

# Τεχνικές ανίχνευσης πολλαπλών αντικειμένων και προστασία των περιεχομένων σε δεδομένα βίντεο οδικών διασταυρώσεων

με αναφορές σε μεθόδους απομάκρυνσης υποβάθρου

Μαϊργιώτης Αντώνιος  
Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής Τ.Ε  
ΤΕΙ Θεσσαλίας  
Λάρισα  
mairgiotis@gmail.com

Βέντζας Δημήτριος  
Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής Τ.Ε  
ΤΕΙ Θεσσαλίας  
Λάρισα  
ventzas@teilar.gr

**Abstract**— Στη παρούσα εργασία πρόκειται να παρουσιάσουμε κάποιες κλασικές τεχνικές απομάκρυνσης υποβάθρου στο πλαίσιο των τεχνικών ανίχνευσης πολλαπλών αντικειμένων. Επιπλέον, λόγω της σημασίας και της ευαίσθητης φύσης των δεδομένων βίντεο σε οδικές διασταυρώσεις θα παρουσιάσουμε τη πρότασή μας για την υδατοσήμανση δεδομένων βίντεο με τη βοήθεια ενός ταυτόχρονα αυτό-παλίνδρομου (simultaneously auto-regressive) μοντέλου εικόνας και τη χρήση γνωστών πιθανοτικών κατανομών.

**Keywords**— *Simultaneously Autoregressive model, προστασία δεδομένων βίντεο, υδατοσήμανση, τεχνικές ανίχνευσης πολλαπλών αντικειμένων, απομάκρυνση υποβάθρου*

## I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι τεχνικές που βασίζονται στην ψηφιακή επεξεργασία εικόνας και βίντεο, εφαρμόζονται στην ανάλυση των ακολουθιών βίντεο που περιγράφουν τη ροή της κίνησης των οχημάτων και προσφέρουν σημαντικές βελτιώσεις έναντι υφιστάμενων που βασίζονται π.χ. σε αισθητήρες [1]-[3]. Βάσει των προηγούμενων έχουμε τη δυνατότητα μέτρησης της ταχύτητας, τη μέτρηση του πλήθους των αντικειμένων, τη ταξινόμηση αντικειμένων καθώς και τη περιγραφή της κατάστασης σε ένα κοινωνιακό κόμβο. Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης εργασίας, ενδιαφερόμαστε να δημιουργήσουμε ένα σύστημα βασισμένο σε βίντεο για λόγους ανάλυσης κίνησης σε οδικές διασταυρώσεις. Επιπλέον, μας ενδιαφέρει η προστασία των συγκεκριμένων δεδομένων με μεθόδους όπως η ψηφιακή υδατοσήμανση (watermarking). Στη προκειμένη εργασία προτείνουμε μία νέα μεθοδολογία βασισμένη σε ένα μοντέλο εικόνας που έχει εφαρμοστεί σε προβλήματα ανάκτησης εικόνας και συγκρίνουμε την επίδοση γνωστών στατιστικών ανιχνευτών.

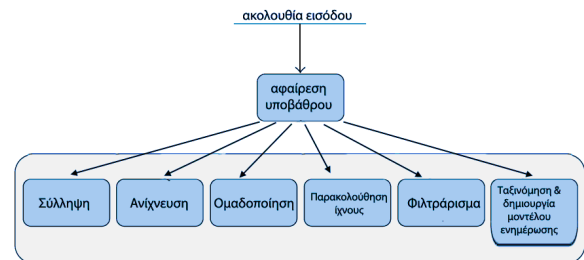
## II. ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ

Η οπτική παρακολούθηση συνίσταται από δύο βασικά υπο-προβλήματα: οι στόχοι-οχήματα αρχικά θα πρέπει να ανιχνευθούν και εν συνεχεία να παρακολουθηθεί το ίχνος τους. Από αρχιτεκτονικής σκοπιάς τα συστήματα που

χρησιμοποιούνται για την οπτική παρακολούθηση, αναλύουν το προκείμενο πρόβλημα περαιτέρω σε συγκεκριμένες φάσεις όπως ακολουθεί και όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 1:

- Σύλληψη (acquisition)
- Ανίχνευση (detection)
- Ομαδοποίηση (grouping)
- Παρακολούθηση ίχνους (tracking)
- Φιλτράρισμα (filtering)
- Ταξινόμηση (classification)

Δημιουργία μοντέλου ενημέρωσης (updating model): εδώ το σύστημα ενημερώνει τα μοντέλα που χρησιμοποιεί για να εισαχθούν πληροφορίες που έχουν αποκτηθεί από τα προηγούμενα πλαίσια.



Εικόνα 1. Βασικά συστατικά στοιχεία κατά τη διαδικασία αφαίρεσης υποβάθρου

## III. ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ –ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ

Η μοντελοποίηση υποβάθρου χρησιμοποιείται σε διάφορες εφαρμογές με σκοπό να ανιχνευθούν κινούμενα αντικείμενα σε μία σκηνή βίντεο σε εφαρμογές βίντεο-επιτήρησης (video surveillance), σύλληψη οπτικής κίνησης καθώς και σε εφαρμογές πολυμέσων [1-6]. Ο απλούστερος τρόπος για να μοντελοποιηθεί το φόντο είναι να συλλάβουμε μία εικόνα φόντου η οποία δε περιέχει κανένα κινούμενο αντικείμενο. Βέβαια, σε κάποιες εφαρμογές το φόντο δεν είναι διαθέσιμο,

οπότε μπορεί να αλλάξει υπό συνθήκες όπως αλλαγές στη φωτεινότητα, αντικείμενα που εισβάλλουν ή απομακρύνονται από τη σκηνή κ.τ.λ. Συνεπώς, το πώς θα δημιουργήσουμε ένα τέτοιο μοντέλο αποτελεί μία πρόκληση λόγω αλλαγών των φυσικών συνθηκών, κίνησης των στοιχείων της σκηνής ή της κάμερας, εμφάνισης σκιών κ.τ.λ.

Η κλασική οργάνωση των αντίστοιχων μεθόδων μπορεί να γίνει ανά pixel (per pixel), ανά περιοχή (per region) και ανά πλαίσιο (frame). Όλες οι προαναφερόμενες διαδικασίες χρησιμοποιούνται στην αφαίρεση περιεχομένου που στην ουσία της σαν διαδικασία εμπεριέχει τα ακόλουθα βήματα:

- Μοντελοποίηση υποβάθρου και αρχικοποίηση υποβάθρου
- Διατήρηση υποβάθρου και ανίχνευση προσκηνίου
- Επιλογή του μεγέθους των χαρακτηριστικών (pixel, μπλοκ, blob ή συστάδα από pixel)
- Επιλογή του τύπου των χαρακτηριστικών (χαρακτηριστικά χρώματος, ακμών, κίνησης, υψής κ.τ.λ)

#### IV. ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

Επιχειρώντας μία προσέγγιση ορισμού, η αφαίρεση υποβάθρου (background subtraction) ορίζεται ως η διαδικασία του διαχωρισμού των αντικειμένων προσκηνίου (foreground) από το παρασκήνιο (background) σε μια ακολουθία πλαισίων βίντεο. Στο πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε, μας ενδιαφέρει η παρακολούθηση της κυκλοφορίας οχημάτων με σκοπό να εξάγουμε συμπεράσματα για τη κίνηση σε οδικές διασταυρώσεις.

Βασικό συστατικό αυτών των αλγορίθμων είναι η ανίχνευση κίνησης. Οι απλοί αλγόριθμοι ανίχνευσης κίνησης βασίζονται στη σύγκριση του φόντου ενός στατικού πλαισίου με το τρέχον πλαίσιο μια σκηνής βίντεο, pixel προς pixel. Αυτή είναι η βασική αρχή των μεθόδων, οι οποίες μπορούν να μορφοποιηθούν ως μια τεχνική που χτίζει ένα μοντέλο του φόντου και συγκρίνει αυτό το μοντέλο με το τρέχον πλαίσιο, προκειμένου να εντοπίσει περιοχές όπου εμφανίζεται μια σημαντική διαφορά. Συνεπώς, ο σκοπός ενός αλγορίθμου αφαίρεσης υποβάθρου είναι να γίνει διάκριση μεταξύ κινούμενων αντικειμένων από στατικά ή αργά κινούμενα μέρη από τη σκηνή (που ονομάζεται φόντο) [4]-[6].

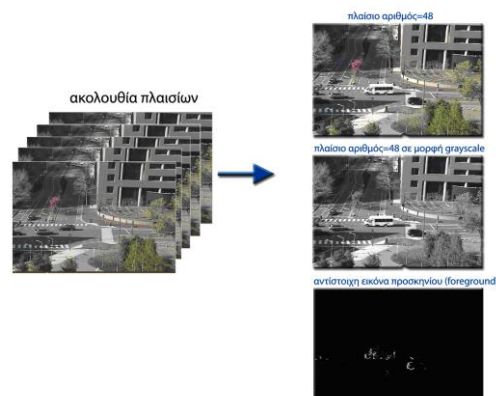
Σύμφωνα με την εργασία των [5], μία τεχνική αφαίρεσης φόντου θα πρέπει να προσαρμόζεται:

- σε σταδιακές ή γρήγορες αλλαγές φωτισμού (αλλαγή του χρόνου της ημέρας, παρουσία σύννεφων, κλπ),
- αλλαγές κίνησης (ταλαντώσεις κάμερας),
- αντικείμενα φόντου με υψηλή συχνότητα (π.χ. φύλλα δέντρων ή κλαδιά),
- αλλαγές στη γεωμετρία παρασκηνίου (π.χ. σταθμευμένα αυτοκίνητα).

#### A. Η μέθοδος της διαφοράς πλαισίων (frame difference method)

Η αφαίρεση πλαισίων είναι η πιο απλή μέθοδος αφαίρεσης υποβάθρου. Το τρέχον πλαίσιο απλά αφαιρείται από το

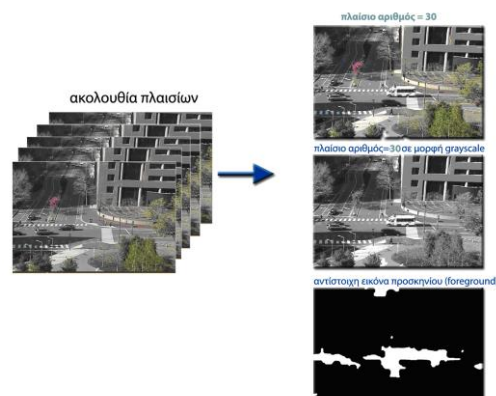
προηγούμενο πλαίσιο και αν η διαφορά των τιμών των pixel (για ένα συγκεκριμένο pixel) είναι μεγαλύτερη από ένα κατώφλι T, τότε το pixel θεωρείται τμήμα του προσκηνίου. Στη συνέχεια απλά εφαρμόζουμε τη σχέση:  $|\text{Πλαίσιο}_i - \text{Πλαίσιο}_{i-1}| > T$ . Ως πλεονεκτήματα θεωρούμε το μικρό υπολογιστικό κόστος και το ότι το μοντέλο του υποβάθρου είναι υψηλά προσαρμοστικό. Βέβαια υπάρχουν και προβλήματα λάθους ερμηνείας υποβάθρου των pixels που είναι εσωτερικά (π.χ. η πλευρά ενός αυτοκινήτου) ή όταν τα αντικείμενα δεν είναι συνεχώς κινούμενα, οπότε γίνονται μέρος του υποβάθρου. Στην εικόνα που ακολουθεί, παρατηρεί κανείς την εφαρμογή του αλγορίθμου, για το σύνολο δεδομένων βίντεο [7].



Εικόνα 2. Οπτική αναπαράσταση της μεθόδου frame difference (διαφοράς πλαισίων)

#### B. Η προσεγγιστική μέθοδος ενδιάμεσου (approximation median method)

Στη περίπτωση του φίλτρου ενδιάμεσου (median filtering), τα προηγούμενα N πλαίσια του βίντεο αποθηκεύονται σε κάποιο χώρο μνήμης, και το φόντο υπολογίζεται ως η ενδιάμεση τιμή των αποθηκευμένων πλαισίων. Στη συνέχεια, όπως στη περίπτωση της διαφοράς των πλαισίων το υπόβαθρο αφαιρείται από το τρέχον πλαίσιο για να προσδιοριστούν τα pixels του προσκηνίου. Έχει αποδειχθεί ότι είναι ιδιαίτερα εύρωστο απαιτώντας όμως απαγορευτικό μέγεθος μνήμης για επεξεργασία και αποθήκευση. Για το ίδιο σύνολο δεδομένων παρατηρούμε τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μεθόδου:

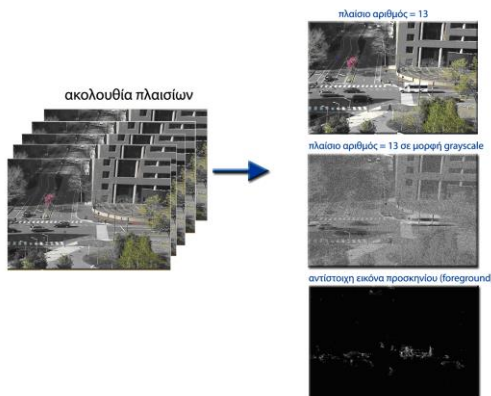


Εικόνα 3. Οπτική αναπαράσταση της μεθόδου αφαίρεσης υποβάθρου με τη μέθοδο approximate median

### C. Η μέθοδος της μείξης Gaussian κατανομών (mixture of Gaussians)

Η μείξη των Gaussian κατανομών είναι το πιο χρησιμοποιημένο μοντέλο (με διάφορες βελτιώσεις ή επεκτάσεις) σε επίπεδο pixel λόγω του πολύ καλού συμβιβασμού που επιτυγχάνεται μεταξύ ευρωστίας σε κρίσιμες καταστάσεις και των διαφόρων περιορισμών που υφίστανται. [8]-[13]. Τα βασικά βήματα της μεθόδου έχουν ως εξής:

Στην Εικόνα 4, στο ίδιο σύνολο δεδομένων, παρατηρούμε οπτικά τα αποτελέσματα της εφαρμογής του συγκεκριμένου αλγορίθμου.



Εικόνα 4 Οπτική αναπαράσταση της μεθόδου αφαίρεσης υποβάθρου βασισμένης σε μείξη Gaussian κατανομών

### V. ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΚΙΝΟΥΜΕΝΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ

Ο στόχος τις διαδικασίας παρακολούθησης είναι να διατηρηθεί η ταυτότητα του κινούμενου αντικειμένου σε μία ακολουθία πλαισίων. Η παρακολούθηση πολλαπλών αντικειμένων αποτελεί ερευνητικό πεδίο με ιδιαίτερες προκλήσεις: συνίσταται στο πρόβλημα τις ανίχνευσης ξεχωριστών αντικειμένων π.χ. αυτοκίνητα που εμφανίζονται με παραμόρφωση, με απόκρυψη, υπό αλλαγές φωτεινότητας και αλλαγές υποβάθρου το οποίο γίνεται ακόμη δυσκολότερο λόγω του ότι, όταν έχουμε πολλά αντικείμενα μπορεί να φαίνονται σαν να έχουν έρθει σε επαφή και να αποκρύπτει το ένα το άλλο, εισέρχονται και εξέρχονται από το οπτικό πεδίο τις κάμερας την ίδια χρονική στιγμή κ.τ.λ.

Μία γενική προσέγγιση περιγράφεται με τα βήματα του αλγορίθμου που ακολουθεί:

#### Για όλα τα πλαίσια

- Ανιχνεύω τα αντικείμενα (δηλ. καταγράφω θέση, σχήμα κ.τ.λ)
- Προβλέπω τη θέση των νέων ιχνών
- Αναθέτω ίχνη σε αντικείμενα
- Ενημερώνω
  - Ανατιθέμενα ίχνη
  - Μη-ανατιθέμενα ίχνη

- Διαγράφω ίχνη που έχουν χαθεί
- Δημιουργώ νέα ίχνη

### VI. ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΒΙΝΤΕΟ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΗΣ ΥΔΑΤΟΣΗΜΑΝΣΗΣ

Η παρακολούθηση της κίνησης στους δρόμους και η συλλογή δεδομένων από δεδομένα κίνησης έχουν αναγνωριστεί ως ένα πεδίο εφαρμογών διαφόρων τεχνικών επεξεργασίας εικόνας και βίντεο. Έτσι, λόγω της σημασίας τους, δεδομένα βίντεο που βασίζονται σε βίντεο-επιτήρηση (video surveillance) ή δεδομένα κίνησης σε οδικές διασταυρώσεις χρειάζονται προστασία από την υποβάθμισή τους, τη τροποποίησή τους καθώς και από μη εξουσιοδοτημένες ενέργειες εναντίον τους [14]-[18].

Η έννοια της ψηφιακής υδατοσήμανσης (digital watermarking) προέκυψε ως αποτέλεσμα των προσπαθειών επίλυσης των προβλημάτων που σχετίζονται με τη διαχείριση της πνευματικής ιδιοκτησίας των μέσων. Ένα ψηφιακό υδατόσημο (digital watermark), στοχεύει στη συμπληρωματική λειτουργία του ως προς τις κρυπτογραφικές διαδικασίες. Στην ουσία είναι ένας είδος ορατού ή μη ορατού κώδικα που ενσωματώνεται με μόνιμο τρόπο στα δεδομένα μας και παραμένει σε αυτά ακόμα και μετά από μία διαδικασία π.χ. αποκωδικοποίησης. Στη συγκεκριμένη εργασία θα επικεντρωθούμε στην ψηφιακή υδατογράφηση βίντεο, το οποίο έχει λάβει μεγάλη προσοχή λόγω τις σημασίας του σε εφαρμογές επιτήρησης.

Τα μοντέλα ταυτόχρονης αυτό-παλινδρόμησης (Simultaneously Autoregressive) έχουν χρησιμοποιηθεί για να περιγράψουν τη χωρική διακύμανση των ποσοτήτων ενδιαφέροντος, βασισμένα στη μορφή περιλήψεων ή μεγεθών κατά περιοχές. Σε προβλήματα επεξεργασίας εικόνας έχουν εμφανιστεί σε εφαρμογές όπως τα προβλήματα ανάκτησης εικόνας [19]. Στην εργασία αυτή, παρουσιάζουμε μια νέα μεθοδολογία υδατογράφησης που βασίζεται στην εφαρμογή του μοντέλου SAR σε κάθε πλαίσιο για λόγους ανίχνευσης και στην εφαρμογή σε κάποιο πεδίο μετασχηματισμού για την ενσωμάτωση των κρυφών πληροφοριών. Όσον αφορά την επίδοση της ανίχνευσης με βάση το προτεινόμενο μοντέλο απεικόνισης, εφαρμόζουμε δύο γνωστά στατιστικά μοντέλα που έχουν παχίες ουρές, δηλαδή τη Γενικευμένη GGD (Generalized Gaussian Density) και την Cauchy κατανομή ως μέλος της οικογένειας των SaS (Symmetric Alpha Stable) κατανομών [20]-[24].

Υποθέτουμε ότι τα αρχικά μη υδατοσημασμένα δεδομένα  $\mathbf{f}$  ικανοποιούν τις απαιτήσεις του SAR μοντέλου το οποίο μπορεί να περιγραφεί από τη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας (σ.π.π):

$$p(\mathbf{f} | a) = C a^{\left(\frac{N-1}{2}\right)} \exp\left(-\frac{a}{2} \|\mathbf{Q}\mathbf{f}\|^2\right) \quad (1)$$

όπου  $C$  είναι μία σταθερά κανονικοποίησης,  $a$  μία θετικά άγνωστη σταθερά η οποία ελέγχει την ομαλότητα της εικόνας και  $N$  ο αριθμός των pixel ενδιαφέροντος. Η ποσότητα  $\|\mathbf{Q}\mathbf{f}\|^2$  αναπαριστά το SAR μοντέλο. Πιο συγκεκριμένα, αν δηλώσουμε σε διανυσματική μορφή και λεξικογραφική σειρά

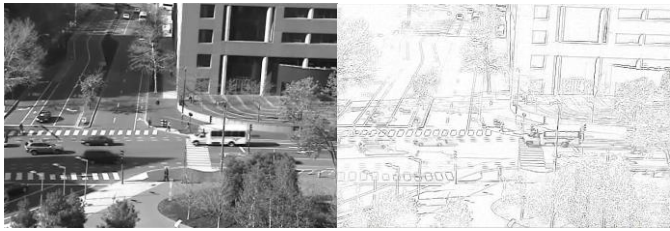
την εικόνα ως  $\mathbf{f} = [\mathbf{f}[1], \mathbf{f}[2], \dots, \mathbf{f}[N]]^T$  και τους όρους υπολοίπων (residual terms) ως  $\boldsymbol{\varepsilon} = [\boldsymbol{\varepsilon}[1], \boldsymbol{\varepsilon}[2], \dots, \boldsymbol{\varepsilon}[N]]^T$  ένα εναλλακτικό μοντέλο της ταυτόχρονης αυτοπαλινδρόμησης είναι:

$$\mathbf{f}[i] = \varphi \sum_{j \in N(i)} \mathbf{f}[j] + \boldsymbol{\varepsilon}[i] \quad (2)$$

Ως  $\boldsymbol{\varepsilon}[i]$  δηλώνουμε τον όρο υπολοίπου. Πρέπει να αναφέρουμε ότι, στη συγκεκριμένη εργασία, μελετούμε pixels  $i$  και  $j$  που θεωρούνται γείτονες όταν η χωρική τους γειτονιά είναι 1. Γράφοντας ξανά το μοντέλο της προηγούμενης εξίσωσης σε μορφή πινάκων τότε παίρνουμε:

$$\mathbf{Q}\mathbf{f} = \boldsymbol{\varepsilon} \quad (3)$$

όπου ο πίνακας  $\mathbf{Q}$  αντιστοιχεί στη συνέλιξη της εικόνας  $\mathbf{f}$  με τη διδιάστατη Laplacian μάσκα [20]. Για να μοντελοποιήσουμε τον όρο υπολοίπου  $\boldsymbol{\varepsilon}[i]$   $i = 1, \dots, N$ , θα καταφύγουμε στα δύο γνωστά στατιστικά μοντέλα στη κοινότητα της υδατοσήμανσης [19], [21]: τη GGD και τη Cauchy κατανομή.



Εικόνα 5. Α) Αρχικά μη υδατογραφημένα δεδομένα του πλαισίου με σειρά 10 και β) ο όρος υπολοίπων (συμπληρωματική εικόνα για λόγους θέασης)

Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιάσουμε τους προκύπτοντες αθροιστικούς ανιχνευτές στη βάση ενός εικονοπλαισίου (frame). Αντιμετωπίζοντας το πρόβλημά μας σαν ένα πρόβλημα δυαδικής υπόθεσης, έχουμε:

$$\begin{aligned} H_0: \mathbf{x} = \mathbf{f} \\ H_1: \mathbf{x} = \mathbf{f} + s\mathbf{w} \end{aligned} \quad (4)$$

όπου  $s > 0$  είναι ο γνωστός παράγοντας ισχύος που καθορίζει την ενέργεια του υδατοσήματος. Χρησιμοποιώντας το SAR μοντέλο, όπως αυτό περιγράφεται στην εξίσωση ορισμού του, το πρόβλημά μας παίρνει την εξής ισοδύναμη μορφή:

$$\begin{aligned} H_0: \mathbf{y} = \mathbf{g} \\ H_1: \mathbf{y} = \mathbf{g} + s\mathbf{w}' \end{aligned} \quad (5)$$

όπου  $\mathbf{y} = \mathbf{Q}\mathbf{x}$ ,  $\mathbf{g} = \mathbf{Q}\mathbf{f}$  and  $\mathbf{w}' = \mathbf{Q}\mathbf{w}$  όπου ο παράγοντας ισχύος είναι γνωστός.

Βασιζόμενοι στο λήμμα των Neyman-Pearson ο βέλτιστος έλεγχος για το προηγούμενο πρόβλημα συγκρίνει τον ακόλουθο λόγο πιθανοφανειών (LR – Likelihood Ratio) ως προς ένα κατώφλι απόφασης:

$$\Lambda(\mathbf{y}) = \frac{p(\mathbf{y} | H_1)}{p(\mathbf{y} | H_0)} \quad (7)$$

$$\text{όπου } p(\mathbf{y} | H_1) = \prod_{i=1}^N p(\mathbf{y}[i] - s\mathbf{w}[i]) \text{ και } p(\mathbf{y} | H_0) = \prod_{i=1}^N p(\mathbf{y}[i]).$$

Χρησιμοποιώντας λογαρίθμους προκύπτουν τα στατιστικά:

A) Στατιστικό ελέγχου βασισμένο στη GGD κατανομή:

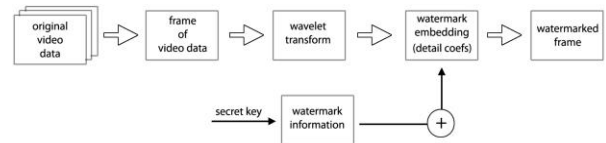
$$T_{GGD}(\mathbf{y}; b, c) = \sum_{i=1}^N b^c \left( |\mathbf{y}(i)|^c - |\mathbf{y}(i) - \mathbf{w}'(i)|^c \right) \quad (8)$$

B) Στατιστικό ελέγχου βασισμένο στη Cauchy κατανομή:

$$T_{CAUCHY}(\mathbf{y}; \gamma) = \sum_{i=1}^N \log \left( \frac{(\gamma)^2 + \mathbf{y}(i)^2}{(\gamma)^2 + (\mathbf{y}(i) - \mathbf{w}'(i))^2} \right) \quad (9)$$

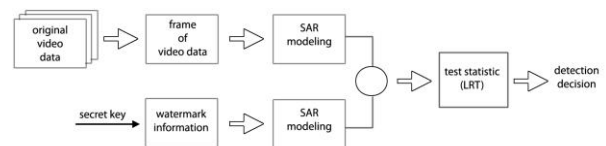
Οι προσεγγίσεις υδατοσήμανσης που ακολουθούνται μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κύριες κατηγορίες: αυτές που λειτουργούν στο χωρικό πεδίο και αυτές που λειτουργούν σε κάποιο πεδίο μετασχηματισμού [20]-[23]. Στην προκείμενη εργασία, προτείνουμε ένα υβριδικό σύστημα υδατογράφησης, όπου η ενσωμάτωση γίνεται σε κάποιο πεδίο μετασχηματισμού και η ανίχνευση γίνεται στο χωρικό πεδίο μέσω του προτεινόμενου SAR μοντέλου.

Για να κάνουμε ένθεση των κρυφών πληροφοριών, επιλέγουμε να εφαρμόσουμε μια διαδικασία βασισμένη σε μετασχηματισμό. Έτσι, σε κάθε καρέ των αρχικών δεδομένων, εφαρμόζουμε έναν μετασχηματισμό DWT (Discrete Wavelet Transform) χρησιμοποιώντας τα Daubechies-8 φίλτρα [24]. Για λόγους ασφαλείας, αλλά και λόγους ευρωστίας, επιλέγουμε να καταφύγουμε στη Spread Spectrum (SS) υδατογράφηση [14]. Έτσι, μπορούμε να ενσωματώσουμε τις πληροφορίες του υδατοσήματος στους συντελεστές λεπτομέρειας του δεύτερου επιπέδου υπο-ζωνών του DWT μετασχηματισμού. Για να διατηρήσει επόμενως την ιδιότητα του αδιόρατου (imperceptibility), η ενσωμάτωση γίνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε το PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) κριτήριο, ένα μέτρο της υποβάθμισης της ποιότητας, να έχει σταθερή τιμή για όλα τα καρέ στα δεδομένα του βίντεο που μας ενδιαφέρει. Στην εικόνα που ακολουθεί μπορεί κανείς να παρατηρήσει τη διαδικασία ένθεσης.



Εικόνα 6. Προτεινόμενη διαδικασία ένθεσης υδατοσήματος

Προκειμένου να ανιχνεύσουμε τη κρυφή πληροφορία του υδατοσήματος, χρησιμοποιούμε το προτεινόμενο ταυτόχρονο αυτοπαλινδρόμο μοντέλο που βασίζεται σε πληροφορίες του χωρικού πεδίου. Οπότε και εμπλέκουμε την έννοια δύο γνωστών στατιστικών κατανομών στα πλαίσια του προτεινόμενου σχήματος υδατοσήμανσης (Εικόνα 7).

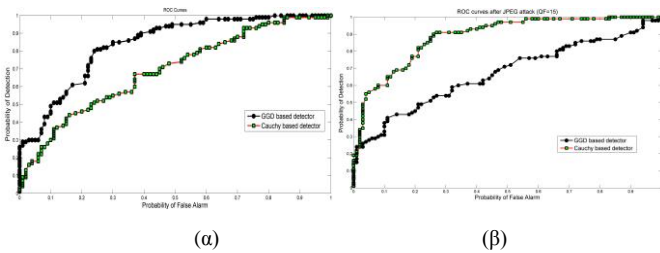


Εικόνα 7. Προτεινόμενη διαδικασία ανίχνευσης υδατοσήματος

Πρέπει να σημειωθεί ότι, κάθε σύστημα υδατογράφησης υπόκειται σε ένα είδος συμβιβασμού μεταξύ ιδιότητας αδιόρατου και ευρωστίας έναντι επιθέσεων. Για τους σκοπούς της εφαρμογής κατάλληλων αλγορίθμων για τον εντοπισμό και την ανίχνευση αντικειμένου, π.χ. αφαίρεση υποβάθρου, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε εξειδικευμένες βάσεις δεδομένων που περιέχουν εικόνες που αφορούν οδικές διασταυρώσεις. Όσον αφορά την επιλογή των δεδομένων για υδατοσήμανση, χρησιμοποιήσαμε τα δεδομένα βίντεο που αναφέρθηκαν σε προηγούμενη ενότητα, τα οποία κάνουν χρήση στατικής κάμερας. Σε αυτό το έργο, χρησιμοποιούμε ως βάση δεδομένων βίντεο, την επιπέδων του γκρι εκδοχή των δεδομένων του MIT συνόλου δεδομένων, η οποία χρησιμοποιείται για την έρευνα στην ανάλυση δραστηριότητας [7]. Περιέχει ακολουθίες εικόνων βίντεο οι οποίες έχουν διάρκεια 90 λεπτών και η καταγραφή έχει γίνει από μια στατική κάμερα. Το μέγεθος της σκηνής είναι 720x480 και η καταγραφή δίνεται σε 20 τμήματα του βίντεο (βίντεο κλιπ).

## VII. ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΒΙΝΤΕΟ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΗΣ ΥΔΑΤΟΣΗΜΑΝΣΗΣ

Για τον ποσοτικό προσδιορισμό της ισχύος του υδατογραφήματος στα πειράματά μας, χρησιμοποιήσαμε το γνωστό WDR (Watermark to Document ratio) ορισμό [18]. Είναι προφανές ότι για υδατογράφημα με πολύ χαμηλή ισχύ η απόδοση του ανιχνευτή με βάση τη GGD είναι καλύτερη από την ανίχνευση που βασίζεται στη κατανομή Cauchy, όπως αυτό απεικονίζεται στην Εικόνα 8α. Αυτό συμβαίνει, λόγω της ευελιξίας της GGD να μοντελοποιούνται τα εμπειρικά δεδομένα με βάση το μοντέλο απεικόνισης SAR. Διερευνώντας την ιδιότητα της ευρωστίας στην Εικόνα 8β, παρατηρούμε ότι η συμπεριφορά του Cauchy ανιχνευτή έχει καλύτερη ευαισθησία ανίχνευσης ακόμη και μετά την εφαρμογή του JPEG επίθεσης γεγονός που οφείλεται στις γνωστά αναφερόμενες ιδιότητες ευρωστίας της Cauchy κατανομής.



Εικόνα 8. α) Σύγκριση των ευαισθησιών ανίχνευσης βασισμένη σε ROC curves (χωρίς επιθέσεις), WDR=-64dB β) μετά από JPEG επίθεση με quality factor ίσο με 15), WDR=-55dB

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα έρευνα έχει συγχρηματοδοτηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο - ΕΚΤ) και από εθνικούς πόρους μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» του Εθνικού Στρατηγικού Πλαισίου Αναφοράς (ΕΣΠΑ) – Ερευνητικό Χρηματοδοτούμενο Έργο: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ.

Επένδυση στην κοινωνία της γνώσης μέσω του Ευρωπαϊκού Κοινωνικού Ταμείου.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] P. G. Michalopoulos. Vehicle detection video through image processing: the autosec system. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 40(1):21–29, Feb 1991.
- [2] D. Middleton, D. Gopalakrishna, and M. Raman. Advances in traffic data collection and management (white paper). <http://www.itsdocs.fhwa.dot.gov/JPODOCS/REPTS TE/13766.html>
- [3] Cheung S, Kamath C. Robust background subtraction with foreground validation for Urban Traffic Video. *J Appl Signal Proc, Special Issue on Advances in Intelligent Vision Systems: Methods and Applications (EURASIP 2005)*, New York, USA, 2005; 14: 2330-2340.
- [4] Horprasert T, Haritaoglu I, Wren C, Harwood D, Davis L, entland A. Real-time 3D motion capture. *Workshop on Perceptual User Interfaces (PUI 1998)*, San Francisco, California, November 1998; 87-90.
- [5] Mikic I, Trivedi M, Hunter E, Cosman P. Human body model acquisition and tracking using voxel data. *Int J Comp Vision (IJCV 2003) July 2003*; 199 -223.
- [6] El Baf F, Bouwmans T, Vachon B. Comparison of background subtraction methods for a multimedia learning space. *Int Conf on Signal Processing and Multimedia (SIGMAP 2007)*, Barcelona, Spain, July 2007.
- [7] X. Wang, X. Ma and E. Grimson, Unsupervised Activity Perception in Crowded and Complicated scenes Using Hierarchical Bayesian Models, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (PAMI)*, Vol. 31, pp. 539-555, 2009
- [8] Messelodi S, Modena C, Segata N, Zanin M. A Kalman filter based background updating algorithm robust to sharp illumination changes. *Proc of the 13th Int Conf on Image Analysis and Processing (ICIAP 2005)*, Cagliari, Italy, September 2005; 3617: 163-170.
- [9] Chang R, Ghandi T, Trivedi M. Vision modules for a multi sensory bridge monitoring approach. *ITSC 2004*, October 2004; 971-976.
- [10] Han B, Lin X. Update the GMMs via adaptive Kalman filtering. *Proceedings of SPIE - The Int Society for Optical Engineering 2005*; 5960(3): 1506-1515.
- [11] Yang H, Tan Y, Tian J, Liu J. Accurate dynamic scene model for moving object detection. *Int Conf on Image Processing (ICIP 2007)*, 2007; 6: 157 -160.
- [12] Zhang W, Fang X, Yang X, Wu Q. Spatiotemporal Gaussian mixture model to detect moving objects in dynamic scenes. *J Electronic Imaging* 2007; 16(2).
- [13] Tang P, Gao L, Liu Z. Salient moving object detection using stochastic approach filtering. *Fourth Int Conf on Image and Graphics (ICIG 2007)*, 2007; 530-535.
- [14] I. Cox, M. Miller, and J. Bloom, J. Fridrich, T. Kalker, *Digital Watermarking and Steganography*, 2nd edition, Morgan Kaufman, 2008
- [15] M. Barni, F. Bartolini, *Watermarking Systems Engineering, Enabling Digital Assets Security and Other*, Marcel Dekker, 2004.
- [16] M. S. M. Kay, *Fundamental of Statistical Signal Processing: Detection Theory*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 1998, vol. 2.
- [17] G. C. Langelaar, I. Setyawan, and R. L. Lagendijk, “Watermarking digital image and video data: A state-of-the-art overview,” *IEEE Signal Process. Mag.*, vol. 17, no. 5, pp. 20–46, Sep. 2000.
- [18] A. K. Mairgiotis, N. P. Galatsanos, Y. Yang, “New Additive Watermark Detectors Based On A Hierarchical Spatially Adaptive Image Model”, *IEEE Trans. Inform. Forensic and Security*, vol. 39, no. 1, pp. 29–37, Jan. 2008
- [19] N. P. Galatsanos, V. Z. Mesarovic, R. Molina, A. K. Katsaggelos, “Hierarchical Bayesian Image Restoration from Partially Known Blurs”, *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 9, no.10, pp. 1784-1797, Oct. 2000.
- [20] A. Briassouli, P. Tsakalides, A. Stouraitis, “Hidden Messages in Heavy-Tails: DCT-Domain Watermark Detection Using Alpha-Stable Models”, *IEEE Trans. Multimedia.*, vol. 7, no. 4, pp. 700–715, Jan. 2005

- [21] 48. J. Hernandez, M. Amado, and F. Perez-Gonzalez, "DCT-domain watermarking techniques for still images: Detector performance analysis and a new structure," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 9, no. 1, pp. 55–68, Jan. 2000
- [22] 49. Q. Cheng and T. S. Huang, "An additive approach to transform-domain information hiding and optimum detection structure," *IEEE Trans. Multimedia*, vol. 3, no. 3, pp. 273–284, Sep. 2001.
- [23] 50. H. V. Poor, *An Introduction to Signal Detection and Estimation*. New York: Springer-Verlag, 1994.
- [24] I. Daubechies, "Orthonormal bases of compactly supported wavelets," *Commun. Pure Appl. Math.*, vol. 41, pp. 909–996, Nov. 1988