

질감을 이용한 SPOT 영상의 토지피복분류 향상 평가

정 인 철

부산대학교 지리교육과 조교수

1. 연구목적

원격탐사 기법을 이용하여 위성영상에서 토지피복도를 작성하는 경우 대부분은 분광적 특성에만 의존한다. 그러나 위성영상에 포함된 정보는 대상물의 분광 특성과 비분광특성에 모두 의존한다. 그래서 비분광특성을 분광정보에 통합하여 보다 정확한 정보를 추출하려는 다양한 시도가 이루어져 왔다. 비분광특성의 하나인 질감은 대상물의 구조, 형태, 느낌, 연결성 등에 대한 공간적인 정보를 제공한다. 그래서 건물밀집지역과 같은 복잡하고 이질적인 토지피복정보를 위성영상에서 추출하는데 이용되고 있다. 특히 전통적인 분광분류에만 의존하여 SPOT HRV와 같은 고해상도 영상을 도시나 도시근교지역의 분류에 이용할 경우는, 오히려 해상도가 낮은 영상에 비교하여 분류의 정확도가 감소하는 경우도 있다. 이것은 개선된 공간해상도가 군집내의 변량(within-class variance)을 증대시켜서, 군집간의 분광 혼돈을 야기하기 때문이다. 그러나 분류과정에 질감을 포함하면 이러한 문제는 개선될 수 있다. 그러나 이러한 질감의 유용성에도 불구하고, 사용방법과 사용효과에 대한 경험적인 연구는 절대적으로 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 질감정보를 분광정보와 통합하였을 때의 분류정확도의 개선효과를 부산지역의 SPOT HRV 영상의 사례를 통해 살펴보고자 한다. 본 연구에서 사용된 영상은 1996년 4월 23일에 촬영된 김해시와 양산시의 일부를 포함하는 공간해상도 20m의 부산지역 SPOT HRV XS 영상인데 1165 Column × 1120 Row의 크기로 2.33km × 2.24km에 해당한다.

2. 연구방법

질감분석은 전통적인 푸리에 분석법 등에 의해 다양한 방법에 의해 이루어진다. 본 연구에서는 공간명도의존행렬(GLCM, Grey Level Co-occurrence Matrix)에서 추출된 다음의 질감 측정치를 이용하여 질감의 분류정확도 개선효과를 검증하기로 한다.

- ① 균일성(Homogeneity : HOM) : Local Homogeneity) 또는 Inverse difference moment라고도 한다. 대각선상에 위치한 GLCM 요소의 수치가 높을수록 높아진다.
- ② 관성(Inertia : IER) : Contrast, Difference Moment라 불리기도 하는데 균일성과는 반대되는 개념이다. 명도차이가 많이 나는 화소 쌍의 수가 많을수록 이 값은 크게 나타난다.
- ③ 차별성(Dissimilarity : DIS) : GLCM의 요소들이 상호 얼마나 다른가를 측정한다. 이 차이가 많을수록 높은 값을 가진다.
- ④ 평균(Mean : MEA) : 명암도 차이가 큰 화소 쌍의 수가 많을수록 높다.
- ⑤ 변량(Variance : VAR) : local region 내의 명도차가 클수록 높다.
- ⑥ 엔트로피(Entropy : ENT) : GLCM의 요소들이 동일한 값을 가질수록 높아진다.
- ⑦ 에너지(Energy : ENE) : angular second moment 또는 uniformity라고도 하는데 균일성과 마찬가지로 영상의 등질성을 재는 척도가 된다. GLCM의 요소들이 동일한 값을 가질 때 최소가 된다.

⑧ 최대확률(Maximum Probability : MXP) : GLCM의 요소들 중 최대치이다.

이상의 질감을 추출할 경우 방향 θ 는 0° , 45° , 90° , 135° 의 4방향 또는 이를 더 세분하여 8방향으로 적용한다. 본 연구에서는 4가지 방향의 질감을 추출한 후 이것을 평균한 질감을 사용하였다. 단 일부 방향에서만 질감이 추출되는 경우나 특정방향의 질감을 통합한 분류결과가 평균한 질감을 통합한 결과의 정확도보다 월등히 높을 경우에는 방향에 따른 질감을 사용하였다.

거리의 선정에 관해서는 대부분의 선행 연구의 경우 거리로 1을 채택한다. 그러나 거리의 선정은 원칙적으로 해상도에 따라 달라지게 된다. 그래서 x2 검증을 이용하여 최적의 거리를 산정하는 방법 등이 제시되고 있다. 그렇지만 아직은 이러한 방법을 사용하여 거리를 채택하기보다는 1을 거리로 사용하는 것이 일반적이므로, 본 연구에서도 1을 채택하였다.

질감추출을 위해 사용할 창 크기는 분류를 위한 질감형태를 추출할 수 있을 정도로 커야하나, 구분 가능한 가장 작은 대상물보다는 작아야 한다. 이러한 측면에서 본 연구에서는 3×3 , 5×5 , 7×7 의 세 가지 창을 사용하였다.

그리고 SPOT HRV 영상에서는 질감추출 과장으로 XS3을 사용하는 경우가 많은데, 이는 XS3에서 질감 추출이 용이하기 때문이다. 따라서 본 연구의 경우에도 XS3에서 질감을 추출하였다.

분류항목의 선정은 USGS의 Anderson 분류항목과 Europe Environment Agency의 CORINE 분류항목의 level II를 참조하여 주거지역, 상업 및 서비스 지역, 공업지역, 교통시설 등의 약 20개 군집으로 구분하기로 계획하였다. 그러나 각 분류군의 분광특성을 표본지역을 통해 분석한 결과 일부 분류군의 속성이 매우 유사하였고, 또 unsupervised classification 등으로 예비 분류를 실행한 결과 이상과 같이 분류할 경우 정확도가 매우 떨어짐을 확인하였다. 이것은 부산의 토지이용 및 피복 상황이 미국 및 유럽과는 다르기 때문이다. 이러한 측면에서 본 연구에서는 이상의 분류기준과 국립지리원의 지형도의 범례를 비교하여 연구지역의 토지피복을 저층건물지역, 아파트 단지, 고층건물지역, 공업지역, 골프장, 경작지, 나대지, 산림, 내륙수, 해양수의 10개 군집으로 구분하였다.

분류방법으로는 최대우도분류를 채택하였으며, 영상처리 소프트웨어로는 ER Mapper 5.5를 사용하였다. 단 질감추출은 PCI 6.2 소프트웨어를 이용하여 이루어졌다. 그리고 PCI 질감분석 프로그램에 포함되지 않는 최대확률 질감을 추출하기 위해서는 C 언어를 이용하여 프로그램을 작성하였다.

최대우도분류수행에 필요한 훈련지역은 1:25,000 및 1:5,000 지형도, 1:7,500 도로지도, 1:10,000 교통지도 등에서 토지이용이 비교적 균질하게 이루어지는 지역을 탐색한 후, 현지조사를 통해 이를 확인한 다음 선정하였다.

분류의 정확도 분석을 위해서는 분류된 영상에서 계층적 무작위 표본추출법(stratified random sampling)에 의해 1,500개의 기준점(reference pixel)을 설정하였다. 그리고 기준점의 토지피복 현황을 파악하기 위해 횡단 메르카토르 좌표를 이용하여 영상을 기하보정하였다. 일반적으로는 영상에 대한 기하보정을 먼저 수행한 후에 분류작업을 하는 경우가 많으나, 본 연구에서는 기하보정에 의한 재배열 효과(resampling effect)가 질감추출과 분류결과에 영향을 미치지 않도록 하기 위해 사전에 기하보정을 실시하지 않았다. 기준점의 토지피복 현황파악을 위한 현지조사는 영상 촬영 시점이 4월인 점을 고려하여 1998년 4월과 5월 사이에 이루어졌다. 조사결과 1996년 당시의 토지피복이 불명확한 화소와 거의 동일한 비율의 토지피복으로 구성된 혼합화소(mixed pixel)와 같이 기준자료로 사용이 곤란한 496개의 화소는 기준점에서 제외하였다. 이러한 과정을 거쳐 최종적으로 1,004개의 기준점을 선정하였는데, 이것은 군집당 최소 50개의 기준점을 요구하는 대략적인 분류 기준점수의 선정 원칙을 충족한다. 이상의 기준점을 가지고 SPOT HRV 영상의 분광파장만 사용하여 분류한 결과와 분광파장에 질감을 추가하여 분류한 결과의 정확도를 전체적인 정확도(overall accuracy) 지수를 이용하여 비교하였다.

3. 분광분류 결과

분광과장대만 이용하여 최대우도분류를 수행한 결과 전체적으로 71.02%의 분류 정확도를 얻었다. 분류의 정확도를 정확도 행렬에 의해 분석하면, 나대지와 산림은 생산자 정확도 (Producer's accuracy)와 사용자 정확도(User's accuracy) 모두 80%를 상회할 정도로 분류결과가 정확하다. 그리고 경작지와 내륙수 역시 사용자 정확도는 다소 떨어지나, 생산자 정확도는 80%를 초과한다. 반면 골프장과 해양수의 경우는 생산자 정확도는 74.51%와 52.45%이나 사용자 정확도는 100%이다. 즉 분광특성이 명확한 이상의 6가지 토지이용의 정확도는 대체로 양호하다고 볼 수 있다.

그러나 도시지역은 아파트 단지를 제외하고는 정확도가 매우 낮게 나타난다. 저층건물지역, 고층건물지역, 공업지역은 생산자 정확도와 사용자 정확도가 매우 낮게 나타난다. 이것은 토지피복과 토지이용이 명확히 구분되지 않는 지역특성에 기인한 것이다. 가장 정확도가 떨어지는 것이 고층건물지역과 아파트 단지 그리고 공업지역간의 상호구분인데, 이것은 토지피복상의 구분이 매우 힘들기 때문이다. 특히 도심과 부심지역의 고층건물지역은 고층 아파트 단지와 구별이 힘들다. 또한 공업지역 역시 공장의 교외이전으로 인한 토지이용의 변화로 인해 공업지역 고유의 토지피복 특성을 상실해 가고 있다.

4. 분광과 질감을 통합한 분류결과

분광과장 XS1, 2, 3에 XS3의 질감을 신파장의 형태로 통합하여 수행한 분류의 전체적인 정확도를 나타낸 것이 표 2이다. 이 결과에 의하면 ENT5의 정확도가 가장 우수하여 질감을 사용하지 않았을 때보다는 6.17%의 개선효과가 있음을 알 수 있다. 다음으로 IER5, VAR7, IER7과 ENT7이 5% 이상의 개선효과가 있었다. 그리고 대부분의 질감을 통합한 분류결과의 정확도는 질감을 통합하지 않았을 때보다 개선되었음을 확인할 수 있다. 엔트로피(ENT)는 창의 크기에 관계없이 안정된 개선효과를 전체적으로 나타낸다. 그러나 가장 대표적인 질감으로 여러 지역에서 우수한 효과가 보고되었던 에너지(ENE)의 개선효과가 낮은 것은 다소 의외이다.

창의 크기에 따른 분류정확성의 차이도 구별된다. 본 연구결과에서 5×5와 7×7이 3×3보다 우수한데, 이는 3×3의 창의 본 연구지역에서는 공간정보를 포함할 정도로 충분하지 못하다는 것을 의미한다.

개개의 군집별 정확도를 질감에 따라 비교해 보면(표 3, 4), 전체적으로 질감에 의한 분류의 정확도 향상은 도시지역에서 두드러지게 나타남을 알 수 있다. 저층건물지역의 경우 생산자 정확도는 HOM3, ENE3, MPX3를 제외하고는 개선되었다. 특히 DIS5와 VAR3은 매우 우수한 생산자 정확도를 보여 준다. 아파트 단지의 분류의 정확도는 질감을 부여했을 때 전체적으로 개선되었다. 특히 ENT7은 최고의 정확도를 보여주고 있다. 고층건물지역의 경우는 HOM3가 77.55%의 생산자 정확도를 보여준다. 그러나 HOM3의 사용자 정확도는 38.97%로 이것은 분광분류에 비해 하락한 것이다. 차별성(DIS)과 변량(VAR)은 창의 크기에 관계없이 전체적으로 생산자 정확도를 하락시켰고, 평균(AVR)과 에너지(ENE)는 증가시켰다. 사용자 측면에서는 VAR7이 52.94%로 최고의 정확도를 보인다. 공업지역의 경우는 HOM3를 제외하고 전체적으로 생산자 정확도의 개선을 발견할 수 있다. 그리고 MPX를 제외하고는 3×3보다는 5×5와 7×7의 창의 더 정확함을 발견할 수 있다. 사용자 정확도에서는 대체로 분광분류와 유사하거나 약간의 정확도 가감을 볼 수 있다. 골프장의 경우는 IER5와 IER7이 생산자 정확성 측면에서 각각 7.84%와 9.8%의 개선효과가 있으며, 경작지의 경우는 생산자 측면에서는 2~3% 정도의 감소, 사용자 측면에서는 2~3% 정도의 증가를 볼 수 있다. 나대지와 산림은 생산자 정확도와 사용자 정확도 모두 질감에 의해 크게 영향을 받지 않는다. 내륙수의 경우는 생산자 정확도는 질감부여에 의해 전부 감소하였으나 사용자 정확도는 전체적으로 향

상하였다. 해양수의 경우는 생산자 정확도는 전체적으로 25%이상 향상되었으나, 사용자 정확도는 감소하는 것으로 나타났다.

5. 결론

본 연구에서는 질감의 사용이 토지피복분류의 정확도에 미치는 영향을 평가하였다. 본 연구의 결과는 다음과 같이 요약될 수 있다.

첫째, 전체적으로 보아 질감은 분류의 정확도 향상에 기여하는 것으로 나타났다. 그러나 일부 질감의 경우는 오히려 정확도를 떨어뜨리는 경우도 발견되었다. 이것은 연구지역과 분류조건이 달라 직접적인 비교는 어렵지만, 질감의 사용이 항상 정확도를 향상시킨다는 기존의 연구 결과와는 상치된다. 둘째, 전체적인 정확도는 낮더라도 개별군집의 정확도 향상이 이루어지는 경우가 있다. 본 연구의 경우 HOM3가 해당된다. 셋째, 본 연구지역의 경우는 엔트로피에 의한 질감을 통합한 분류 결과가 가장 우수함을 알 수 있다. 그러나 다른 지역에서 우수한 효과를 보였던 에너지와 같은 일부 질감추출자는 분류개선 효과가 미흡하였다. 넷째, 본 연구지역의 경우 질감의 창은 5×5와 7×7이 우수하였다. 이것은 3×3의 창이 질감추출에 충분하지 못함을 보여준다. 다섯째, 토지피복의 유형에 따른 질감통합의 정확도 향상을 분류한 결과 산림과 같은 등질지역은 분광정보만 이용해도 잘 특징화되었으나, 이질적이고 복합적인 토지피복은 질감을 통합하여 사용했을 때 결과가 향상됨을 알 수 있다. 즉 질감은 분광적으로 이질적인 범주의 분류 정확도를 개선하는 데 효과가 있다. 여섯째, 질감도입에 의해 아파트 단지의 분류정확도가 특히 상승하는 것으로 나타났다. 이것은 아파트 단지의 질감추출이 용이하기 때문이다. 이것은 질감의 사용이 질감의 차이가 명확한 분류군의 구별에 효과적임을 의미한다.

표 1. 분광자료만 이용한 분류 결과

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	사용자정확도(%)
1. 저층건물지역	70	0	32	18	0	0	1	0	0	0	57.85
2. 아파트 단지	0	58	6	23	0	0	0	0	0	1	65.91
3. 고층건물지역	36	0	49	22	0	0	1	0	0	0	45.37
4. 공업지역	10	11	10	50	0	1	2	0	0	1	58.82
5. 골프장	0	0	0	0	38	0	0	0	0	0	100.00
6. 경작지	1	0	0	11	11	108	21	3	0	5	67.50
7. 나대지	0	0	0	5	1	2	125	0	0	0	93.99
8. 산림	0	1	0	0	1	0	0	107	10	0	89.92
9. 내륙수	0	17	1	0	0	0	0	0	76	22	65.52
10. 해양수	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	100.00
생산자 정확도(%)	59.83	66.67	50.00	38.76	74.51	97.30	83.33	97.27	88.37	52.45	71.02

표 2. 질감을 이용했을 경우의 전체적인 정확도

질감	정확도	질감	정확도	질감	정확도
HOM3	69.52%*	HOM5	-	HOM7	-
IER3	74.30%	IER5	76.79%	IER7	76.69%
DIS3	74.90%	DIS5	74.90%	DIS7	74.80%**
AVR3	74.30%	AVR5	75.40%	AVR7	75.60%
VAR3	72.81%	VAR5	74.50%	VAR7	76.59%
ENT3	75.10%	ENT5	77.19%	ENT7	76.30%
ENE3	72.51%*	ENE5	74.00%	ENE7	73.51%
MPX3	73.61%*	MPX5	74.20%	MPX7	74.90%

* horizontal orientation of co-occurrence, ** left diagonal, - no result, 3, 5, 7 window size

표 3. 분광자료와 질감자료를 통합한 군집별 생산자 정확도

(단위 %)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HOM3	24.79	89.66	77.55	37.98	70.59	90.99	80.67	97.27	61.62	78.69
IER3	70.01	80.46	54.08	47.29	74.51	98.20	84.00	96.36	54.65	88.53
IER5	74.36	81.61	45.92	49.61	82.35	95.50	86.00	98.18	82.56	78.69
IER7	70.09	77.01	45.92	51.94	84.31	94.60	87.33	98.18	82.56	83.61
DIS3	81.20	86.21	24.49	51.94	76.47	97.30	83.33	94.55	76.74	80.33
DIS5	94.02	86.21	5.10	53.49	78.43	95.50	82.67	98.18	76.74	80.33
DIS7	83.76	78.16	13.27	55.04	78.43	96.40	84.67	97.27	83.72	78.69
MEA3	64.10	81.61	55.10	46.51	74.51	87.39	83.33	97.27	77.91	85.25
MEA5	64.10	88.51	53.06	48.06	74.51	90.99	84.00	97.27	80.23	81.97
MEA7	60.69	85.06	59.18	48.84	72.55	93.69	83.33	97.27	81.40	81.97
VAR3	87.18	81.61	18.37	49.61	76.47	90.09	80.67	92.73	74.42	81.97
VAR5	76.07	78.16	27.55	52.71	76.47	93.69	83.33	97.27	84.88	78.69
VAR7	70.09	81.61	45.92	55.81	76.47	95.49	84.67	97.27	83.72	78.69
ENT3	67.52	85.06	51.02	48.06	74.51	90.09	84.00	97.27	82.56	77.05
ENT5	68.38	90.81	60.20	50.39	74.51	91.89	83.33	97.27	83.72	78.69
ENT7	62.39	81.61	58.16	55.81	74.51	92.79	83.33	98.18	82.56	78.69
ENE3	51.28	88.51	66.33	48.84	74.51	89.19	78.67	95.46	63.95	78.69
ENE5	64.96	90.81	58.16	55.04	74.51	90.09	78.00	93.64	62.79	78.69
ENE7	65.81	95.40	54.08	54.26	74.51	90.09	77.33	93.64	58.14	78.69
MPX3	54.70	85.06	59.18	49.61	74.51	91.89	82.00	97.27	70.93	78.69
MPX5	60.68	90.81	54.08	46.51	72.55	94.60	82.00	95.46	74.42	78.69
MPX7	66.67	86.21	51.02	51.94	72.55	95.50	82.00	94.55	73.26	80.33

표 4. 분광자료와 질감자료를 통합한 군집별 사용자 정확도

(단위 %)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HOM3	64.44	60.94	38.97	66.22	100.00	68.24	90.98	89.92	77.94	88.89
IER3	63.57	87.50	48.62	68.54	100.00	69.87	93.33	92.17	70.15	65.85
IER5	64.44	78.02	46.39	66.67	97.67	76.81	90.85	91.53	78.89	96.00
IER7	64.06	78.82	44.12	67.67	97.73	77.21	90.97	91.53	78.02	96.23
DIS3	57.58	81.52	48.00	63.21	100.00	69.23	92.59	92.04	75.86	85.97
DIS5	52.63	80.65	31.25	62.16	100.00	76.81	90.51	91.53	78.57	90.74
DIS7	60.49	75.56	38.24	56.80	100.00	73.29	91.37	90.68	75.00	96.00
MEA3	58.14	74.74	50.00	65.22	100.00	72.93	87.41	89.17	79.76	89.66
MEA5	60.98	78.57	47.71	63.92	100.00	72.14	90.00	91.45	81.18	94.34
MEA7	61.74	74.00	49.57	64.95	100.00	73.76	91.91	90.68	80.46	96.15
VAR3	53.68	78.02	46.15	64.00	100.00	69.93	86.43	91.07	71.91	89.29
VAR5	58.94	77.27	45.00	56.20	97.50	73.24	91.24	91.45	76.84	97.96
VAR7	65.60	82.56	52.94	58.07	97.50	73.61	93.38	91.45	77.42	96.00
ENT3	62.21	78.72	47.62	65.96	100.00	72.46	86.90	89.92	78.89	94.00
ENT5	70.80	79.80	48.36	69.89	100.00	72.86	89.29	89.92	82.76	97.96
ENT7	70.87	80.68	45.97	68.57	97.44	72.54	91.91	90.00	74.74	100.00
ENE3	66.67	63.64	43.92	57.27	100.00	73.88	93.65	88.98	83.33	97.96
ENE5	64.41	69.91	48.72	56.35	100.00	74.07	95.12	89.57	85.71	92.31
ENE7	66.38	61.94	49.07	58.33	100.00	72.46	94.31	89.57	92.59	88.89
MPX3	59.81	66.67	46.40	63.37	100.00	75.56	91.11	89.17	78.21	96.00
MPX5	58.20	71.82	45.69	62.50	100.00	74.47	92.48	88.98	83.12	96.00
MPX7	61.91	70.76	47.17	64.42	100.00	71.14	94.62	89.66	84.00	96.08