

# 컴퓨터비전을 이용한 해상교통 검지기 시스템에 대한 연구

박상문\*, 주기세\*

\*목포해양대학교 해상운송시스템학부

The study on the maritime traffic detection system using computer vision

SANGMUN PARK\*, KISEE JOO\*

\*Mokpo Maritime University

E-mail : jksjoo@mail.mmu.ac.kr

## 요 약

최근에 컴퓨터 비전은 자동화 분야에서 많이 응용되고 있다. 특별히 본 논문은 컴퓨터 비전을 이용한 해상교통검지기 시스템에 대하여 서술한다.

비교적 높은 수준의 정보로서 배의 속도, 대기 길이 및 시간, 배의 크기 및 종류 등이 있다. 배의 속도를 측정하기 위하여 두 개의 인식 선이 모니터상의 정해진 위치에 설치된다. 속도는 배가 두 인식 선을 지나는데 소요되는 시간과 두 인식 선의 거리를 이용하여 계산된다. 또한 대기길이와 시간은 선박의 화면상의 화면 좌표를 이용하여 계산된다. 그리고 마지막으로 배의 크기 및 종류는 카메라 캘리브레이션 데이터 및 미리 내장된 선박의 데이터베이스를 이용하여 계산된다.

본 시스템은 해상 교통사고를 줄이는데 기여할 것이다. 더군다나 획득된 영역 정보를 이용하여 더 많은 유용한 정보를 얻을 수 있다.

## ABSTRACT

Recently, the computer vision has been applied to many automation fields. Especially, this paper presents a maritime traffic detection system using computer vision since the high level information can be obtained using obtained area information.

The high level informations are obtained such as speed, queueing length, queueing time, ship size, and ship kind. To get ship speed, the two detection lines are set on the predetermined screen position. The speed is obtained the passing time and the predetermined distance between the first and second detection line on the screen. Also, queueing length and time are gotten using screen position of ship. Furthermore, the size and kind of ship are calculated using the ship database and camera calibration data.

This developed system contributes to reduce the traffic accidents on the coast. Futhermore, the more information can be extracted using obtained area information.

## 1. 서 론

현재 세계는 지구촌 시대에 있어서 각국의 많은 국제적인 교류가 활발하다. 또한 세계적으로 많은 화물의 수송이 선박에 의해서 수송 되고 있으며 그에 따른 해상사고의 문제점이 대두되고 있다. 해상사고는 선박이 고가장비이고 접근이 힘들기 때문에 한 번의 사고 발생 시에도 많은 인명 및 재산상의 피해를 가져온다.

기존의 레이더 시스템은 점 정보만을 획득하여 선박의 정보를 판단한 것에 비하여 컴퓨터 비전을 이용한 검지기시스템은 영상정보를 획득하여 이것을 토대로 하여 고차원적인 정보를 추출하기

때문에 많은 장점을 지니고 있다. 또한 영상을 대상으로 정보를 획득하기 때문에 사용자가 기존의 레이더 시스템에서와 달리 선박의 크기, 속도, 종류, 대기시간 및 길이 등의 정보 획득이 가능하다. 그러나 사람의 시각 대신에 수동적인 센서인 CCD(coupled charged device) 카메라를 이용하여서 영상정보를 파악하기 때문에 야간이나 눈, 비 등과 같은 주변 환경에 민감하다. 따라서 영상의 상태가 불량한 경우에는 오 인식 또는 검지가 거의 불가능하기 때문에 검지 가능한 영상을 획득하는 것이 관건이다.

따라서 본 논문에서는 이러한 이미지 검지 시스템의 구성요소와 방법을 검토하고 이미지 검지기의 타당성을 조사하기 위해서 실질적인 알고리즘을 개발하였다.

## II. 좌표계 시스템 및 시스템의 구성

### 1. 좌표계 시스템

실세계상에 위치한 물체의 3차원 정보를 추출하기 위해서는 그림 1에 표시된바와 같이 카메라 좌표계, 화면 좌표계, 그리고 월드 좌표계의 3개의 직각(Cartesian) 좌표 시스템을 정의하여 사용한다.

첫 번째 좌표계인 카메라 좌표계는( $x_e, y_e, z_e$ )는 카메라의 초점에 정의되는 좌표계로써 카메라의 시축을  $z_e$ 축으로 하고  $x_e$ 와  $y_e$ 축은  $z_e$ 축에 따라 왼손법칙에 따라 결정된다. 이 좌표계에서  $x_e, y_e$ 축은 아래에서 정의한 화면 좌표계의  $u, v$ 축과 평행하며 같은 방향으로 정의된다.

두 번째 좌표계인 화면 좌표계( $u, v$ )는 카메라로 잡은 영상을 비전 시스템으로 처리하기 위하여 설정되는 좌표계이며, 화면상의 중앙점에 해당하는 이미지 센터(image center)를 원점으로 하고 화면에 수평하게  $u$ 축을 잡고 이에 수직한 축을  $v$ 축으로 정의한다.

세 번째 좌표계인 월드 좌표계( $x_w, y_w, z_w$ )는 실공간상에 위치한 물체를 위하여 정의된 좌표계로써  $x_w, y_w, z_w$ 축이 오른손 법칙에 의해서 정해진다. 물체의 3차원 위치 및 자세를 측정하기 위해서는 영상내의 임의의 한 점이 월드좌표계 상의 어느 점에 해당하는가를 알아내는 역투영(back projection)방법을 알아야 한다. 위에서 정의한 화면 좌표계, 카메라 좌표계, 그리고 월드 좌표계 사이의 관계에 의해서 화면 좌표계 내의 임의의 한 점에 해당하는 월드 좌표계 상의 위치를 계산하게 된다.

### 2. 실세계 좌표계 상에서의 좌표계산

본 논문에서는 이미지 분할(segmentation) 알고리즘에 의해서 추출된 화면상의 특징점을 이용하여 이미 내장된 선박별 CAD(computer aided design) 데이터를 이용하여 선박의 유형 및 크기 정보를 획득하기 위해서 화면 좌표계의 한점에 대응하는 월드 좌표계의 정보는 화면 좌표계, 카메라 좌표계, 그리고 월드 좌표계 사이의 관계를 나타내는 아래의 두식 (1), (2)에 의해서 결정된다.

식 (1)은 화면 좌표계와 카메라 좌표계 사이의 관계를 나타낸다. 그러므로 두 식 (1), (2)를 이용하여 화면 좌표계에서 추출된 특징점의 화면 좌표를 월드 좌표계 상의 좌표값으로 변환하여 3차원 공간상에 놓여 있는 물체의 위치 및 자세를 측정하게 된다.

$$\begin{aligned} x_e &= u \cdot z_e / d \\ y_e &= v \cdot z_e / d \end{aligned} \quad (1)$$

여기서  $d$  : 초점 거리(focal length)

$$\begin{pmatrix} x_e \\ y_e \\ z_e \\ 1 \end{pmatrix} = (x_w, y_w, z_w) \cdot \begin{pmatrix} -\sin(\theta) & -\cos(\theta)\cos(\phi) & -\cos(\theta)\sin(\phi) & 0 \\ \cos(\theta) & -\sin(\theta)\cos(\phi) & -\sin(\theta)\sin(\phi) & 0 \\ 0 & \sin(\phi) & -\cos(\phi) & 0 \\ 0 & 0 & D & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

여기서  $\theta$ : pan각,  $\phi$ : tilt각

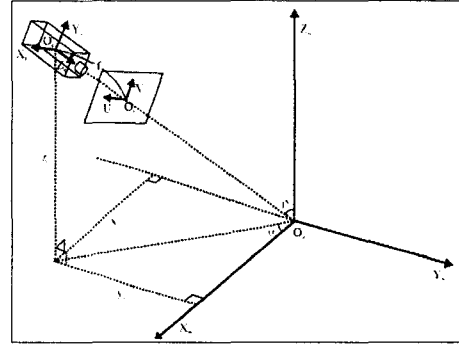


그림 1. 좌표계 시스템의 정의

### 3. 시스템 구성

#### 3.1 카메라의 위치

원하는 해상 교통정보를 얻기 위해서는 그 대상이 되는 정보의 중요도를 어디에 두느냐에 따라 카메라의 위치가 달라지게 된다. 예를 들어 해상에서의 점유율을 가장 중요시할 경우에는 카메라의 위치는 선박이 서로 교차하는 지점에 설치할 수 있으나 속도나 선박의 종류 및 크기, 대기 길이 및 시간 등과 같은 고급 레벨의 정보를 구하는 경우는 카메라의 경사각(tilt angle), 방향각(pan angle) 등을 고려하여 가장 적합한 자세로 카메라를 위치시키는 것이 중요하다.

#### 3.2 카메라 캘리브레이션

카메라 캘리브레이션(calibration)이란 카메라 내부의 기하적, 광학적 특성 즉 내부적인 파라미터들(internal parameters) 및 3차원 공간 상의 월드좌표계상에서의 상대적 카메라의 위치 및 자세 즉 외부(external) 파라미터들을 구하는 과정이다. 카메라 캘리브레이션 데이터는 공간상에 놓여 있는 3차원 물체의 자세 및 위치 측정에 사용되기 때문에 물체 인식 및 좌표 계산 과정에서 중요한 단계중의 하나이다.

카메라 캘리브레이션의 내부 파라미터 및 외부 파라미터를 구하는 과정 중 내부적 파라미터들을 구하는 과정이란 다음을 구하는 과정을 의미한다.

1. 이미지 평면(image plane)에서 카메라 중심 즉 사영 중심점까지의 거리인 초점 거리
2. 렌즈 왜곡에 해당하는 가로 및 세로 비 외부적 파라미터를 구하는 과정이란 월드좌표와 카메라좌표 사이의 변환을 정의하기 위하여

3x3 회전 매트릭스(rotation matrix)와 이동 벡터(translation vector)를 계산하는 것이다.

월드 좌표상의 3차원 좌표 계산을 위하여 먼저 그림 1과 같이 카메라를 월드 좌표상의  $(x_w, y_w, z_w)$ 에 놓고 카메라 시축이 월드 좌표계의 원점  $(0_w)$ 을 향하도록 설치한 후 캘리브레이션 시켰다.

### III. 고급수준의 교통정보 추출

#### 1. 물체인식 과정

일반적으로 물체인식은 먼저 획득된 영상 정보를 이용하여 바탕과 물체를 분리하는 과정 즉 이미지 분할(image segmentation)과정부터 시작한다. 물체와 바탕을 구별한 후에 물체의 에지(edge)를 찾게되는데 물체를 이루는 모든 에지 정보는 처리시간 때문에 비효율적이다.

따라서 그 물체를 나타내는데 꼭 필요한 중요 특징만을 추출하는 특징 점 추출과정을 거치게 된다. 그리고 추출된 특징 점의 실제 좌표 상에서의 3차원 정보를 계산 한 후에 이미 저장된 정보와의 비교에 의해서 물체를 인식하게 된다. 마지막으로 미리 저장된 CAD정보와 획득된 영상으로부터 계산된 정보를 비교하여 선박의 종류 및 크기를 결정하게 된다. 위의 과정을 그림으로 나타내면 다음 그림 2와 같다.

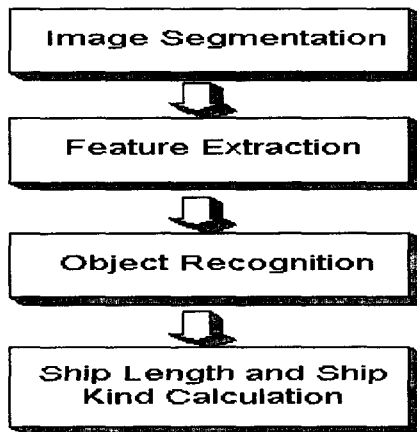


그림 2. 물체 인식 순서

#### 2. 검지대상의 결정

영상 검지기는 다른 검지기에 비해서 다양한 변수를 검지한다. 따라서 검지기는 다음과 같은 기능을 가지게 되는데 이것은 검지영역에서의 선박의 존재 검지, 선박의 속도 검지, 선박의 길이 검지, 선박의 종류 검지, 실시간으로 정보의 계속된 자료의 저장을 하게된다

이 선박의 화상정보를 이용해서서 많은 정보를 얻는 것이 중요하지만 정보량이 많을수록 많은 량의 컴퓨터 메모리 및 처리시간이 소요되기 때

문에 유용한 정보로 제한하는 것이 중요하다.

#### 3. 검지선의 결정

본 논문에서는 선박의 속도, 대기시간 및 길이 정보를 획득하기 위하여 미리 알고 있는 위치에 화면 좌표계 상에 V축에 평행하게 직선을 두 개 설치하는데 직선의 크기와 모양, 위치, 개수 등을 결정하고 실시간으로 처리할 수 있는 적정한 화소 수를 결정한다. 직선은 검지하고자 하는 이미지 검지와 알고리즘 구현방법에 따라 다양하다.

이미지 분할 단계에서 특정 값으로 이미지를 분할시키는 경우는 이미지의 화소 값이 주변환경에 민감하게 변하기 때문에 많은 오 동작을 일으킬 확률이 많다. 따라서 주변 환경에 덜 민감한 알고리즘 개발이 필수적이다. 또한 실시간 처리에 있어서의 가장 큰 제약은 검지라인의 화소 수이다. 화소수가 많으면 실시간 검지 대상의 결정을 하는데 많은 어려움이 있다.

본 논문에서는 화면상의 V축에 평행하게 일정한 간격으로 두 개의 검지 선을 사용하였다. 특히 좌측에서 우측으로 통행하는 선박인 경우에 좌측에 있는 검지 선(제 1 검지선)은 선박의 존재 및 선박 교통량을 검지하고, 우측에 있는 검지선(제 2검지선)은 선박의 속도를 검지하는데 이용된다.

반대로 우측에서 좌측으로 통행하는 선박인 경우에는 우측에 있는 검지 선(제 1검지선)은 선박의 존재 및 교통량을 검지하고, 좌측에 있는 검지선(제 2검지선)은 선박의 속도를 검지하는데 이용된다. 제1, 2검지선의 판단여부 즉 좌측에서 우측으로 또는 우측에서 좌측으로 통행하는 선박 여부는 선박 통과 시 검지 선들의 통과시간에 따라 결정된다.

#### 3.1 이미지 분할을 위한 문턱값의 결정

획득된 영상으로부터 물체의 배경과 물체를 구별하는 이미지 분할 단계는 화상처리에 의한 물체인식의 성패를 좌우하기 때문에 매우 중요하다. 일단 결정된 문턱 값은 해상도의 변화에 따라 변동을 하여 그 기능을 유지해야 하기 때문에 이를 갱신할 수 있는 방법을 결정해야 한다. 여기에는 통계적인 기법이나 휴리스틱 방법을 사용한다.

주변환경에 민감하지 않은 이미지 분할을 위하여 먼저 다음 식 (3)을 이용하여 문턱 값을 화소 값의 평균값으로 결정한다.

$$A_t = \alpha \cdot A_{t-1} + (1 - \alpha) \cdot R_t \quad (3)$$

여기서  $\alpha$ : 임의의 평균 갱신 비율(값),

$R_t$ : 선박이 없을 때의 해상도의 화소 값

$A_t$ : 새로 갱신된 평균값

#### 3.2 화면상의 검지선에 선박이 인식되지 않을 때

위에서의 식 (3)과 같이 해상도의 화소 값은 기상

조건에 따라 일정시간 단위로 화상의 전반적인 화소 값 경향에 따라 화면의 평균 화소 값을 변경시킨다. 처음 화면상의 두 라인에 선박이 존재하지 않을 때 라인들의 화소 값은 주변 환경과 비슷한 화소 값을 유지할 것이다.

이때 선박의 통과 여부를 판단하기 위한 문턱 값은 이 값들을 대부분 포함하도록 일정한 구간으로 정해야 한다. 만일 문턱 값을 수면의 화소 값들에 대한 평균 값을 고려하여 정한다면 선박이 지날 경우 선박의 색깔에 따라 다소 차이는 있으나 화면상의 평균 화소 값에 비해서 변화가 일어나기 때문에 쉽게 선박의 존재 여부를 판단할 수 있다. 다음 그림 3은 두 개의 검지선에 선박이 인식되지 않고 평균 화소 값을 유지하고 있는 경우를 나타낸다.

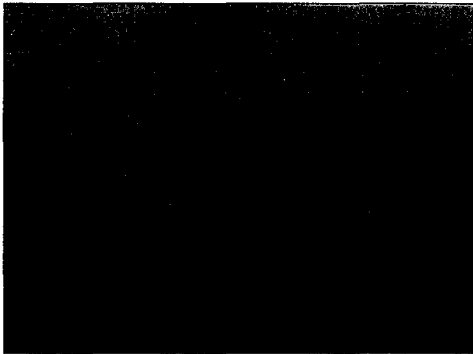


그림 3. 선박이 검지선에 나타나지 않았을 때

### 3.3 선박이 검지 선상에 나타날 때

그림 4에서와 같이 현재 화면의 두 검지 선은 획득된 영상의 평균값과 유사한 화소 값들을 지니고 있다. 따라서 선박이 검지선상에 나타나면 선박 색깔에 따른 화소 값들의 변동을 이용하여 이미지의 검지가 시작된다. 본 논문에서는 통과하는 선박의 색깔이 다양하기 때문에 두 개의 문턱 값을 사용하는데 통과하는 선박의 색깔이 하얀색인 경우는 문턱 값 이상인 경우에 검지하고, 통과하는 선박의 색깔이 검정색인 경우는 문턱 값 이하인 경우에 선박의 통과여부를 검지한다.

먼저 선박이 화면상의 첫 번째 인식 라인을 지날 때의 컴퓨터 내부 시간을 저장하고 두 번째 인식 라인을 지날 때의 컴퓨터 내부시간을 저장하여 두 시간의 차와 미리 내장된 두 검지선 간의 거리를 이용하여 식 (4)를 이용하여 속도를 계산하게 된다.

$$S = \frac{U_u - L_u}{T_u - T_l} \quad (4)$$

여기서 S:선박의 속도,  $U_u$  : 첫 번째 검지선의 화면 u좌표,  $L_u$ : 두 번째 검지선의 화

면 u좌표,  $T_u$ : 첫 번째 검지선 진입시간,  $T_l$  : 두 번째 검지선 통과시간

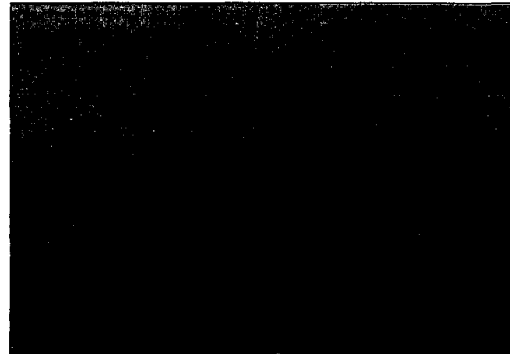


그림 4. 선박이 제 1 검지선을 통과하고 있는 모습

### 3.4 두 개의 검지 선에 선박이 검지 되었을 때

다음 그림 5는 화면상의 두 개의 검지 선 중 첫 번째를 검지 후에 두 번째 검지 선에 검지된 모습을 나타내고 있다. 두 검지 선에 선박이 완전히 검지가 되었을 때는 선박에 대한 정보가 최종적인 분석이 되며 이때 검지기는 선박에 대한 정보 즉 길이와 시간, 속도, 방향 등 선박과 관계된 정보가 추출된다. 이때 선박의 길이 정보 및 속도 정보는 미리 알려진 화면상에 설치된 두 검지선의 길이 정보를 이용한다.

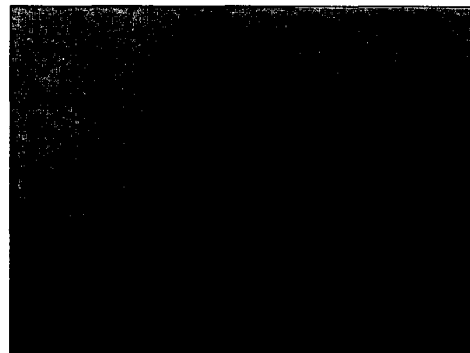


그림 5. 선박이 두 검지선을 통과한 모습

### 3.5 다른 해상교통변수의 추출

선박의 존재유무는 이미지 검지기에 있어서 중요한 요소가 된다. 설치된 두 개의 검지 선에서 선박이 없을 때 추출한 화상의 특징과 선박이 존재할 때 추출한 화상의 특징을 비교하여 그 특징의 변화여부로 결정하게 된다.

또한 교통량에 대한 정보는 제1 검지 선에서의 선박의 존재 횟수를 검지 함으로써 구해진다. 선박의 종류를 인식하기 위해서는 먼저 화면상에서

얻은 화상을 이미지 분할에 이은 물체의 경계 선 (boundary) 추출에 의해서 물체의 에지를 추출한다. 그리고 추출된 특징 점들을 카메라 캘리브레이션 데이터를 이용하여 실세계 상에서의 3차원 정보를 추출한 후 미리 내장된 CAD 데이터와 비교에 의해서 선박의 크기 및 종류를 판단하게 된다.

지나가는 선박간의 선두 간격은 선박간의 존재, 시간간격 및 선속 정보를 이용하여 구해진다. 선박의 대기길이는 선박의 점유시간이 일정시간 이상 경과한 경우에 획득된 이미지를 대각선으로 처리함으로써 구해진다.

#### IV. 결 론

컴퓨터 비전을 이용한 해상교통 검지기 시스템은 기존의 시스템과 비교하여서 많은 장점을 가지고 있다. 이 검지기는 기존의 레이더 시스템보다 더 많은 정보를 추출할 수가 있으며 이것은 사용자에게 운행상의 편리를 제공한다. 기존의 정보는 단순 점 (spot) 정보만으로 선박을 파악함으로써 시스템의 사용자에게 많은 제약을 준게 사실이다. 따라서 시스템의 사용자가 선박의 존재유무 및 선종, 선박의 크기 등을 인식하는데 많은 불편과 실수를 일으킬 수가 있었다.

그러나 영상을 기반으로한 검지기 시스템은 레이더 시스템에서의 단점이었던 영역 정보를 획득할 수 있다는 장점을 지니고 있기 때문에 고급 정보, 즉 선박의 속도, 선두간의 거리, 선박의 종류, 선박의 크기, 해상에서의 대기 길이 및 대기 시간 등 원하는 많은 정보를 추출할 수 있는 장점이 있다.

하지만 영상을 기반으로한 해상 교통 검지기 시스템은 주변 환경에 매우 민감하다. 즉, 눈, 비, 구름 낀 날씨 등의 환경에 매우 민감하다. 더군다나 야간인 경우에는 일반 CCD카메라가 아닌 적외선 카메라를 사용해야 되기 때문에 사용상 많은 제약이 있을 수 있다.

그러나 본 시스템과 기존의 레이더를 기반으로한 VTS시스템을 상호 보완한다면 보다 안전하고 쾌적한 해상 교통 관제 시스템이 될 것이라 사료된다.

#### 참고문헌

[1] Panos G.Michalopoulos, Richard D.Jacobson, Craig A.Anderson, James C.Barbaresso, "Field Deployment of Machine Vision in the Oakland Country ATMS/ATIS Project", IVHS America, 1994.4.  
 [2] Masatoshi Matsubara, Masanori Aoki, and Douglas A.Day, "Development of New Multi-Purpose Image Processing Vehicle

Detector and its Implementation in the Tokyo Metropolitan Traffic Control System", IVHS America, 1994. 4.

[3] E L Dagless, A T Ali, J Bulas Cruz, "Visual Road Traffic Monitoring and Data Collection", IEEE-IEE Vehicle Navigation & Information Systems Conference, pp 146-153. 1993.10.  
 [4] Neil Hoose, "AUTOMATIC TRAFFIC MONITORING FROM VIDEO IMAGES", PROCEEDINGS 15th ARRB CONFERENCE, PART6.  
 [5] Masaru OMURA, Tomokazu KAWABATA, Kazuhiko FUJITA, Takemi FUKUMITSU, Tomio ASAI, Kuniichi SAWAI, "Development of an Image-Processing Traffic Flow Measurement System for Intersections", SUMITOMO ELECTRIC TECHNICAL REVIEW NO.27, 1988.  
 [6] A.Rourke and M.G.H.Bell, "Queue detection and congestion monitoring using image processing", Traff. Engng Control, 1991.9.  
 [7] Neil Hoose, "IMAPACTS : an image analysis tool for motorway surveillance", Traff. Engng Control, 1992.3.  
 [8] Kunio SAKAI, Yoshiyuki ITO, Takao NEGISHI, Masatoshi DEGUCHI, Kazuto NISHIYAMA, Kenji KATO, "In-Tunnel Traffic Flow Measuring System Using an ITV Camera", SUMITOMO ELECTRIC TECHNICAL REVIEW NO.29 1990.1.  
 [9] Gonzalez / Woods, Digital Image Processing, Addison Wesley.  
 [10] Vishvijit S. Nalwa, A GUIDED TOUR OF COMPUTER VISION, AT&T Bell Laboratories, Addison Wesley.