

효율적인 홍수지도 구축을 위한 NGIS 수치지형도 활용에 관한 연구 A Study on Effective Flood Map Generation using NGIS Digital Topographic Maps

송용철¹⁾ · 권오준²⁾ · 김계현³⁾

Song, Yongcheol¹⁾ · Kwon, Ohjun²⁾ · Kim, Kyehyun³⁾

¹⁾ 인하대학교 공과대학 지리정보공학과 석사과정 (g2022113@inhavision.inha.ac.kr)

²⁾ 인하대학교 공과대학 지리정보공학과 석사과정 (g2031280@inhavision.inha.ac.kr)

³⁾ 인하대학교 공과대학 지리정보공학과 부교수 (kyehyun@inha.ac.kr)

Abstract

Nowadays, flood hazard maps have been generated to minimize the loss of human lives due to flooding domestically. To generate the flood hazard maps, LiDAR data have mainly been used to provide topographic data. The LiDAR data requires, however, relatively higher cost and processing time. Therefore, the needs of validating possible use of topographic maps as an alternative source of LiDAR, which have been already existed from the NGIS project over the nation, has been raised. In this background, this study has generated a DEM over City of Kuri as a pilot study using conventional 1:1,000 and 1:5,000 topographic maps emphasizing the linkage of river profile with breakline processing algorithm to build the essential topographic data as accurate as possible. The results showed that the RMSE from topographic maps and LiDAR were 3.49 and 2.282 meter, respectively. Further study needs to be made to decide possible use of topographic maps instead of LiDAR including more easier updating of topographic maps to support flood map generation. In addition, 1:1,000 topographic mapping, which is limited to the urban areas so far, needs to be extended to the river areas.

1. 서 론

주기적으로 반복되는 홍수에 의한 재산과 인명피해를 최소화하기 위해서는 홍수피해위험가능성이 높은 지역을 파악하여 그 지역에 거주하는 주민에게 지역특성에 알맞은 피난경로와 피난장소를 평상시에 주지시키는 것이 무엇보다 중요하다. 이를 위해 국내에서도 한강권역을 중심으로 홍수지도를 제작 중에 있다. 이러한 홍수지도를 제작하는데 가장 핵심적인 사항은 실제지형을 가장 효과적으로 표현하는 지형 자료를 구축하는 것이라 할 수 있다. 현재 홍수지도는 LiDAR를 이용하여 홍수범람모의에 필요한 지형 자료를 매우 정밀하게 제작하여 이용하고 있으나, 이로 인하여 홍수지도의 제작기간이 과다하게 연장되고, 동시에 많은 예산의 투입이 필요하게 되어, 전국적인 홍수지도 제작과 보급에 걸림돌이 되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 NGIS사업을 통해 전국적으로 구축된 수치지형도를 이용하여 홍수지도용 지형 자료를 효율적으로 구축하는 방안을 연구하고자 한다. 이를 위해 본 연구에서는 수치지형도를 이용한 Breakline 처리기법과 하천중평단자료 연계방안을 중심으로 홍수지도 지형자료 구축방안을 제시하였으며, 기 제작된 LiDAR 지형자료와 비교분석을 실시하였다. 나아가 전국적인 범위의 홍수지도 제작을 위한 효율적인 홍수지도 지형자료 구축방안을 제시하였다. 본 연구에서는 경기도 구리시 일부를 대상지역으로 연구를 실시하였다.

2. Breakline 처리기법

2.1 Breakline의 개요

일반적으로 Breakline이란 불연속선을 의미하며, 지형자료 중 표고 또는 경사가 급격히 변하는 경계선을 말한다. 또한 홍수지도 지형자료를 구축함에 있어 Breakline이란 '제방선이나 도로와 같이 지형의 급격한 변화를 보이는 부분'으로 정의된다. 홍수지도 지형자료 구축시 Breakline의 처리가 중요한 이유는 제방의 파제 또는 외수의 범람에 의해 제내지가 침수될 경우에 물의 흐름에 가장 큰 영향을 미치는 지형지물이기 때문이며, 따라서 홍수범람모의시 제내지의 Breakline을 가능한 한 실제 지형과 가깝게 표현해야 정확한 홍수범람모의가 가능하다.

이러한 Breakline에는 매끄러운 지표면에서 지형의 단절 및 증지를 표현하는 Hardline과 이미 알고 있는 선형 지형지물의 높이값을 유지하는 Softline으로 구분된다. 예를 들면, 동일한 높이값을 갖는 지점에 대한 지형의 기복을 표현하는데 있어 Hard Breakline은 보다 급격하게 경사를 표현하는데 반해 Soft Breakline은 경사를 좀더 부드럽게 표현한다.

2.2 Breakline 처리기법

Breakline을 처리하기 위해서는 정의된 Breakline을 추출하여 높이값을 부여하며, Breakline을 효과적으로 표현하기 위한 보간법을 적용해야 한다. 먼저 Breakline 추출방법으로는 위성영상과 항공사진을 이용하여 스크린 디지털라이징을 하거나 수치지형도에서 하천, 제방 그리고 도로 레이어를 직접 추출하는 방법이 있다. 또한, Breakline에 높이값을 부여하는 방법으로는 LiDAR 점데이터의 높이값을 추출된 Breakline에 삽입하거나, 등고선 및 표고점 이외의 지형지물에도 높이값을 가지고 있는 수치지형도의 도화원도를 이용하는 방법이 있다. 아울러 지형자료의 구축에 있어서 Breakline의 효과적인 처리를 위한 보간방식으로서 높이값을 가지고 있는 점데이터와 선데이터를 가지고 Hardline 또는 Softline을 정의한 후에 TIN보간법을 이용하는 방법이 있다. 그림 1은 점데이터인 표고데이터만 가지고 TIN을 생성했을 경우(Masspoint)와 제방선과 주변 등고선을 Hardline으로 정의한 후 TIN을 생성하였을 경우의 차이점을 보여주고 있다.

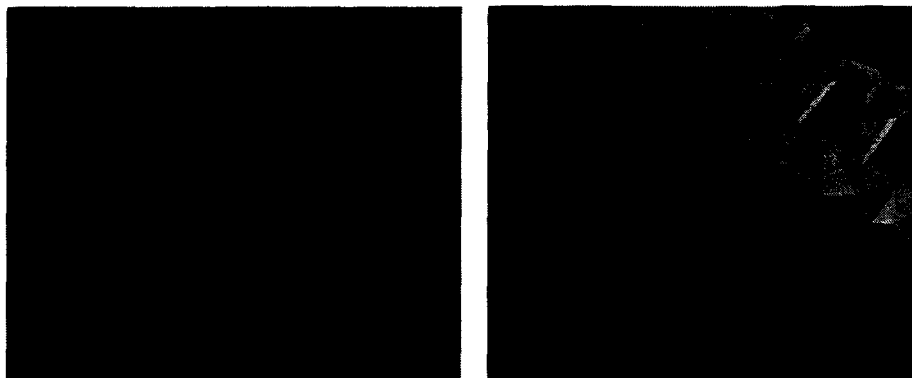


그림 1. Hardline과 Masspoint의 TIN생성 비교 - 제방

3. 하천중형단자료 연계방안

홍수지도의 지형자료 구축시 정확한 홍수범람모의를 위해서는 Breakline 처리와 더불어 하천중형단측량의 결과물인 하천중형단자료와의 연계가 반드시 필요하며, 주로 10년 마다 시행되는 하천정비계획에

서 갱신되는 하천중횡단자료를 홍수지도 지형자료에 삽입하게 된다. 하천중횡단자료의 경우 보통 200m 이상 간격을 두면서 하천을 횡단하여 표고를 측정한 점데이터이기 때문에 이를 이용하여 하천지형을 보간할 경우 하천중횡단자료와 거리가 멀어질수록 하천지형을 심하게 왜곡되게 표현하게 된다(그림 2).

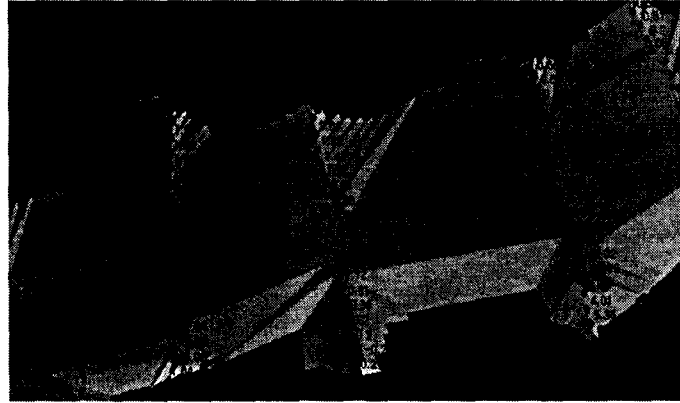


그림 2. 하천중횡단자료를 이용한 TIN생성의 예

선형의 하천지형을 실제에 보다 가깝게 표현하기 위해서는 하천에 등고선을 삽입하여 보간하는 것이 가장 효과적인 방법이다. 하상등고선을 생성하기 위해서 상용 GIS S/W에서 제공하는 공간분석기능 중 버퍼기능을 이용하여 하천이나 제방으로부터 일정거리에 있는 선데이터를 생성하여 Breakline으로 삽입할 수 있으며, 또는 작업자가 직접 하천중횡단자료에서 표고가 동일한 점을 생성하여 이들을 연결한 선을 삽입할 수 있다. 아울러 기존의 점데이터를 이용한 DEM 제작시 활용되는 보간법 중 IDW(Inversed Distance Weighted)기법 등을 활용하여 등고선을 생성할 수 있다(그림 3, 4, 5).

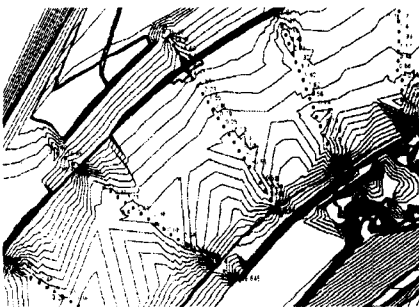


그림 3. TIN Hardline(하천, 제방)

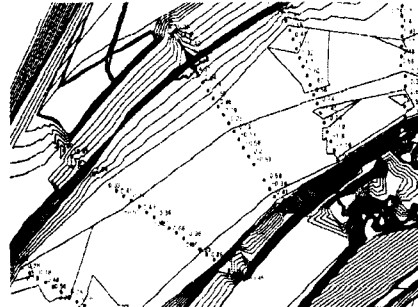


그림 4. TIN Hardline(직접 생성)

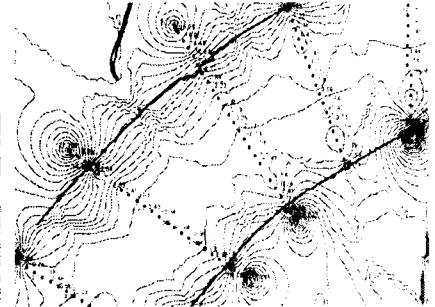


그림 5. IDW

4. 자료처리 및 분석

4.1 지형자료 구축절차

본 연구에서 홍수지도 지형자료구축을 위해 사용된 데이터는 표1과 같다. 1:1,000, 1:5,000 수치지형도에서 높이값을 가지고 있는 표고점과 등고선에서 추출된 점데이터를 이용하였으며, 하천지형자료 구축을 위해서 하천중횡단자료를 이용하였다.

표 1. 사용데이터

구분	수치지형도 1:1,000	수치지형도 1:5,000	하천중형단자료
제작년도	2002	1995	2002
제작방법	1998년 제작된 수치지형도 수정도화	기존 국가기본도 스캐닝후 벡터라이징	한강 하천정비 기본계획시 측량, 측점간 거리 300~500m
수직오차	±0.33m	±1.66m	-
비고	총 62도엽	총 8도엽	-

특히 Breakline처리를 위해서 수치지형도의 하천, 제방, 도로레이어를 추출하여 TIN보간시 Hardline으로 정의하였으며 이들 레이어에는 높이값이 들어있지 않기 때문에 1:5,000 수치지형도의 하천, 제방, 도로 주변 등고선을 Softline으로 정의하여 보간을 실시하였다. 또한 하천지형자료구축을 위해서 하천중형단자료를 이용하여 작업자가 직접 생성한 1m 간격의 등고선을 TIN보간시 Softline으로 정의하여 보간하였다. 아래 그림 6은 수치지형도와 하천중형단자료를 이용한 홍수지도 지형자료구축절차를 나타내고 있다.

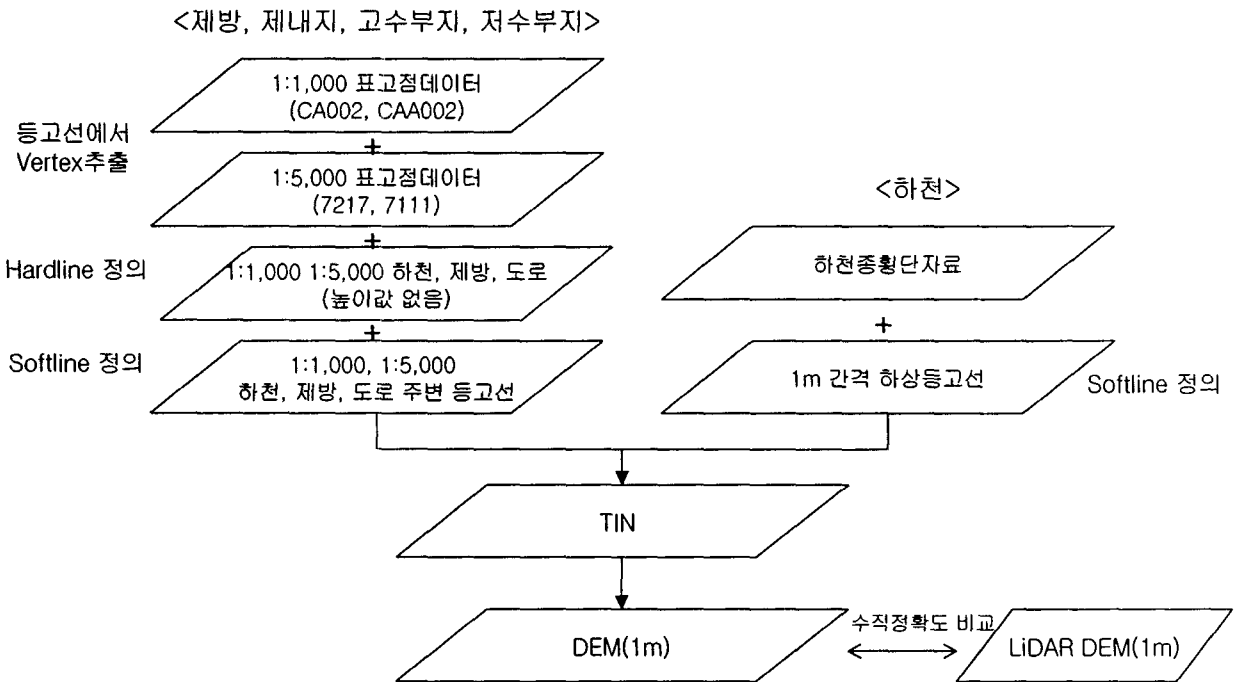


그림 6. 수치지형도를 이용한 홍수지도 지형자료 구축절차

4.2. LiDAR 지형자료와의 비교

이상과 같은 방법을 통해 제작된 지형자료를 기존에 LiDAR 데이터를 이용해 구축된 지형자료와 수직 위치정확도 비교분석을 실시하였다. 일반적으로 지형자료의 정확도는 검수점과 지형자료간의 RMSE(Root Mean Square Error)를 산출하여 평가하고 있으며, 검수점의 출처에 따라 내부평가와 외부 평가방법으로 나뉜다. 본 연구에서는 홍수지도 지형자료구축시 가장 중요한 Breakline인 하천중형단자료의 제방부분 점데이터를 검수점으로 이용하여 하천중형단자료를 포함하지 않고 하천을 제외한 지역에 대해 구축한 수치지형도 DEM의 수직위치정확도를 LiDAR DEM과 비교평가하였다(표 2). 표2에서 보듯이 수치지형도 DEM의 경우 RMSE가 3.49m이며, LiDAR DEM의 경우 2.282m로 나타났다.

본 연구의 대상지역에서 하천 및 제방지역에 1:1,000 수치지형도가 거의 구축되어 있지 않았기 때문에 1:5,000 수치지형도의 표고데이터를 이용해서 DEM을 구축하였다. 또한 1:5,000 수치지형도가 제작시에 이미 $\pm 1.66\text{m}$ 라는 오차를 내재하고 있다고 가정하고, 대상지역의 1:5,000 수치지형도가 1995년 당시 종이 지도를 스캐닝한 후 벡터라이징을 통해 제작된 점을 감안한다면, LiDAR DEM의 수직위치정확도가 투자되는 비용과 시간에 비해 수치지형도를 이용하는 방법에 비해 월등히 좋지는 않음을 알 수 있다.

표 2. 수치지형도와 LiDAR를 이용한 DEM의 수직위치정확도 비교

검사점(하천중형단자료 제방부분)			수치지형도 DEM		LiDAR DEM	
E(m)	N(m)	H(m)	H(m)	잔차	H(m)	잔차
210561.648977	451643.152896	21.11	23.84	2.7352	22.71	1.5984
211040.254191	452131.803551	20.72	18.76	-1.9655	20.54	-0.1838
211478.101542	452391.357524	21.32	19.74	-1.5766	15.65	-5.6731
212131.704403	452678.489978	21.31	20.26	-1.0542	20.75	-0.5625
212483.696750	452656.210871	21.68	17.85	-3.8346	16.00	-5.6817
213126.284921	452721.842755	21.80	14.77	-7.0275	21.85	0.055
213419.844484	452795.280407	22.28	16.40	-5.8802	17.96	-4.3193
213869.467121	453087.153389	22.40	17.22	-5.1726	22.53	0.1307
210599.062485	451620.027223	16.85	15.76	-1.086	14.54	-2.3058
211054.533146	452111.575030	15.25	19.81	4.5618	18.06	2.8123
211499.422754	452345.517200	14.49	17.19	2.6979	15.04	0.5485
212131.748285	452654.166737	14.64	19.39	4.7504	15.20	0.5609
212491.598024	452627.215944	14.97	16.97	1.9956	15.71	0.7437
213130.352648	452708.055856	17.87	13.95	-3.9183	16.82	-1.0544
210632.646265	451598.079929	14.49	14.75	0.2611	14.50	0.0054
211079.181344	452079.447380	14.95	18.27	3.3162	14.87	-0.0835
211515.911525	452307.884004	14.34	14.92	0.5777	14.96	0.6207
212130.570150	452614.339645	14.57	17.33	2.7572	15.39	0.8175
212499.517828	452588.104217	14.97	15.66	0.6868	15.38	0.4085
213139.622574	452669.376120	15.58	12.02	-3.5602	16.76	1.1783
RMSE(m)			3.490572		2.282205	

5. 결론

본 연구에서는 수치지형도를 이용하여 효율적인 홍수지도 지형자료 구축을 위해서 Breakline처리기법과 하천중형단자료 연계방안을 중심으로 DEM을 시범 제작하였으며, 이를 LiDAR DEM과 수직위치정확도를 비교분석하였다. 홍수지도 지형자료구축을 위해서 수치지형도의 하천, 도로, 제방레이어를 추출하였으며, 대상지역 수치지형도의 도화원도가 부재하기 때문에 높이값을 가지고 있는 하천, 제방, 도로레이어를 Hardline으로 정의하여 TIN보간하는데 어려움이 있었다. 따라서 이를 보완하고자 이들 레이어나 주변의 등고선을 Softline으로 정의하여 TIN보간을 실시하였다. 아울러 선형의 하천지형을 실제와 같이 나타내기 위해서 하천상에 1m 간격의 등고선을 생성한 후 이를 Softline으로 정의하여 TIN보간을 실시하였다.

제방부분의 하천중형단자료를 검수점으로 이용하여 수치지형도 DEM과 LiDAR DEM의 수직위치정확도를 비교한 결과 LiDAR DEM이 수치지형도 DEM보다 RMSE가 낮게 나왔지만, 1:5,000 수치지형도에 내재된 오차를 감안한다면 LiDAR DEM의 수직정확도가 수치지형도 DEM에 비해 월등히 높지 않는다는 결과를 얻게 되었다. 그러나 본 연구에서는 LiDAR 자료획득 및 좌표변환 과정에서 발생할 수 있는 오차에 대해서 고려하지 않았다는 한계를 지니고 있음을 밝혀두고자 한다.

본 연구의 대상지역인 구리시의 경우 제방 및 하천지역에 1:1,000 수치지형도가 구축되어있지 않고

1:5,000 수치지형도의 경우에는 기존 종이지도를 스캐닝한 후 벡터라이징을 통해서 제작되었기 때문에 자료의 신뢰성에 적지 않은 문제점이 있는 실정이다. 무엇보다도 도화원도파일이 존재하지 않기 때문에 Hardline으로 정의하여 TIN보간을 적용시킬 때 문제가 있으며, 비교적 적은 표고점데이터를 가진 수치지형도를 이용하여 Breakline을 효과적으로 표현하는데 문제가 있는 실정이다. 따라서 향후 수치지형도를 이용하여 홍수지도 지형자료를 효율적으로 구축하기 위해서는 1:5,000 수치지형도의 빠르고 지속적인 갱신과 더불어 1:1,000 수치지형도 구축의 범위를 도시지역에서 그 주변의 하천과 제방까지 확대해야 할 필요성이 있을 것이라 사료된다. 또한 본 연구에서 실시한 수직위치정확도비교와 더불어 홍수범람모델에 대한 적합성과 시간과 비용의 경제성의 측면에서도 홍수지도 지형자료 구축의 효율성이 평가되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 건설교통부(2001), 한국지형에 적합한 수치표고모형 구축방안 연구
 국토지리정보원(2002), 수치표고모델(DEM)구축 시범연구사업
 국토지리정보원(2002), 수치표고자료구축에 관한작업규정
 이근상, 고덕구, 채효석, 신영호(2003), 항공레이저 측량자료의 해상도에 따른 DEM 오차 비교평가 연구, 한국지리정보학회지, 6권 3호, pp33-42
 최윤수, 한상득, 위광재(2002), 도화원도를 이용한 LiDAR DEM의 정확도 평가, 한국측량학회지, 제20권 제2호, pp127-136
 한국수자원공사(2002), 한강지역 홍수지도 제작
 David F. Maune(2001), *Digital Elevation Model Technologies and Applications : The DEM User Manual*, ASPRS, pp414-416
 National Digital Elevation Program(2003), *Guidelines for Digital Elevation Data Draft Version 0.3*