

윈도우 법선 탐색 추적 기법에 의한 도로 영역 자동 추출

Automatic Extraction of Road Area by the Window Normal Search Tracking Method

임인섭¹⁾, Lim, In Seop · 박경식²⁾, Park, Kyeong Sik · 양승룡³⁾, Yang, sung Ryong · 이재기⁴⁾, Lee, Jae Kee

¹⁾ 정회원 · 충북대학교 토목공학과 · 공학박사 · 043-273-0485 (E-mail : iso3295@trut.chungbuk.ac.kr)

²⁾ 정회원 · 인하공업전문대학 지형정보과 · 전임강사 · 032-870-2245 (E-mail : pks@inhac.ac.kr)

³⁾ 정회원 · 여주대학 토목과 · 조교수 · 031-880-5223 (E-mail : redpig65@hanmail.net)

⁴⁾ 정회원 · 충북대학교 토목공학과 · 교수 · 043-261-2403 (E-mail : leejk@chungbuk.ac.kr)

1. 서 론

수치항공영상을 이용하여 영상처리기법 및 기타 다른 방법에 의해 대상물을 추출하고자 할 때, 단순히 대상물의 경계선 검출기법이나 밝기값 강화 기법등과 같은 방법으로서는 항공영상으로부터 대상물을 자동으로 추출한다는 것이 매우 어려운 일이다. 왜냐하면 항공영상에 포함된 대상물들이 복잡 다양하게 나타나 있으며 각 대상물별로도 일관된 규칙이나 특성을 찾을 수 없고, 무엇보다도 그레이 스케일의 수치항공영상에서 제공되는 영상의 밝기값 정보로부터 특정대상물을 추출할 수 있는 조건이 다양하지 않기 때문이다.

따라서, 본 연구에서는 도로를 자동으로 추출하기 위해 기존의 전처리과정을 거치지 않고 밝기값 분할(K-means), 대상물 관련 대역영상 조합(대상물 관련대역 중첩), 횡단보도 영역 인식(템플릿 윈도우 이동 연산, 차영상, 침식/팽창), 횡단보도 영역의 형상 측정(공간모멘트) 등과 같은 단계를 통해 도로를 추출할 수 있는 초기 조건인 횡단보도의 장변의 길이를 자동으로 구하도록 하였고, 이렇게 생성된 조건을 통해 자동으로 도로 영역을 인식하고 추출하도록 하기 위해 “윈도우 법선 탐색 추적 알고리즘”을 개발하였다. 이것을 항공영상에 적용하여 위치정확도 및 처리시간 등을 평가하브르써, 항공영상으로부터 도로영역을 자동으로 추출할 수 있는 새로운 기법을 제시하고자 한다.

2. 윈도우 법선 탐색 추적 기법

횡단보도를 자동 인식하기 위한 처리 단계를 통해 그 영역을 인식하도록 하였고, 공간모멘트 기법에 의해 측정된 횡단보도 장변의 좌표를 윈도우 법선 탐색 추적 기법을 실시하기 위한 초기 입력값으로 사용하였다. 그림 1과 같이 입력된 장변의 좌표를 이용하여 장변에 대한 선형방정식을 결정하도록 한다. 또한 그림 2와 같이 장축 위에 있는 N 개의 화소에 대해 장축의 선형방정식에 대한 N개의 법선방정식을 결정하도록 하였다.

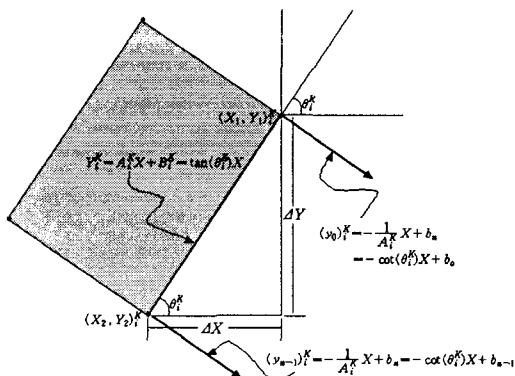


그림 1. 횡단보도 장변의 직선 및 법선방정식

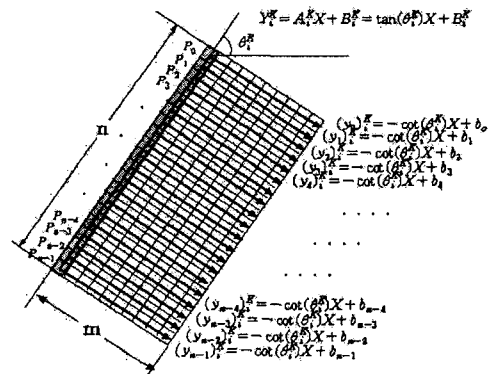


그림 2. 생성된 법선방향 탐색영역 (n×m)

그러나, 탐색 윈도우의 추적 방향을 결정하기 위해서, 법선윈도우의 정보검색율($\overline{ISR_N}$)을 식(1)과 같이 정의 하고, 그림 10의 우측에 나타낸 것과 같이 법선윈도우내에 정보량이 하나라도 검색되면 정보발생 지수 (f_N)를 1이라 하고 발생하지 않는 경우 0으로 규정하였으며 식 (2)와 같이 나타낼 수 있으므로, 탐색윈도우 전 영역에 대한 진행방향 결정 인자(RCDF)를 식(3)과 같이 정의하여 임의의 한 방향에 대한 전체 윈도우의 방향성 인자를 결정하도록 하였다.

$$\overline{ISR_N} = \frac{l_N}{m}, \quad N=0, 1, \dots, n-1 \quad (1)$$

$$f_N = \begin{cases} 0, & \text{if } l_N=0 \\ 1, & \text{elsewhere} \end{cases} \quad (2)$$

$$RCDF = \frac{ISR_N}{F} = \frac{\sum_{N=0}^{n-1} \frac{l_N}{m}}{\sum_{N=0}^{n-1} f_N} \times 100 \quad (3)$$

따라서 탐색윈도우의 진행방향을 결정하기 위해 그림 3과 같이 N개의 법선방정식의 기울기 값을 $\pm \alpha^\circ$ 만큼 변화시키면서 $2\alpha+1$ 개에 해당하는 각 법선 탐색 윈도우상에 있는 화소값들의 집합 ($(P_N^0)_i^K, (P_N^{-1})_i^K, (P_N^1)_i^K, \dots, (P_N^{-\alpha})_i^K, (P_N^{\alpha})_i^K$)을 결정하고 이 값들에 대한 정보검색율(ISRN)과 발생빈도지수(F)를 통해 탐색윈도우의 도로방향 결정 인자들을 계산하도록 하며, RCDF의 값이 가장 큰 값을 갖는 방향이 차선에 대해 직진성이 더 강한 경우라고 판단하여, 그 방향을 진행방향으로 결정하고 그림 4와 같이 검색영역을 표시하고, 표시된 영역에서 다시 새로운 방정식을 결정하여 이 과정을 반복 실행하도록 한다.

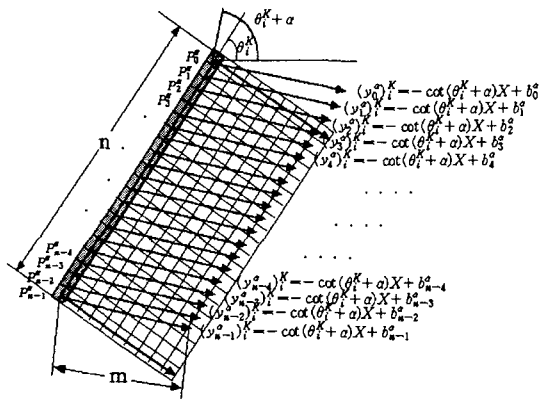


그림 3. 도로차선의 진행방향을 검색하기 위해 $\pm \alpha$ 만큼 변화시키면서 탐색하는 각 법선윈도우

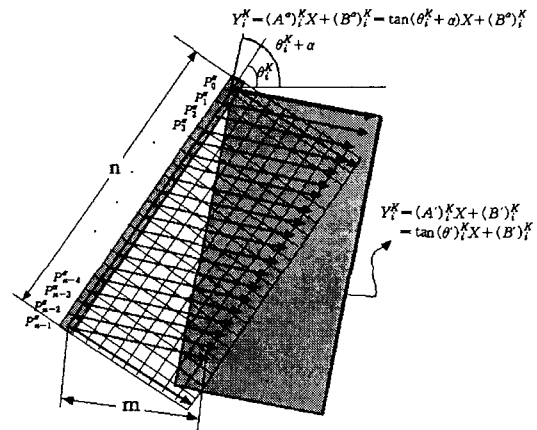


그림 4. 검색영역 표시 및 새로운 선형방정식 결정

3. 실험 및 결과분석

윈도우 법선 탐색기법에 의해 도로 영역을 자동으로 인식하고 추출하기 위해 과천시 2차 GIS사업의 일환으로 촬영된 제15번 스트립의 9, 10, 11번 사진을 선정하고, 이것을 항공사진 스캐닝용 정밀 스캐너(Vixel vx 3000)를 이용하여 1600dpi(화소 1개의 크기 : 15.9 μ m)의 해상도로 스캐닝하여 영상 1개당 약 210MB의 수치항공영상을 만들었다. 세장의 영상으로부터 두 모델의 정사투영영상을 제작하였으며, 이것을 모자이크하여 그림 5와 같이 320Mb의 정사영상을 만들었다. 정사영상으로부터 횡단보도 대역영상(그림 6)을 추출하고 이것으로부터 횡단보도의 장변의 길이 및 좌표를 측정한 다음, 그 결과를 그림 7과 같은 도로 관련 대역 영상에서 윈도우 법선 탐색추적 기법 적용한 결과 그림 8과 같이 도로 영역을 인식할 수 있었다.



그림 5. 제작된 수치정사영상



그림 6. 횡단보도 대역 영상



그림 7. 도로관련 대역 영상

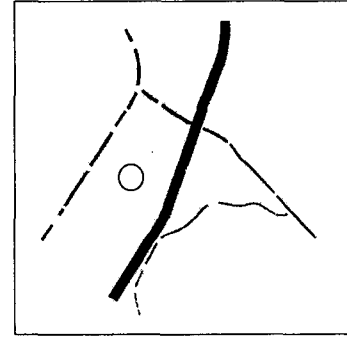


그림 8. 윈도우 법선 탐색 기법에 의해 인식된 영역

그러나 그림 8의 원형으로 표시된 영역을 확대해 보면 그림 9의(a)와 같다. 이것은 윈도우 법선 탐색 기법에 의해 도로영역을 추출할 때, 직사각형의 탐색영역이 인식된 영역으로 표시되기 때문에, 곡선반경이 큰 쪽에서는 그림 9(a)의 화살표로 표시된 영역과 같이 틈이 벌어져 있다. 그러나 이것은 윈도우 법선탐색 기법에 의해 추출된 영역이 완전하게 하나의 개체를 이루고 있지 않아, 그 다음 단계에서 도로 전체를 일괄적으로 처리할 수 있도록 하기 위해서 추출된 영역을 팽창/침식 기법을 이용하여 그림 9(b)와 같이 채워넣은 것이다. 그런 다음 골격화를 통해 도로 영역의 외곽선을 검출하면 그림 9(c)와 같으며, 도로 외곽선이 역시 거칠게 표현된 것을 볼 수 있다. 자동선 추적방식에 의해 벡터라이징을 하면 벡터라이징된 선형 역시 도로의 특징이나 형태를 유지하는 점 이외의 불필요한 잉여 점들이 많으므로 단순화 처리기법을 이용하여 복잡성을 감소시키고 부드러운 곡선의 형태를 유지하도록 하면서 저장용량을 줄이도록 하였다.

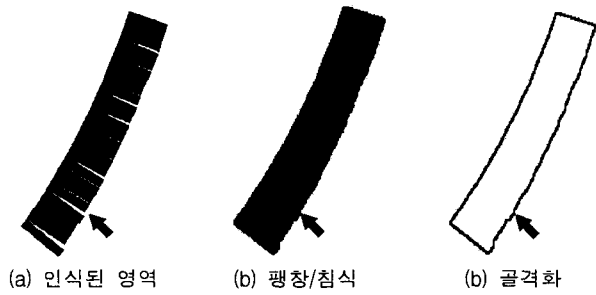


그림 9. 도로영역 인식 및 외곽선 추출 기법

윈도우 법선 탐색 추적 기법에 의해 추출된 도로 영역의 외곽선을 추출하고, 이것을 벡터화하여 거리/각도 알고리즘에 의해 단순화한 다음 수치지도와 중첩한 결과 그림 10과 같이 나타낼 수 있으며, 추출한 도로영역에 대해 일정한 분포로 52개의 지점에 대한 위치오차는 표 1과 같다.

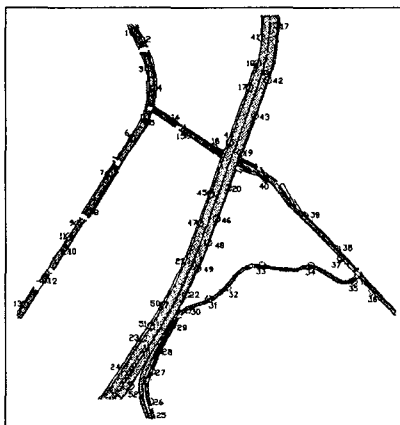


그림 10. 수치지도 및 추출된 도로 외곽선 중

표 1. 추출된 도로 외곽선과 수치지도와의 위치오차

Pt. No.	Offset distance	Pt. No.	Offset distance	Pt. No.	Offset distance	Pt. No.	Offset distance
1	1.043	14	0.195	27	0.998	40	1.353
2	0.867	15	0.402	28	0.854	41	0.323
3	1.670	16	0.666	29	0.385	42	0.725
4	1.545	17	1.480	30	0.688	43	0.884
5	3.051	18	1.445	31	0.980	44	0.572
6	0.180	19	0.960	32	0.901	45	0.218
7	0.218	20	1.269	33	1.073	46	0.347
8	0.592	21	0.766	34	2.296	47	0.224
9	1.075	22	2.448	35	0.966	48	0.388
10	0.290	23	1.247	36	0.634	49	0.523
11	0.375	24	1.181	37	0.263	50	0.236
12	0.738	25	1.056	38	0.697	51	0.359
13	0.895	26	0.934	39	0.847	52	0.686

Error sum = 45.008m , Mean = 0.866 m

또한 각 처리 단계에 대한 소요시간 및 소요시간의 비율은 표 2와 같으며, 5개의 처리 단계에서 가장 많은 시간이 소요된 것은 「횡단보도 영역 인식」 단계이며, 윈도우 법선탐색기법에 의해 도로 영역을 인식하고 추출하는 데 소요되는 시간은 불과 4분 43초로 상대적으로 매우 빠른 시간내에 이루어졌음을 알 수 있다. 이것은 횡단보도 영역을 인식하는 단계에서는 단순히 밝기값에 의해 결정된 횡단보도 대역 영상으로부터 탐색할

때, 초기 조건이 없는 상태에서 전체 영역을 탐색하면서 조건을 만들고 이를 통해 판단하도록 하므로써 시간이 많이 걸리게 되었으며, 이에 반해, 도로 영역을 인식하고 추출하는 단계는 도로관련 대역 영상위에서 이미 인식된 횡단보도 영역으로부터 자동으로 계산된 장변의 길이를 조건으로 하며 그 좌표 또한 결정된 것이므로, 추적할 수 있는 조건이 횡단보도 영역인식 단계 보다 명확하기 때문이다.

표 2. 각 단계별 소요시간

Step of process	Processing time		Ratio (%)
	second	time-min-sec	
Brightness slicing	213	0 - 03 - 33	2.1
Composition of bands relative to object	28	0 - 00 - 28	0.3
Recognizing crosswalk area	9,628	2 - 40 - 14	94.4
Measuring crosswalk area feature	35	0 - 00 - 35	0.4
Road area recognition and extraction	283	0 - 04 - 43	2.8
Σ	10,187	2 - 49 - 47	100

4. 결 론

본 연구는 수치항공영상으로부터 인식된 횡단보도의 장변의 길이와 좌표를 이용하여 도로영역을 자동으로 추출할 수 있는 윈도우 법선 탐색추적 기법이라는 새로운 알고리즘을 개발하고 도로관련대역 영상에 적용한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 도로 차선관련 대역 중첩 영상에서 표현된 정보로는 도로 영역을 자동으로 인식하기 어렵기 때문에, 윈도우 법선 탐색기법을 개발함으로써 원영상 중첩, 밝기값 강화, 판단, 수동추출 등의 처리과정을 거치지 않고 도로의 방향성을 고려하여 도로 영역을 자동으로 추적할 수 있었다.
2. 자동추출 결과에 대한 정도를 분석하기 위해 52개의 지점에 대한 오차를 계산한 결과 1/5,000 수치지도의 허용도화오차 범위 1m 이내인 0.866m의 오차가 발생되었으므로, 본 연구에서 제시한 기법이 1/5,000이하의 수치지도제작에 적용할 수 있음을 알 수 있었다.
3. 도로폭과 같은 초기조건을 영상위에서 직접인식하거나 그 좌표를 수동으로 입력할 수 있도록 함으로써 도로에 횡단보도가 없는 경우나 영상에서 도로영역이 적은 경우 횡단보도 장변의 좌표를 인식하는 데 소요되는 시간을 줄일 수 있으므로 본 기법의 적용에 대한 한계를 극복할 수 있도록 하였다.

참고문헌

1. 이재기, 박경식, 임인섭(2001) 수치정사투영영상으로부터 지형공간정보 추출기법, 대한토목학회논문집, 제 21권 제 6-D호, pp 915~924.
2. Hildreth, E. C., "Edge Detection", Artificial Intelligence Laboratory of the Massachusetts Institute of Technology, 1985, pp. 3~19.
3. Accame, M., and De Natale, F. B. B., "Edge Detection by Point Classification of Canny Filtered Images", Signal Processing, Vol. 60, 1997, pp. 11~22.
4. Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods(1993) Digital Image Processing, Addison-Wesley publishing com.
5. 이승환, "패턴인식의 원리 1권", 홍릉과학출판사, 1997, pp. 96~100.
6. Peter, D., Peggy, A., Anthony, S., and Mohamad, M., Self-Organised Clustering for Road Extraction in Classified Imagery", ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, Vol. 55, 2001, pp. 347~358.
7. Arcot, S., and John, T., "Modelling and Representation Issues in Automated Feature Extraction from Aerial and Satellite Images", ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, Vol. 55, 2000, pp34~47.
8. Wolf, P. R., "Elements of Photogrammetry with application in GIS", 3rd ed, McGraw Hill International Book Company, 2000, pp. 315~322.
9. Moss, S., and Hancock, E. R., "Pose Clustering with Denseity Estimation and Structural Constraints", proceeding IEEE Computer Vision and Pattern Recognition at Fort Collins Colorado, Vol. 2, 1999, pp.85~91.