

영상 변화 추적 시스템

박 영 환¹⁾

Image Change Tracking System

Park, Young-Hwan

요 약 : 본 논문에서는 부분 윤곽선 추출기법을 이용하여 다중 시차 영상을 위한 자동 변화 추적 시스템의 속도를 증가 시키고자 한다. 기존의 변화 추적 시스템에서는 전체 영상에서 윤곽선을 추출하여 사용하였으나, 본 연구에서는 윤곽선 추출이 필요한 부분을 미리 선택하여 이 부분에서만 윤곽선을 추출하게 함으로써 처리 속도를 향상시킬 수 있었다. 따라서 본 시스템은 특히 위성 영상 자료나 물리 탐사 자료 등의 방대한 영상 자료에서의 변화 탐지와 추적, 정량적인 분석 등을 위해 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract : This paper introduces a partial edge detection technique, that improves the processing time of an automatic change tracking system for multi-temporal images. In the conventional change tracking systems for multi-temporal images, the edge detection is performed over the whole image. In the proposed method, however, the necessary portions for the edge detection is selected first and the edge detection is performed over the selected parts only. As a consequence, the improvement in the processing time could be achieved. The proposed change tracking system is expected to be utilized as a very efficient tool to configure changes in large data set such as remotely sensed satellite imagery or geophysical time laps images.

Keywords : 영상 자료 처리, 움직임 추적, 변화 추적, 부분 윤곽선 추출

서 론

변화 추적

컴퓨터 비전 시스템은 물체의 자동 인식, 변화의 자동 인식, 물체의 위치 자동 측정 등 여러 분야에 적용되어 사용되고 있다. 이 중 변화의 자동 인식은 다중 시차 영상 자료(multi temporal image data)에서 움직임 추적, 변화 추적 등을 위해 사용되고 있으며 그 응용 분야로는 구동 장치와 결합된 물체 자동 추적 시스템, 보안 시스템, 원격 탐사나 물리 탐사에서의 변화 자동 탐지 시스템 등이 있다. 특히 위성 영상 자료나 물리 탐사 자료 등의 방대한 영상 자료에서 어떤 변화를 찾아내어 추적하는 일은 매우 활용 가치가 큰 기법으로서 각광받고 있다.

이러한 컴퓨터 비전 시스템을 이용하는 데는 현재에도 해결해야 할 많은 문제점(물체의 인식 문제, 환경 변화에의 적응성 문제, 신뢰성 문제, 반응 시간의 문제, 가격 문제, 에너지 사용 문제 등등)이 있다. 그러므로 본 논문에서는 반응 시간문제를 고려하여 구성된 일부 윤곽선 추출기법을 이용하여 움직임이나 변화를 빠르게 추적할 수 있는 새로운 컴퓨터 비전 시스템을 개발하였고, 이 시스템의 향상된 처리 속도를 두 개의 샘플 영상에서 변화를 찾아내는 실험을 통하여 검증하였다.

변화를 찾아내고 추적하는 것은 그 응용 분야가 매우 넓다. 우선 모빌 로봇에서 이동 시 움직이는 물체와의 충돌 회피를 위해, 움직이는 물체를 따라 이동할 때 등에 이용된다. 그리고 원격탐사에서는 토양의 이용 변화나, 오염 정도의 변화, 대양의 온도 변화와 그 흐름 등을 정량적으로 분석할 때 이용할 수 있다.

일반적으로 변화를 검출하는 방법에는 인식을 기초로 한 검출(recognition-based detection)과 움직임을 기초로 한 검출법(motion-based detection) 등 두 가지 방법이 있다.

인식을 기초로 한 검출법에서는 시간차를 갖는 두 영상에서 찾고자 하는 물체를 인식해 내고 이 물체의 위치를 각각 확인한 후 그 위치 변화를 검출하는 것이다. 이 방법의 장점은 물체의 3차원 변화 정보를 획득할 수 있는데 있다. 즉 이동과 회전 등의 정보를 정확하게 검출할 수 있다. 하지만 이 방법은 물체를 인식할 수 없는 경우에는 사용이 불가능한 단점이 있다. 또한 물체 인식은 그 대상에 대한 충분한 자료(데이터 베이스)가 준비되어 있어야 하며 긴 처리 시간을 필요로 한다. 이러한 방법의 예제들은 Sethi(1987), Stephens(1990), Nichol(1991),

*1999년 8월 5일 접수

1) 한성대학교 정보전산학부

Bray(1990) 등에서 찾아볼 수 있다.

움직임을 기초로 한 검출법에서는 물체의 움직임 자체에 의존하는 방법으로 움직이는 물체의 크기나 모양에 관계없이 그 움직임이나 변화를 검출할 수 있으며 따라서 원격 탐사(위성 영상 자료에의 적용)에 적합한 방법이다. 이러한 움직임을 기초로 한 검출법에는 광 흐름법(Optic Flow Technique)과 시간 미분법(Temporal Derivative Technique)이 있다.

광 흐름법

움직임 제약 방정식 (1)을 사용하여 영상의 밝기 함수 $I(x, y, t)$ 의 일차 미분값에서 속도값을 계산할 수 있다(Fleet, 1995) (Horn, 1981).

$$\nabla I(x, y, t) \cdot v(x, y, t) + I_t(x, y, t) = 0 \tag{1}$$

식 (1)에서 $\nabla I(x, y, t)$ 는 $I(x, y, t)$ 의 공간 그래디언트 ($I_x(x, y, t), I_y(x, y, t)$)를 의미하며, $I_t(x, y, t)$ 는 $I(x, y, t)$ 의 시간 편미분을 의미한다. 그리고 $v(x, y, t)$ 는 x 방향과 y 방향으로의 순간 속도($dx/dt, dy/dt$)를 의미한다.

그리고 식 (1)을 통해서 영상 그래디언트 방향($g(x, y, t)$)에 있어서의 속력 $s(x, y, t)$ 를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$s(x, y, t) = \frac{-I_t(x, y, t)}{\|\nabla I(x, y, t)\|} \tag{2}$$

그러나 식 (1)에서는 $v(x, y, t)$ 의 두 변수를 하나의 제약조건에서 구해야 함으로 정확한 광 흐름을 계산할 수 없다. 이러한 문제를 해결하기 위해 일차 미분법(Horn, 1981) (Lucas, 1984), 이차 미분법(Nagel, 1987) (Uras, 1988) 등 여러 가지 방법들이 제안되었다.

그러나 이 방법은 영상의 각 화소에 대하여 밝기 함수의 그래디언트와 시간 편미분을 구해야 함으로 적지 않은 계산을 해야하는 문제점을 안고 있다.

시간 미분법

변화된 정보나 움직임을 알아내기 위해서 각 화소에서의 속도를 구하는 복잡한 계산 대신에 간단한 밝기 함수의 시간 미분 추정치를 이용할 수 있다. 즉 시간 미분함수의 추정치를 식 (3)과 같이 정의한다.

$$I_t(x, y, t) \approx \frac{\delta I(x, y, t)}{\delta t} = \frac{I(x, y, t) - I(x, y, t - \delta t)}{\delta t} \tag{3}$$

즉 시간차를 갖는 2개의 연속된 영상의 차이를 통해서 움직임이나 변화를 찾아내고자 하는 것이다. 이렇게 찾아낸 결과에 적당한 임계값을 이용한 잡음의 제거와 변화된 부분과 그렇지 않은 부분의 영역 분리를 통해서 변화된 정보만을 추출할 수

있다. 이 방법의 장점은, 첫째 구현하기가 매우 쉽다는 것이고, 둘째로 움직임이나 변화가 있는 물체의 크기나 모양에 상관없이 적용할 수 있다는 것이다. 하지만 이 방법에는 다음과 같은 단점들이 존재한다.

첫째, 식 (3)과 같은 근사 계산에서 잡음이나 부정확한 값이 생성될 수 있다.

둘째, 두 영상에서의 다른 점 모두가 계산 결과에 포함된다. 즉 시간 t 에서의 변화된 부분뿐만 아니라 시간 t 에서는 존재하나 시간 $t-1$ 에서는 존재하지 않는 부분이 모두 포함되어 있다. 따라서 어느 부분이 변화 전이고 어느 부분이 변화 후의 정보인지 구분할 수 없다.

셋째, 임계값을 이용한 잡음 제거는 임계값의 선택에 매우 민감하다. 즉 적당한 임계값의 선택이 쉽지 않다.

첫째와 둘째 문제를 해결하기 위해 Murray(1994)는 시간 t 의 영상에서 윤곽선을 추출하고 그 결과를 식 (3)의 결과에 곱함으로써 해결하고자 하였고, Allen(1990)은 각 화소에서의 움직임 속도를 참조표(look-up table)로 만들어 사용함으로써 해결하려 하였다. 하지만 처리 속도와 구현의 용이성에서 Murray(1994)의 방법(Fig. 1)이 많이 이용되고 있으며 본 연구에서도 이 방법의 변형을 통하여 처리 속도의 증가를 꾀하고자 했다. 또한 셋째 문제의 해결책으로써 Li(1998)는 자동 임계값 제어(Automatic Threshold Control : ATC)법을 제안하고 있다. 이 ATC를 통해서 각 영상 정보에 알맞은 임계값을 자동 설정하여 셋째 문제에 적용하였다.

이러한 시간 미분법에서 Murray(1994)의 방법이 많이 사용되고 있는데, 그것은 다른 방법들 보다 빠른 처리 속도와 쉬운 구현 때문이다. 이 방법에서의 가장 많은 처리 시간을 필요로 하는 부분은 윤곽선 추출 부분이다. 즉 시간 t 의 영상에서 모든 윤곽선을 추출하는 부분이다. 본 연구에서는 시간 t 의 전체 영상에서의 윤곽선 추출이 아니라 부분 윤곽선 추출을 이용하여 처리 속도의 증가를 꾀하고자 한다. 또한 움직임 추출 뿐만

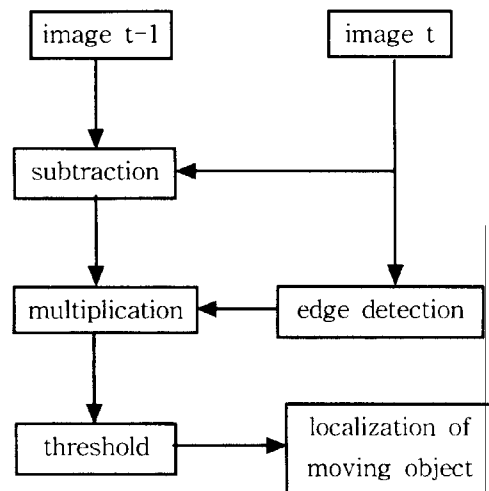


Fig. 1. Block diagram of Murray method.

아니라 변화 추적을 위한 역방향의 시간 미분을 통하여 시간 $t-1$ 에서 변화된 부분을 추출하여 시간 t 에서 추출된 변화 부분을 동시에 얻음으로써 변화의 크기나 방향 정도 등을 자동으로 확인할 수 있는 시스템(Fig. 3)을 구성하였다.

부분 윤곽선 추출법

시간 미분법을 통한 계산 결과 영상에는 둘째 단점에서 언급한 바와 같이 두 영상에서의 모든 차이점들이 포함되어 있다. 이러한 차이점들 속에서 변화된 후의 결과를 추출하는 것이 Murray(1994)의 방법이다.

영상 정보에서 변화나 움직임은 일반적으로 국부적이다. 이러한 국부적인 정보의 추출을 위해서 Murray(1994)법에서는 가장 처리 시간이 많이 소요되는 윤곽선 추출을 화면의 전체에 대하여 수행하고 있다. 즉 국부적인 정보의 추출을 위하여 많은 처리 시간을 소모하고 있는 것이다. 만일 변화된 부분이 포함되어 있는 부분만을 찾아내어 윤곽선 추출을 한다면 변화된 부분의 크기에 따라서 처리 속도를 경우에 따라서는 수십배 이상 증가시킬 수 있다.

이러한 국부적인 변화 정보는 실제로 시간 미분 결과(Fig. 6)를 통하여 얻을 수 있다. 시간 미분 결과에는 변화 전과 변화 후의 모든 정보가 포함되어 있는데 이러한 정보도 일반적으로 국부적인 정보에 지나지 않는다. 즉 이 부분만을 원 영상에서 추출하여 윤곽선 추출을 한 후 이 부분에 대해서만 시간 미분 결과에 곱셈 연산을 수행하면 Murray(1994)와 동등한 결과를 얻을 수 있다.

부분 윤곽선 추출법(Fig. 2)에서는 시간 미분 결과 영상을 일정한 크기의 블록으로 나누어 물체가 존재하는지 확인하고 크기를 계산하여, 임계값 이상을 갖고 있으면 물체가 존재하는 것으로 간주하여 그 블록에는 플래그를 설정해 놓는다. 결국 플래그가 설정된 블록에만 변화된 정보가 존재하며, 이러한 블록에 대해서만 시간 t 의 영상에서 윤곽선을 추출하고 나머지

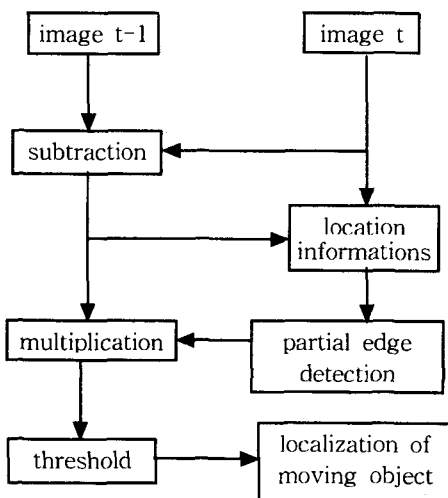


Fig. 2. Block diagram of partial edge detection.

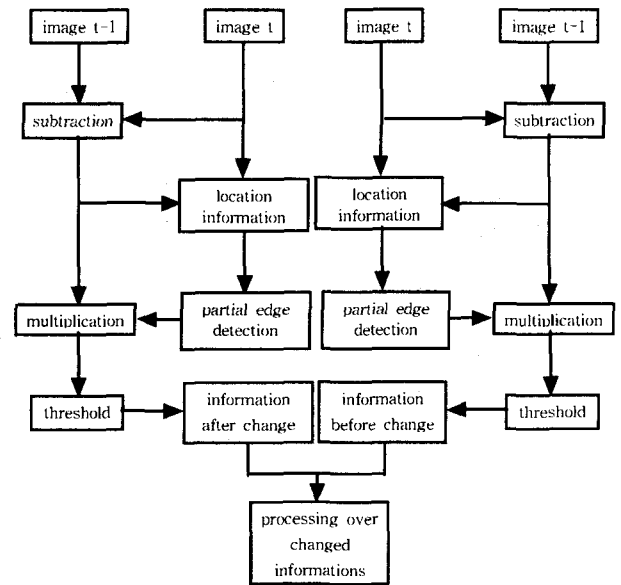


Fig. 3. Block diagram of change tracking system.

부분은 지워버림으로써 처리 시간을 줄일 수 있다. 이와 같은 작업에는 블록 개수만큼의 비교 연산과 화소 수만큼의 덧셈 연산이 추가되지만 Murray(1994) 방법에서의 화소 수만큼의 컨벌루션(convolution) 연산에 비교하면 무시할만한 추가 처리 시간이다.

본 연구에서는 개선된 움직임 추출법(Fig. 2)을 이용하여 변화 추적을 위한 시스템을 구성하였다(Fig. 3). 이 시스템을 통하여 변화의 크기나 방향 정도 등을 자동으로 확인할 수 있게 되었다.

이와 같은 변화 추적 시스템은 시차를 갖는 탄성과 토모그래피를 이용한 지하공동 충전효과 평가(이두성, 1998)에 확대 적용되어 자동 평가 시스템을 구성할 수 있으며, 항공 사진이나 위성 사진을 이용한 토지 이용 분석, 경계 분석, 환경 오염 분석, 대양 온도의 변화, 해류의 흐름 등 원격 탐사의 많은 부분에서 효과적인 자동 인식 시스템으로 이용될 수 있다.

적용 예

본 연구에서는 구현된 변화 추적 시스템을 연구실에서 획득된 시차를 갖는 두 영상을 이용하여 안전성, 효율성 등을 검증해 보았다. 우선 사용된 두 영상은 시간 $t-1$ 의 Fig. 4와 시간 t 의 Fig. 5이다. 시간 t 의 영상 속에는 왼쪽 중간 부분에 새로운 물체가 등장하였다.

이러한 두 영상에 시차 미분법을 적용하여 Fig. 6과 같은 결과를 얻었다. 결과에는 시간 t 에서 추가된 물체만을 확인할 수 있으나, 시간 $t-1$ 의 영상 어딘가 이 물체가 존재한다면 그 위치와 모양도 이 결과에 나타날 것이다.

그리고 Fig. 7에서는 시간 t 의 영상 전체에서 윤곽선을 추출한 결과이다. 이러한 윤곽선을 추출하기 위하여 Sobel 필터를 이용한 컨벌루션 연산을 적용하였다.

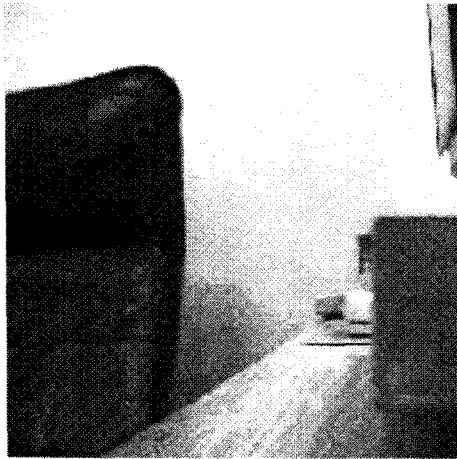


Fig. 4. Image t-1.

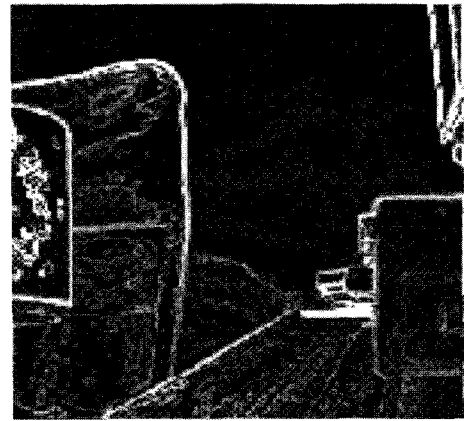


Fig. 7. Edge detection in the full image t.

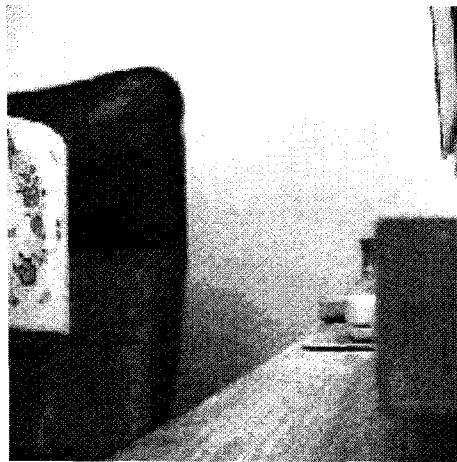


Fig. 5. Image t.

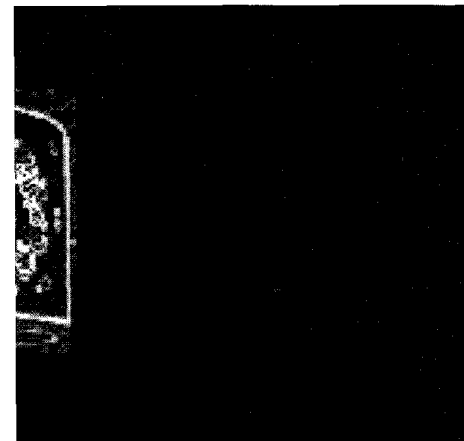


Fig. 8. Partial edge detection.

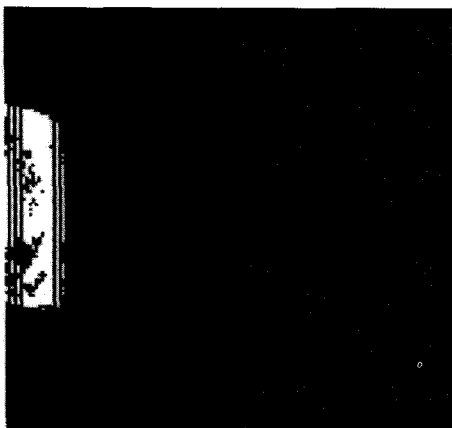


Fig. 6. Result of temporal derivative.

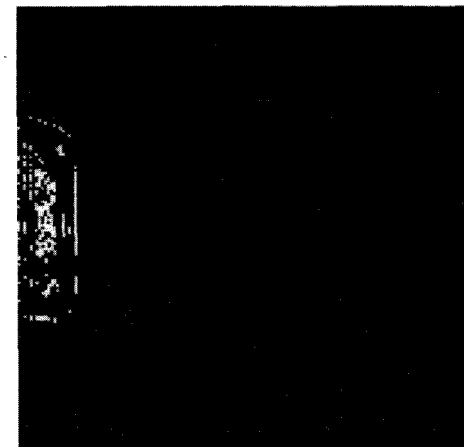


Fig. 9. Result of change tracking.

Fig. 8에서는 본 논문에서 제안된 부분 윤곽선 추출법을 이용하여 계산한 결과를 볼 수 있다. 전체 화면에서 이 부분이 차지하는 면적은 1/10도 되지 않으므로 결과적으로 이 부분에서 10배 이상의 처리속도 향상을 얻을 수 있었다.

시간 t의 영상에서 변화된 정보는 Fig. 6의 결과와 Fig. 8의

결과를 곱함으로써 Fig. 9와 같은 움직임 변화에 대한 결과를 얻을 수 있었다.

결론 및 전망

본 논문에서는 처리 속도가 향상된 영상 정보 속의 변화 추

적 시스템을 제안하고 구현하였다. 기존에 제안된 시간 미분법에서는 윤곽선 추출 시간이 전체 시스템의 처리시간에서 제일 큰 비중을 차지하는데 실제로 이렇게 추출된 윤곽선에서 단지 일부만이 다음 처리 단계에서 사용됨으로, 다른 윤곽선을 추출하는데 사용된 시간은 낭비되는 상태에 있었다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하고 처리 속도를 향상시키기 위하여 부분 윤곽선 추출법을 제안하였다. 우선 윤곽선을 추출해야 할 부분을 시간 미분법의 계산 결과에서 찾아내는 방법을 제시하였고, 이 부분에서만 윤곽선을 추출하여 다음 처리에 이용하게 함으로써 면적 비율에 해당하는 윤곽선 추출 처리 속도의 향상을 이루었으며, 다음 단계의 처리에서도 이 부분에서만 처리가 이루어지도록 함으로써 부수적인 속도의 향상을 이루었다.

따라서 본 기법은 특히 위성 영상 자료나 물리탐사 자료 등의 방대한 영상 자료에서의 변화 탐지를 위해 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 위성 영상 자료나 물리탐사 자료 등에 본 기법이 적용될 경우, 토지 이용변화의 탐지나 환경 오염의 파악, 지하 구조물의 상태 변화 파악 등을 위한 매우 효과적인 도구로서 활용될 수 있을 것이다. 특히 이러한 응용 분야에서는 변화에 대한 지속적이거나 혹은 실시간적인 모니터링이 요구되는 경우가 많으므로 본 기법의 활용성은 더욱 크다고 하겠다.

참고문헌

1. 이두성, 1988, 지하공동 충전효과 평가를 위한 시차 공대공 탄성과 토모그래피 연구 : 물리탐사, **1**(1), 25-30.
2. Bray, A. J., 1990, Tracking objects using image disparities : Image Vision Computing, **8**(1), 4-9.
3. Fleet, D. J. and Jepson, A. D., 1995, Recursive filters for optical flow : IEEE Trans. Patt. Anal. Mach. Intell., **17**(1), 61-65.
4. Horn, M. and Schunck, P., 1981, Determining optical flow : Artificial Intelligence, (17), 185-203.
5. Lucas, B. D., 1984, Generalized image matching by the method of differences, Ph.D. dissertation, Department of Computer Science, Carnegie-Mellon University.
6. Li, K., Park, Y. H. and Hou, K. M., 1998, Intelligent Camera Dedicated for a Multi-Sensor Perception : Real Time Motion and Object Tracking : International Conference on Advances in Vehicles Control and Safety (AVCS'98), 76-86.
7. Murray, D. and Basu, A., 1994, Motion Tracking with an Active Camera: IEEE Trans. Patt. Anal. Mach. Intell., **16**(5), 449-459.
8. Nagel, H. H., 1987, On the estimation of optical flow : relations between different approaches and some new results : Artificial Intelligence, (33), 299-324.
9. Nichol, D. and Fiebig, M., 1991, Tracking multiple moving objects by binary object forest segmentation : Image Vision Computing, **9**(6), 362-371.
10. Sethi, I. K. and Jain, R., 1987, Finding trajectories of feature points in a monocular image sequence : IEEE Trans. Patt. Anal. Mach. Intell., **9**(1), 56-73.
11. Stephens, R. S., 1990, Real-Time 3-D object tracking : Image Vision Computing, **8**(1), 91-96
12. Uras, S., Girosi, F., Verri, A. and Torre, V., 1988, A computational approach to motion perception : Biological Cybernetics, (60), 79-87.