韓國地形空間情報學會誌 第16卷 第3號 2008年 9月 pp. 105-110

연구논문

Bilinear 보간법에 의한 임의 하천단면 생성에 관한 연구

Generating Random Cross-Section of River Channel using Bilinear Interpolation Method

최내인* · 조기성**

Choi, Nei In · Cho, Gi Sung

要 旨

하천의 수리/수문 모델링에 활용하는 하천 지형자료는 하천정비기본계획을 위한 횡단측량을 통하여 취득된 하천단면 자료를 활용하고 있으나 취득되는 단면간의 거리가 다소 커 모델링 과정 중 보다 조밀한 간격의 단면형상을 필요로 하는 경우에도 단면자료를 취득할 수 없을 뿐만 아니라 관측점간의 직선거리를 고려하는 보간기법들의 특성에 의하여 현실적인 하천의 형상을 반영하지 못하는 문제점이 있다. 본 연구에서는 대표적인 수체부 하천 지형자료라 할 수 있는 하천정비기본계획상의 하천단면자료를 이용하여 하천의 형상을 효율적으로 추정하고자 하였으며 관측된 하천단면자료들 사이의 임의 단면을 생성하는 알고리즘을 제시함으로써 GIS 자료를 이용한 수리/수문 모델링에서 쉽게 활용이 가능하도록 하였다.

핵심용어 : 하천횡단면, Bilinear 보간법, 모델링, 하천형상

Abstract

The cross-section data are generally used for hydraulic and hydrologic modeling. However, when the detailed data of river channel are required, it is not available to use because of too wide distance of the offset between cross-sections. Also, the actual form of river channel cannot be reflected with the general interpolation methods which is considering straight line between acquired points. The aim of this paper is to present an algorithm which is to interpolate point using bilinear method and to estimate random cross-section between two surveyed cross-section data. And it is supposed that the proposed algorithm can be able to offer available data for hydraulic and hydrologic modeling.

Keywords : Cross section, Bilinear interpolation, Hydrologic modelling, River channel

1. 서 론

오늘날 GIS(Geo-Spatial Information System)는 공간자료의 효과적 관리 및 분석이 가능한 유용한 도구로 널리 활용되고 있으며, 특히 수자원 분야에서 수치표고모형(Digital Elevation Model, DEM)은 각종 지형분석 알고리즘 개발 및 이를 처리하는 컴퓨터 기술의 발달로 인하여 그 활용분야가 꾸준히 증가하고 있다. GIS의 수문학 응용은 1990년도부터 찾아볼 수 있으나 2000년 이후에 더욱 활발하게 연구되어 최근에는 침수피해현상과 같은 3차원적 실시간 해석 등의 다양한 시도들이 계속되고 있으며 공간자료 분석도구로 비중 있는 역할을 수행하여 수자원 분야에서 새로운 가능성으로 제시되고 있다(정인주 외, 2003; 이근상 외, 2002; 장훈, 2003).

수문해석을 수행함에 있어 대상지역을 실제지형에 가깝게 표현하는 것은 매우 중요하다. 이와 관련하여 불규칙삼각망 및 DEM 등을 지형 표현, 경사 및 향분석, 물의 흐름방향 결정, 상부기여면적 계산, 유역 및 하천 그리고 최장수로 추출과 같은 다양한 공간분석에 활용하고 있다(정인주 외, 2004; 박운용 외, 2001).

일반적으로 DEM 등과 같은 연속면의 특성을 갖는 공간자료의 분포를 표현하기 위해서는 한정된 지점에서 관측된 점관측 자료를 이용하여 다양한 형태의 보간 기법을 적용한다. 그러나, 항공사진, LiDAR 시스템, 위성사진

2008년 8월 20일 접수, 2008년 9월 18일 채택

* 교신저자 · 전북대학교 대학원 토목공학과 박사과정 (chnaein@hanmail.net)

** 정회원 · 전북대학교 토목공학과 교수, 공업기술연구센터 연구원 (gscho@chonbuk.ac.kr)

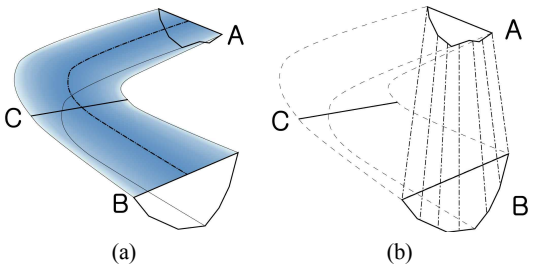


그림 1. 곡선형 하천의 단면간 보간

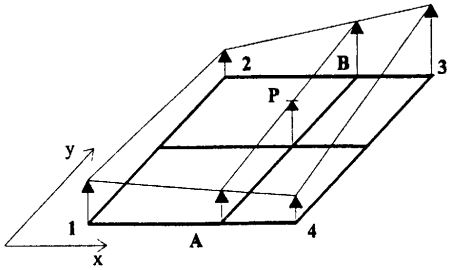


그림 2. bilinear 보간법

과 같은 다양한 방법을 통하여 대규모의 정확한 점관측 자료의 효율적 취득 및 활용이 가능한 육상부에 비하여 홍수 및 이수와 치수 같은 생활에 밀접한 관련이 있는 하천의 수리/수문 해석을 위한 각종 모델에 직접 활용되는 하천지형, 특히 수체부의 하천지형에 대한 자료취득은 최근 ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler), MBES (Multi Beam Echosounder) 또는 SHOALS (Scanning Hydrographic Operational Airborne LiDAR Survey)와 같은 수심관측 장비들이 개발되어 사용되고 있기는 하지만 다양한 제약조건들에 의하여 활용이 용이하지 않은 실정이다(한국수자원공사, 2007).

특히, 대부분의 경우 하천의 수리/수문 모델링에 활용하는 하천의 수체부 지형자료는 국내 하천치수사업 중 가장 기본이 된다고 할 수 있는 하천정비기본계획을 위한 하천 횡단측량을 통하여 취득된 하천단면 자료를 활용하고 있으나 취득되는 단면간의 거리가 다소 커 모델링 과정 중 보다 조밀한 간격의 단면형상을 필요로 하는 경우에도 단면자료를 취득할 수 없다. 또한 그림 1(a)와 같은 하천의 만곡부 등에서 A단면의 관측값과 B단면의 관측값을 이용하여 C단면의 형상을 보간하는 경우 그림 1(b)와 같이 관측점간의 직선거리를 고려하는 보간기법들의 특성에 의하여 현실적인 하천의 형상을 반영하지 못하는 문제점이 있다(Merwade, 2004).

본 연구에서는 대표적인 수체부 하천 지형자료라 할 수 있는 하천정비기본계획상의 하천단면자료를 이용하여 하천의 형상을 효율적으로 추정하고자 하였으며 관측된 하천단면자료들 사이의 임의 단면을 생성하는 알고리즘을 제시함으로써 GIS를 접목하여 빈번하게 활용되고 있는 수리/수문 모델링에서 용이한 활용이 가능하도록 하였다. 점관측 자료인 하천단면자료를 연속적인 형태로 표현하기 위한 다양한 형태의 보간기법 중 본 연구에서는 bilinear보간기법을 이용하였다.

2. 하천단면보간 알고리즘

2.1 보간법

연속면의 특성을 가진 자료의 분포를 도면화하기 위해서는 몇몇의 한정된 지점에서 측정된 점관측 자료에 의한 보간기법을 통하여 전체지역의 분포를 추정하게 된다. 그러나, 다양한 공간보간기법 중 최적의 방법은 현재 많은 비교연구에서도 명확하게 제시되지 않았으며 단지 표본밀도와 분포를 고려하여 현상내의 잠재적인 공간변수의 성질을 포함하는 인자의 수에 영향을 받는 것으로 알려져 있으나 최소의 인자수를 결정하는 문제 역시 아직까지는 간단히 정의내릴 수 없는 부분으로 남아있다(성동권 외, 1999)

보간기법 중에는 bilinear, cubic convolution, IDW(Inverse distance weighting), spline 및 kriging 보간법 등이 있으며, 그중 본 연구에서는 미지점에 대한 새로운 값은 그것을 둘러싸고 있는 4개의 기지점들로부터 그림 2에서와 같이 점 A와 B의 미지값을 계산하기 위하여 x방향을 따라서 2개의 선형보간이 이루어진 후 점 P의 미지값을 계산하기 위하여 y방향을 따라서 1개의 선형보간이 실행하거나, 같은 방법으로 y방향에 대해 먼저 보간을 실행하고 나서 x방향에 대해서 보간을 수행하여 계산되어지는 Bilinear 보간기법을 사용하였다(Singh, 1996).

2.2 알고리즘 개요

그림 3 및 그림 4는 두 단면간의 하천횡단자료로 부터 bilinear보간기법을 통하여 두 단면 사이의 임의의 거리에 존재하는 새로운 단면을 구하는 과정 및 방법을 나타내고 있다.

그림 4의 A, B 단면사이에 A단면으로 부터 L_C의 거리만큼 떨어진 임의의 C 단면을 생성하기 위하여 A 단면과 B 단면간에 서로 대응되는 점의 표고값을 결정하였다. 그러나 A, B 단면의 폭이 서로 상이하고 A 단면의 관측점의 위치와 B단면의 관측점의 위치가 다르기 때문에 본 연구에서는 전체 단면 폭에 대한 비를 이용하여 각 단면의 대응되는 점을 결정하고 이 대응점에 대한 표고값을 파악하였다.

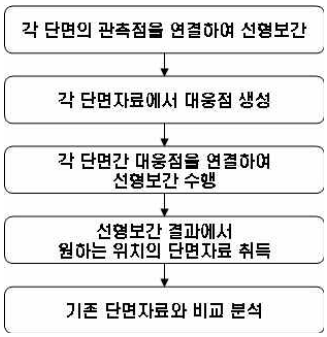


그림 3. 알고리즘 흐름도

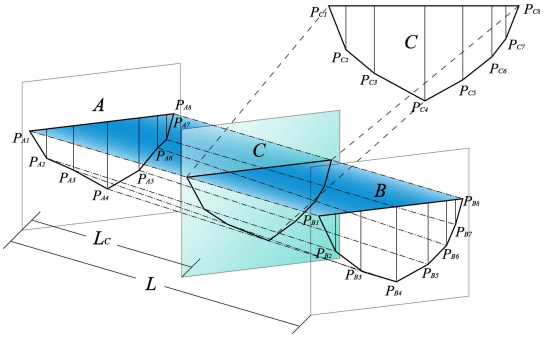


그림 4. 하천에서 두개의 단면자료를 이용한 보간

예를 들어 A, B 단면의 폭을 각각 W_A, W_B로 가정하였을 때, A 단면상의 한 점 P_{A2}가 A 단면의 한쪽 끝점인 P_{A1}으로부터 W_l만큼 떨어진 위치에 있다면 B 단면에서의 대응점 P_{B2}의 위치는 식 (1)에 의하여 s 만큼 떨어져 있다고 결정하였으며, 그림 5는 대응점 결정과정을 나타내고 있다.

$$s = \frac{W_B}{W_A} W_l \tag{1}$$

이와 같은 과정을 통하여 그림 4의 점 P_{A1}을 중심으로 특정 거리에 존재하는 점 $P_{A2} \sim P_{A8}$에 대하여 각각 대응되는 $P_{B1} \sim P_{B8}$을 파악하고 각 대응점의 표고값을 이용하여 선형보간함으로써 C 단면의 각 점 $P_{C1} \sim P_{C8}$의 표고값을 구하여 단면을 파악하게 된다.

그러나 각 단면의 실측점 위치는 단면에 따라 모두 다르기 때문에 임의 단면의 실측점들에 대응되는 다음단면의 대응점을 파악할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 그림 6에서와 같이 단면의 실측점들을 연결하여 선형보간하는 과정을 선행하고 A 단면에서의 하천 폭을 W라 할 때 하천 단면 폭을 n등분 하여 각각 나누어진 구간 거리가 W/n이 되도록 하고 해당위치의 표고를 추정하였으며 이렇게 나누어진 점들을 대응점으로 결정하였다.

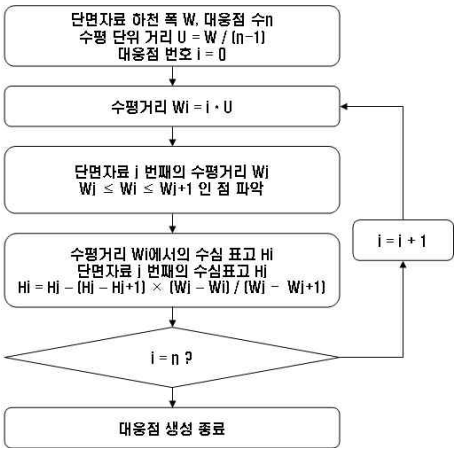


그림 5. 대응점 결정과정

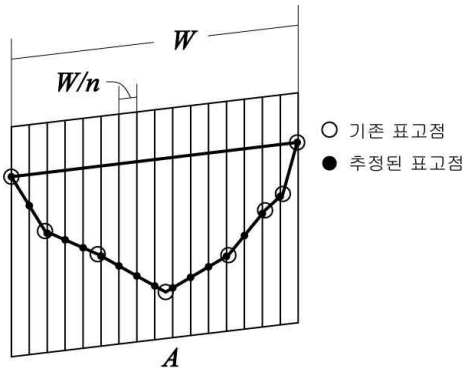


그림 6. 하천 단면의 대응점 생성

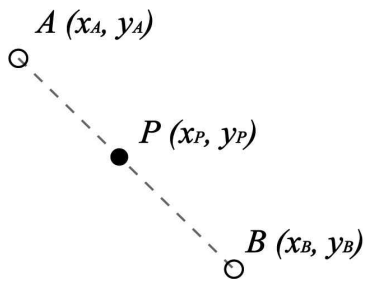


그림 7. A, B 점 사이에 존재하는 P점

그림 7은 관측된 단면상의 두 점을 연결하는 직선상의 한점의 위치를 결정하는 방법으로써 두개의 관측점을 연결한 선상의 한 점 P의 y 좌표 P_y 즉 P점에서의 수심은 식 (2)를 이용하여 결정하였다.

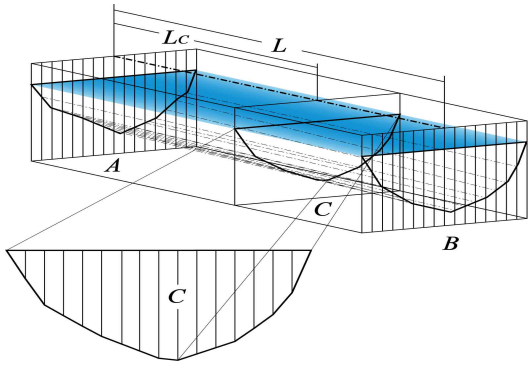


그림 8. 각 단면의 대응점을 연결한 선형 보간

$$y_P = y_B + \frac{x_A - x_P}{x_A - x_B}(y_A - y_B) \tag{2}$$

또한, 하천 단면 자료에 식 (2)로 부터 하천 폭 W에 대한 W/n 마다 존재하는 표고값들이 파악되면 그림 8과 같이 두 단면간에 서로 대응되는 점들을 연결하여 선형보간을 수행하고 A 단면으로부터 L_c의 거리만큼 떨어진 위치에 존재하는 점들을 결정함으로써 C 단면을 생성하게 된다.

3. 알고리즘 적용 및 고찰

3.1 알고리즘 구현

본 연구에서는 Microsoft 사의 Visual Studio 6.0을 이용하여 그림 9와 같이 알고리즘을 구현하였으며, 보간에 사용되는 두개의 단면 사이에 생성될 새로운 단면의 갯수는 사용자가 직접 입력할 수 있도록 하고 모든 단면형상을 즉시 확인할 수 있도록 하였다. 또한, 입력자료의 형식은 그림 10과 같은 하천정비기본계획보고서에서 제공하는 HEC-2 모델 입력자료의 단면자료를 직접 사용하도록 구현하였다.

3.2 단면자료 취득 및 알고리즘 적용결과

본 연구에서 사용한 횡단면자료는 중랑천하천정비기본계획(서울특별시, 2000)로부터 중랑천 일부 구간의 연속한 총 5개 단면을 취득하여 첫 번째 단면과 마지막 단면으로부터 중간 단면들을 생성하고 3개의 중간 단면을 이용하여 추정된 단면의 정확도를 분석하였으며, 그림 11은 각 대상지역에 대하여 취득된 횡단면자료현황 및 알고리즘 적용결과를 나타내고 있다.

전반적으로 그림 11ⓒ, 그림 11ⓓ, 그림 11ⓔ의 실측단면과 그림 11ⓕ, 그림 11ⓖ, 그림 11ⓗ의 알고리즘을

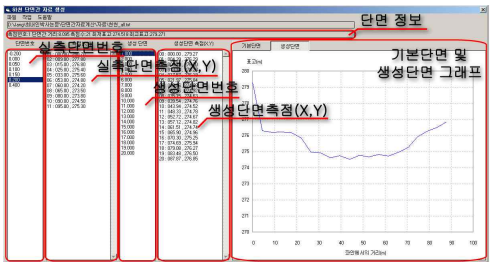


그림 9. 알고리즘 구현

그림 10. 입력자료 형식

통하여 추정된 단면이 매우 유사한 패턴을 나타내고 있음을 알 수 있다. 그러나, 알고리즘 적용결과의 하천폭과 실측단면의 하천 폭보이 다소 다른 결과를 나타내고 있으며 이러한 문제는 제시된 알고리즘은 이 두 단면을 기준으로 두 단면사이의 임의 단면을 선형보간하여 생성하기 때문에 두 단면사이의 하천폭 등의 변화를 정확하게 반영하지 못하기 때문으로 파악된다. 따라서 실폭하천경계선과 같은 추가적인 GIS 자료를 이용한다면 이와 같은 오차의 보정은 가능할 것으로 판단된다.

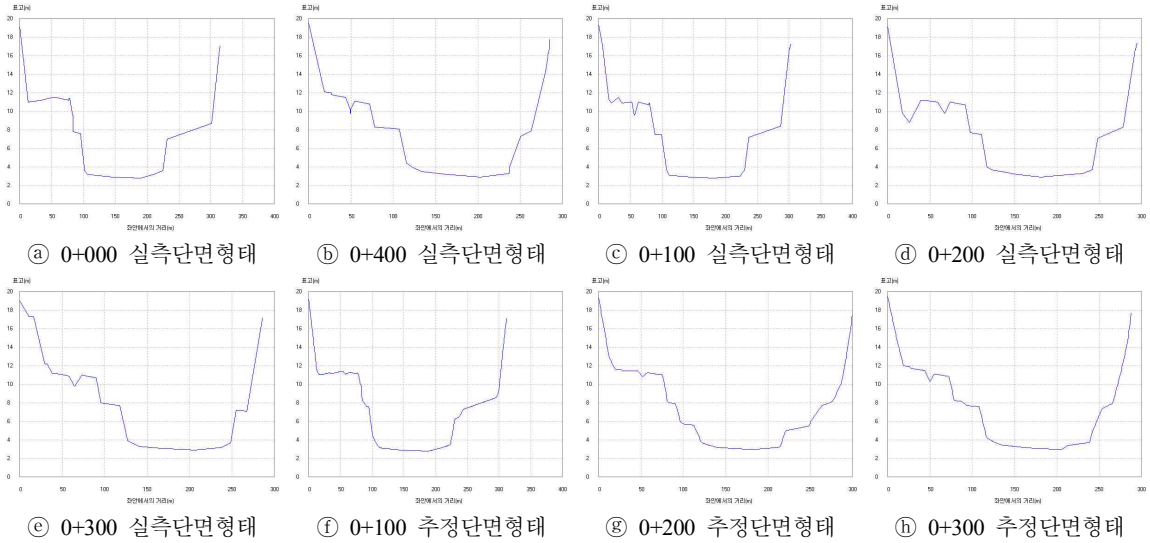
또한, 표 1 및 그림 12, 그림 13, 그림 14는 추정된 단면에 대한 정확도 비교를 위하여 생성된 단면과 실측단면에서의 수위별 단면적을 비교한 결과이다.

하천의 형상이 단면적에 큰 영향을 미치게 되는 낮은 수위에서의 오차가 다소 크게 추정되었으나, 수위가 높아질수록 면적에 대한 오차가 줄어들어 단면취득시기와 동일한 2000년 중랑천 최고수위 11.8m(건설교통부, 2000)에서는 약 ±1%의 면적오차를 나타내고 있어 하천의 홍수모델링에 있어 매우 유용하게 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구는 대표적인 수체부 하천 지형자료라 할 수 있는 하천정비기본계획상의 하천단면자료를 이용하여 하천의 형상을 효율적으로 추정하고자 하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, bilinear 보간기법을 기반으로 관측된 하천단면자료들만을 이용하여 단면사이의 임의 점에 대한 표고값을 추정하는 하천지형 보간기법을 제시하였다.



ⓐ 0+000 실측단면형태 ⓑ 0+400 실측단면형태 ⓒ 0+100 실측단면형태 ⓓ 0+200 실측단면형태

ⓔ 0+300 실측단면형태 ⓕ 0+100 추정단면형태 ⓖ 0+200 추정단면형태 ⓗ 0+300 추정단면형태

그림 11. 횡단면자료 현황 및 알고리즘 적용결과

표 1. 원단면과 추정단면의 수위별 면적 비교 결과

수위 (m)	0+100				0+200				0+300			
	누가 면적(m^2)		면적비교		누가 면적(m^2)		면적비교		누가 면적(m^2)		면적비교	
	원본 단면	추정 단면	오차 (m^2)	오차 비율	원본 단면	추정 단면	오차 (m^2)	오차 비율	원본 단면	추정 단면	오차 (m^2)	오차 비율
1	207.5	189.2	18.3	8.8%	178.3	152.8	25.5	14.3%	181.9	166.8	15.2	8.3%
2	458.4	428.1	30.3	6.6%	431.4	384.5	46.9	10.9%	429.5	404.3	25.2	5.9%
3	716.9	688.2	28.7	4.0%	692.5	638.4	54.1	7.8%	685.6	661.3	24.3	3.6%
4	983.4	968.2	15.2	1.5%	961.3	936.4	24.9	2.6%	950.3	935.0	15.4	1.6%
5	1278.4	1274.2	4.1	0.3%	1264.0	1277.3	-13.3	-1.1%	1246.0	1233.3	12.7	1.0%
6	1663.1	1664.4	-1.3	-0.1%	1625.7	1670.8	-45.1	-2.8%	1594.8	1576.6	18.2	1.1%
7	2071.0	2087.1	-16.1	-0.8%	2016.1	2079.4	-63.3	-3.1%	1952.3	1943.8	8.5	0.4%
8	2497.5	2520.7	-23.2	-0.9%	2453.7	2501.5	-47.9	-2.0%	2335.9	2348.4	-12.5	-0.5%
9	3025.4	3048.9	-23.5	-0.8%	2985.6	3004.4	-18.8	-0.6%	2806.0	2815.5	-9.5	-0.3%
10	3582.8	3623.5	-40.7	-1.1%	3531.0	3557.5	-26.5	-0.8%	3300.4	3312.4	-12.0	-0.4%
11	4147.4	4204.8	-57.4	-1.4%	4083.6	4121.4	-37.8	-0.9%	3805.3	3822.8	-17.5	-0.5%
12	4718.5	4792.5	-74.0	-1.6%	4643.3	4692.6	-49.3	-1.1%	4318.9	4346.1	-27.2	-0.6%
13	5296.5	5386.8	-90.3	-1.7%	5210.0	5270.5	-60.5	-1.2%	4841.1	4880.1	-39.0	-0.8%
14	5881.4	5987.9	-106.6	-1.8%	5784.2	5855.6	-71.4	-1.2%	5372.1	5426.8	-54.7	-1.0%

둘째, 관측된 하천횡단면들 사이의 임의 단면을 생성하는 알고리즘을 제시함으로써 GIS를 접목하여 빈번하게 활용되고 있는 수리/수문 모델링에서 용이한 활용이 가능하도록 하였다.

셋째, 알고리즘을 적용하여 추정된 하천단면과 실측단면의 단면적이 매우 유사한 패턴을 나타냈다. 또한 낮은 수심에서 추정된 단면과 실측단면의 수위별 단면적 오차가 크게 나타났으나 대상하천의 단면자료 취득시기와 동

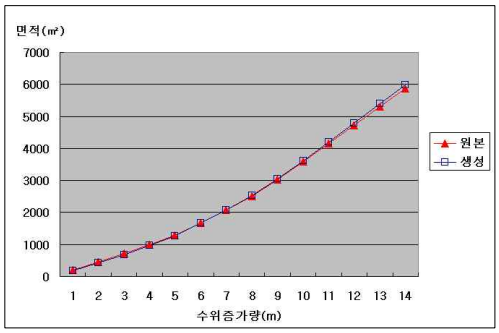


그림 12. 0+100 지점 수위별 단면적

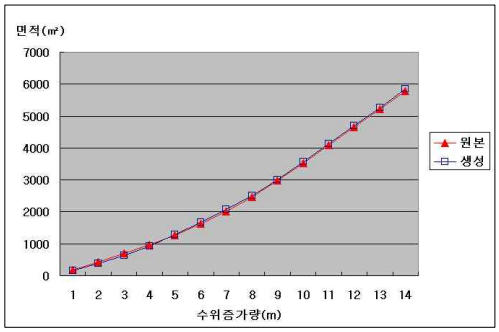


그림 13. 0+200 지점 수위별 단면적

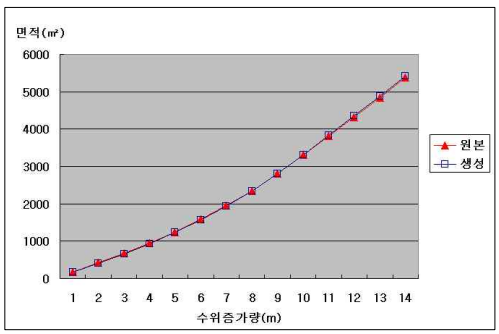


그림 14. 0+300 지점 수위별 단면적

일한 시기의 최고수위에서는 약 1% 면적오차를 보이고 있어 하천의 홍수모델링 등에 유용하게 활용될 것으로 판단된다.

마지막으로, 제시된 알고리즘은 실측단면 사이에서 하천 폭 등의 급격한 변화를 반영하지 못하는 문제점이 발견되었으나 이러한 문제는 추후 실폭하천 경계선과 같은 추가적이 하천자료를 이용한다면 해결이 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 성동권, 김태승, 정일록, 김태근, 조기성, 1999, "GSIS환경에서 Kriging보간법을 이용한 이동오염원 배출량산정에 관한 연구", *한국측량학회지*, 제17권, 3호, pp. 273-282.
2. 박운용, 김천영, 이현우, 2001, DTM 보간기법별 토공량 산정과 지형분석에 관한 연구, 한국지형공간정보학회, 제 9권, 1호, pp. 39-47.
3. 이근상, 전형섭, 임승현, 조기성, 2002, "GIS기반에서 Voronoi Diagram을 이용한 하천인식 DEM 생성에 관한 연구", 한국GIS 학회지, 제 10권, 3호, pp. 439-453.
4. 장훈, 2003, Landsat 영상과 Pycnophylactic 보간 알고리즘에 의한 도시성장 분석 - 서울-경기 도시지역을 중심으로, 한국지형공간정보학회, 제 11권, 2호, pp. 17-28.
5. 정인주, 박상주, 김삼용, 2003, "GIS 기반의 홍수 피해 감소를 위한 하천관리 시스템 개발", *한국지형공간정보학회논문집*, 제 11권, 3호, pp. 35-40.
6. 정인주, 김상용, 2004, "3차원 Virtual GIS를 이용한 도시하천 관리시스템 구축", *대한토목학회논문집*, 제 24권, 4B호, pp. 363-371.
7. 서울특별시, 2000, *중랑천하천정비기본계획*, 한강홍수통제소, http://www.wamis.go.kr
8. 한국수자원공사, 2007, *하천지형자료 탐측기술 적용 방안 연구*, 한국수자원공사. pp. 243-254.
9. 건설교통부, 2000, *한국수문조사연보(수위편)*, 건설교통부. p. 48.
10. Singh, V., Kluwer, 1996, "Geographical Information Systems in Hydrology", Kluwer Academic Publishers, pp.175-194.
11. Venkatesh Merwade, Aaron Cook, Julie Coonrod, 2008, "GIS techniques for creating river terrain models for hydrodynamic modeling and flood inundation mapping", *Environmental Modelling & Software*, 23:1300-1311.
12. Venkatesh M. Merwade, David R. Maidment, John A. Goff, 2006, "Anisotropic considerations while interpolating river channel bathymetry", *Journal of Hydrology*, 331:731-741.