

# Penjejakan Objek Visual berbasis Algoritma Mean Shift dengan menggunakan kamera Pan-Tilt

Sulfan Bagus Setyawan<sup>1</sup>, Djoko Purwanto<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember<sup>1</sup>  
sulfan13@mhs.ee.its.ac.id

Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember<sup>2</sup>

## Abstrak

Penjejakan objek visual merupakan salah satu aplikasi penting untuk sistem pengawasan. Salah satu metode yang populer digunakan untuk penjejakan objek visual adalah *Mean Shift* dikarenakan mudah untuk diimplementasikan. Pada paper ini akan dibahas tentang penjejakan objek dengan menggunakan kamera Pan-Tilt. Objek target akan dipilih dengan mendrag mouse pada window yang dipilih, kemudian dari objek yang dipilih tersebut akan dihitung nilai probabilitas histogram untuk dijadikan model target, dari model target tersebut akan dijejakan dengan menggunakan Mean Shift. Dari Mean Shift akan diperoleh koordinat titik tengah objek. Untuk mengontrol pergerakan kamera Pan Tilt agar dapat mengikuti pergerakan objek target, maka digunakan control propotional yang input berupa error koordinat. Error koordinat tersebut diperoleh dari selisih antara koordinat titik tengah objek dengan koordinat referensi. Output dari kontrol PID (*Proportional Integral Derivative*) adalah kecepatan Pan dan tilt dari kamera tersebut. Dari hasil penjejakan objek, kamera Pan Tilt dapat mengikuti objek target dengan baik.

Kata Kunci: Penjejakan objek, Mean Shift, kamera Pan-Tilt, kontrol PID

## 1. Pendahuluan

Dengan kemajuan teknologi yang semakin pesat pada era modern ini, banyak sekali bermunculan sistem yang dapat mempermudah kehidupan dan pekerjaan manusia. Disiplin ilmu yang ada diantaranya adalah pengolahan citra. Penjejakan suatu objek benda merupakan salah satu bidang pengolahan citra yang cukup berkembang dewasa ini. Salah satu aplikasinya dalam bidang keamanan (*security system*) seperti pengawasan lokasi (*surveillance*) dimana manusia sebagai objek target.

Berbagai metode yang banyak digunakan untuk sistem penjejakan objek. Zhiwen Chen dkk mengembangkan metode baru untuk menjejakan objek dengan menggunakan *optical flow*. Pada penelitian tersebut, *optical flow* digunakan untuk mendapatkan kontur dari objek. Langkah pertama yang digunakan untuk menjejakan objek adalah dengan menggunakan algoritma *Horn-Schunk* untuk mendapatkan kecepatan vector pada video (Zhiwen dkk., 2011). Dari vektor tersebut maka akan diperoleh posisi dari piksel yang bergerak antara frame. Langkah berikutnya mendapatkan kontur objek dan mengekstraksi objek. Langkah ketiga menghitung posisi dan kecepatan dari objek yang bergerak. Dari hasil penelitian tersebut dapat diketahui bahwa algoritma tersebut dapat

menjejakan objek. Tetapi pada algoritma ini rentan terhadap *noise* lingkungan. Xinghua Li dkk, melakukan pendeteksian dan penjejakan benda yang bergerak dengan menggunakan PTZ kamera. Untuk mendeteksi objek maka digunakan algoritma *background subtraction* untuk mendapatkan gambar biner setelah segmentasi gambar. Segmentasi gambar tersebut menghasilkan banyak noise sehingga digunakan metode *expansion* dan *corrosion* untuk menghilangkannya (Xinghua Li dkk., 2012). Kemudian kamera akan bergerak rotasi untuk mengikuti objek tersebut dengan menggunakan algoritma *timely replacement* berdasarkan *central region*. Metode yang dibangun berhasil mendeteksi pergerakan objek, tetapi metode tersebut akan terjadi masalah ketika ada dua buah objek yang bergerak.

Miaohui Zhang dkk melakukan penelitian tentang penjejakan benda yang secara efektif terhadap benda 2-D *affine motion* pada benda (Zhang dkk., 2012). Langkah pertama yaitu daerah gambar objek dipilih dari frame pertama, SIFT (*Scale Invariant Feature*) yang diekstrak dari daerah gambar objek digunakan sebagai model objek. Langkah yang kedua, kemiripan yang paling tinggi awalnya diposisikan dengan menggunakan algoritma partikel filter pada frame berikutnya dan lebih dari 3 titik secara acak dipilih untuk membuat matriks transform yang layak untuk bidang 2D dengan menggunakan algoritma consensus. Pada

penelitian ini penjejakan objek yang dihasilkan lambat.

Algoritma Mean Shift telah digunakan penelitian pada penjejakan objek pada oleh Ji Feng Ning dkk. Pada penelitian tersebut dapat diketahui bahwa algoritma Mean Shift merupakan penjejakan objek yang kuat. Pada penelitian ini Algoritma digunakan untuk menjejak objek dengan menambahkan metode *Corrected Background* untuk mengurangi gangguan noise background terhadap penjejakan objek (Ji Feng dkk, 2012)

Pada paper ini, digunakan metode Mean-Shift untuk penjejakan objek agar penjejakan objek yang dilakukan bisa dijejak dengan baik. Objek target akan dipilih dengan mendrag mouse pada window yang dipilih, kemudian dari objek yang dipilih tersebut akan dihitung nilai probabilitas histogram untuk dijadikan model target, dari model target tersebut akan dijejak dengan menggunakan Mean Shift Kemudian untuk mengontrol pergerakan kamera Pan Tilt maka digunakan kontrol PID. Kontrol ini dibagi menjadi dua yaitu untuk pergerakan pan dan untuk pergerakan tilt.

Pada paper ini disusun sebagai berikut, pada Bab 2 akan dijelaskan tentang metode yang digunakan. Hasil penelitian dan pembahasan akan disajikan pada Bab 3. Pada Bab 4 akan dibahas tentang kesimpulan dan pekerjaan kedepan

## 2. Metode

Untuk menjejak objek yang dipilih, algoritma Mean Shift digunakan pada penelitian ini. Algoritma ini digunakan karena efisien digunakan untuk penjejakan objek. Algoritma Mean Shift adalah penjejakan objek yang efisien untuk penjejakan objek dengan membandingkan representasi target model dan kandidat model yang dibentuk dari probabilitas histogram objek yang dipilih. Ketika target model dan kandidat model memiliki kemiripan yang cukup maka koordinat yang baru dapat diperoleh. Dari koordinat tersebut, dikalkulasi nilai error terhadap koordinat referensi. Dari error tersebut dijadikan input kontrol PID untuk menggerakkan kamera Pan Tilt.

### 2.1 Representasi Target Model

Pada paper ini, representasi objek target diperoleh dari bentuk persegi panjang dari objek target. Objek target dipilih dengan mendrag mouse pada tampilan gambar, sehingga diperoleh nilai panjang dan lebar objek. Dari panjang dan lebar objek tersebut akan dibentuk representasi dari target model. Representasi target model merupakan probabilitas histogram dari objek yang dipilih. Probabilitas dari fitur

$u = 1 \dots m$  dapat didefinisikan perumusan sebagai Persamaan (1).  $m$  merupakan jumlah bin histogram yang digunakan. Bin yang digunakan pada penelitian ini adalah  $16 \times 16 \times 16$ .

$$\hat{q}_u = C \sum_{i=1}^n k(\|x_i^*\|^2) \delta(b(x_i^*) - u) \quad (1)$$

$\{x_i^*\}_{i=1 \dots n}$  merupakan lokasi pixel yang dinormalisasi dari target, dan  $b(x_i^*)$  menunjukkan nilai RGB dari pixel pada lokasi  $x_i^*$ .  $k(\cdot)$  adalah fungsi kernel,  $C$  adalah konstanta normalisasi dengan nilai pada Persamaan (2).

$$C = \sum_{i=1}^n k(\|x_i^*\|^2)^{-1} \quad (2)$$

### 2.2 Representasi Target Kandidat

Target kandidat merupakan probabilitas histogram dari objek dari frame ke frame dimana nilai panjang dan lebar objek sama dengan target model.  $\{x_i\}_{i=1 \dots n}$  merupakan lokasi pixel yang dinormalisasi dari kandidat target, dan  $b(x_i)$  menunjukkan nilai RGB dari pixel pada lokasi  $x_i$ . Probabilitas dari fitur  $u = 1 \dots m$  pada area kandidat dapat didefinisikan sebagai pada Persamaan (3),

$$\hat{p}_u = C_h \sum_{i=1}^n k(\|x_i\|^2) \delta(b(x_i) - u) \quad (3)$$

dimana nilai  $C_h$  merupakan nilai normalisasi seperti pada Persamaan (4),

$$C_h = \sum_{i=1}^n k(\|x_i\|^2)^{-1} \quad (4)$$

### 2.3 Algoritma Mean Shift

Dengan adanya representasi target model dan target kandidat maka dapat mengetahui lokasi  $y$  agar nilai  $\hat{q}_u$  mendeteksi nilai  $\hat{p}_u(y)$ . Misal lokasi sekarang adalah  $\hat{y}_0$  diketahui, maka lokasi  $\hat{y}_1$  dapat diketahui pada Persamaan (5).

$$\hat{y}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \omega_i g(\|y_0 - x_i\|)}{\sum_{i=1}^n \omega_i g(\|y_0 - x_i\|)} \quad (5)$$

dimana

$$\omega_i = \sum_{u=1}^m \sqrt{\frac{\hat{q}_u}{\hat{p}_u(\hat{y}_0)}} \delta(b(x_i) - u) \quad (6)$$

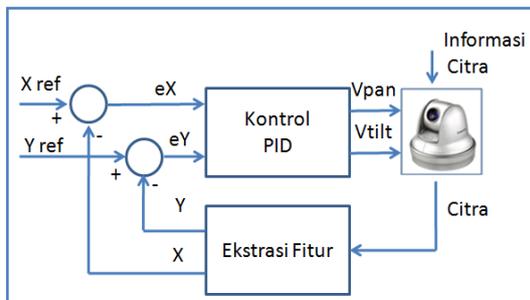
Dengan Persamaan (1) hingga (6) maka dapat disusun sebuah algoritma penjejakan objek sebagai berikut.

1. menghitung target model  $\hat{q}_u$  dengan menggunakan Persamaan (1),
2.  $k=0$ ,
3. menghitung probabilitas target kandidat dengan menggunakan Persamaan (3),
4. menghitung bobot pada Persamaan (6),
5. menghitung lokasi baru dengan menggunakan Persamaan (5),
6. mengatur nilai  $d = \|y_1 - y_0\|$ ,  $y_1 = y_0$ ,  $k = k + 1$ . mengatur threshold error  $\varepsilon$  dan maximum iterasi  $N$ ,

jika  $d < \varepsilon$  atau  $k > N$   
 iterasi berhenti  
 lainnya  
 kembali ke step 2

## 2.4 Kontrol Pergerakan Kamera

Untuk mengontrol pergerakan kamera yang digunakan adalah kontrol PID. Pada Gambar 1 merupakan kontrol yang digunakan. Input kontrol yang digunakan adalah error yang dihasilkan dari koordinat referensi dan koordinat objek yang dijejak. Error yang dihasilkan adalah error pada koordinat sumbu x dan sumbu y. Output dari Kontrol PID adalah kecepatan pan dan tilt untuk mengendalikan kecepatan dari pergerakan horizontal dan vertical dari kamera tersebut. Nilai koordinat x dan y diperoleh dari ekstrasi fitur dengan menggunakan algoritma Mean Shift dari citra yang diperoleh dari kamera Pan Tilt.



Gambar. 1. Kontrol kamera Pan Tilt

Kontrol PID merupakan gabungan dari keluaran kontroler proporsional, integral dan derivative. Karakteristik kontrol PID sangat dipengaruhi oleh kontribusi besar ketiga parameter dari P, I dan D. Pengaturan konstanta  $K_p$ ,  $T_i$ , dan  $T_d$  akan mengakibatkan penonjolan sifat dari masing – masing elemen . Satu atau dua dari ketiga konstanta tersebut dapat diatur lebih menonjol dibanding yang lain. Konstanta yang menonjol itulah akan memberikan kontribusi pengaruh pada respon sistem secara keseluruhan. Parameter-parameter tersebut tidak bersifat independen, sehingga pada saat salah satu nilai konstantanya diubah, maka mungkin sistem tidak akan bereaksi seperti yang diinginkan.

Pengendali proporsional akan memberikan efek mengurangi waktu naik. Pengendali integral akan memberikan efek mengurangi nilai steady state error, tetapi kesalahan pemilihan nilai  $K_I$  berakibat sistem tidak stabil . Pengendali derivative akan memberikan efek meningkatnya stabilitas sistem,.

Sistem control PID terdiri dari tiga buah pengaturan yaitu control P (Propotional), D (Derivative) dan I (Integral). Untuk mengontrol kamera Pan Tilt digunakan gabungan masing – masing pengaturan. Untuk kecepatan Pan dan Tilt pada kamera dapat didefinisikan pada Persamaan (7) dan Persamaan (8),

$$V_p = K_p \left( e_x(t) + K_i \int e_x(t) dt + K_d \frac{de_x(t)}{dt} \right) \quad (7)$$

$$V_t = K_p \left( e_y(t) + K_i \int e_y(t) dt + K_d \frac{de_y(t)}{dt} \right) \quad (8)$$

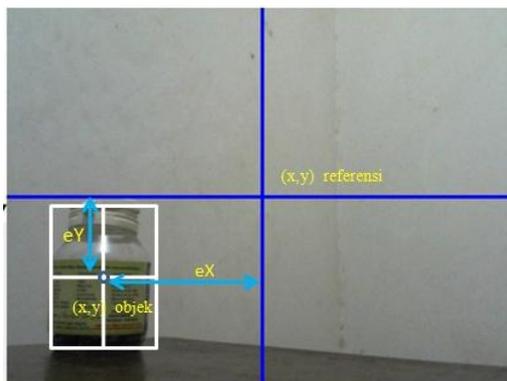
Dimana  $V_p$  adalah kecepatan Pan,  $K_p$  adalah konstanta propotional,  $K_i$  adalah konstanta integral,  $K_d$  adalah konstanta derivative,  $e_x$  adalah error pada koordinat x.  $V_t$  adalah kecepatan tilt dan  $e_y$  adalah error pada koordinat y.

## 2.5 Sistem Penjejakan Objek



Gambar. 2.Sistem penjejakan objek

Pada gambar 2 merupakan ilustrasi dari sistem penjejakan objek. Dari gambar 2 dapat diketahui bahwa objek akan ditangkap gambarnya oleh kamera Pan Tilt kemudian menggunakan metode Mean Shift akan diketahui koordinat objek, dan setelah itu akan dihitung nilai error koordinat objek. Dengan adanya nilai error koordinat objek tersebut akan dijadikan input dari kontrol kamera Pan Tilt, kontrol yang digunakan adalah kontrol PID. Sistem penjejakan objek tersebut akan terus bekerja hingga objek mencapai nilai setting point. Setting point pada sistem ini adalah titik tengah (titik referensi) dari tampilan gambar untuk *user*. Pada Gambar 3 merupakan tampilan gambar yang menunjukkan posisi objek terhadap titik referensi.



Gambar. 3. tampilan gambar yang menunjukkan posisi objek terhadap titik referensi.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Pada Bab Hasil dan Pembahasan pada paper ini, dibagi menjadi dua pengujian, yaitu

pengujian terhadap penjejakan objek visual dengan menggunakan algoritma Mean Shift dan pengujian pergerakan kamera Pan Tilt dengan menggunakan kontrol PID.

Tujuan dari pengujian penjejakan objek dengan menggunakan algoritma Mean shift adalah mengetahui tingkat akurasi dari algoritma Mean Shift yang digunakan pada sistem. Pada pengujian ini objek yang dipilih adalah wajah. Untuk mengetahui tingkat akurasi pada objek maka error dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (9).

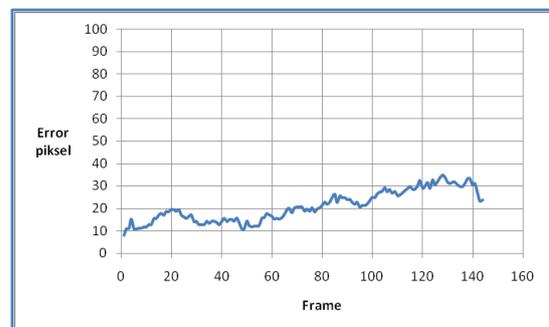
$$e = \sqrt{(x_t - x)^2 + (y_t - y)^2} \quad (9)$$

dimana  $e$  adalah error koordinat,  $x_t$  adalah nilai koordinat referensi pada sumbu  $x$ ,  $x$  adalah nilai koordinat hasil algoritma Mean Shift pada sumbu  $x$ ,  $y_t$  adalah nilai koordinat referensi pada sumbu  $y$ ,  $y$  adalah nilai koordinat hasil algoritma Mean Shift pada sumbu  $y$ .

Pada Gambar 4 merupakan pengujian algoritma Mean Shift pada wajah. Pada Gambar  $x$  dapat diketahui bahwa Algoritma Mean shift dapat menjejak wajah yang dipilih.



Gambar 4. Hasil pengujian algoritma Mean Shift



Gambar 5. Hasil pengujian algoritma Mean Shift

Pada Gambar 5 merupakan grafik error pada penjejakan objek pada Gambar 4. Dari grafik

pada Gambar 5 dapat dicari error mean pada sumbu x yaitu 14.2 piksel dengan standart deviasi 4.75 piksel. error mean pada sumbu y yaitu 14.75 piksel dengan standart deviasi 4.1 piksel.

Tabel 1: Mean Error dan Standart Deviasi

	Mean Error (piksel)	Standart deviasi (piksel)
x	14.20833	4.75
y	14.75	4.104407

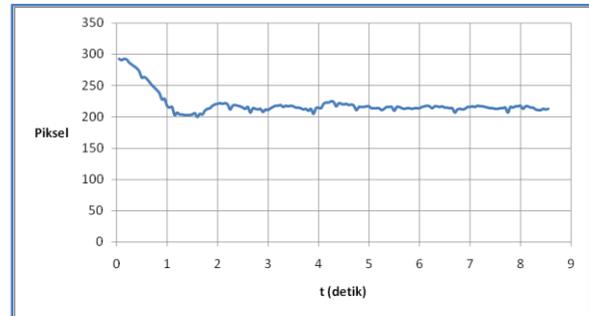
Pada Gambar 6 merupakan hasil penjeakan objek dengan menggunakan kamera Pan Tilt. Objek yang dipilih oleh user adalah wajah. Kontrol yang digunakan pada penjeakan objek adalah kontrol PID. Tujuan pengujian ini adalah untuk melihat performansi respon pergerakan kamera secara horizontal (*pan*) dan vertical (*tilt*). Dari Gambar 6 dapat diketahui bahwa kamera dapat bergerak mengikuti wajah yang dijadikan sebagai objek target. Pada Gambar dilihat dari kiri atas kemudian dilanjutkan kekanan dan seterusnya. Gambar diambil pada detik ke - 0, 0.0225, 0.045, 0.9, 1.35, dan 2.34. Pada detik ke 2.34, koordinat referensi sudah mendekati koordinat objek.



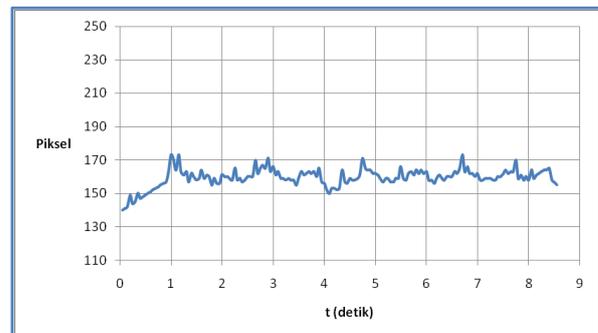
Gambar. 6. Penjeak wajah dengan menggunakan kamera Pan-Tilt

Pada Tabel 1 menunjukkan *error steady state* dan *settling time* penjeakan objek wajah pada Gambar 6. Pada Gambar 9 menunjukkan pengujian kontrol Pan pada kamera. Pada Gambar 10 menunjukkan pengujian kontrol tilt

pada kamera. Dari pengujian tersebut *error steady state* pada koordinat x dari penjeakan objek tersebut adalah 0.22 %, sedangkan untuk koordinat y adalah 0.51% Sedangkan untuk settling time pada koordinat x dari penjeakan wajah adalah 2.55 detik , sedang untuk koordinat y adalah 1.5 detik



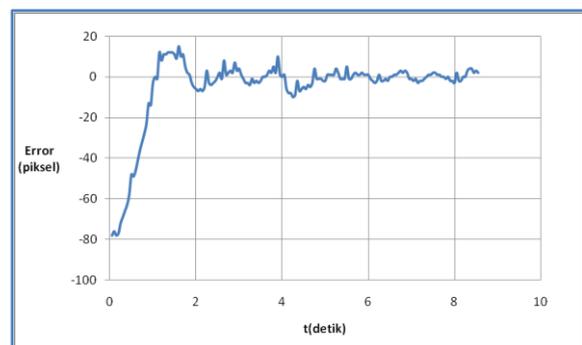
Gambar 7. hasil mean shift pada sumbu x



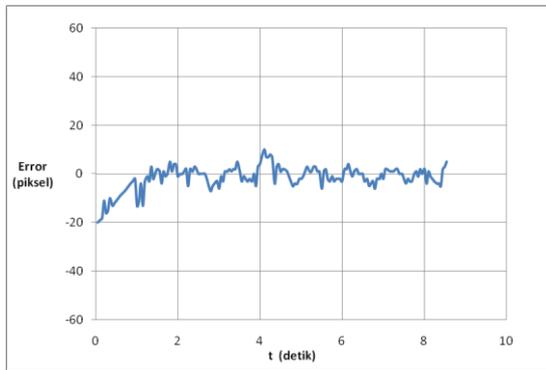
Gambar 8. hasil mean shift pada sumbu y

Tabel 2: Error Steady State dan Settling time

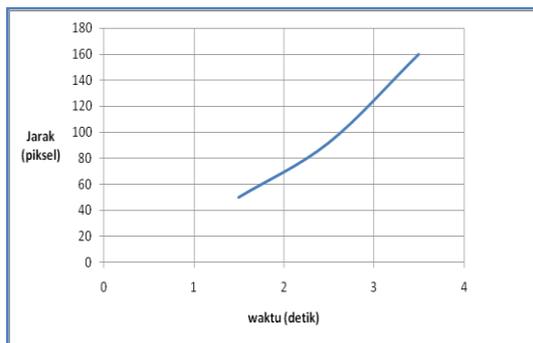
	Error steady state(%)	Settling time(detik)
x	1.88	2.55
y	2.05	1.5



Gambar 9. Hasil pengujian kontrol Pan



Gambar 10. Hasil pengujian kontrol Tilt



Gambar 11. Hasil pengujian hubungan waktu dan jarak titik koordinat obyek yang dituju.

Selanjutnya dilakukan pengukuran waktu pencapaian *set point*, yaitu dengan cara menentukan titik koordinat obyek pada koordinat yang berbeda-beda setiap penentuan titik. Hasil pengujiannya ditunjukkan dalam Gambar 11 yang dapat dianalisis bahwa semakin jauh jarak antara titik koordinat obyek dengan *set point*, maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *set point*. Pada jarak terdekat yaitu 50,493 piksel, dibutuhkan waktu selama 1,5 detik dan pada jarak terjauh yaitu 160 piksel, dibutuhkan waktu selama 3.45 detik.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil percobaan yang dilakukan dapat diketahui bahwa penjejakan objek dapat dilakukan dengan menggunakan kamera Pan Tilt. Dengan menggunakan metode Mean Shift dapat dihasilkan titik koordinat tengah objek dengan baik. Algoritma Mean Shift yang digunakan dapat melakukan penjejakan objek memiliki error kurang dari 15 piksel. Kontrol (Propotional, Integral, Derivative) PID yang digunakan dapat mencapai setting point dengan waktu kurang dari 3 detik. Untuk penelitian

selanjutnya akan digunakan kontrol yang baik untuk menghasilkan error steady state yang kecil.

#### Daftar Pustaka

Comaniciu D., Ramesh V. and Meer P.( 2003), 'Kernel-Based Object Tracking', IEEE Trans. Pattern 15 Anal. Machine Intell. , pp. 564-577.

Dorin C and Visvanathan R, (2000), Mean Shift And Optimal Prediction For Efficient Object Tracking' Image Processing., International Conference

Jifeng Ning, Lei Zhang and Chengke Wu,(2012), Robust mean shift Tracking with corrected background-weighted histogram, IET Computer Vision., vol. 6, pp.62- 69

Xinghua Li, dkk (2012). "Detection and Tracking of Moving Object Based on PTZ camera", 4th ICCCNT.

Zhang, Miaohui dkk, (2012). "Accurate object tracking based on homography matrix", *International Conference on Computer Science and Service System*.

Zhiwen, Chen dkk. (2011) "Tracking of moving object based on optical flow" *International Conference on Computer Science and Network Technology*

