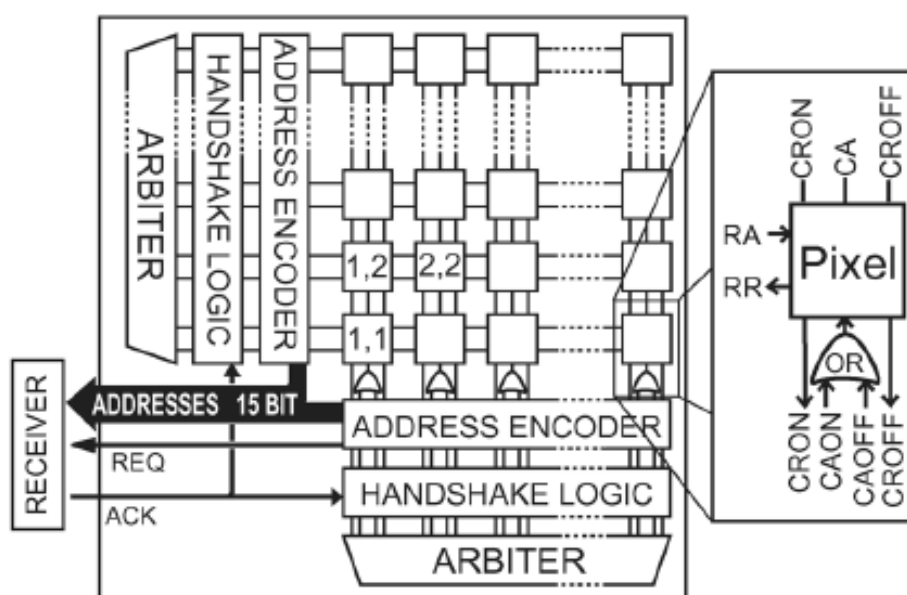
Όπου I είναι το ρεύμα [11]. Η Εικόνα 19 παρουσιάζει την αρχή λειτουργίας του Pixel:



Εικόνα 19 : Αρχή λειτουργίας του Pixel [11].



Τα ON και OFF γεγονότα επικοινωνούν με τα υπόλοιπα κυκλώματα με μια 4-φάσεων χειραψία όπως φαίνεται και στην Εικόνα 20. Τα κανάλια αιτήσεως γραμμών και στηλών του ON και του OFF τα οποία είναι τα PR, CRON ,CROFF δημιουργούνται ατομικά ενώ τα κανάλια αναγνώρισης RA, CA δημιουργούνται από κοινού. Μπορεί να διαμοιραστούν είτε γιατί το pixel έχει δημιουργήσει ένα ON γεγονός είτε ένα OFF ποτέ όμως και τα δύο ταυτόχρονα. Τα σήματα σειράς PR και RA διαμοιράζονται μεταξύ των Pixels μέσω σειρών και τα σήματα στήλης PR.CRON και CROFF μεταξύ των στηλών. Όταν ο συγκριτής ON και OFF αλλάξει κατάσταση από την μηδενική στην οποία βρίσκεται ξεκινά ο κύκλος επικοινωνίας. Σταματάει μέχρι να ξαναβρεθεί στην μηδενική κατάσταση(reset level).



**Εικόνα 20 :** Block διάγραμμα επικοινωνίας με την περιφέρεια του pixel του ATC αισθητήρα[11].

## Περιβάλλον Γεγονότων-Διευθύνσεων

Τα pixels ενσωματώνονται στον πίνακα και επικοινωνούν με τα υπόλοιπα κυκλώματα ασύγχρονα. Τα pixels έχουν μια x, y διεύθυνση και επιπλέον επικοινωνούν και το τύπος του γεγονότος(ON, OFF). Η έξοδος του chip είναι μια 15-bit ψηφιακή διεύθυνση με 7-bit για τη x και 7-bit για την y και 1 bit για την ταυτοποίηση ON ή OFF γεγονότος [11].

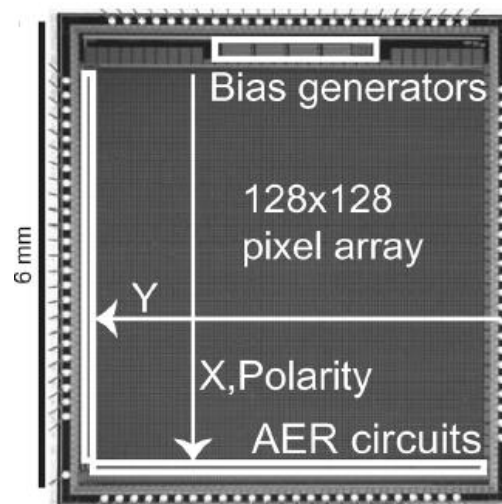
Τα κυκλώματα επικοινωνίας που βασίζονται στην τεχνική διευθύνσεων γεγονότων μεταδίδουν όλα τα γεγονότα που ανιχνεύονται. Χρησιμοποιούμε την ορολογία “ Arbitrated Word-parallel non-greedy ” για τα κυκλώματα γεγονότων διευθύνσεων [11]. Arbitrated σημαίνει ότι τα Pixels μπαίνουν στην ουρά και περιμένουν την σειρά τους για να μεταφερθούν από τον δίαυλο επικοινωνίας. Word-parallel σημαίνει ότι οι x,y διευθύνσεις μεταφέρονται παράλληλα και Non-greedy σημαίνει ότι ο κριτής του chip εγγυάται ότι μια γραμμή ή στήλη που έχει εξυπηρετηθεί δεν πρόκειται να έρθει πάλι η σειρά της πριν εξυπηρετηθούν όλες οι υπόλοιπες που έχουν κάνει αίτημα.

## Προγραμματιζόμενη Γεννήτρια Πολώσεως

Είναι αναγκαίο για την τεχνολογία του αισθητήρα και των Pixels να μην είναι ευαίσθητα στην θερμοκρασία. Έχει αναπτυχθεί για αυτόν τον λόγο μια προγραμματισμένες γεννήτρια πολώσεως (Programmable Bias Generator) [11] . Με την τεχνολογία αυτήν τα κυκλώματα είναι απολύτως ψηφιακά, χωρίς να χρειάζεται καθόλου η χρησιμοποίηση αναλογικών υλικών που είναι αναιίσθητα στην ανάπτυξη θερμοκρασιών, και πετυχαίνουμε μεγάλο εύρος στην ανοχή θερμοκρασιών.

## Διάταξη Pixel

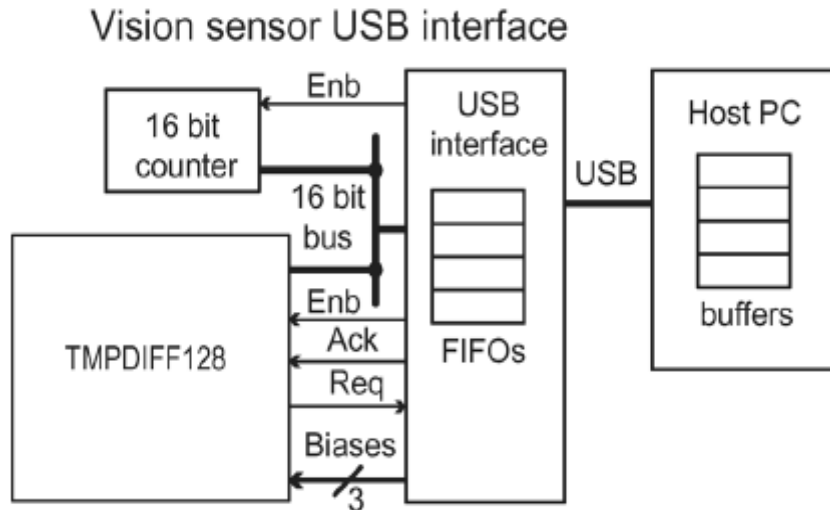
Στην Εικόνα 19 φαίνεται η κάτοψη του chip ενός ATC αισθητήρα. Ο περισσότερος χώρος καταλαμβάνεται από τον 128x128 πίνακα των pixels. Η γεννήτρια πολώσεως και τα κυκλώματα γεγονότων διευθύνσεων καταλαμβάνουν μόλις το 5% του χώρου.



**Εικόνα 19** : Διάταξη chip του ATC αισθητήρα [11].

## Επικοινωνία με εξωτερικές συσκευές.

Ο αισθητήρας θα πρέπει να μπορεί να επικοινωνεί με εξωτερικές συσκευές όπως ένας υπολογιστής για επεξεργασία των πληροφοριών. Στην Εικόνα 20 φαίνεται μια τέτοια διασύνδεση.



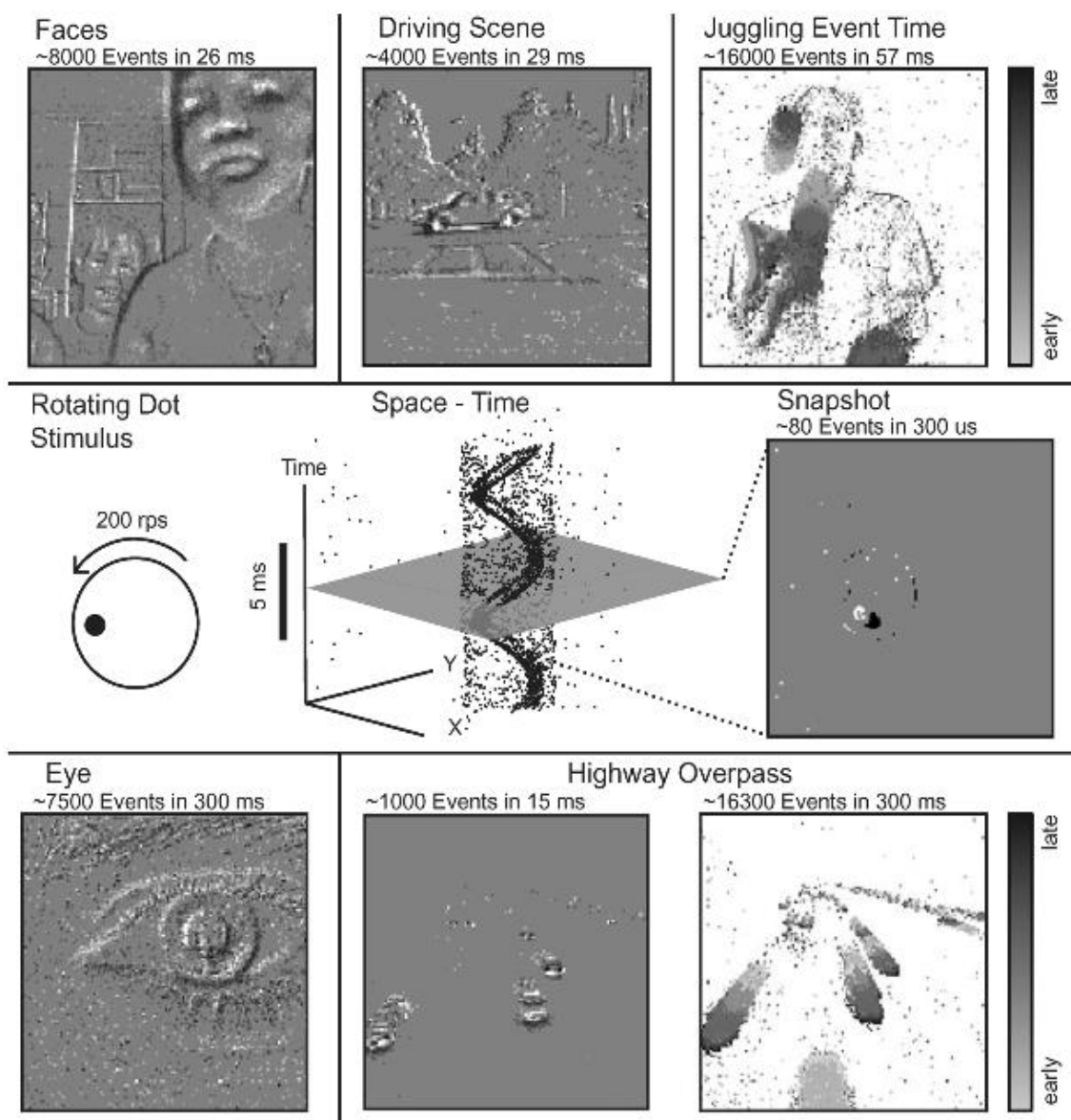
**Εικόνα 20** : Παράδειγμα διασύνδεσης αισθητήρα με εξωτερική συσκευή [11].

Ο αισθητήρα όρασης στέλνει τα γεγονότα διευθύνσεις στην USB επαφή, η οποία επίσης λαμβάνει χρονικά καθορισμένες μετρήσεις από έναν ίδιου μήκους δίαυλο. Η USB επαφή στέλνει με διαδικασία First in First out τις χρονικές αυτές διευθύνσεις στον υπολογιστή για περαιτέρω επεξεργασία.

### Πειραματικά Δεδομένα

Η Εικόνα 21 δείχνει παραδείγματα από πειραματικά δεδομένα του ATC αισθητήρα. Η εικόνα “Faces” έχει δημιουργηθεί σε εσωτερικό χώρο ,σε νυχτερινές ώρες με φωτισμό από λάμπα φθορισμού 15 W. Η εικόνα “Driving scene” έχει συλληφθεί εξωτερικά, πρωινές ώρες από θέση στο ύψος του ταμπλό του αυτοκινήτου. Η εικόνα “Juggling Event Time” δείχνει ως γεγονότα στην κλίμακα του γκρι και δείχνει έναν ταχυδακτυλουργό με 3 μπάλες, υπό το φως της ημέρας. Η εικόνα “Rotating Dot” δείχνει τα γεγονότα που δημιουργούνται από μια μαύρη μπίλια που ρίχνεται σε έναν λευκό δίσκο με 200 περιστροφές το δευτερόλεπτο και υπό φωτισμό από λάμπα φθορισμού γραφείου 300 lux. Η εικόνα “Eye” δείχνει γεγονότα από ένα κινούμενο μάτι και υπό εσωτερικό

φωτισμό. Η εικόνα “Highway Overpass” δείχνει τα γεγονότα που δημιουργούνται από αυτοκίνητα που κινούνται σε αυτοκινητόδρομο από μία γέφυρα και σε απογευματινές ώρες. Στην αριστερή αναπαρίστανται ως ON και OFF γεγονότα ενώ δεξιά ως συσχετιζόμενα με τον χρόνο.



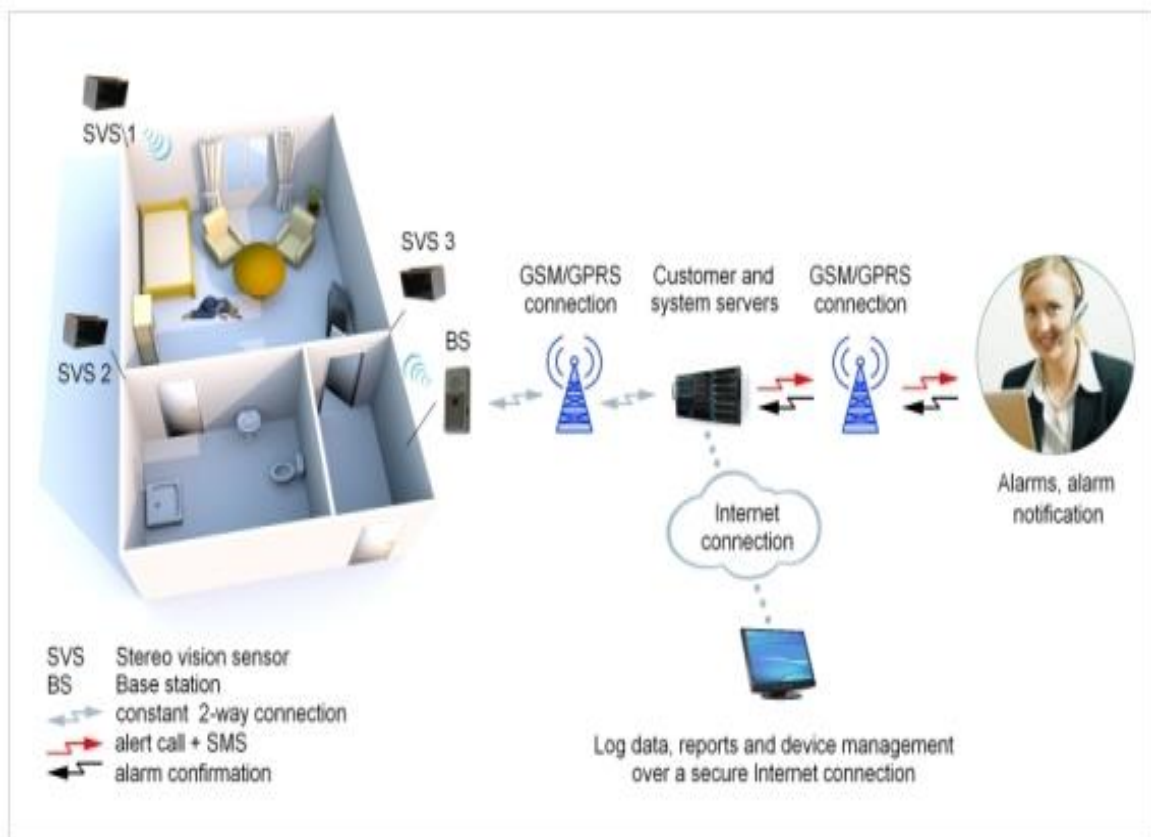
Εικόνα 21 : Δείγματα εικόνων από ATVC αισθητήρα σε διάφορες πειραματικές συνθήκες [11].

# 4

## Μελλοντικές κατευθύνσεις έρευνας

### 4.1 < CARE PROJECT >

Το CARE project είναι μια δραστηριότητα έρευνας και ανάπτυξης υπό την αιγίδα του Ambient Assisted Living (AAL) Joint Programme, το οποίο χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και άλλα κράτη τα οποία έχουν λάβει συμμετοχή σε αυτό το project [18]. Το project στοχεύει στο να υλοποιήσει ένα έξυπνο και αποδοτικό σύστημα παρακολούθησης με συναγερμό για την ανεξάρτητη ζωή των ηλικιωμένων. Πιο συγκεκριμένα έχει σαν στόχο την δημιουργία ενός αυτοματοποιημένου συστήματος αναγνώρισης και ειδοποίησης (μέσω συναγερμού) των κρίσιμων καταστάσεων (όπως οι πτώσεις) χρησιμοποιώντας οπτικό αισθητήρα και επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο, διατηρώντας την προσωπική ζωή και λαμβάνοντας υπόψη θέματα αξιοπιστίας, ιδιαίτερα της ικανότητας και της ασφάλειας του συστήματος. Το CARE project προτείνει μια καινοτόμο τεχνολογία και ένα σκεπτικό συστήματος σε πραγματικού χρόνου συνθήκες που να υλοποιούνται τόσο σε νοσοκομεία όσο και σε σπίτια.



**Εικόνα 22 :** Σχηματική αναπαράσταση της λειτουργίας του CARE project [18].

Το CARE project σχετίζεται με την ανάπτυξη και την παροχή τεχνολογίας όρασης, η οποία να μην ακριβή και να μην παραβιάζει τα δικαιώματα ασφάλειας προσωπικών δεδομένων και καταπάτησης της προσωπικής ζωής. αλλά να διατηρεί τα πλεονεκτήματα της οπτικής αίσθησης. Αυτό επιτυγχάνεται από έναν βιολογικά επηρεασμένο στέρεο δυναμικό αισθητήρα όρασης (dynamic stereo vision sensor), ο οποίος ανιχνεύει μόνο κίνηση. Αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιείται για να καταγράψει, να αναλύσει και να ερμηνεύσει την συμπεριφορά των ηλικιωμένων και αυτόματα να ειδοποιήσει με συναγερμό σε περίπτωση που καταγραφεί κάποια κρίσιμη κατάσταση όπως πτώση ή ακινητοποίηση για μεγάλο χρονικό διάστημα. Το σύστημα αυτό ενσωματώνεται σε ένα σύστημα παρακολούθησης των σπιτιών που έχουν επιλεχτεί και στο οποίο

συμπεριλαμβάνεται διεπαφή επικοινωνίας καθώς και σταθμός έλεγχου. Το σύστημα έχει εφαρμοσθεί πιλοτικά σε οίκους ευγηρίας στην Γερμανία και στην Φιλανδία. Ωστόσο στοχεύει σε σπίτια στα οποία διαμένουν ηλικιωμένοι τους ανεξάρτητοι.

Το ολοκληρωμένο σύστημα παρακολούθησης στο οποίο ενσωματώνεται ο αισθητήρας ονομάζεται Everon και είναι ένα ασύρματο σύστημα παρακολούθησης, ελέγχου και ειδοποίησης το οποίο υποστηρίζει την φροντίδα των ηλικιωμένων και γενικότερα των ασθενών σε ένα σπίτι. Η βάση του Everon είναι μια ανεξάρτητη μονάδα και το μεγάλο πλεονέκτημα που έχει είναι η παντελής απουσία καλωδίων. Το σύστημα αυτό είναι υπεύθυνο ώστε να φτάσει ο συναγερμός στον κατάλληλο δέκτη δηλαδή το προσωπικό το οποίο πρέπει να ενημερωθεί. Έτσι οι φροντιστές μπορούν να επικεντρωθούν στο έργο τους κερδίζοντας πολύτιμο χρόνο.

Αυτά που επιτυγχάνονται από την χρήση των αισθητήρων αυτών μπορούν να συνοψιστούν σε 7 αντικείμενα.

1. Χαμηλό κόστος εγκατάστασης: Τα δεδομένα της κίνησης αναλύονται σε πραγματικό χρόνο από ειδική ενσωματωμένη μονάδα επεξεργασίας. Επιπλέον μόνο σημαντικές πληροφορίες αποστέλλονται στην επαφή του δέκτη όπως συναγερμοί ή προκαθορισμένα γεγονότα. Έτσι υπάρχει δραστική μύωση της μεταδιδόμενης πληροφορίας.
2. Συμπαγές Σύστημα: Το σύστημα βασίζεται σε ένα πολύ συμπαγές και ενεργειακής οικονομίας σενάριο. Το σύστημα συνδυάζει τους οπτικούς αισθητήρες, την μονάδα επεξεργασίας και την ασύρματη επικοινωνία σε ένα μόνο σπίτι για εύκολη ανάπτυξη. Δεν στηρίζεται σε υπολογιστές ή θορυβώδη υπολογιστικούς server όπως τα περισσότερα συστήματα.
3. Μικρές επεξεργαστικές απαιτήσεις: Από την στιγμή που οι βιολογικά επηρεασμένοι αισθητήρες ήδη ανιχνεύουν την κίνηση και αφαιρούν την άχρηστη πληροφορία του υποβάθρου τα δεδομένα που χρειαζόμαστε από το



3 διαστάσεων σκηνικό είναι ήδη μειωμένα και αυτό συνεπάγεται μικρότερη απαιτούμενη επεξεργαστική ισχύ.

4. Αυτοπροσαρμογή: Εξαιτίας της εφαρμογής της μεθοδολογίας μάθησης από μηχανή όπως είναι και τα νευρωνικά δίκτυα, το σύστημα μπορεί και προσαρμόζεται στις ατομικές συνήθειες και συμπεριφορές των υποστηριζόμενων ατόμων.
5. Ανίχνευση γρήγορων κινήσεων/περιστατικών: Η γρήγορη χρονική ανάλυση των βιολογικά επηρεασμένων αισθητήρων επιτρέπει την σύλληψη γρήγορων κινήσεων με μεγάλη ακρίβεια και υψηλή ποιότητα κάτι που είναι αδύνατον για τα συμβατικά frame-based συστήματα.
6. Ανησυχίες προστασίας ιδιωτικής ζωής: Από την στιγμή που οι αισθητήρες ανιχνεύουν τις εξωτερικές γραμμές των κινούμενων αντικειμένων και όχι τα ίδια τα άτομα τα θέματα αυτά δεν υφίστανται.
7. Αξιοπιστία: Η απλότητα της λειτουργίας του συστήματος, από τη πλευρά του αισθητήρα ως και στην εγκατάσταση, συμβάλει στην αξιοπιστία του συστήματος.

## 4.2 < Χωροχρονική 4D Ανάλυση Πτώσεων >

Το Care Project ουσιαστικά αποτελεί πρακτική εφαρμογή συστημάτων ανίχνευσης πτώσης σε πραγματικές συνθήκες. Βασίζεται στην τεχνική διευθύνσεων-γεγονότων που αναλύθηκε στο 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο και έχει τις ίδιες αρχές με τους ATC Αισθητήρες. Ωστόσο στο project αυτό υπάρχει χωροχρονική ανάλυση των δεδομένων για καλύτερα και βελτιωμένα αποτελέσματα σε σχέση με τους ATC αισθητήρες [14,16]. Υπάρχει δηλαδή μια 4D αναπαράσταση των δεδομένων από τον αισθητήρα που να περιλαμβάνει την χρονική πληροφορία στα χωρικά αναπαριστώμενα δεδομένα. Βασίζεται στους Dynamic Vision Stereo Sensors, οι οποίοι είναι βιολογικά επηρεασμένοι, χαρακτηρίζονται από την παράλληλη επεξεργασία τη οπτικής πληροφορίας και ξεχωρίζουν για την εξαιρετική χρονική ανάλυση τους, το μεγάλο δυναμικό εύρος και την χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Όπως και οι ATC αισθητήρες είναι ευαίσθητοι στα γεγονότα που δημιουργούνται από τις αλλαγές στον φωτισμό ενώ παράλληλα έχουν το μεγάλο πλεονέκτημα τους σεβασμού προς την ιδιωτική ζωή. Τα γεγονότα από τον αισθητήρα αναπαριστώνται σε ένα χωροχρονικό πεδίο όπου γίνεται και η διάκριση των πτώσεων αφού πρώτα έχει γίνει ανάλυση από τον stereo αλγόριθμο επεξεργασίας εικόνων.

### Dynamic Stereo Vision Sensor

Το σύστημα βασίζεται στον Dynamic Stereo Vision Sensor και φαίνεται στη Εικόνα 23:

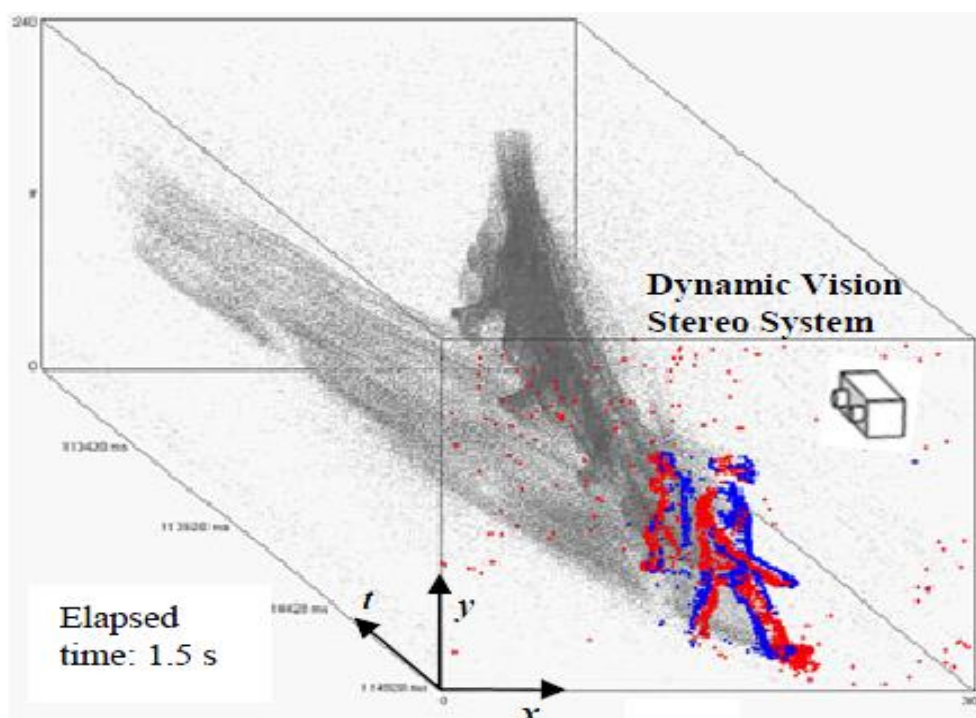


**Εικόνα 23** : DVS αισθητήρας και ψηφιακός επεξεργαστής σήματος (κάτω αριστερά) [14].

Το σύστημα περιλαμβάνει τον πίνακα του αισθητήρα, ο οποίος διαθέτει το chip του οπτικού αισθητήρα καθώς και τον ψηφιακό επεξεργαστή σήματος (DSP). Όπως φαίνεται διαθέτει δύο αισθητήρια όργανα και έναν πολυπλέκτη (MUX). Η μνήμη είναι σε αρχιτεκτονική FIFO ενώ η μονάδα επεξεργασίας του αισθητήρα η DSP. Τα στοιχεία του πίνακα (Pixels), που σε αυτήν την περίπτωση είναι 128x128 με CMOS τεχνολογία, ανταποκρίνεται λόγω ευαισθησίας στις αλλαγές του φωτισμού και στιγμιαία αποστέλλουν την διεύθυνση τους (την θέση του πίνακα δηλαδή) σε έναν δέκτη και με ασύγχρονο τρόπο.

Αυτά τα γεγονότα-διευθύνσεις τα οποία δημιουργούνται από τους δύο αισθητήρες φτάνουν πρώτα στον πολυπλέκτη. Στην συνέχεια με διαδικασία First In First Out φτάνουν στην μονάδα επεξεργασίας σήματος. Η DSP συνάπτει μια χρονοσφραγίδα (timestamp) σε κάθε διεύθυνση-γεγονός με διάρκεια 1ms [14, 16].

Η Εικόνα 24 δείχνει μια χωροχρονική αναπαράσταση δεδομένων ενός δυναμικού ανιχνευτή όρασης από το αποτέλεσμα δυο ατόμων που βρίσκονται στο οπτικό πεδίο του ανιχνευτή σε περιβάλλον δωματίου.



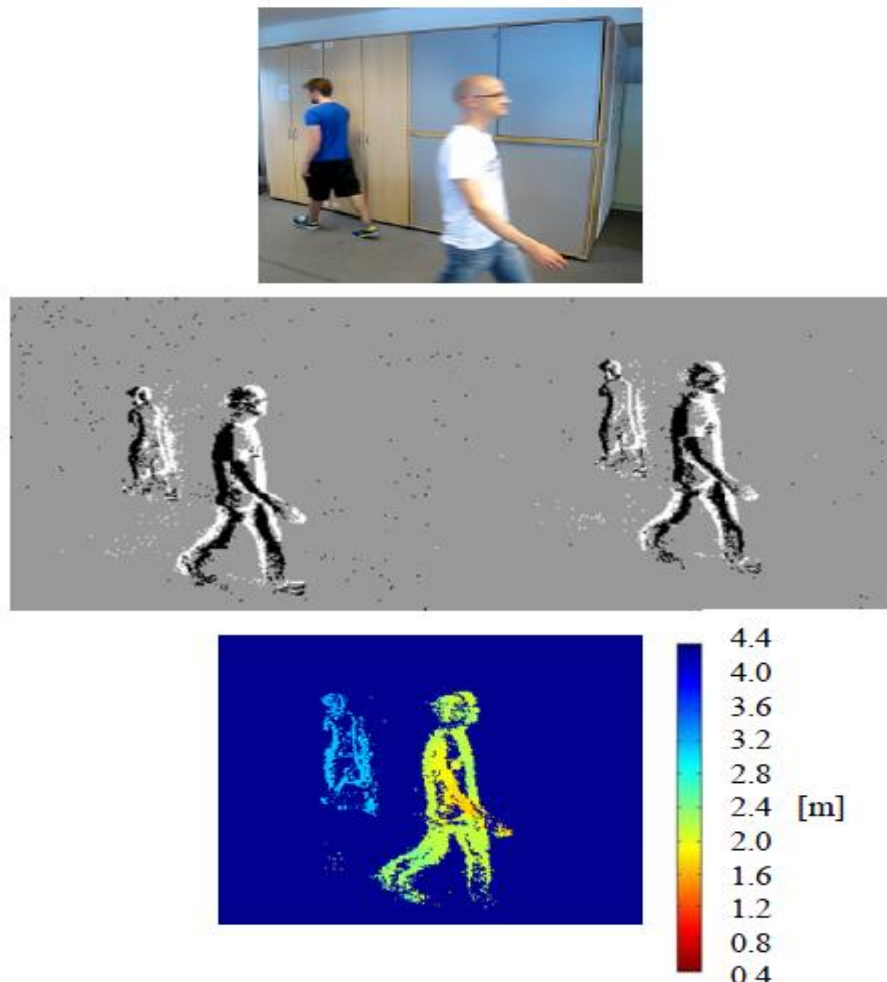
**Εικόνα 24** : Χωροχρονική αναπαράσταση δεδομένων δυναμικού αισθητήρα όρασης (DVS) [14,17]

Τα δεδομένα αναπαρίστανται βάση των συντεταγμένων  $x$  και  $y$  και του χρόνου  $t$  και για αυτό ονομάζεται χωροχρονική αναπαράσταση.

Οι έντονες κουκίδες αναπαριστούν τις γεγονότα που δημιουργήθηκαν τα τελευταία 16 ms. Οι μπλε και οι κόκκινες κουκίδες αναπαριστούν την δραστηριότητα που έχει δημιουργηθεί από ανιχνευόμενη αύξηση στον φωτισμό (ON event) ή μείωση του (OFF event), οι οποίες προκύπτουν από την κίνηση των ατόμων στο δωμάτιο. Οι μικρές γκρι κουκίδες είναι τα γεγονότα που δημιουργήθηκαν το τελευταίο 1.5 s πριν από τα τελευταία 16 ms. Αυτό δημιουργεί

τον ιδανικό τρόπο για συνεχή καταγραφή και ανίχνευση στον χώρο και στον χρόνο.

Η Εικόνα 25 δείχνει την στιγμιαία εικόνα που λαμβάνεται από το παρατηρούμενο πεδίο που αναφέρθηκε προηγουμένως. Αρχικά είναι η εικόνα από μια συμβατική κάμερα και έπειτα το αποτέλεσμα από τις αντιστοιχισμένες διευθύνσεις γεγονότα από το ζευγάρι των DVS αισθητήρων. Τα μαύρα και τα λευκά Pixels δημιουργούνται από γεγονότα λόγω αλλαγής στον φωτισμό, δηλαδή ON και OFF events. Το γκρι υπόβαθρο δηλώνει την απουσία κίνησης καθώς όταν δεν ανιχνεύεται κίνηση δεν δημιουργούνται γεγονότα.

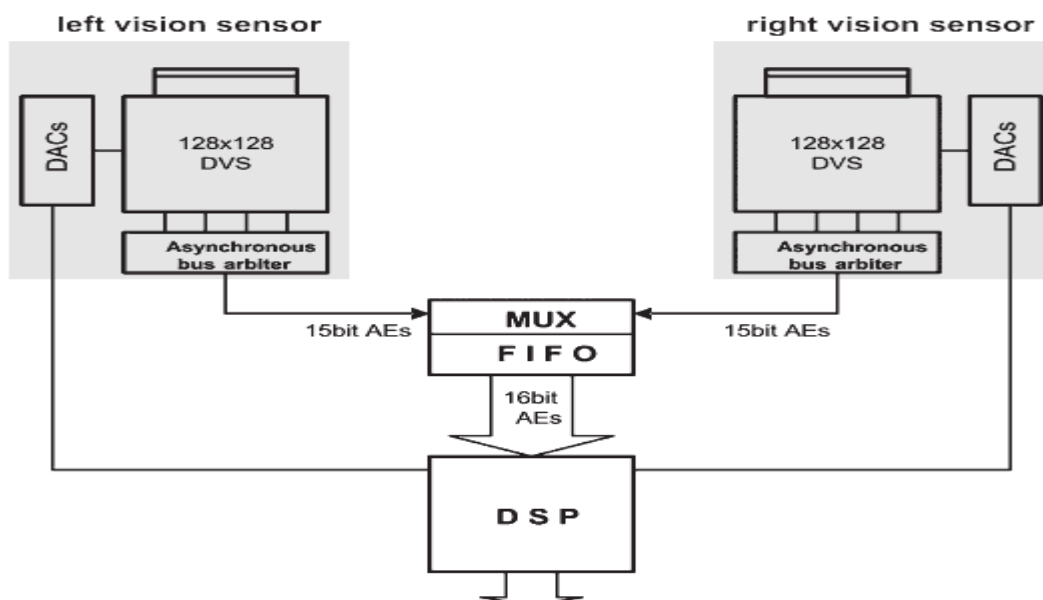


**Εικόνα 25** : Στιγμιαία εικόνα από συμβατική κάμερα (πάνω), από ζεύγος δυναμικών αισθητήρων (μέση) και το αποτέλεσμα με αλγόριθμο απόδοσης βάθους (κάτω) [17].

Η μονάδα επεξεργασίας του αισθητήρα χρησιμοποιεί stereo αλγόριθμους για την επεξεργασία ώστε να αποδοθεί και το βάθος της εικόνας με την χρήση των δυναμικών. Το αποτέλεσμα φαίνεται στο κάτω μέρος της εικόνας με χρωματική απόδοση.

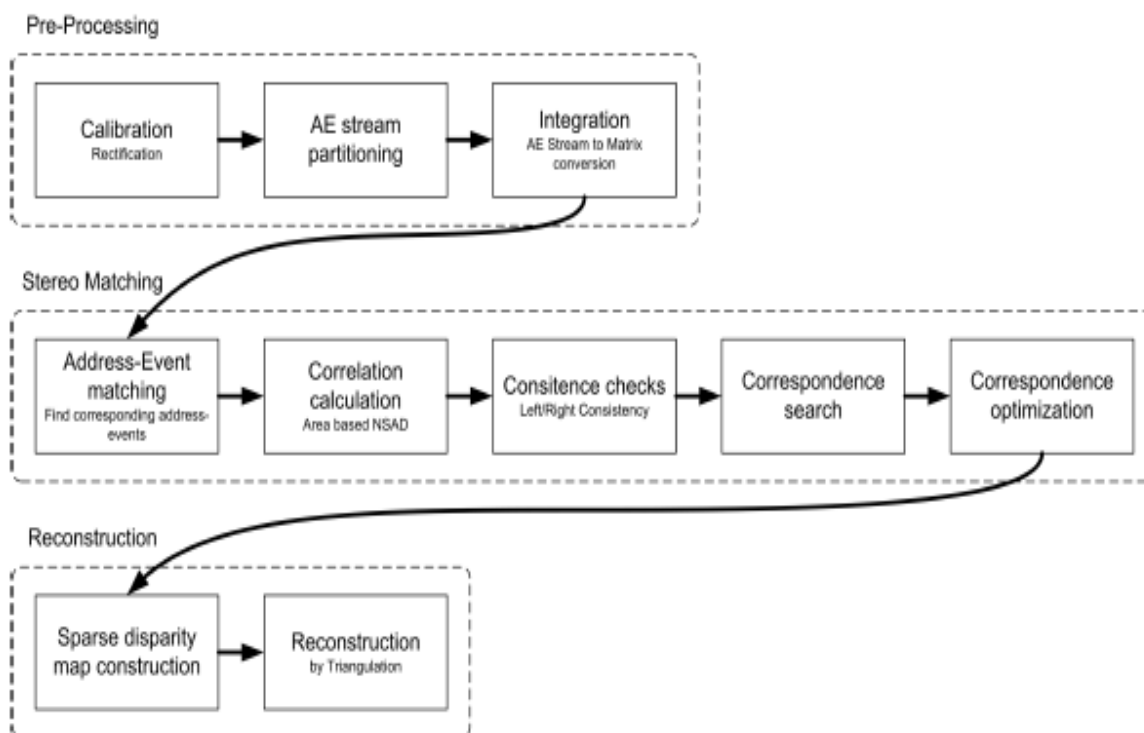
### Stereo Αλγόριθμος Διευθύνσεων-Γεγονότων

Στην Εικόνα 26 φαίνεται η αρχιτεκτονική του συστήματος που χρησιμοποιείται. Διαθέτει δυο δυναμικούς αισθητήρες όρασης σαν αισθητήρια όργανα, τον πολυπλέκτη, την μνήμη FIFO, και την μονάδα επεξεργασίας DSP.



**Εικόνα 26 :** Hardware Αρχιτεκτονική ενός 128x128 Δυναμικού Αισθητήρα Όρασης [14, 16].

Ο υπολογισμός του βάθους σε πραγματικό χρόνο αποτελείται από 3 κύρια βήματα: Πρώτον χρειάζεται συνεχής βαθμονόμηση και διόρθωση της κάμερας με έναν παράγοντα ο οποίος θα κάνει γραμμικά τα δεδομένα από το ζεύγος των αισθητήρων. Δεύτερον χρειάζεται stereo υπολογισμός των αντιστοιχίσεων και τρίτων χρειάζεται ανακατασκευή.



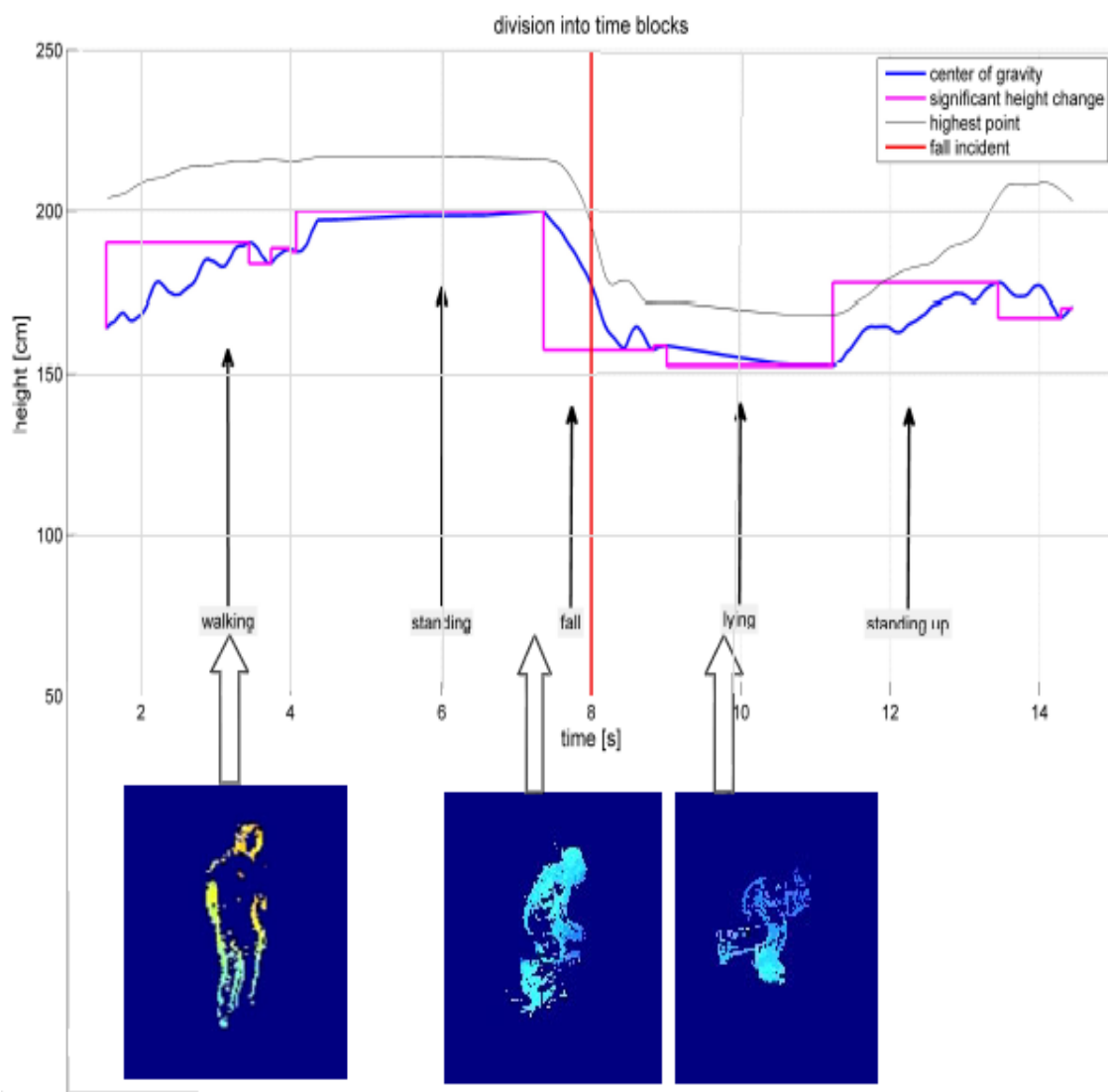
**Εικόνα 27 :** Διάγραμμα λειτουργίας stereo αλγορίθμου για την ανακατασκευή εικόνων [15].

Εξαιτίας αυτής της stereo διαδικασίας υπάρχουν κάποιες διαφορές με τους συμβατικούς τρόπους επεξεργασίας. Τα γεγονότα-διευθύνσεις πρέπει πρώτα να συσσωρευτούν με έναν συγκεκριμένο τρόπο ώστε να γίνει η σωστή αντιστοίχιση των δεδομένων από τον δεξιό και τον αριστερό αισθητήρα. Επίσης η αντιστοίχιση αυτή μπορεί να εφαρμόζεται μόνο σε γειτονικές περιοχές της εικόνας ώστε να μην αυξάνεται το κόστος επεξεργασίας. Η Εικόνα 27 αντικατοπτρίζει τις διαφορές αυτές καθώς και την τεχνική που ακολουθείται [17]. Δυο blocks λειτουργίας, το AE

Stream Partitioning και το Integration είναι απαραίτητα ώστε οι διευθύνσεις-γεγονότα να γίνουν στην κατάλληλη μορφή.

### Ανάλυση Πτώσεων

Για την ανάλυση των χωροχρονικά δημιουργημένων γεγονότων χρονικά blocks έχουν δημιουργηθεί σε διάφορα χρονικά μήκη, βασιζόμενα στις κινήσεις του ατόμου, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 28.

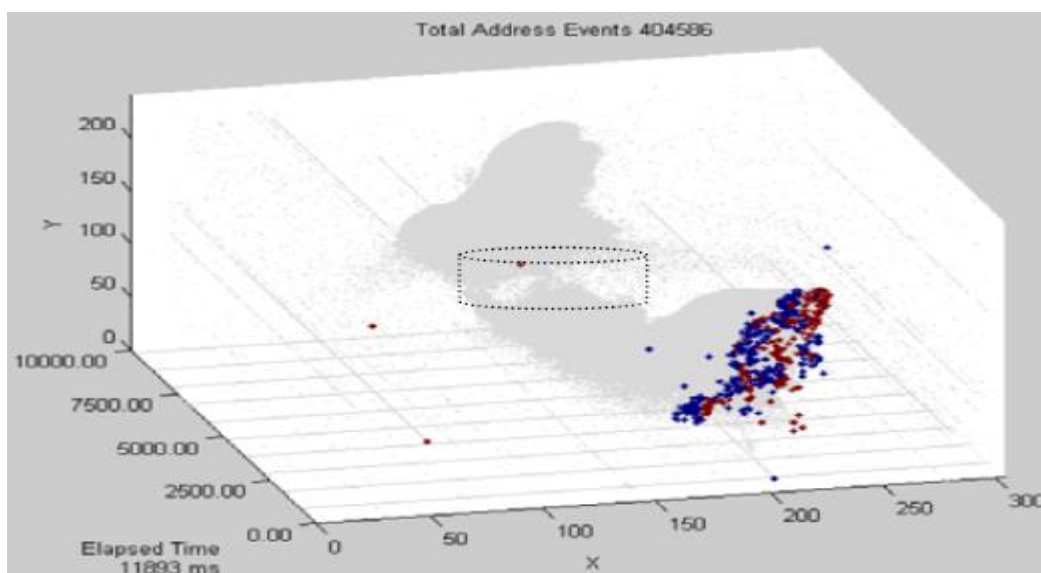


**Εικόνα 28 :** Παρουσίαση της χρονικής κατάτμησης της δραστηριότητας του ατόμου με blocks χρησιμοποιώντας τις αλλαγές στο κέντρο βαρύτητας [17].



Η αρχή και το τέλος κάθε χρονικού block ενεργοποιείται από την κατακόρυφη κατεύθυνση του κέντρου της βαρύτητας των γεγονότων. Εάν το ύψος του κέντρου αυτού αλλάξει σημαντικά ένα καινούργιο block ενεργοποιείται. Με αυτόν τον τρόπο χρονικές περίοδοι με μικρές ή παρόμοιες αλλαγές συγχωνεύονται στο ίδιο block. Ο στόχος αυτή της χρονικής κατάτμησης είναι να ρυθμίσει την ασύγχρονη επεξεργασία των δεδομένων λαμβάνοντας υπόψη την συνεχή κίνηση του ατόμου και γίνεται εύκολο να προσδιοριστεί η χρονική στιγμή του συμβάντος.

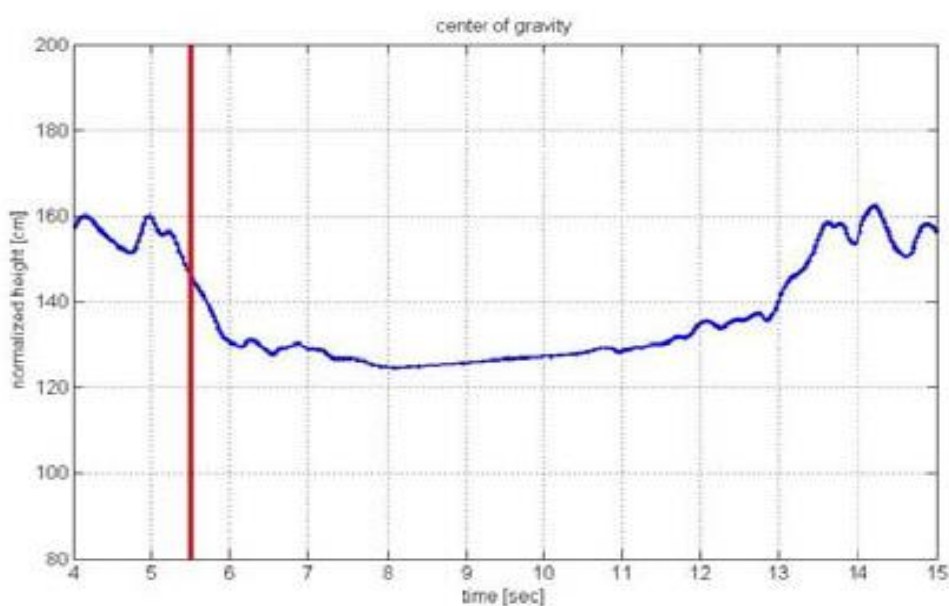
Προκειμένου να παραχθεί μια επαρκής ανάλυση για την δραστηριότητα του ατόμου πριν, κατά την διάρκεια και μετά από την πτώση σχεδιάστηκε επίσης η γραφική παράσταση ενός σεναρίου διάρκειας 10 s, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 29. Δείχνει τα χωροχρονικά δημιουργημένα γεγονότα από την κίνηση ενός ατόμου στον χώρο. Τα έντονα χρωματισμένα γεγονότα δημιουργήθηκαν τα τελευταία 16 ms ενώ αυτά που ανήκουν στα προηγούμενα 10 s φαίνονται με μικρές γκριζες κουκίδες. Ο διακεκομμένος κύβος δείχνει την αδράνεια που υπάρχει μετά από το περιστατικό της πτώσης. Αυτή η περίοδος έχει σαφώς λιγότερα γεγονότα σε σχέση με την προηγούμενη.



**Εικόνα 29 :** Συνεχώς δημιουργημένα γεγονότα από την κίνηση ατόμου διάρκειας 10 s συμπεριλαμβανομένου χρονικού διαστήματος αδράνειας 3 s [14].

Για την ανίχνευση πτώσεων δυο χαρακτηριστικά φαίνεται να είναι σχετικά : Η θέση του ατόμου και το μέγεθος της δραστηριότητας. Η θέση του ατόμου μπορεί να προσδιοριστεί χρησιμοποιώντας το βάθος του σκηνικού , ώστε να φανεί εάν το άτομο βρίσκεται σε ξαπλωμένη θέση. Το μέγεθος της δραστηριότητας μπορεί να προσδιοριστεί υπολογίζοντας τον ρυθμό γεγονότων ανά δευτερόλεπτο.

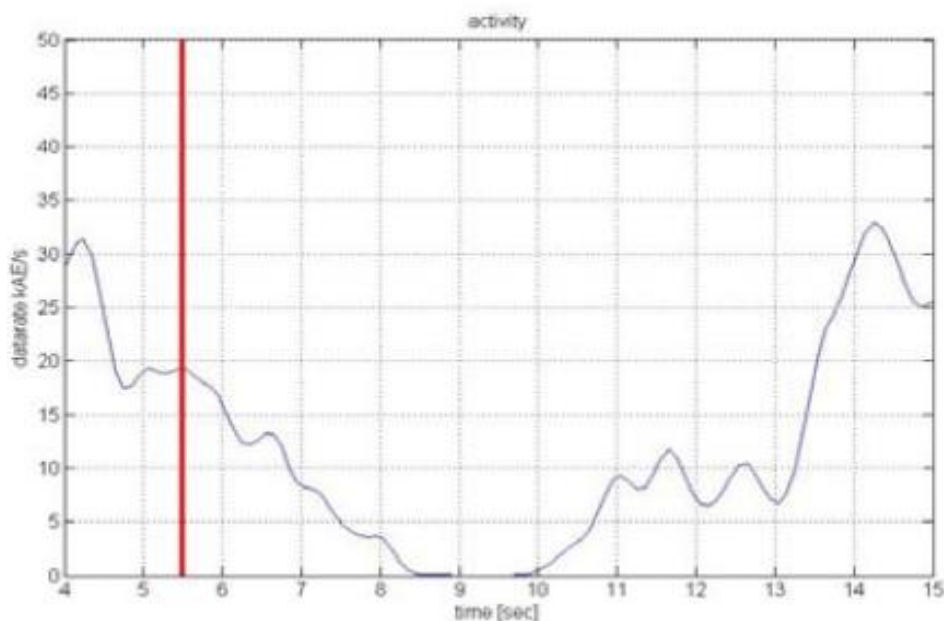
Η Εικόνα 30 δείχνει το κανονικοποιημένο ύψος για το κέντρο βάρους ενός ατόμου κατά την διάρκεια κίνησης του στο δωμάτιο.



**Εικόνα 29 :** Κανονικοποιημένο ύψος του κέντρου βάρους κατά την διάρκεια κίνησης του ατόμου. Η κόκκινη γραμμή σηματοδοτεί την έναρξη της πτώσης [14].

Αυτά τα γεγονότα δημιουργούνται από τον αισθητήρα κατά την διάρκεια της πτώσης, η οποία είναι 11 s. Η κόκκινη γραμμή στα 5.5 s δείχνει την έναρξη της πτώσης και φαίνεται στην εικόνα η δραστική μείωση του ύψους εκείνη την χρονική στιγμή. Μεταξύ 8 s και 11.5 s το ύψος έχει την χαμηλότερη τιμή και είναι η διάρκεια που το άτομο βρίσκεται στο πάτωμα. Ξεκινώντας από τα 13.5 s το ύψος αρχίζει πάλι να αυξάνεται και είναι η χρονική στιγμή στην οποία το άτομο σηκώνεται πάλι.

Η δεύτερη παράμετρος είναι ο ρυθμός των δεδομένων (δραστηριότητα), όπως φαίνεται και στην Εικόνα 30.

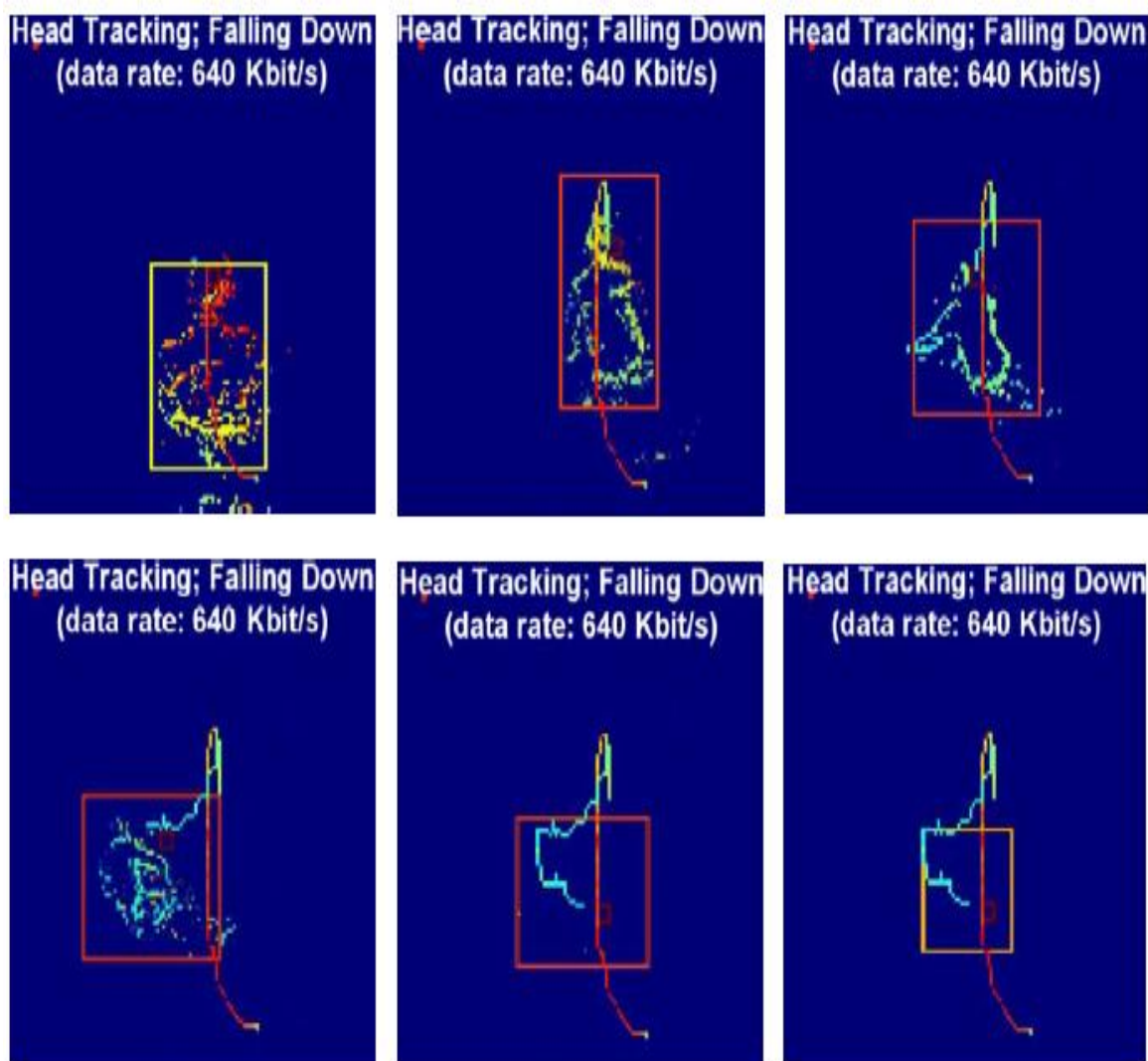


**Εικόνα 30 :** Ρυθμός γεγονότων κατά την διάρκεια κίνησης του ατόμου. Η κόκκινη γραμμή σηματοδοτεί την έναρξη της πτώσης [14].

Σε αυτά τα δεδομένα διάρκειας 11 s φαίνεται ξεκάθαρα ότι η πτώση του ατόμου μετά την κόκκινη γραμμή αντικατοπτρίζεται από την μείωση του ρυθμού γεγονότων. Μεταξύ 8.5 s και 10s το άτομο είναι εντελώς ακινητοποιημένο καθώς ο ρυθμός έχει μηδενιστεί. Στην συνέχεια καθώς το άτομο σηκώνεται αυξάνεται και ο ρυθμός γεγονότων.

Για να ολοκληρωθεί αυτή η ανάλυση χρησιμοποιώντας τον DVS αισθητήρα πραγματοποιείται ταυτόχρονη ανίχνευση του ύψους και υπολογισμός του ρυθμού γεγονότων. Ως το ψηλότερο σημείο θεωρείται το κεφάλι όπως φαίνεται και στην Εικόνα 31. Οι εικόνες αυτές δείχνουν τα γεγονότα που δημιουργούνται από τον stereo αισθητήρα σε απόδοση εικόνας, περιλαμβάνοντας και το βάθος της πληροφορίας αποδιδόμενο χρωματικά. Η πάνω αριστερά εικόνα δείχνει τα γεγονότα που δημιουργούνται όταν το άτομο εισέρχεται στο σκηνικό. Τα κίτρινο κουτί σημαίνει ότι το άτομο ανιχνεύεται για πρώτη φορά. Το χρώμα του κουτιού

γίνεται κόκκινο αφού περάσουν μερικά δευτερόλεπτα. Η χρωματιστή γραμμή δείχνει τα αποτελέσματα από την καταγραφή του κεφαλιού και την απόσταση του από τον αισθητήρα. Η πτώση του ατόμου παρουσιάζεται από την άνω μεσαία εικόνα μέχρι την αριστερή κάτω. Το χρώμα της καταγραφόμενης γραμμής αλλάζει από κόκκινο σε μπλε καθώς το κεφάλι απομακρύνεται από τον αισθητήρα. Η μεσαία κάτω και δεξιά εικόνα δεν δείχνουν κάποιες αλλαγές λόγω της ακινησίας του ατόμου. Για αυτό τον λόγο ενεργοποιείται ένας συναγερμός ο οποίος παρουσιάζεται στην κάτω δεξιά εικόνα ως πορτοκαλί κουτί [14].



**Εικόνα 31 :** Ακολουθία εικόνων που δείχνει την ταυτόχρονη καταγραφή ατόμου και την ανίχνευση πτώσης [14].

# 5

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Σε αυτήν την διπλωματική μελετήθηκε και αναλύθηκε ένας ανιχνευτής πτώσεων χρονικής αντίθεσης που βασίζεται στην τεχνική των διευθύνσεων-γεγονότων. Με τις μελέτες να αποδεικνύουν ότι η αύξηση του ποσοστού των ηλικιωμένων είναι μεγάλη και αντίστοιχα το ποσοστό των φροντιστών να μειώνεται, είναι άκρως απαραίτητη η εισαγωγή και η ανάπτυξη τεχνολογιών που να δίνουν λύση στο πρόβλημα αυτό. Έχει προταθεί η χρήση αυτού του ανιχνευτή λοιπόν για την ανίχνευση πτώσεων στους ηλικιωμένους και εφαρμογή στο σπίτι.

Η προσέγγιση καινοτομεί για δύο λόγους κυρίως. Πρώτον ένας ασύγχρονος χρονικής αντίθεσης οπτικός αισθητήρας χαρακτηρίζεται από υψηλή χρονική ανάλυση όπως είδαμε και καταγράφει τις αλλαγές που ανιχνεύονται στα pixels με πολύ μικρή χρονική καθυστέρηση της τάξης των milliseconds. Δεύτερον ένας ελαφρύς αλγόριθμος επιτρέπει την στιγμιαία μέτρηση των διανυσμάτων της κίνησης και επιτρέπει την άμεση αναφορά πτώσεων με ελάχιστο υπολογιστικό κόστος.

Ο ATC αισθητήρας που παρουσιάστηκε σε αυτήν την διπλωματική έχει δυο μεγάλα πλεονεκτήματα:

- Ο ανιχνευτής της κίνησης είναι μικρός σε μέγεθος και επιπλέον έχει μη παρεμβατική λειτουργία. Η εγκατάσταση αυτών των οργάνων στα σπίτια των υπό παρακολούθηση ηλικιωμένων θα προκαλέσει ελάχιστες αλλαγές στις συνήθειες και στον τρόπο ζωής τους. Η εγκατάσταση μπορεί επίσης να γίνει εύκολα δίπλα σε έναν διακόπτη.
- Ο συγκεκριμένος ανιχνευτής προστατεύει την προσωπική ζωή του ασθενούς. Ο αισθητήρας με την μέθοδο διευθύνσεων-γεγονότων δεν φωτογραφίζει και αποκόπτει όλες τις λεπτομέρειες της εμφάνισης του ασθενούς. Επίσης καθόλου δεδομένα δεν μεταδίδονται μέχρι την ενεργοποίηση του συστήματος από την ανίχνευση πτώσης.

Υπάρχουν προβλήματα και λεπτομέρειες που πρέπει να ρυθμιστούν από την εφαρμογή του. Ένα πρόβλημα το οποίο αναλύθηκε είναι η παρουσία κατοικίδιων ζώων που πολλές φορές ενεργοποιούν το σύστημα, το οποίο όμως αντιμετωπίστηκε. Επίσης σημαντικό ζήτημα είναι η το ποσοστό λανθασμένων συναγερμών το οποίο πρέπει να είναι όσο γίνεται πιο κοντά στο μηδέν. Η λύση είναι η αυτό ακύρωση με ειδικές μεθοδολογίες που εφαρμόζονται. Τέλος το σύστημα πρέπει να ανταποκρίνεται στις πραγματικές συνθήκες στο σπίτι και όχι μόνο σε εργαστηριακές ιδανικές συνθήκες. Πρέπει να μπορεί να υλοποιηθεί και να αποτελεί μια αξιόλογη επενδυτική κίνηση. Για τον λόγο αυτό παρουσιάστηκε το CARE project μια ουσιαστική εφαρμογή τη τεχνολογίας αυτής.

Είναι δεδομένο ότι το σύστημα απαιτεί μια πολύ μεγάλη βάση δεδομένων όσον αφορά το είδος των πτώσεων σε ποικίλα σενάρια ώστε να εκπαιδευτεί κατάλληλα το νευρωνικό δίκτυο για την πιο αξιόπιστη λειτουργία του.

Αυτήν την στιγμή γίνονται εκπαιδευτικές δοκιμές ώστε να επιτευχτεί η καλύτερη δομή του συστήματος. Και προσπάθεια για να διευρυνθεί η βάση δεδομένων με πτώσεις και μη πτώσεις η οποία θα είναι και η βάση εκπαίδευσης των συστημάτων για να αυξήσουν την ικανότητα τους όσον αφορά αυτό το θέμα.

Με την πρακτική εφαρμογή του συστήματος μέσω του CARE project στην Γερμανία και την Φιλανδία επιτυγχάνεται ο στόχος για την δοκιμασία του συστήματος σε πραγματικές συνθήκες καθώς και την απόκτηση ακόμα πιο ρεαλιστικών δεδομένων που θα το καθιστούν ακόμα πιο κατάλληλο για την ανίχνευση πτώσεων των ηλικιωμένων.

Καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται η εφαρμογή των ATC αισθητήρων είναι μια λύση η οποία πρέπει να υποστηριχθεί για ένα τόσο μείζον πρόβλημα όπως είναι η πτώση των ηλικιωμένων ανθρώπων.

# 6

## Βιβλιογραφία

[1] World Health Organization: Global report on falls prevention in older age. [[http://www.who.int/ageing/publications/Falls\\_prevention7March.pdf](http://www.who.int/ageing/publications/Falls_prevention7March.pdf)]

[2] E. Duthie, “Falls,” in *Medical Clinics of North America*, Apr.–Jun. 1989, pp. 1321–1335.

[3] Igual et al, Challenges, issues and trends in fall detection systems, *BioMedical Engineering OnLine* 2013

[4] Fu, Z., et al. (2008): An address-event fall detector for assisted living application. In: *IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems*, June 2008, vol. 2 no 2: 88–96.

[5] Laurence Z. Rubenstein, Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention, *Age and Ageing* 2006



[6] Laurence Z. Rubenstein et al 2006, Falls and Their Prevention in Elderly People: What Does the Evidence Show?, The Medical Clinics of North America.

[7] Muhammad Mubashir et al, 2012, A survey on fall detection: Principles and approaches, Department of Electronic and Electrical Engineering, The University of Sheffield, UK.

[8] Diane F. Mahoney et al, In-home monitoring of persons with dementia: Ethical guidelines for technology research and development, Alzheimer's & Dementia 3 (2007) for the Working Group on Technology of the Alzheimer's Association

[9] Jürgen Nehmer et al, Living assistance systems: an ambient intelligence approach, ICSE 2006 Proceedings of the 28th international conference on Software engineering.

[10] A' Srp, F. Vajda, Possible techniques and issues in fall detection using asynchronous temporal contrast sensors, Elektrotechnik & Informationstechnik (2010)

[11] Lichtsteiner, P., Posch, C., Delbruck, T. (2008): A 128\_128 120 dB 15 ms latency asynchronous temporal contrast vision sensor. In: IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. 43, no. 2, February 2008, 566–576

[12] Thiago Teixeira et al, Address-Event Imagers for Sensor Networks: Evaluation and Modeling, In Proceedings of Information Processing in Sensor Networks (IPSN), 2006

[13] Perez-Carrasco et al, Fast Vision Through Frameless Event-Based Sensing and Convolutional Processing: Application to Texture Recognition, Neural Networks, IEEE Transactions on 2010.

[14] A. N. Belbachir, S. Schraml and A. Nowakowska, "Event driven Stereo Vision for Fall Detection, " in Proceedings of the IEEE CVPR Workshops under Embedded Computer Vision Workshop, p. p. 82-87, USA, June 2011

[15] S. Schraml, A. N. Belbachir, N. Milosevic and P. Schoen, "Dynamic Stereo Vision for Real-time Tracking, " in Proc. of IEEE ISCAS, June 2010.

[16] A. N. Belbachir et al, Biologically-inspired stereo vision for elderly safety at home, Elektrotechnik & Informationstechnik (2010)

[17] Ahmed Nabil Belbachir et al, Event-driven Feature Analysis in a 4D Spatiotemporal Representation for Ambient Assisted Living, Computer Vision Workshops (ICCV Workshops), 2011 IEEE International Conference on

[18] <http://care-aal.eu/en>

