



uDig Processing Toolbox v1.0

USER MANUAL



uDig Processing Toolbox v1.0 User Manual

이 책은 국토교통부 국토공간정보연구사업의 연구비지원(과제번호 14NSIP-B080144-01)을 받아 제작되었음을 알립니다.

2016년 8월 9일 전자책(PDF) 발행

지은이: 이민파

감수: 양계용

표지 디자인: 박재현

편집: 김지현

펴낸이: (주)망고시스템

펴낸곳: 가이아쓰리디(주)

주소: 대전광역시 유성구 관평동 1359 한신에스메카 230호

전화: 042-330-0400

팩스: 042-330-0410

출판등록: 제 2012-000016 호

ISBN: 978-89-969532-7-2(PDF)

이 책은 비매품입니다.

Copyright Notice

Copyright © 2015-2016 MangoSystem Inc. All Rights Reserved.

Address: 2307-ho, Pyengchon O'bizztower, 126, Beolmal-ro, Dongan-gu, Anyang-si, Gyeonggi-do, 431-060 South Korea

Tel: 82-31-450-3411 Fax: 82-31-450-3414

E-mail: master.mangosystem@gmail.com

Homepage: <http://www.mangosystem.com>

Online Documentation: <http://gxt.mangosystem.com>

Restricted Rights Legend

이 소프트웨어(MangoSystem uDig Processing Toolbox®) 사용설명서의 내용과 프로그램은 저작권법, 컴퓨터 프로그램 보호법 및 국제 조약에 의해서 보호받고 있습니다. 사용설명서의 내용과 여기에 설명된 프로그램은 MangoSystem Inc. 와 사용권 계약 하에서만 사용이 가능하며, 사용권 계약을 준수하는 경우에만 사용 또는 복제할 수 있습니다.

이 사용설명서의 전부 또는 일부분을 MangoSystem의 사전 서면 동의 없이 전자, 기계, 녹음 등의 수단을 사용하여 전송, 복제, 배포, 2차적 저작물작성 등의 행위를 하여서는 안됩니다.

Trademarks

MangoSystem uDig Processing Toolbox ®은 MangoSystem Inc. 의 등록 상표입니다. 기타 모든 제품들과 회사 이름은 각각 해당 소유주의 상표로서 참조용으로만 사용됩니다.

Open Source Software Notice

본 제품은 "GeoTools", "uDig"에 의해 개발 또는 라이선스 된 오픈 소스 소프트웨어를 포함합니다. 관련 상세 정보는 아래에 기재된 사항을 참고해 주십시오.

- GeoTools: <http://www.geotools.org>
- uDig: <http://udig.refractions.net>

안내서 정보

안내서 제목: uDig Processing Toolbox 사용자 안내서

발행일: 2015-12-31

소프트웨어 버전: uDig 2.0-GeoTools 14.1

안내서 버전: 2.0



목 차

1	Introduction	8
1.1	uDig Desktop	8
1.2	uDig Processing Toolbox Plug-in.....	9
	Features.....	9
	Preview 12	
2	Installation.....	13
2.1	uDig Installation.....	13
2.1.1.	Windows Installer	13
2.1.2.	Windows Archive	16
2.1.3.	Linux on the Desktop	17
2.2	Processing Toolbox Plug-in Installation.....	20
2.2.1.	On-Line Install.....	20
2.2.2.	On-Line Update.....	26
3	uDig Quick Start	28
3.1	Starting uDig	28
3.2	Setting uDig Environment	30
3.2.1.	Locale Support for Korean	30
3.2.2.	Character Set Support for Korean	31
3.2.3.	Custom CRS Definitions.....	32
3.3	Quick Start.....	33

3.3.1.	Sample Dataset.....	33
3.3.2.	Project & Map.....	34
3.3.3.	Local Shapefile Layer	35
3.3.4.	PostGIS Layer.....	50
3.3.5.	Raster Layer.....	53
3.3.6.	OGC WMS/WFS Layer	56
3.3.7.	Web Map Tiles Layer	61
3.3.8.	More Information	66
4	Processing Toolbox Plug-in.....	67
4.1	Intro	68
4.1.1.	Sample Dataset.....	68
4.1.2.	Processing Toolbox Quick Start	69
4.1.3.	Processing Environment	74
4.2	General Tools	75
4.2.1.	Common Tools	75
4.2.2.	Import Tools	77
4.2.3.	Export Tools	80
4.2.4.	Data Creation	86
4.2.5.	Calculation	94
4.2.6.	Graph	108
4.2.7.	Proximity Analysis.....	113

4.2.8.	Aggregation	123
4.2.9.	Extract	134
4.2.10.	Overlay Analysis	137
4.2.11.	Utilities.....	148
4.3	Spatial Statistics Tools.....	163
4.3.1.	Basic Tools	163
4.3.2.	Descriptive Statistics.....	165
4.3.3.	Pattern Analysis.....	169
4.3.4.	Global Spatial Autocorrelation.....	173
4.3.5.	Local Spatial Autocorrelation	183
4.3.6.	Spatial Distributions	193
4.4	Raster Tools	199
4.4.1.	Descriptive	199
4.4.2.	Extraction.....	201
4.4.3.	Density.....	207
4.4.4.	Interpolation	209
4.5	GeoTools Processes.....	216
5	분석기능 해설.....	217
5.1	Join Count Statistics.....	217
5.2	표준화 상이점수(SSD; Standardized Score of Dissimilarity).....	221
5.2.1.	배경	221

5.2.2. 표준화 상이점수의 정의와 특성.....	223
5.3. Lee's S and S_i 통계량	226
5.3.1. 개요	226
5.3.2. 통계량의 정의와 해석	227
6 Reference	247
6.1 How to Contribute	247
6.2 Reference	247

1 Introduction

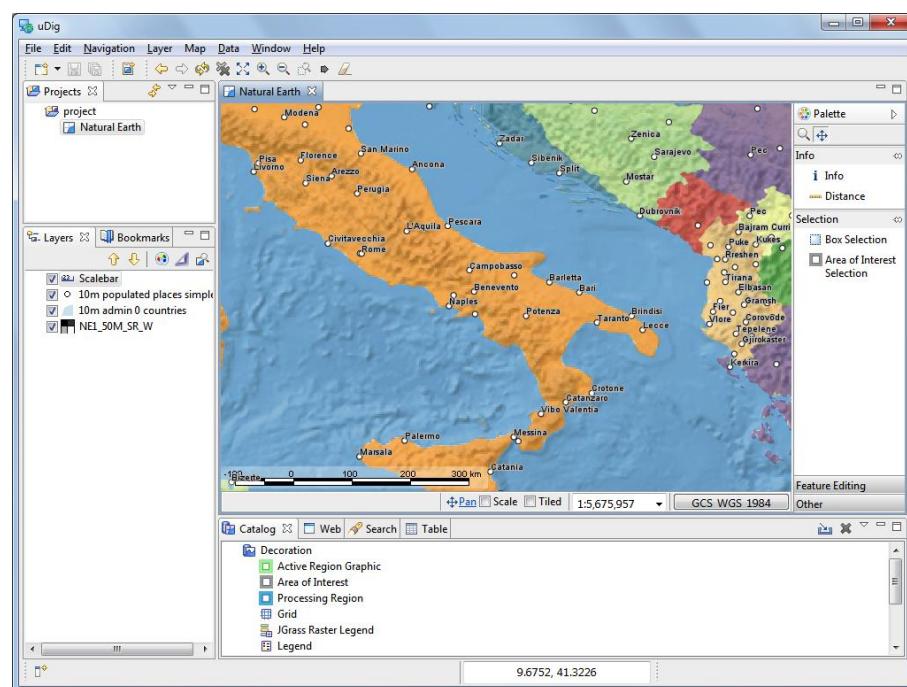
1.1 uDig Desktop

uDig 은 Java 로 만들어진 Eclipse Rich Client Platform ([RCP](#)) 기반의 Open Source([EPL](#), [BSD](#)) 데스크톱 GIS 프로그램입니다.

- Stand-alone 응용프로그램으로 사용
- RCP 플러그 인으로 확장
- 타 RCP 응용프로그램의 플러그 인으로도 사용

uDig 은 Desktop 환경에서 데이터 접근, 편집, 시각화를 위한 완전한 Java 솔루션을 제공합니다.

- User friendly: GIS 사용자에게 친숙한 그래픽 환경을 제공
- Desktop located: Windows, Mac OS/X, Linux 등의 플랫폼에서 Thick client로 운영
- Internet oriented: OGC standard (WMS, WFS, WCS, KML) 및 사실상 표준(GeoRSS, Tiles)의 지리공간 웹 서비스를 사용
- GIS ready: 복잡한 분석 기능을 가진 프레임워크 제공



1.2 uDig Processing Toolbox Plug-in

uDig Processing Toolbox 플러그인은 uDig Desktop 환경에서 공간분석을 수행할 수 있도록 하는 분석 플러그인입니다.

2014년 8월에 시작되어 2018년 12월까지 수행될 [국토공간정보연구사업] 중 [공간정보 SW 활용을 위한 오픈소스 가공기술 개발 - 오픈소스 기반 공간자료 분석기술 개발]의 결과로 배포됩니다.

소스코드는 다음의 GitHub 사이트에서 제공됩니다.

- https://github.com/mapplus/spatial_statistics_for_geotools_udig

Features

공간통계분석기법과 이를 지원하기 위한 도구, 위젯들로 구성되며, 공간통계분석기법 외 다양한 공간분석 처리 도구를 지원

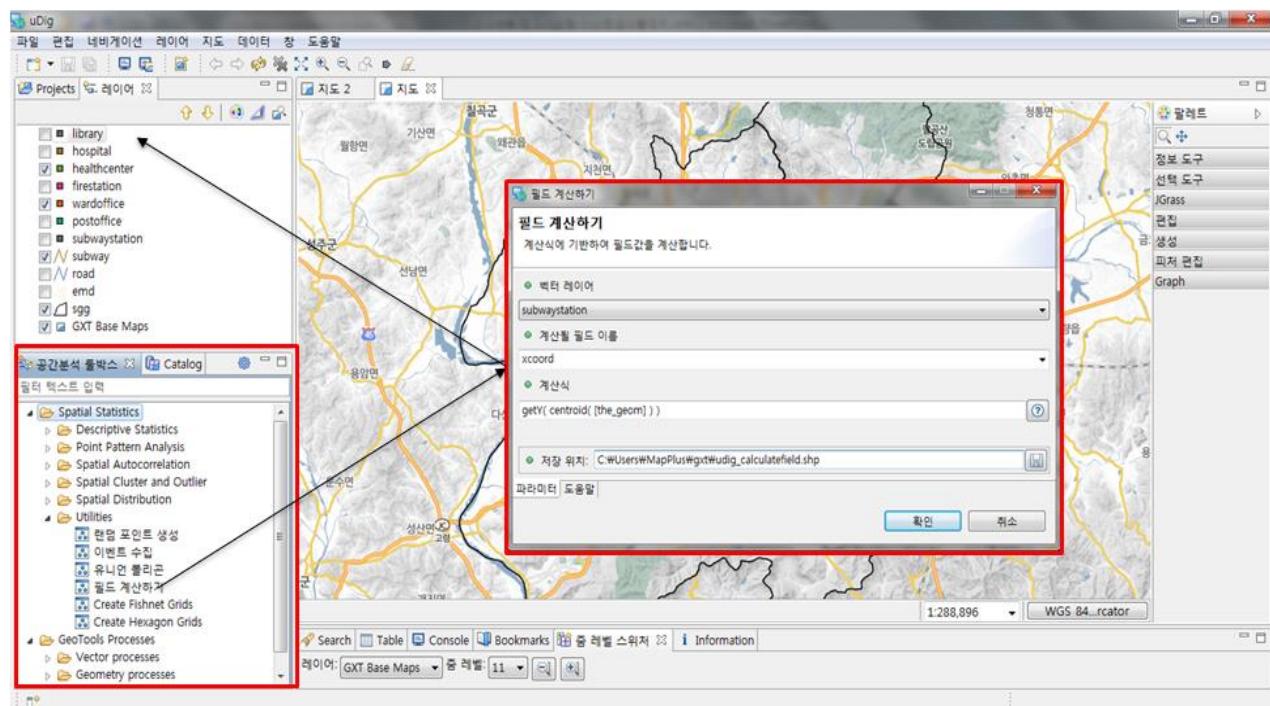
대분류	중분류	기능	
Descriptive Statistics	Descriptive	Basic Statistics	
		Pearson Correlation Coefficient	
		Standardized Score	
		Focal Location Quotients	
	Distributions	Mean Center	
		Median Center	
		Central Feature	
		Standard Distance	
		Standard Deviational Ellipse	
		Linear Directional Mean	
Spatial Pattern Analysis	Point Pattern Analysis	Global	(k) Nearest Neighbor Statistic
			Quadrat Analysis
		Local	K-Means Clustering
			K-Nearest Neighbor Map
	Global Spatial Autocorrelation	Univariate	Join Count Statistic
			Moran's I Statistic
			Geary's c Statistic

Graphic Visualization	Local Spatial Autocorrelation	Univariate	Getis-Ord's G Statistic
			Lee's S
			Local Moran's I Statistic
			Local G Statistic
			Local Geary's c Statistic
			Lee's Si
	Graph		Moran Scatter Plot
			Histogram
			Box Plot (Box and Whisker)
			Scatter Plot
			Bubble Chart
Vector Processing	Spatial Unit Creation	Area	Standard Graphic Tools
			Thematic Map
			Create Spatial Weight Matrix
			Create Fishnet Grids with Count
			Create Fishnet Grids with Size
		Point	Create Hexagonal Grids
			Create Triangular Grids
			Create Circular Grids
			Random Points
			Random Points per Features
	Calculation		Count Features
			Sum Polygon Areas
			Extract Values to Points
			Calculate Area or Perimeter
			Calculate Length
			Calculate XY Coordinates
			Calculate Field
			Buffer Features
	Proximity		Multiple Ring Buffer
			Polar Grids from Features
			Polar Grids from Geometry
			Create Thiessen Polygons
			Delaunay Triangulation Polygons

	Hub Lines by ID
	Hub Lines by Nearest Distance
	Calculate Nearest Distance
	Dissolve
	Join Features by Attributes
	Collect Events
Aggregation	Aggregate Polygon Features
	Create Ring Maps
	Create Wind Rose Map
	Spatial Clump Map
	Union
	Intersect
	Difference
	Symmetrical Difference
Overlay	Identity
	Update
	Join Features by Spatial
	Point in Polygon Analysis
	Point Aggregation using Buffer
	Sum Line length
	Select Features
Extract	Clip with Polygon Geometry
	Clip with Polygon Features
Import Tools	Text File to Point Features
	Geometry to Features
	Export Layer to Other Format
Export Tools	Split Layer by Attributes
	Split Layer by Features
	Merger Features
	Singlepart To Multipart
	Multipart To Singlepart
Feature Tools	Feature To Point
	Feature Vertices To Points
	Points To Line

		Feature Envelope To Polygon
		Simplify
		Densify
		Reverse Line Direction
		Create Points along Lines
		Remove Polygon Holes
		Remove Polygon Parts
		Split Line By Distance
		Split Line At Vertices
Raster Processing	Descriptive	Basic Statistics
		Histogram
	Extraction	Extract by Geometry
		Extract by Extent
Density		Extract by Circle
		Kernel Density
Interpolation		Inverse Distance Weighted (IDW)
		Thin Plate Spline (TSP)

Preview



2 Installation

uDig Desktop 은 Java 와 Eclipse RCP 기술로 구현되어 Windows, Mac OS/X, Linux 에서 설치 및 운영이 가능합니다.

uDig Desktop 을 설치하는 방법은 uDig Installer 또는 uDig zip 파일을 이용하거나 직접 소스코드를 내려 받아 컴파일 후 프로그램을 이용하는 방법 등이 있으며, 공식 설치 패키지는 uDig 다운로드¹ 페이지에서 다운로드 가능합니다.

2015년 12월 현재 uDig 공식 페이지에서 배포된 설치 패키지는 uDig 2.0.0 버전 출시 전 배포본이기 때문에 이 문서에서 설명하는 Processing Toolbox Plug-in 을 지원하지 않습니다.

따라서, 여기에서는 Processing Toolbox Plug-in 이 운영 가능한 새로 컴파일된 설치 패키지를 사용합니다. uDig 2.0.0 정식 버전이 공식 사이트에서 배포되면 정식 버전을 지원할 계획입니다.

2.1 uDig Installation

2.1.1. Windows Installer

Windows OS 에서 uDig Desktop Installer 를 이용하여 설치하는 과정입니다.

우선 설치한 Windows OS 가 32 비트 또는 64 비트 시스템인지 확인 후 시스템 유형에 따라 다음의 URL 에서 다운로드 합니다. 여기에서는 64 비트를 기준으로 설명합니다.

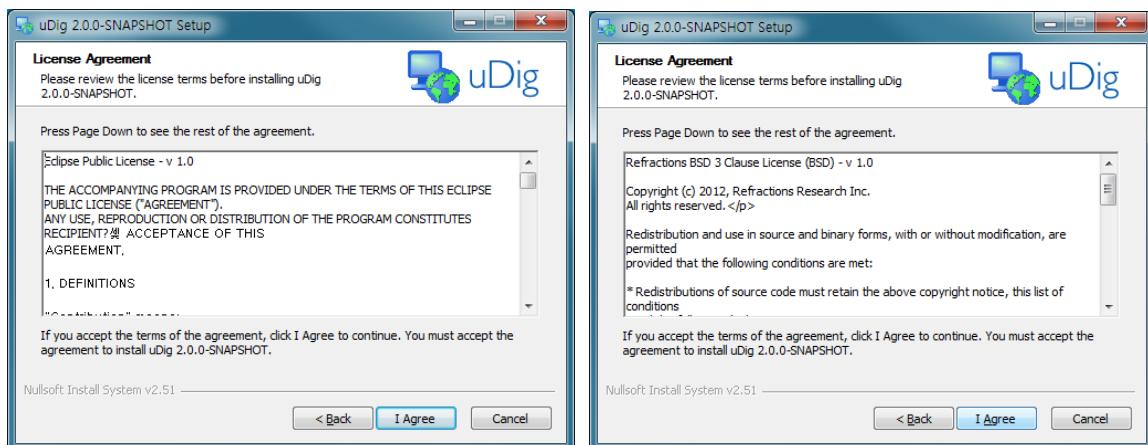
- [64 비트 설치용 다운로드](#)

이제 다운로드 한 udig-2.0.0-SNAPSHOT.win32.win32.x86_64.exe 파일을 더블 클릭합니다.

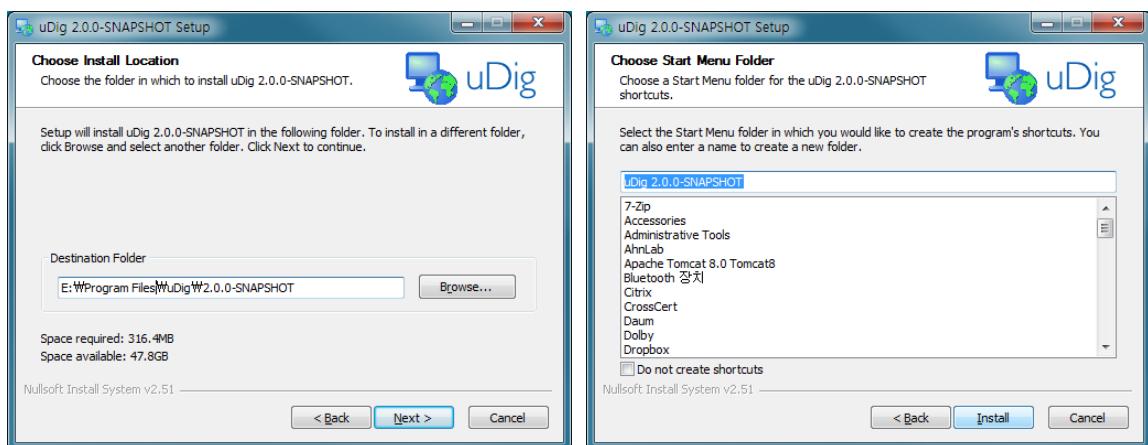
¹ <http://udig.refractions.net/download>



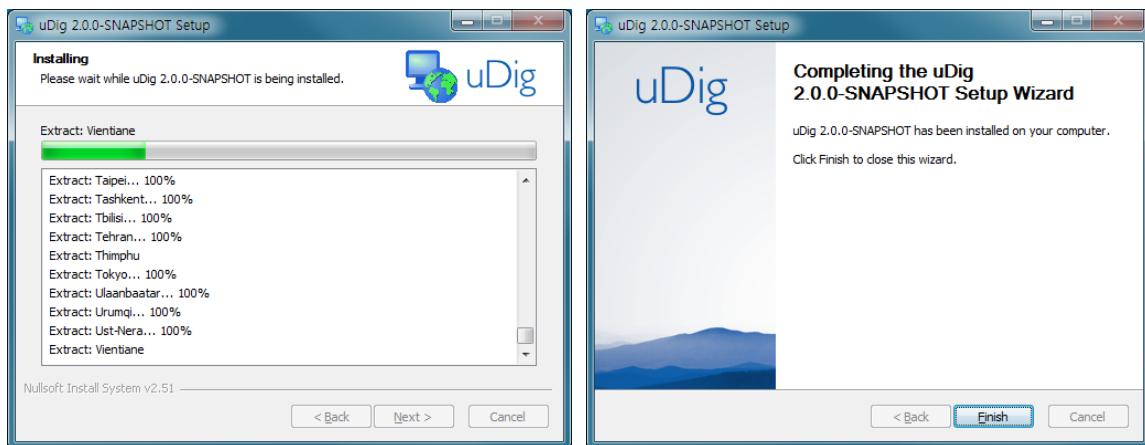
다음과 같이 라이선스 동의 버튼을 눌러 다음을 진행합니다.



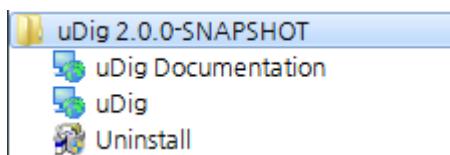
다음과 같이 프로그램을 설치할 위치와 프로그램 그룹을 확인합니다.



uDig Processing Toolbox 1.0



설치가 완료되면 다음의 바로가기 프로그램 그룹이 생성됩니다.



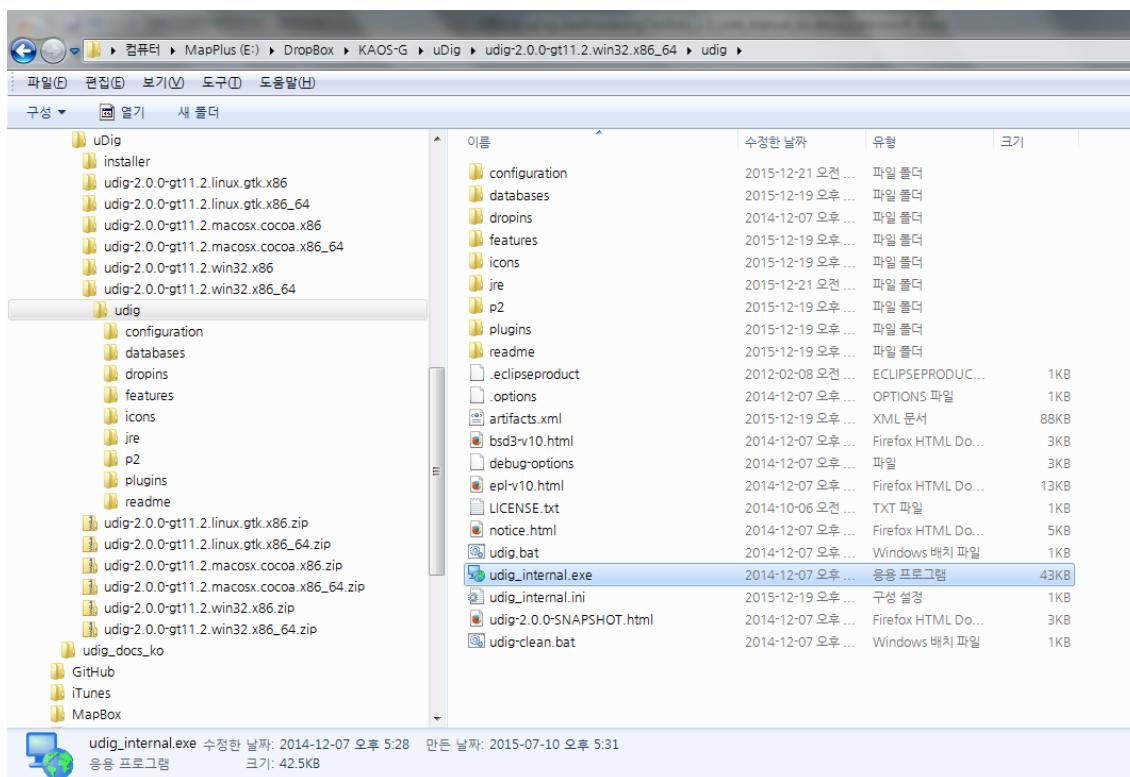
2.1.2. Windows Archive

Windows OS에서 uDig Desktop을 설치하는 과정입니다.

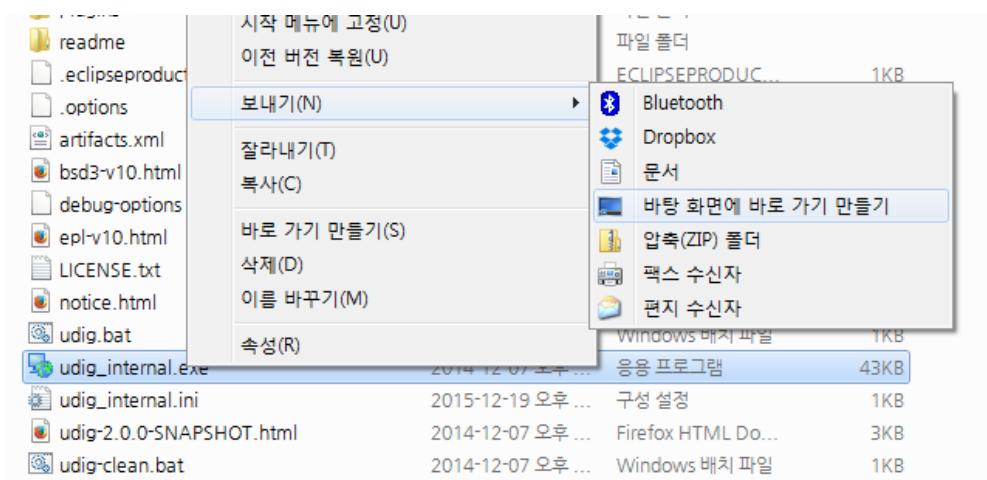
우선 설치한 Windows OS가 32비트 또는 64비트 시스템인지 확인 후 시스템 유형에 따라 다음의 URL에서 다운로드 합니다. 여기에서는 64비트를 기준으로 설명합니다.

- 64비트 설치용 다운로드

이제 다운로드 한 `udig-2.0.0-SNAPSHOT.win32.win32.x86_64.zip` 파일의 압축을 해제합니다. 압축 해제 후의 모습은 다음과 같습니다.



Windows 탐색기에서 압축 해제한 uDig 폴더의 `udig_internal.exe` 파일을 선택 후 오른쪽 마우스를 눌러 다음과 같이 바탕화면 바로가기 아이콘을 생성합니다.



마지막으로 바탕화면으로 이동하여 [udig_internal.exe - 바로가기] 이름을 [uDig]으로 변경합니다.



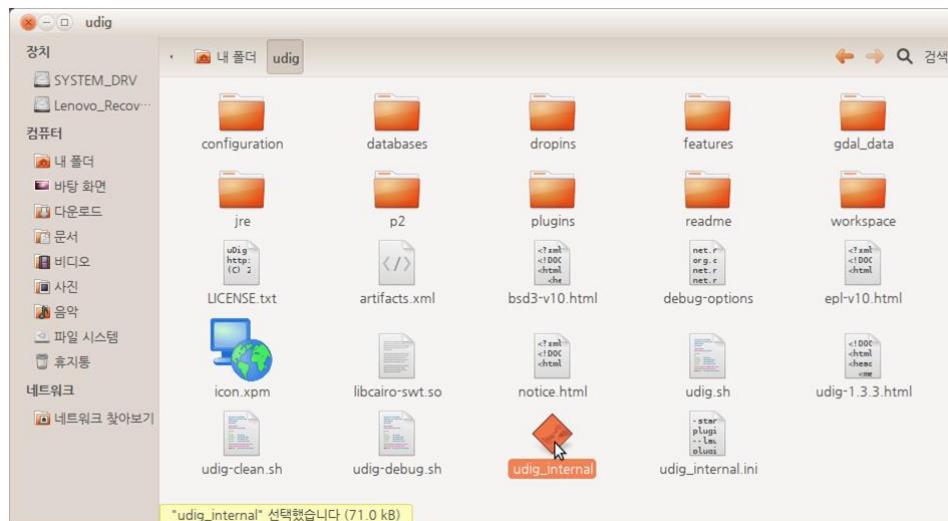
2.1.3. Linux on the Desktop

Linux 계열에서 uDig Desktop 을 설치하는 과정입니다. 다음은 우분투(Ubuntu) 12.04 LTS 버전에서 설치하는 예이며 OS 및 설치한 UI 환경에 따라 다를 수 있습니다.

우선 설치한 32 비트 또는 64 비트 시스템인지 확인 후 시스템 유형에 따라 다음의 URL에서 다운로드 합니다. 여기에서는 64 비트를 기준으로 설명합니다.

- [64 비트 설치용 다운로드](#)

다운로드 한 설치 파일을 설치하고자 하는 폴더에 압축을 풁니다. 여기에서는 /home/mapplus/udig 폴더에 압축을 풀었습니다. 설치한 폴더 내 udig_internal 파일이 실행파일입니다.



우분투 기본 사용자 인터페이스인 유니티(Unity) 환경의 대시보드(Dashboard)에 프로그램을 추가하기 위한 과정입니다.

터미널을 열고 다음을 실행합니다.

```
mapplus@ubuntu:~/$ sudo gedit /usr/share/applications/udig.desktop
```

또는

```
mapplus@ubuntu:~/$ sudo vi /usr/share/applications/udig .desktop
```

[sudo] password for mapplus: *****

gedit 또는 vi에서 다음 내용을 입력 후 저장합니다. 각 항목별 입력 내용은 <https://help.ubuntu.com/community/UnityLaunchersAndDesktopFiles> 을 참고합니다.

[Desktop Entry]

Type=Application

Name=uDig

Comment=uDig GIS

Icon=/home/mapplus/udig/icon.xpm

Exec=/home/mapplus/udig/udig_internal

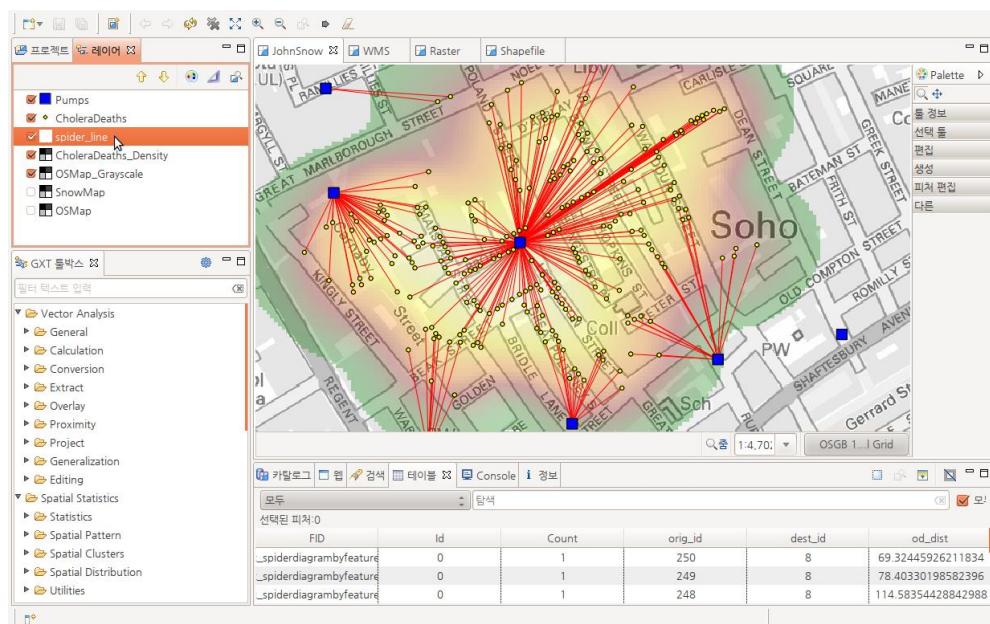
Terminal=false

Categories=Application;GIS;

이제 대시보드 실행 후 프로그램 단축아이콘이 표시되면 다음과 같이 바탕화면 또는 론처(Launcher)에 끌어다 놓거나 바로 가기로 추가할 수 있습니다.



우분투 환경에서 uDig Desktop을 실행한 화면입니다.



2.2 Processing Toolbox Plug-in Installation

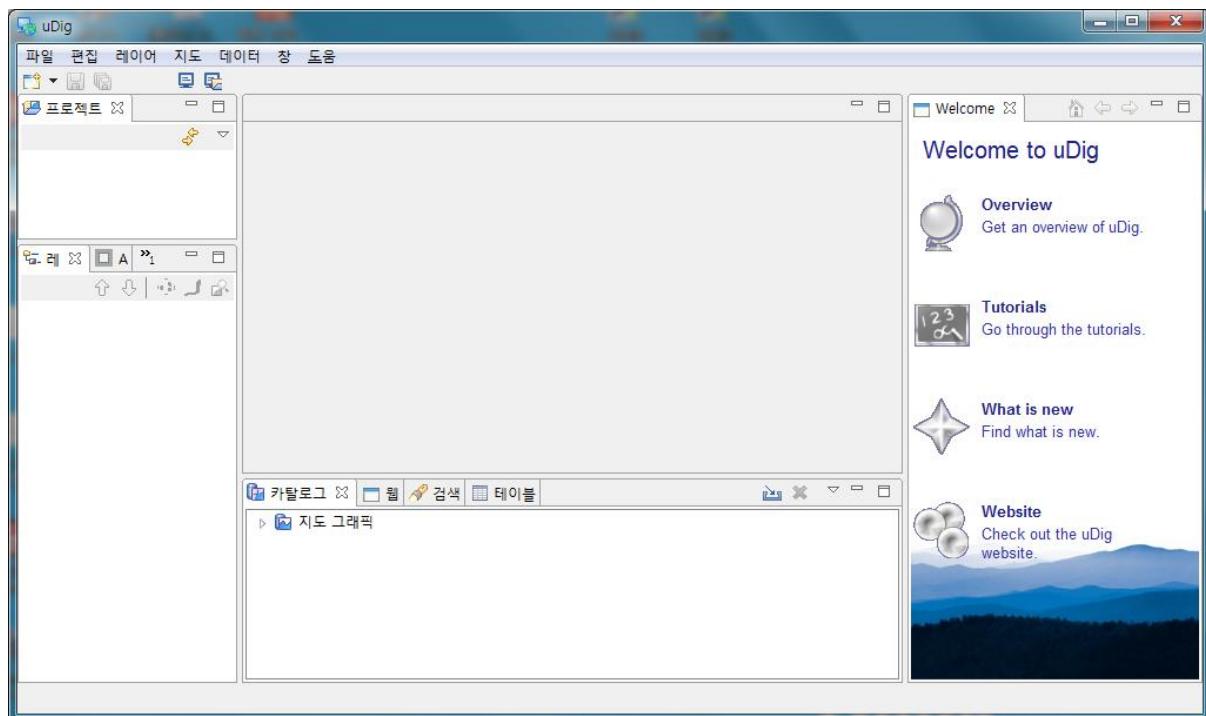
uDig Desktop 의 모든 기능은 플러그 인으로 구성되어 있습니다. uDig 환경에서 Processing Toolbox 확장 기능을 사용하려면 온라인 또는 오프라인 환경에서 플러그 인을 설치하면 됩니다.

2.2.1. On-Line Install

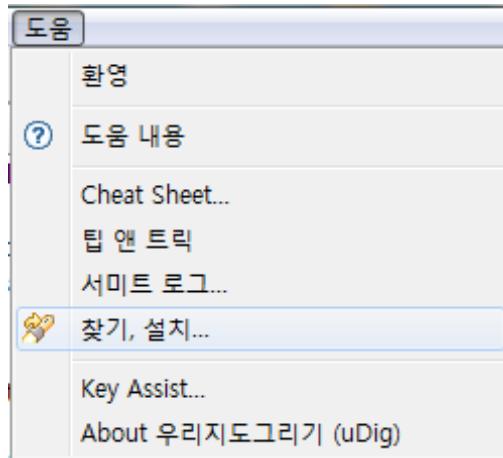
인터넷이 연결된 온라인 환경에서 Processing Toolbox 플러그 인을 설치하는 과정입니다.

uDig 을 실행합니다.

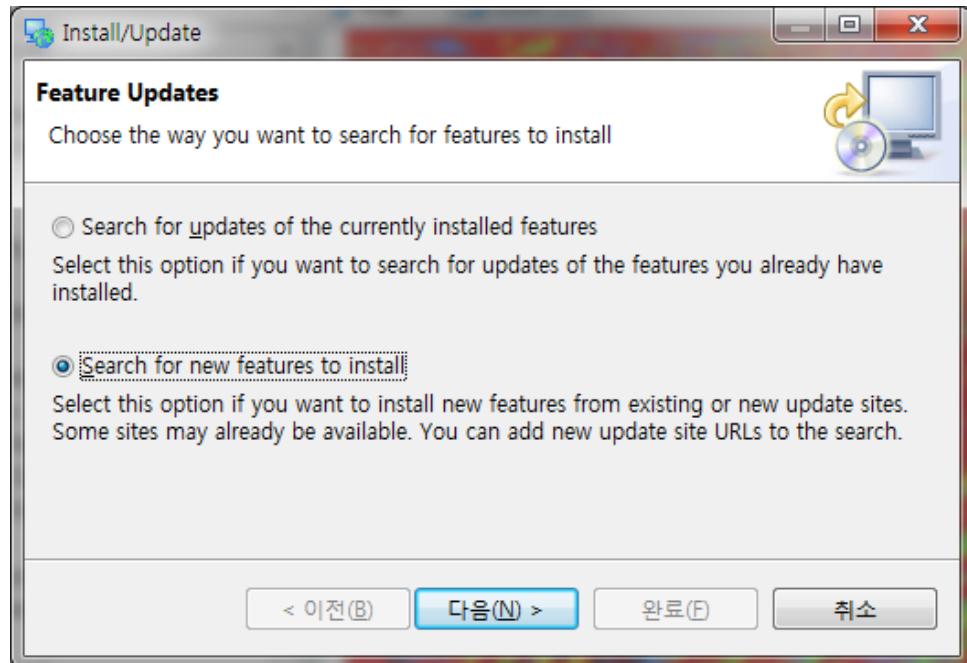
uDig 을 처음으로 실행하는 경우, 환영 뷰(Welcome View)가 화면의 오른쪽 편에 표시됩니다. Welcome View 는 자습서, 도움말 및 uDig 프로젝트의 웹 사이트 링크를 연결해 줍니다. Welcome View 를 클릭하면 활성화되는 x 버튼을 눌러 닫을 수 있으며, 메뉴 바의 [도움말] → [환영] 메뉴를 실행하여 언제든지 확인할 수 있습니다.



uDig 실행 후 [도움] → [찾기, 설치...] 메뉴를 실행합니다.



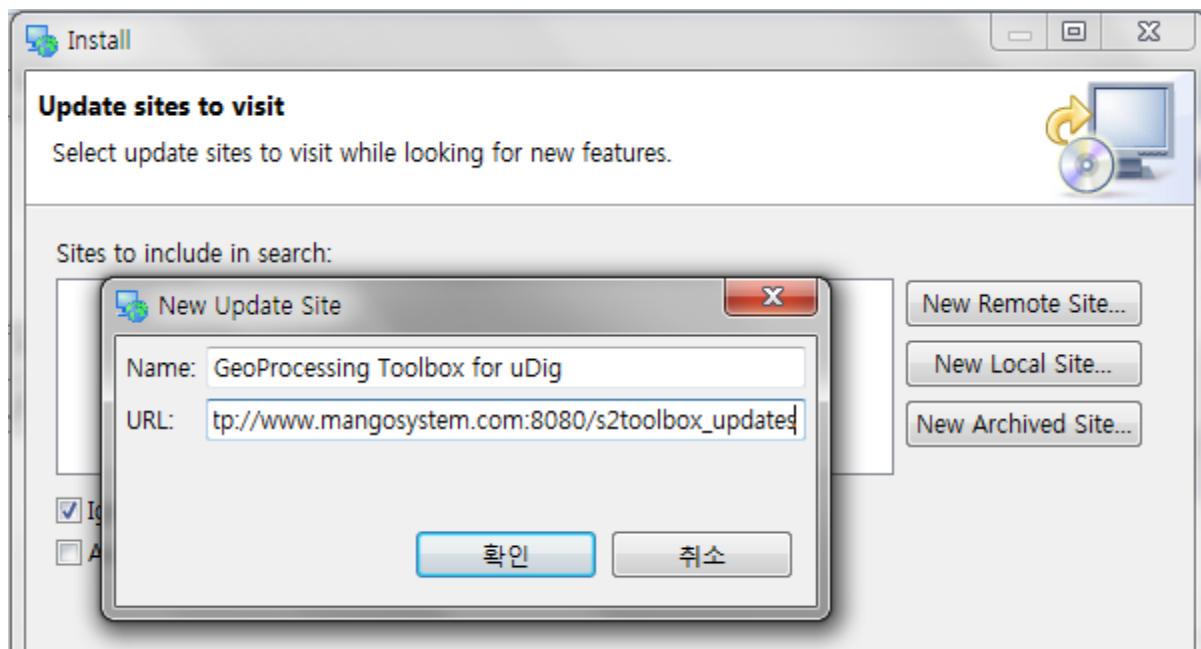
Install/Update 원도우가 나타나면 [Search for new features to install] 라디오 버튼을 선택하고 [다음] 버튼을 누릅니다.



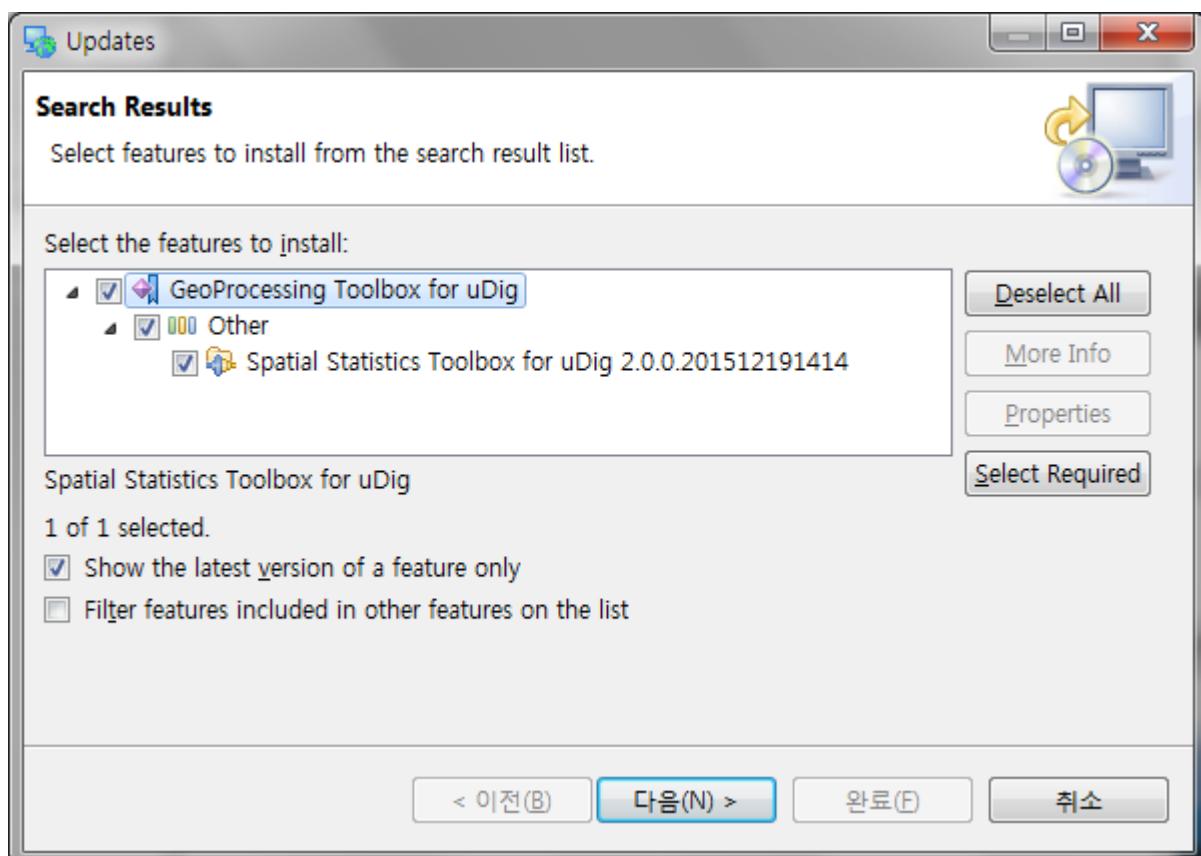
[Update Sites to visit] 원도우에서 [New Remote Site...] 버튼을 눌러 아래 정보를 입력합니다. 이 문서와 함께 배포된 uDig 버전에서는 Remote Site 가 등록되어 있습니다.

다음 사이트는 uDig 의 Processing Toolbox 플러그인 저장소입니다.

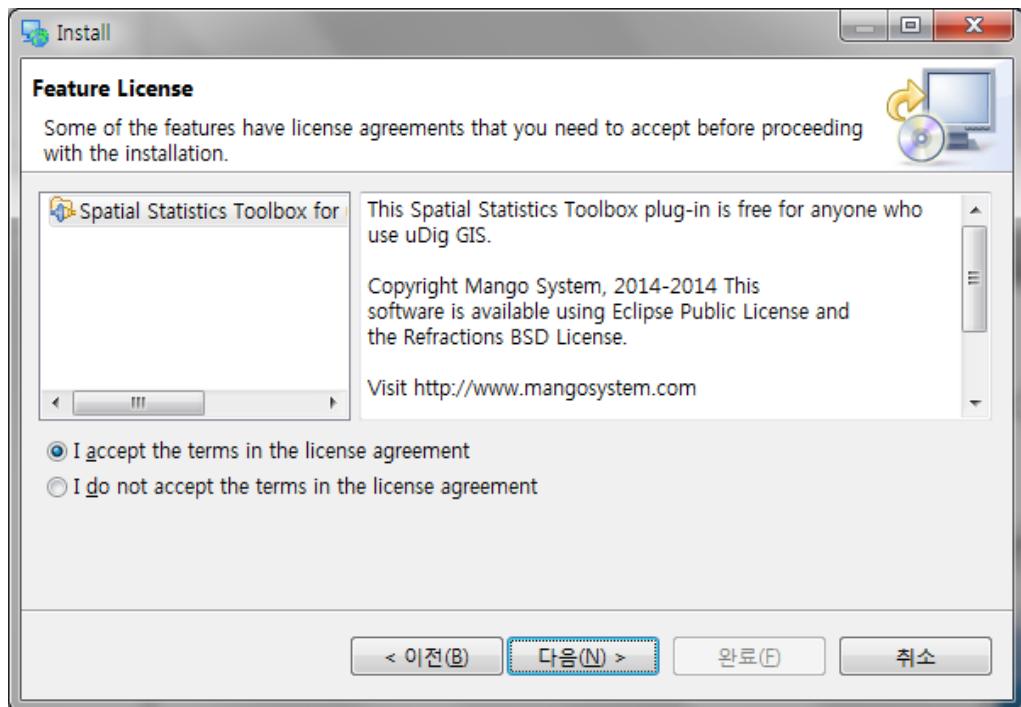
- Name: Processing Toolbox for uDig
- URL: http://www.mangosystem.com:8080/s2toolbox_updates



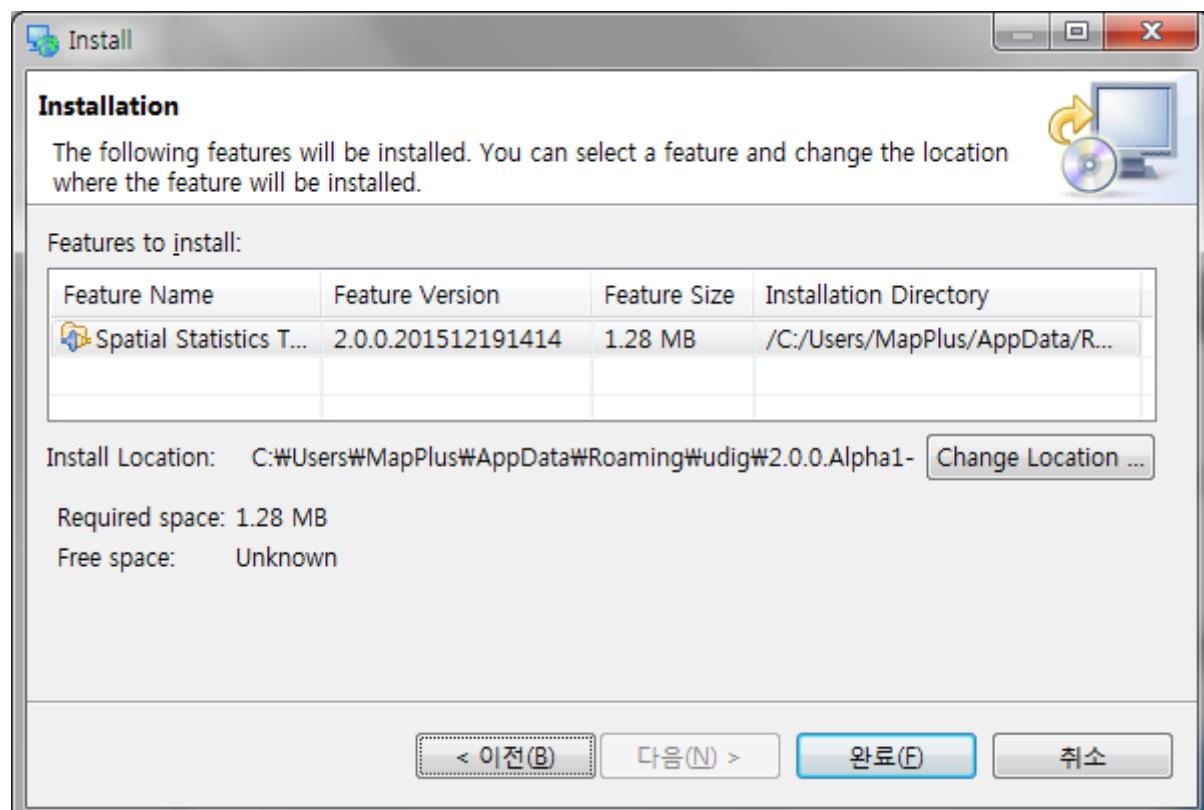
입력 후 [완료] 버튼을 누르면, 플러그인 검색 후 다음과 같은 윈도우가 나타납니다.



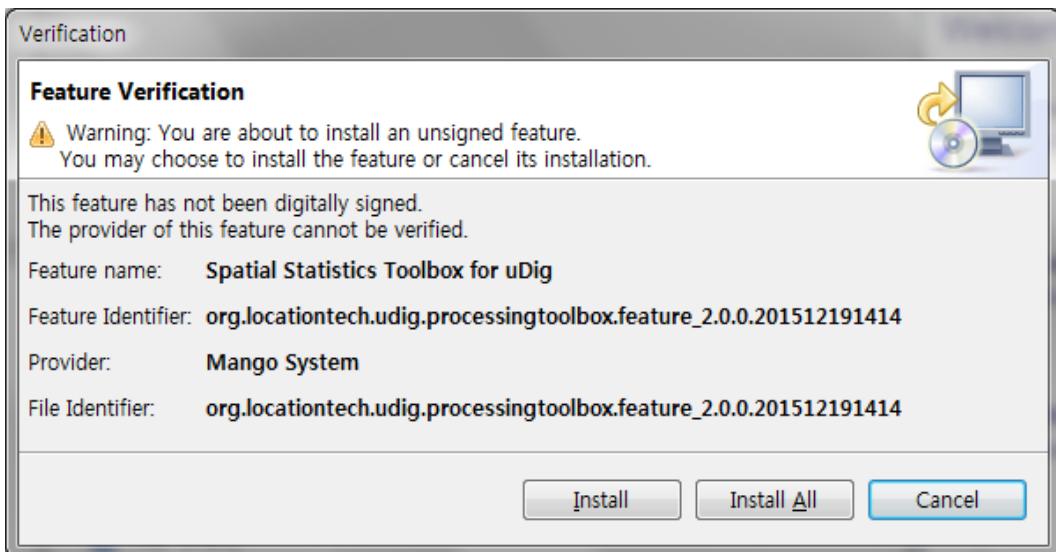
[다음] 버튼을 누른 후 라이선스 체크 라디오 버튼을 선택합니다.



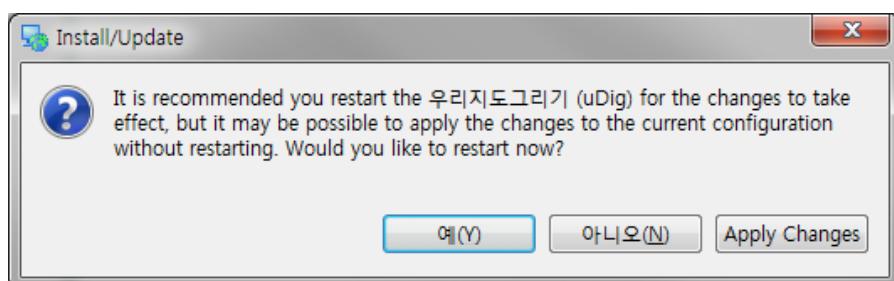
[다음] 버튼을 눌러 설치 폴더를 확인 후 [완료] 버튼을 누르면 설치를 시작합니다.



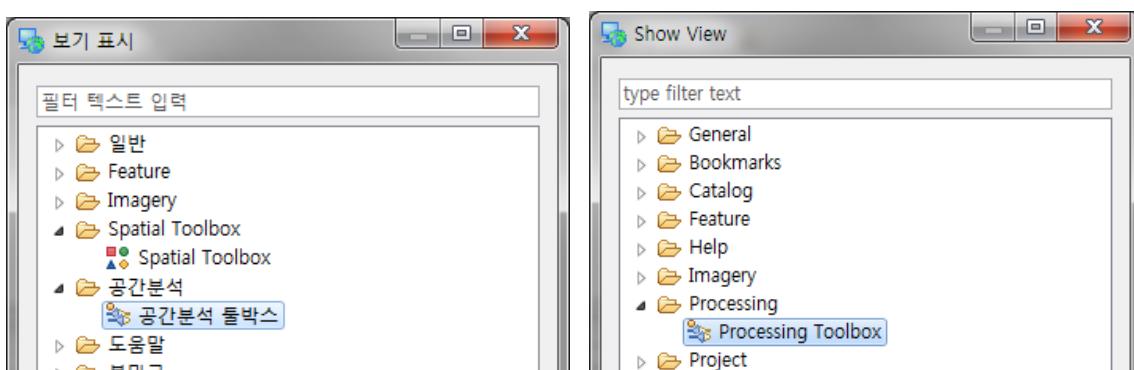
다음과 같은 확인 창이 나타나면 [Install All] 버튼을 눌러 설치를 진행합니다.



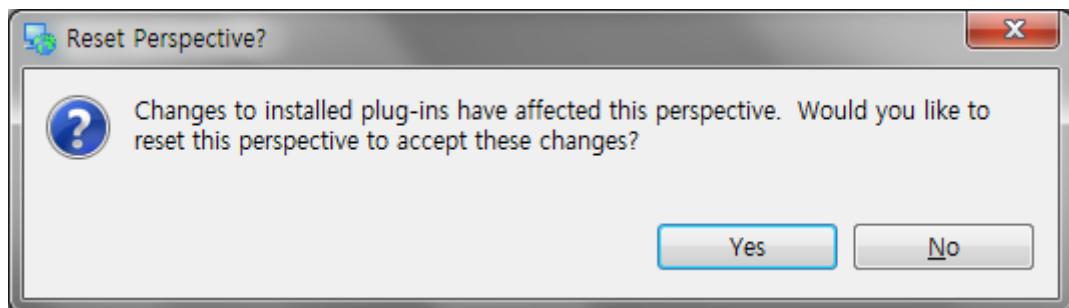
설치가 완료되면 다음과 같이 재 시작 여부를 확인하는데, [예(Y)] 버튼을 눌러 uDig 을 재 시작합니다.



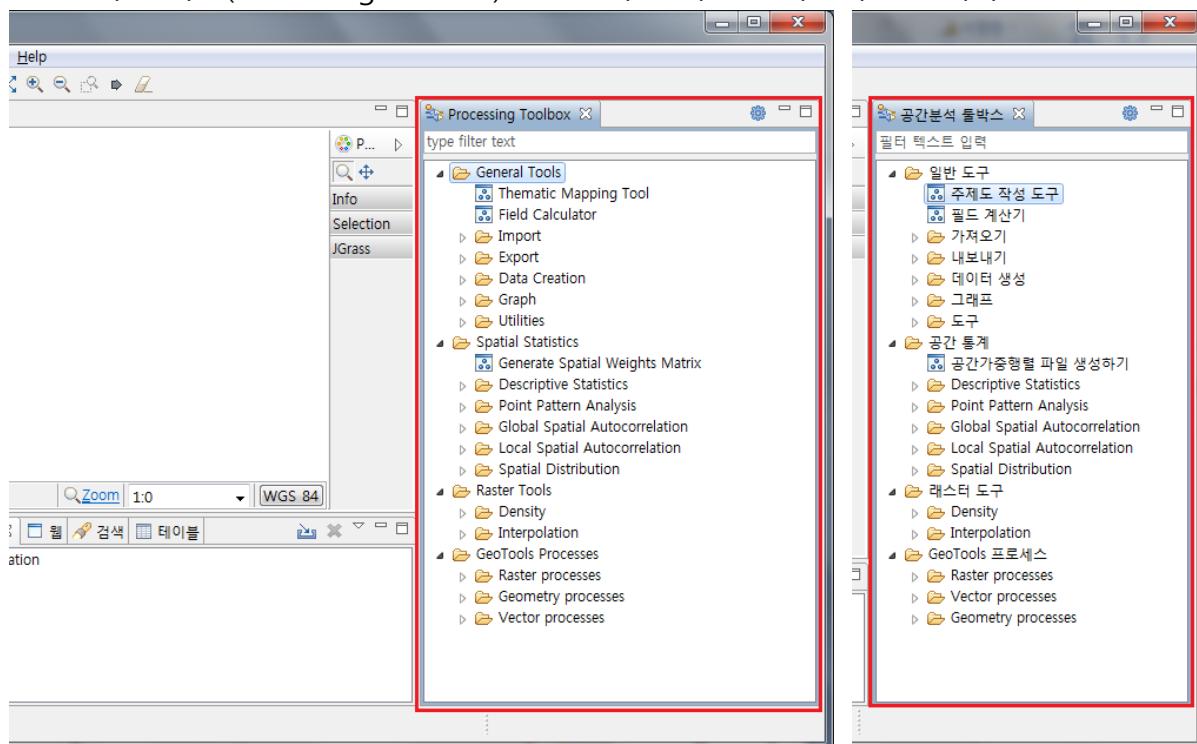
이제 [창] → [뷰 보기] → [기타...] 메뉴를 실행 후 [공간분석] → [공간분석 툴박스]를 찾아 선택하면 활성화됩니다. 플러그인은 현재 한글과 영문 모두 지원합니다.



만약 [창] → [뷰 보기] → [기타...] 메뉴를 실행 후 [공간분석 툴박스]가 보이지 않는 경우 [도움] → [찾기, 설치...] 메뉴를 한번 실행 후 다음 확인 메세지가 나타나면 [Yes] 버튼을 누릅니다. 이제 다시 [창] → [뷰 보기] → [기타...] 메뉴를 실행하여 [공간분석 툴박스] 또는 [Processing Toolbox] 뷰를 선택하면 활성화 됩니다.



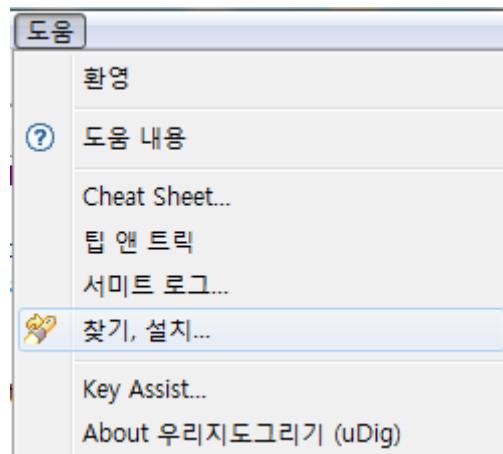
공간분석 툴박스(Processing Toolbox)를 활성화한 화면은 다음과 같습니다.



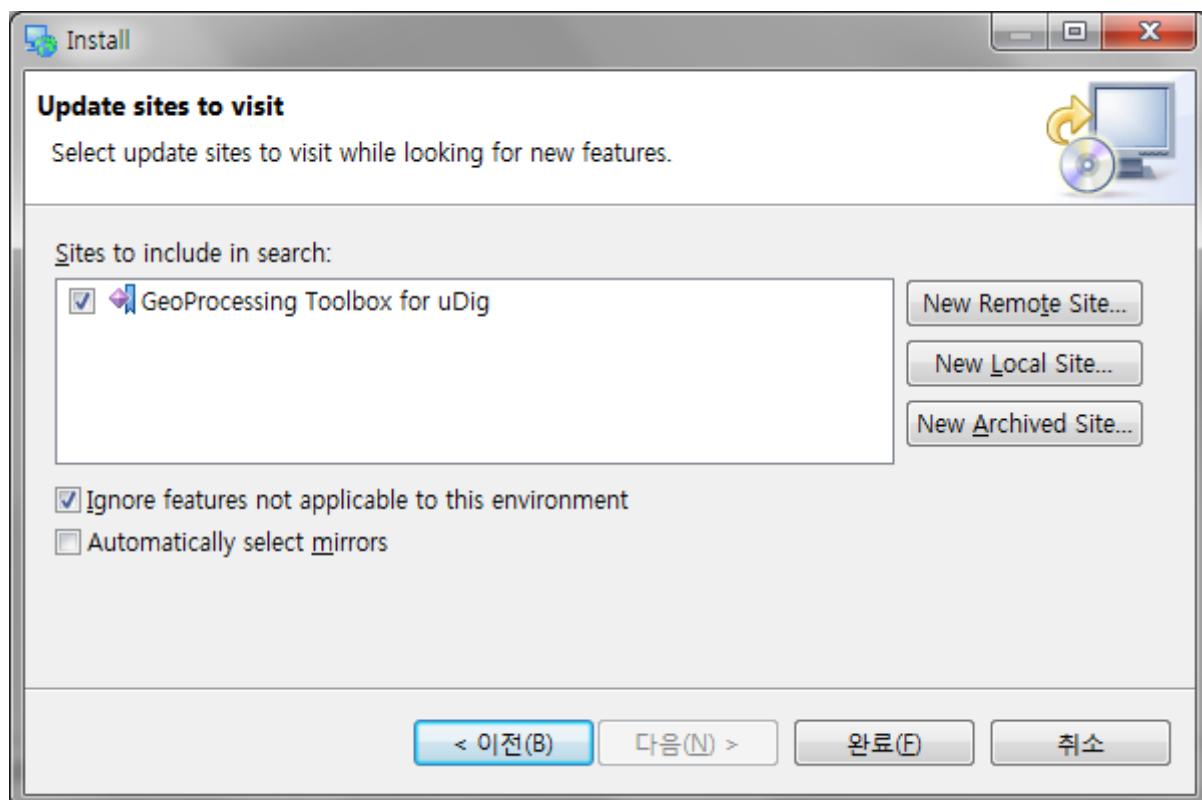
2.2.2. On-Line Update

uDig Desktop 플러그인은 정기적으로 분석 프로세스가 추가될 때마다 업데이트 됩니다. 따라서 온라인 환경에서는 항상 주기적으로 업데이트를 수행하여 최신 버전의 프로그램을 사용할 수 있습니다.

uDig 실행 후 [도움] → [찾기, 설치...] 메뉴를 실행합니다.



Install/Update 원도우가 나타나면 [Search for new features to install] 라디오 버튼을 체크하고 [다음] 버튼을 누릅니다.



Update Sites to visit 원도우에서 GeoProcessing Toolbox for uDig 항목을 선택한 후
[완료] 버튼을 누릅니다.

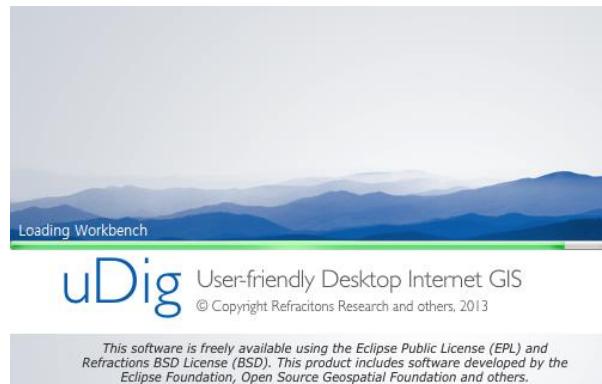
만약 업데이트가 가능하면 업데이트 원도우가 표시되고, 이후는 플러그인 설치 과정과
동일합니다.

3 uDig Quick Start

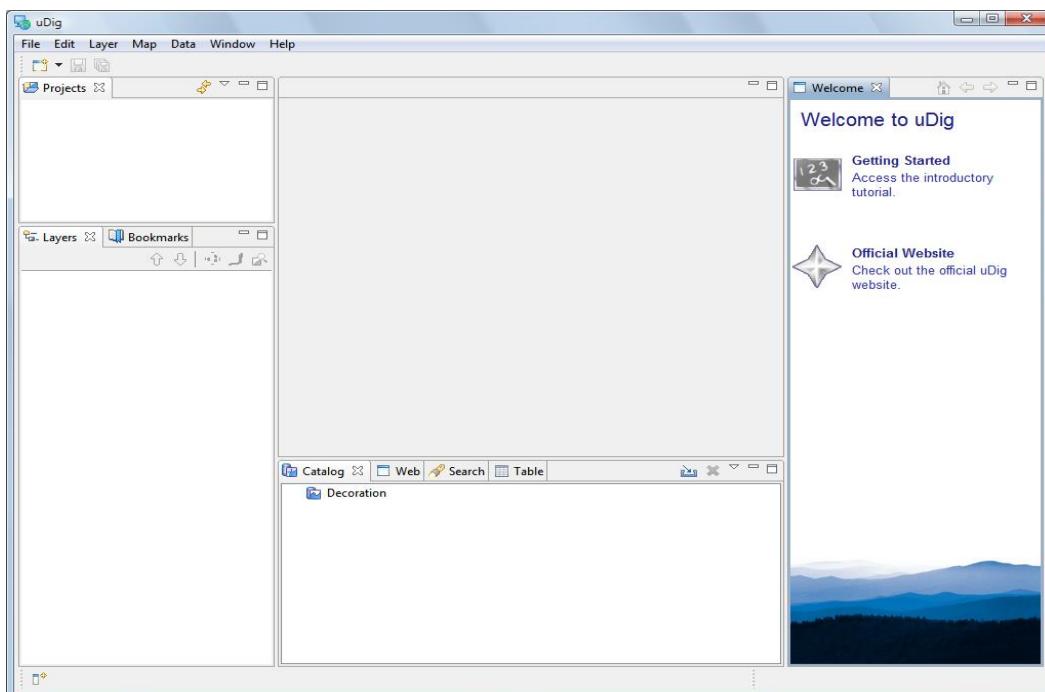
uDig Desktop 의 실행, 환경설정, 플러그인 설치 및 간단한 사용법입니다.

3.1 Starting uDig

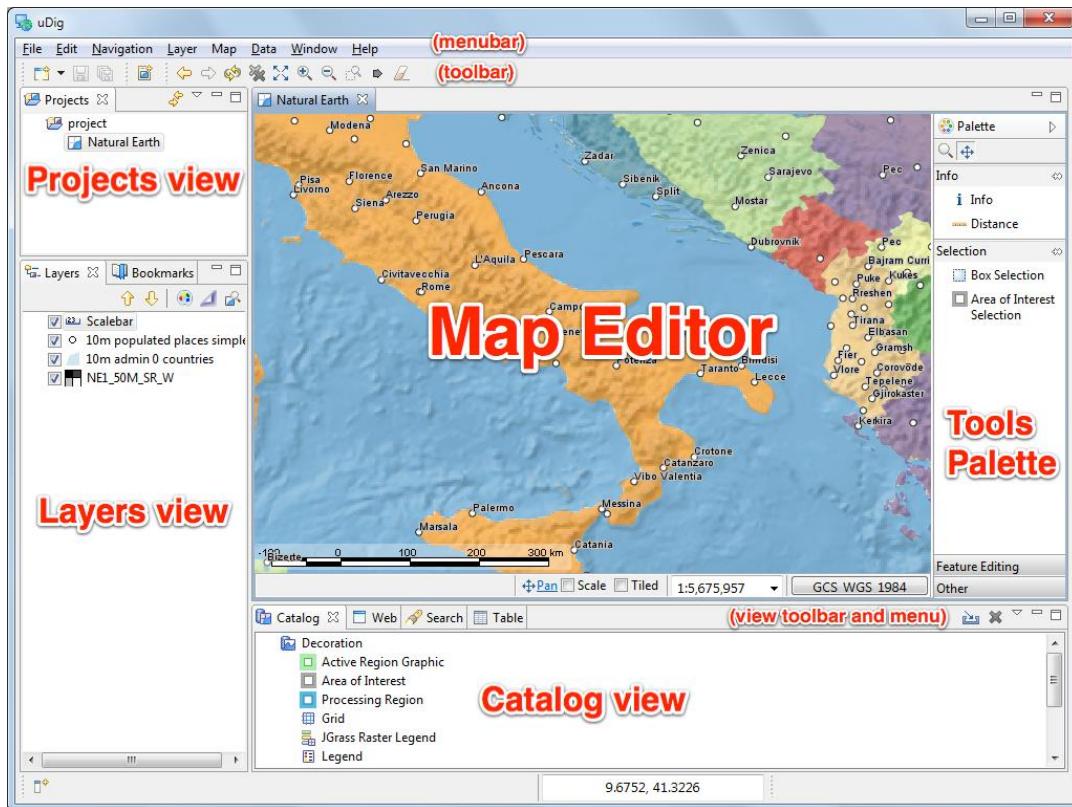
uDig 을 실행합니다.



uDig 을 처음으로 실행하는 경우, 환영 뷰(Welcome View)가 화면의 오른쪽 편에 표시됩니다. Welcome View 는 자습서, 도움말 및 uDig 프로젝트의 웹 사이트 링크를 연결해 줍니다. Welcome View 를 클릭하면 활성화되는 x 버튼을 눌러 닫을 수 있으며, 메뉴 바의 [도움말] → [환영] 메뉴를 실행하여 언제든지 확인할 수 있습니다.



워크벤치 원도우(Workbench window)는 지도 등의 다중 에디터(Editor)와 에디터의 정보를 표시하거나 상호작용하는 뷰(View)를 제공합니다.



위 화면은 uDig 을 실행하고 지도(Map Editor)를 열면 표시되는 프로젝트(Project), 레이어(Layer), 카탈로그(Catalog)를 표시합니다.

메뉴 및 뷰의 상호작용은 다음과 같습니다:

- 응용 프로그램의 메뉴바(Menu bar)는 툴바(Toolbar)와 함께 프로그램의 상단에 위치하여 일반적인 기능들을 수행합니다.
- 지도 편집기(Map editor)와의 상호작용은 팔레트(Palette)가 제공하는 여러 도구들에 의해 제어됩니다.
- 뷰(View)는 뷰에 확장된 기능을 제공하기 위한 독립된 툴바를 제공합니다.
- 선택된 항목은 오른쪽 마우스를 누르면 상황 메뉴를 제공합니다.

3.2 Setting uDig Environment

uDig Desktop 은 전 세계 사용자들을 위한 다국어 및 표준 좌표체계 등을 지원합니다. 다음은 한국어 사용자를 위한 다국어 지원, 데이터 셋의 한글 인코딩 및 좌표체계 추가 방법을 설명합니다.

3.2.1. Locale Support for Korean

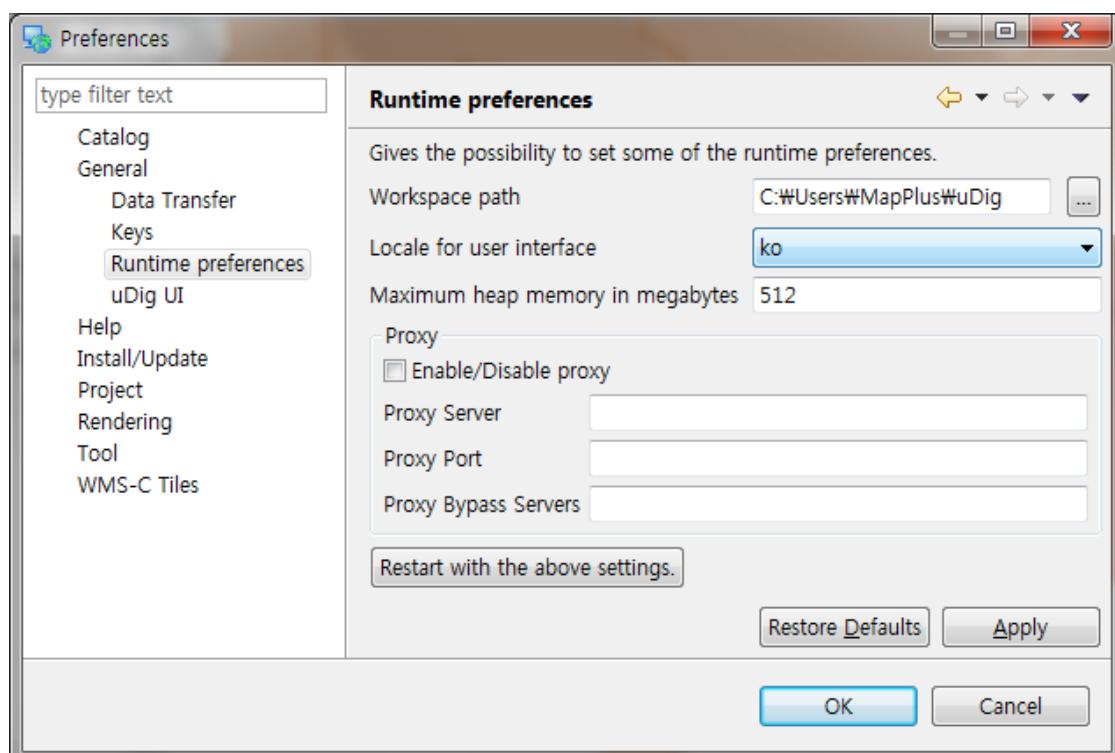
메뉴의 한글/영문 전환을 위한 환경설정입니다.

현재 응용 프로그램이 영문 메뉴일 경우 [Windows] → [Preferences] 메뉴를 실행합니다.

[General] → [Runtime preferences] → [Locale for user interface]를 ko로 선택합니다.

탭 중간의 [Restart with the above settings] 버튼을 실행하여 응용프로그램을 재시작하면 한글 메뉴가 표시됩니다.

Runtime preferences 탭에서는 이 외에도 자바 힙(Heap) 메모리를 설정하거나 기본 Workspace(환경설정, 프로젝트, 지도 레이어 정보 등이 저장되는 작업공간)를 변경할 수도 있습니다. uDig은 JRE(Java Runtime Environment) 환경에서 운영되므로 Java Heap 메모리 512 이상 설정을 권장합니다.



3.2.2. Character Set Support for Korean

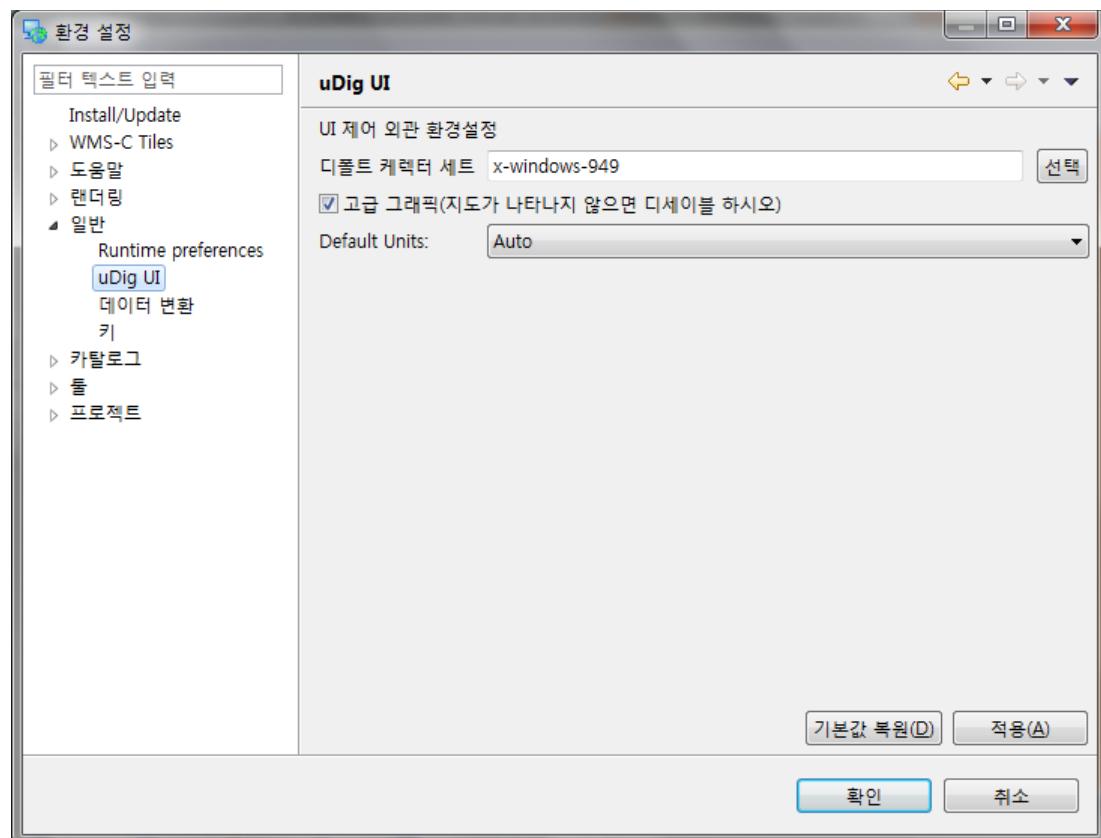
uDig 응용프로그램에서 Shapefile 등의 한글 인코딩 문제를 해결하기 위해서 기본 캐릭터셋을 변경해 줘야 합니다. uDig 플러그인의 대다수는 이 설정정보를 이용하여 Shapefile 등의 데이터 변환에 사용합니다.

현재 응용 프로그램이 영문 메뉴일 경우 [Windows] → [Preferences] 메뉴를 실행합니다.

[일반(General)] → [uDig UI] 탭으로 이동합니다.

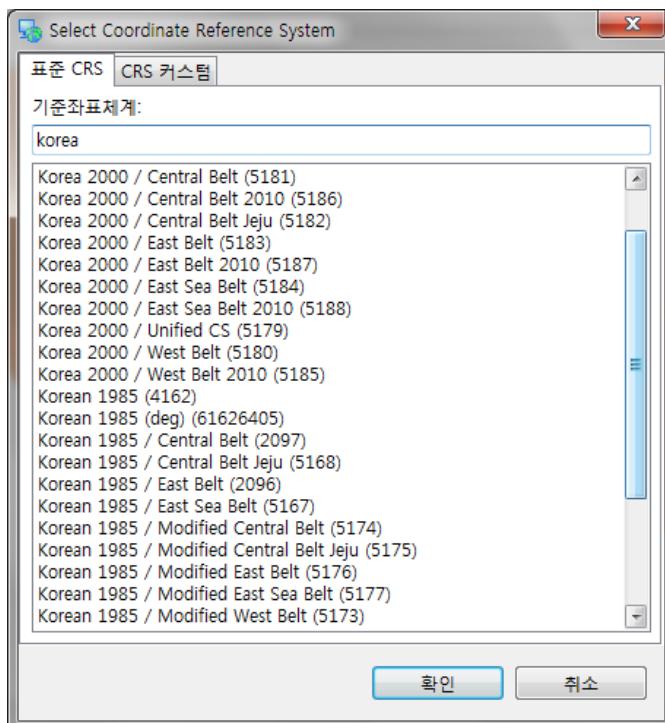
[Default Character Set]에서 선택 메뉴를 눌러 x-windows-949를 선택한 후 아래 [적용] 버튼을 누릅니다.

만약 x-windows-949 설정 상태가 아닌 환경에서 데이터셋을 불러와 파일 데이터 소스의 경우 한글이 깨진 경우 카탈로그 뷰에서 모두 제거 후 다시 불러오면 됩니다.



3.2.3. Custom CRS Definitions

uDig 은 현재 EPSG 공식 한국 좌표체계를 모두 지원하고 있습니다.



만약 이 외에 새로운 좌표체계를 추가하기 위한 과정은 다음과 같습니다.

uDig 설치 폴더의 `plugins\wms\refractions.udig.libs_1.3.3.201211180818`(플러그인 버전 넘버) 폴더의 `epsg.properties` 파일을 텍스트 편집기를 이용해서 불러옵니다.

다음과 같이 사용자 정의 코드(기존 코드와 중복되지 않는 정수형의 유일한 값) 및 Well Known Text 좌표체계 정의 값을 추가합니다. 이제 uDig 응용프로그램을 다시 시작하면 등록한 좌표체계를 사용할 수 있습니다.

```
900913=PROJCS["WGS84 / Google Mercator", GEOGCS["WGS 84", DATUM["World Geodetic System 1984", SPHEROID["WGS 84", 6378137.0, 298.257223563, AUTHORITY["EPSG", "7030"]], AUTHORITY["EPSG", "6326"]], PRIMEM["Greenwich", 0.0, AUTHORITY["EPSG", "8901"]], UNIT["degree", 0.017453292519943295], AUTHORITY["EPSG", "4326"]], PROJECTION["Mercator (1SP)", AUTHORITY["EPSG", "9804"]], PARAMETER["semi_major", 6378137.0], PARAMETER["semi_minor", 6378137.0], PARAMETER["latitude_of_origin", 0.0], PARAMETER["central_meridian", 0.0], PARAMETER["scale_factor", 1.0],
```

```
PARAMETER["false_easting", 0.0], PARAMETER["false_northing", 0.0], UNIT["m", 1.0],
AUTHORITY["EPSG","900913"]]
```

3.3 Quick Start

이 단원의 내용은 [uDig User Guide]의 내용을 일부 포함하고 있으며, 지도의 생성, 벡터 및 래스터 레이어의 추가 및 조작, 공통 도구의 사용 등 필수 조작법을 중심으로 설명합니다.

- [uDig User Guide - Quickstart](#)

3.3.1. Sample Dataset

uDig User Guide 의 Quickstart 페이지에는 [Natural Earth Data]의 샘플 데이터 셋을 제공합니다. 우선 이 파일들을 다운로드 후 특정 폴더에 압축을 풁니다.

- Natural Earth Data 샘플 데이터 다운로드: [data_1_3.zip](#)
- Spearfish 샘플 데이터 다운로드: [spearfish_elevation.zip](#)

샘플 데이터 셋은 Shape file 및 tiff 파일로 구성되어 있으며 목록은 다음과 같습니다.

- 10m_admin_0_countries.shp
- 10m_admin_1_states_provinces_shp.shp
- 10m_geography_marine_polys.shp
- 10m_geography_regions_elevation_points.shp
- 10m_geography_regions_points.shp
- 10m_geography_regions_polys.shp
- 10m_lakes.shp
- 10m_land.shp
- 10m_ocean.shp
- 10m_populated_places_simple.shp
- 10m_rivers_lake_centerlines.shp
- 10m_urban_areas.shp
- NE1_50M_SR_W.tif

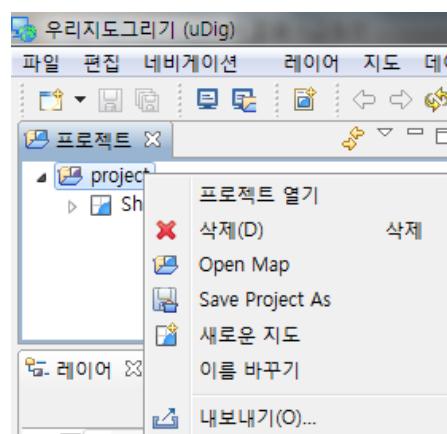
- elevation.asc – spearfish elevation dataset

3.3.2. Project & Map

uDig 의 사용은 [프로젝트(Project) 생성] → [지도(Map) 생성] → [레이어(Layer) 추가] → [활용] 단계로 이루어집니다. 프로젝트는 여러 개의 지도를 포함할 수 있으며, 응용 프로그램을 종료하면 자동으로 저장되어 이후 uDig 을 시작하면 기존 프로젝트 및 지도 정보를 불러옵니다.

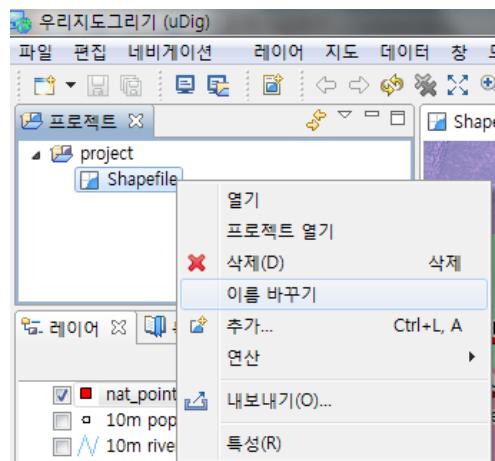
■ *Create New Project*

새로운 프로젝트를 생성하기 위해서는 [파일] → [새로운 작업] → [새로운 프로젝트] 메뉴를 실행합니다. 프로젝트의 이름을 변경하려면 다음과 같이 프로젝트 뷰에서 변경할 프로젝트 선택 후 오른쪽 마우스를 눌러 [이름 바꾸기] 메뉴를 실행합니다.



■ *Create New Map*

새로운 지도를 추가하기 위해서는 [파일] → [새로운 작업] → [새로운 지도] 메뉴를 실행합니다. 지도의 이름을 변경하려면 다음과 같이 프로젝트 뷰에서 변경할 지도 선택 후 오른쪽 마우스를 눌러 [이름 바꾸기] 메뉴를 실행합니다.

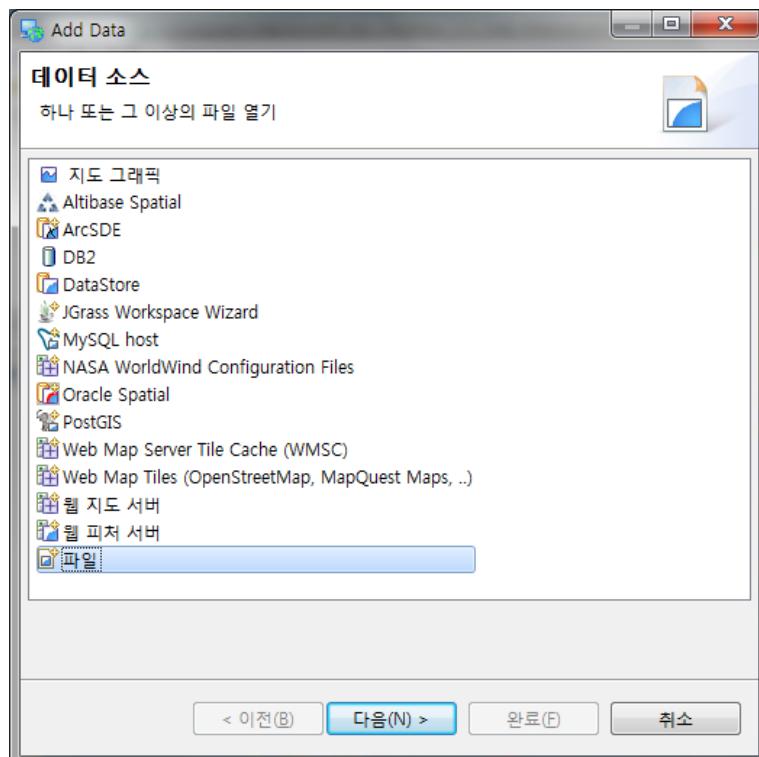


3.3.3. Local Shapefile Layer

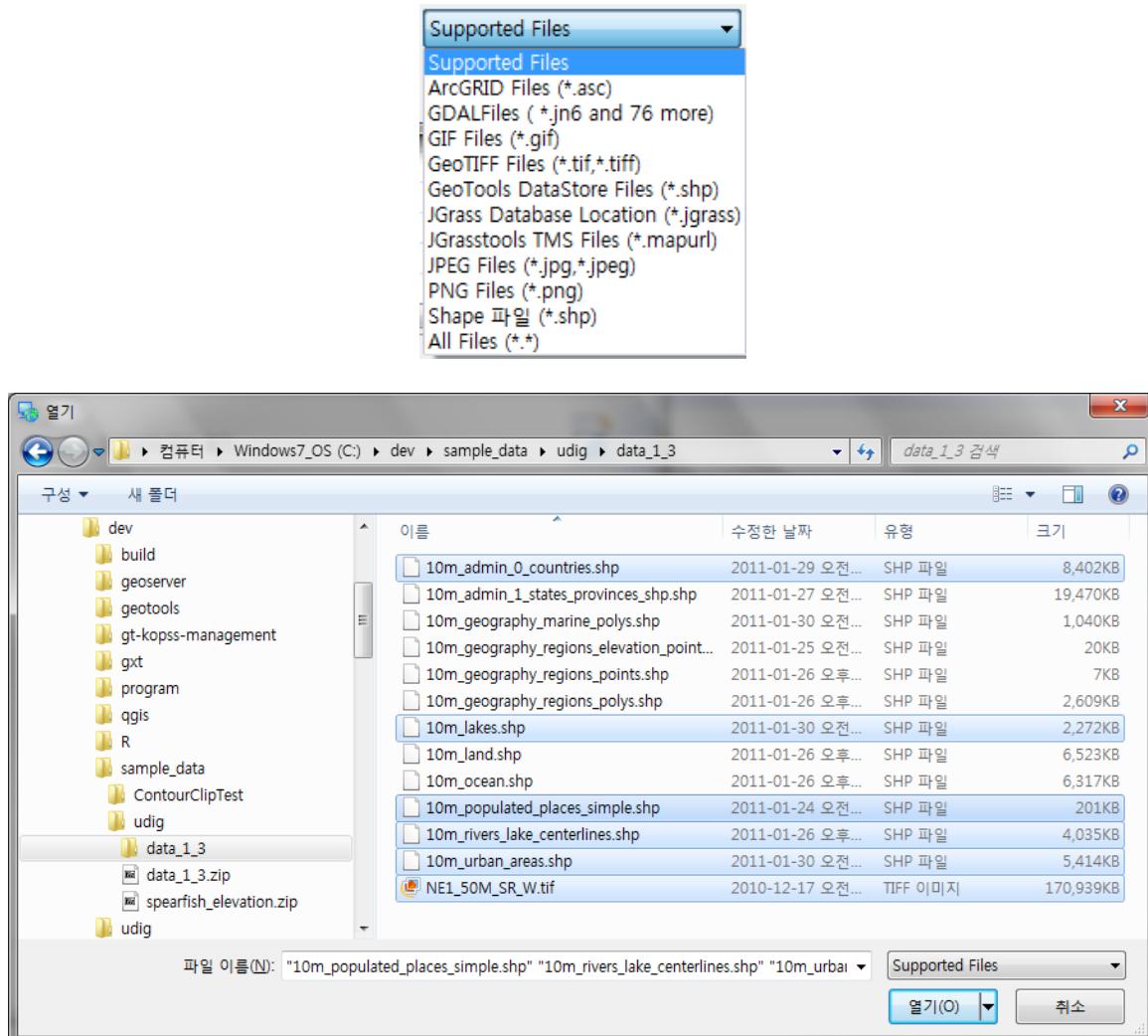
로컬 컴퓨터의 Shapefile(다운로드 한 Natural Earth Data)을 추가한 후, 테이블 속성 확인, 지도 스타일 편집 등의 사용법을 알아봅니다. 우선 프로젝트 뷰에서 [Shapefile 지도]를 더블 클릭하여 활성화 합니다.

■ Add Shape files

[레이어] → [추가 ...] 메뉴를 실행합니다. 다음 그림과 같이 [파일] 데이터 소스를 선택 후 [다음] 버튼을 누르거나, [파일] 데이터 소스를 더블클릭 합니다.

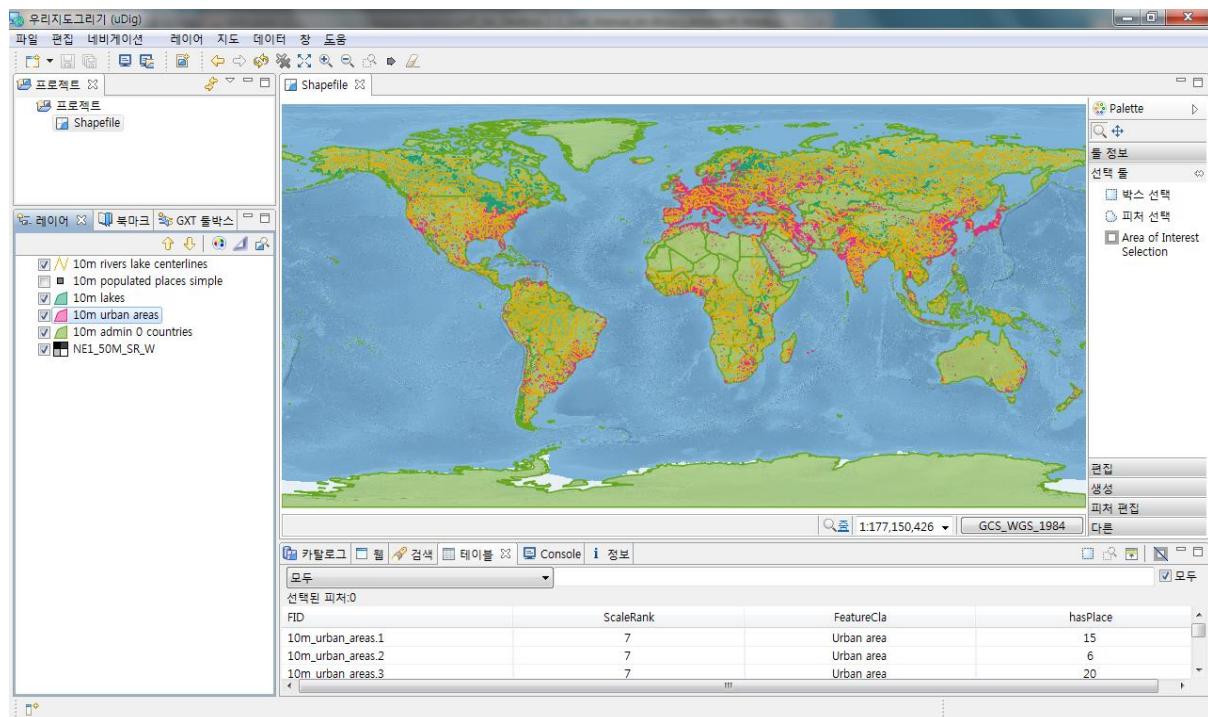


uDig에서 지원하는 파일 데이터 소스는 다음과 같이 다양합니다. 다운로드 후 압축을 푼 샘플데이터 위치로 이동하여 다음과 같이 Shapefile을 선택합니다.



툴바에서 모든 데이터 보기(를 눌러 불러온 데이터 전체 영역으로 이동합니다.
레이어 뷰에서 레이어 선택 후 드래그하여 레이어 순서를 변경할 수 있습니다.

uDig Processing Toolbox 1.0



■ Map Tools

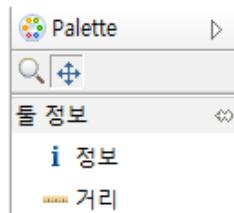
지도(Map Editor)는 사용자와 상호작용 가능한 Palette 툴, 툴 바 및 네비게이션 메뉴를 제공합니다.

- Palette Tool

Palette 툴은 확대, 이동, 정보보기, 거리측정, 피처 선택 외에 피처의 유형에 따른 다양한 편집 도구를 제공합니다.

줌(🔍) 툴은 지도의 기본 툴이며, 지도에 마우스를 이용하여 영역을 드래그하면 확대할 수 있습니다. 또한 마우스 훨을 이용하여 확대/축소가 가능합니다.

팬(❖) 툴은 지도에 마우스를 드래그하여 영역을 이동할 수 있습니다.



- Toolbar

툴바는 다음과 같은 기능을 제공합니다.



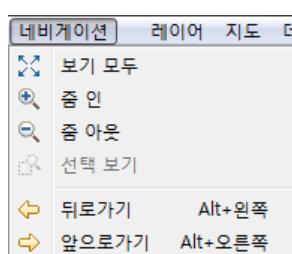
모든 데이터 보기(❖)는 현재 지도의 전체 영역을 보여 줍니다.

줌 인(🔍)과 줌 아웃(🔍)은 일정 축척의 지도 확대/축소를 할 수 있으며, 뒤로가기(⬅) 및 앞으로가기(➡) 기능을 제공합니다.

이 외에도 툴바는 편집 중 커밋 및 롤백 등의 고급 기능을 제공합니다.

- Navigation Menu

네비게이션 메뉴는 툴바의 기능을 메뉴로 제공합니다.



■ Style Editor

포인트, 라인, 폴리곤 레이어의 스타일 및 라벨을 설정하는 과정입니다. uDig의 스타일은 [OGC SLD\(Styled Layer Descriptor\)](#) 규칙을 따릅니다. 따라서 여러 개의 룰을 추가하여 축척 별로 다양한 스타일을 설정할 수 있습니다.

여기에서는 하나의 룰을 설정하는 방법만 설명합니다.

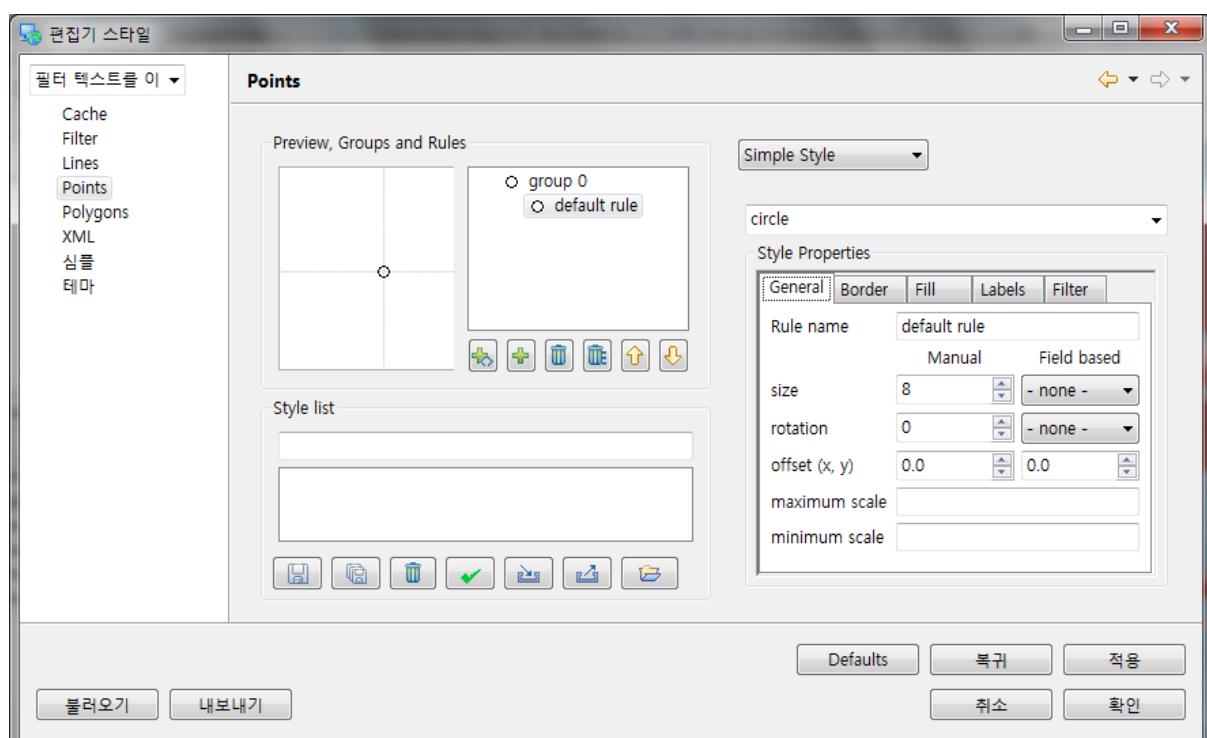
- Point Style & Label

레이어 뷰에서 [10m populated places simple] 레이어를 선택 후 버튼을 누르거나, 오른쪽 마우스를 눌러 스타일 변경... 메뉴를 실행합니다.

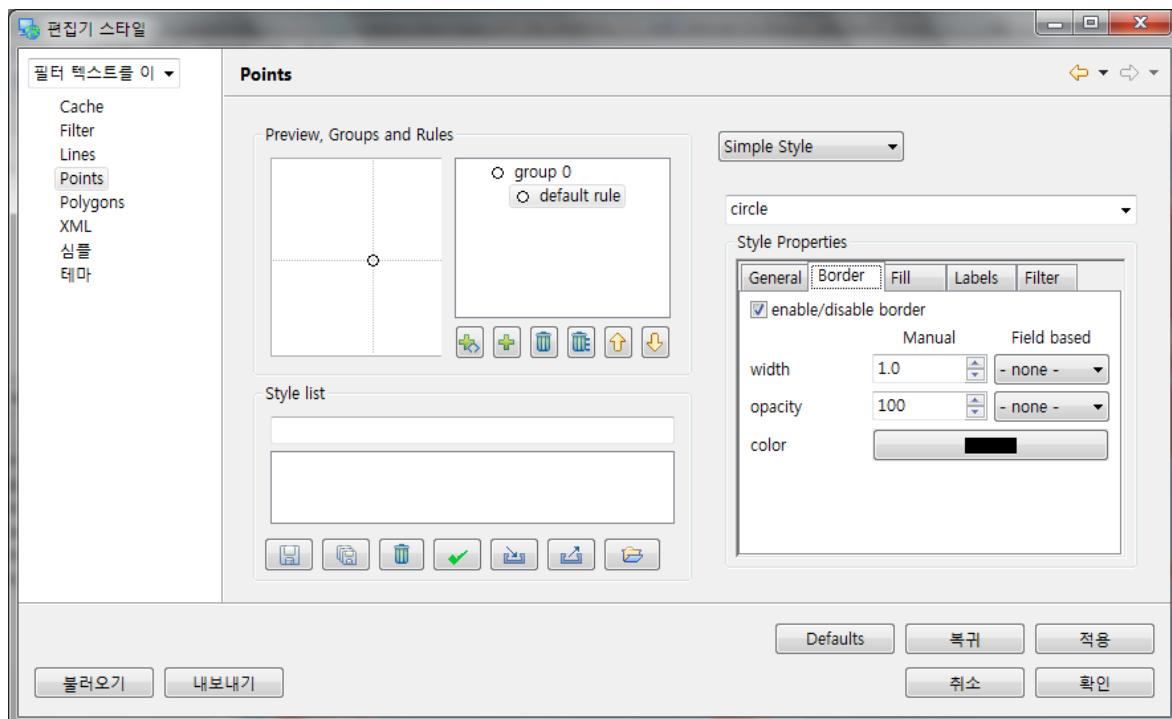
포인트 레이어는 Simple, Graphics Based, Font Based Style의 세가지 스타일을 설정할 수 있습니다.

Simple Style은 잘 알려진 마커(Marker) 스타일(cross, circle, triangle, X, star, arrow, hatch, square)을 심볼로 사용합니다.

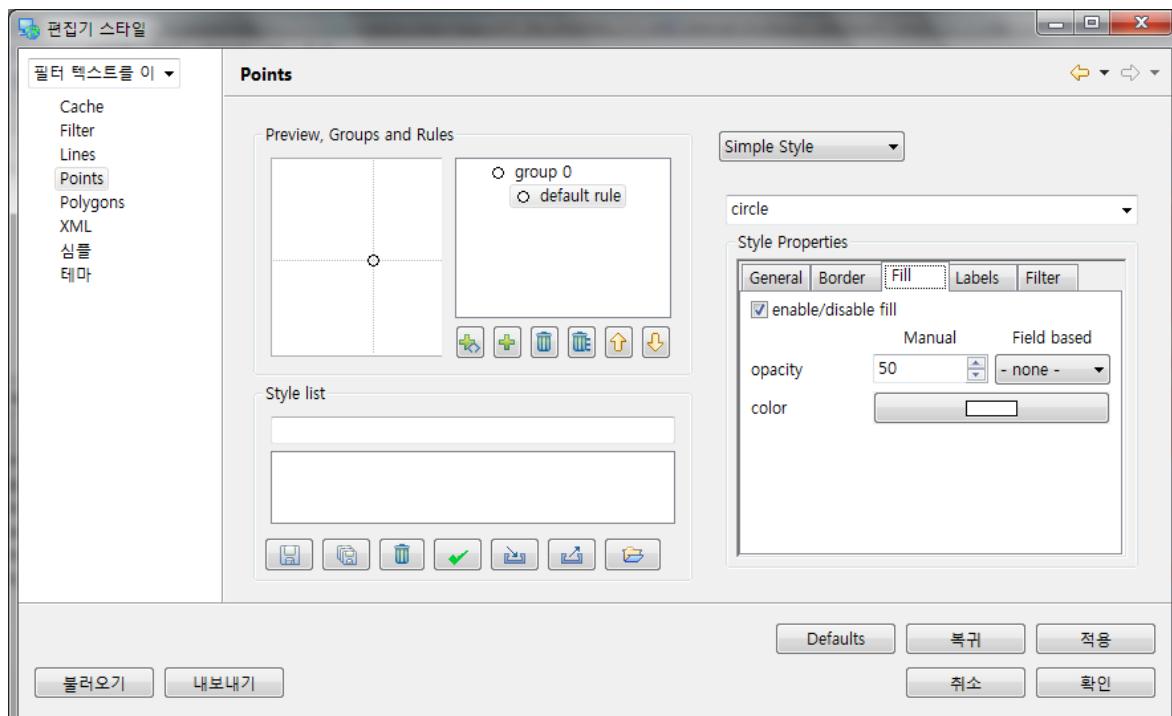
Style Properties 페이지의 General 탭에서 마커의 크기, 회전, 옵셋 및 최대/최소 축척을 설정합니다. Field based에서 필드의 값을 이용하여 동적으로 크기 및 회전을 적용할 수 있습니다. 변경 후 적용 버튼을 눌러 지도에서 미리보기 할 수 있습니다.



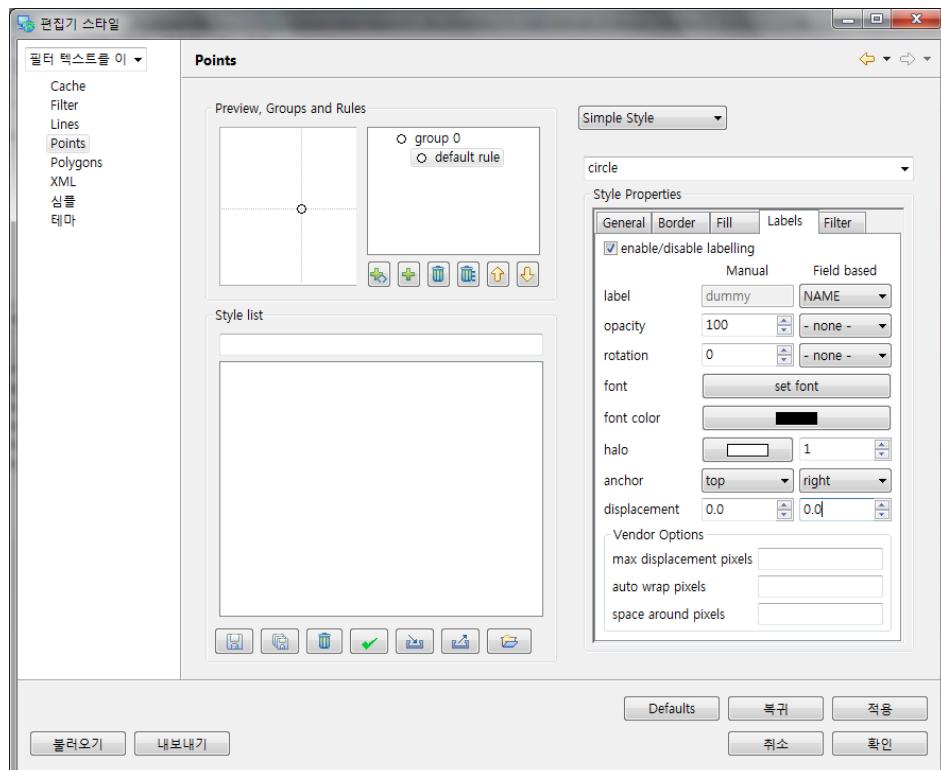
Style Properties 페이지의 Border 탭에서는 마커의 외곽선을 설정합니다. 외곽선의 두께, 투명도, 색상을 설정할 수 있습니다.



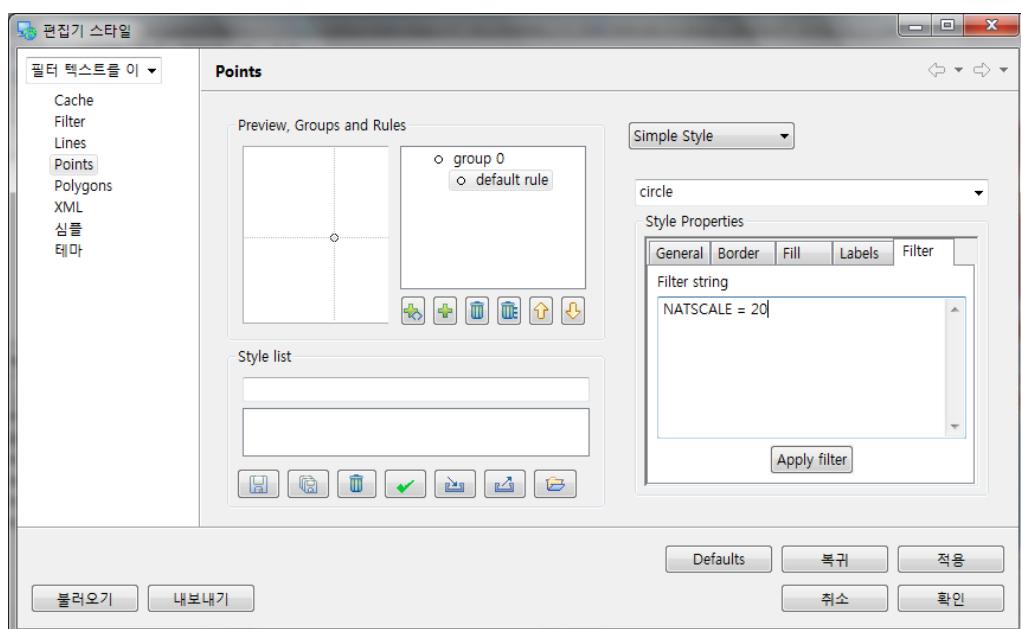
Style Properties 페이지의 Fill 탭에서는 마커의 내부 색상을 설정합니다.



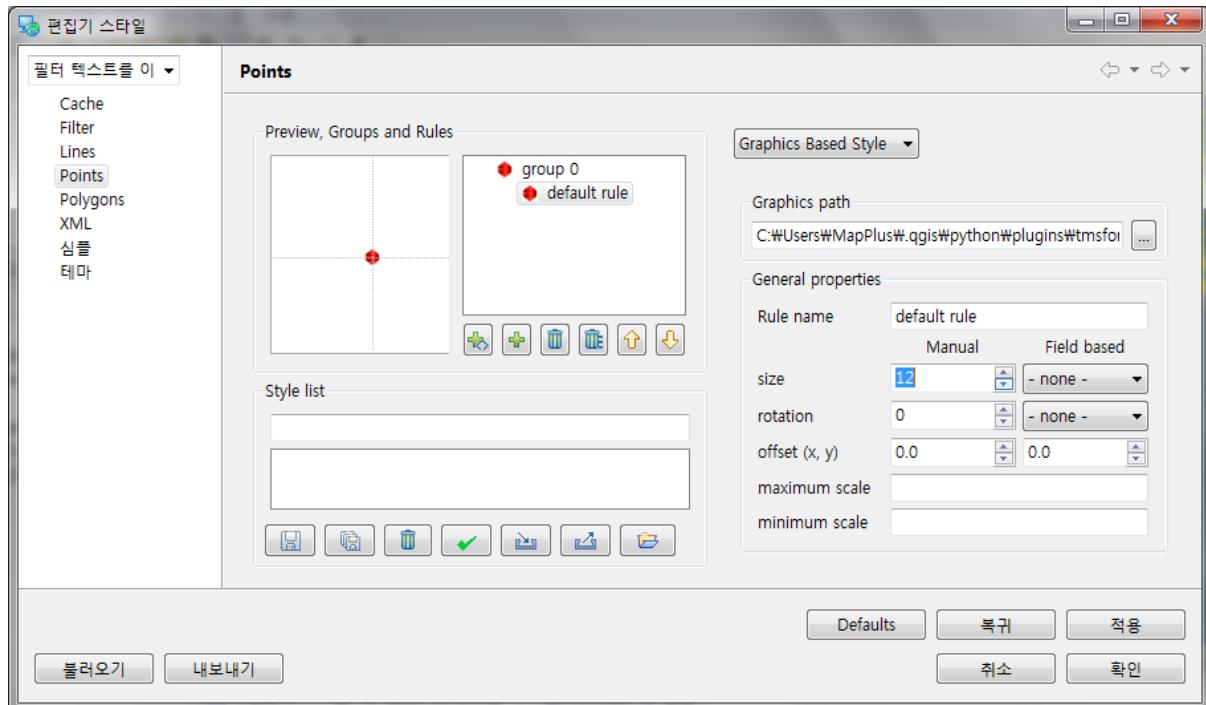
Style Properties 페이지의 Labels 탭에서는 현재 룰에 대한 레이블을 설정합니다. 레이블을 설정할 필드, 폰트 및 폰트 색상, Halo 등을 설정할 수 있으며, SLD 를 확장한 Vendor Options 을 추가로 설정할 수 있습니다.



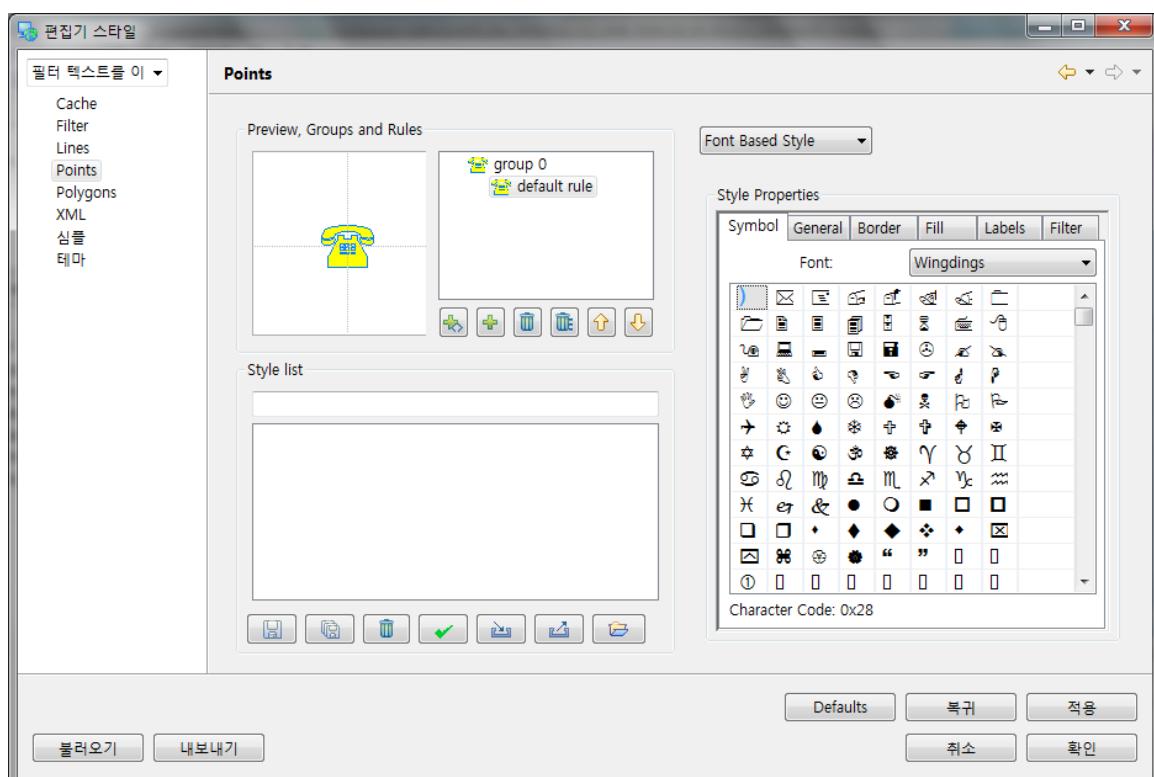
Style Properties 페이지의 Filter 탭에서는 현재 룰에 대한 필터를 설정합니다. 필터는 해당 조건과 일치하는 피처만 지도에 그리는 역할을 합니다.



Graphics Based Style 은 로컬 또는 웹상의 이미지를 마커 심볼로 사용합니다.



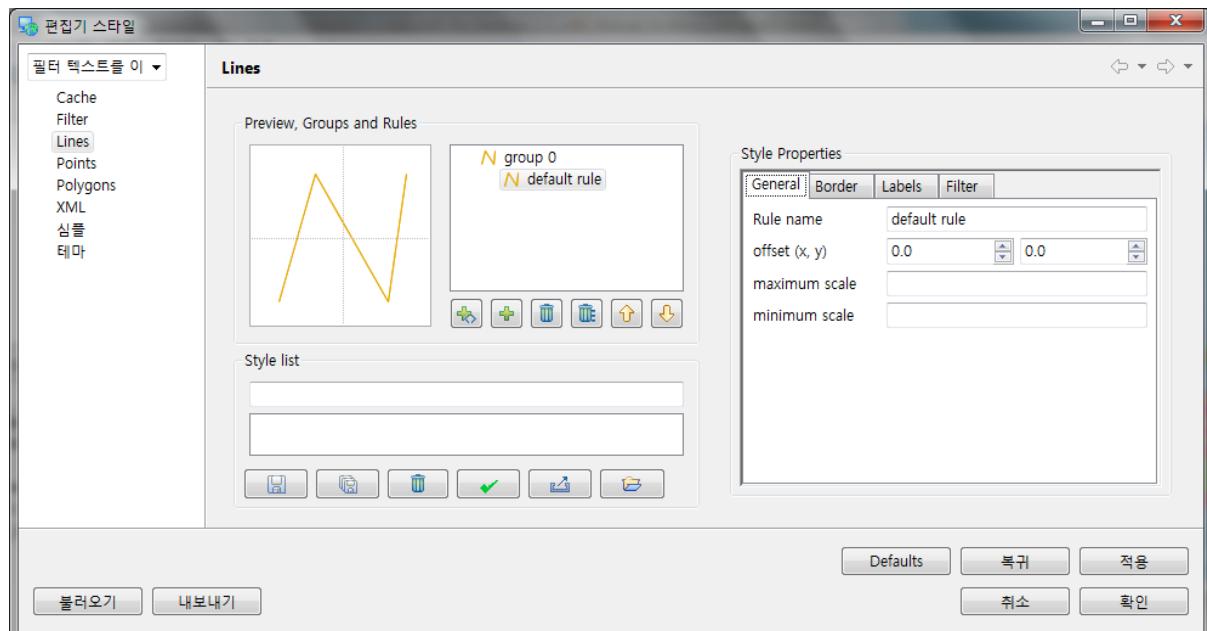
Font Based Style 은 트루 타입 폰트를 마커 심볼로 사용합니다. General, Border, Fill, Labels, Filter 탭은 Simple Style 과 동일합니다.



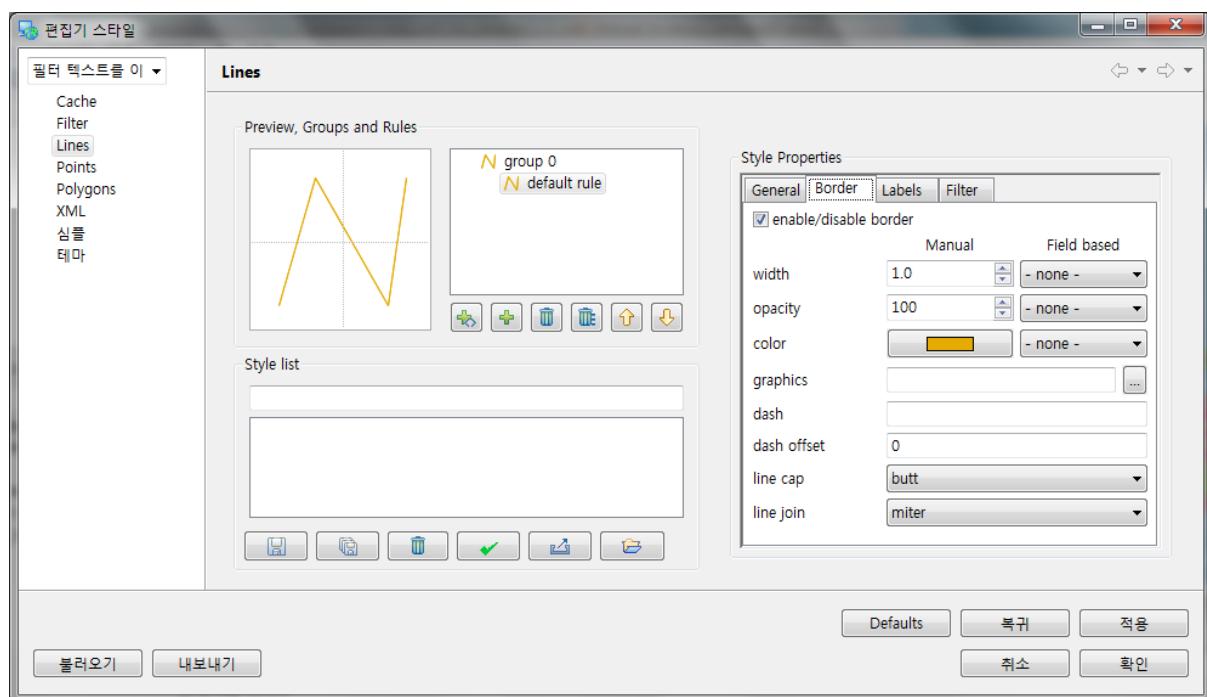
- LineString Style

[10m rivers lake centerlines] 레이어를 선택 후 스타일 편집기(를 실행 후 테마 탭으로 이동합니다.

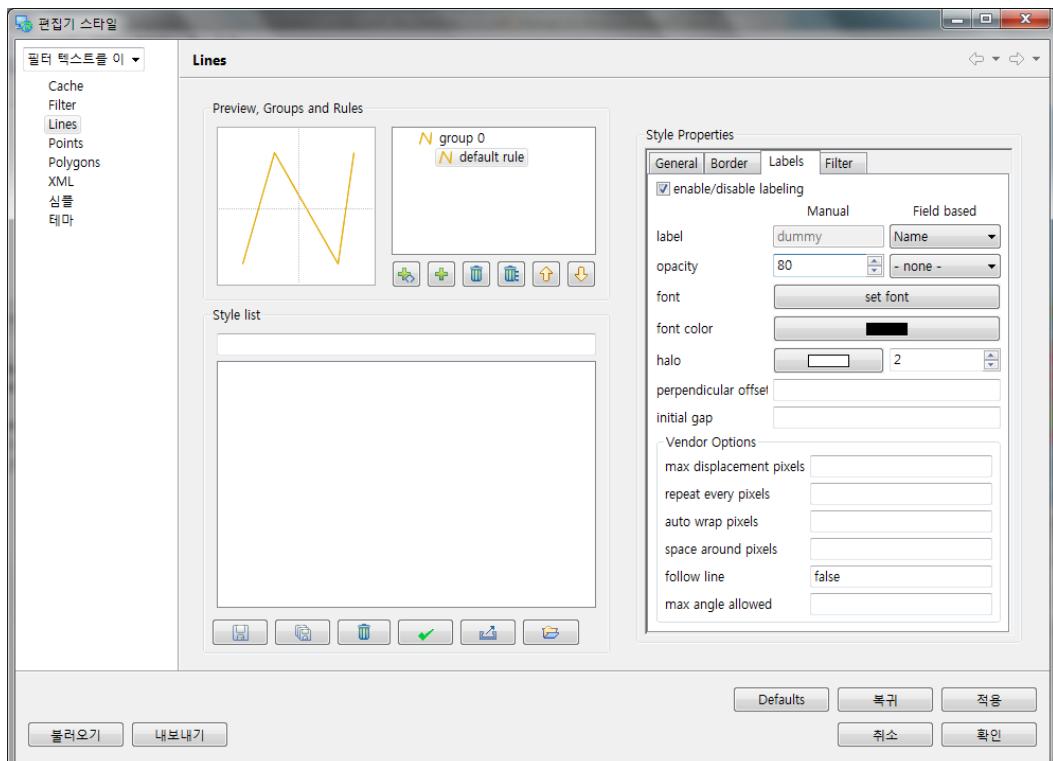
Style Properties 페이지의 General 탭에서 옵셋 및 최대/최소 축척을 설정합니다.



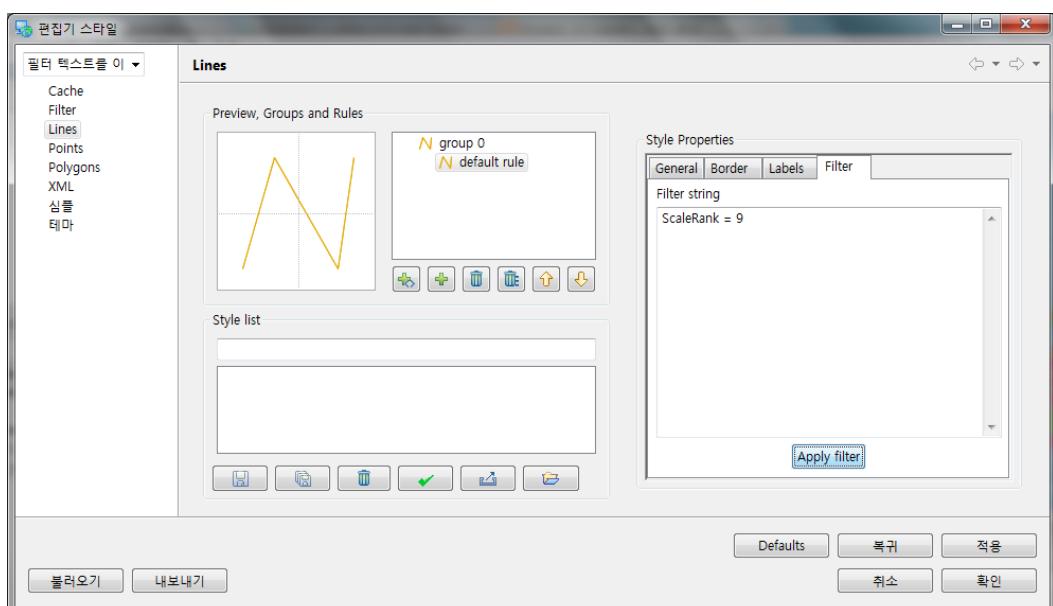
Style Properties 페이지의 Border 탭에서는 라인의 두께, 투명도, 색상 등을 설정할 수 있습니다. 고급 옵션으로 그래픽을 사용하거나 대시(Dash) 스타일을 설정할 수 있습니다.



Style Properties 페이지의 Labels 탭에서는 현재 룰에 대한 레이블을 설정합니다. 레이블을 설정할 필드, 폰트 및 폰트 색상, Halo 등을 설정할 수 있으며, SLD를 확장한 Vendor Options을 추가로 설정할 수 있습니다.



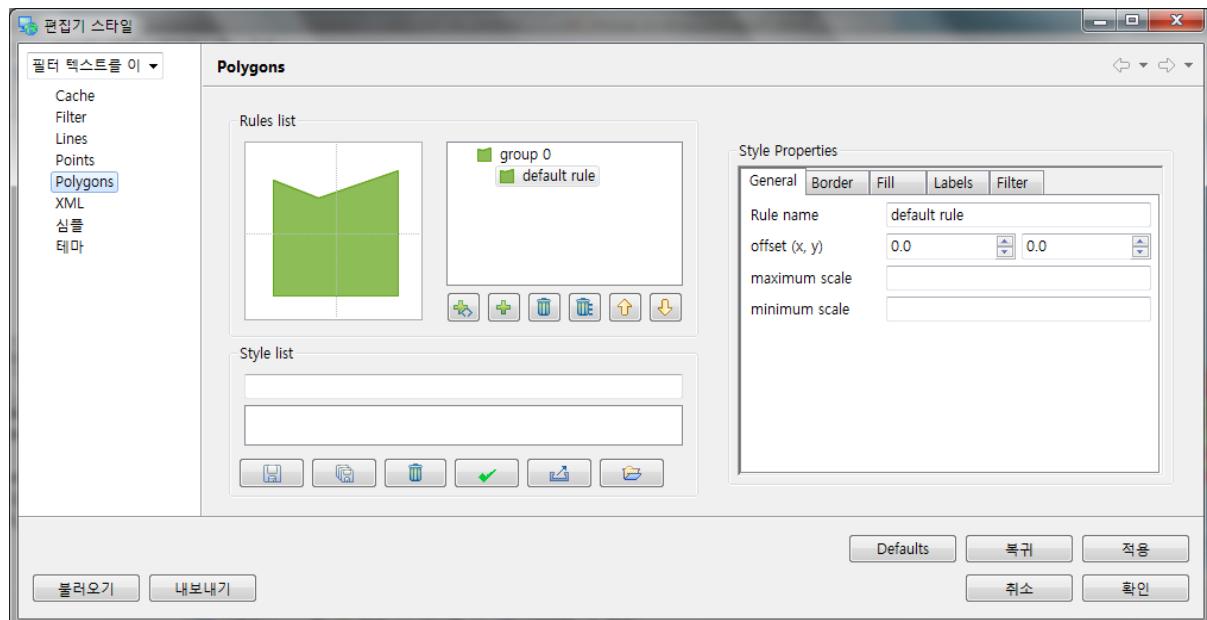
Style Properties 페이지의 Filter 탭에서는 현재 룰에 대한 필터를 설정합니다. 필터는 해당 조건과 일치하는 피처만 지도에 그리는 역할을 합니다.



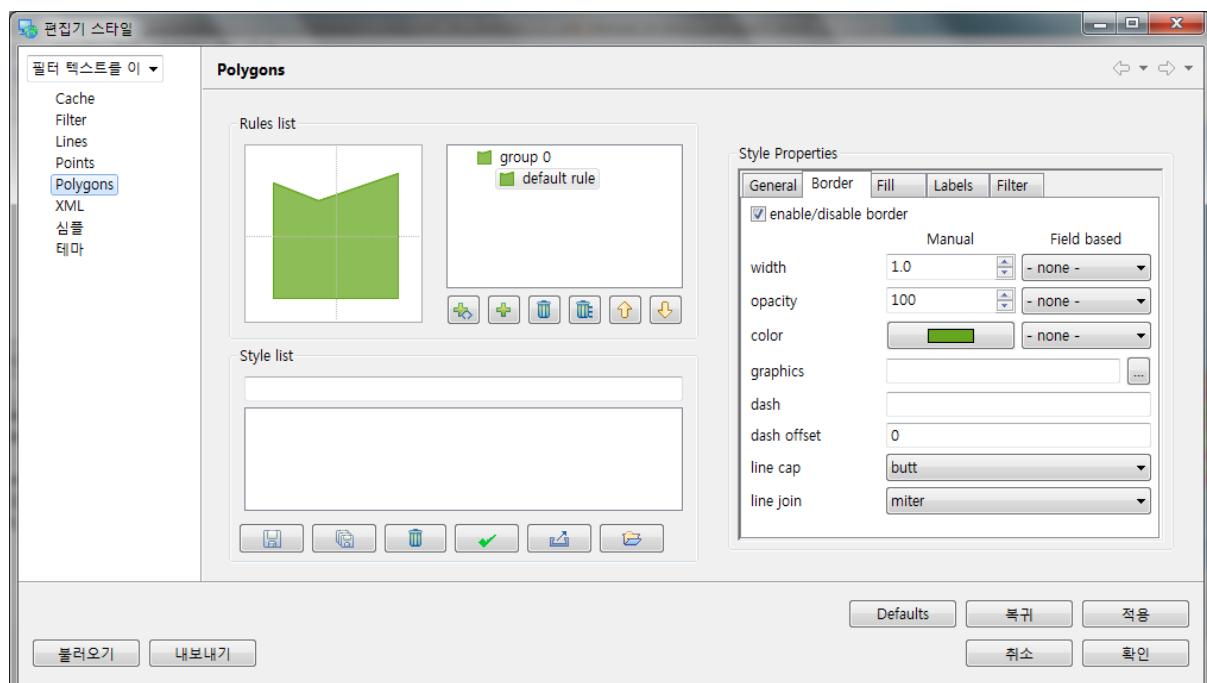
● Polygon Style

[10m admin 0 countries] 레이어를 선택 후 스타일 편집기()를 실행 후 테마 탭으로 이동합니다.

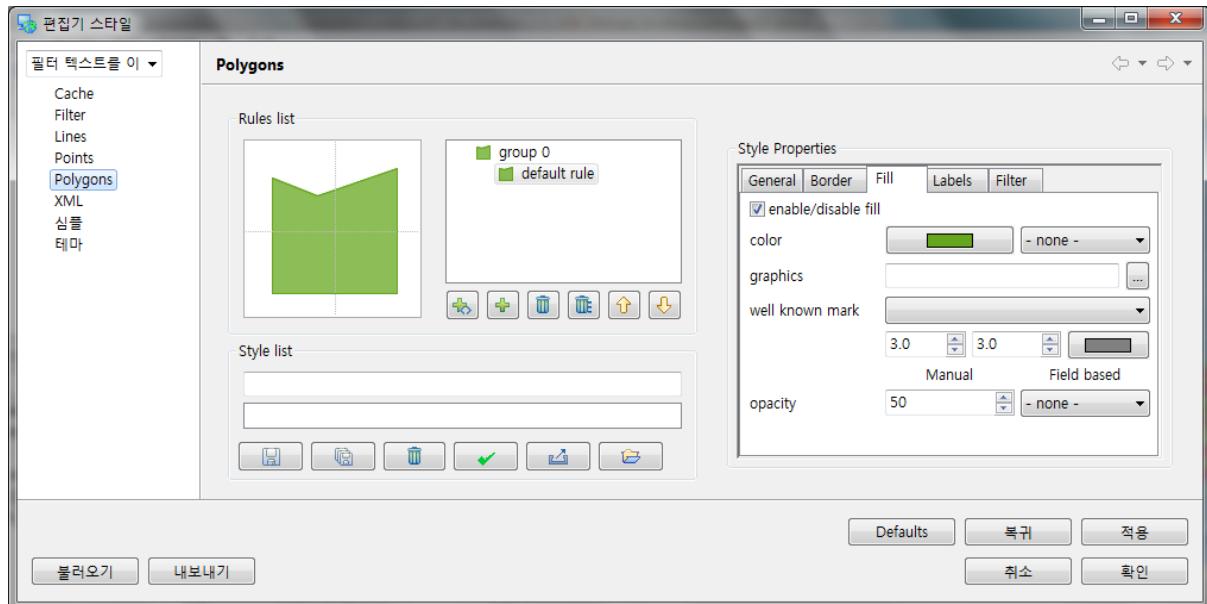
Style Properties 페이지의 General 탭에서 옵셋 및 최대/최소 축척을 설정합니다.



Style Properties 페이지의 Border 탭에서는 외곽선의 두께, 투명도, 색상을 설정할 수 있습니다.

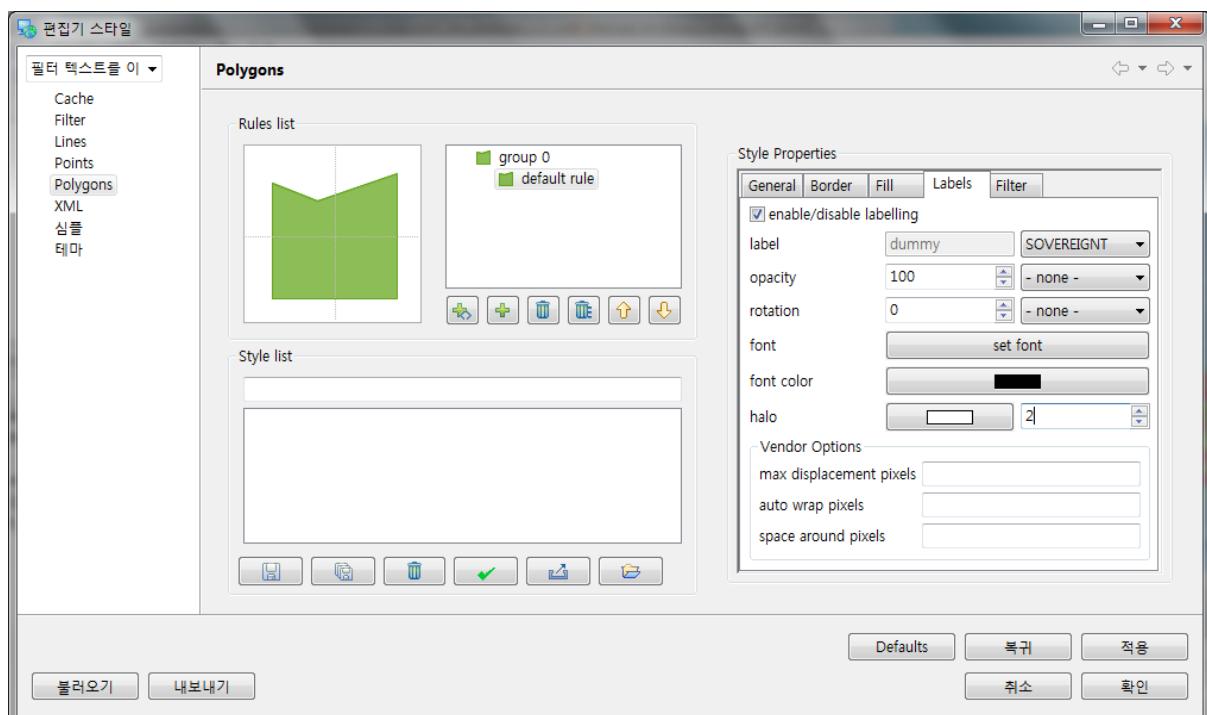


Style Properties 페이지의 Fill 탭에서는 폴리곤 내부 색상을 설정합니다.

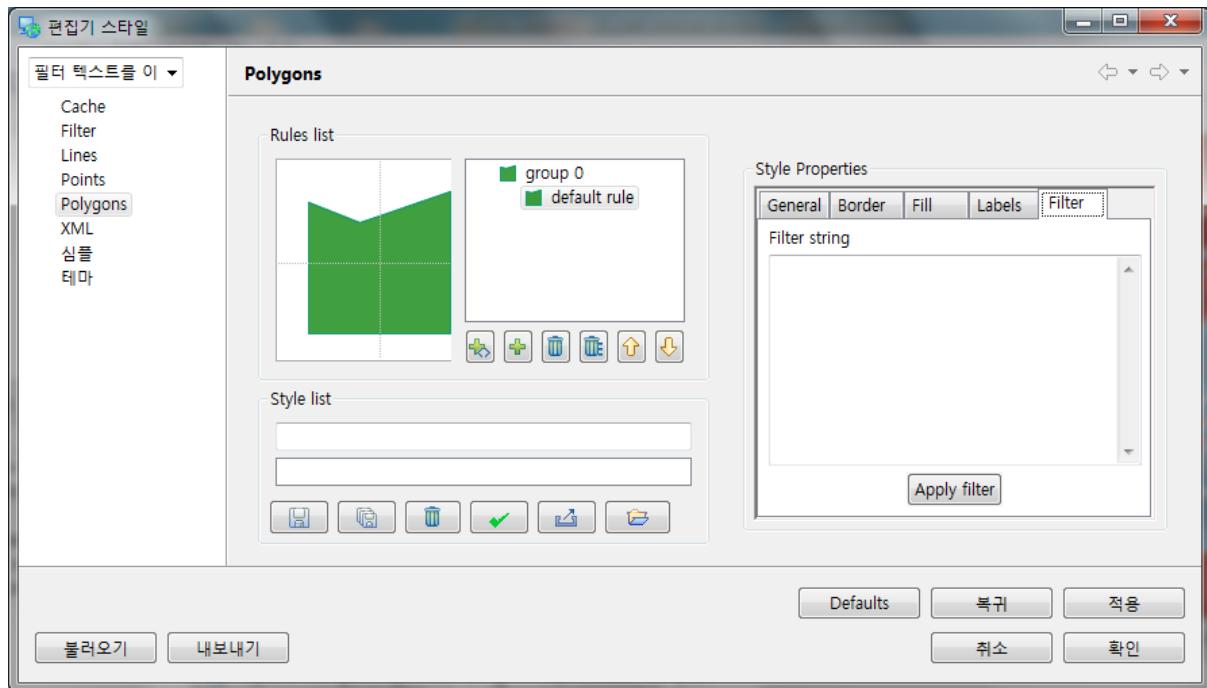


Style Properties 페이지의 Labels 탭에서는 현재 룰에 대한 레이블을 설정합니다.

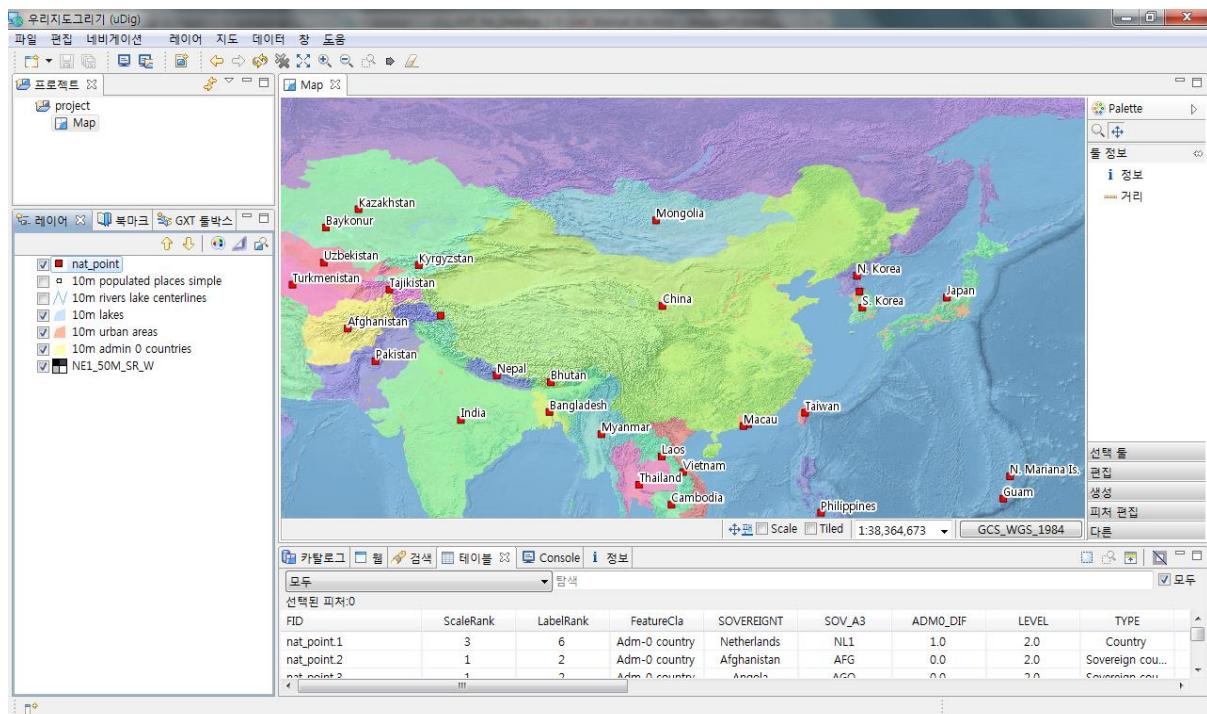
레이블을 설정할 필드, 폰트 및 폰트 색상, Halo 등을 설정할 수 있으며, SLD를 확장한 Vendor Options을 추가로 설정할 수 있습니다.



Style Properties 페이지의 Filter 탭에서는 현재 룰에 대한 필터를 설정합니다. 필터는 해당 조건과 일치하는 피처만 지도에 그리는 역할을 합니다.



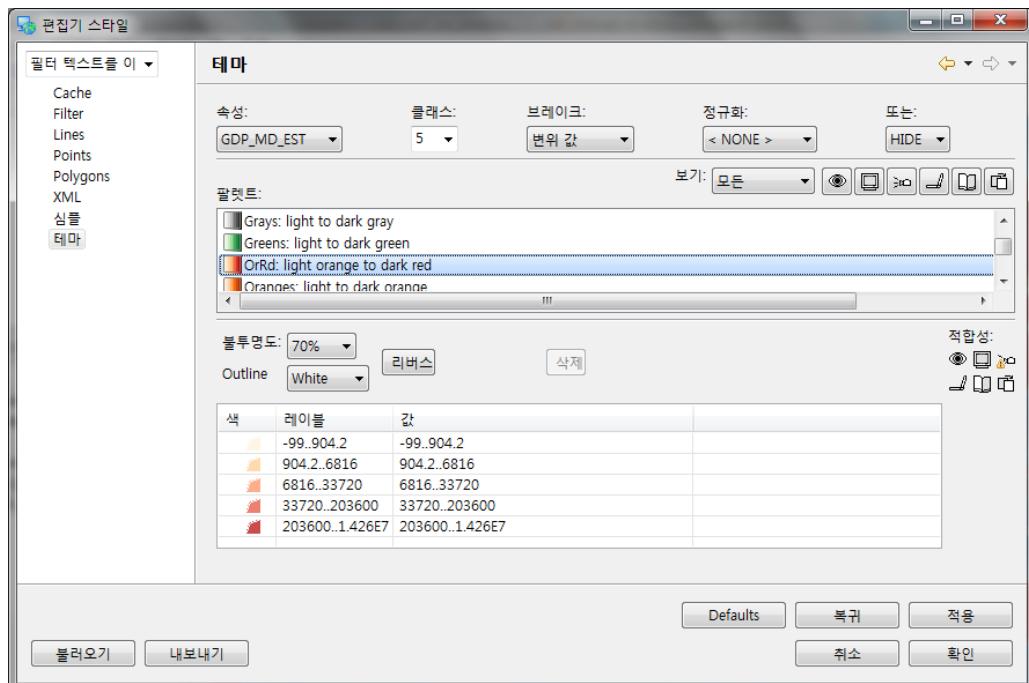
지도의 레이어에 대한 스타일 설정 후의 모습입니다.



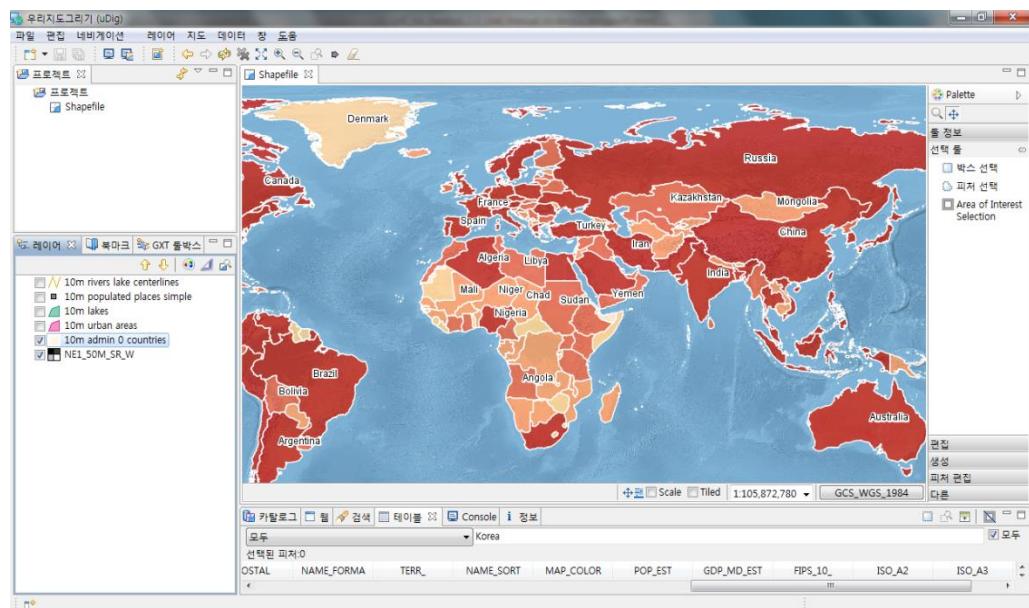
- Theme

기본 스타일 이외에 uDig 에서는 Color Brewer (<http://colorbrewer2.org/js/>)에서 사용하는 테마를 사용하여 주제도 생성을 쉽게 할 수 있습니다.

[10m admin 0 countries] 레이어를 선택 후 스타일 편집기()를 실행 후 테마 탭으로 이동합니다. 속성 콤보박스에서 GDP_MD_EST 필드를 선택, 클래스는 5, 브레이크는 범위 값을 선택 후 팔레트에서 적절한 컬러맵을 선택하면 자동으로 급간이 분류됩니다.



다음은 위 컬러맵을 적용하여 그린 주제도입니다.



■ Table

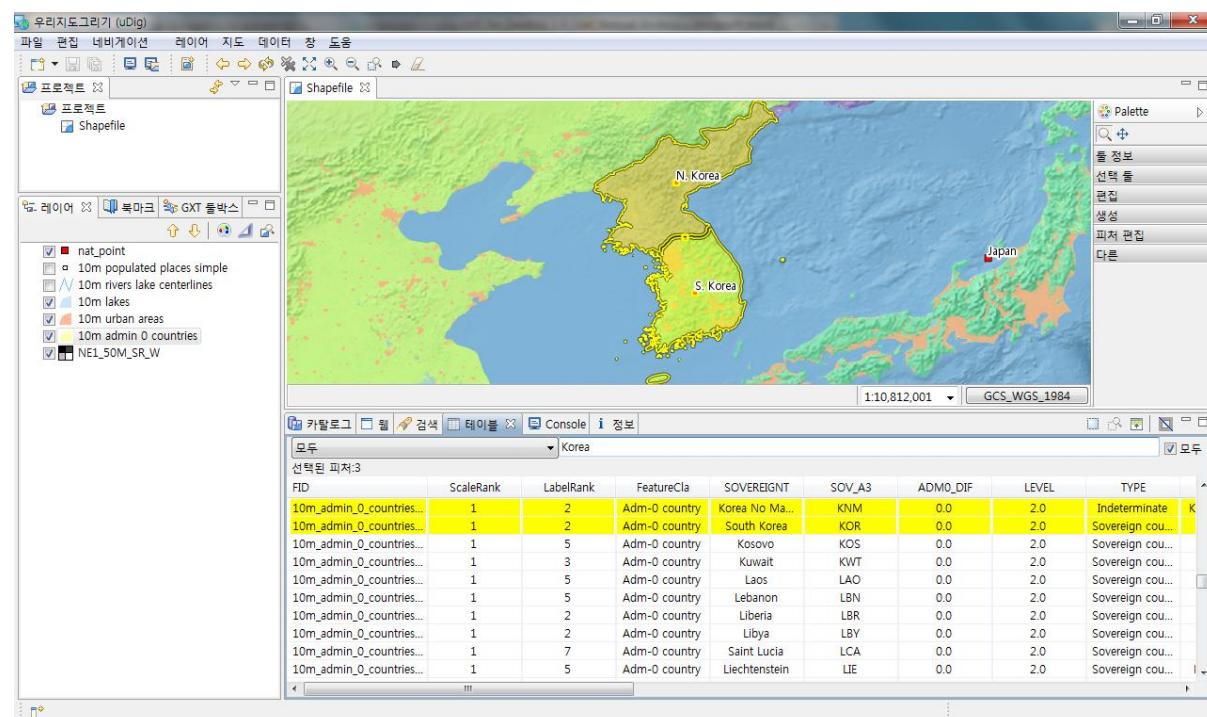
uDig 의 테이블 뷰는 벡터 레이어의 속성을 검색하거나 편집이 가능한 레이어에 대해서는 속성 편집을 지원합니다.

테이블 뷰의 우 상단에는 도구들이 제공되며 피처의 선택, 선택한 피처로의 확대 등의 기능을 사용할 수 있습니다.

레이어 뷰에서 테이블을 보고자 하는 레이어를 선택하면 테이블 뷰에서는 테이블이 자동 업데이트 됩니다.

아래 그림처럼 검색 필터에 Korea 라고 입력 후 엔터 키를 누르면 피처의 속성 중 Korea 를 포함한 피처들이 선택됩니다. [모두] 콤보박스에서 특정 필드만 선택 후 검색할 수 있습니다.

속성 편집을 하려면 수정할 필드 값을 수정하고 툴바에서 저장 버튼을 누르면 됩니다.



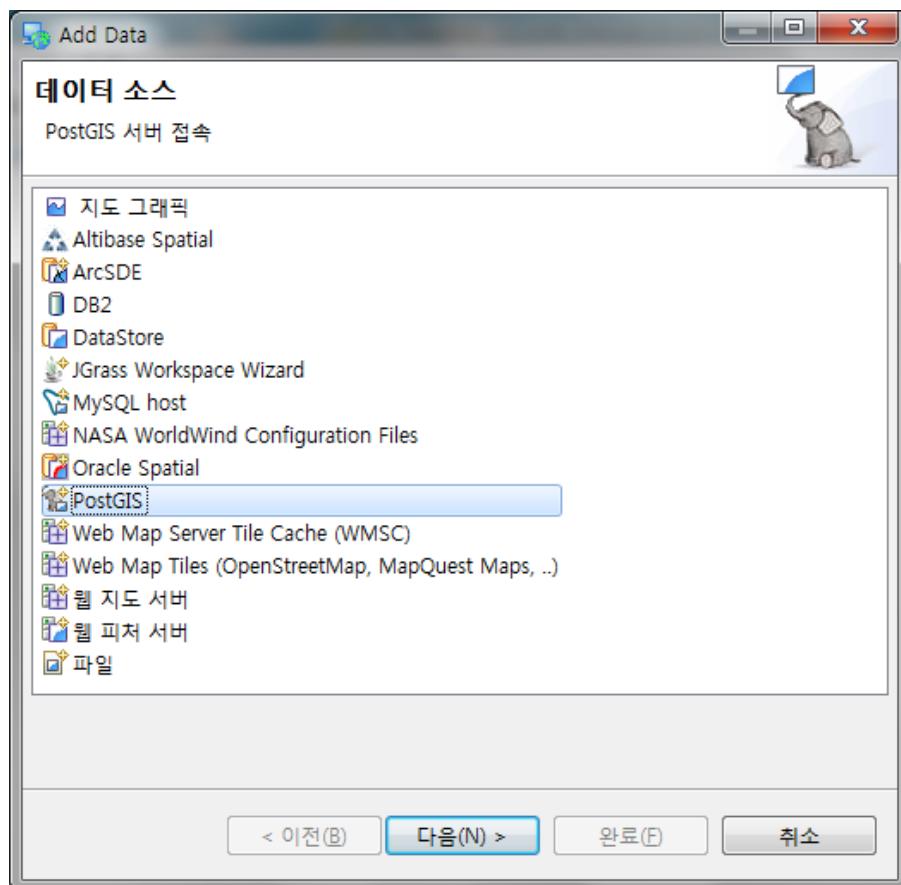
3.3.4. PostGIS Layer

만약 PostGIS 가 설치되어 있지 않거나 사용할 수 없는 환경이면 [4.5.5 Raster Layer](#) 로 넘어가십시오. 우선 [파일] → [새로운 작업] → [새로운 지도] 메뉴를 실행합니다. 지도의 이름을 PostGIS 로 변경 후 PostGIS 지도를 활성화합니다.

■ Add PostGIS Layers

[레이어] → [추가 ...] 메뉴를 실행합니다.

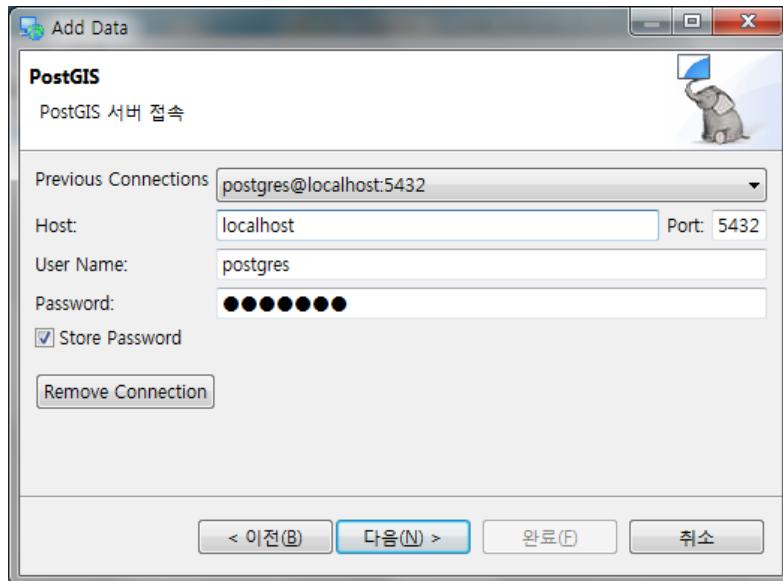
다음 그림과 같이 PostGIS 데이터 소스를 선택 후 [다음] 버튼을 누릅니다.



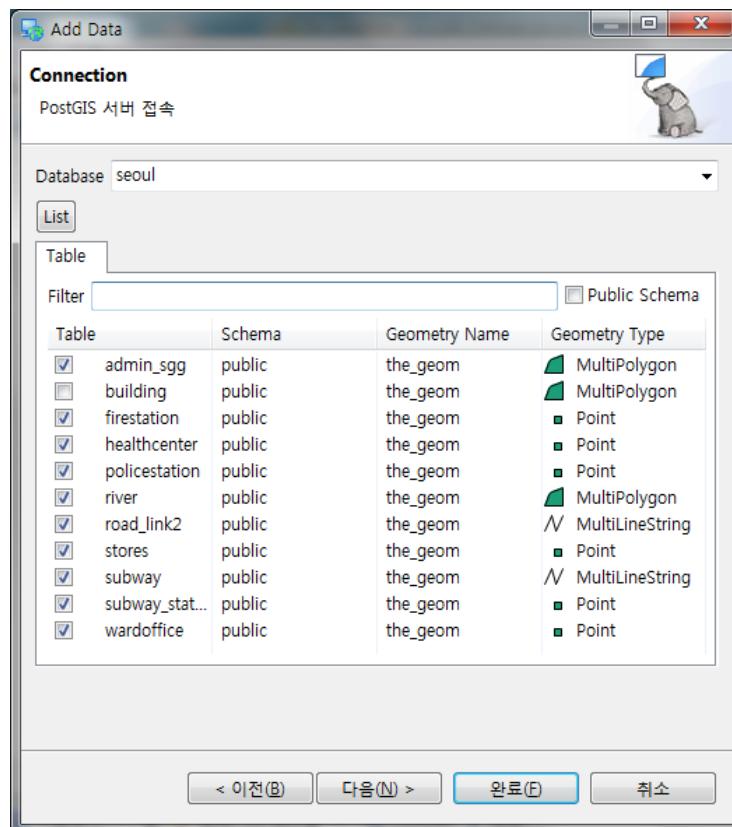
PostGIS 서버 접속을 위한 정보를 입력합니다.

Host, Port, User Name, Password 정보 입력 후 다음에 이 연결정보를 패스워드 입력 없이 계속 사용하려면 Store Password 체크박스를 선택합니다.

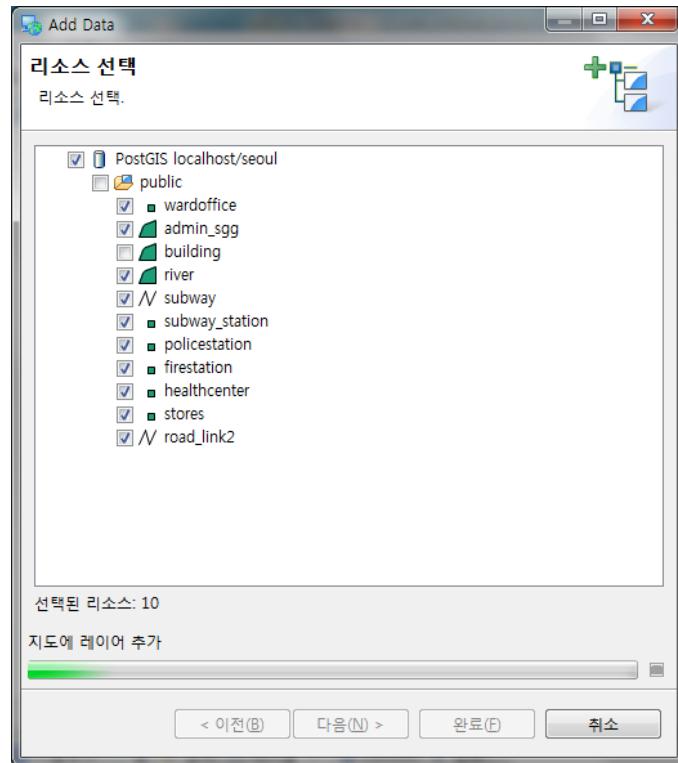
한 번 사용한 연결정보는 Previous Connections 콤보 박스에 저장이 되며, Remove Connection 버튼을 누르면 저장했던 정보를 삭제할 수 있습니다.



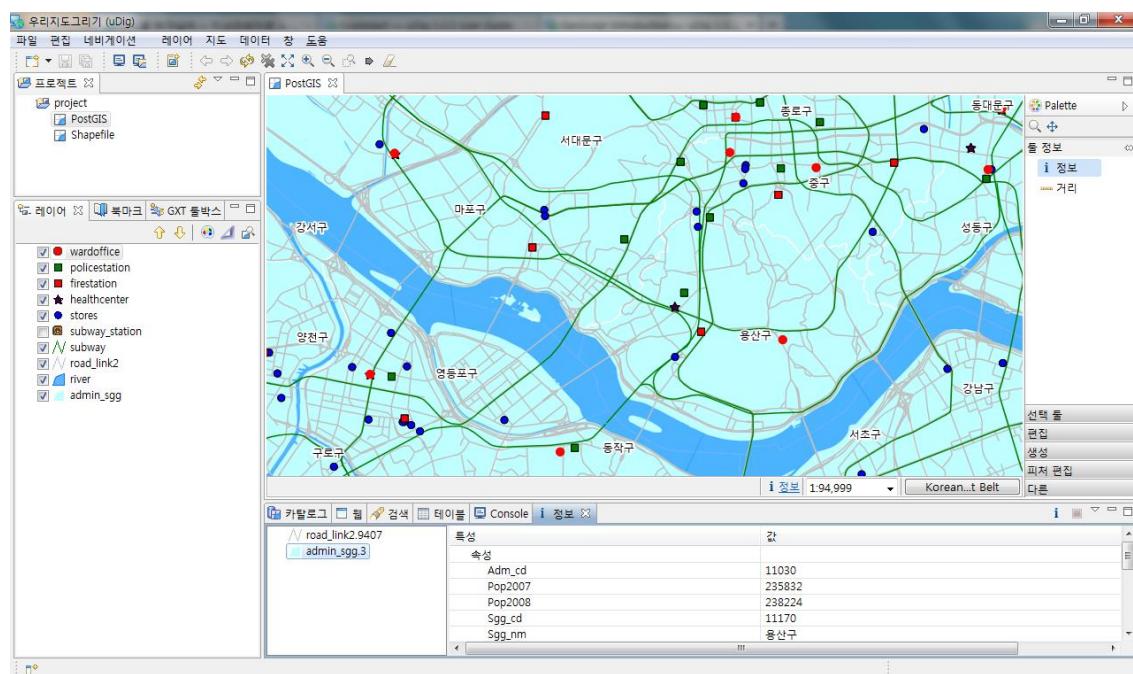
PostGIS에 연결되면 아래의 단계로 이동합니다. 우선 접속할 Database를 선택 후 [List] 버튼을 누르면 다음과 같이 선택한 데이터베이스에 포함된 레이어를 불러옵니다. 지도에 추가할 레이어를 체크박스 선택 후 [완료] 버튼을 누릅니다. 접속한 사용자의 권한에 따라 레이어 불러오기 및 편집에 제약이 있습니다.



이제 다음과 같은 리소스 선택창이 생성되고 잠시 후면 지도에 레이어가 추가됩니다.



이후의 활용 과정은 Shapefile 레이어 사용과 동일합니다.

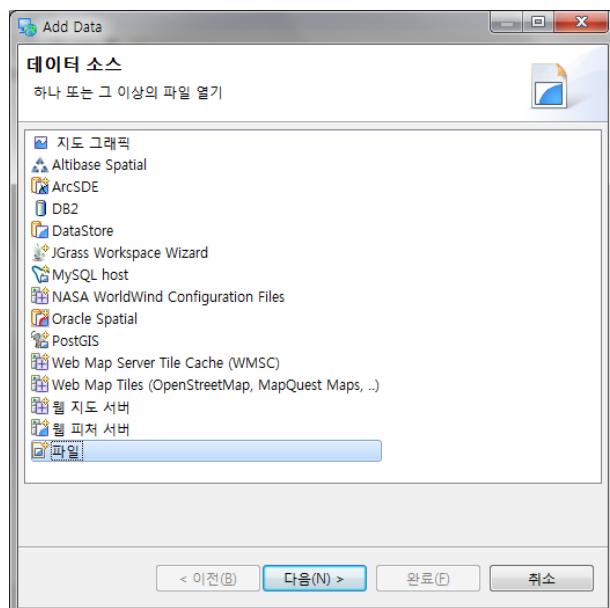


3.3.5. Raster Layer

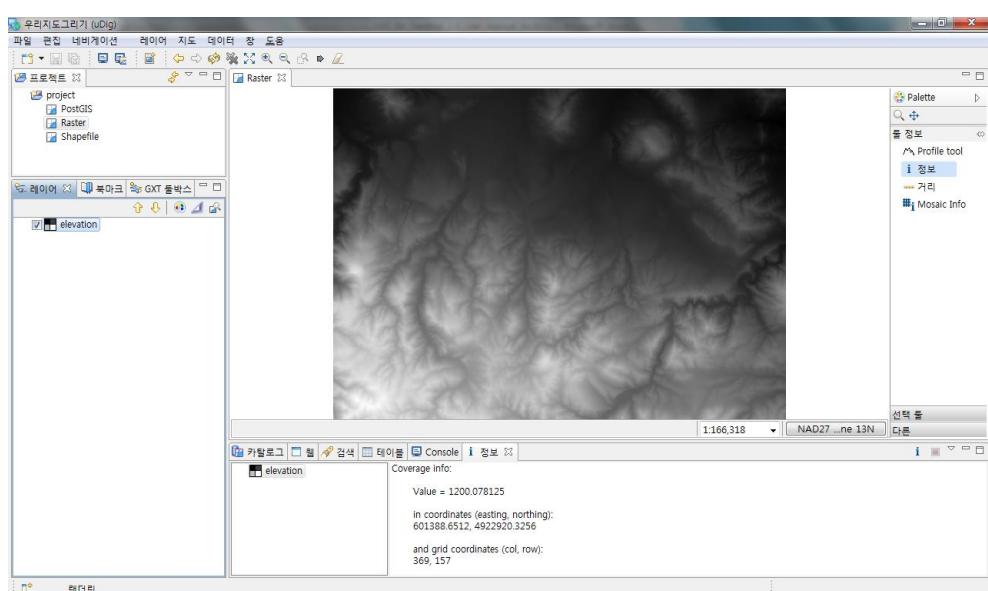
이 장은 다운로드 한 spearfish elevation(DEM) 래스터 레이터 셋을 활용합니다. [파일] → [새로운 작업] → [새로운 지도] 메뉴를 실행합니다. 지도의 이름을 Raster 로 변경 후 Raster 지도를 활성화합니다.

■ Add Raster Layer

[레이어] → [추가 ...] 메뉴를 실행합니다. 다음 그림과 같이 [파일] 데이터 소스를 선택 후 [다음] 버튼을 누르거나, [파일] 데이터 소스를 더블클릭 합니다.



다운로드 후 압축을 푼 위치로 이동하여 elevation.asc 파일을 선택합니다. 다음과 같이 Raster 지도에 elevation 레이어가 추가됩니다.



■ Style Editor

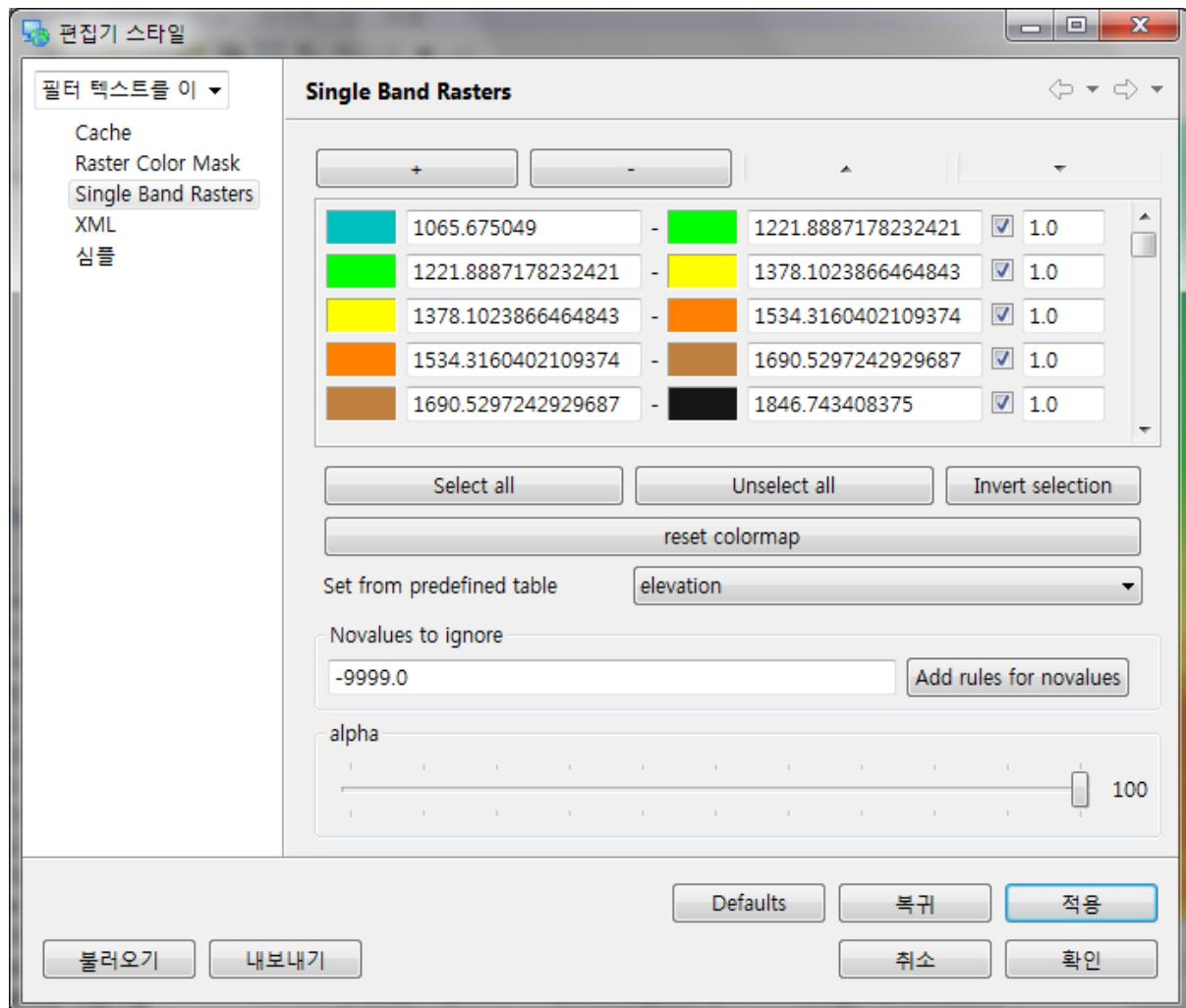
Elevation 레이어 선택 후 버튼을 누르거나, 오른쪽 마우스를 눌러 스타일 변경... 메뉴를 실행합니다.

스타일 편집기 윈도가 표시되면 [Single Band Rasters] 탭으로 이동합니다.

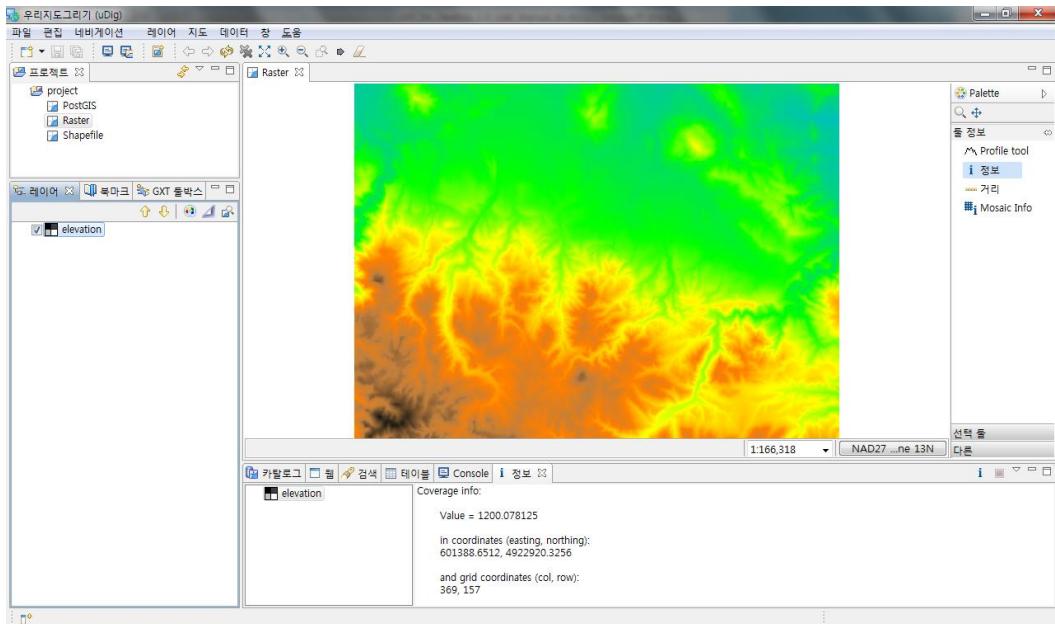
Reset Colormap 버튼 클릭 후 [Set from predefined table] 콤보박스에서 [elevation]을 선택합니다.

만약 NoData 를 설정하려면 [Novalues to ignore] 텍스트박스에 NoData 값을 입력 후 [Add rules for novalues] 버튼을 눌러 추가할 수 있습니다.

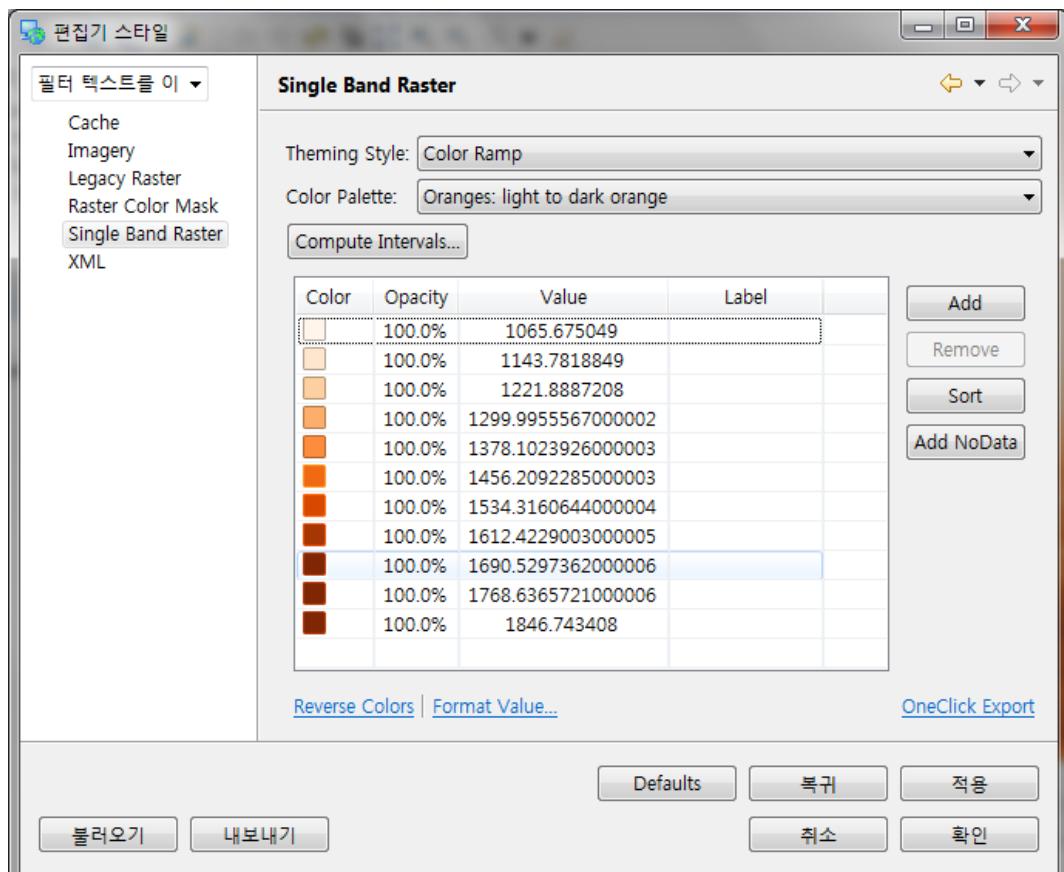
Alpha 슬라이더 컨트롤에서 투명도를 조절할 수도 있습니다.



새로운 래스터 스타일이 적용된 모습은 다음과 같습니다.



uDig 1.4.0 버전 이후부터는 아래와 같이 [Single Band Raster] 탭이 개선되었습니다.



3.3.6. OGC WMS/WFS Layer

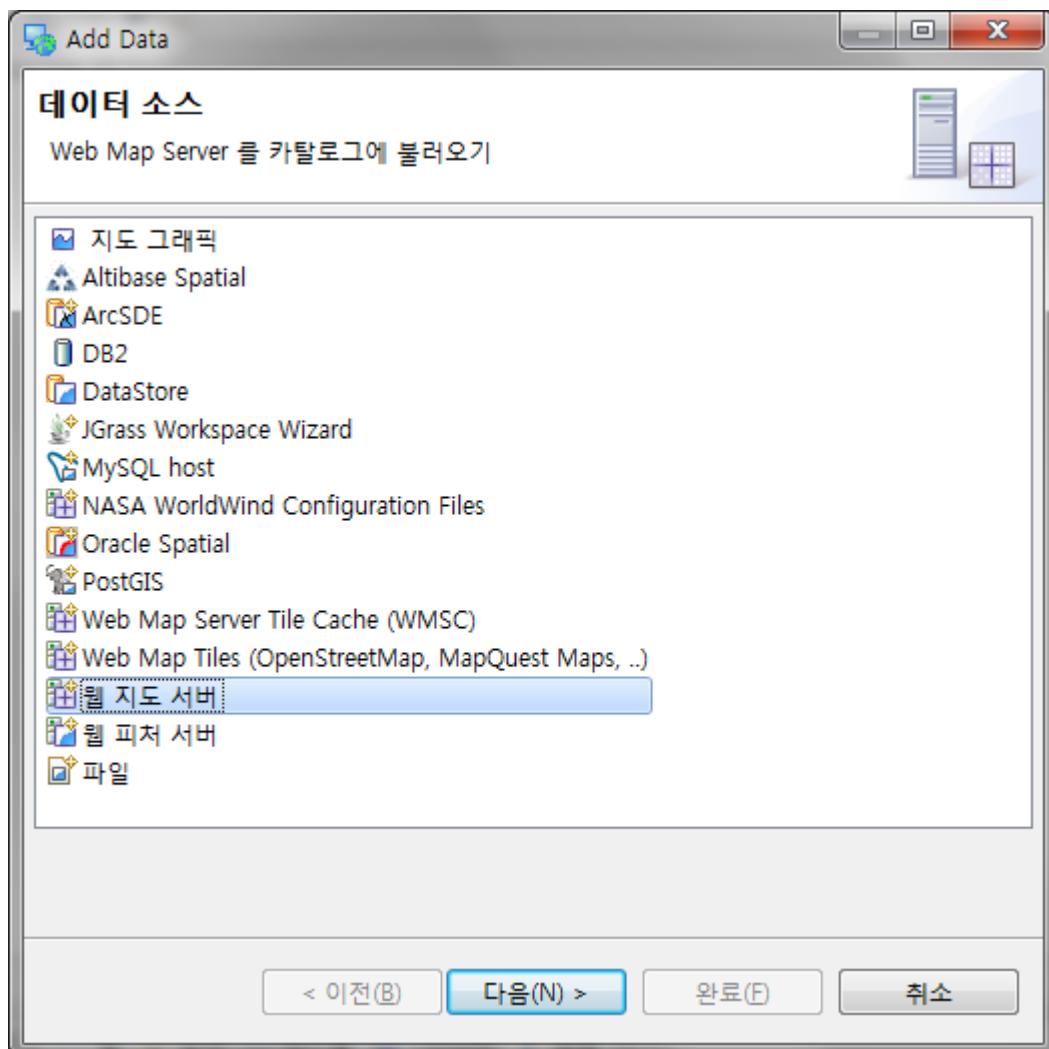
이 장은 OGC 표준 WMS, WFS 레이어를 추가하는 과정입니다.

[파일] → [새로운 작업] → [새로운 지도] 메뉴를 실행합니다. 지도의 이름을 OGC Service 로 변경 후 OGC Service 지도를 활성화합니다.

■ Add WMS Layer

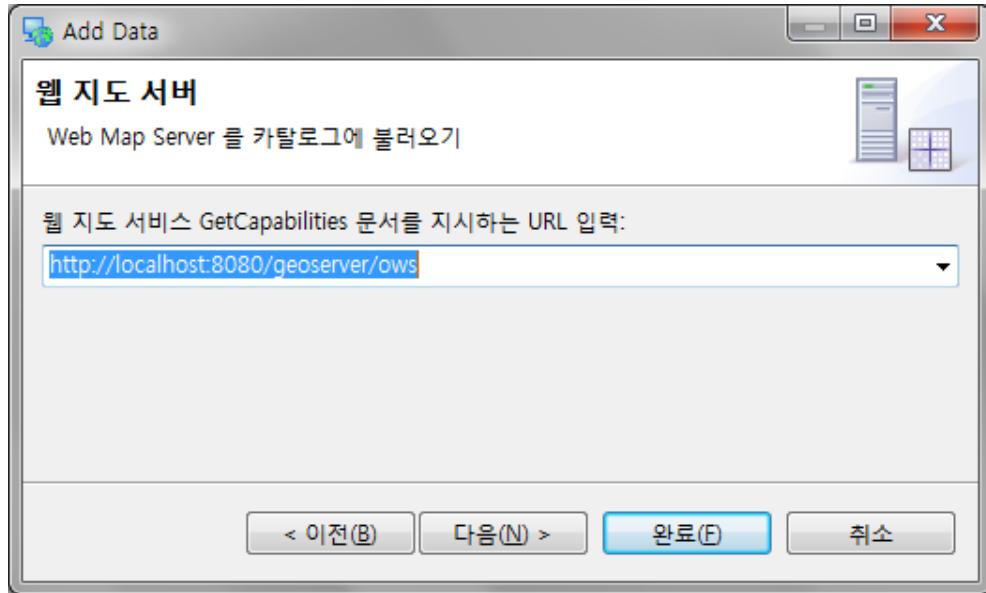
[레이어] → [추가 ...] 메뉴를 실행합니다.

다음 그림과 같이 [웹 지도 서버] 데이터 소스를 선택 후 [다음] 버튼을 누르거나, [웹 지도 서버] 데이터 소스를 더블클릭 합니다.

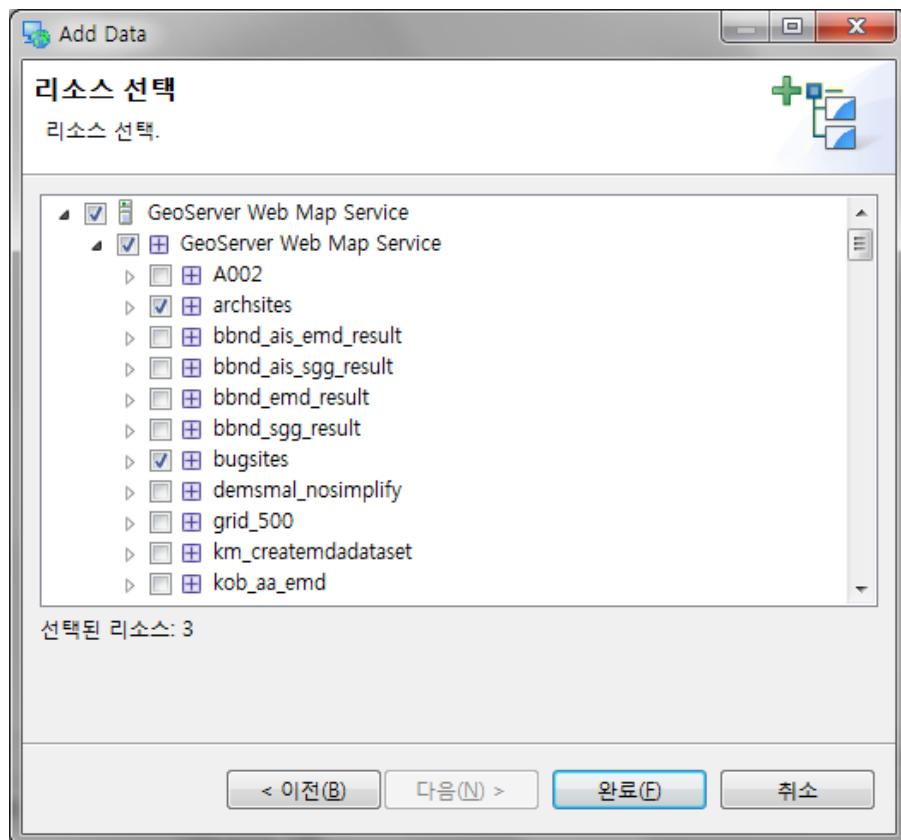


웹 지도 서버(WMS)의 URL 을 입력합니다.

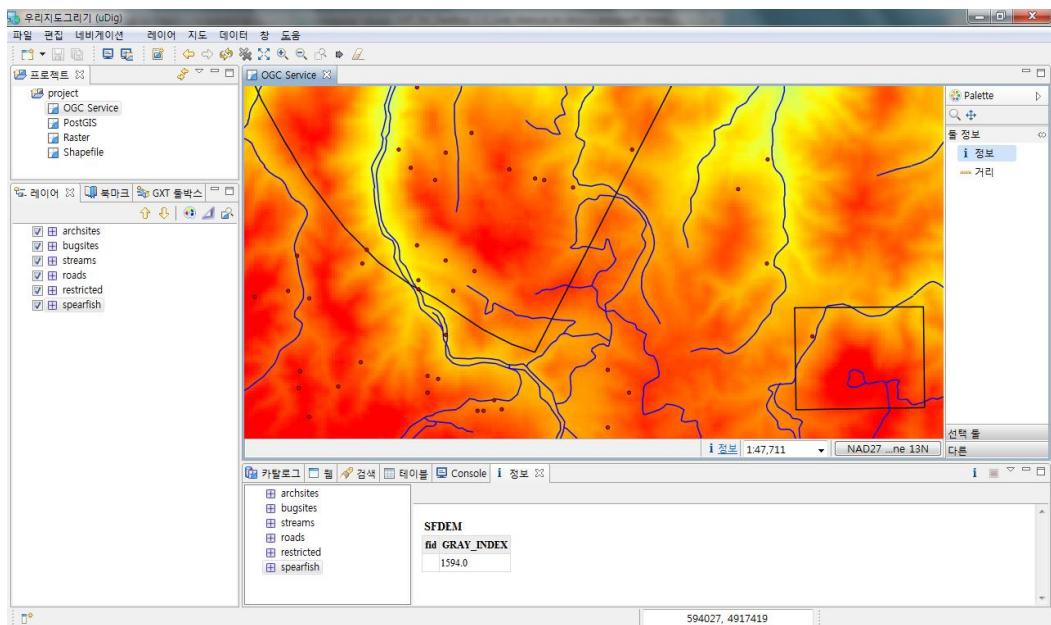
GeoServer 를 WMS 서버로 사용하는 경우 아래 그림과 같이
<http://localhost:8080/geoserver/wms> URL 을 입력하면 됩니다.



리소스 선택에서 불러올 레이어를 선택 후 [완료] 버튼을 누릅니다.

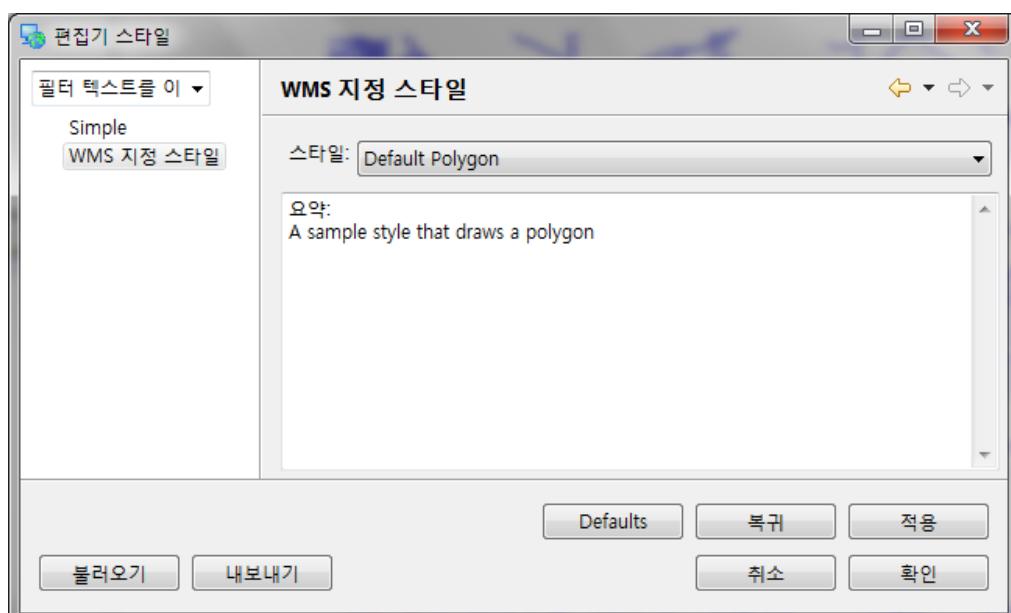


다음은 GeoServer 에서 기본으로 제공하는 spearfish 데이터 셋을 불러온 화면입니다.



WMS 레이어는 서버에서 스타일을 정의한 후 서비스를 발행합니다. uDig 과 같은 WMS 클라이언트는 서버에서 미리 정의한 스타일을 선택하여 심볼을 변경할 수 있습니다.

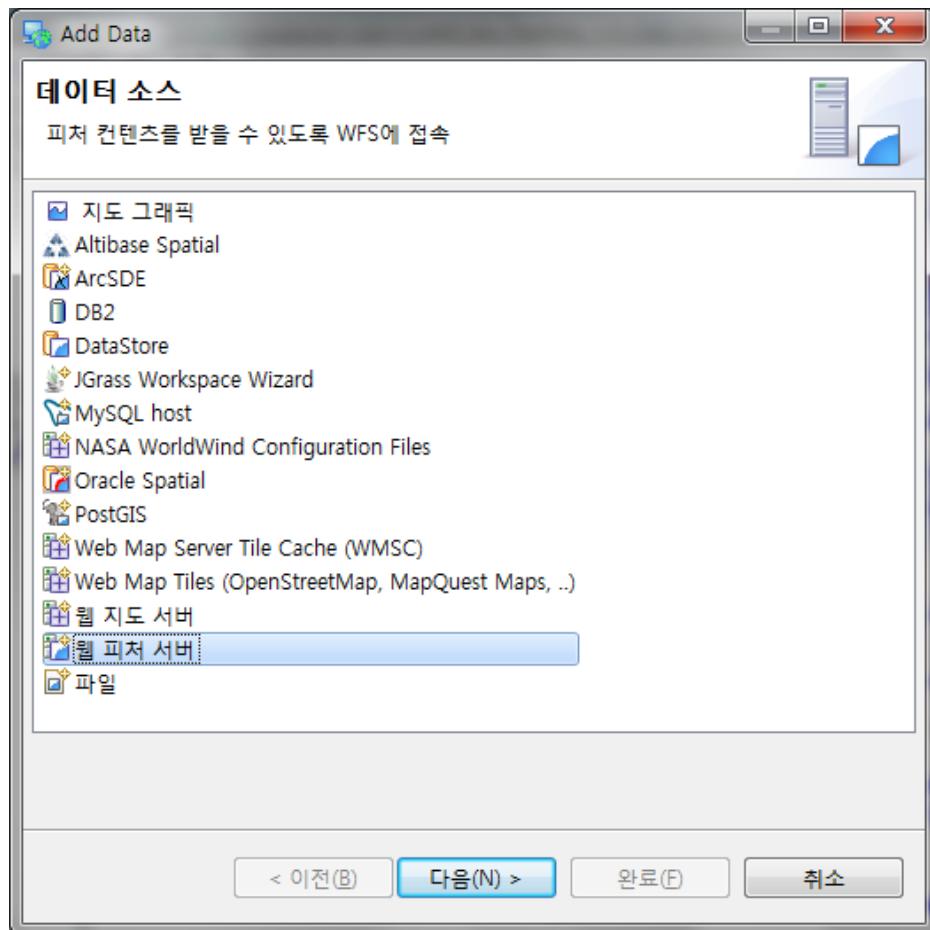
다음과 같이 Restricted 레이어 선택 후 버튼을 누르거나, 오른쪽 마우스를 눌러 메뉴를 실행합니다. WMS 지정 스타일 탭으로 이동하여 스타일을 선택하면 해당 스타일의 지도를 확인할 수 있습니다.



■ Add WFS Layer

[레이어] → [추가 ...] 메뉴를 실행합니다.

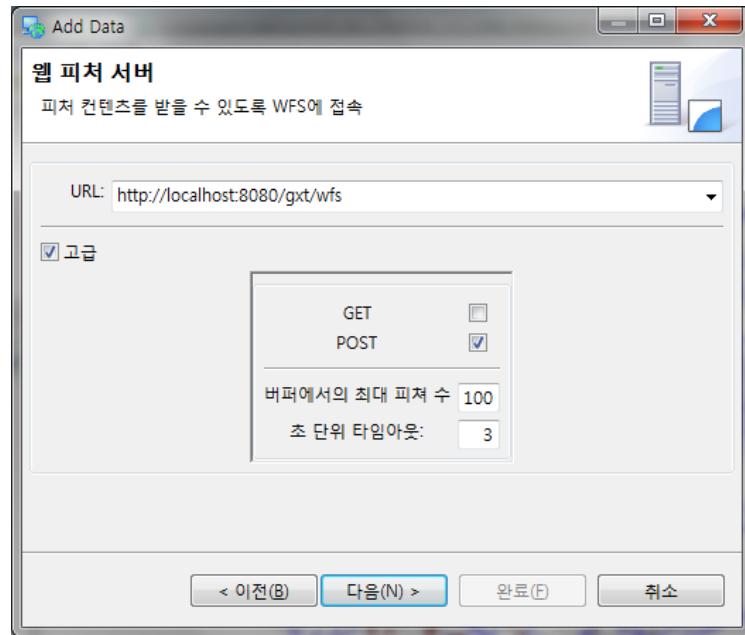
다음 그림과 같이 [웹 피처 서버] 데이터 소스를 선택 후 [다음] 버튼을 누르거나, [웹 피처 서버] 데이터 소스를 더블클릭 합니다.



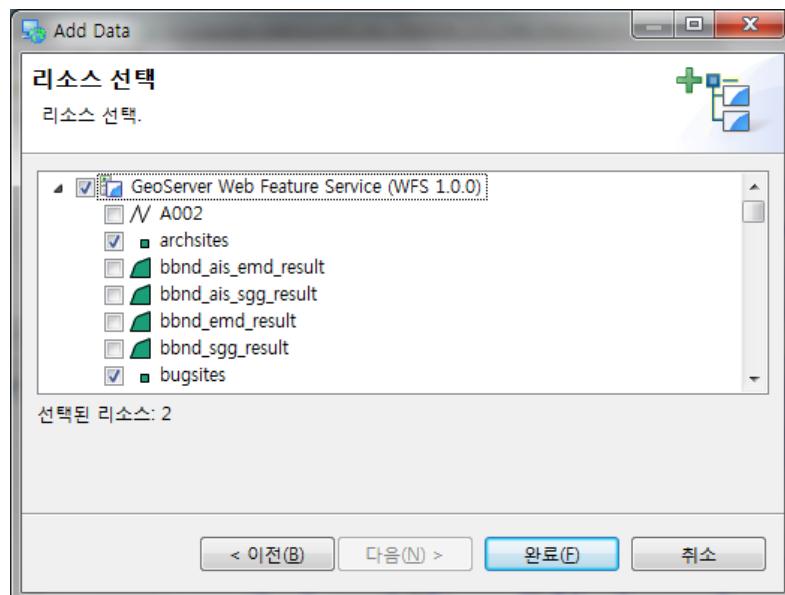
웹 피처 서버(WMS)의 URL 을 입력합니다.

GeoServer 를 WFS 서버로 사용하는 경우 아래 그림과 같이 <http://localhost:8080/geoserver/wfs> URL 을 입력하면 됩니다.

고급 체크박스를 선택하면 다음과 같이 WFS 요청 방식, 최대 피쳐 수 등을 설정할 수 있습니다.



리소스 선택에서 불러올 레이어를 선택 후 [완료] 버튼을 누릅니다. WFS 레이어는 Shapefile 과 같은 벡터 레이어 이므로 사용자 정의 스타일 편집이 가능하며, WFS-T(Transaction)를 지원하는 WFS 서버인 경우(GeoServer 지원) 서버 데이터 편집도 가능합니다.



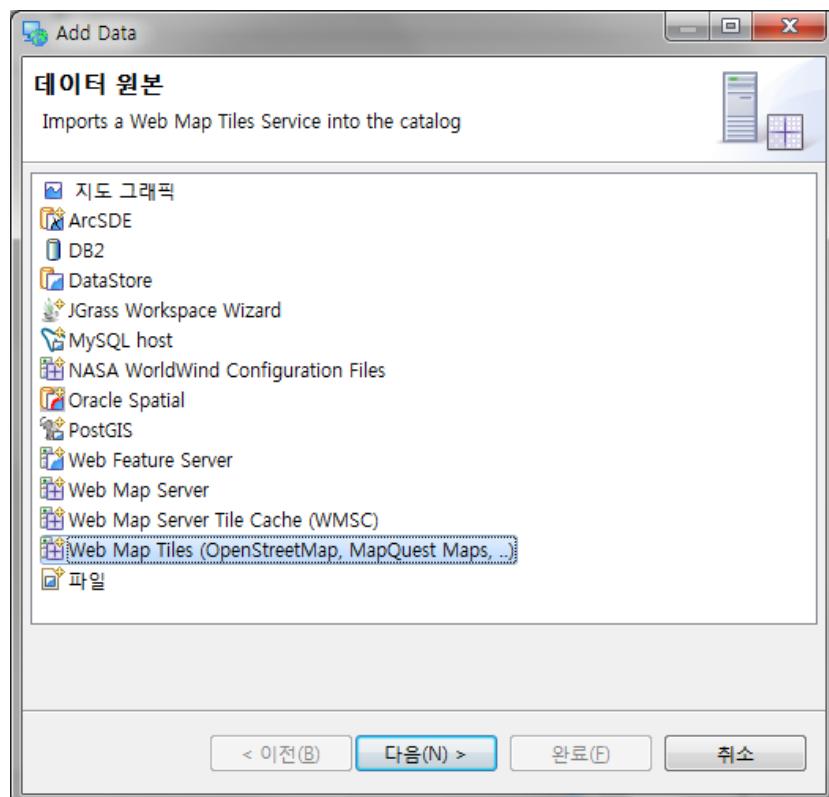
3.3.7. Web Map Tiles Layer

이 장은 Web Map Tiles 레이어를 추가하는 과정입니다. uDig 의 Web Map Tiles 레이어는 미리 정의된 레이어 외에 공개된 타일 지도 서비스를 레이어로 활용할 수 있습니다.

■ Add Web Map Tiles Layer

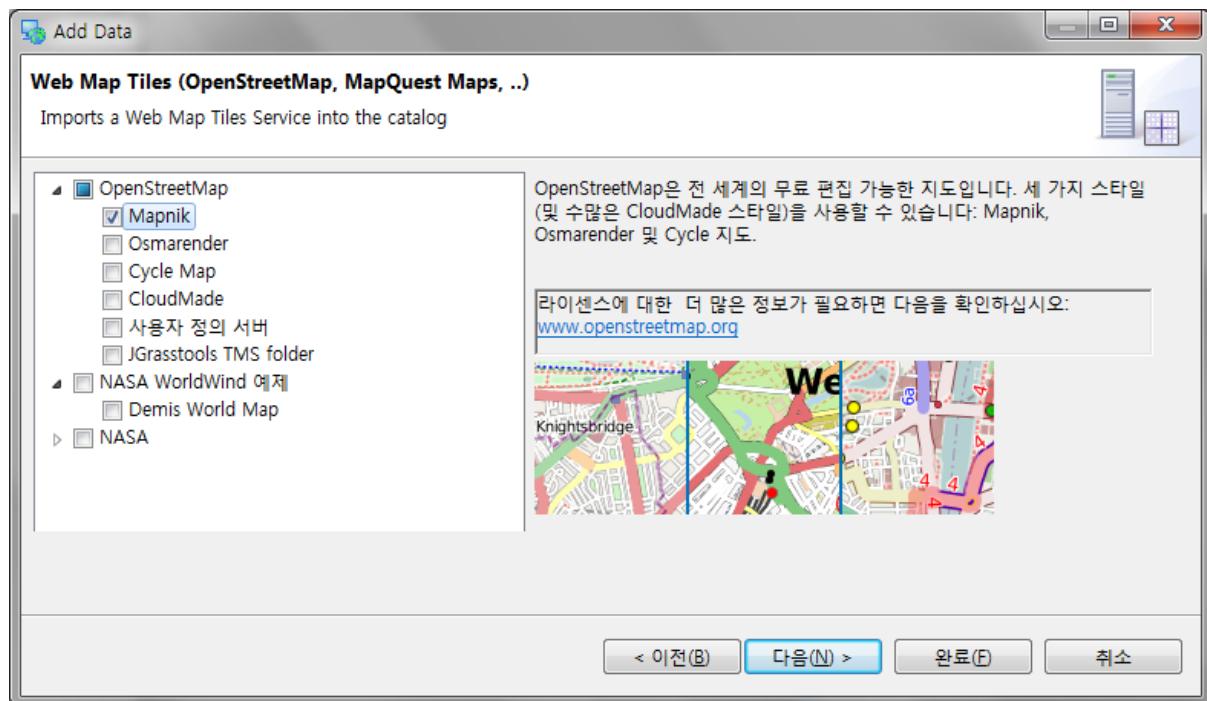
[레이어] → [추가 ...] 메뉴를 실행합니다.

[Add Data] 창의 데이터 원본에서 Web Map Tiles (OpenStreetMap, MapQuest Maps, ...) 선택 후 [다음] 버튼을 클릭합니다.

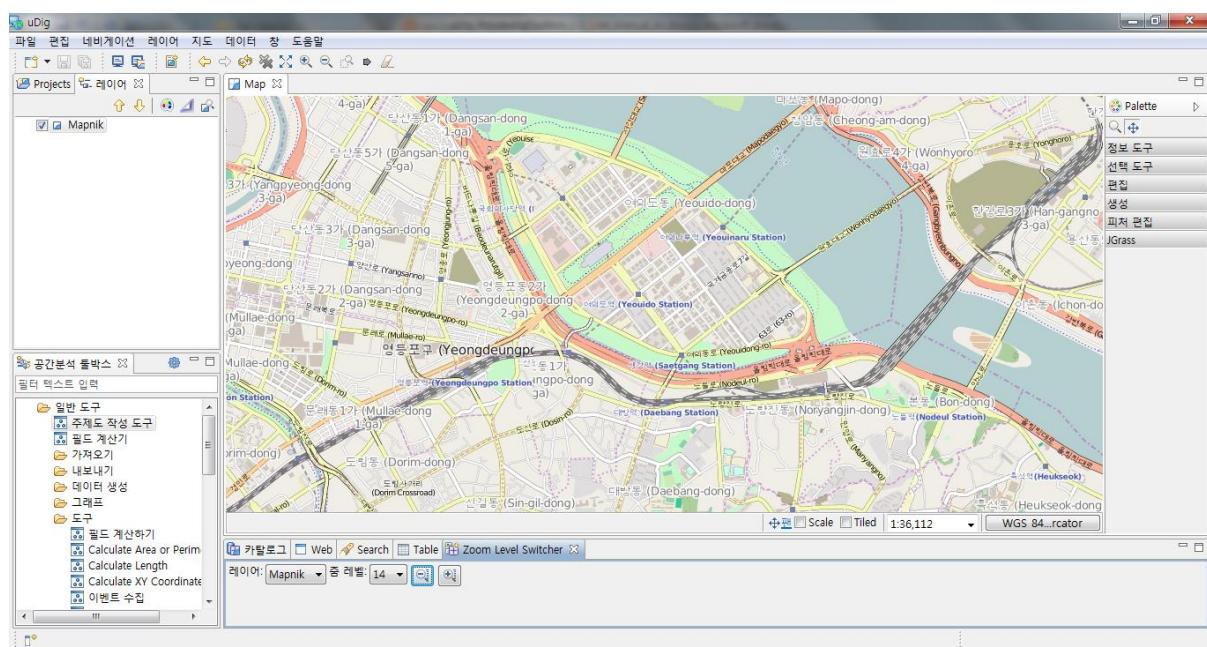


uDig 에서는 OpenStreetMap 과 같이 공개된 타일 지도 서비스를 바로 활용할 수 있도록 기본 지도를 제공하고 있습니다.

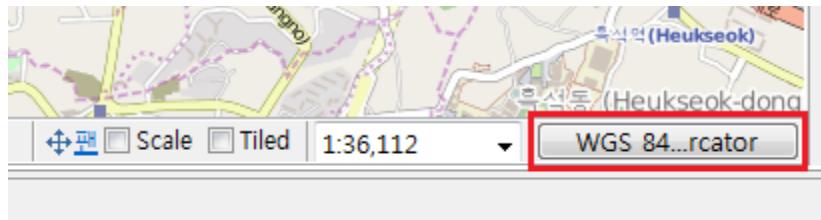
다음 그림과 같이 OpenStreetMap 카테고리에서 Mapnik 을 체크한 후 [다음] 또는 [완료] 버튼을 눌러 레이어를 추가합니다.



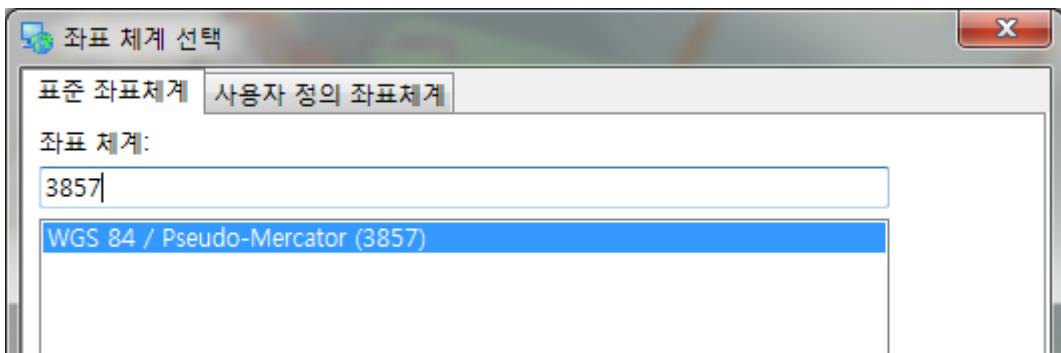
OpenStreetMap 레이어가 추가된 결과는 다음과 같습니다.



배경 지도의 깨짐을 방지하기 위해 지도의 좌표체계 변경이 필요할 수 있습니다. 다음 그림과 같이 지도의 오른쪽 하단의 좌표체계 선택 버튼을 클릭합니다.



좌표체계 선택 창에서 다음과 같이 3857(Google Mercator 좌표계)을 입력 또는 선택 후 [확인] 버튼을 클릭합니다.



■ Add Custom Web Map Tiles Layer

uDig 에서는 미리 정의된 Web Map Tiles 레이어 외에 공개된 타일 지도 서비스를 레이어로 사용할 수 있습니다. 단, 현재까지는 3857(Google Mercator 좌표계) 좌표체계를 사용하는 서비스만 활용이 가능하며, 대표적으로 V-World 2D 지도를 활용할 수 있습니다.

[레이어] → [추가 ...] 메뉴를 실행합니다.

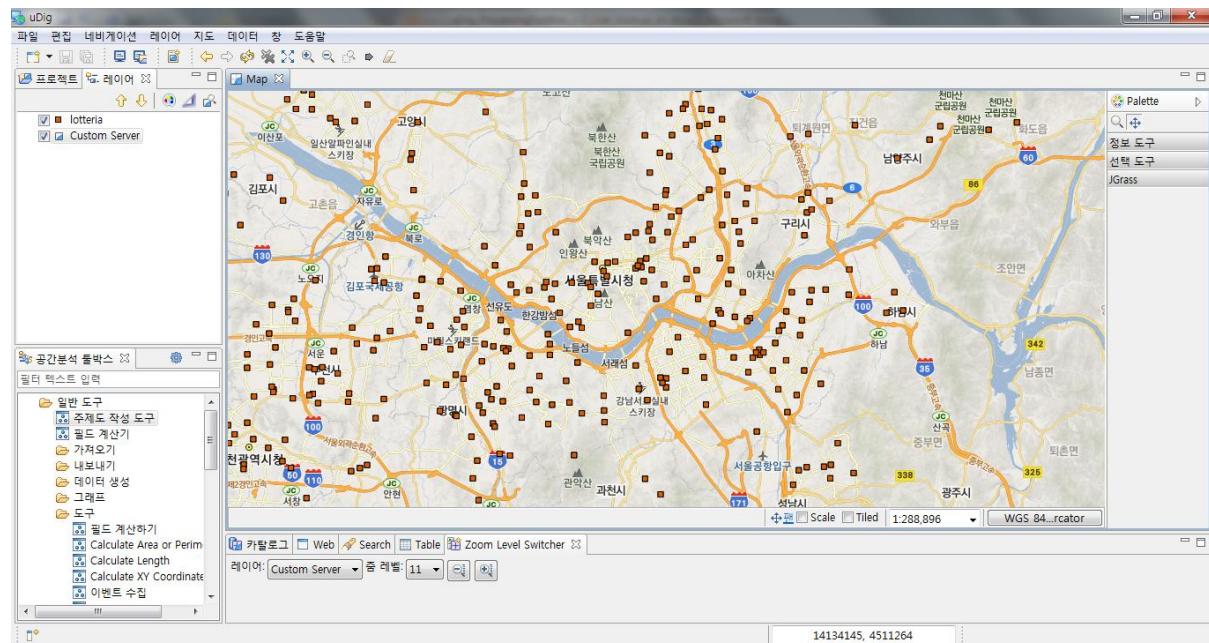
[Add Data] 창의 데이터 원본에서 Web Map Tiles (OpenStreetMap, MapQuest Maps, ...) 선택 후 [다음] 버튼을 클릭합니다.

OpenStreetMap 카테고리의 사용자 정의 서버(Custom Server)에 체크 후 URL 입력란에 다음의 주소 중 하나를 입력 후 [다음] 버튼을 눌러 레이어를 추가합니다.

- <http://xdworld.vworld.kr:8080/2d/Base/201411/{z}/{x}/{y}.png>
- <http://xdworld.vworld.kr:8080/2d/gray/201411/{z}/{x}/{y}.png>
- <http://xdworld.vworld.kr:8080/2d/Satellite/201301/{z}/{x}/{y}.jpeg>

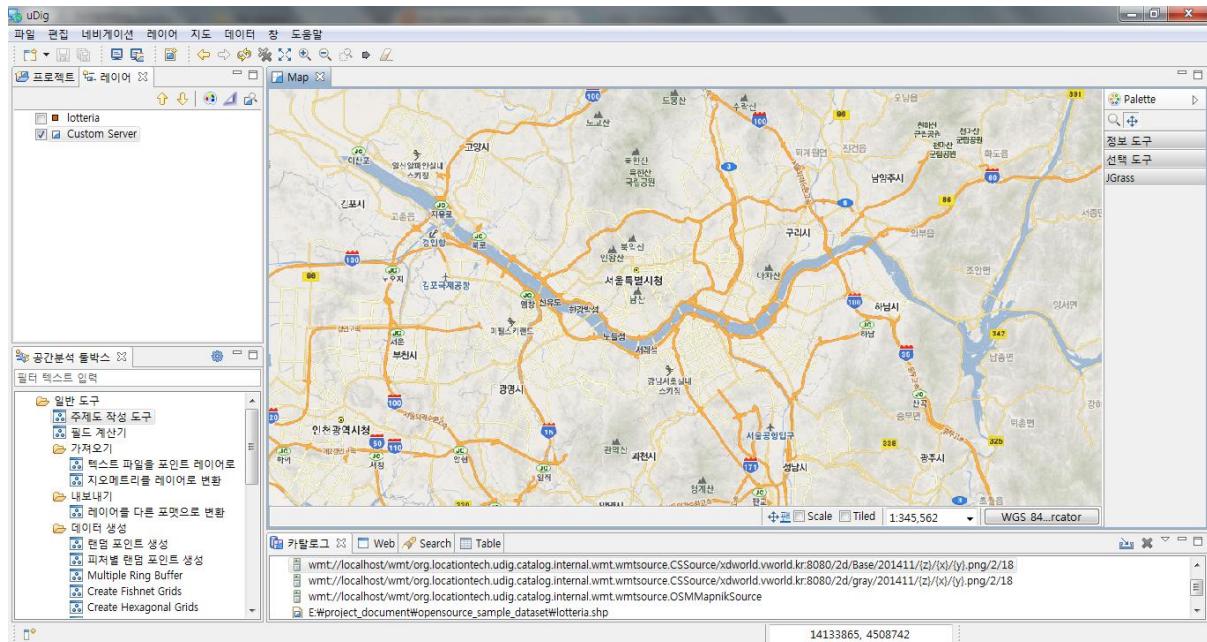


추가된 배경지도는 다음과 같습니다.



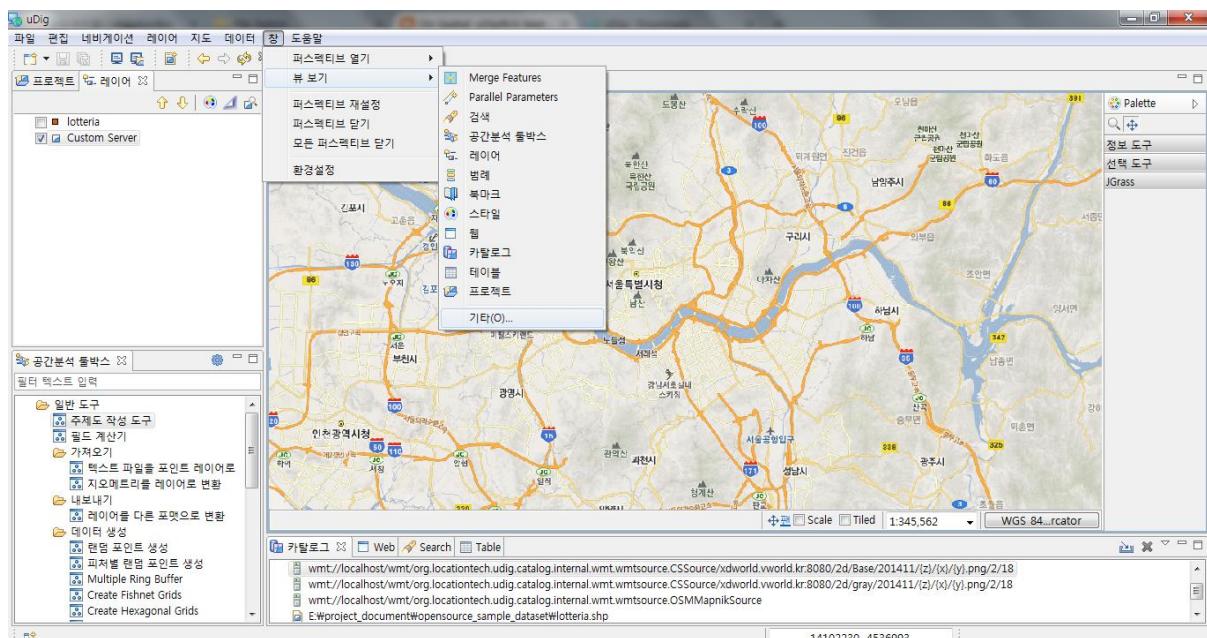
■ *Zoom Level Switcher*

uDig은 사용자가 임의로 자유롭게 축척을 설정할 수 있으므로 이미 만들어진 타일 지도의 축척과 정확하게 일치하지 않으면 다음과 같이 이미지가 왜곡되어 표시됩니다.

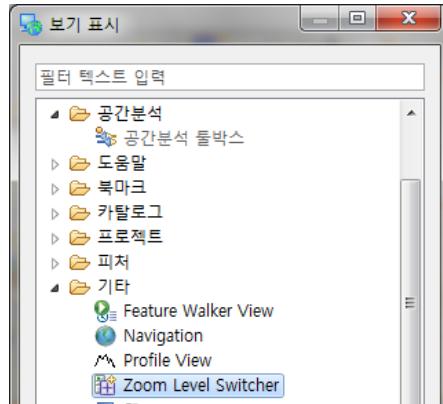


uDig 은 이를 위해 [Zoom Level Switcher] 뷰를 제공합니다.

아래 그림과 같이 [Window] --> [Show View] --> [Other...] 메뉴를 실행합니다.

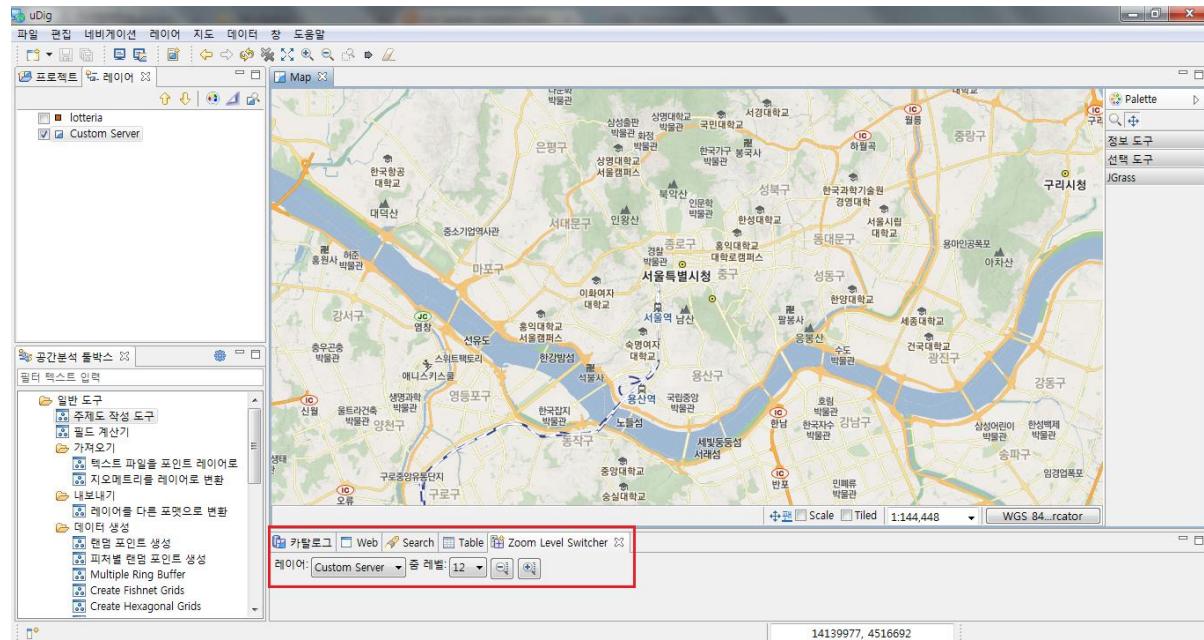


보기 표시[Show View] 다이얼로그에서 마지막의 [Zoom Level Switcher] 뷰를 선택하고 [OK] 버튼을 누릅니다.



이제 아래 그림과 같이 [Zoom Level Switcher] 뷰가 표시됩니다. Custom Server 레이어를 선택하고 + 또는 - 버튼을 눌러 지도를 확대 또는 축소해 봅니다.

그러면 앞의 지도에 비해 텍스트가 깔끔하게 표시된다는 것을 확인할 수 있습니다. 즉 타일 크기와 일치하는 지도 축척이 설정된 것입니다.



3.3.8. More Information

더 자세한 내용은 다음 온라인 도움말을 참고하십시오.

- <http://udig.github.com/docs/user/index.html>

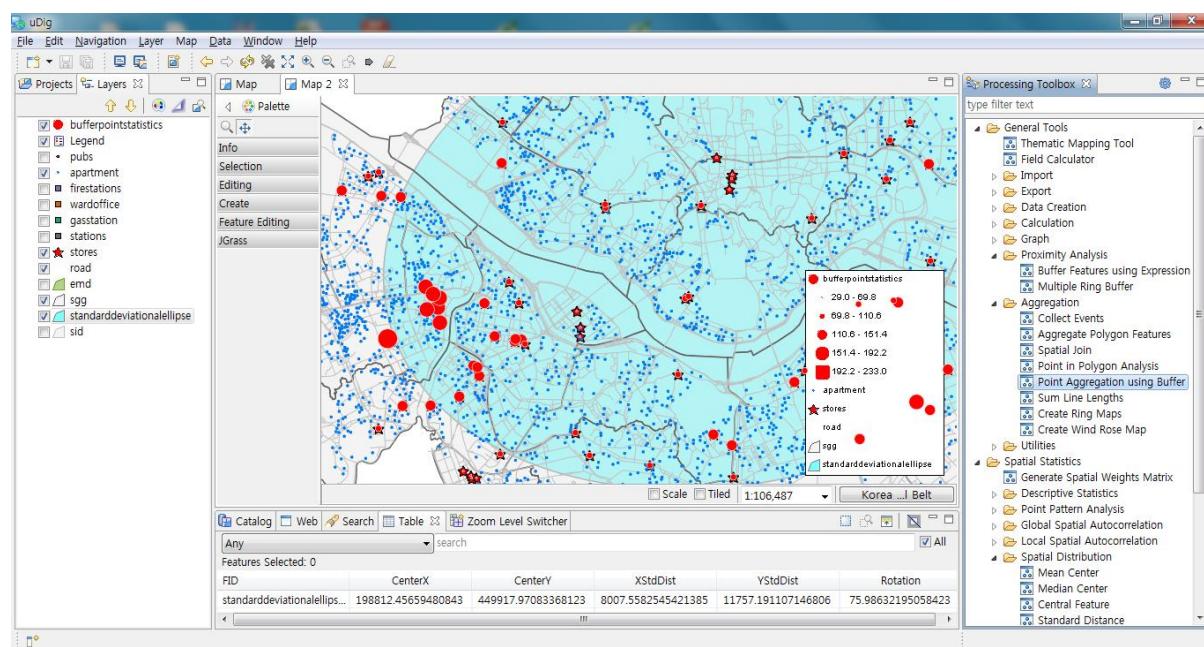
4 Processing Toolbox Plug-in

Processing Toolbox Plug-in 은 공간통계분석 기능을 지원하는 사용자 중심의 분석 툴박스 플러그인 입니다.

현재 Data Import/Export, 공간단위 생성, 그래프 도구, 거리 분석, 공간 조인, 기타 도구 등 공통기능에서부터 공간 가중 행렬 작성, 기술 통계, 포인트 패턴 분석, 전역 및 국지적 공간자기상관 분석, 공간 분포 분석 등 공간통계분석, Density 및 Interpolation 등 래스터 분석에 이르기까지 다양한 분석기능을 제공하고 있으며, 추가 연구를 통해 이변량 및 다변량 분석 기능을 제공할 예정입니다.

Processing Toolbox 의 주요 기능은 다음과 같습니다

- 공간통계분석 툴박스
- 공간통계분석 프로세스를 실행하는 프로세스 UI
- 프로세스 UI를 구성하는 파라미터 유형별 Widget
- 사용자 편의를 위한 Widget 내의 Internal 다이얼로그와 팝업 메뉴
- 공간통계분석을 지원하는 시각화 도구와 유ти리티
- 사용자가 지도와 상호작용 가능한 그래프 도구



4.1 Intro

다음에서는 샘플데이터 다운로드와 데이터 분석방법에 대한 설명입니다.

4.1.1. Sample Dataset

Sample Dataset 은 아파트, 은행, 건물 등 포인트자료와 행정구역경계 폴리곤 자료, 도로 라인 자료와 공간통계분석 샘플 폴리곤 자료이며 다음 URL에서 제공합니다.

 첨부된 샘플 데이터셋은 데이터를 가공한 자료이며, 실제 업무 및 연구에

활용할 수 없습니다.

 행정경계 데이터는 도로명주소, 도로 데이터는 교통 DB, 기타 데이터는 POI

수집을 통해 구축되었습니다.

- 다운로드: [Sample Dataset](#)

구분	이름	유형	좌표체계	범위	설명
Vector	apartment.shp	Point	EPSG:5181	서울	아파트
	bank.shp	Point	EPSG:5181	전국	은행
	bugerking.shp	Point	EPSG:5181	전국	버거킹
	building_points.shp	Point	EPSG:5181	서울	건물 포인트
	dunkindonuts.shp	Point	EPSG:5181	전국	던킨도넛츠
	emd_points.shp	Point	EPSG:5181	서울	읍면동 포인트
	enterprise.shp	Point	EPSG:5181	전국	주요 기업
	firestations.shp	Point	EPSG:5181	서울	소방서
	gasstation.shp	Point	EPSG:5181	서울	주유소
	golf.shp	Point	EPSG:5181	전국	골프장
	kfc.shp	Point	EPSG:5181	전국	KFC
	lotteria.shp	Point	EPSG:5181	전국	롯데리아
	market.shp	Point	EPSG:5181	서울	시장
	mcdonalds.shp	Point	EPSG:5181	전국	맥도날드
	pubs.shp	Point	EPSG:5181	서울	주점

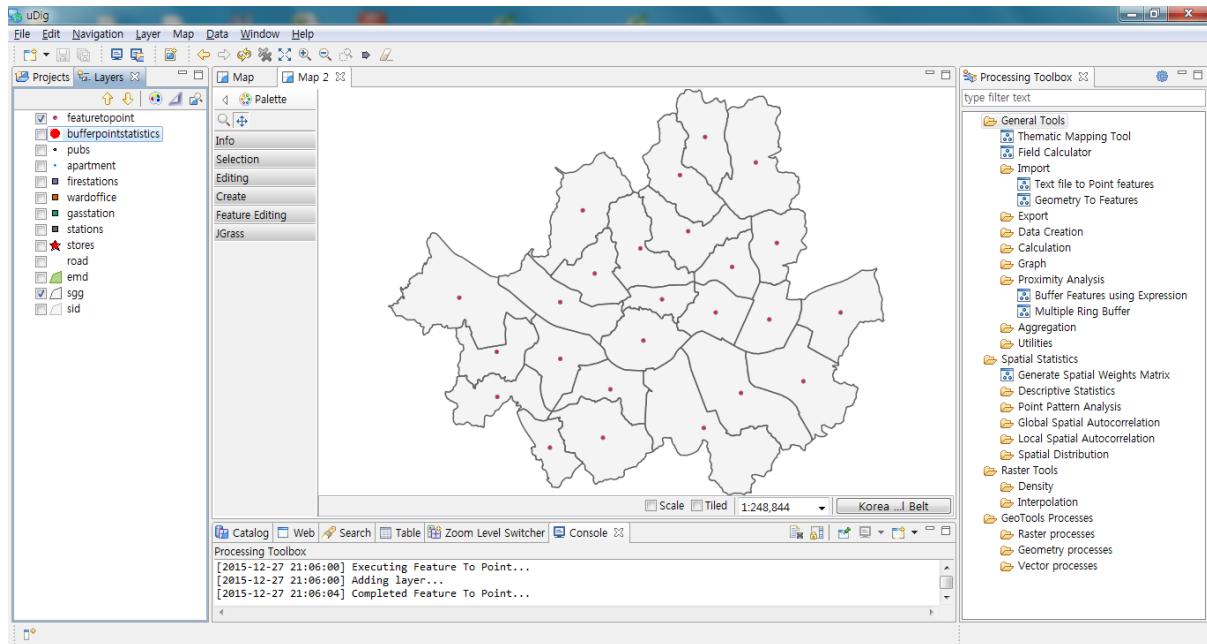
school.shp	Point	EPSG:5181	서울	학교
stations.shp	Point	EPSG:5181	전국	역
stores.shp	Point	EPSG:5181	서울	대형매장
theaters.shp	Point	EPSG:5181	서울	극장
wardoffice.shp	Point	EPSG:5181	서울	시군구청
road.shp	Line	EPSG:5181	서울	주요도로
emd.shp	Polygon	EPSG:5181	서울	읍면동경계
sgg.shp	Polygon	EPSG:5181	서울	시군구경계
sid.shp	Polygon	EPSG:5181	서울	시도경계
metro.shp	Polygon	EPSG:5181	수도권	시도경계
korea_sgg.shp	Polygon	EPSG:5181	전국	시군구경계
Text	kfc_20150125_4326.csv	Text	EPSG:4326	전국 KFC 위치

4.1.2. Processing Toolbox Quick Start

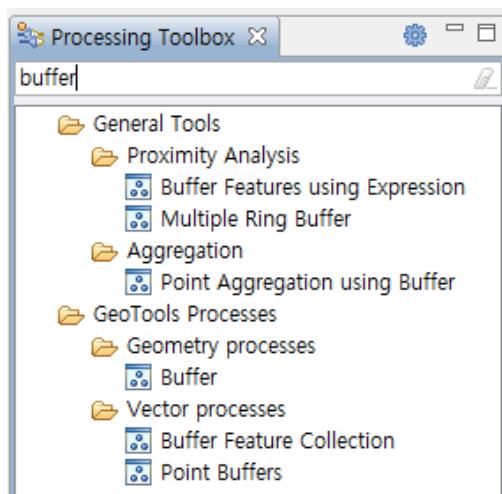
uDig 을 시작한 후 [File] → [New] → [New Map] 메뉴를 실행하여 새로운 지도를 추가합니다.

[Layer] → [Add...] 메뉴를 실행하여 분석하고자 하는 레이어를 추가합니다.

uDig 을 실행 후 Processing Toolbox 를 활성화합니다. Processing Toolbox 의 위치는 uDig 의 플러그인과 마찬가지로 Drag & Drop 하여 자유롭게 이동할 수 있습니다.

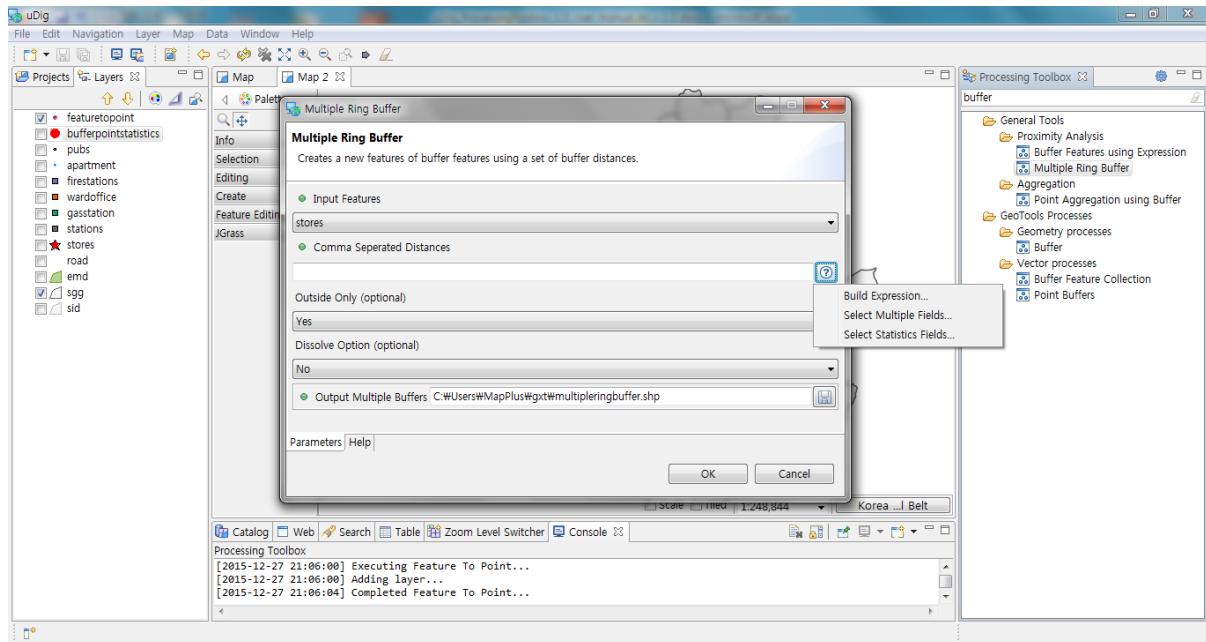


분석 프로세스를 실행하기 위해 분석 트리를 단계적으로 클릭하여 찾아가거나, 검색을 통해 분석 프로세스를 찾을 수 있습니다. 다음은 buffer 검색어를 입력하여 buffer 와 관련된 분석 프로세스를 검색한 화면입니다.

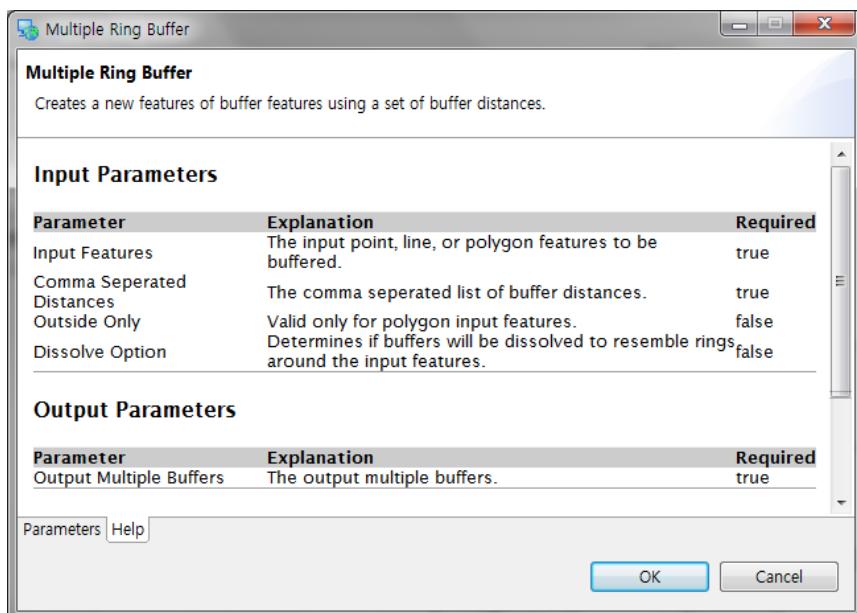


[Multiple Ring Buffer] 프로세스를 실행합니다. 다음과 같이 분석 도구가 실행됩니다.

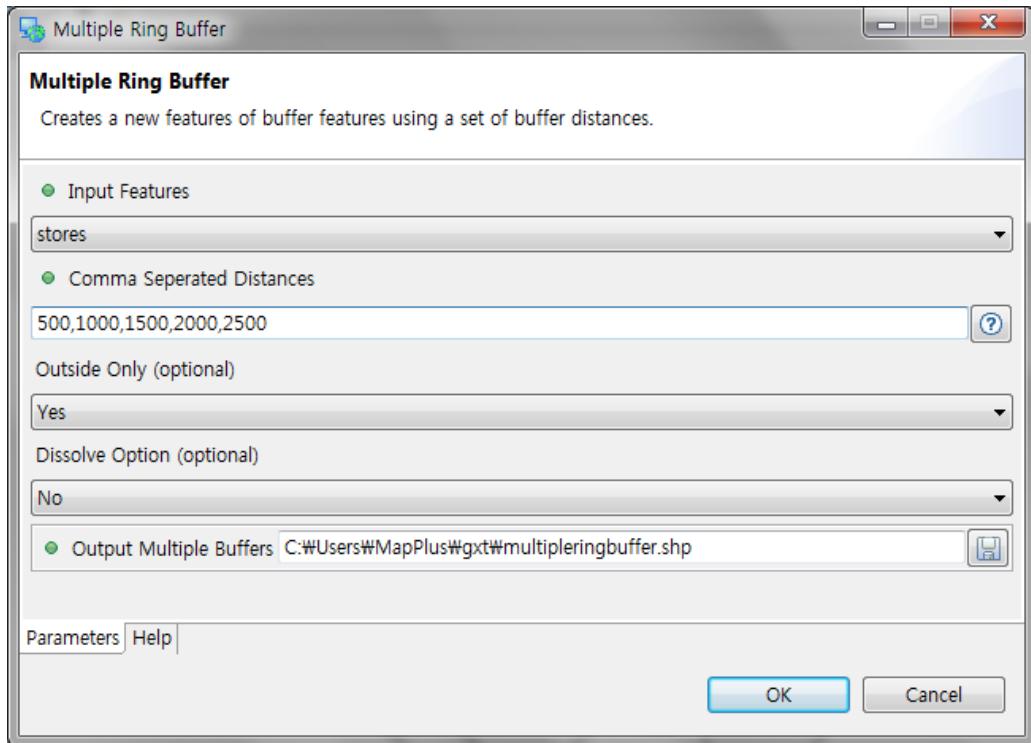
분석 프로세스의 파라미터 유형에 따라 레이어 선택 콤보박스, 레이어와 연결된 필드 선택 콤보박스, 수식 입력 텍스트상자, 정수/실수 입력 스피너, Boolean 선택을 위한 Yes/No 콤보박스, Enum 유형을 위한 옵션 선택 콤보박스, 좌표체계 선택을 위한 텍스트상자, Bounding Box 선택을 위한 텍스트상자 등 다양한 파라미터 입력 도구를 활용할 수 있습니다.



Help 탭을 누르면 각 파라미터에 대한 상세 설명을 확인할 수 있습니다.

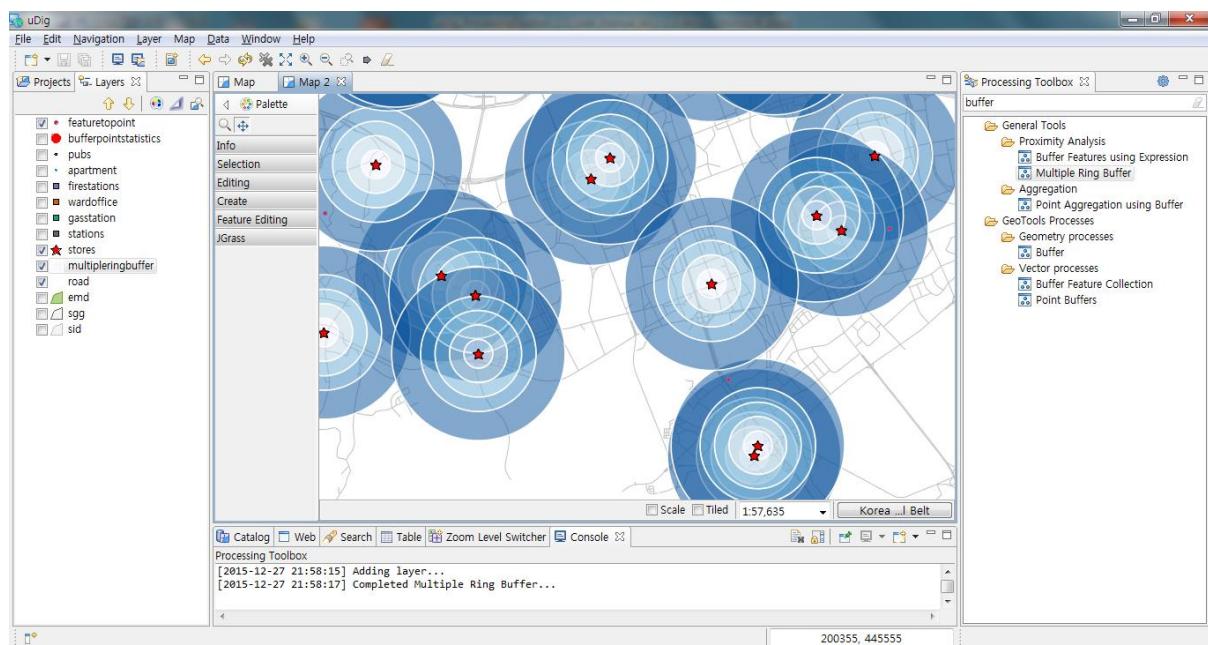


파라미터는 필수(●)와 선택(optional)으로 구분되며, 선택 항목은 일반적으로 기본값을 가집니다. 다음 그림과 같이 Input Features 파라미터에 stores, Comma Separated Distances 파라미터에 250,500,750,1000,1500 거리(레이어 좌표계의 거리단위)를 입력, Outside Only 와 Dissolve Option 은 기본값을 사용합니다.

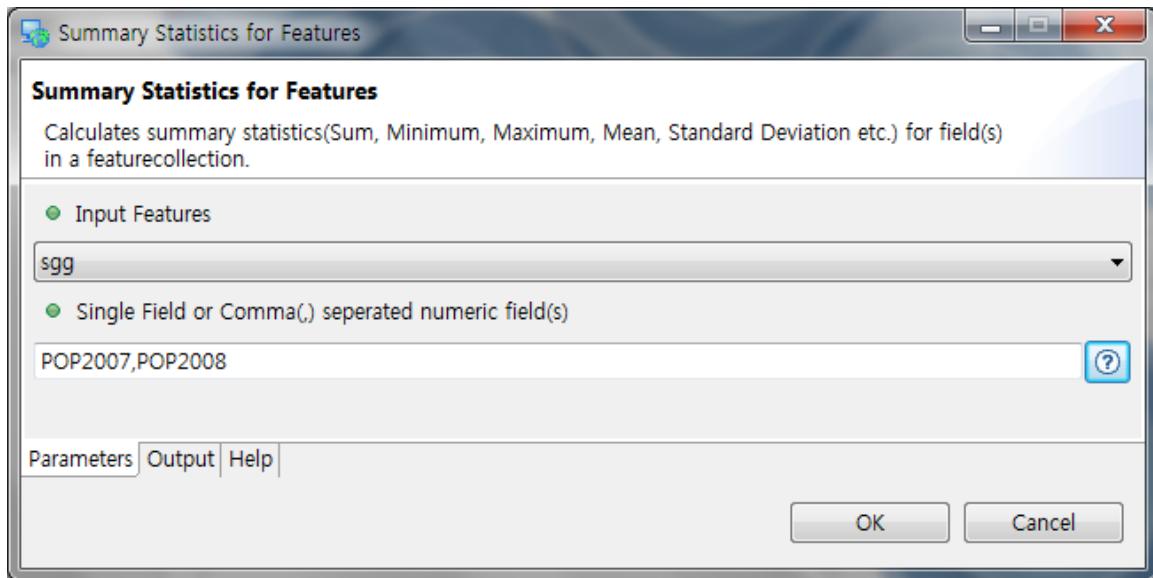
**OK**

버튼을 눌러 분석을 수행합니다.

분석결과는 지도에 레이어로 추가되며, 추가된 레이어를 시각화한 결과는 다음과 같습니다.



다음과 같이 분석결과가 사용자 정의(XML, Text, Number 등)형일 경우에는 Output 탭이 표시됩니다.



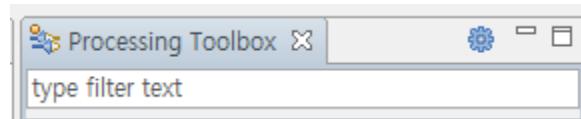
분석이 수행되면 Output 탭에서는 미리 정의된 포맷의 결과가 표시됩니다.

다음 결과는 sgg 레이어의 POP2007 필드에 대한 요약 통계 결과입니다.

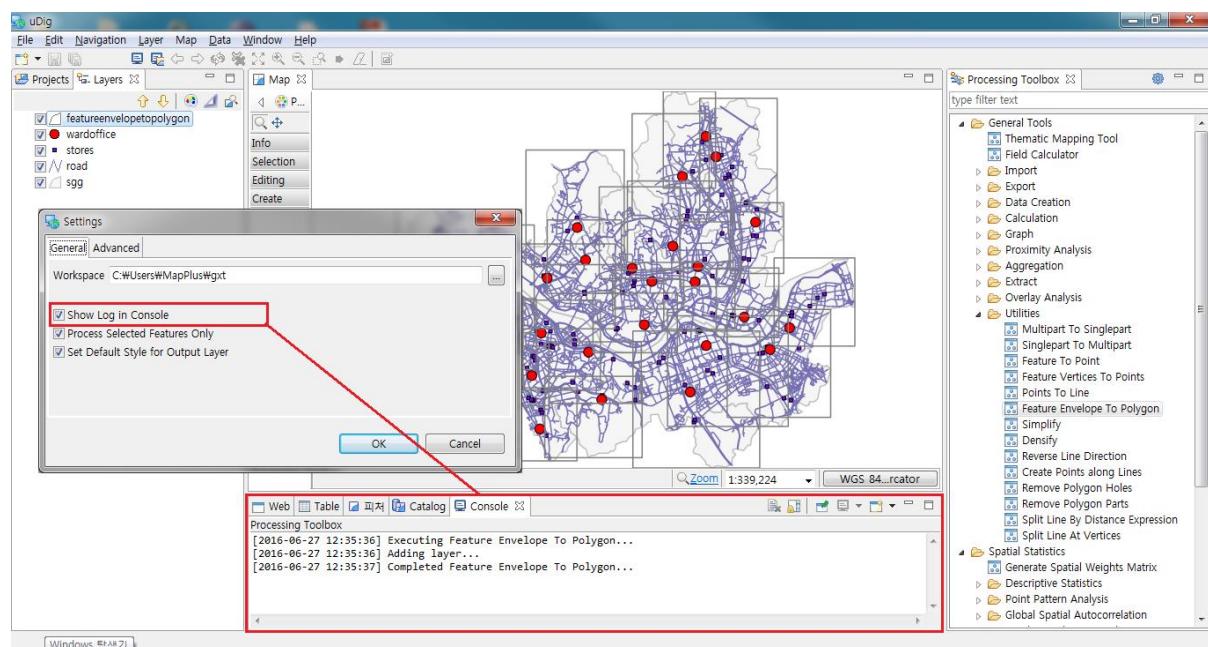
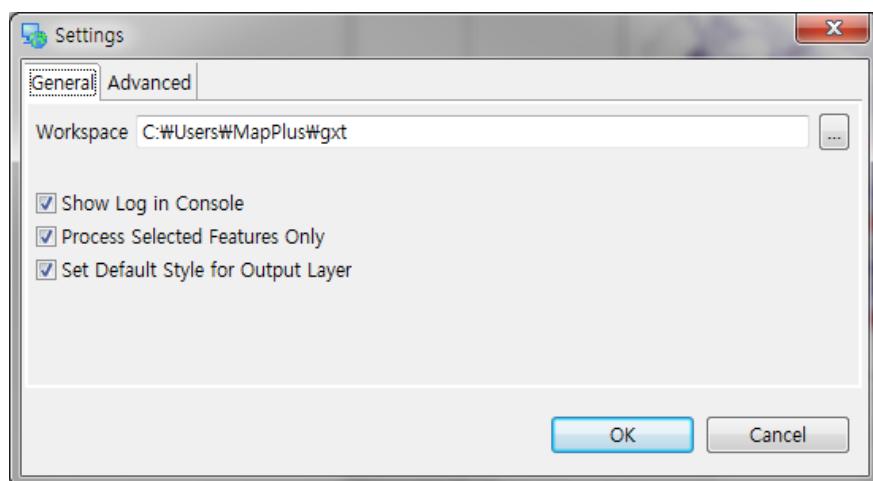
Summary Statistics for Features	
Calculates summary statistics(Sum, Minimum, Maximum, Mean, Standard Deviation etc.) for field(s) in a featurecollection.	
Summary Statistics	
sgg: POP2007	
Category	Value
Count	25
Invalid Count	0
Minimum	130044
Maximum	623876
Range	493832
Ranges	130044.0 - 623876.0
Sum	10192710
Mean	407708.4
Variance	15177488037.04
Standard Deviation	123196.948164
Coefficient Of Variance	0.302169

4.1.3. Processing Environment

Processing Toolbox 우 상단의 설정() 버튼을 이용하여 툴박스의 환경을 설정할 수 있습니다.



대표적으로 프로세스의 분석과정과 결과를 로그로 확인할 수 있으며, 환경 설정 기능이 추가될 예정입니다.



4.2 General Tools

General Tools 는 벡터 또는 속성정보의 편집 및 가공 도구입니다.

4.2.1. Common Tools

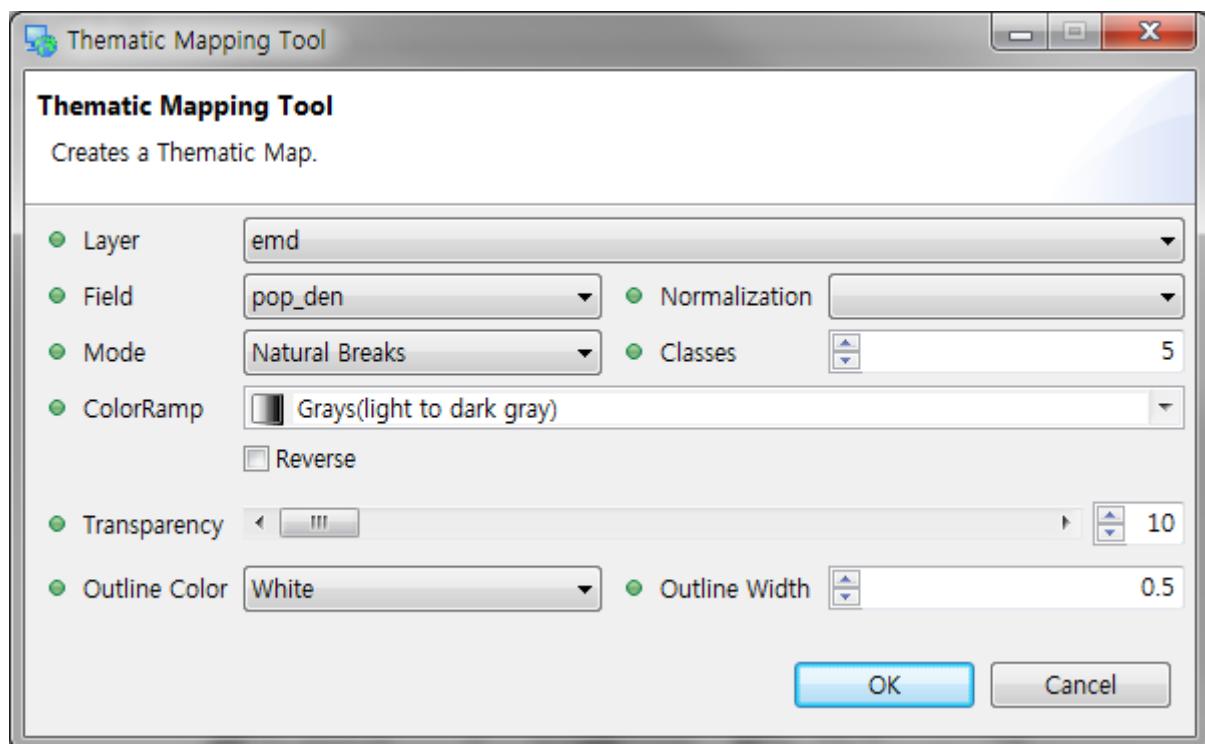
4.2.1.1. Thematic Mapping Tool

Thematic Mapping Tool 은 벡터 레이어의 심볼을 간편하게 설정하여 화면에 표출하는 도구입니다.

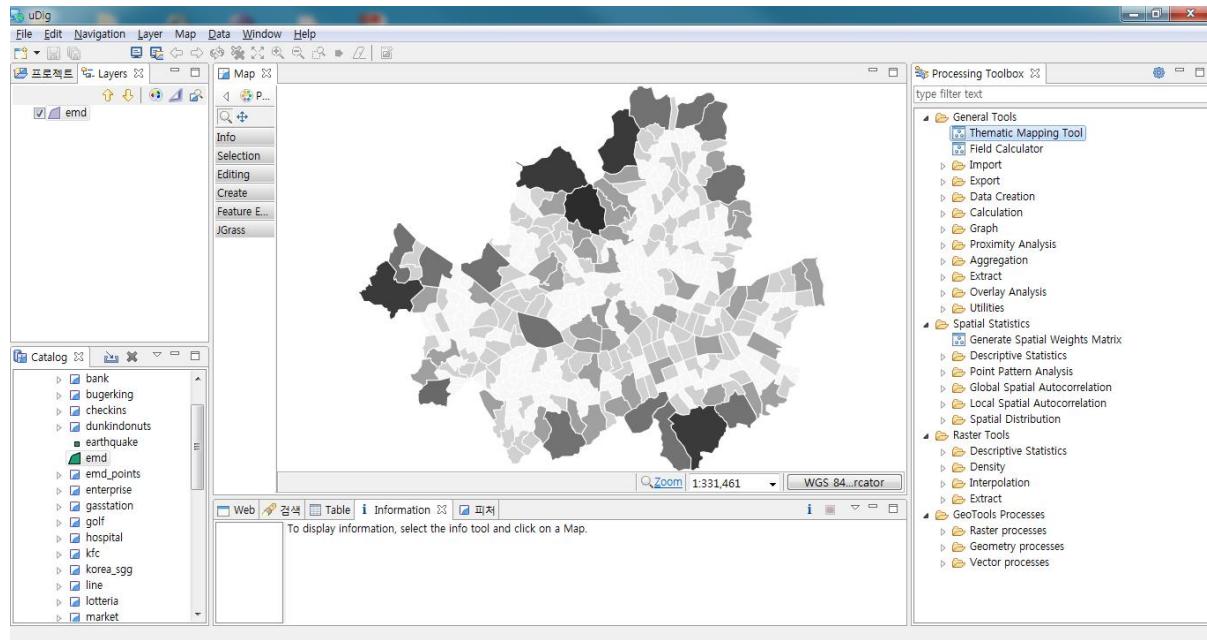
심볼을 설정할 레이어를 선택하고 심볼 설정에 기준이 되는 필드와 급간(Equal Interval, Natural Breaks, Quantile, Standard Deviation)을 나누는 방식을 선택합니다.

그리고, 급간수(Classes)와 컬러램프(Color Ramp)를 설정하고 실행하면 설정된 옵션으로 벡터 레이어의 심볼이 변경되는 것을 확인 할 수 있습니다.

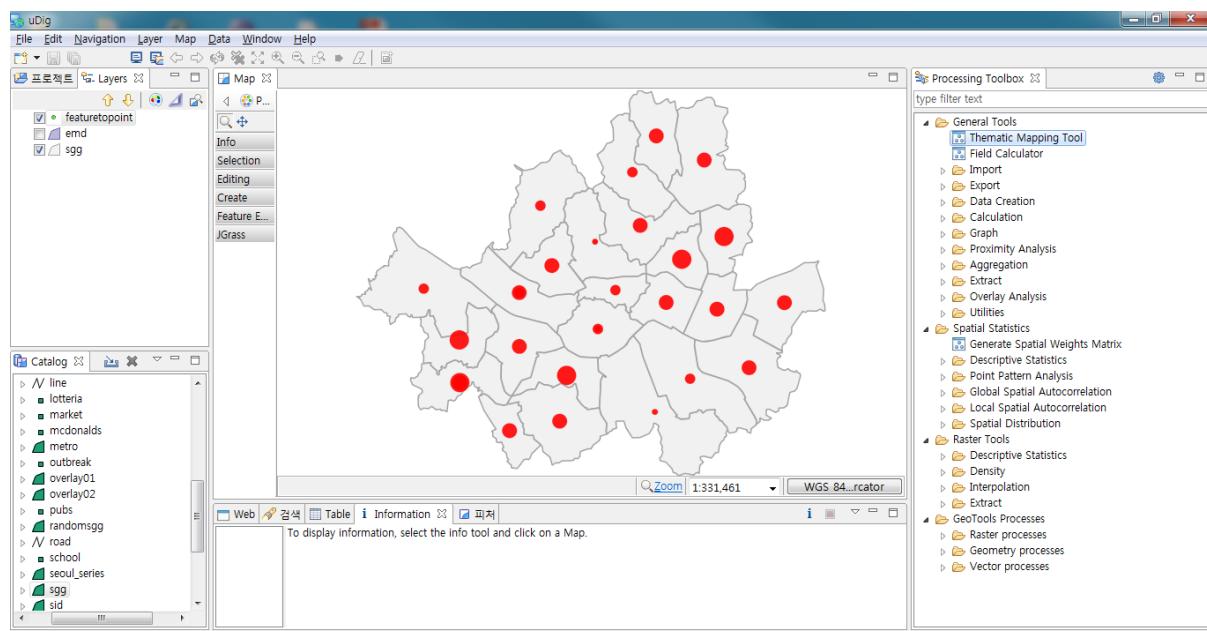
정규화(Normalization)필드를 선택하여 심볼을 설정 할 수도 있습니다.



다음 예는 읍면동 폴리곤 레이어의 인구밀도 필드를 이용하여 작성한 주제도입니다.



다음 예는 포인트 레이어의 속성을 이용하여 Graduated Symbol로 설정한 주제도입니다.



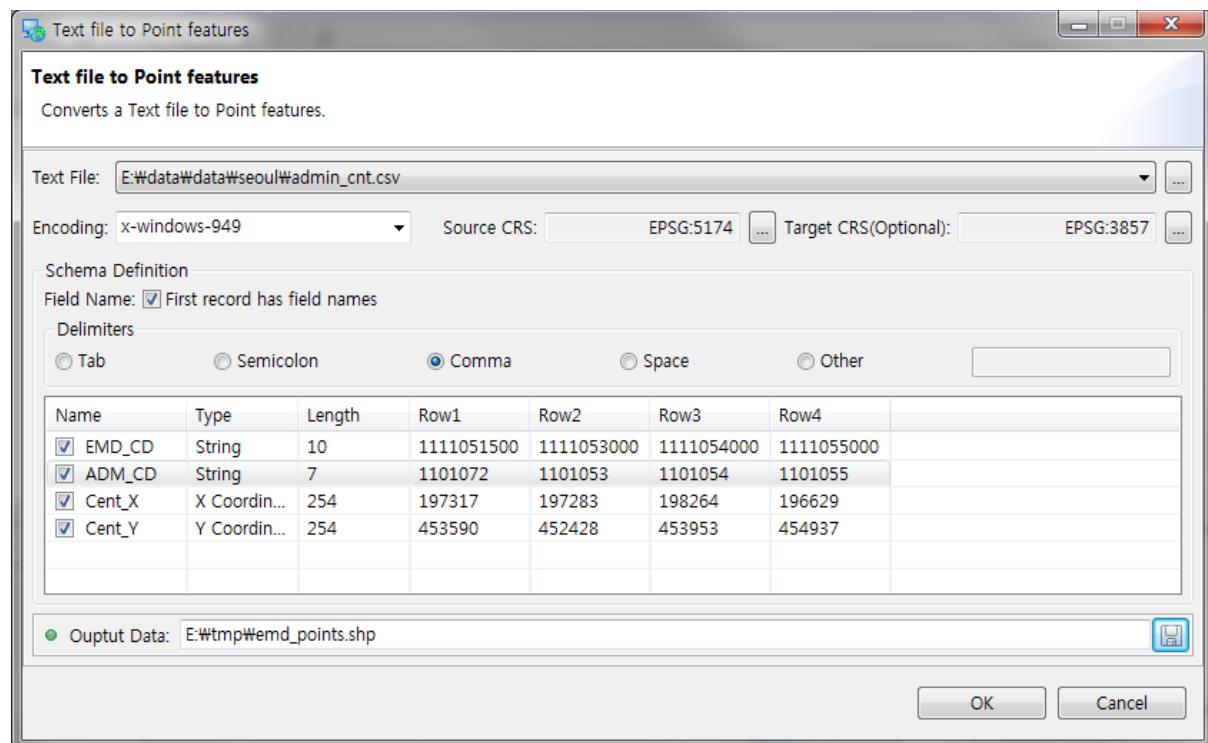
4.2.2. Import Tools

4.2.2.1. Text File to Point Features

Text File to Point Features 는 txt, csv, tab, asc, wkt 등 좌표 정보가 있는 텍스트 파일을 포인트(벡터) 데이터로 변환해주는 도구입니다.

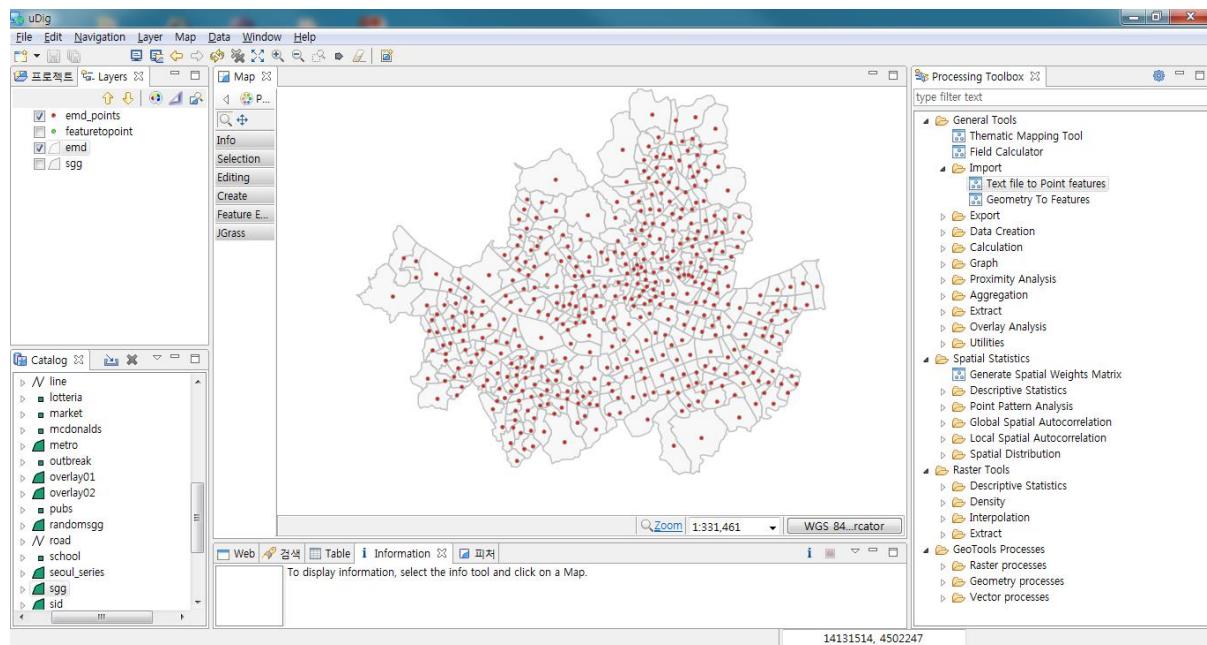
변환 시 포인트 데이터의 좌표계를 지정(Source CRS)할 수 있으며 좌표계를 변환(Target CRS)하여 생성하는 것도 가능합니다. 옵션을 통하여 생성되는 필드의 이름, 속성, 길이 등을 지정 할 수 있습니다.

우선 변환할 텍스트를 선택 또는 불러옵니다. 그리고 인코딩(Encoding) 및 좌표계를 설정 합니다. 텍스트 파일에 첫번째 레코드에 제목이 있는지 여부를 체크박스를 체크하여 선택하고 텍스트 파일의 구분자를 선택합니다. Type 탭에서 텍스트 파일의 좌표정보(X Coordinate, Y Coordinate)를 선택하고 실행하면 포인트 데이터가 생성된 것을 확인 할 수 있습니다.



다음 예는 x, y 값이 포함된 콤마로 분리된 텍스트파일을 포인트로 변환한 예입니다.

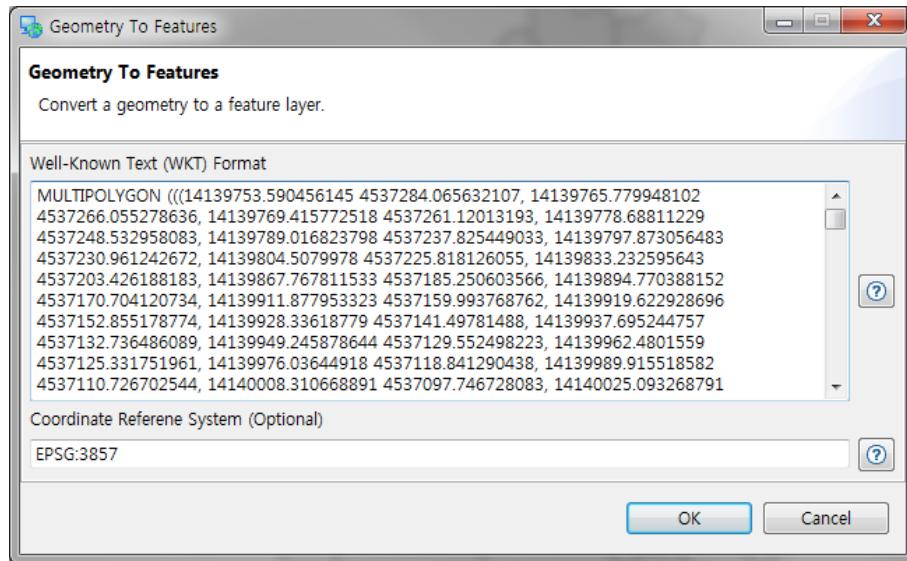
uDig Processing Toolbox 1.0



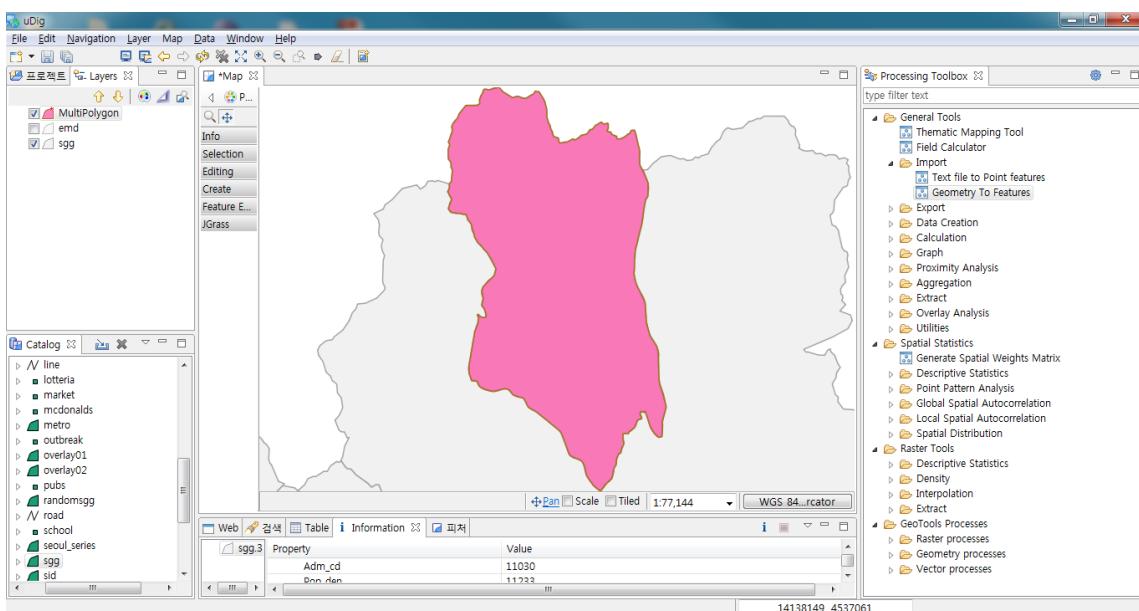
4.2.2.2. Geometry to Features

Geometry To Features 는 Well-Known Text(WKT) 형식의 데이터를 벡터 레이어로 변환해주는 도구입니다.

변환하는 데이터의 좌표를 지정 할 수 있습니다. WKT 데이터를  버튼을 클릭하여 불러오거나 직접 입력하고 실행하면 벡터 레이어가 생성된 것을 확인 할 수 있습니다.



생성된 레이어는 임시 벡터 레이어이므로 Export 기능을 이용해 Shapefile로 저장이 가능합니다.

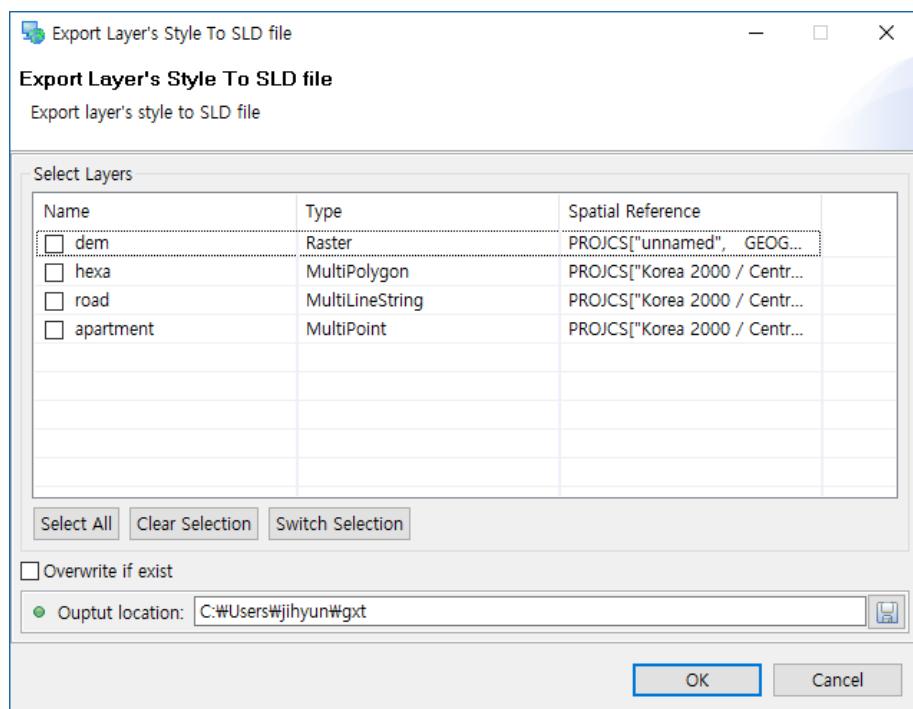


4.2.3. Export Tools

4.2.3.1. Export Layer's Style To SLD file

Export Layer's Style To SLD file 은 공간데이터 스타일 정보를 SLD 파일로 내보내는 도구입니다.

uDig Desktop에서 꾸민 공간데이터 스타일을 웹에서 활용 가능한 SLD 파일로 내보내는 기능입니다. SLD를 생성할 데이터의 체크박스를 선택하고 실행하면 SLD 파일이 생성되는 것을 확인할 수 있습니다.



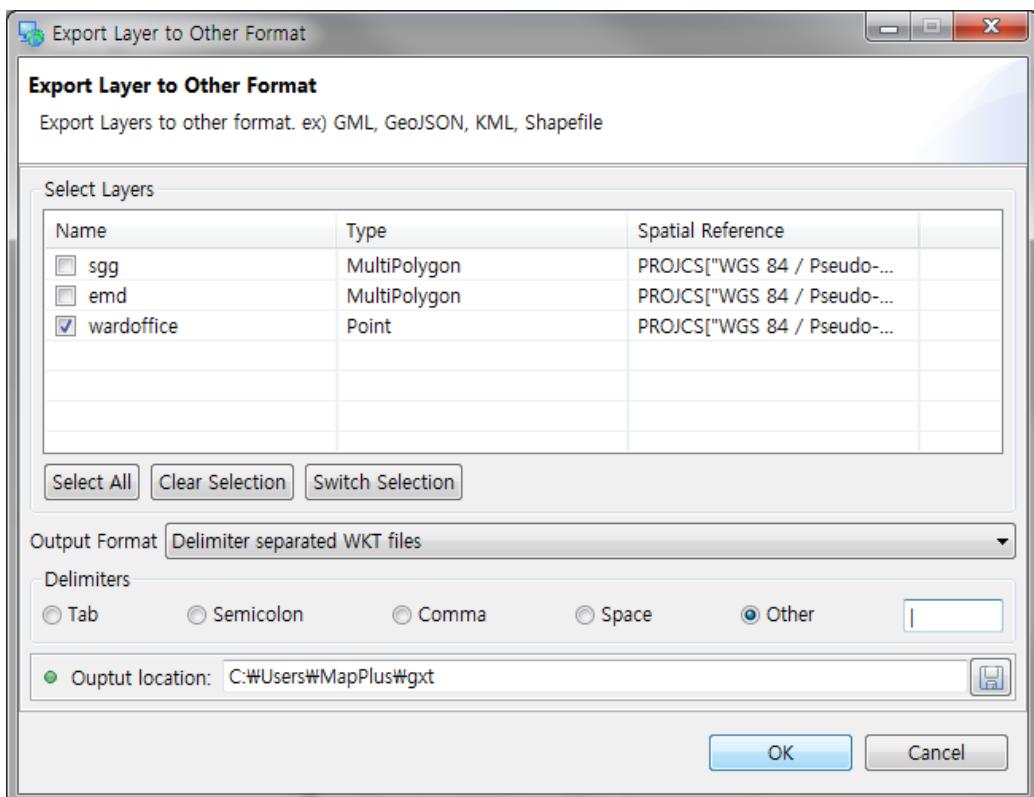
레이어 심볼을 SLD 파일로 내보낸 결과입니다.

```
*C:\Users\jhjyun\Desktop\#ring_maps.sld - Notepad++  
파일( F ) 편집( E ) 찾기( H ) 보기( V ) 인코딩( I ) 언어( L ) 설정( S ) 매크로 실행 플러그인 장 관리( Z )  
[File] [Edit] [Find] [View] [Encoding] [Language] [Settings] [Macro] [Run] [Plugins] [Exit]  
ink3857.pptx m5179.pptx test5.pptx new11.pptx new12.pptx new13.pptx new14.pptx new15.pptx postgres.JDK8_1864884.sql postgresql-2016-12-14_000000.log ring_maps.sld new9.pptx new10.pptx  
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?><sld:StyledLayerDescriptor xmlns="http://www.opengis.net/sld" xmlns:sld="http://www.opengis.net/sld" xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml" version="1.0.0">  
2   <sld:UserLayer>  
3     <sld:LayerFeatureConstraints>  
4       <sld:FeatureTypeConstraint/>  
5     </sld:LayerFeatureConstraints>  
6     <sld:UserStyle>  
7       <sld:Name>dem30</sld:Name>  
8       <sld:FeatureTypeStyle>  
9         <sld:Name>name</sld:Name>  
10        <sld:Rule>  
11          <sld:RasterSymbolizer>  
12            <sld:ColorMap>  
13              <sld:ColorMapEntry color="#FFFFFF" opacity="0.0" quantity="-9999.0"/>  
14              <sld:ColorMapEntry color="#F7FCFD" opacity="1.0" quantity="1"/>  
15              <sld:ColorMapEntry color="#B2EBF2" opacity="1.0" quantity="17"/>  
16              <sld:ColorMapEntry color="#99D8C9" opacity="1.0" quantity="26"/>  
17              <sld:ColorMapEntry color="#41AEE7" opacity="1.0" quantity="41"/>  
18              <sld:ColorMapEntry color="#006D2C" opacity="1.0" quantity="82"/>  
19              <sld:ColorMapEntry color="#00441B" opacity="1.0" quantity="754"/>  
20            </sld:ColorMap>  
21            <sld:ContrastEnhancement/>  
22          </sld:RasterSymbolizer>  
23        </sld:Rule>  
24      </sld:FeatureTypeStyle>  
25    </sld:UserStyle>  
26  </sld:UserLayer>  
27 </sld:StyledLayerDescriptor>  
28
```

4.2.3.2. Export Layer to Other Format

Export Layer to Other Format 은 벡터데이터를 GML, KML, GeoJSON, WKT 등 다른 포맷으로 내보내는 도구입니다.

GML, GeoJSON, KML, 구분자로 분리된 텍스트파일, 구분자로 분리된 WKT 텍스트파일, Shapefile 로 변환이 가능하며, 구분자로 구분된 텍스트의 경우 구분자를 지정하여 내보낼 수 있습니다. 변환할 레이어를 체크박스를 통해 체크하고 변경할 포맷으로 설정한 뒤 실행하면 다른 형식으로 저장되는 것을 확인 할 수 있습니다.



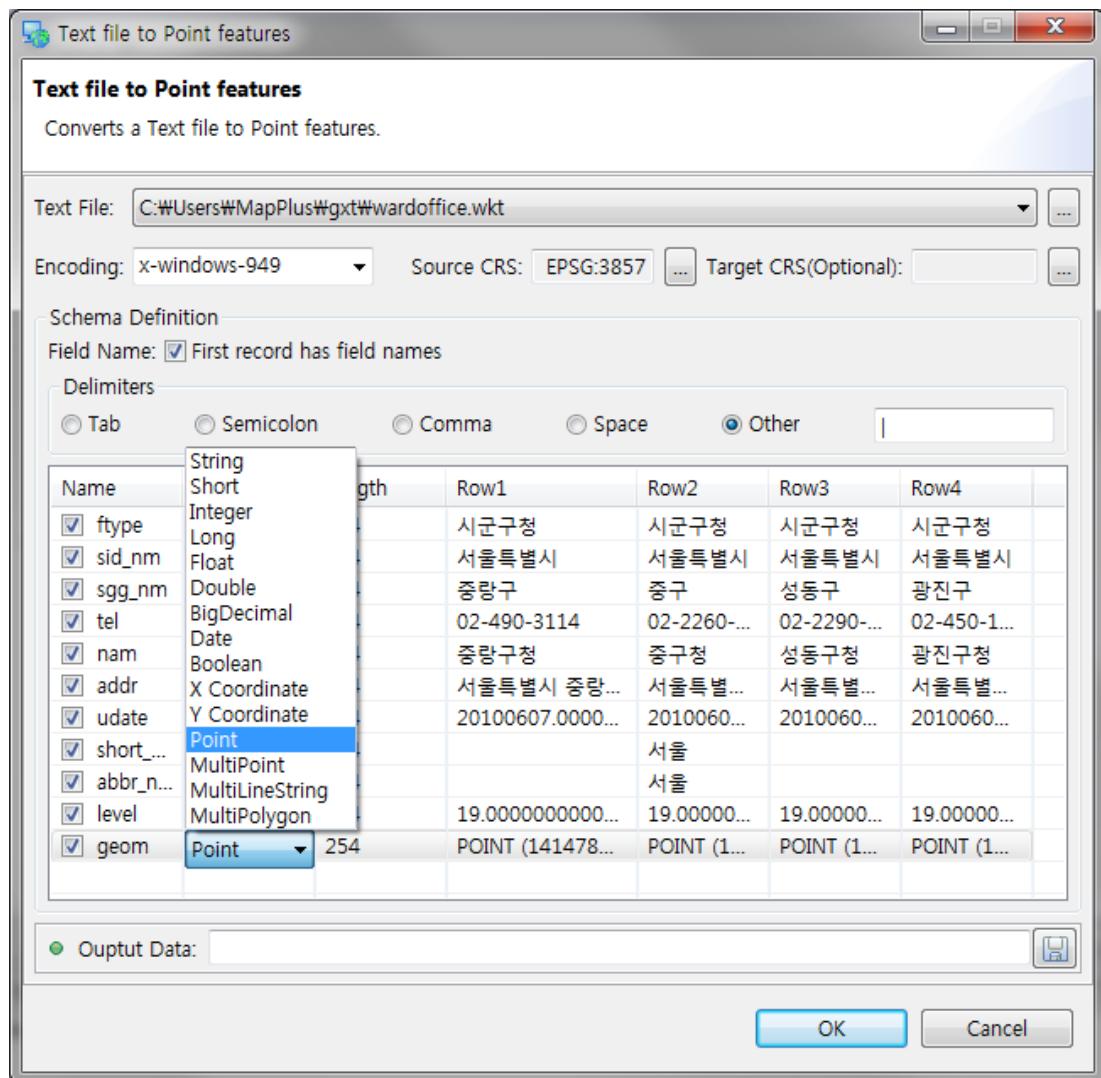
포인트 레이어를 WKT 포맷으로 내보낸 결과입니다.

```

1 ftype|sid_nm|sgg_nm|tel|nam|addr|update|short_name|abbr_name|level|geom
2 시군구청|서울특별시|중랑구|102-490-3114|중랑구청|서울특별시_중랑구_신내동_662|20100607.0000000000000000|||19.00000000000000|POINT (14147877.662045576 4524019.871014944)
3 시군구청|서울특별시|중구|102-2260-1114|중구청|서울특별시_중구_예관동_120-1120100607.0000000000000000|서울_서울|19.00000000000000|POINT (14137306.062735163 4517987.914587532)
4 시군구청|서울특별시|성동구|102-2290-7114|성동구청|서울특별시_성동구_행당동_71|20100607.0000000000000000|||19.00000000000000|POINT (14141692.831561591 4517944.918759124)
5 시군구청|서울특별시|광진구|102-450-1114|광진구청|서울특별시_광진구_자양동_777|20100607.0000000000000000|||19.00000000000000|POINT (14146726.954828478 4514359.544491124)
6 시군구청|서울특별시|동대문구|102-2127-5000|동대문구청|서울특별시_동대문구_용두동_39-91|20100607.0000000000000000|||19.00000000000000|POINT (14141995.593853313 4519484.408281931)
7 시군구청|서울특별시|강남구|102-2146-1114|강남구청|서울특별시_강남구_삼성동_16-11|20100607.0000000000000000|||19.00000000000000|POINT (14142849.538779198 4511464.968969682)
8 시군구청|서울특별시|영등포구|102-26570-3114|영등포구청|서울특별시_영등포구_당산동_67-1|20100607.0000000000000000|||19.00000000000000|POINT (14126025.629419923 4512731.674564409)
9 시군구청|서울특별시|강서구|102-2660-6114|강서구청|서울특별시_강서구_화곡동_980-161|20100607.0000000000000000|||19.00000000000000|POINT (14120826.717168778 4516185.075615807)
10 시군구청|서울특별시|서초구|102-570-6114|서초구청|서울특별시_서초구_서초동_1376-31|20100607.0000000000000000|||19.00000000000000|POINT (14141213.905806242 4506723.007544003)
11 시군구청|서울특별시|구로구|102-866-2114|구로구청|서울특별시_구로구_구로동_4351|20100607.0000000000000000|||19.00000000000000|POINT (14125054.043131048 4508402.836673431)
12 시군구청|서울특별시|금천구|102-890-2114|금천구청|서울특별시_금천구_시흥동_1020|20100607.0000000000000000|||19.00000000000000|POINT (14125879.324170813 4502971.024350917)
13 시군구청|서울특별시|동작구|102-820-1114|동작구청|서울특별시_동작구_노량진동_47-21|20100607.0000000000000000|||19.00000000000000|POINT (14130839.967873666 4510778.94735739)
14 시군구청|서울특별시|관악구|102-880-3114|관악구청|서울특별시_관악구_봉천동_1570-11|20100607.0000000000000000|||19.00000000000000|POINT (14132176.421540087 4505961.025918291)
15 시군구청|서울특별시|강동구|102-410-3114|종파구청|서울특별시_강동구_신천동_29-51|20100607.0000000000000000|||19.00000000000000|POINT (14149357.43514003 4511046.476956389)
16 시군구청|서울특별시|강동구|102-480-1114|강동구청|서울특별시_강동구_성내동_5401|20100607.0000000000000000|||19.00000000000000|POINT (14151347.783696864 4513273.899733761)

```

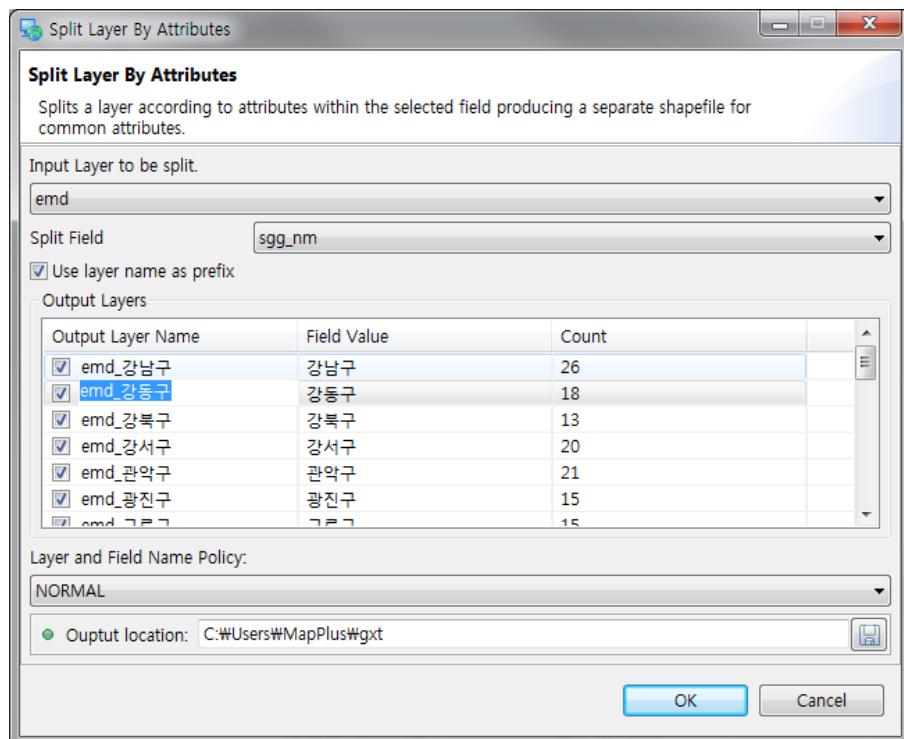
내보낸 데이터는 [Text file to Point features] 툴을 이용하여 다시 포인트 레이어로 변환이 가능합니다.



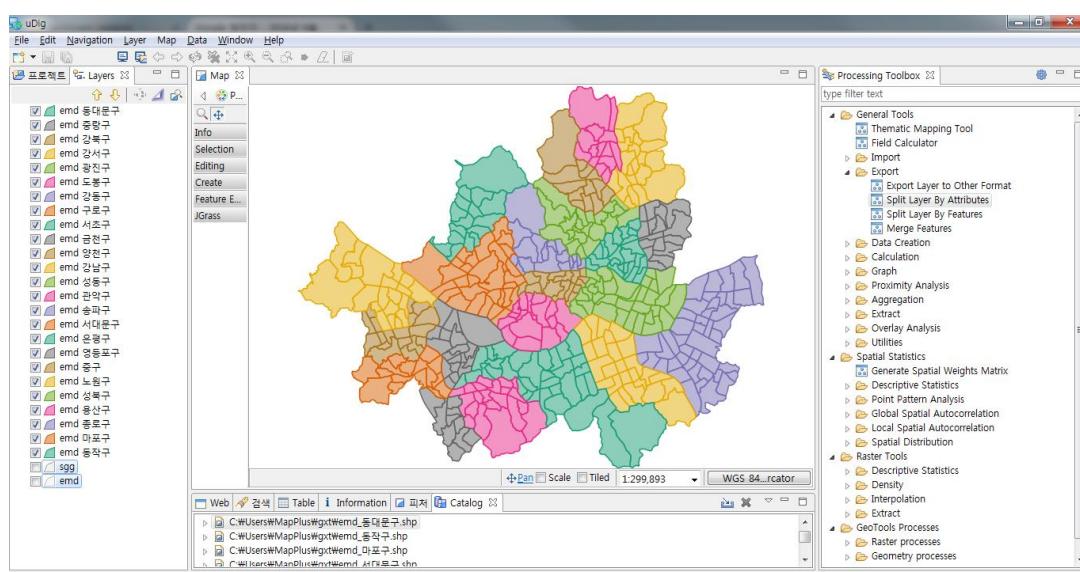
4.2.3.3. Split Layer by Attributes

필드의 속성값을 이용하여 레이어를 분할하는 도구입니다.

Split Field 를 선택하면 필드의 고유값을 이용하여 Output Layer Name 과 포함되는 피처의 수가 자동으로 계산됩니다. Output Layer Name 은 변경이 가능하며 체크박스를 이용하여 내보낼 레이어의 선택이 가능합니다.



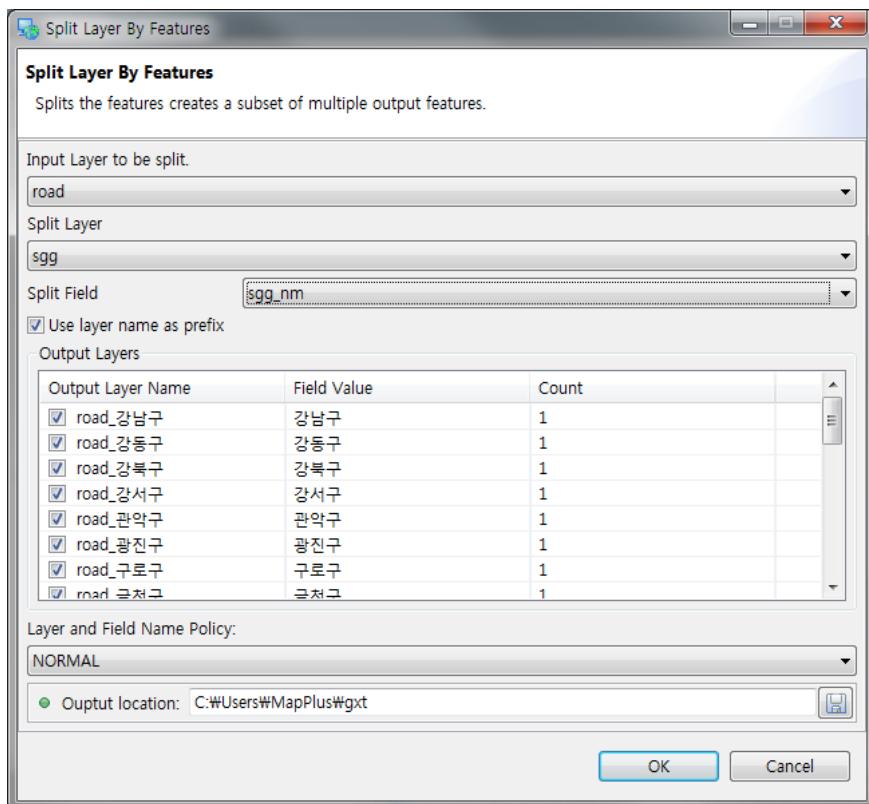
Shapefile 로 분할한 결과는 다음과 같습니다.



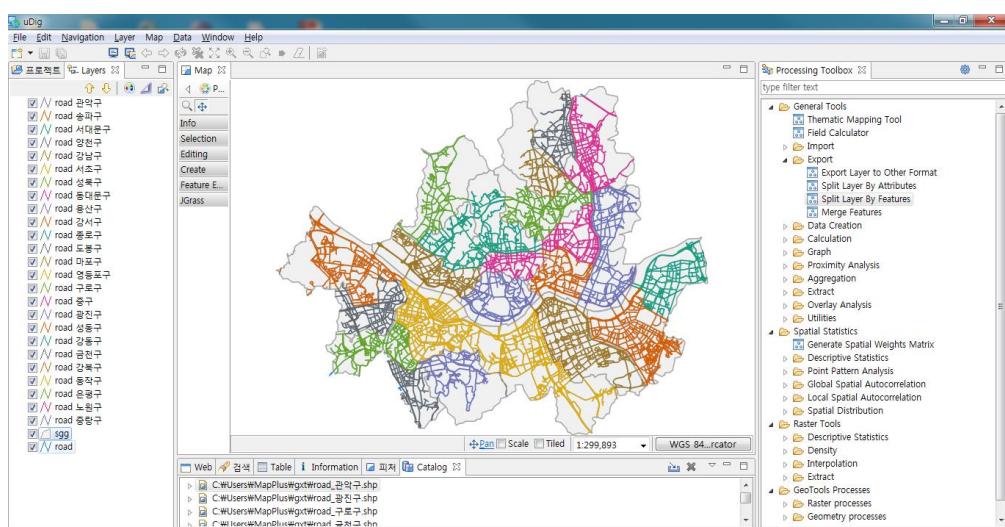
4.2.3.4. Split Layer by Features

폴리곤 레이어를 이용하여 레이어를 분할하는 도구입니다.

분할할 레이어와 폴리곤 레이어 및 고유값 분할 필드를 선택하면 Output Layer 가 설정됩니다. Output Layer Name 은 변경이 가능하며 체크박스를 이용하여 내보낼 레이어의 선택이 가능합니다.



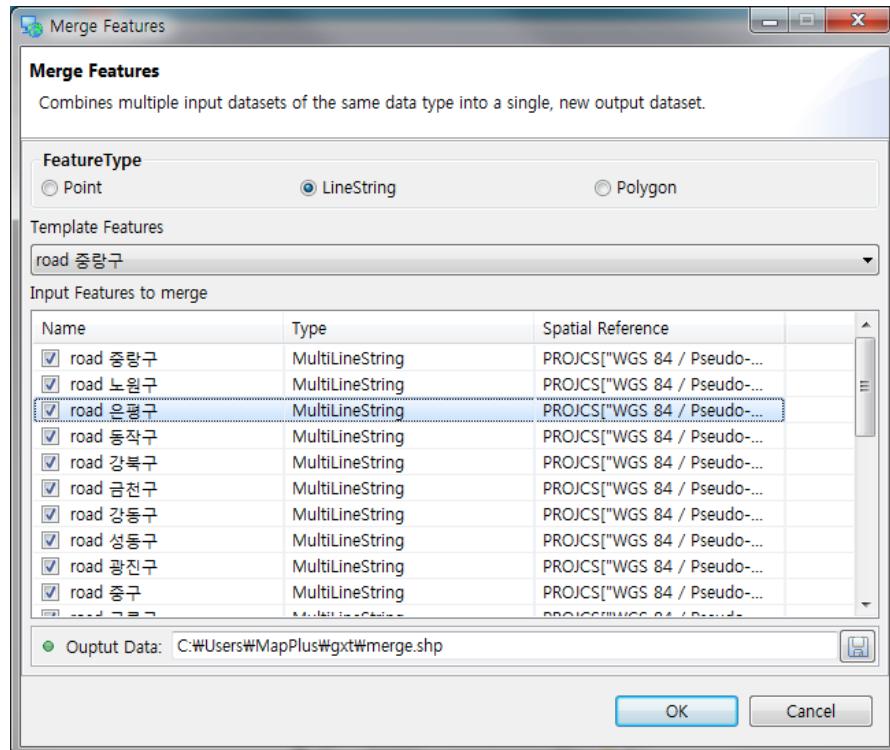
Shapefile 로 분할한 결과는 다음과 같습니다.



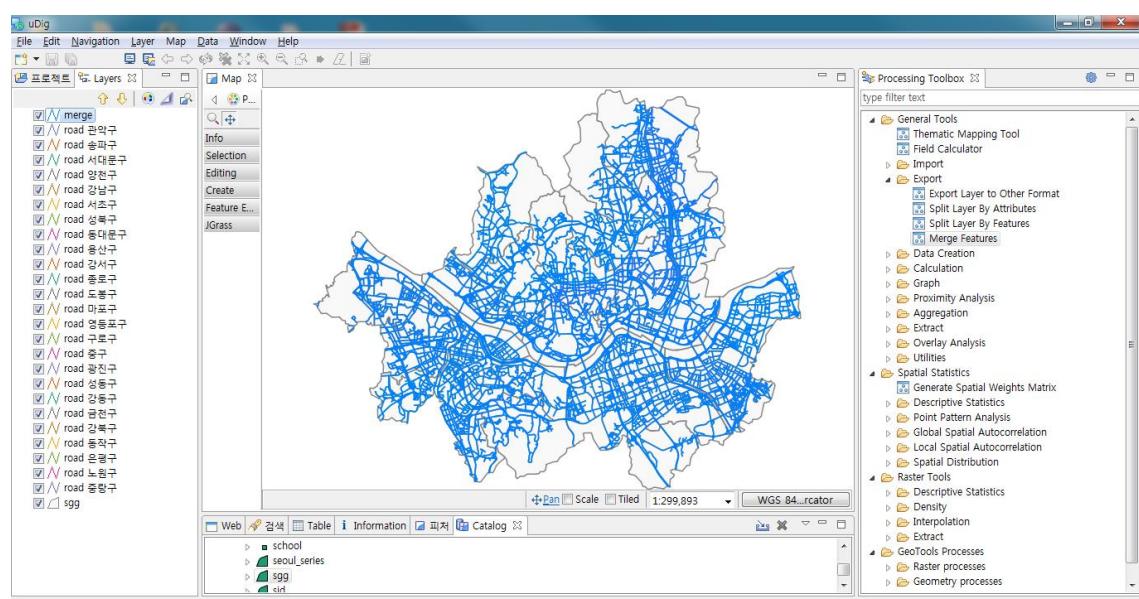
4.2.3.5. Merge Features

피처 타입이 같은 여러 개의 레이어를 하나의 레이어로 합치는 도구입니다.

피처 타입과 스키마를 사용할 템플릿 레이어를 선택 후 합칠 레이어를 체크박스에서 선택합니다.



도로 라인 데이터를 하나의 레이어로 합친 결과는 다음과 같습니다

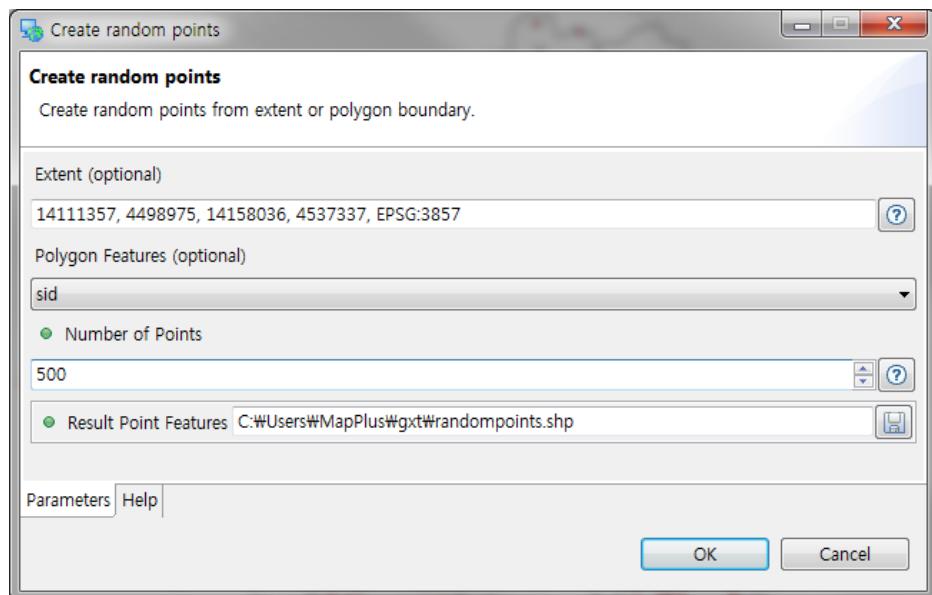


4.2.4. Data Creation

4.2.4.1. Create Random Point

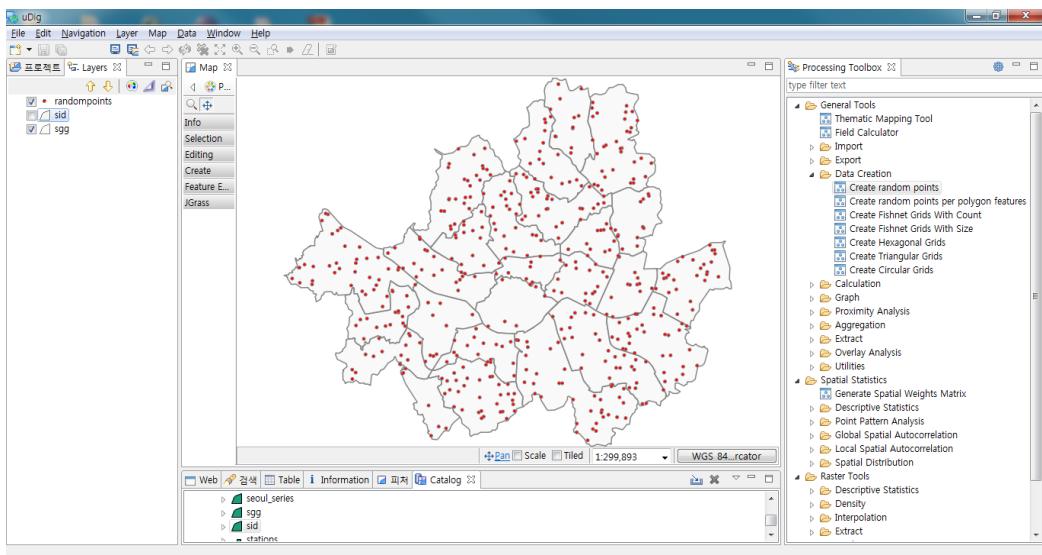
Create Random Point 는 선택된 레이어의 범위 또는 범위를 지정하여 랜덤 포인트를 생성하는 도구입니다.

우선  버튼을 클릭하여 레이어의 Extent 를 설정하고 생성될 포인트의 수를 입력한 다음 실행하면 랜덤 포인트가 생성됩니다. 옵션으로 생성될 영역을 폴리곤 레이어로 설정 할 수 있습니다.



다음은 범위 및 생성할 폴리곤 영역 설정 후 500 개의 랜덤 포인트를 생성한 결과입니다.

uDig Processing Toolbox 1.0

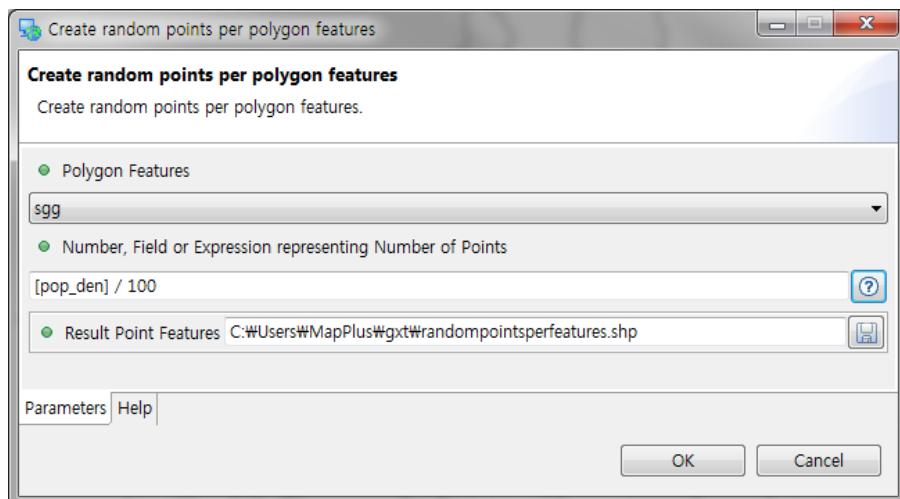


4.2.4.2. Create Random Point per Polygon Features

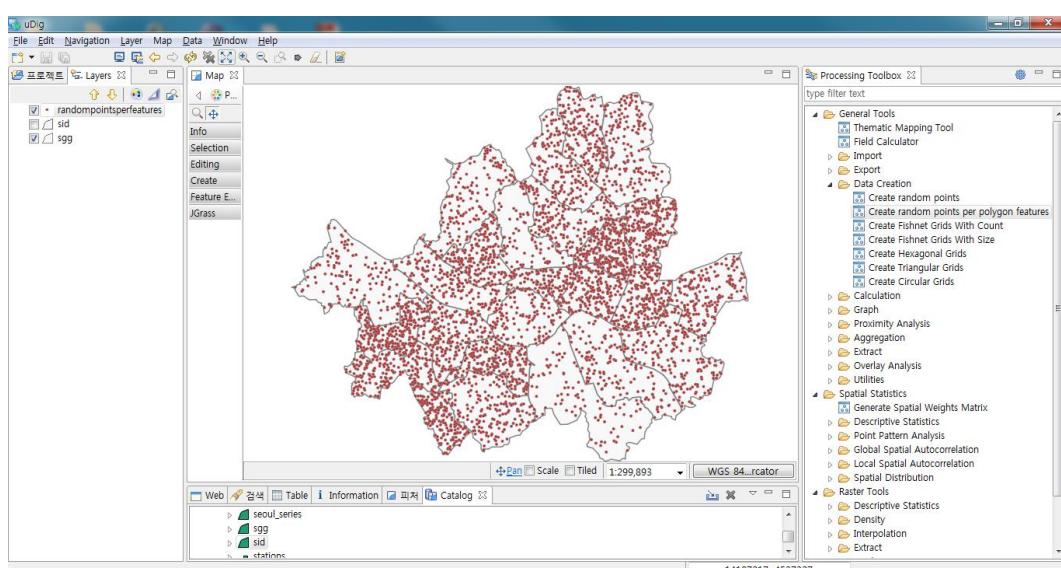
Create Random Point 와 기능이 유사하지만, 랜덤 포인트의 생성 범위가 각각의 폴리곤이며 포인트의 개수를 직접 입력하거나 필드와 수식을 통해 지정하여 랜덤 포인트를 생성할 수 있는 도구입니다.

생성할 랜덤포인트의 범위(Polygon Features)을 설정하고 생성될 포인트의 수를

입력하거나  버튼을 클릭하여 생성될 포인트의 수가 입력되어 있는 필드를 선택(필요에 따라 수식으로 입력)하여 실행하면 랜덤 포인트가 생성 됩니다.



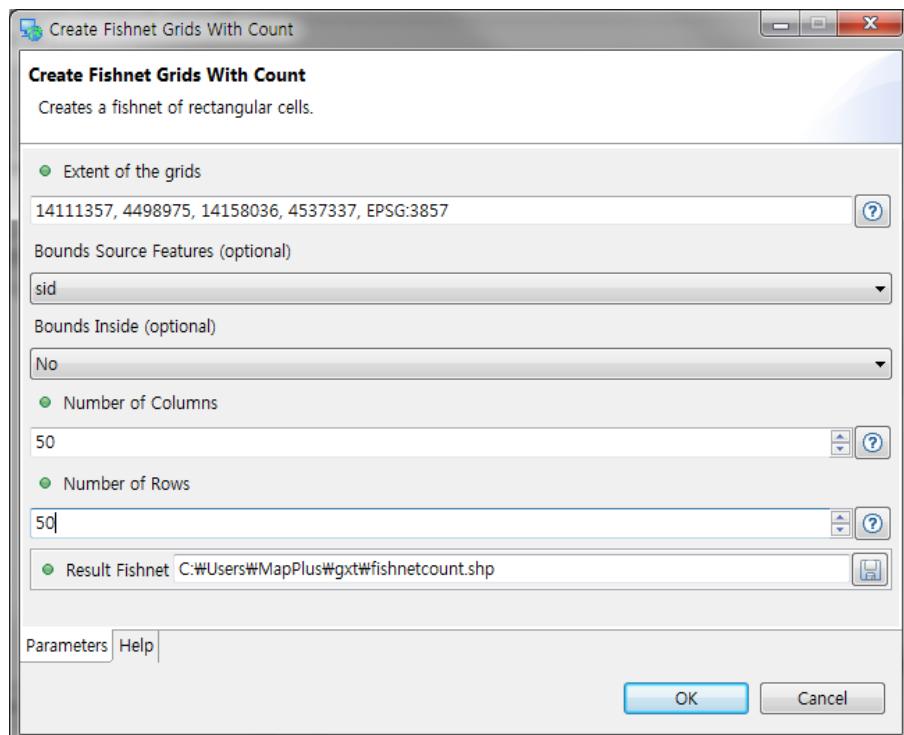
다음 결과는 구별 인구밀도를 100 으로 나눈 결과값 만큼의 랜덤 포인트를 생성한 예입니다. 점묘도와 같은 역할을 합니다.



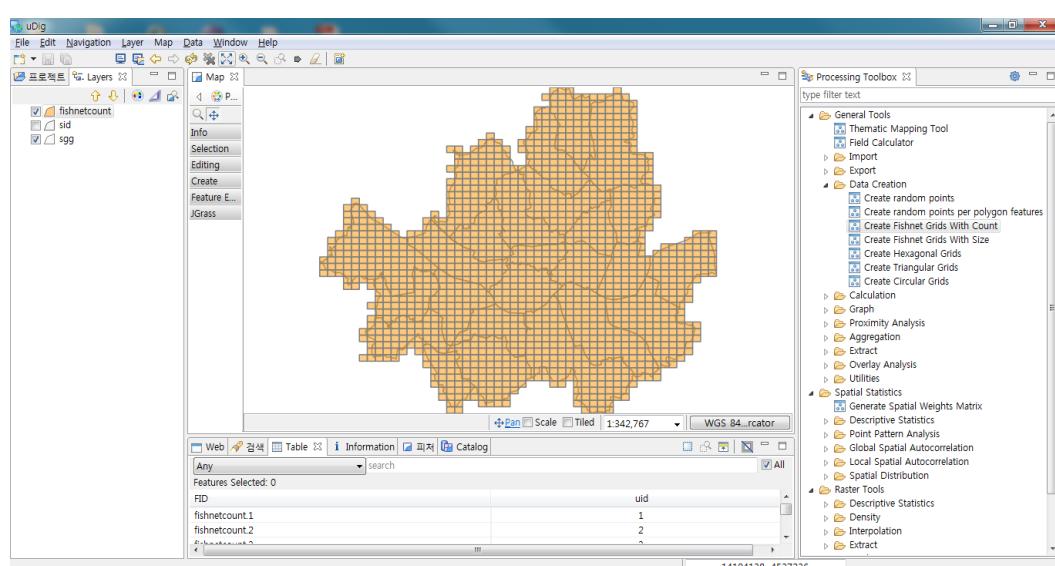
4.2.4.3. Create Fishnet Grids with Count

선택된 레이어의 범위 또는 범위를 지정하여 격자 폴리곤을 생성하는 도구입니다.

버튼을 클릭하여 격자의 Extent를 입력하고 행과 열의 수를 입력하여 실행하면 격자 폴리곤이 생성 됩니다. Polygon Features 옵션에 폴리곤을 입력하면 입력한 폴리곤에 중첩하는 격자를 생성 합니다.



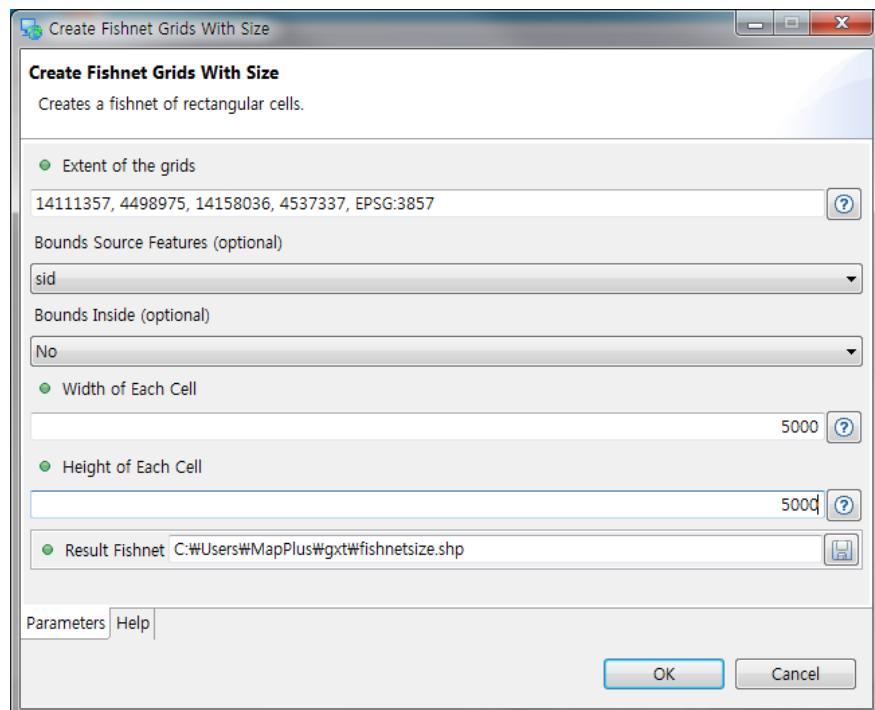
다음은 폴리곤 영역을 기준으로 가로 * 세로 50 개의 격자를 생성한 결과입니다.



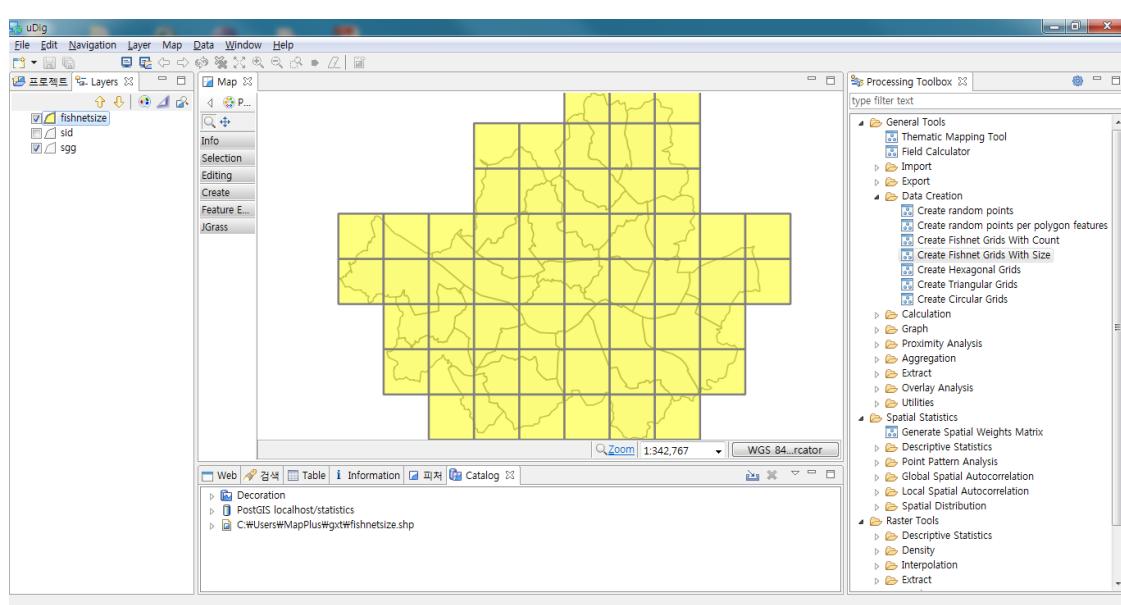
4.2.4.4. Create Fishnet Grids with Size

선택된 레이어의 범위 또는 범위를 지정하여 격자 폴리곤을 생성하는 도구입니다.

 버튼을 클릭하여 격자의 Extent를 입력하고 격자의 가로와 세로 길이를 입력하여 실행하면 격자 폴리곤이 생성 됩니다. Polygon Features 옵션에 폴리곤을 입력하면 입력한 폴리곤에 중첩하는 격자를 생성 합니다.



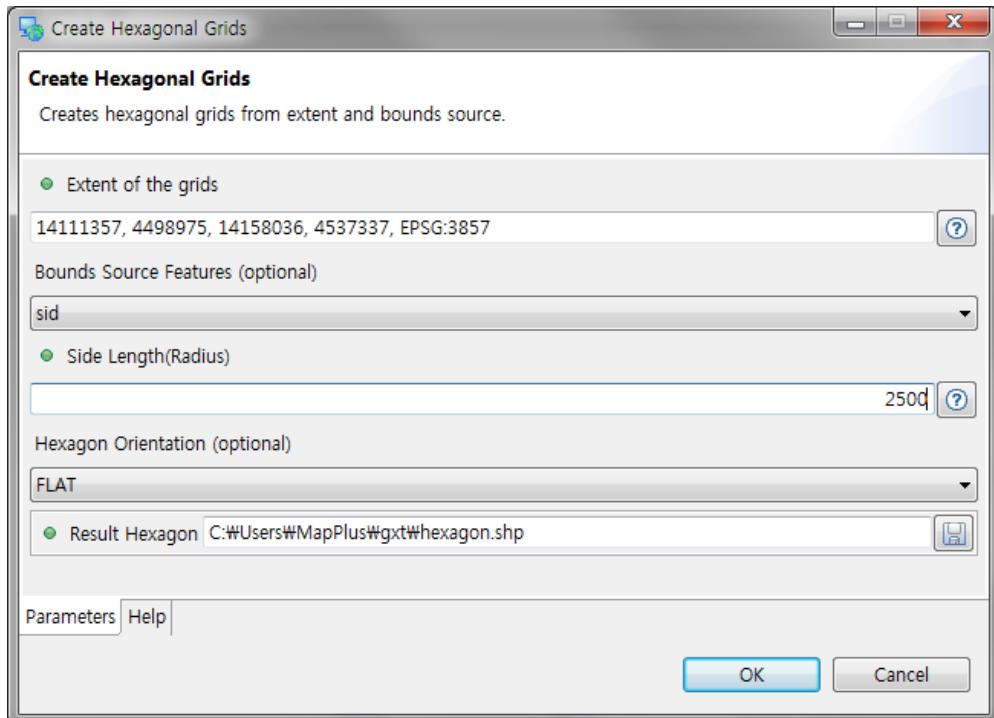
다음은 폴리곤 영역을 기준으로 가로 * 세로 5000m 격자를 생성한 결과입니다.



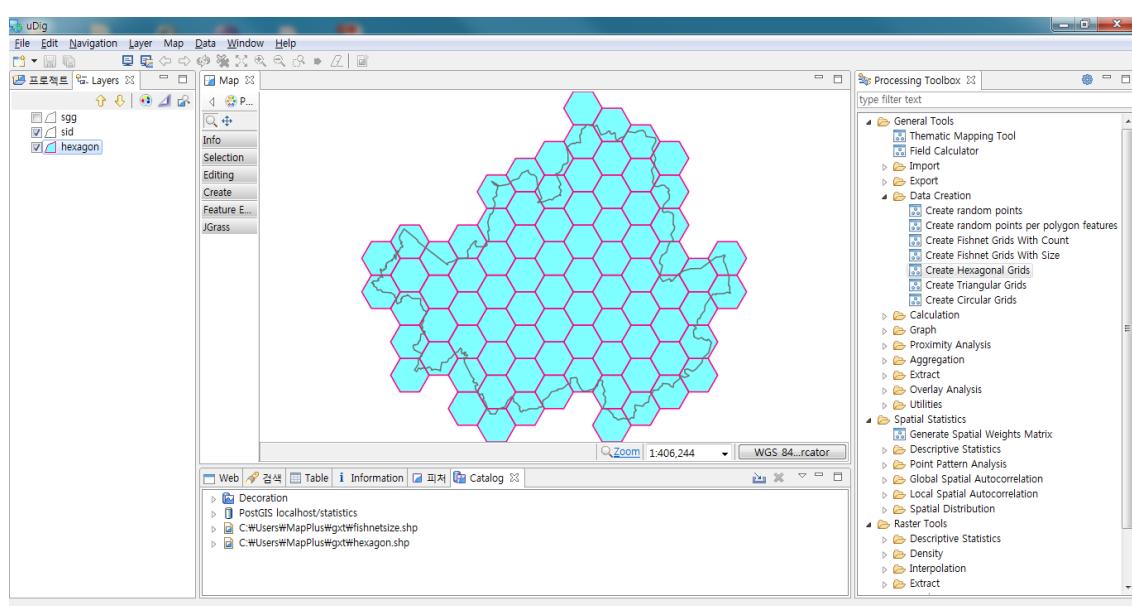
4.2.4.5. Create Hexagonal Grids

선택된 레이어의 범위 또는 범위를 지정하여 헥사곤을 생성하는 도구입니다.

버튼을 클릭하여 격자의 Extent를 입력하고 육각형의 중심점에서 꼭지점까지의 길이를 입력하여 실행하면 헥사곤이 생성 됩니다. Hexagon Orientation 옵션을 통하여 헥사곤의 모양(FLAT, ANGLED)을 변경할 수 있습니다.



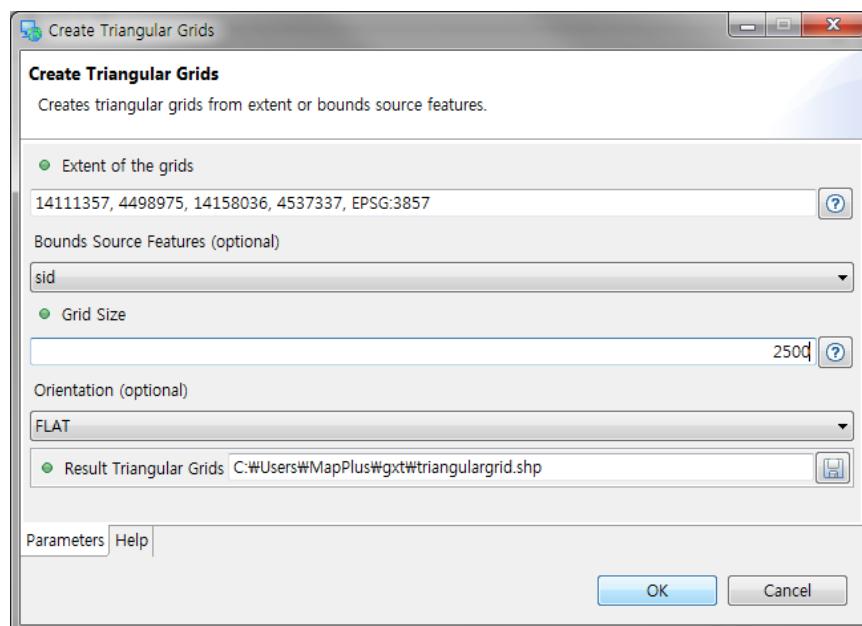
다음은 폴리곤 영역을 기준으로 2500 미터 크기의 헥사곤 그리드를 생성한 결과입니다.



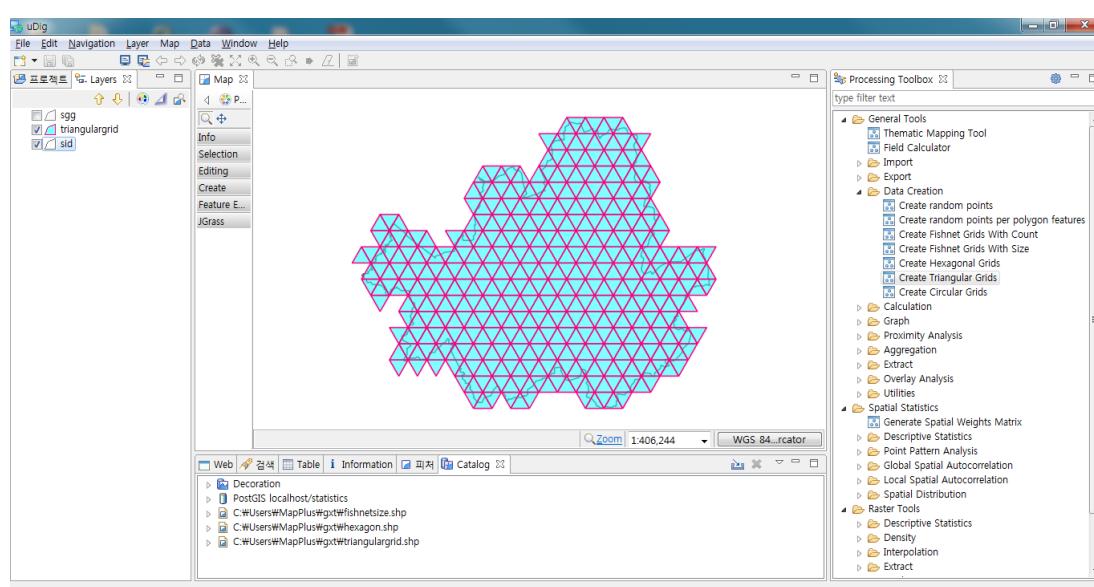
4.2.4.6. Create Triangular Grid

선택된 레이어의 범위 또는 범위를 지정하여 삼각형 격자를 생성하는 도구입니다.

Extent of the grids 파라미터의  버튼을 클릭하여 격자의 Extent를 선택, Grid Size 파라미터에 정삼각형의 변의 길이를 입력, Orientation 파라미터를 FLAT 또는 Angled 중 선택, 만약 특정폴리곤 영역에 걸치는 삼각형만 생성하려면 Polygon Features에 폴리곤 레이어를 선택합니다. 파라미터 입력 후 실행하면 삼각형이 생성 됩니다.



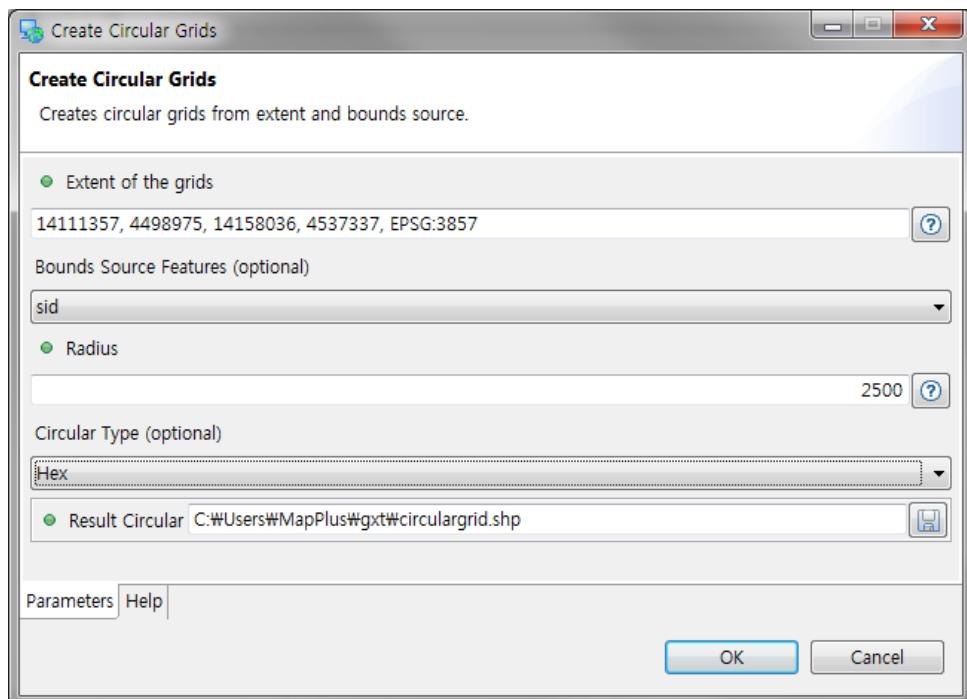
다음은 폴리곤 영역을 기준으로 2500 미터 크기의 삼각형 그리드를 생성한 결과입니다.



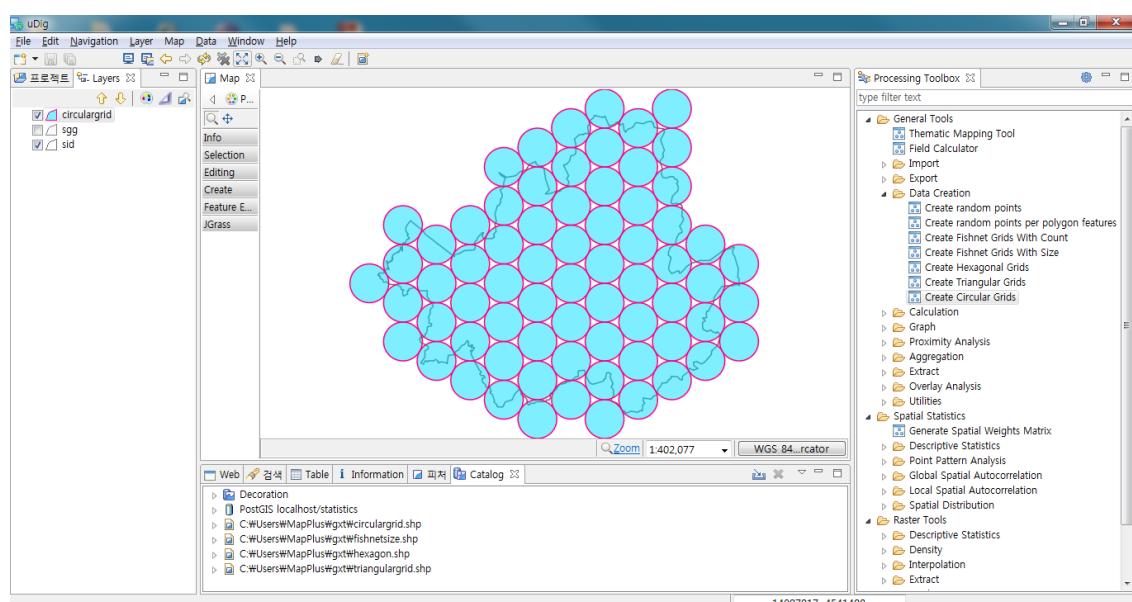
4.2.4.7. Create Circular Grid

선택된 레이어의 범위 또는 범위를 지정하여 원을 생성하는 도구입니다.

버튼을 클릭하여 격자의 Extent를 입력하고 원의 반지름의 길이를 입력하여 실행하면 원이 생성 됩니다. Circular Type은 Grid와 Hex를 선택할 수 있습니다.



다음은 폴리곤 영역을 기준으로 2500 미터 크기의 원형 그리드를 생성한 결과입니다.

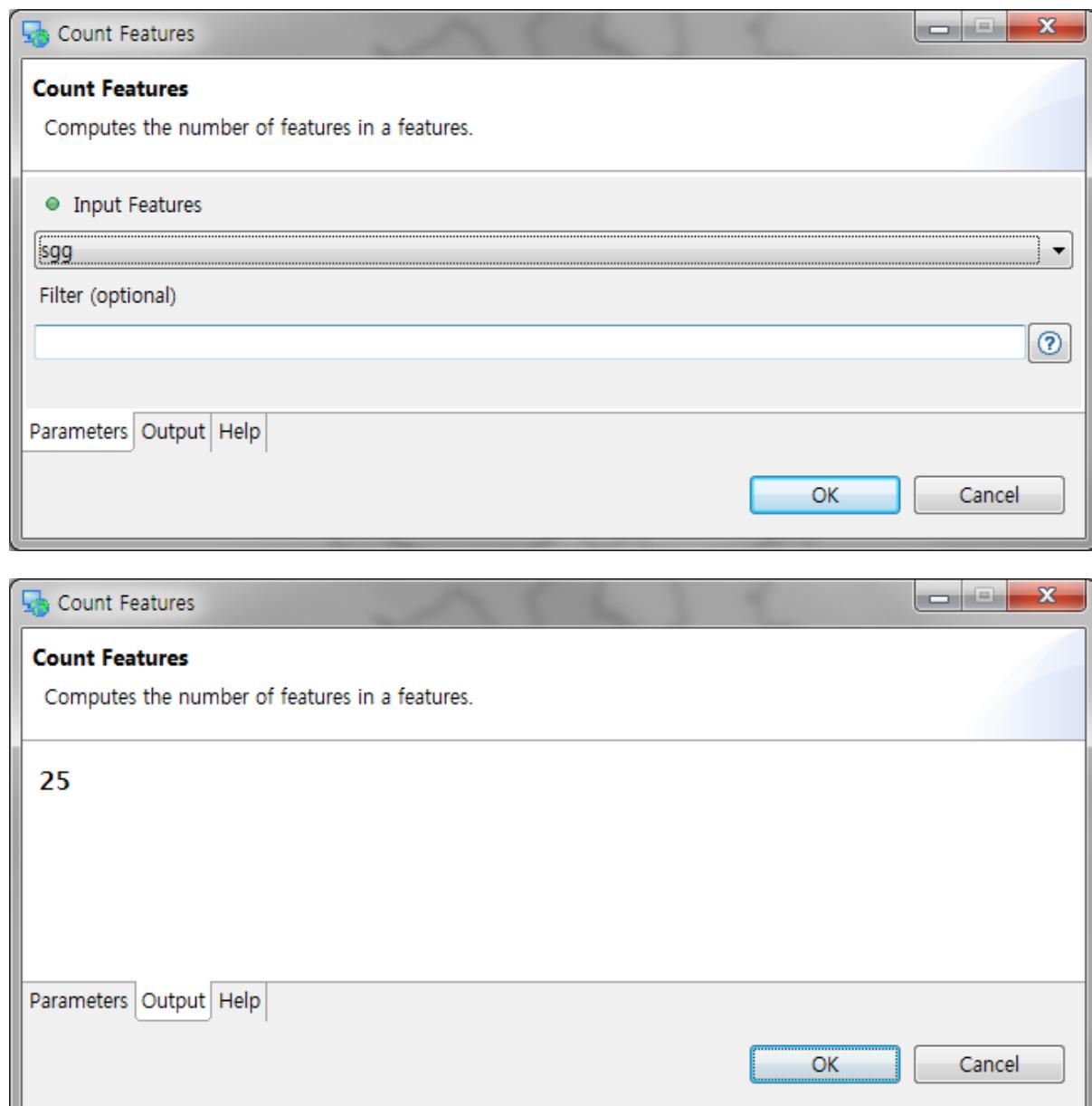


4.2.5. Calculation

4.2.5.1. Count Features

벡터 데이터의 개수를 산출하여 화면에 표시합니다.

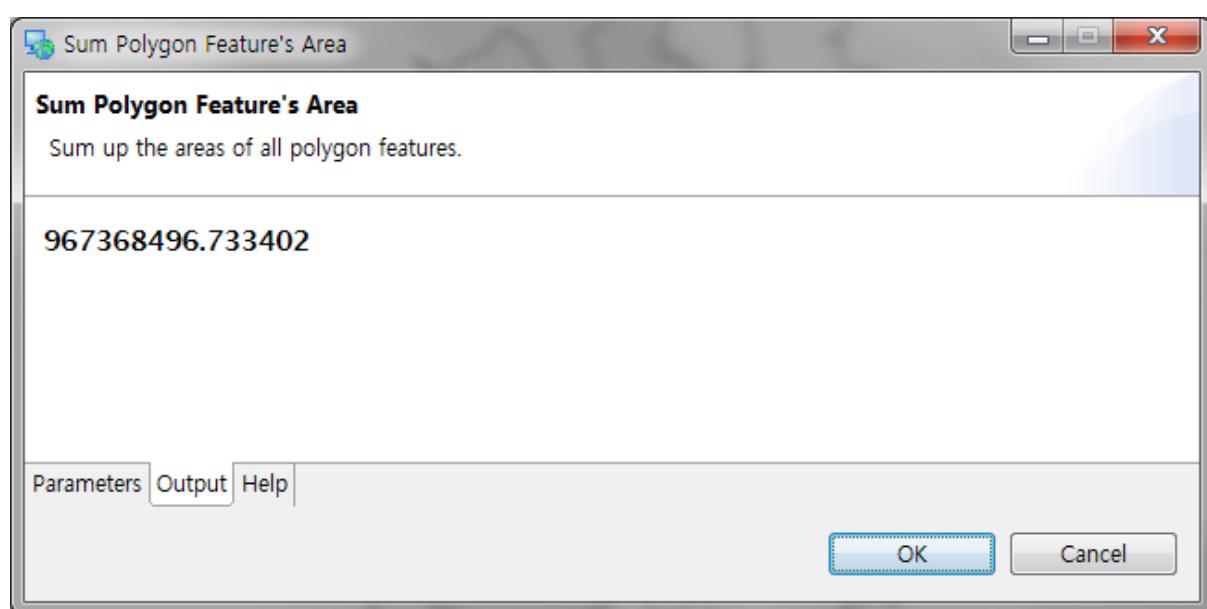
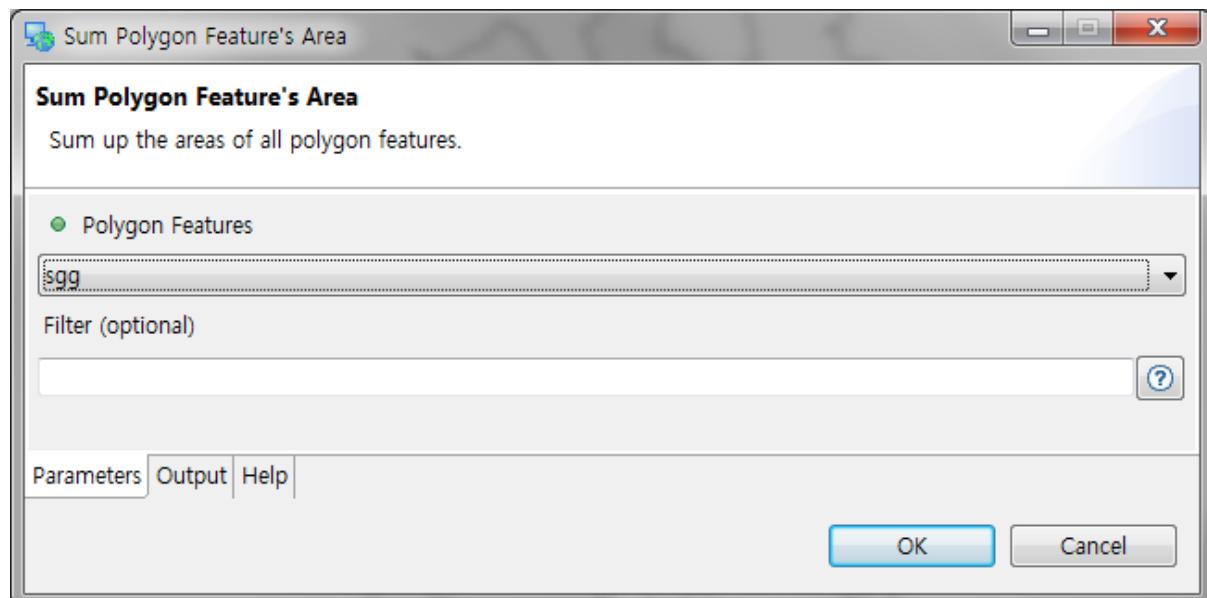
Input Features에 개수를 산출할 벡터데이터를 입력하고 실행하면 화면에 벡터의 개수가 표시 됩니다. 필터를 이용하여 공간 및 속성 조건을 적용할 수 있습니다.



4.2.5.2. Sum Polygon Feature's Area

폴리곤의 면적을 산출하여 화면에 표시하는 도구입니다.

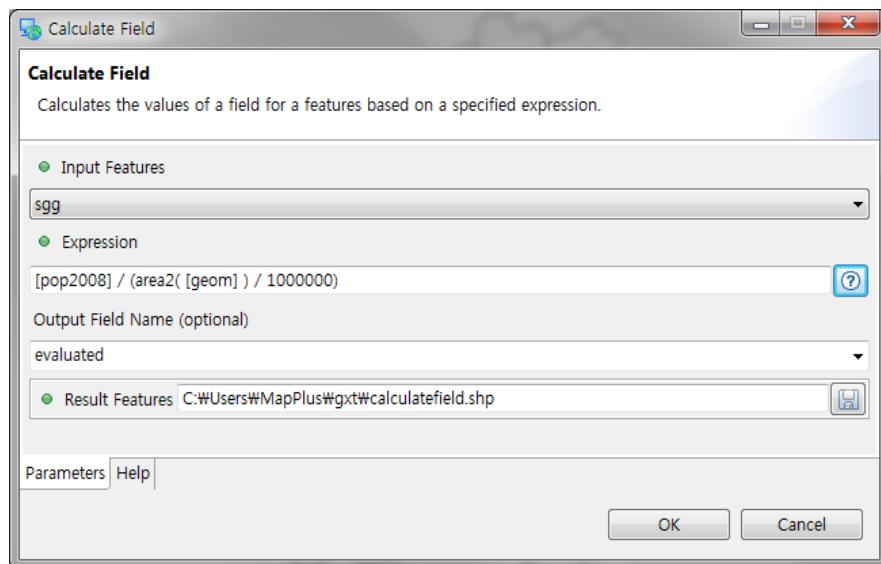
Polygon Features에 면적을 산출할 폴리곤을 입력하고 실행하면 화면에 폴리곤의 면적이 표시 됩니다. 필터를 이용하여 공간 및 속성 조건을 적용할 수 있습니다. 면적의 단위는 원본 레이어의 좌표계를 따릅니다.



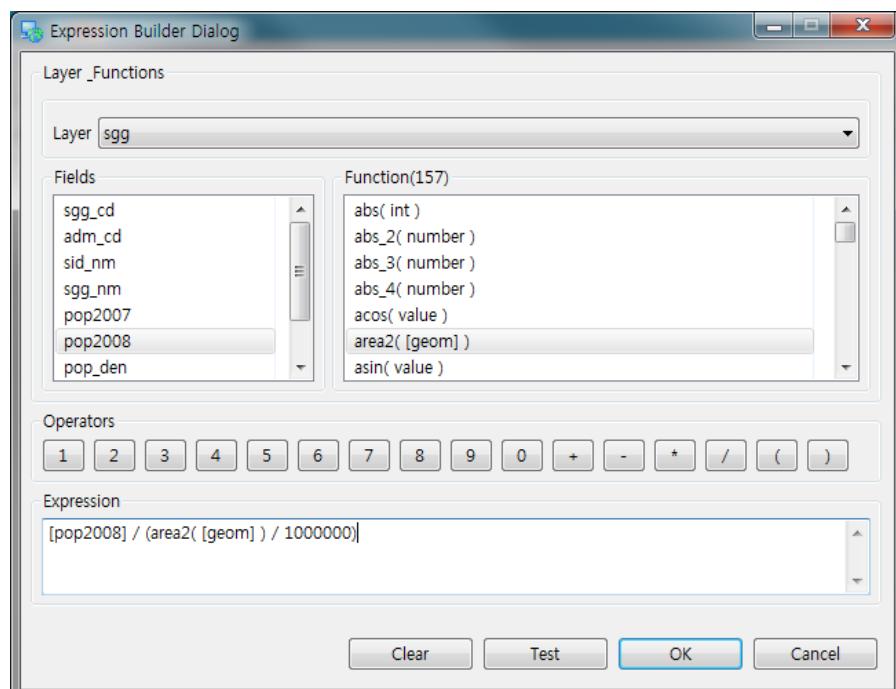
4.2.5.3. Calculate Field

속성정보 또는 Geometry 를 이용하여 필드를 계산하는 도구입니다.

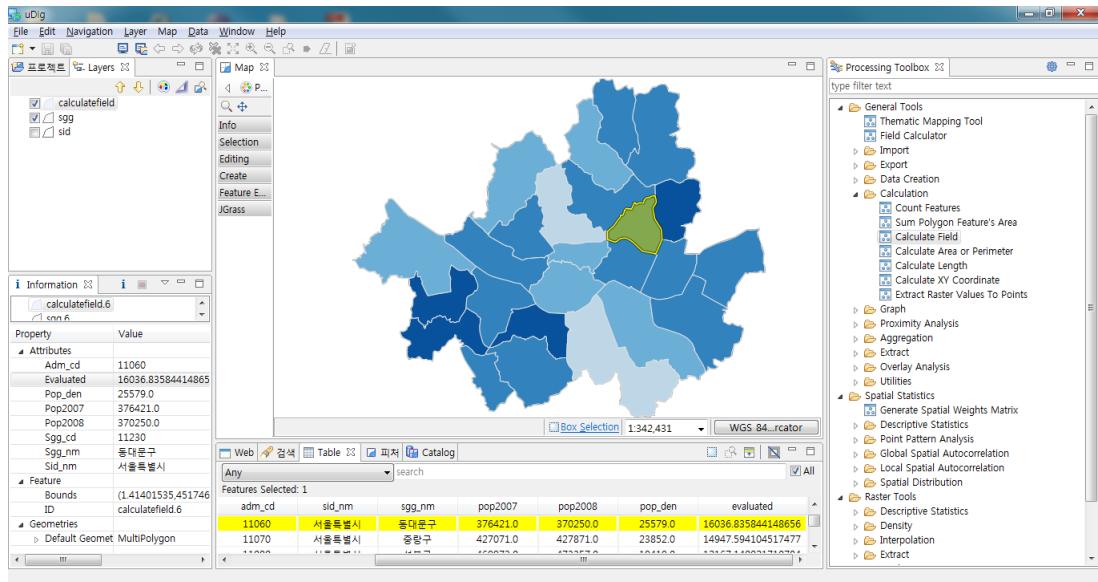
Input Features 에 계산할 벡터 레이어를 선택합니다. Expression 파라미터의  버튼(수식 입력 대화상자)을 눌러 수식을 입력하고, Output Field Name 에 생성될 필드명을 입력 또는 선택 후 실행하면 계산된 벡터 데이터가 생성됩니다.



수식은 숫자, 수식함수, 속성값의 연산, 도형의 둘레, 길이, 면적 등 다양하게 설정할 수 있으며 [Test] 버튼을 눌러 샘플 값을 미리 확인할 수 있습니다.



필드값이 계산된 결과는 다음과 같습니다.

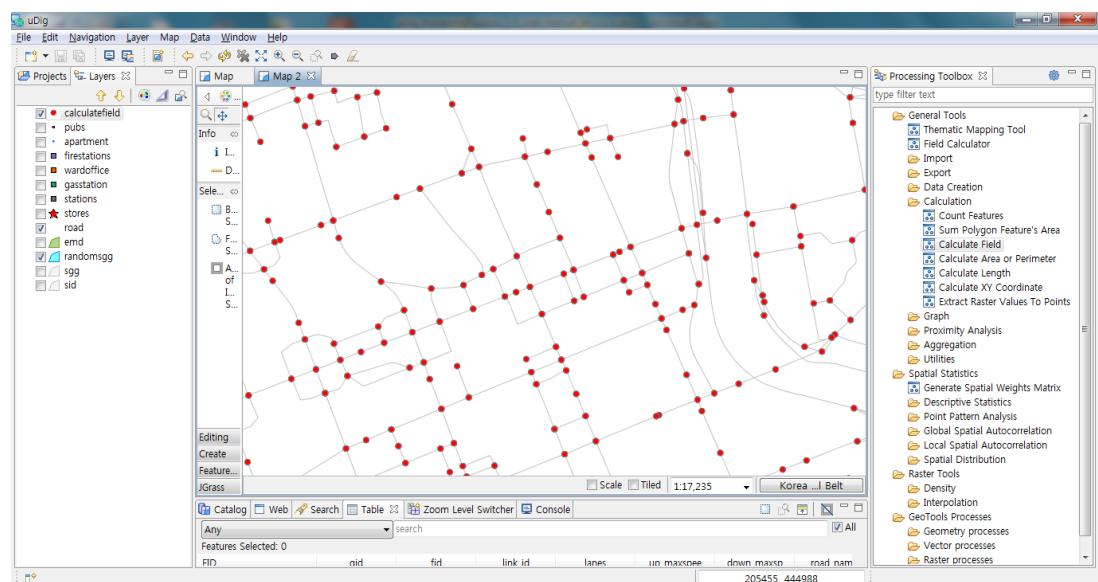


Advanced Options

이 도구의 가장 큰 특징은 숫자와 문자 외에 Centroid, Buffer, ConvexHull 등 원본 데이터의 Geometry 변환까지 다루고 있다는 것입니다. 다음은 변환 가능한 주요 함수와 활용 예제입니다.

boundary

boundary([the_geom]) 수식을 사용하면 폴리곤을 라인으로, 라인의 시작점과 끝점을 포인트로 변환할 수 있습니다. 다음 결과는 도로의 시작점과 끝점을 라인으로 변환한 결과입니다.



buffer & bufferWithSegments

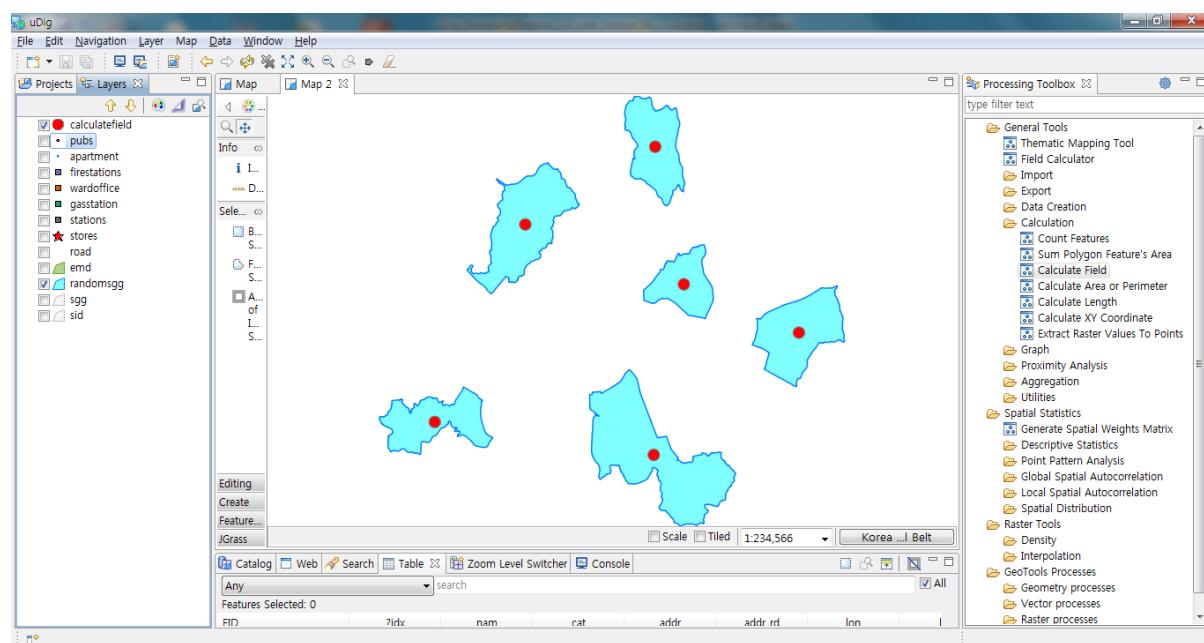
4.2.7.1 Buffer Features using Expression 도구와 같은 기능을 합니다.

함수	예제
buffer(geometry, distance)	buffer([the_geom], 300)
bufferWithSegments(geometry, distance, number_of_segments)	bufferWithSegments([the_geom], [pop_den] / 2, 24)

위 함수에서 geometry는 벡터 레이어의 Geometry 필드 이름, distance는 버퍼거리값 또는 이에 해당하는 수식 모두 활용 가능합니다.

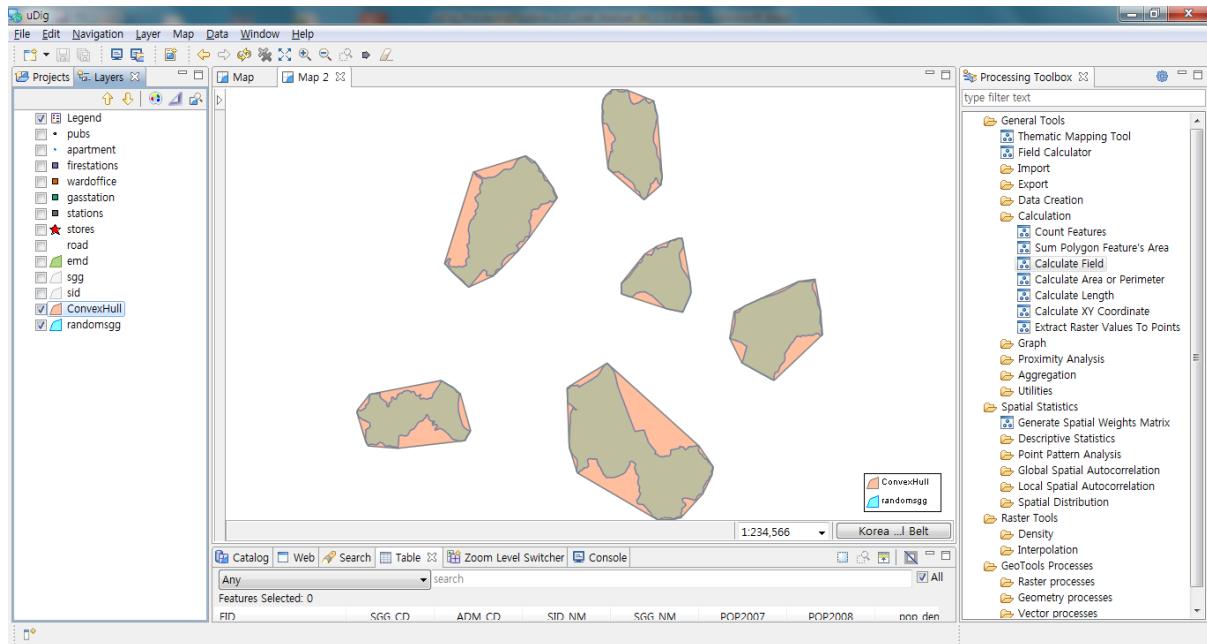
centroid

centroid([the_geom]) 수식을 이용하면 폴리곤 또는 라인의 무게중심점을 포인트로 변환할 수 있습니다. 만약 변환할 포인트가 반드시 폴리곤 내에 포함되어야 한다면 interiorPoint([the_geom]) 함수를 사용하면 됩니다.



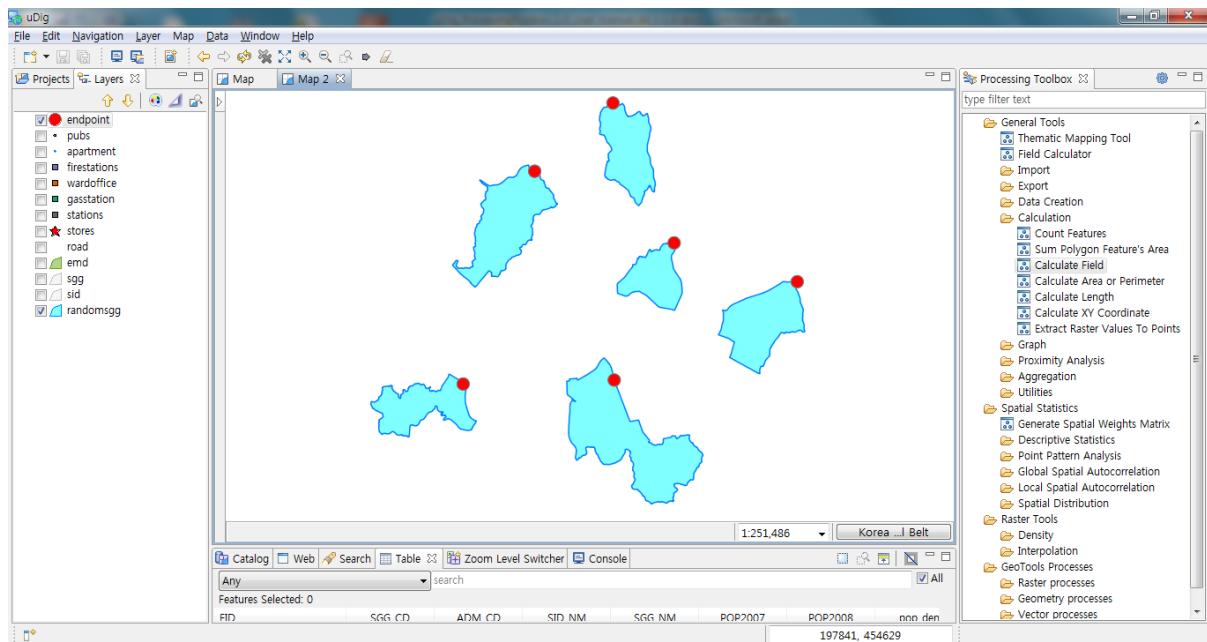
convexHull

convexHull([the_geom]) 수식을 이용하면 폴리곤 또는 라인의 ConvexHull로 변환할 수 있습니다.



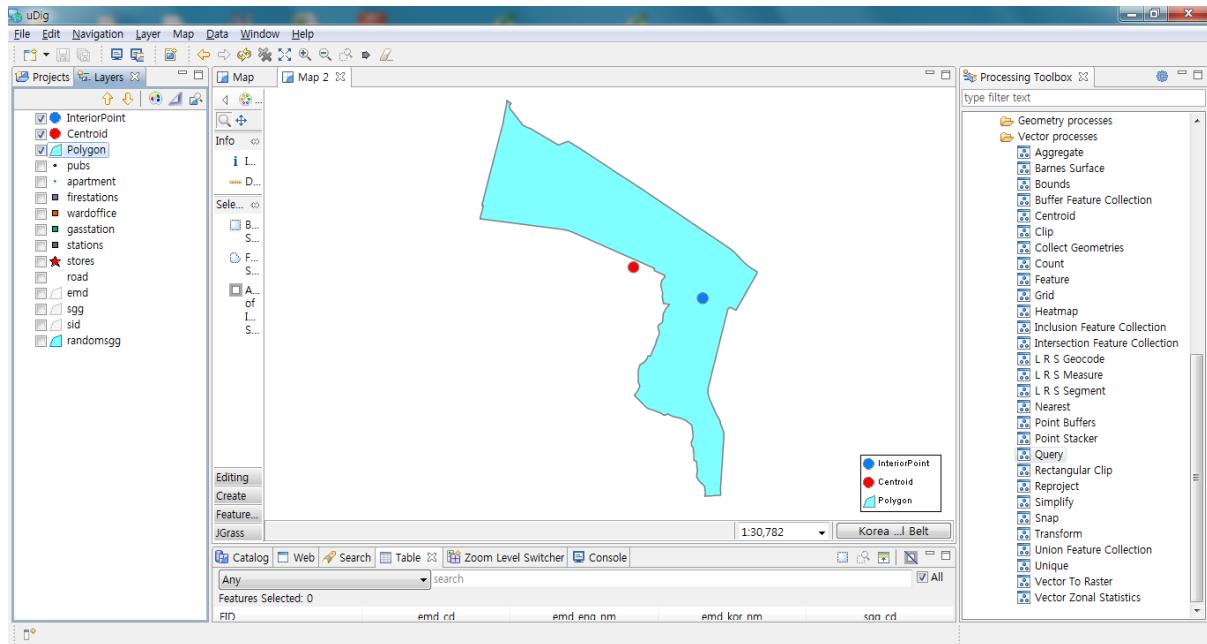
endPoint

`endPoint([the_geom])` 수식을 이용하면 폴리곤 또는 라인의 끝점을 포인트로 변환할 수 있습니다.



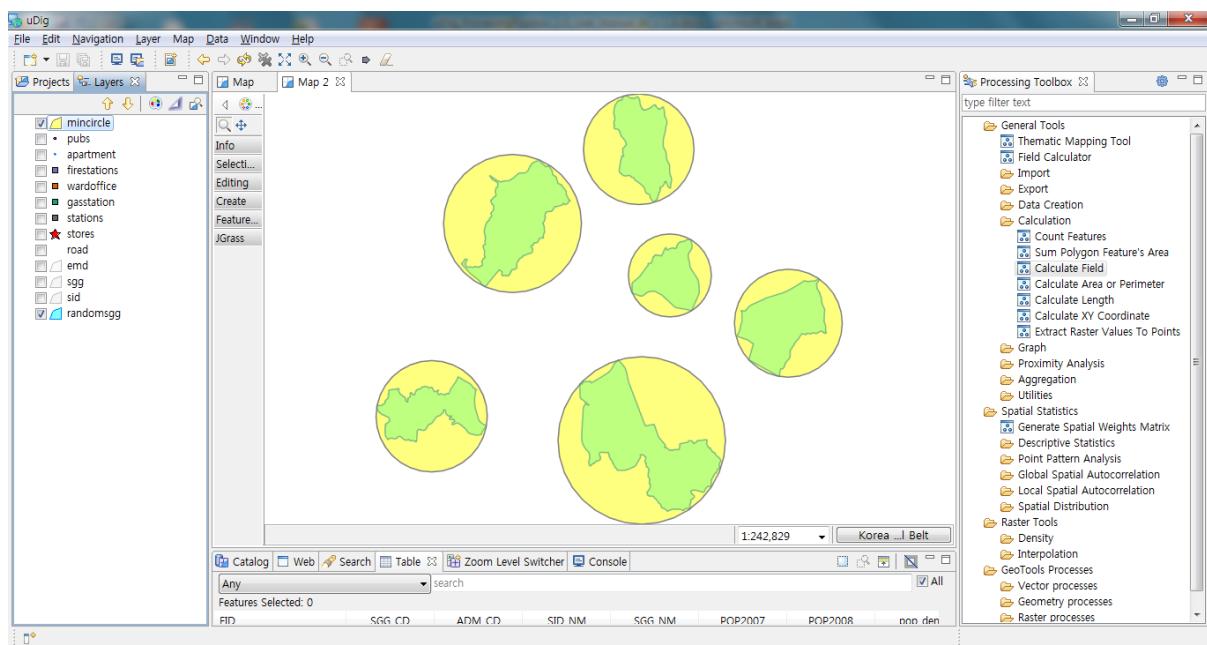
interiorPoint

`interiorPoint([the_geom])` 수식을 이용하면 폴리곤을 포인트로 변환할 때 반드시 폴리곤 내에 포함하는 포인트로 변환할 수 있습니다. 위 Centroid 함수와 4.2.9.3 Feature To Point 도구를 참고하십시오.



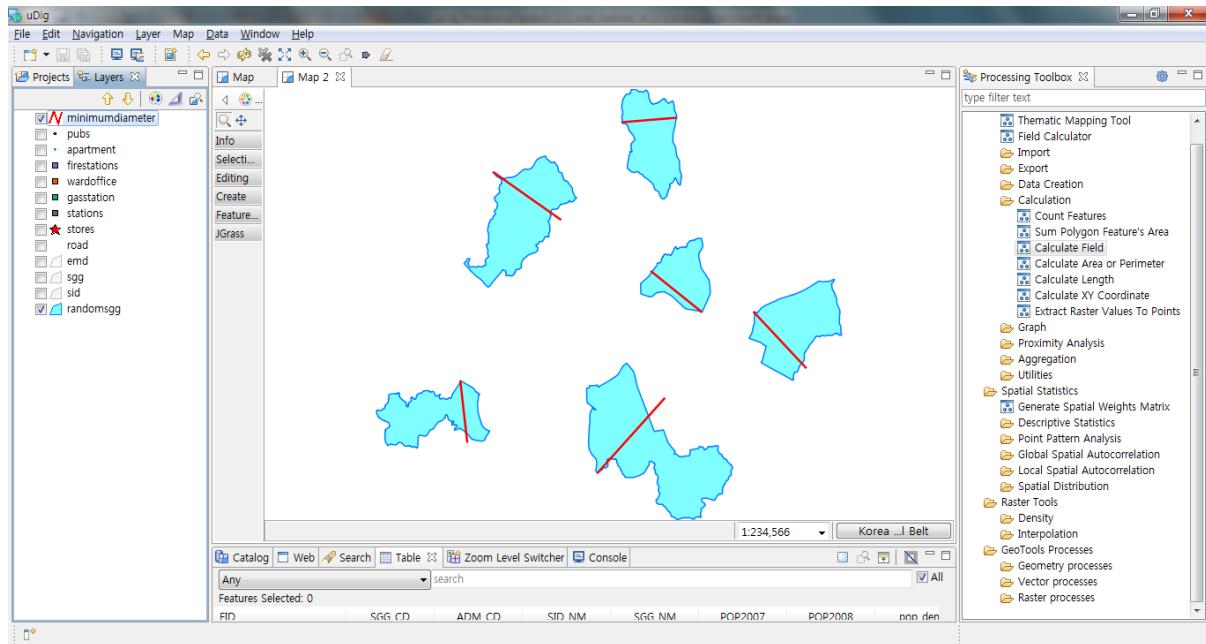
mincircle

mincircle([the_geom]) 수식을 이용하면 폴리곤, 라인, 멀티포인트를 포함하는 최소 크기의 원 폴리곤으로 변환할 수 있습니다.



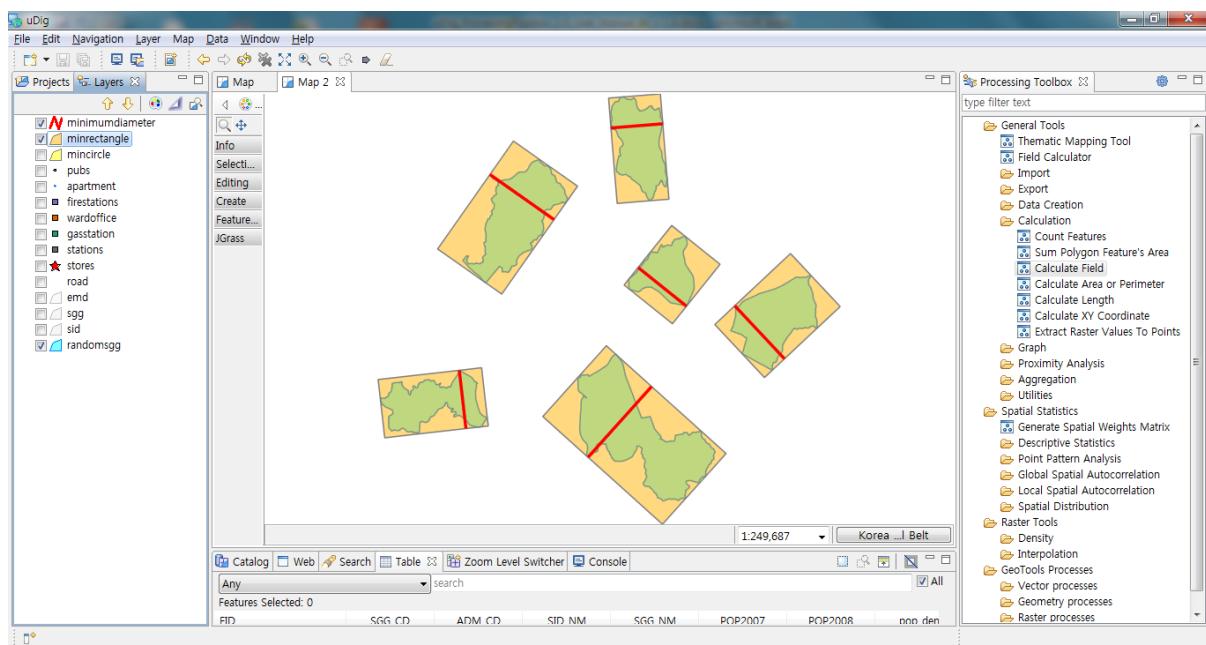
minimumdiameter

minimumdiameter([the_geom]) 수식을 이용하면 폴리곤, 라인, 멀티포인트를 둘러싸는 아래 [minrectangle]의 최소 높이를 이루는 라인으로 변환할 수 있습니다.



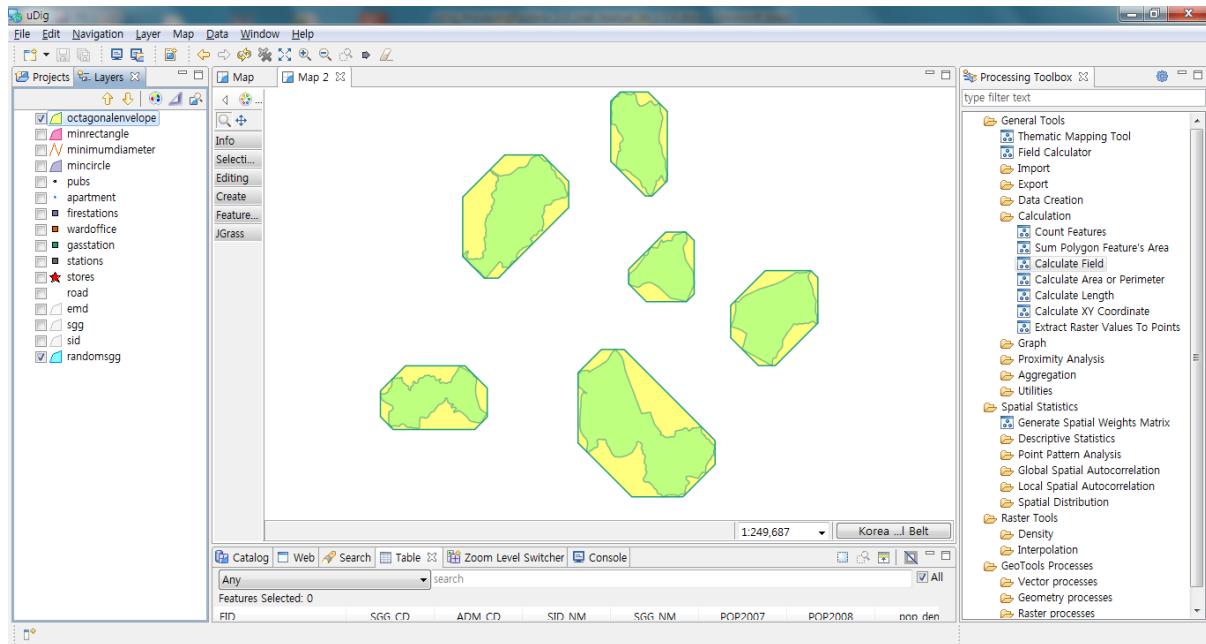
minrectangle

`minrectangle([the_geom])` 수식을 이용하면 폴리곤, 라인, 멀티포인트를 둘러싸는 최소경계영역의 폴리곤으로 변환할 수 있습니다.



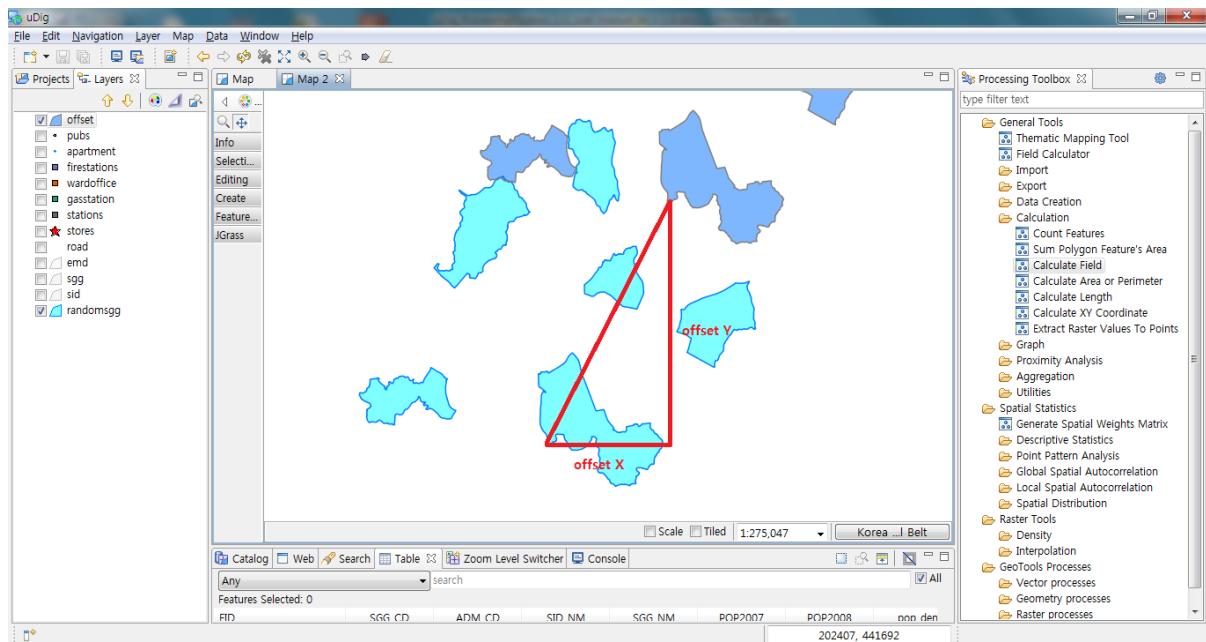
octagonalenvelope

`octagonalenvelope([the_geom])` 수식을 이용하면 폴리곤, 라인, 멀티포인트를 둘러싸는 최소경계의 Octagonal 폴리곤으로 변환할 수 있습니다.



offset

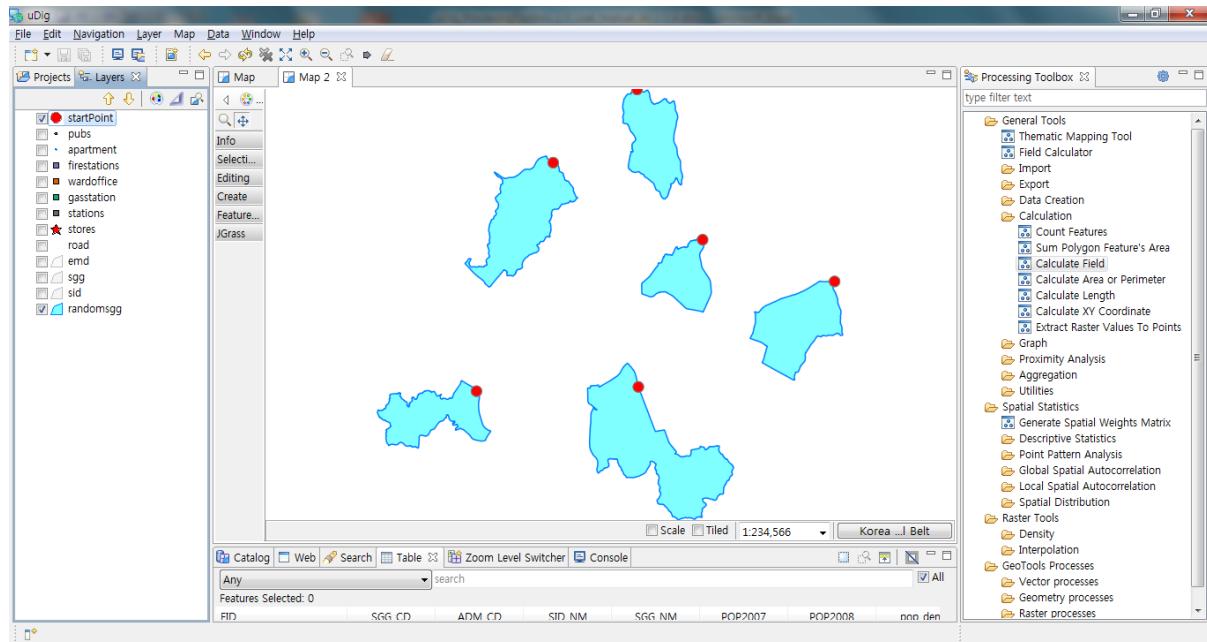
offset(geometry, offsetX, offsetY) 수식을 이용하면 원본 지오메트리를 X, Y 값으로 이동할 수 있습니다. 다음 결과는 offset([the_geom], 10000, 20000) 즉, X 축으로 10000, Y 축으로 20000 단위(Input Features의 좌표체계 단위)만큼 이동한 결과입니다.



startPoint

startPoint([the_geom]) 수식을 이용하면 폴리곤 또는 라인의 시작점을 포인트로 변환할 수 있습니다.

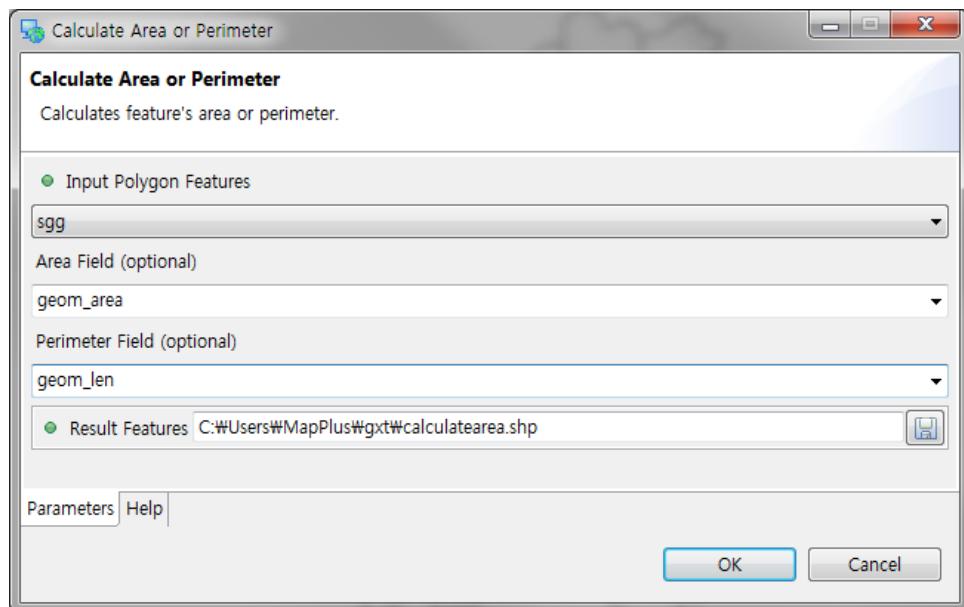
uDig Processing Toolbox 1.0



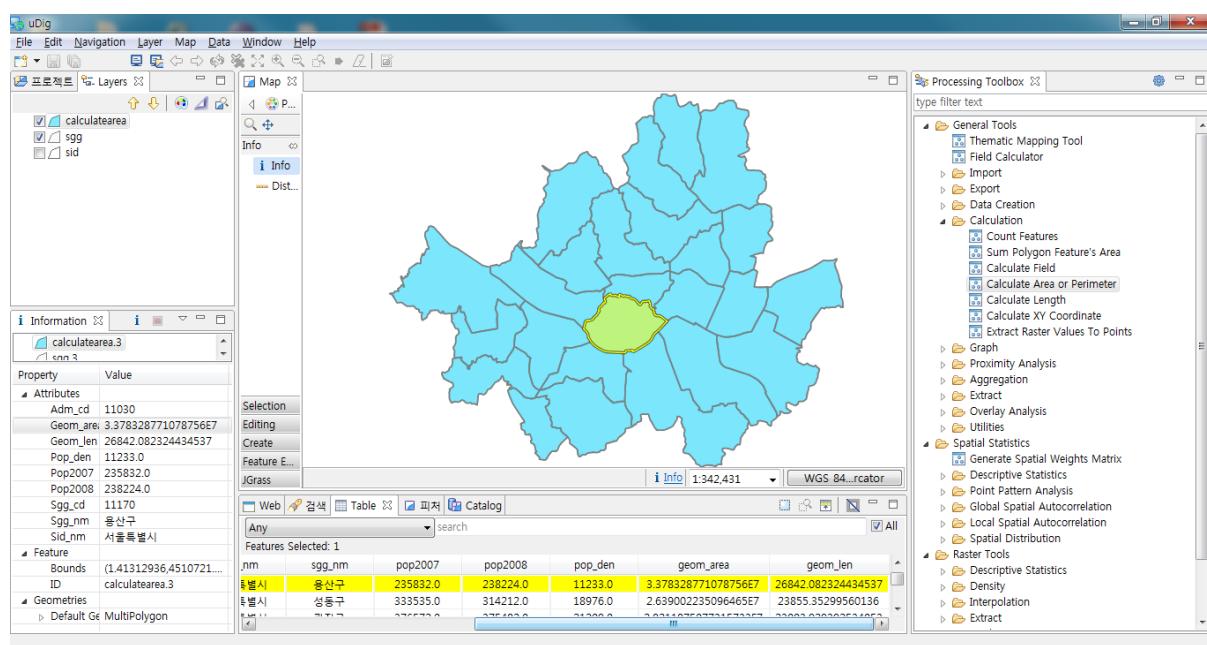
4.2.5.4. Calculate Area or Perimeter

폴리곤의 면적 또는 둘레를 계산하는 도구입니다.

Input Polygon Features에 면적 및 둘레를 산출할 폴리곤을 입력하고 면적 필드명과 둘레 필드명을 입력한 다음 실행하면 둘레와 면적이 산출된 새로운 폴리곤이 생성됩니다.



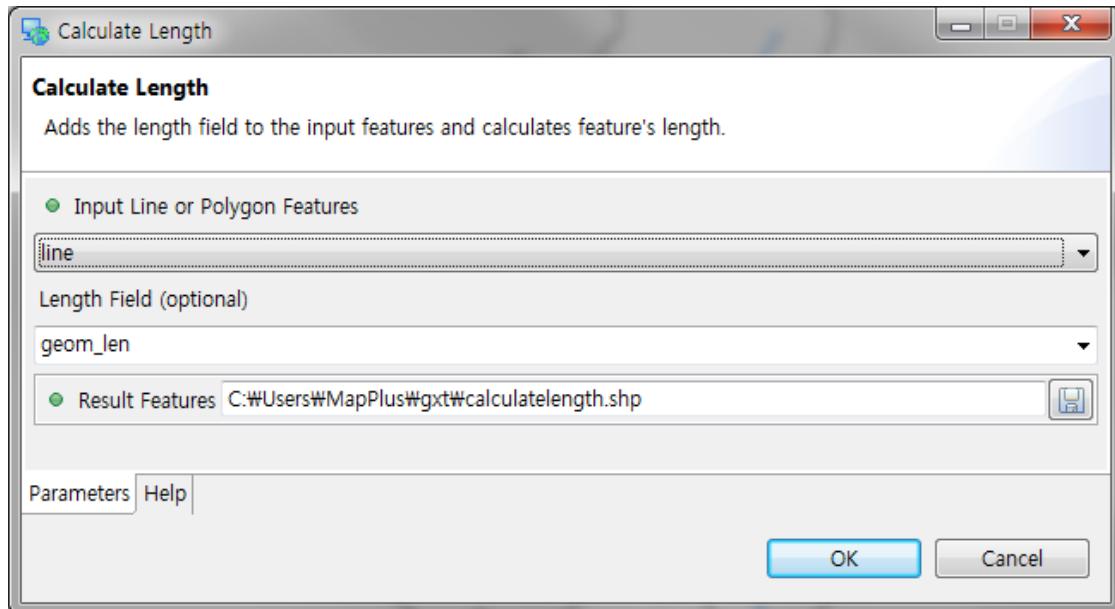
면적과 둘레가 계산된 결과는 다음과 같습니다.



4.2.5.5. Calculate Length

폴리곤 또는 라인의 길이를 계산하는 도구입니다.

Input Line or Polygon Features 에 길이를 산출할 폴리곤이나 라인을 입력하고 길이 필드명을 입력한 다음 실행하면 길이가 산출된 새로운 벡터 데이터가 생성됩니다.



길이가 계산된 결과는 다음과 같습니다.

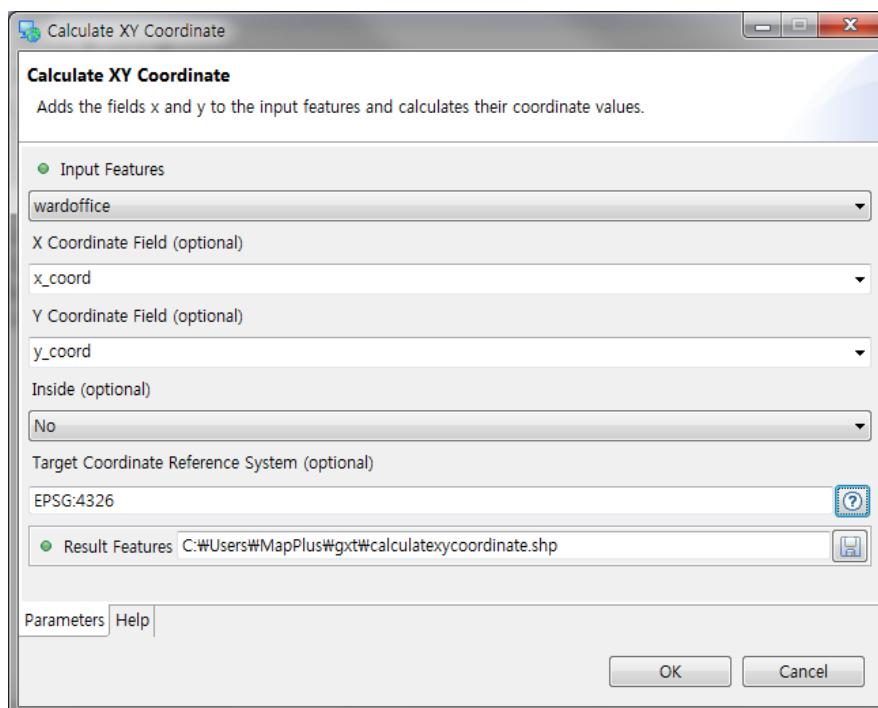
FID	ID	length	geom_len
calculatelength.2	2.0	16234.823465210577	16234.823465210577
calculatelength.3	3.0	10164.96875	10164.96876051455
calculatelength.4	4.0	9254.9365234375	9254.936674496568

4.2.5.6. Calculate XY Coordinate

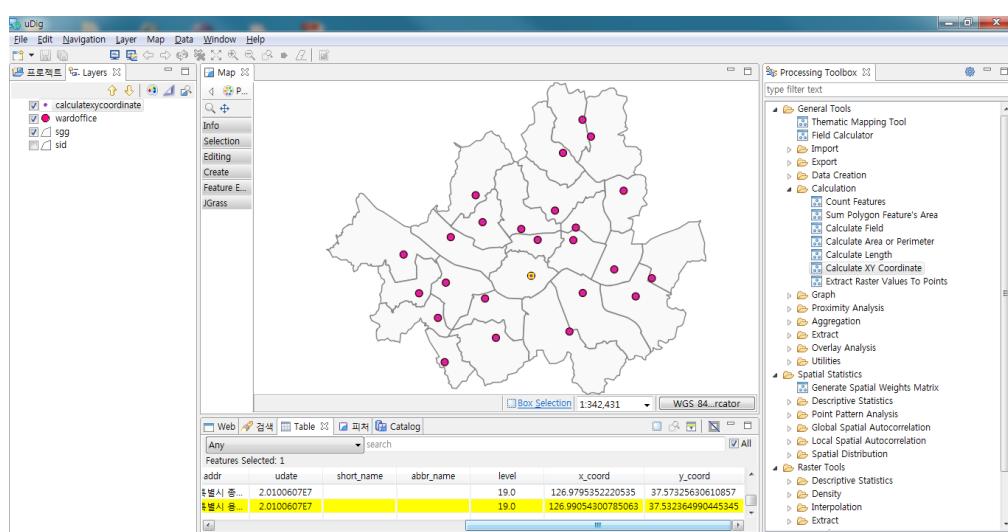
벡터 데이터의 XY 좌표를 계산하는 도구입니다..

Input Features에 벡터데이터를 입력하고 X 필드명과 Y 필드명을 입력한 다음 실행하면 XY 좌표값이 계산된 새로운 벡터 데이터를 생성합니다.

폴리곤인 경우에는 중심점을 사용하며 중심점은 무게중심 또는 Inside 옵션을 선택할 수 있습니다. 좌표체계를 선택하여 원하는 좌표체계의 좌표를 계산할 수도 있습니다.



WGS84 경위도 좌표체계(EPSG:4326)로 변환 계산한 결과는 다음과 같습니다.

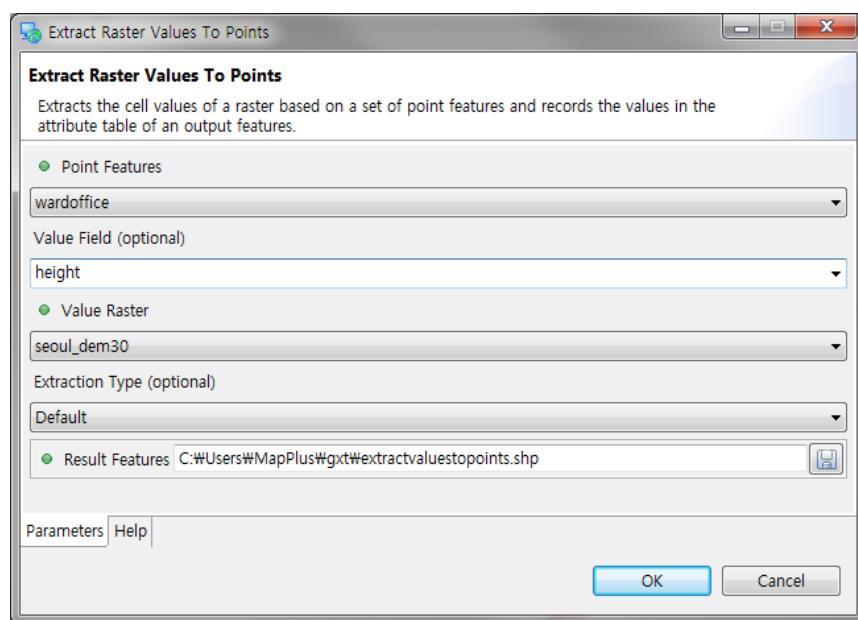


4.2.5.7. Extract Raster Values to Point

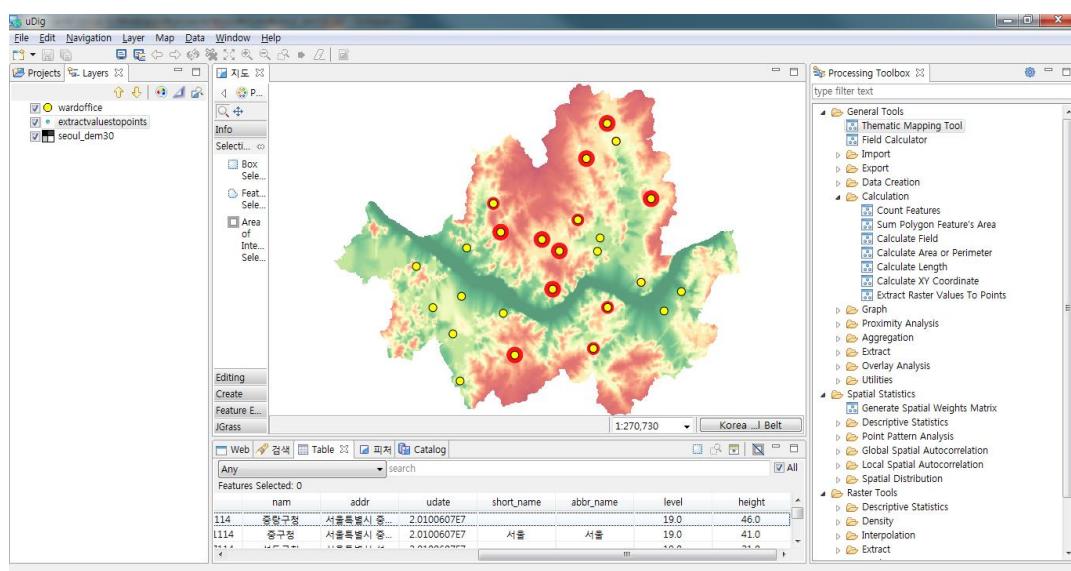
포인트 데이터에 Raster 와 포인트가 중첩되는 지점의 Raster 의 값을 생성합니다. 기준이 될 포인트와 집계될 래스터를 Point Features 와 Value Raster 에 각각 선택합니다.

생성될 포인트에 추가할 필드명을 Value Field 에 입력하고 Extraction Type 에서 Raster 값의 Slope(Degree, Percent) 또는 Aspect 값을 생성 할 수 있습니다.

생성에 필요한 변수를 입력한 후 실행하면 Extract Raster Values To Point 된 새로운 포인트가 생성 됩니다.



DEM 래스터 데이터로부터 표고값을 계산 후 Graduated Symbol로 표현한 결과입니다.

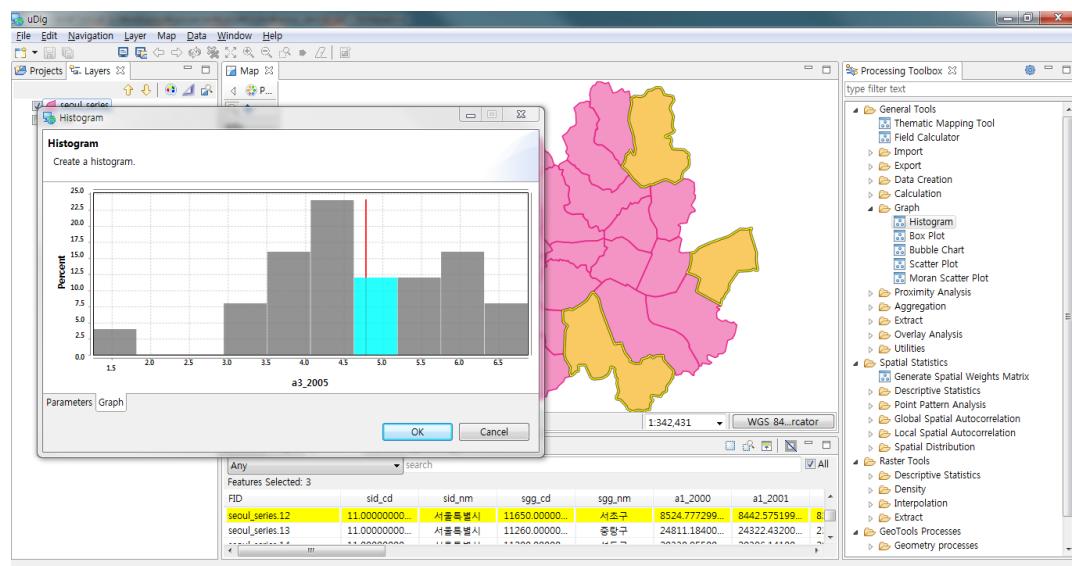
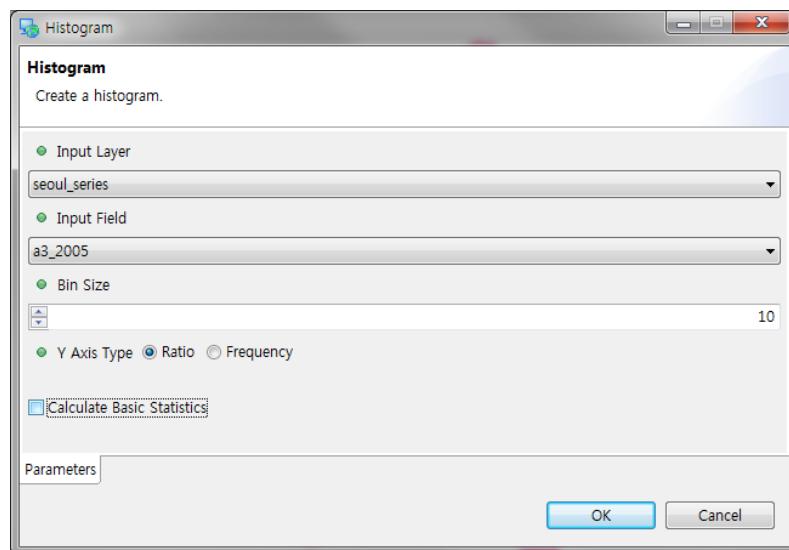


4.2.6. Graph

4.2.6.1. Histogram

벡터 데이터의 속성정보를 이용하여 히스토그램을 생성합니다. Input Layer에 히스토그램을 생성할 레이어를 선택하고 생성할 필드를 Input Field에서 선택합니다. Bin Size를 입력하여 막대기둥의 개수를 조절할 수 있고 Y Axis Type의 라디오 버튼을 선택하여 Y 축을 비율(Ratio) 또는 빈도수(Frequency)를 선택할 수 있습니다.

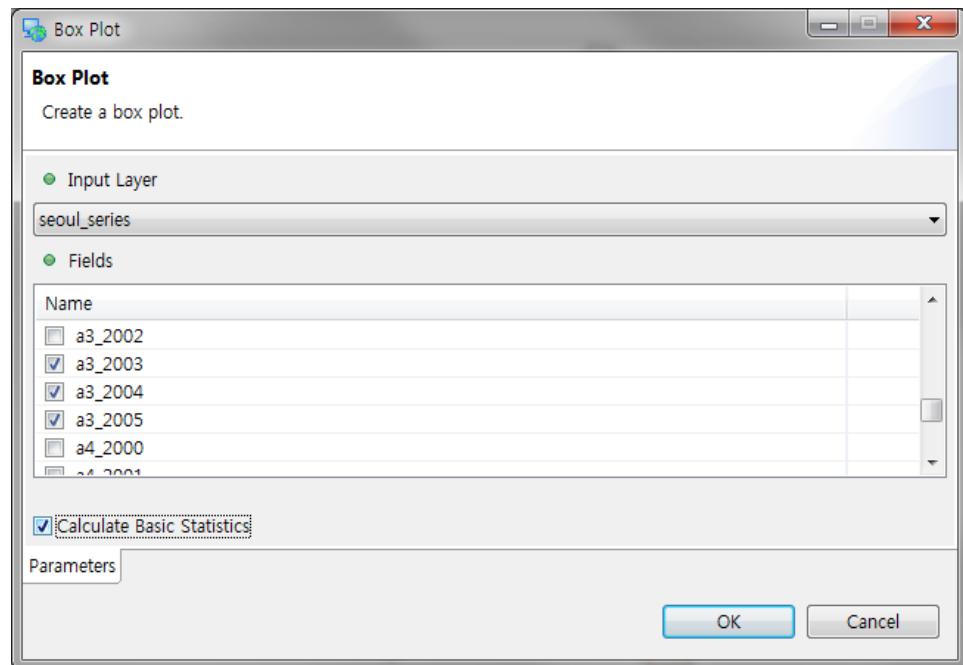
생성에 필요한 변수를 입력한 후 실행하면 히스토그램이 생성됩니다. 생성된 히스토그램에서 막대를 선택하면 해당 막대에 포함된 속성과 공간정보를 볼 수 있습니다.



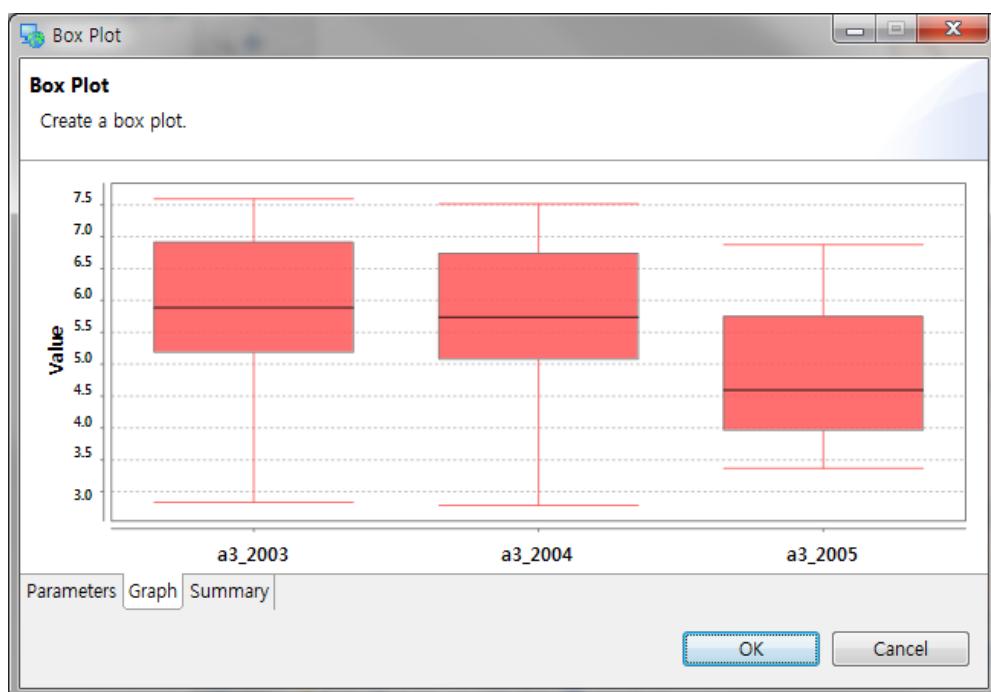
4.2.6.2. Box Plot

벡터데이터의 속성정보를 이용하여 박스플롯을 생성합니다. Input Layer에 Box Plot을 생성할 레이어를 선택하고 생성할 필드들을 Input Field에서 선택합니다.

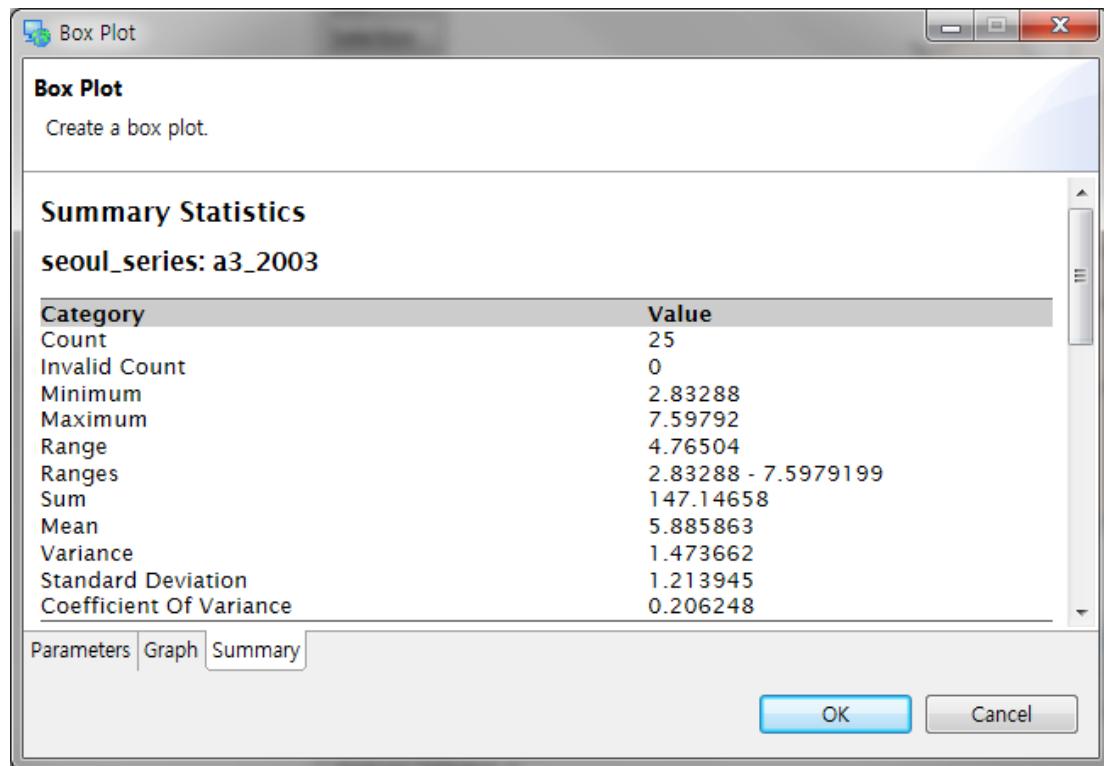
생성에 필요한 변수를 입력한 후 실행하면 Box Plot이 생성됩니다.



선택한 필드에 대한 Box Plot이 표시됩니다.



기초 통계 설정이 체크되면 다음의 정보가 표시됩니다.

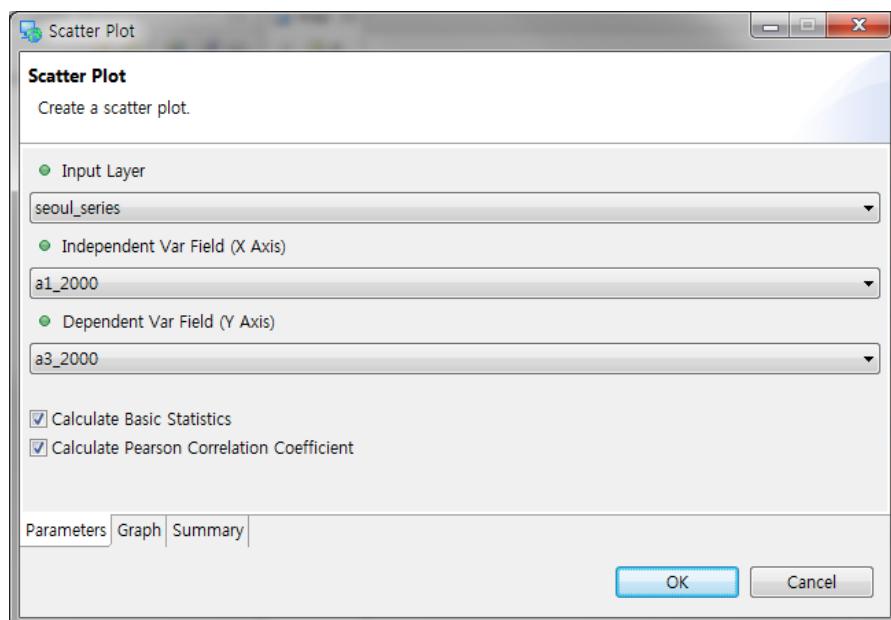


4.2.6.3. Scatter Plot

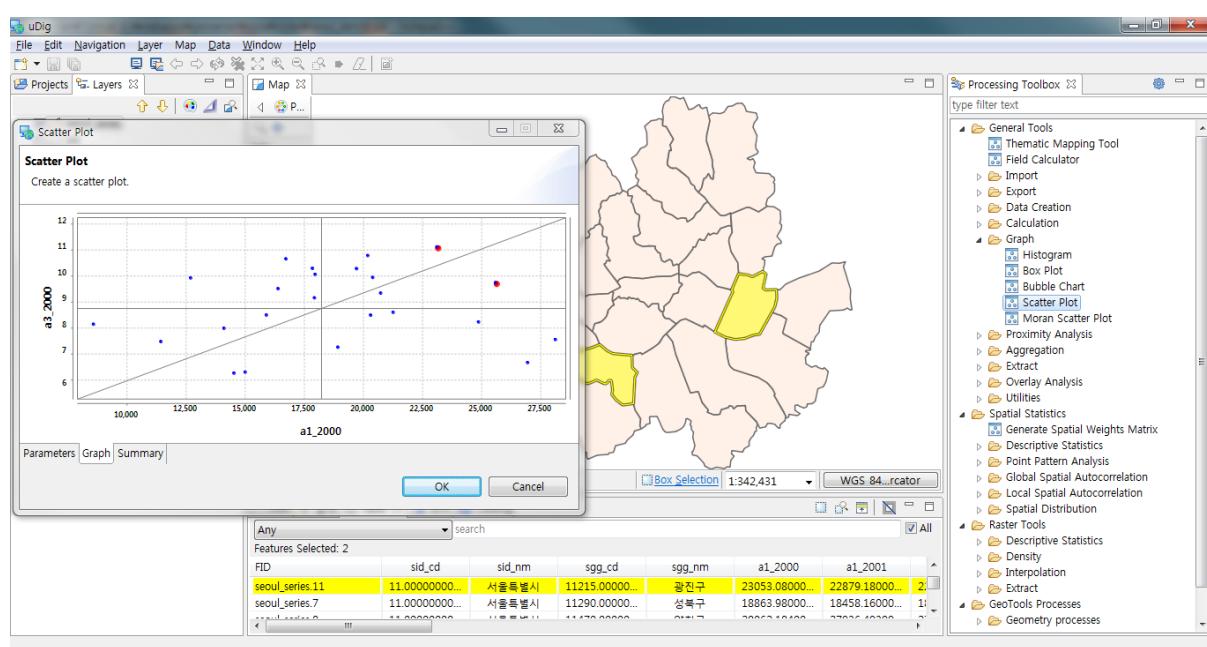
벡터데이터의 속성정보를 X 축과 Y 축에 입력하여 Scatter Plot(산점도)를 생성합니다.

Input Layer 에 Scatter Plot 을 생성할 레이어를 선택하고 독립변수(X)와 종속변수(Y)에 사용될 필드를 선택합니다.

생성에 필요한 변수를 입력한 후 실행하면 Scatter Plot 이 생성됩니다. 생성된 Scatter Plot 에서 Plot 을 선택하면 피처가 함께 선택됩니다.



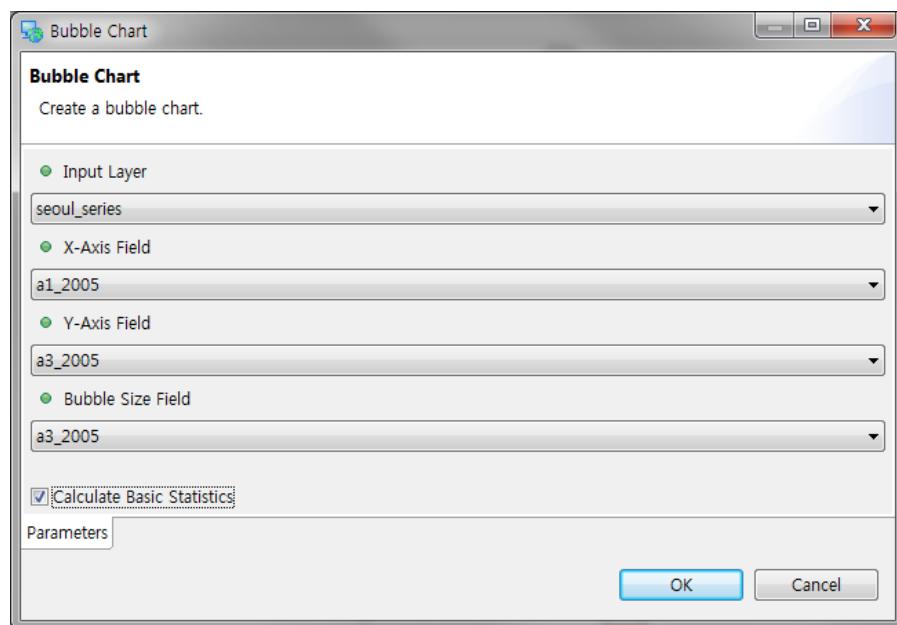
그래프와 지도, 표는 서로 연동되어 선택됩니다.



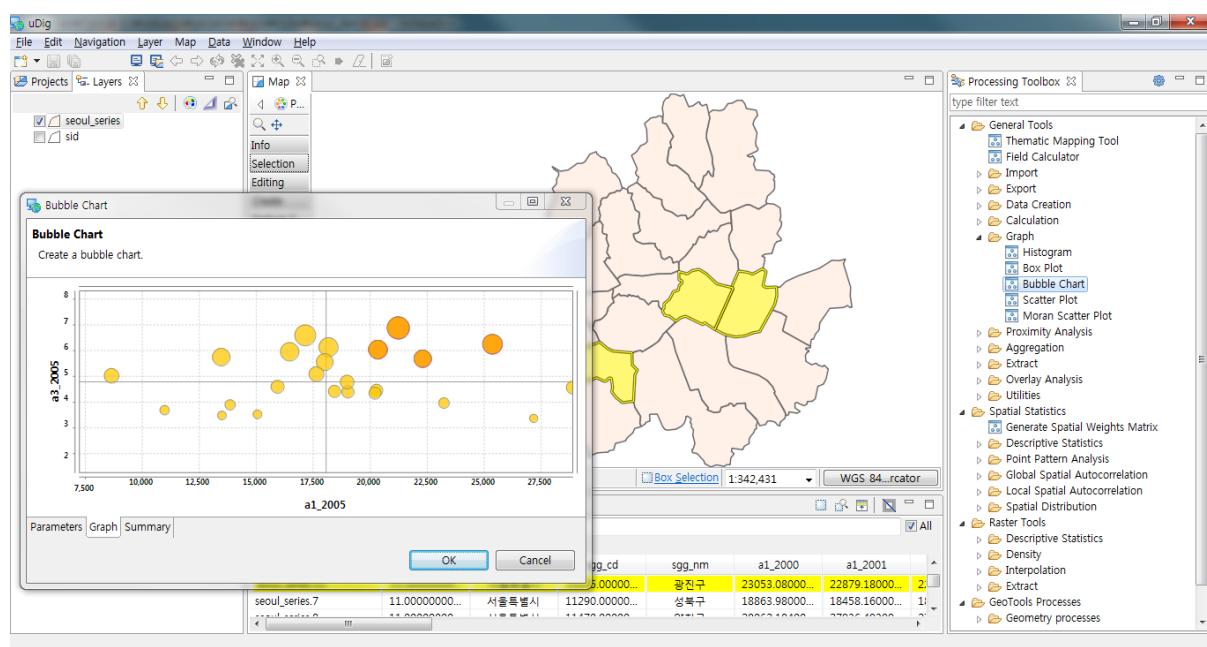
4.2.6.4. Bubble Chart

벡터데이터의 속성정보를 X 축과 Y 축, Bubble Size에 입력하여 Bubble Chart를 생성합니다. Input Layer에 Bubble Chart를 생성할 레이어를 선택하고 X Axis Field와 Y Axis Field, Bubble Size Field에 변수로 사용할 필드를 선택합니다.

생성에 필요한 변수를 입력한 후 실행하면 Bubble Chart가 생성됩니다. 생성된 Bubble Chart를 선택하면 피처가 함께 선택됩니다.



그래프와 지도, 표는 서로 연동되어 선택됩니다.

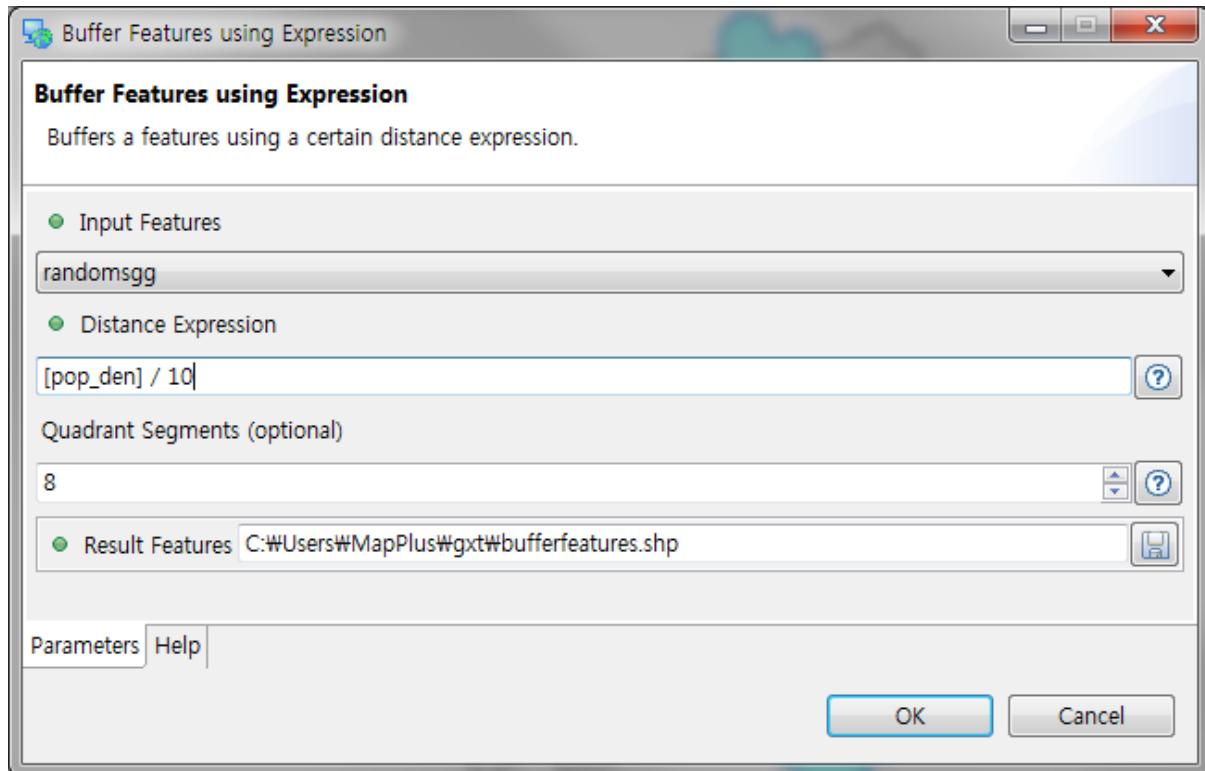


4.2.7. Proximity Analysis

4.2.7.1. Buffer Features using Expression

수식을 이용하여 버퍼를 수행하는 도구입니다.

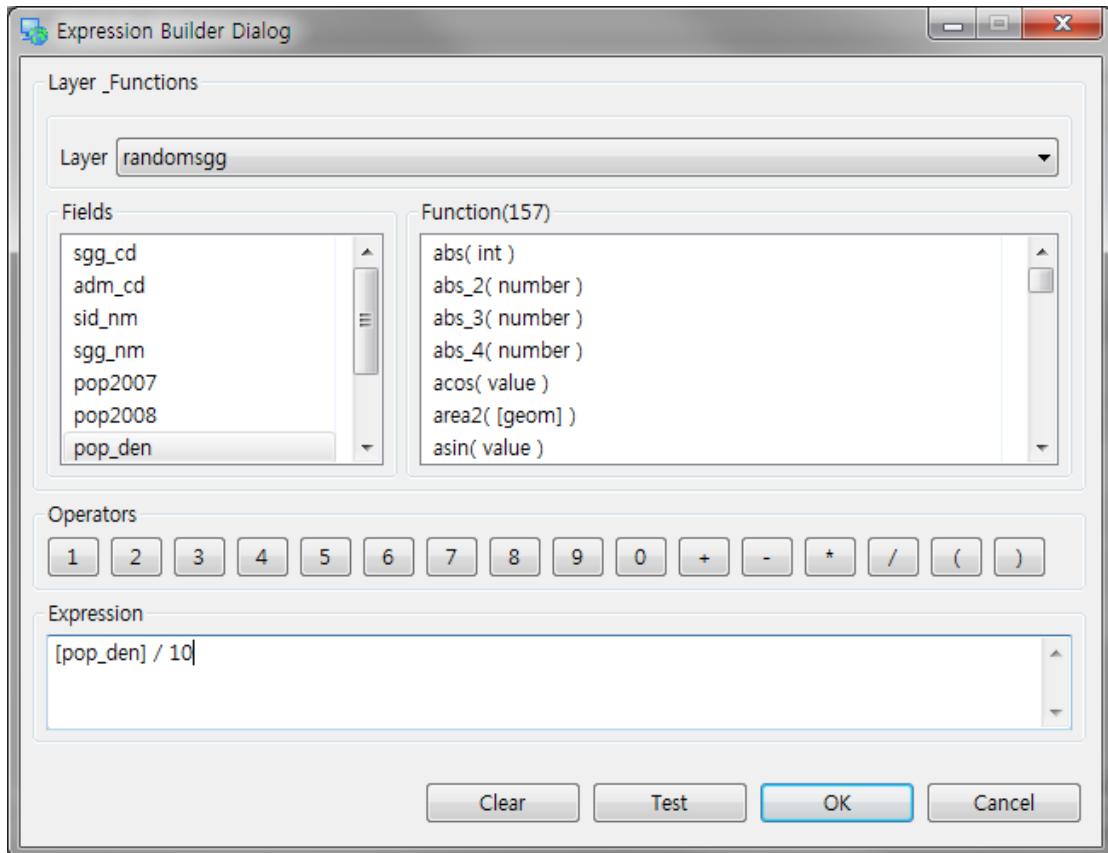
기존 도구들의 버퍼 수행을 위해서 거리값 또는 미리 계산된 필드의 값을 이용하지만 이 도구는 수식을 이용하기 때문에 다양한 버퍼 값들을 활용할 수 있습니다.



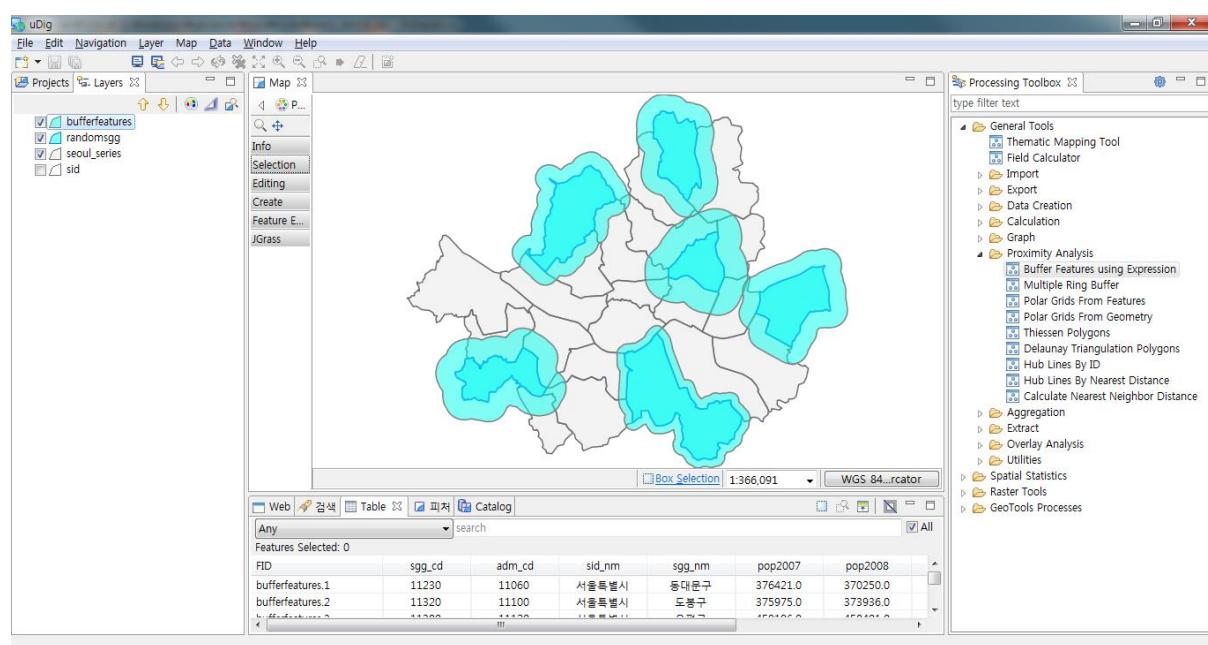
Input Features 파라미터에 벡터 레이어를 선택하고 Distance Expression 파라미터에 버튼(수식 입력 대화상자)을 클릭하여 버퍼 버퍼 수식을 작성합니다.

버퍼 수식은 숫자, 수식함수, 속성값의 연산, 도형의 둘레, 길이, 면적 등 다양하게 설정할 수 있습니다.

버퍼 수식에 의해 반환되는 거리 값은 Input Features의 좌표체계 단위를 따릅니다.



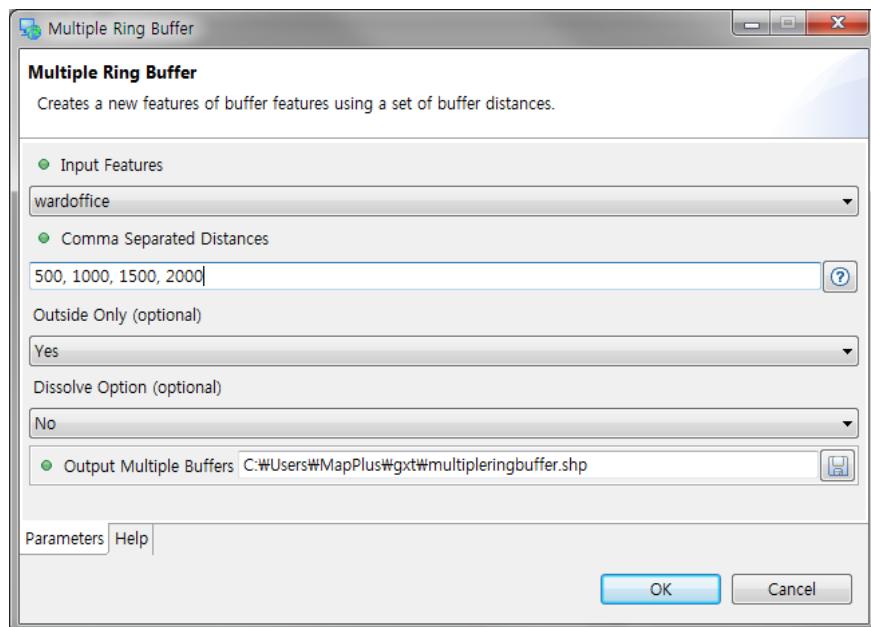
파라미터 설정 후 실행하면 버퍼가 생성됩니다.



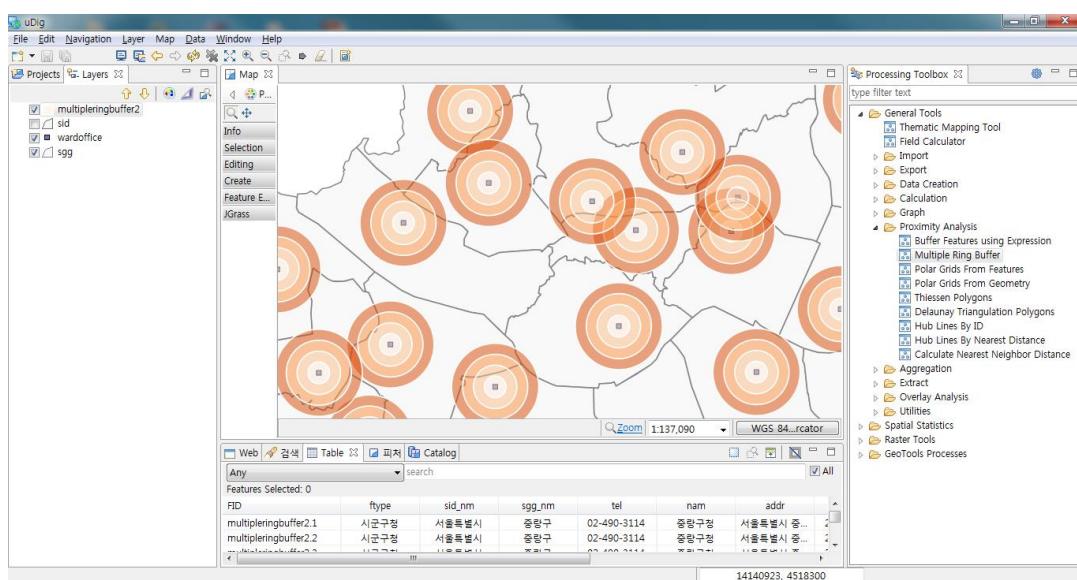
4.2.7.2. Multiple Ring Buffer

벡터 데이터를 이용하여 다중 버퍼를 생성하는 도구입니다.

버퍼 생성에 기준이 되는 벡터데이터를 선택하고 버퍼 거리를 콤마(,)로 구분하여 입하거나  버튼을 클릭하여 버퍼 거리가 입력된 필드를 선택한 뒤 실행하면 다중 버퍼가 생성됩니다. Dissolve 옵션을 선택하여 버퍼를 생성 할 수도 있습니다.



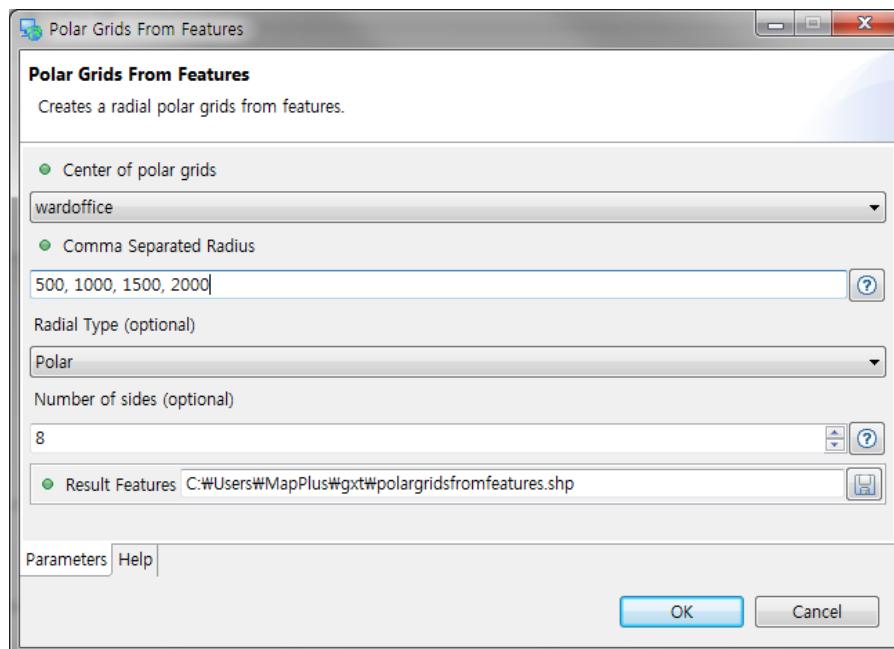
포인트 레이어에 대한 Multiple Ring Buffer 결과는 다음과 같습니다.



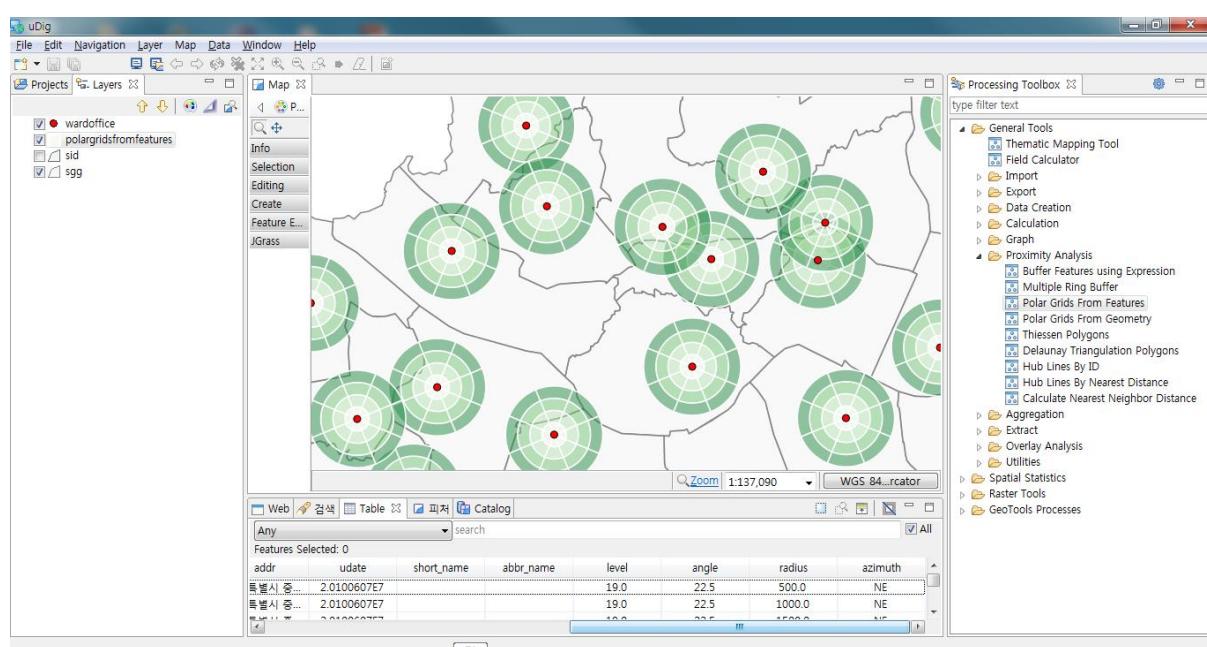
4.2.7.3. Polar Grids from Features

포인트 데이터를 이용하여 Polar Grid 를 생성하는 도구입니다.

버퍼 생성에 기준이 되는 벡터데이터를 선택하고 버퍼 거리를 콤마(,)로 구분하여 입력한 뒤 실행하면 Polar Grid 가 생성됩니다. Radial Type 을 선택하여 방향을 설정하거나 Side 값을 변경할 수 있습니다.



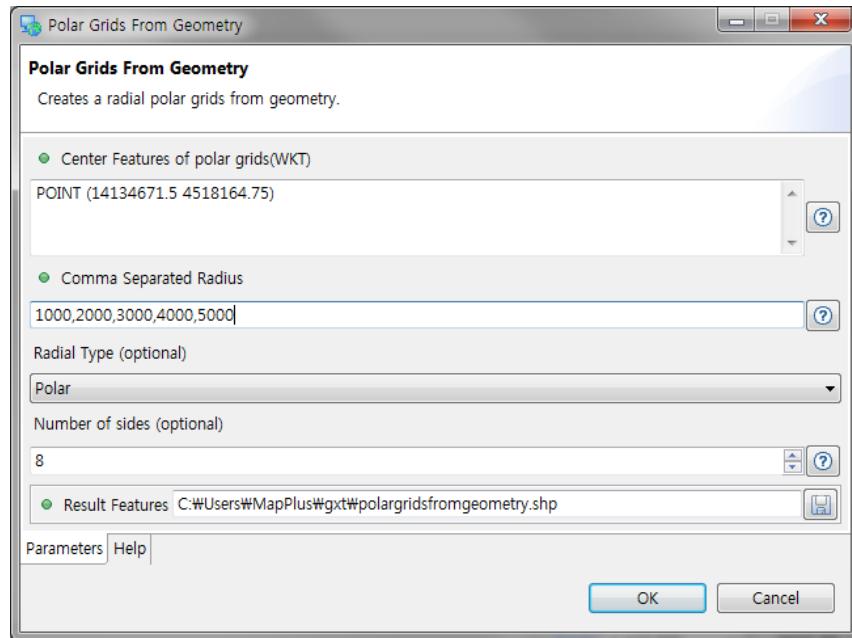
생성된 결과의 속성값에는 angle, radius, azimuth(8 방향인 경우에만) 값이 계산됩니다.



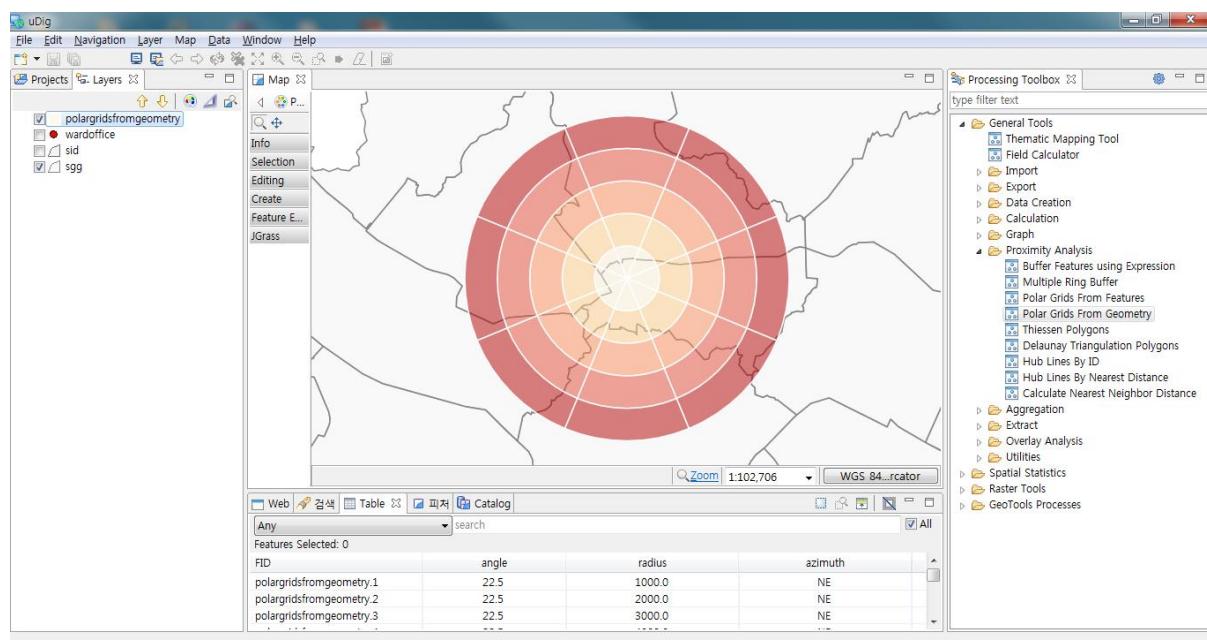
4.2.7.4. Polar Grids from Geometry

포인트 지오메트리를 이용하여 Polar Grid 를 생성하는 도구입니다.

버퍼 생성에 기준이 되는 지오메트리를  버튼을 이용해 선택하거나 WKT 포맷으로 입력하고 버퍼 거리를 콤마(“,”)로 구분하여 입력한 뒤 실행하면 Polar Grid 가 생성됩니다. Radial Type 을 선택하여 방향을 설정하거나 Side 값을 변경할 수 있습니다.



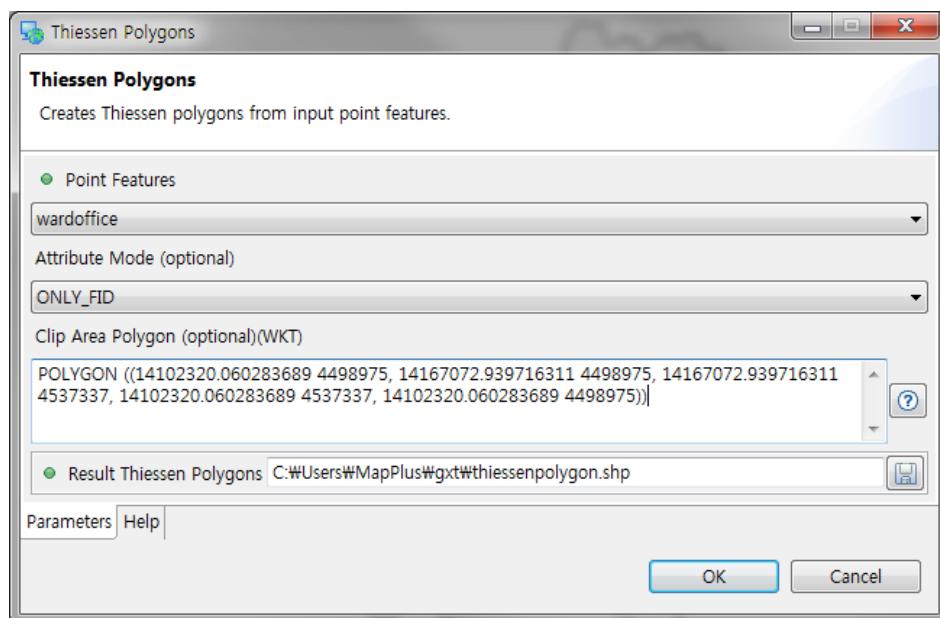
생성된 결과의 속성값에는 angle, radius, azimuth(8 방향인 경우에만) 값이 계산됩니다.



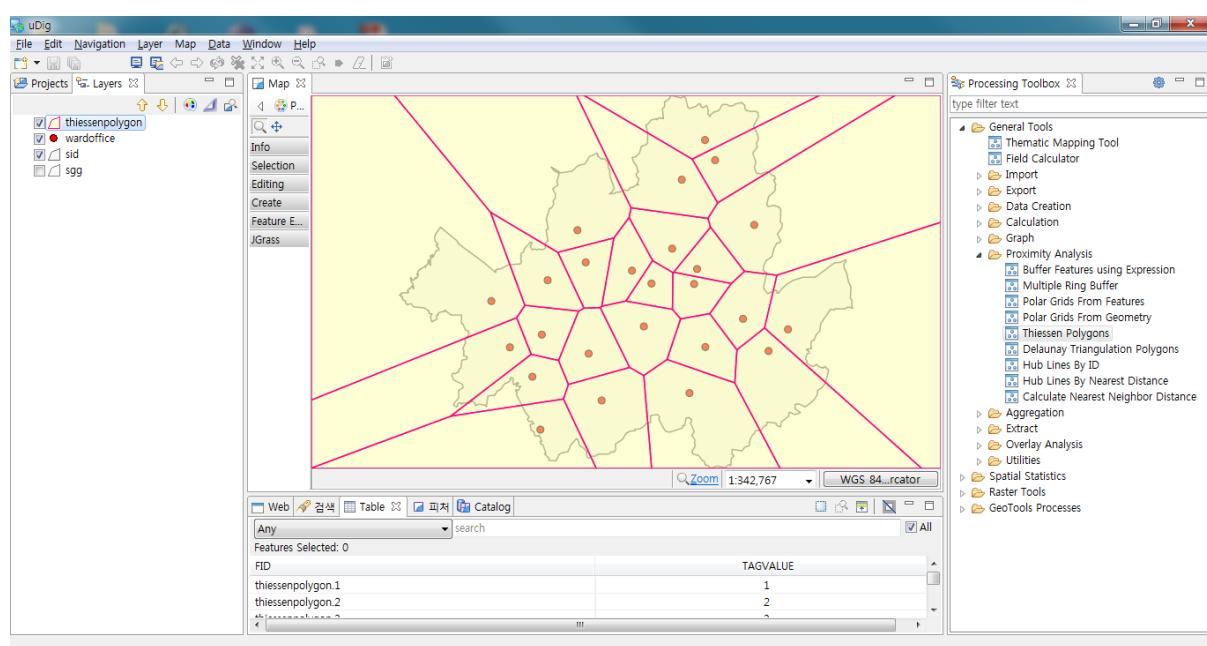
4.2.7.5. Thiessen Polygons

포인트의 위치정보를 이용하여 포인트와 포인트 사이의 거리를 이분한 폴리곤을 생성하는 도구입니다.

Point Features에 포인트 데이터를 입력하고 실행하면 티센폴리곤이 생성됩니다. 옵션에 따라 생성되는 티센폴리곤의 Extent 또는 폴리곤 영역을 지정 할 수 있습니다. Attribute Mode를 All로 선택하면 포인트 레이어의 속성값을 포함합니다.



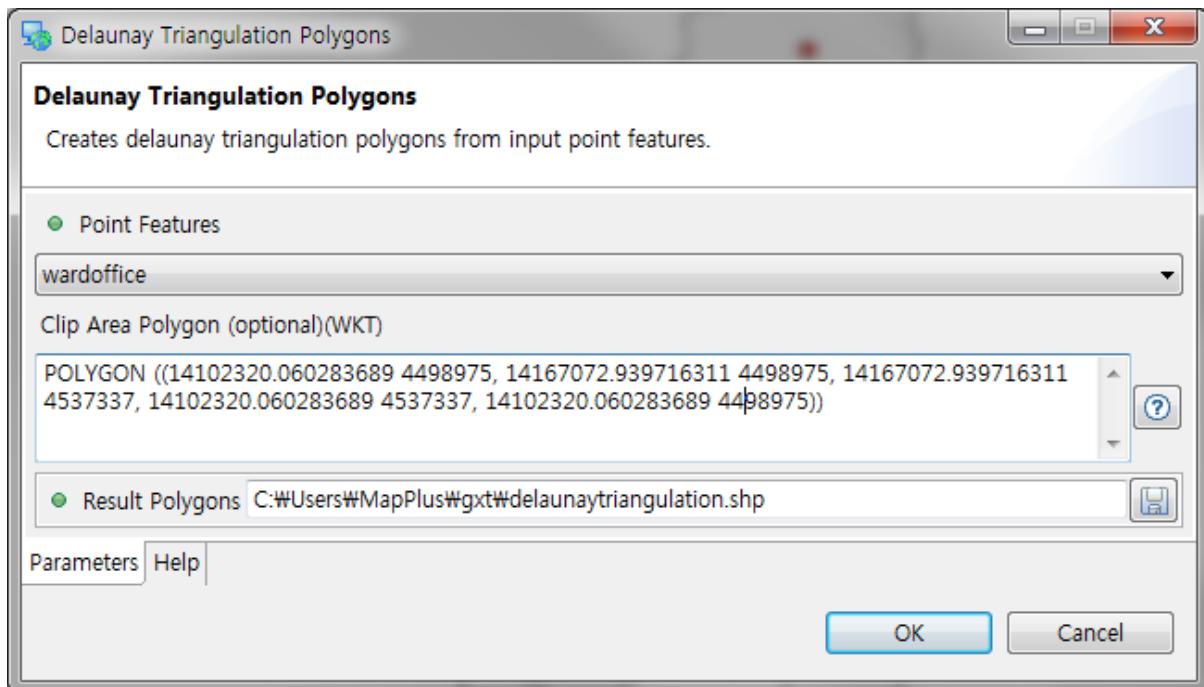
현재 지도의 범위를 Extent로 설정 후 티센폴리곤을 생성한 결과입니다.



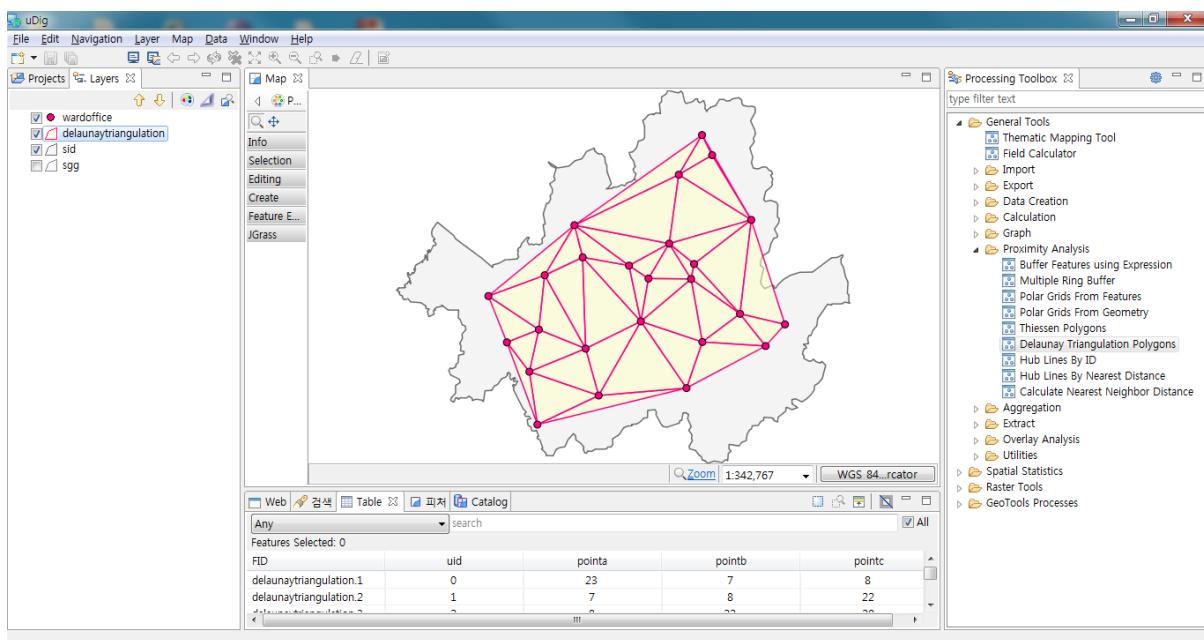
4.2.7.6. Delaunay Triangulation Polygons

포인트의 위치정보를 이용하여 Delaunay Triangulation 폴리곤을 생성하는 도구입니다.

Point Features에 포인트 데이터를 입력하고 실행하면 Delaunay Triangulation 폴리곤이 생성됩니다.



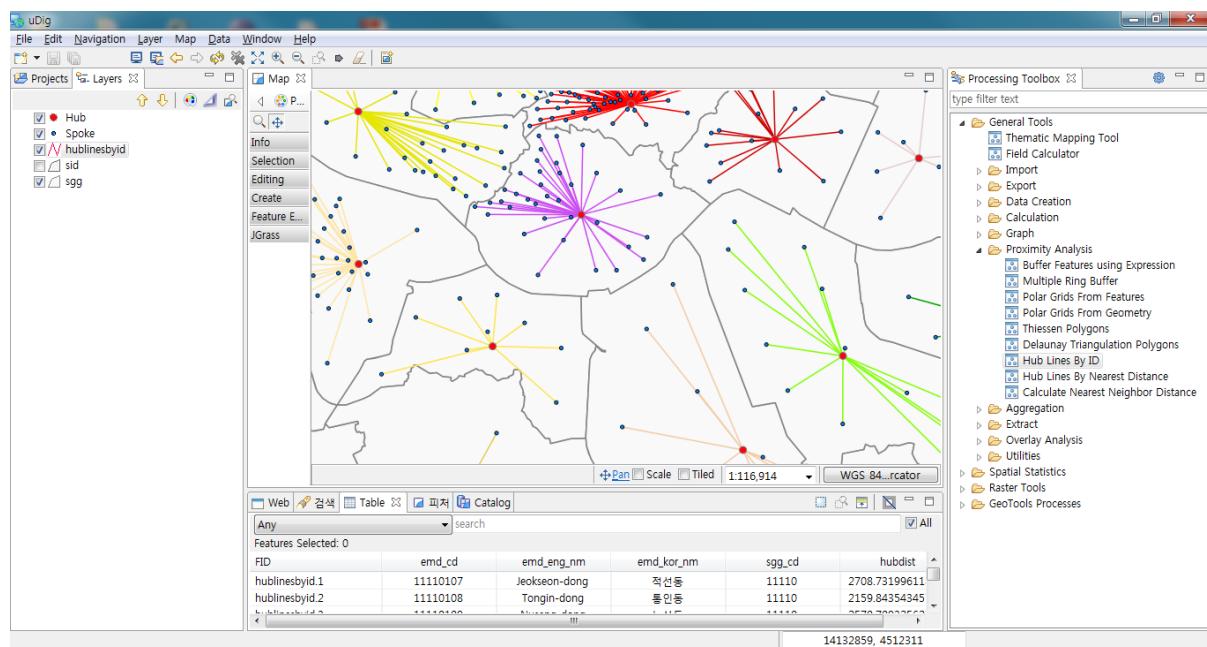
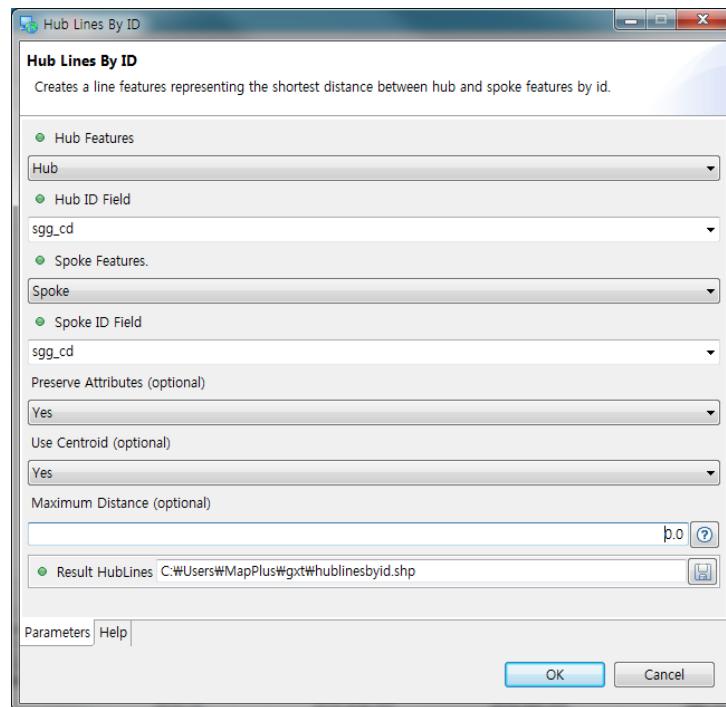
생성된 Delaunay Triangulation 폴리곤 결과입니다.



4.2.7.7. Hub Lines by ID

Hub 피처 레이어와 Spoke 피처 레이어의 조인 필드를 이용하여 최단거리 Hub 라인 피처 레이어를 생성하는 도구입니다.

Hub Features 와 조인 필드, Spoke Features 와 조인 필드를 선택하고 실행하면 Hub 라인이 생성됩니다. 폴리곤인 경우 Centroid를 사용할 수 있으며, 원본 레이어의 속성 유지가 가능합니다.

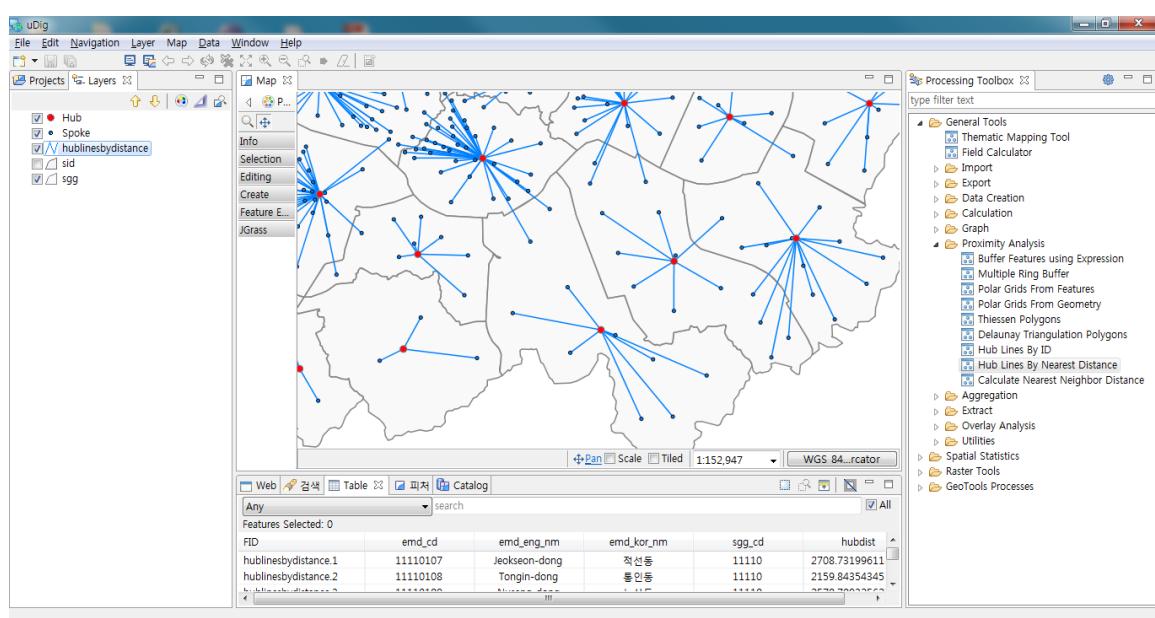
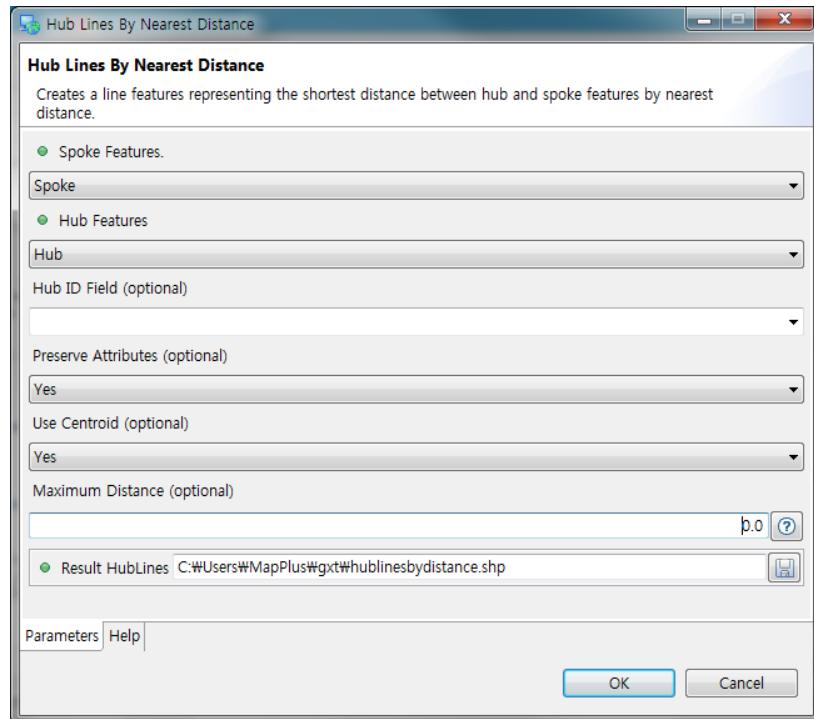


4.2.7.8. Hub Lines by Nearest Distance

Hub 피처 레이어와 Spoke 피처 레이어를 이용하여 Spoke 피처에서 가장 가까운 Hub 피처간의 Hub 라인 피처 레이어를 생성하는 도구입니다.

Hub Features 와 Spoke Features 를 선택하고 실행하면 Hub 라인이 생성됩니다.

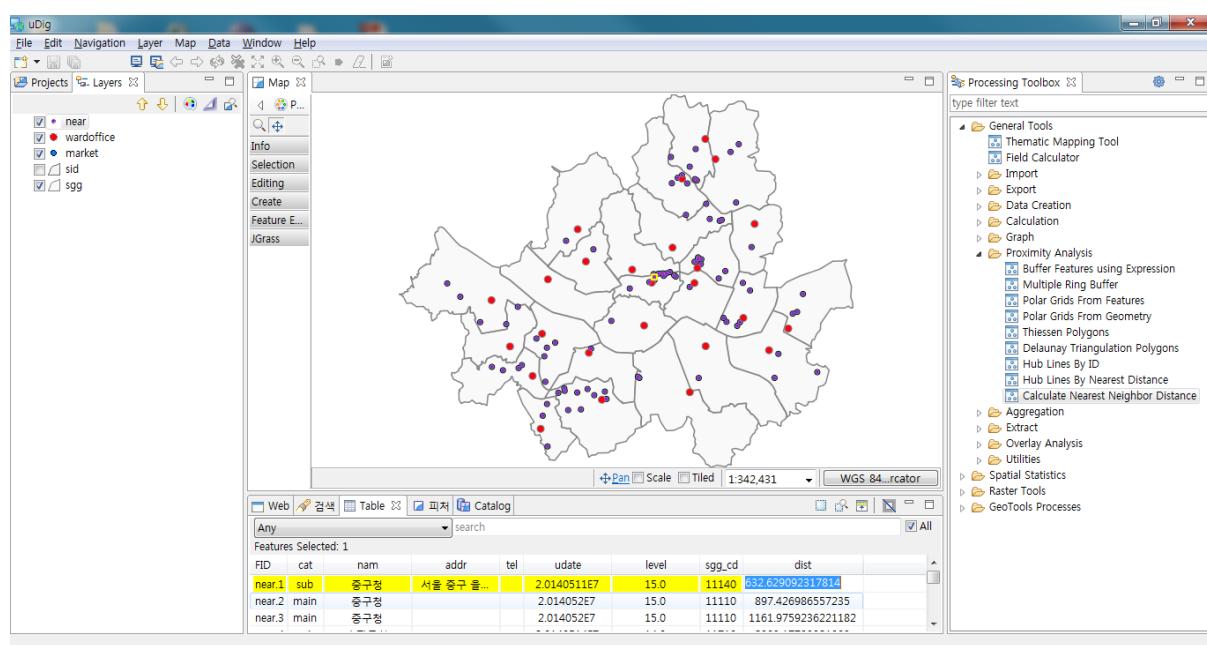
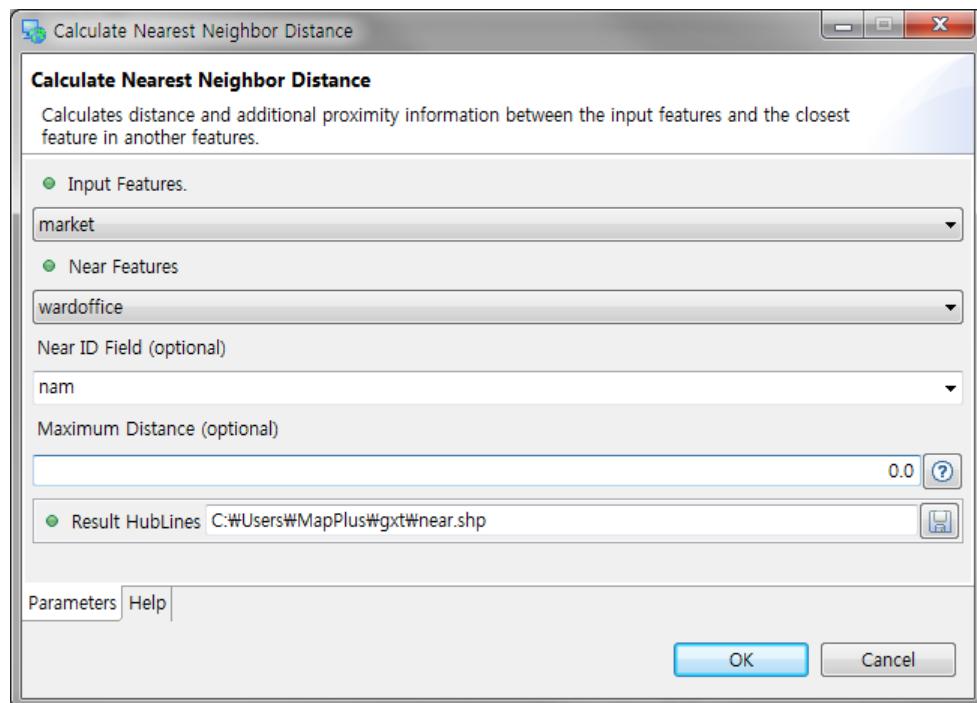
폴리곤인 경우 Centroid 를 사용할 수 있으며, 원본 레이어의 속성 유지가 가능합니다.
최대 탐색 거리를 설정할 수 있습니다.



4.2.7.9. Calculate Nearest Neighbor Distance

입력 피처 레이어를 기준으로 가장 가까운 Near 피처의 거리와 속성값을 계산하는 도구입니다.

Input Features 와 Near Features 를 선택하고 실행하면 가장 가까운 피처의 ID 및 거리가 계산됩니다. 최대 탐색 거리를 설정할 수 있습니다.

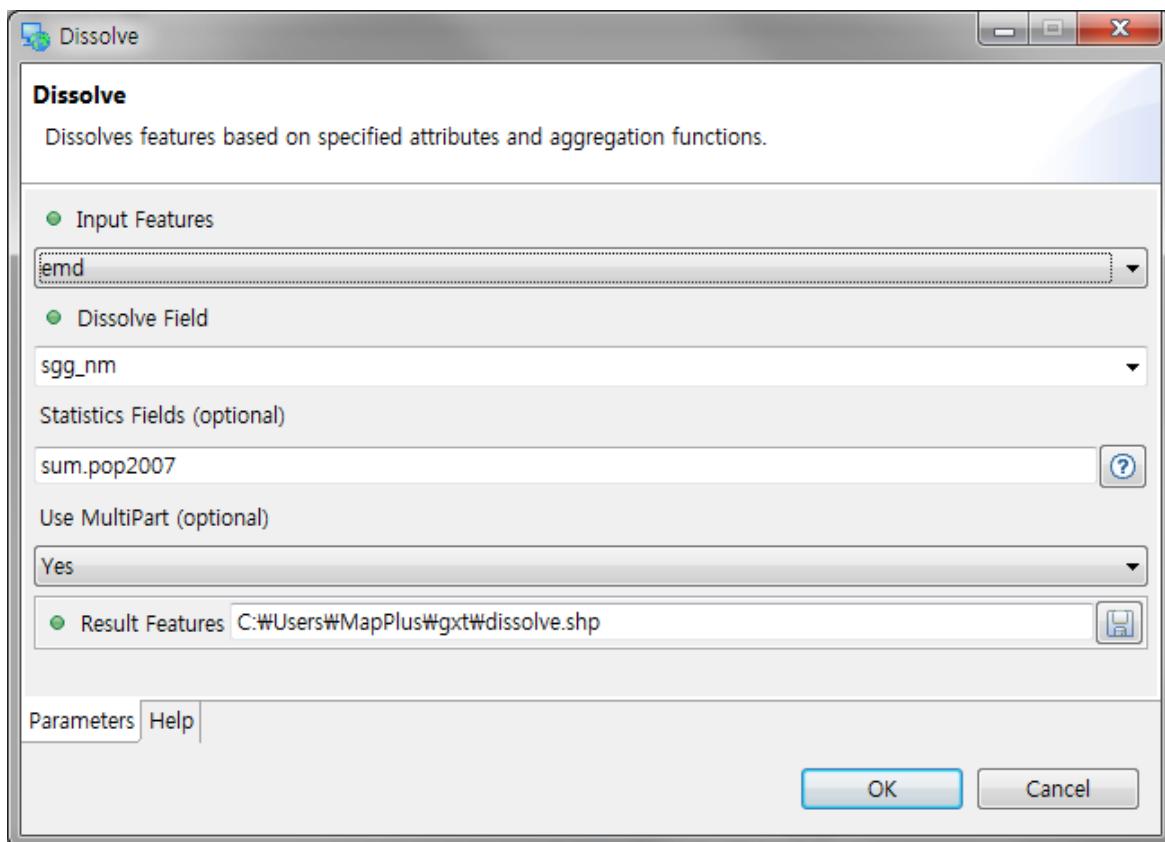


4.2.8. Aggregation

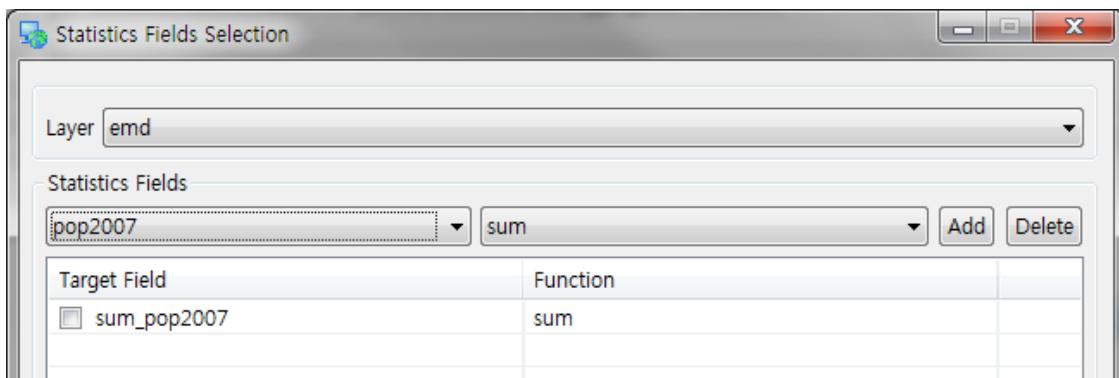
4.2.8.1. Dissolve

피처 레이어의 속성 필드와 집계 함수를 이용하여 Dissolve 분석을 수행하는 도구입니다

Input Features 와 Dissolve Field 를 선택하고 실행하면 분석됩니다.



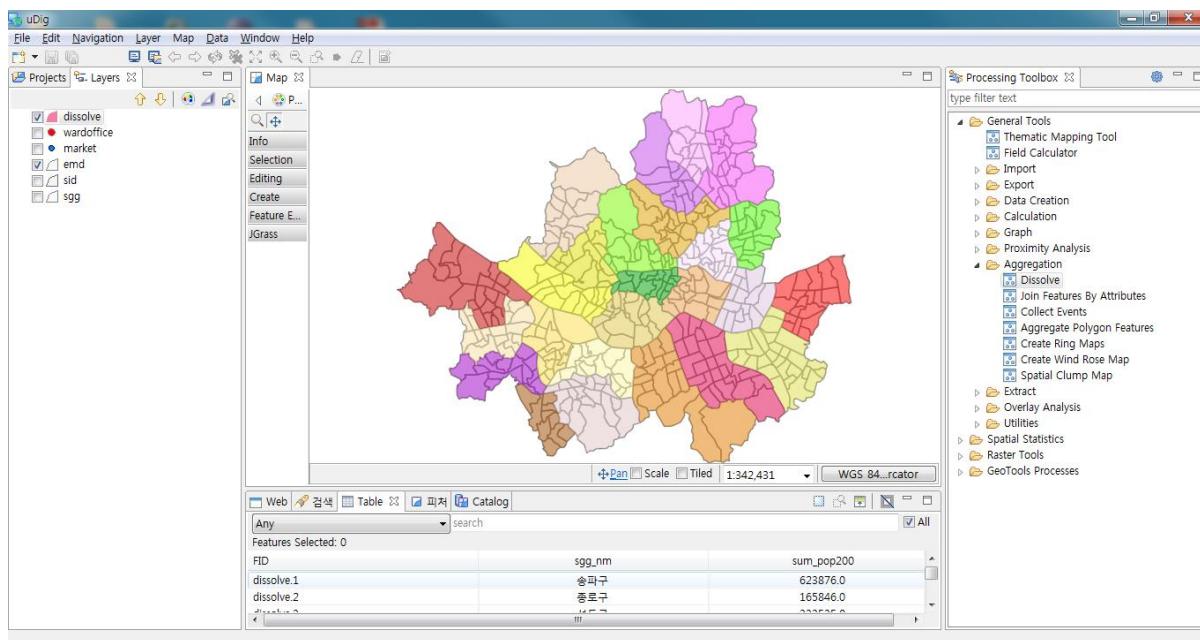
Statistics Fields 의 버튼을 눌러 필드 유형별로 텍스트값 또는 수식값을 설정할 수 있습니다.



Statistics Fields 는 다음과 같이 [함수명.필드명] 구조로 입력하며 사용 가능한 함수는 다음과 같습니다. 예) Sum.pop, Mean.pop

입력값	반환 필드명
First: String 필드, Dissolve 대상 Feature 의 첫 번째 값	FST_필드명
Last: String 필드, Dissolve 대상 Feature 의 마지막 값	LST_필드명
Sum: Numeric 필드, Dissolve 대상 Feature 의 합	SUM_필드명
Mean: Numeric 필드, Dissolve 대상 Feature 의 평균값	AVG_필드명
Min: Numeric 필드, Dissolve 대상 Feature 의 최소값	MIN_필드명
Max: Numeric 필드, Dissolve 대상 Feature 의 최대값	MAX_필드명
Std: Numeric 필드, Dissolve 대상 Feature 의 표준편차	STD_필드명
Var: Numeric 필드, Dissolve 대상 Feature 의 분산	VAR_필드명
Range: Numeric 필드, Dissolve 대상 Feature 의 범위	RNG_필드명
Count: Dissolve 대상 Feature 의 수	CNT_필드명

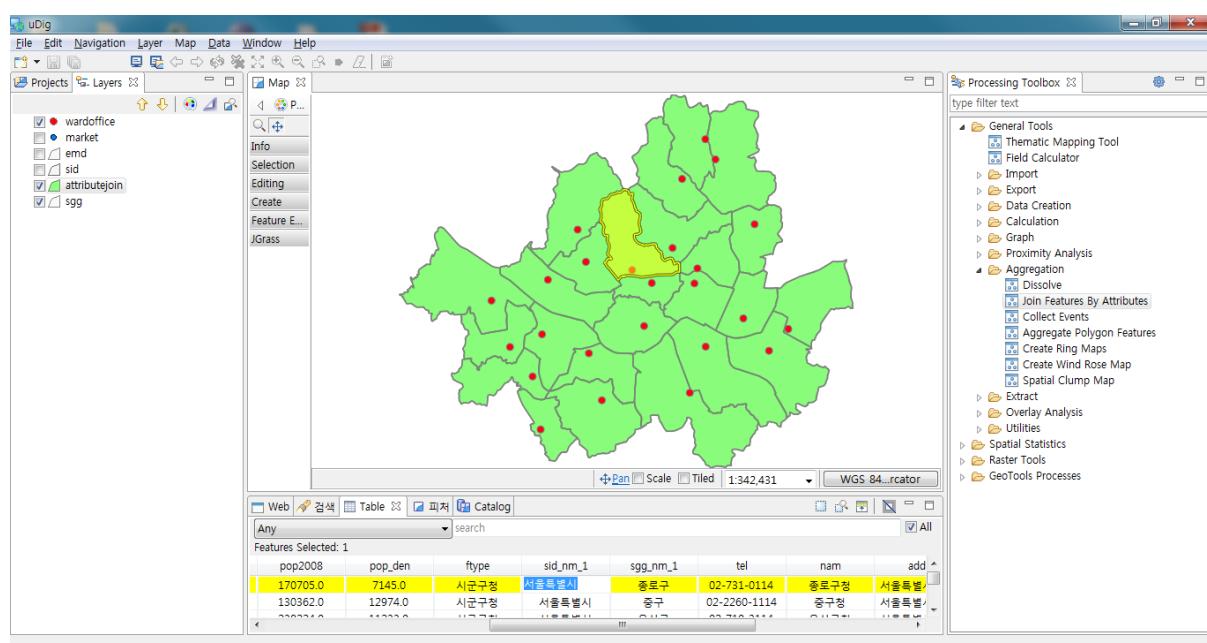
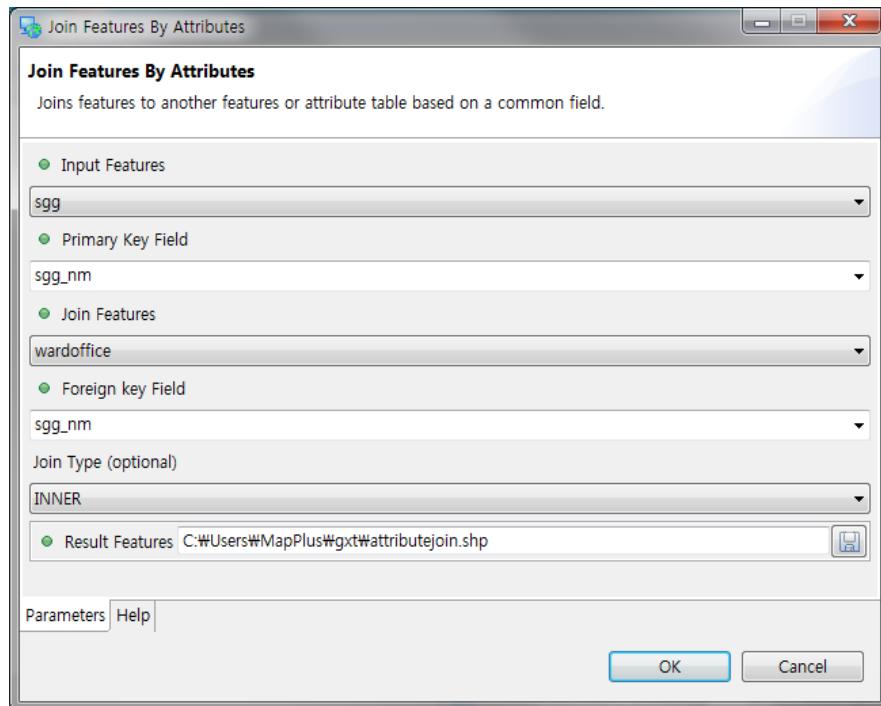
읍면동 데이터를 시군구별로 Dissolve 한 결과입니다. 속성테이블에는 시군구 이름과 인구의 합이 계산되었습니다.



4.2.8.2. Join Features by Attributes

두 개의 피처 레이어와 조인 필드를 이용하여 조인을 수행하는 도구입니다.

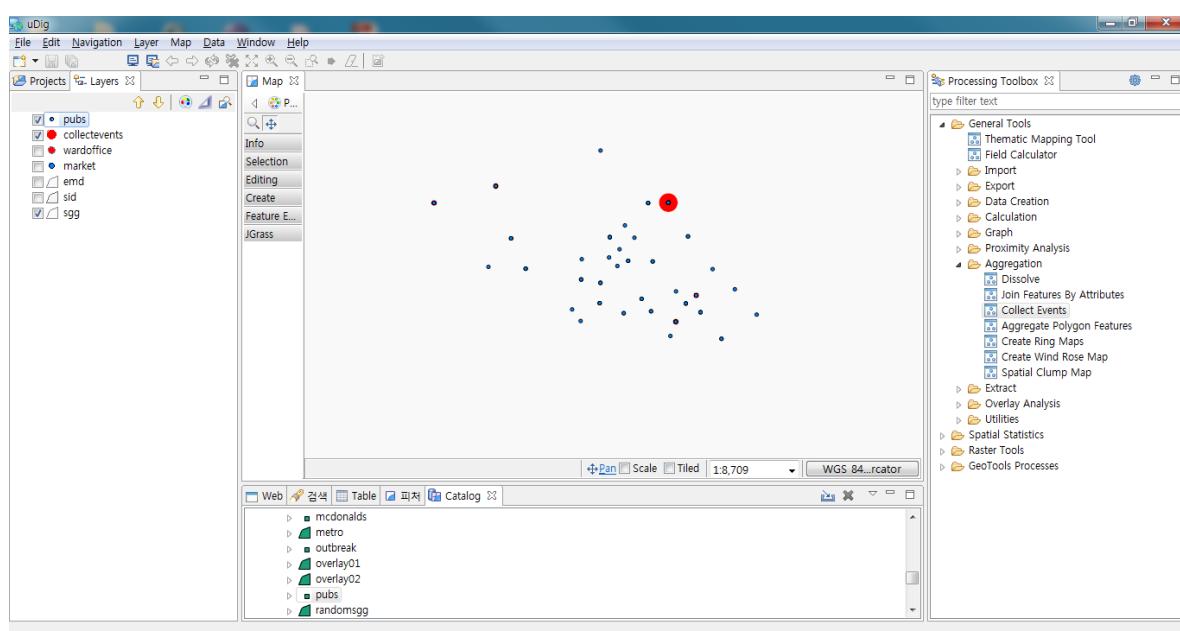
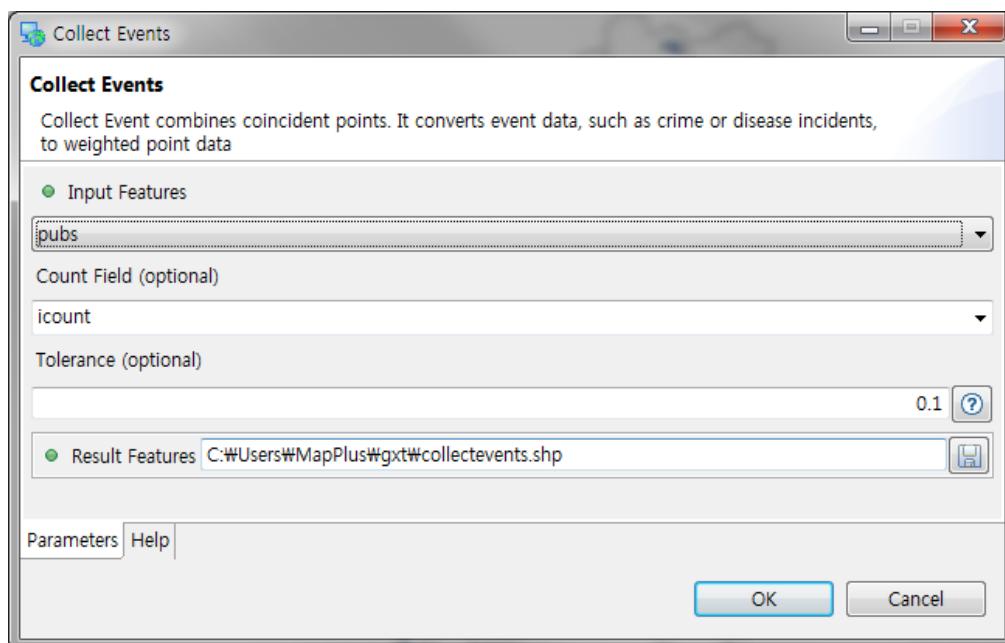
Input Features 와 조인 필드, Join Features 와 조인 필드를 선택하고 실행하면 조인된 결과가 생성됩니다. Join Type 을 선택할 수 있으며, 두 피처 레이어의 모든 속성값을 포함합니다



4.2.8.3. Collect Event

특정 거리 내에 중첩되는 포인트를 하나의 포인트로 합치며, Count Field 에 중첩되는 포인트의 개수를 계산하는 도구입니다.

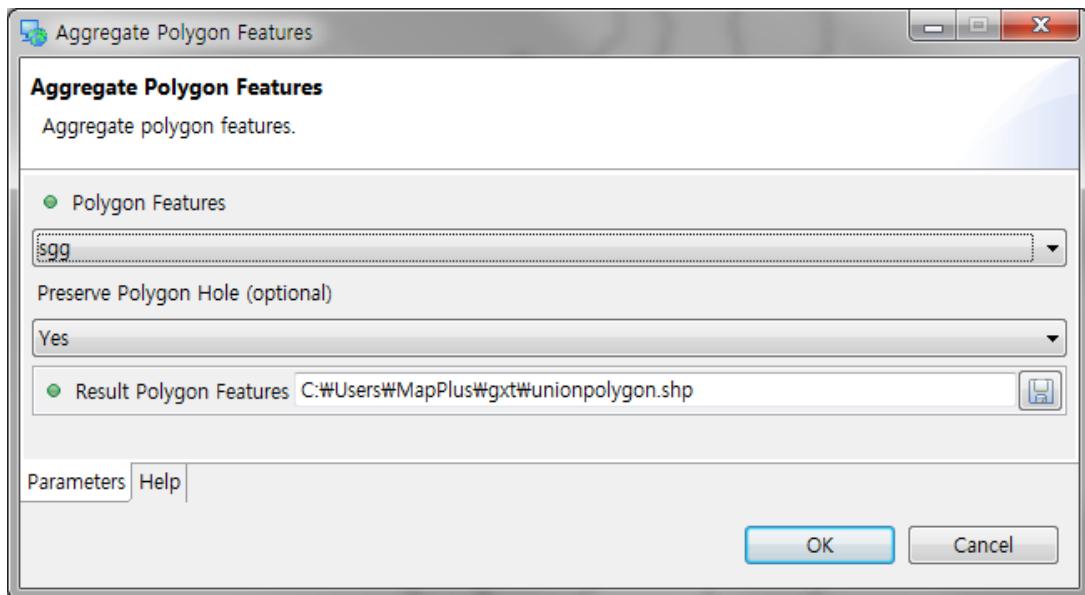
Collect Event 를 통해 생성될 피처에 사용될 필드명을 Count Field 를 통해 정의합니다. Tolerance 를 통해 Count 될 포인트의 반경을 설정 할 수 있습니다. 생성에 필요한 변수를 입력한 후 실행하면 Collect Event 의 결과 폴리곤 생성됩니다.



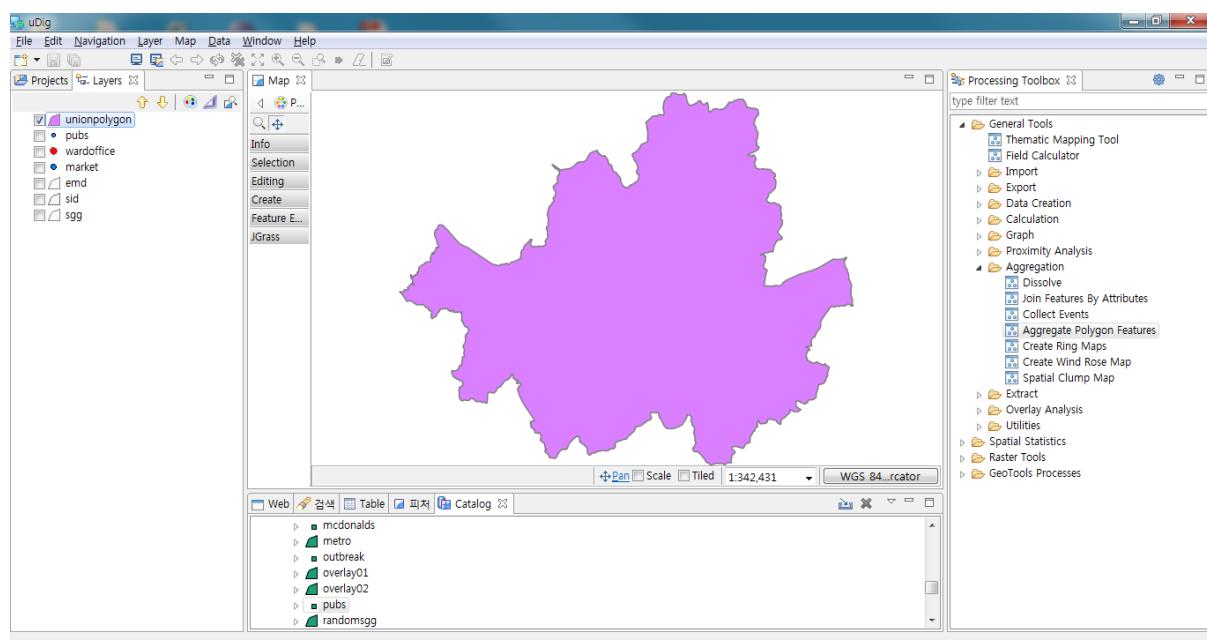
4.2.8.4. Aggregate Polygon Features

폴리곤 레이어의 모든 피처를 Union 하여 하나의 폴리곤 데이터를 생성하는 도구입니다.

Aggregate Polygon Features 를 위한 폴리곤을 Polygon Features 에 선택합니다. 생성에 필요한 변수를 입력한 후 실행하면 Aggregate Polygon Features 의 결과로 새로운 폴리곤이 생성됩니다. 폴리곤 내 Hole 을 생성할 수 있는 옵션을 Preserve Polygon Hole 에서 선택합니다.



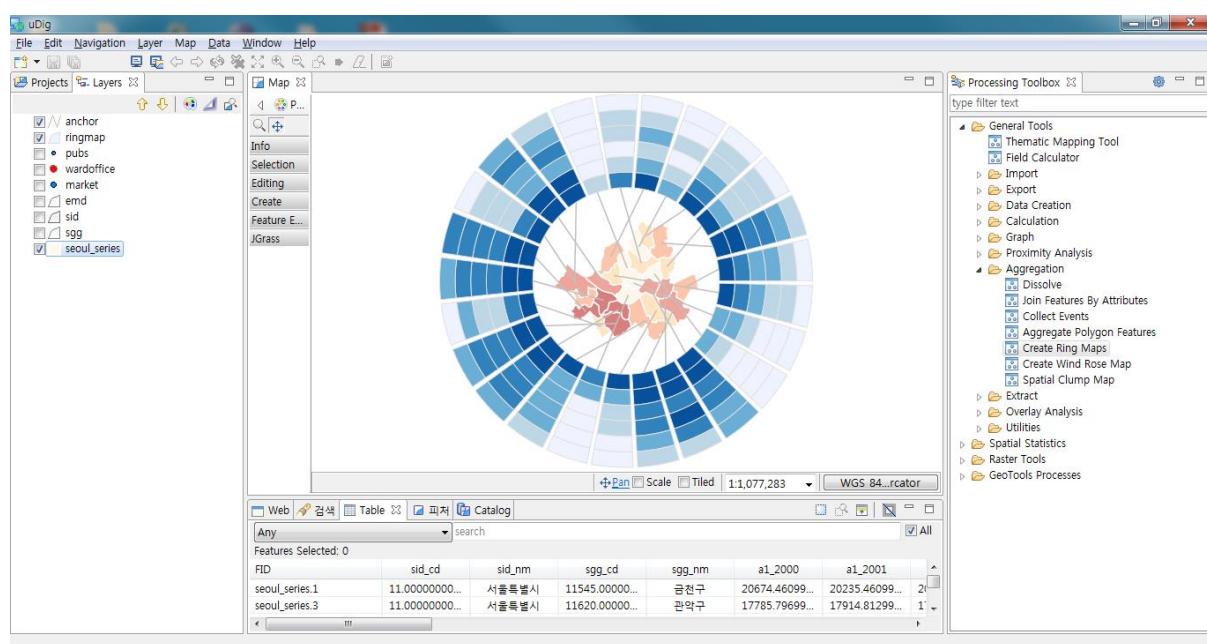
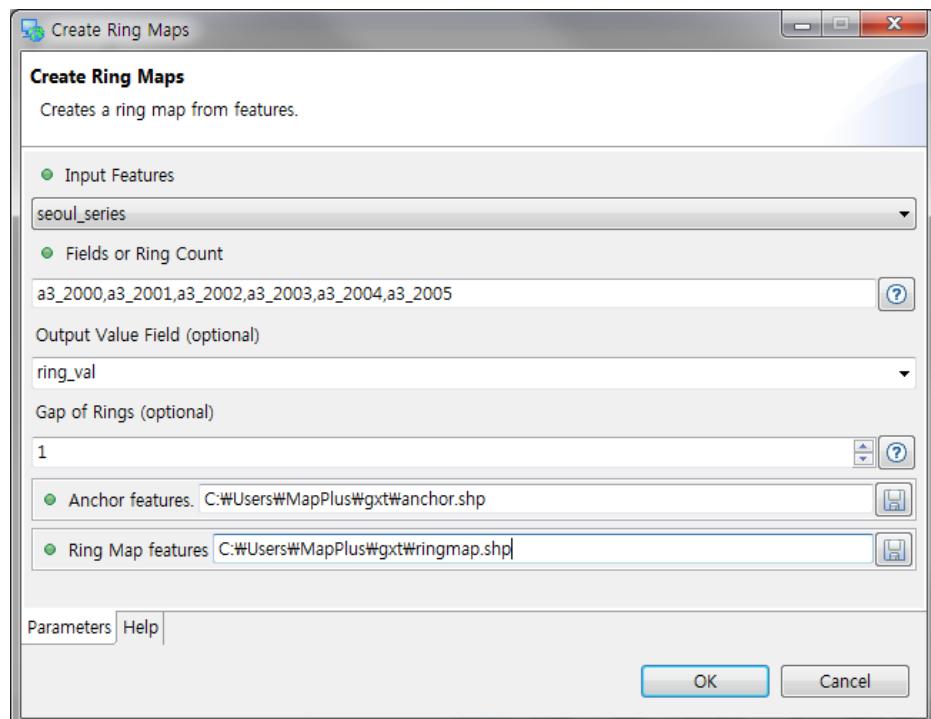
시군구 경계를 Aggregate 한 결과입니다.



4.2.8.5. Create Ring Maps

시계열 데이터와 같이 연속되는 필드값을 이용하여 그 변화를 Ring Map 으로 변환하는 도구입니다.

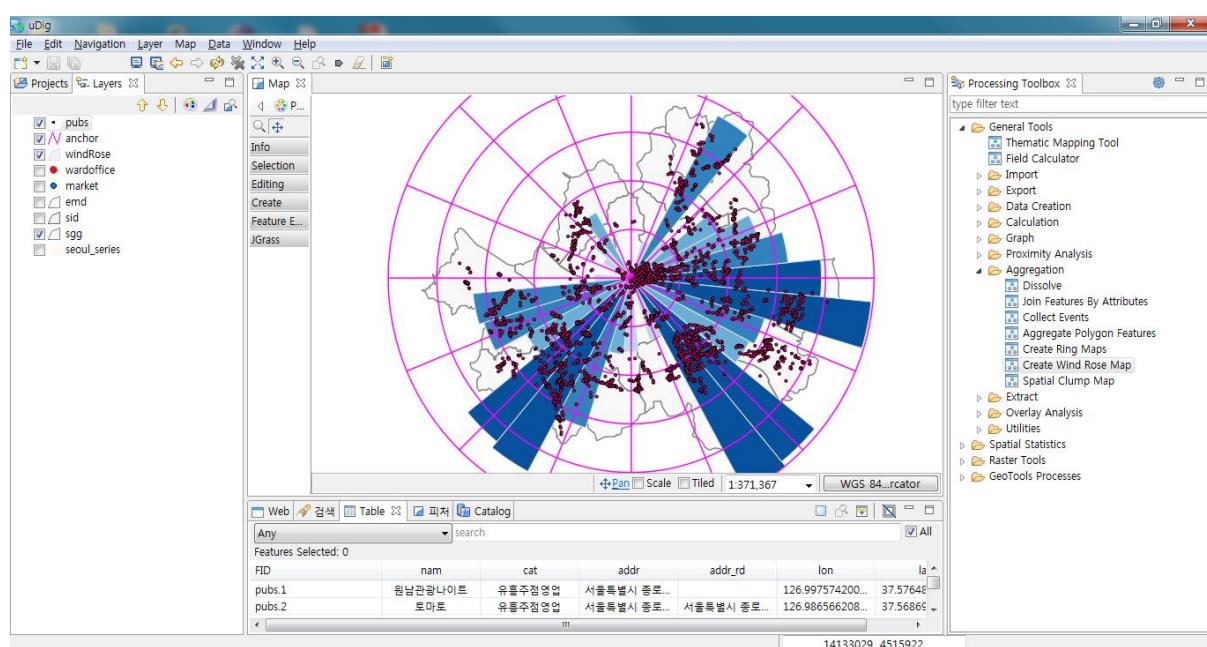
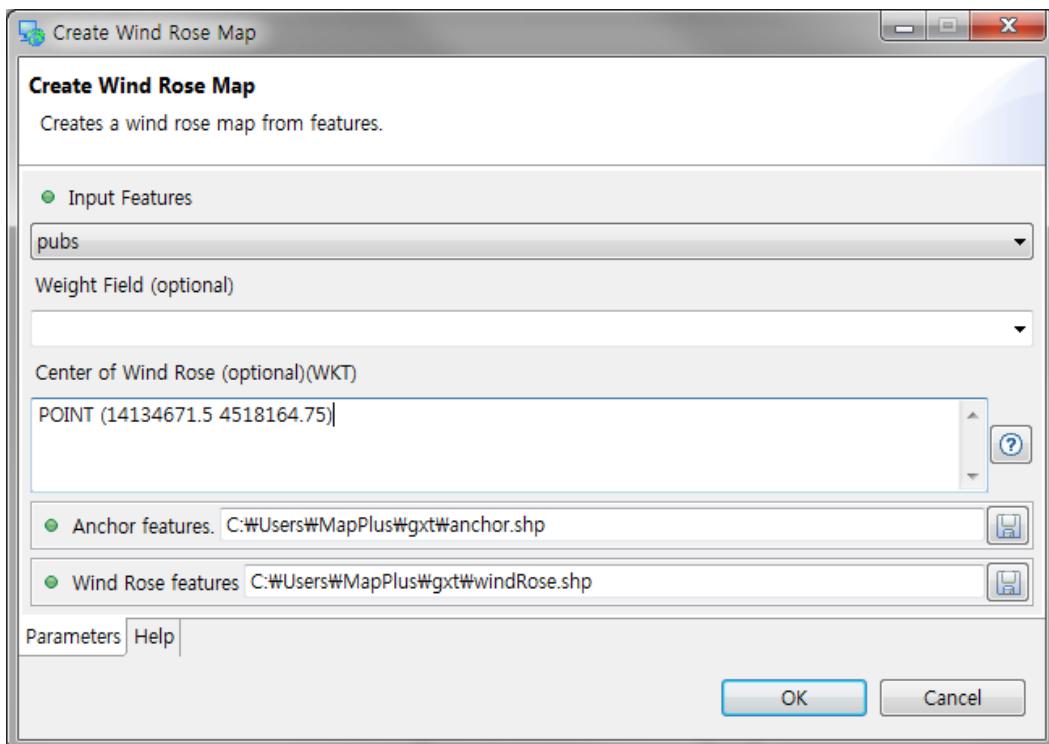
Input Features 에 변화를 알아볼 폴리곤 데이터를 입력하고 Field or Ring Count 에 다중 필드를 입력 후 실행하면 Ring Ma 이 생성됩니다.



4.2.8.6. Create Wind Rose Map

포인트 데이터를 이용하여 데이터의 분포 패턴과 방향성을 측정하는 도구입니다.

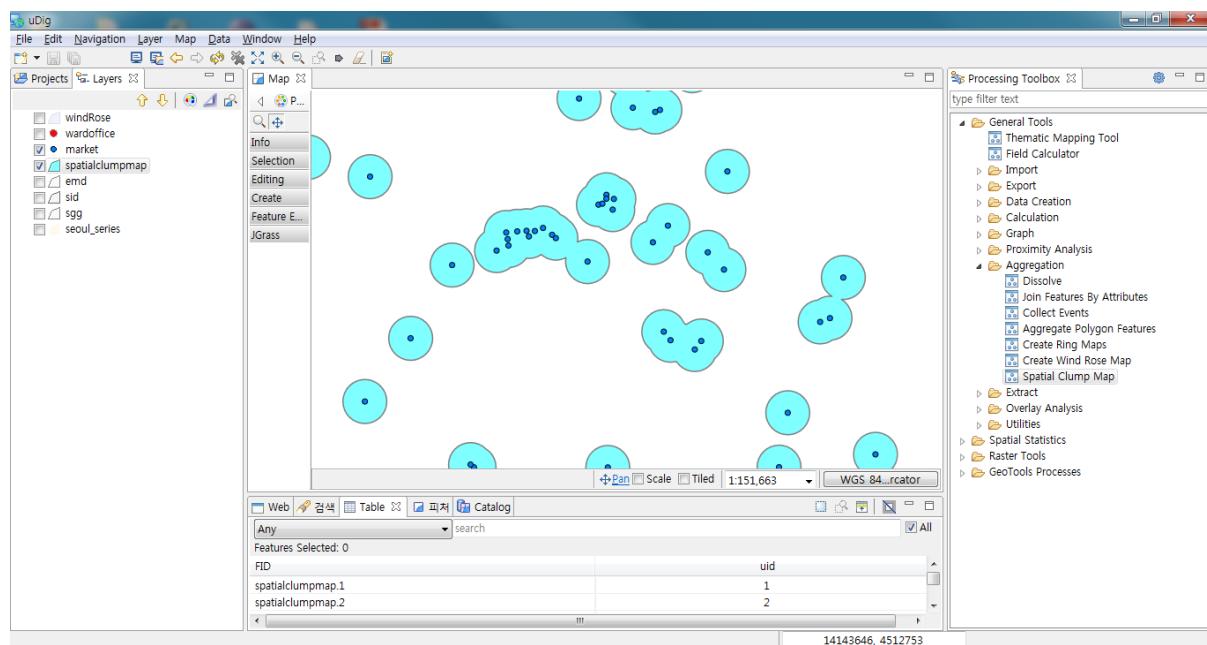
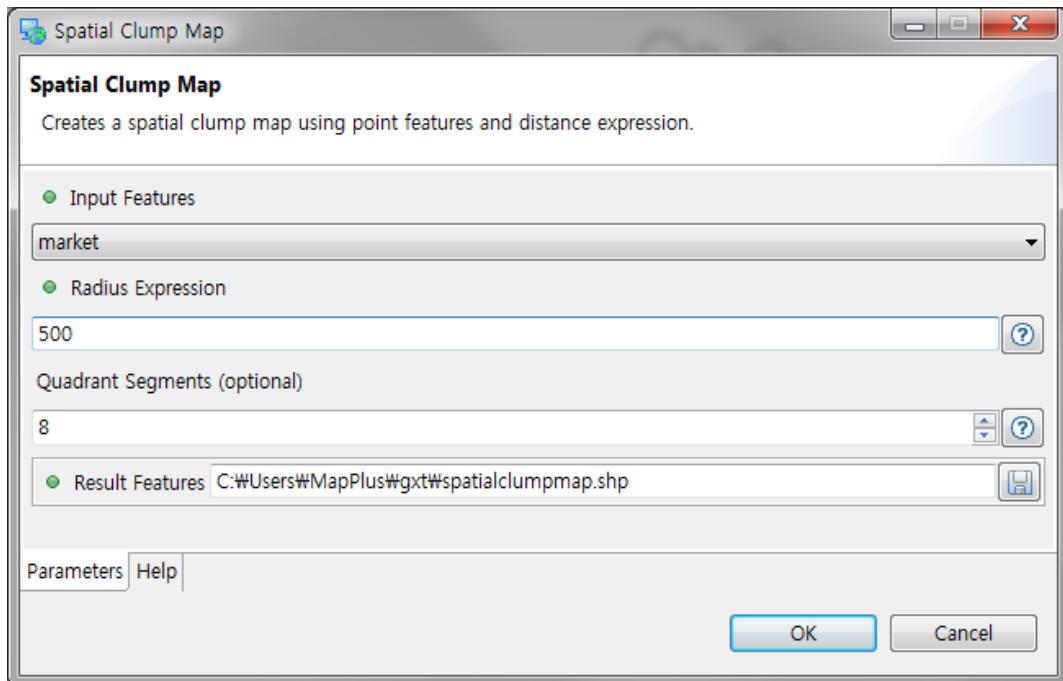
Input Features에 포인트 데이터를 입력하고  버튼을 클릭하여 Wind Rose Map의 중심점을 입력한 다음 실행하면 Wind Rose Map이 생성됩니다.



4.2.8.7. Spatial Clump Map

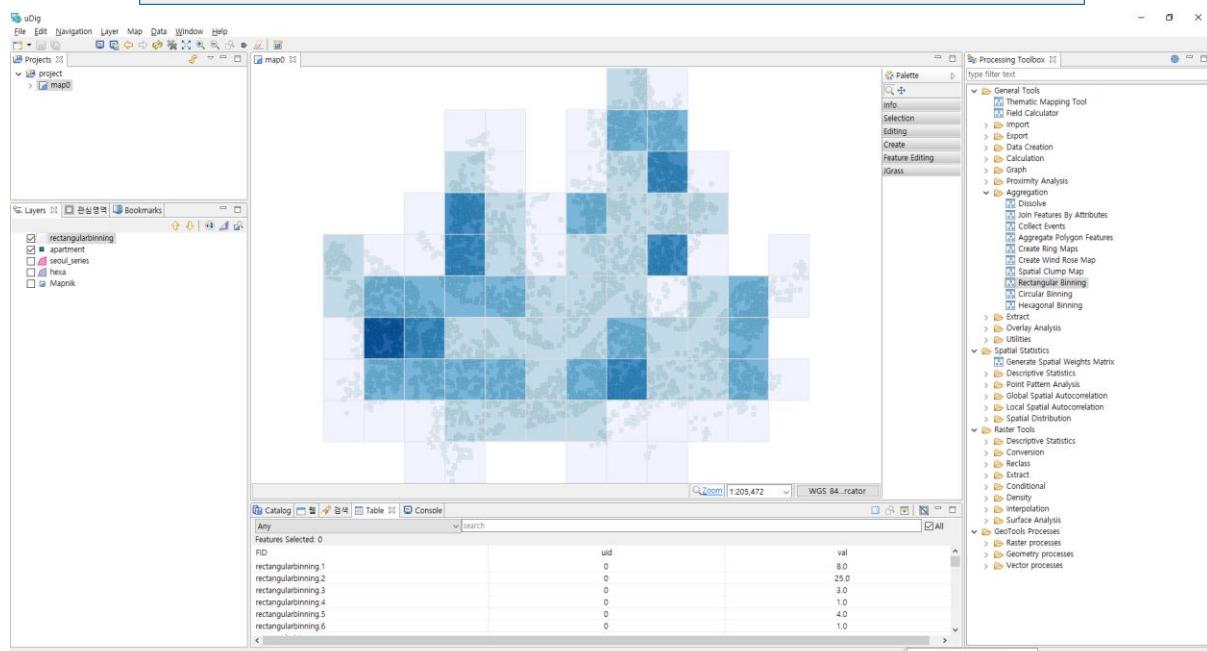
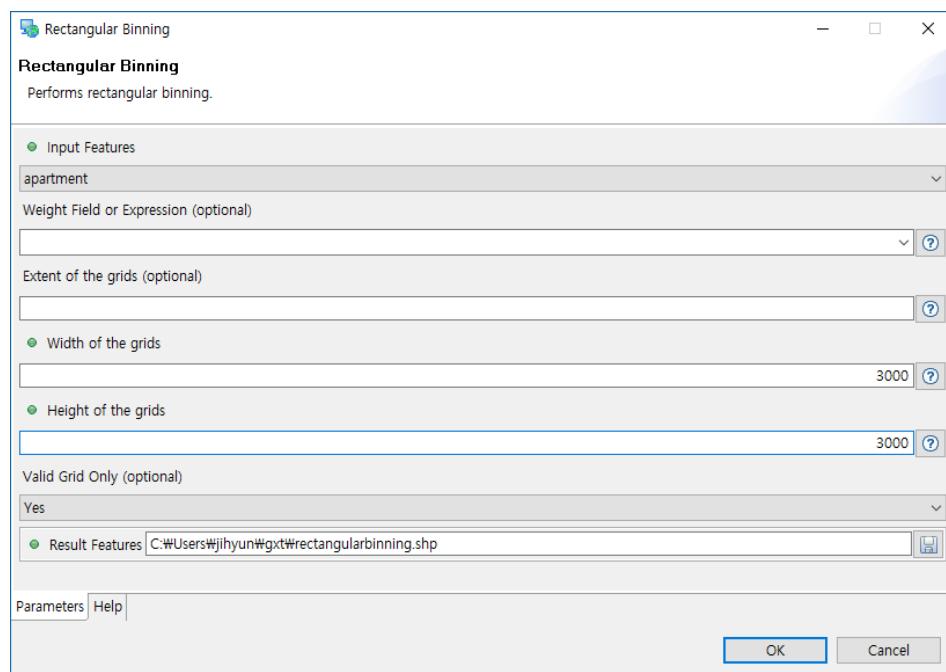
포인트 데이터와 반경 표현식을 이용하여 Spatial Clump Map 을 생성하는 도구입니다.

Input Features 에 포인트 데이터를 선택하고 버튼을 클릭하여 Radius 표현식을 설정하거나 반경을 입력한 다음 실행하면 Spatial Clump Map 이 생성됩니다.



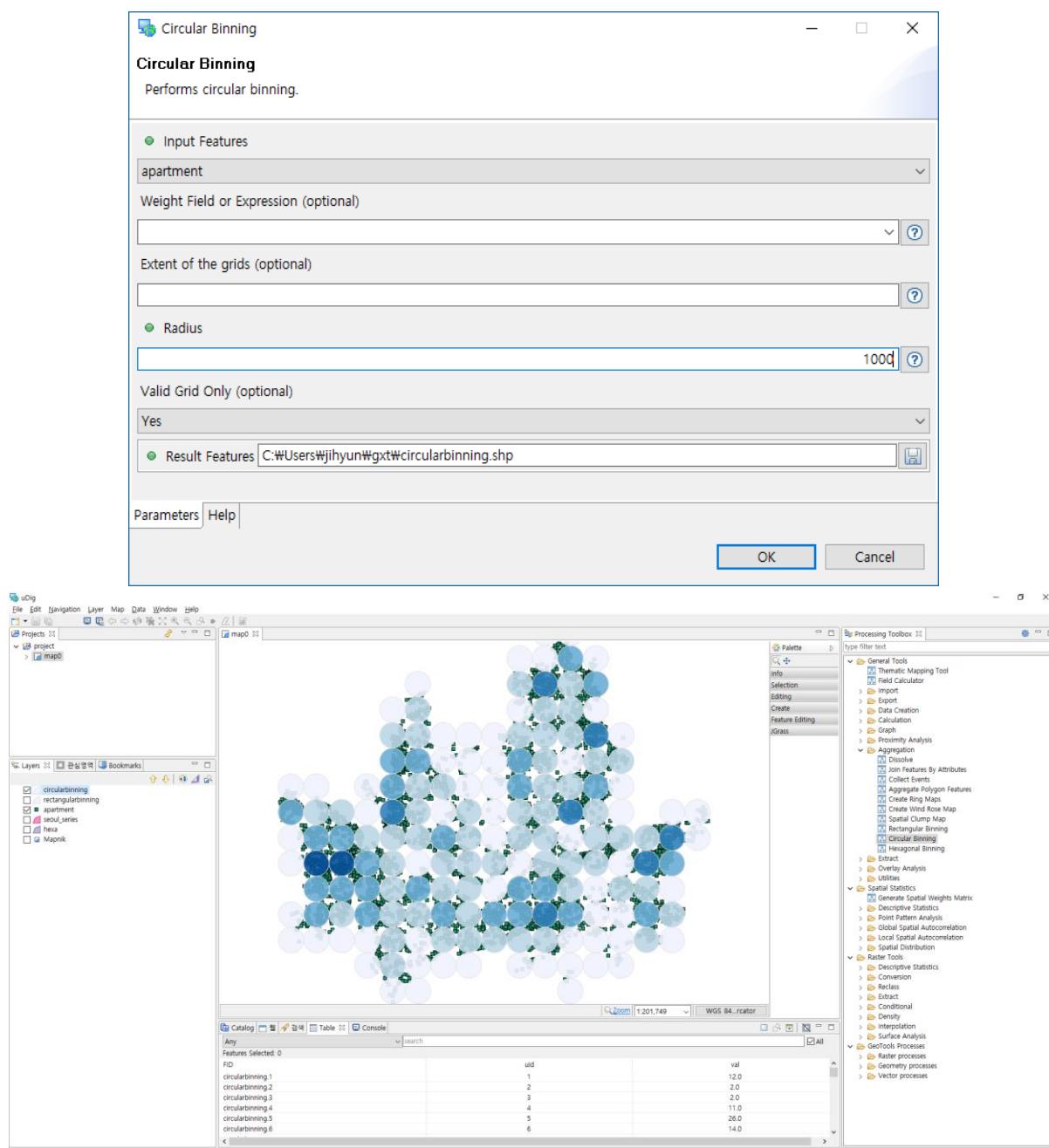
4.2.8.8. Rectangular Binning

선택된 레이어의 범위 또는 범위를 지정하여 격자망 폴리곤을 생성하고 격자에 중첩되는 포인트의 개수를 집계하는 도구입니다. Input Features에 포인트 데이터를 선택하고 격자의 가로와 세로 길이를 입력 한 뒤 실행하면 포인트의 개수가 집계된 격자 폴리곤이 생성 됩니다. 옵션에 따라 Extent를 설정하거나 가중치를 입력 할 수 있습니다.



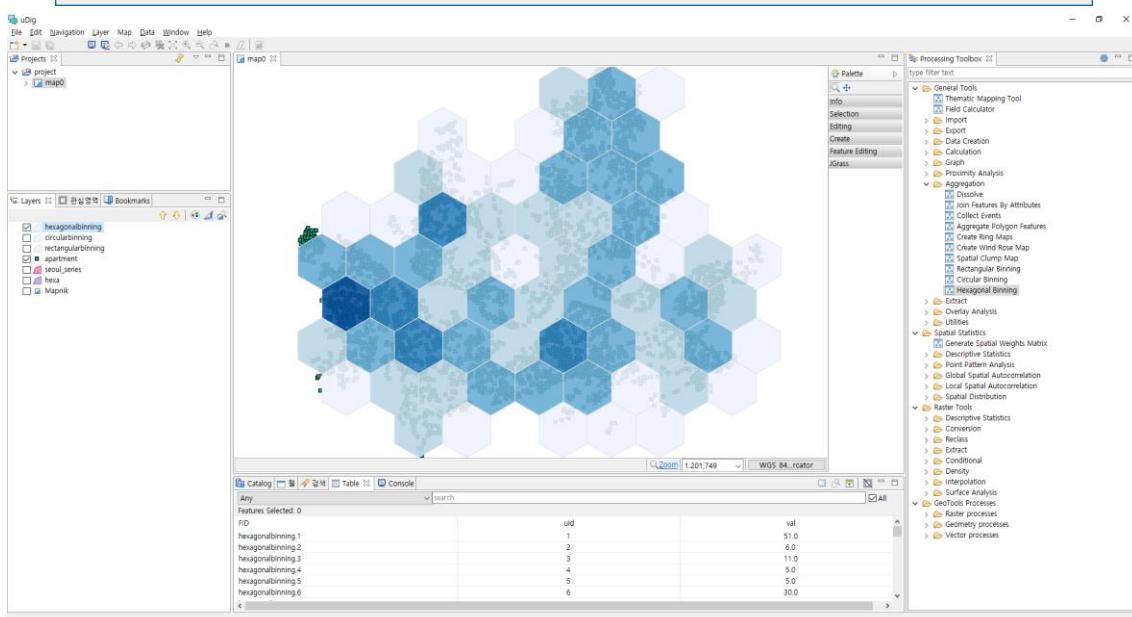
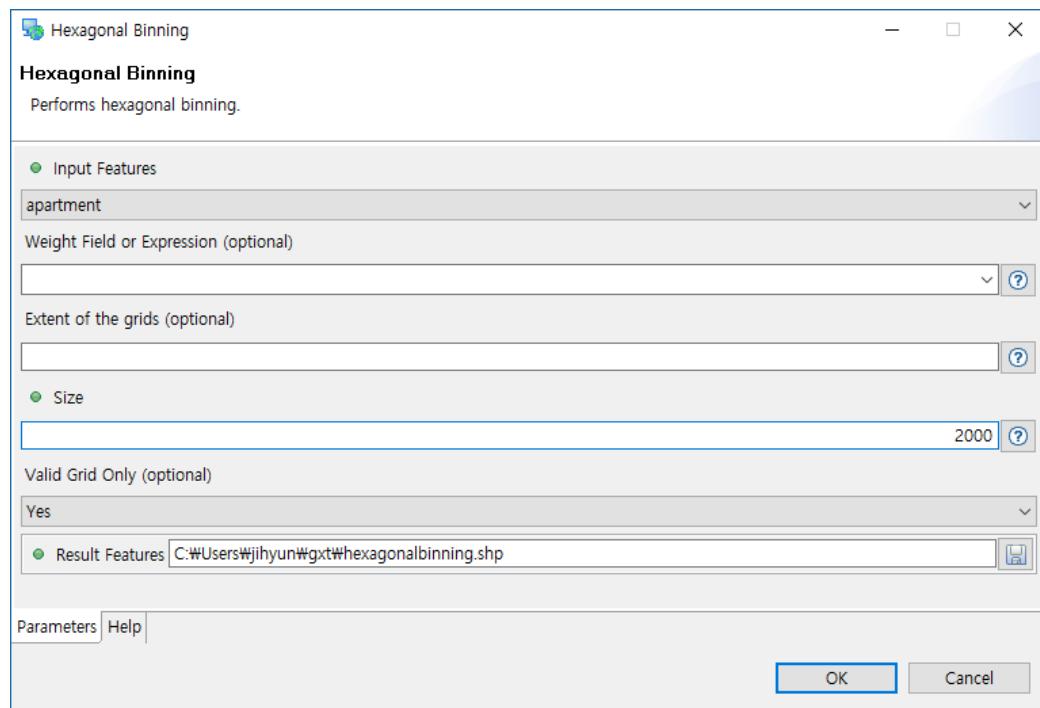
4.2.8.9. Circular Binning

선택된 레이어의 범위 또는 범위를 지정하여 원형 폴리곤을 생성하고 원형 폴리곤에 중첩되는 포인트의 개수를 집계하는 도구입니다. Input Features에 포인트 데이터를 선택하고 원의 반경을 입력 한 뒤 실행하면 포인트의 개수가 집계된 원형 폴리곤이 생성됩니다. 옵션에 따라 Extent를 설정하거나 가중치를 입력 할 수 있습니다.



4.2.8.10. Hexagonal Binning

선택된 레이어의 범위 또는 범위를 지정하여 헥사곤 폴리곤을 생성하고 폴리곤에 중첩되는 포인트의 개수를 집계하는 도구입니다. Input Features에 포인트 데이터를 선택하고 헥사곤의 크기를 입력 한 뒤 실행하면 포인트의 개수가 집계된 헥사곤 폴리곤이 생성 됩니다. 옵션에 따라 Extent를 설정하거나 가중치를 입력 할 수 있습니다.

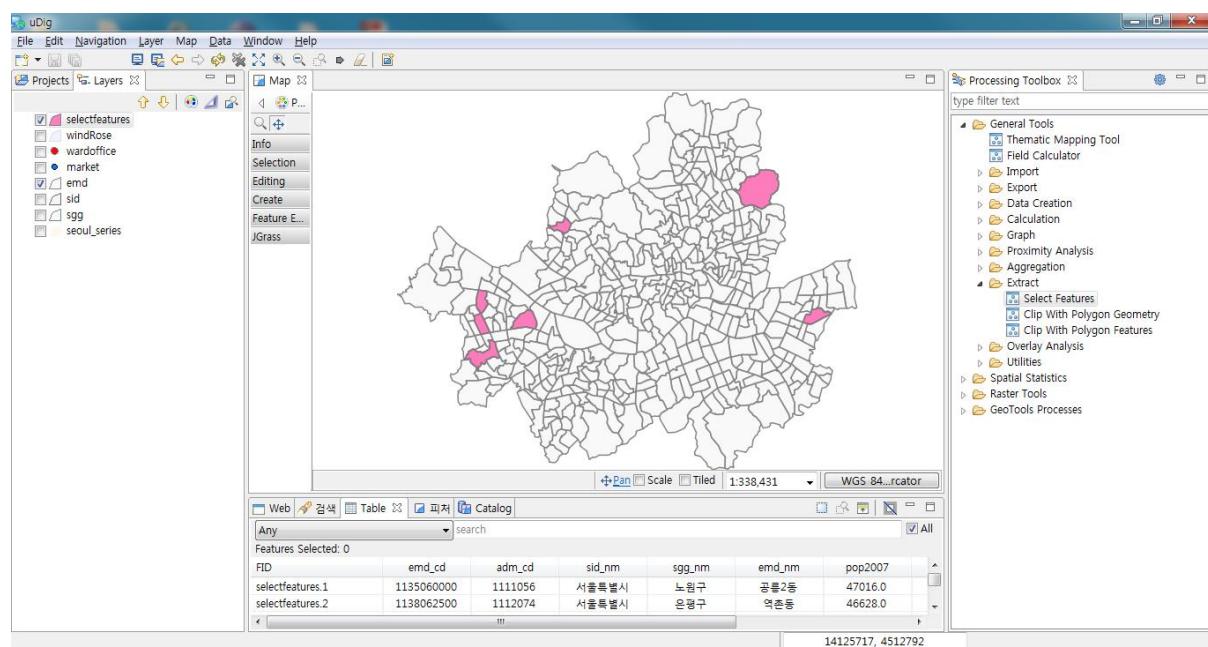
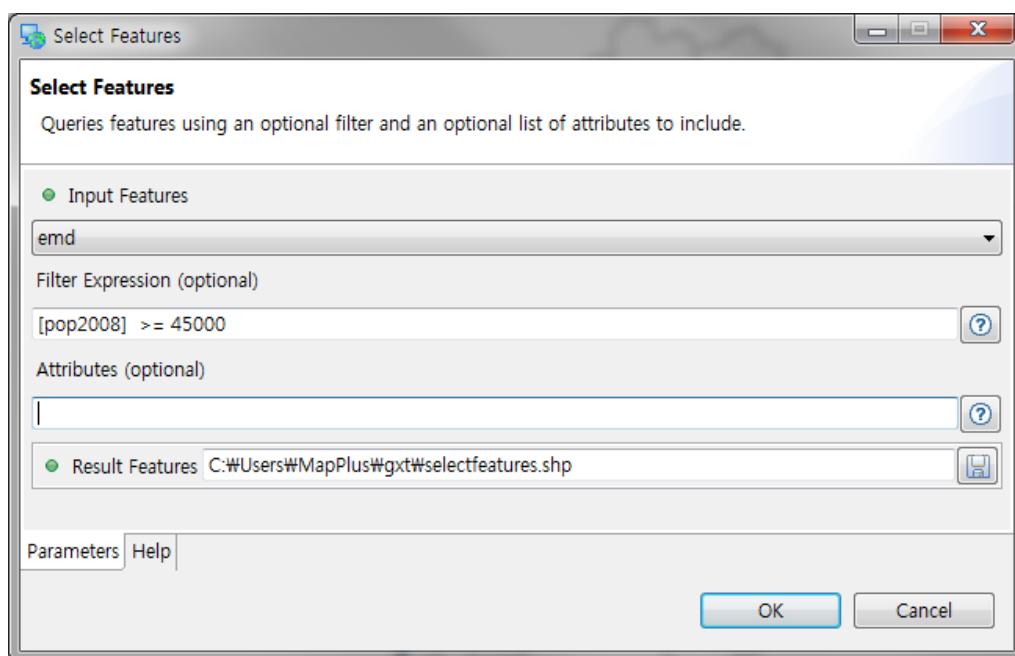


4.2.9. Extract

4.2.9.1. Select Features

속성조건과 필드를 설정하여 피처를 추출하는 도구입니다.

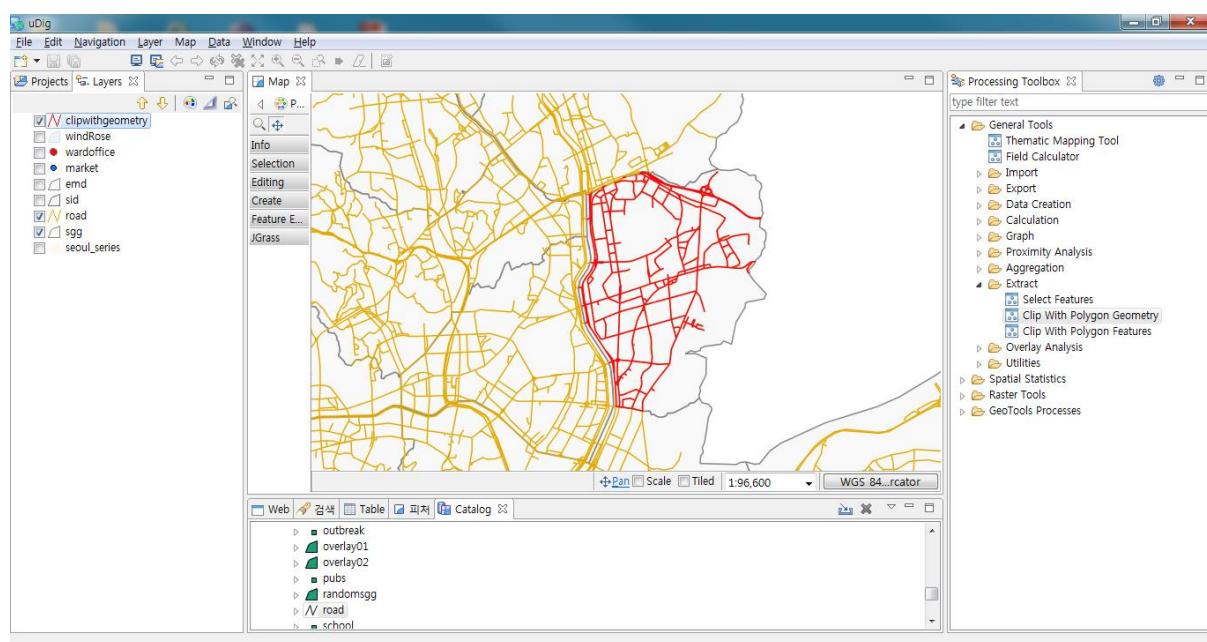
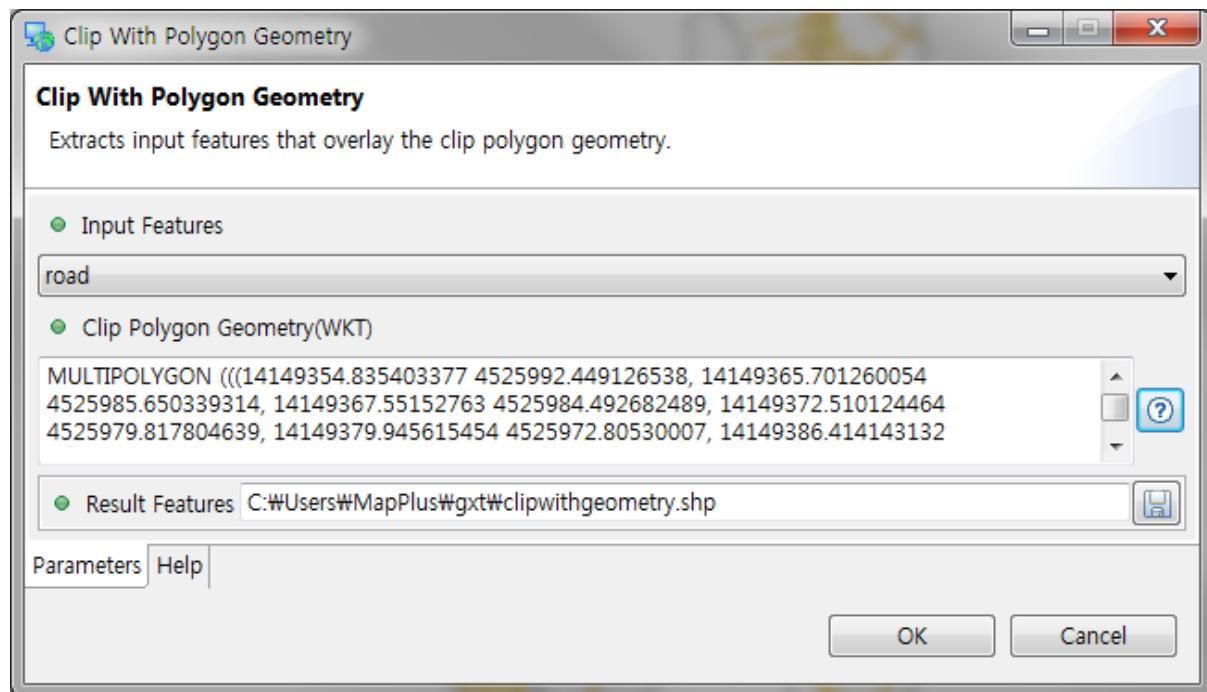
Input Features 와 필터 표현식 및 추출할 속성필드를 콤마 구분자로 입력 후 실행하면 해당 조건의 피처만 추출됩니다. Attributes 는 공백으로 둘 경우 원본 속성을 그대로 가져옵니다.



4.2.9.2. Clip with Polygon Geometry

Clip 할 폴리곤 Geometry 를 설정하여 피처 레이어를 잘라내는 도구입니다.

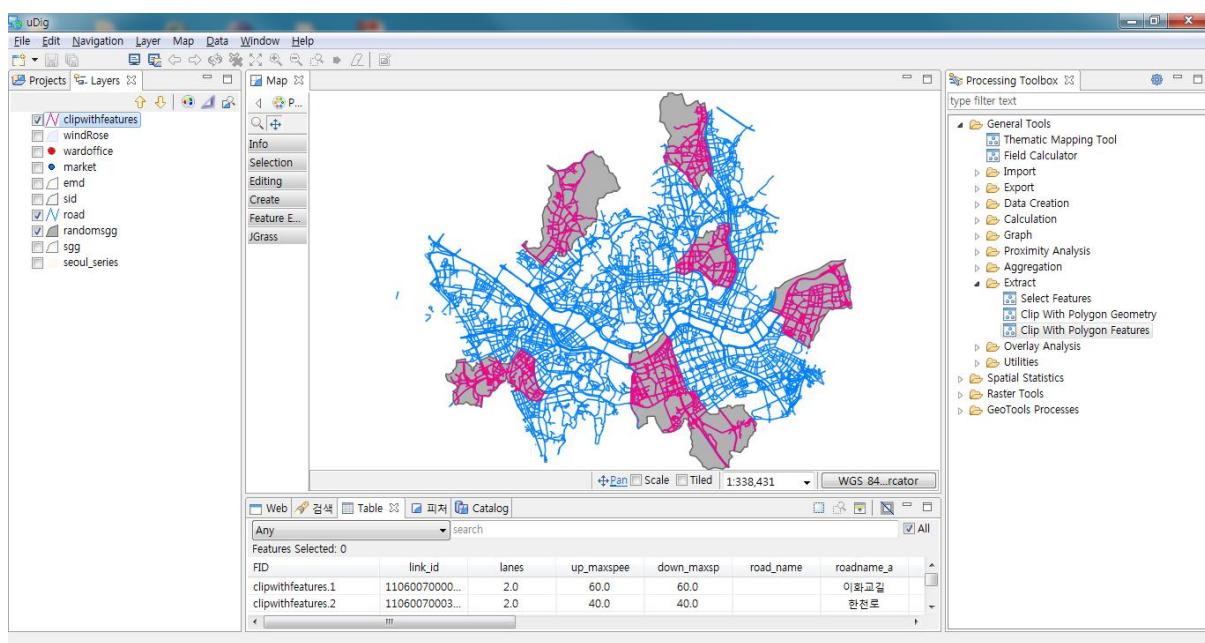
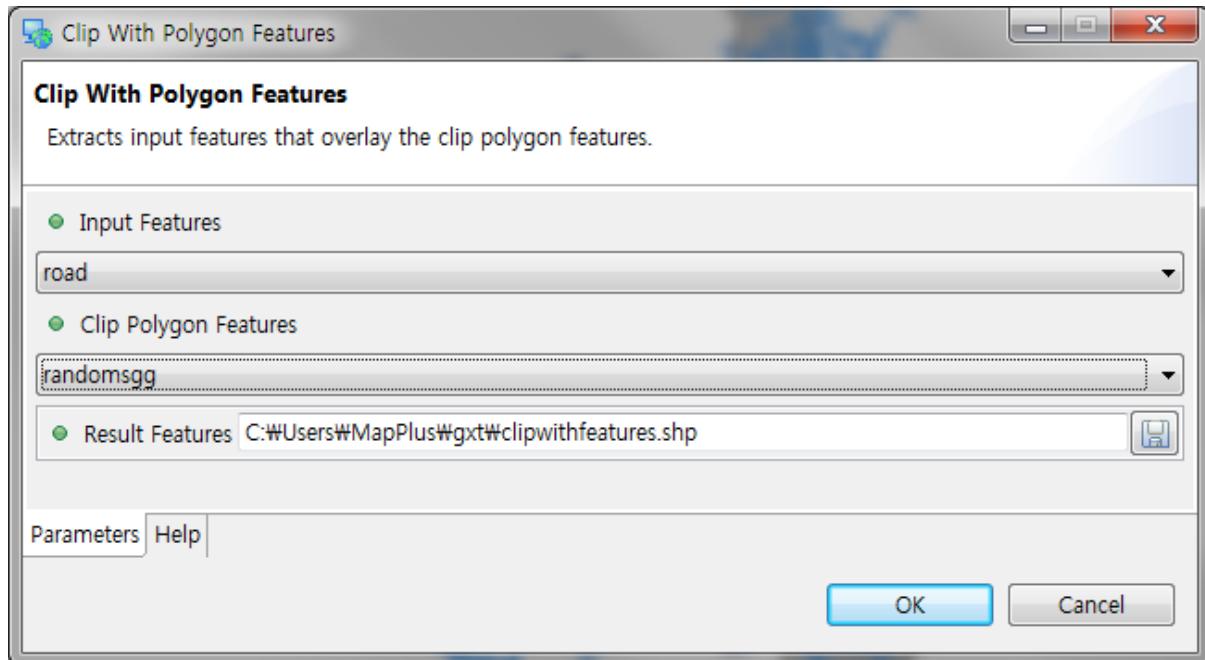
잘라낼 Input Features 와 Clip Polygon 을 WKT 형식으로 입력 후 실행하면 잘라낸 레이어가 생성됩니다. Clip Polygon 의 버튼을 눌러 지도 또는 현재 레이어의 피처로부터 Geometry 를 가져올 수 있습니다.



4.2.9.3. Clip with Polygon Features

Clip 할 폴리곤 레이어를 설정하여 피처 레이어를 잘라내는 도구입니다.

잘라낼 Input Features 와 Clip Polygon 피처를 선택 후 실행하면 잘라낸 레이어가 생성됩니다.

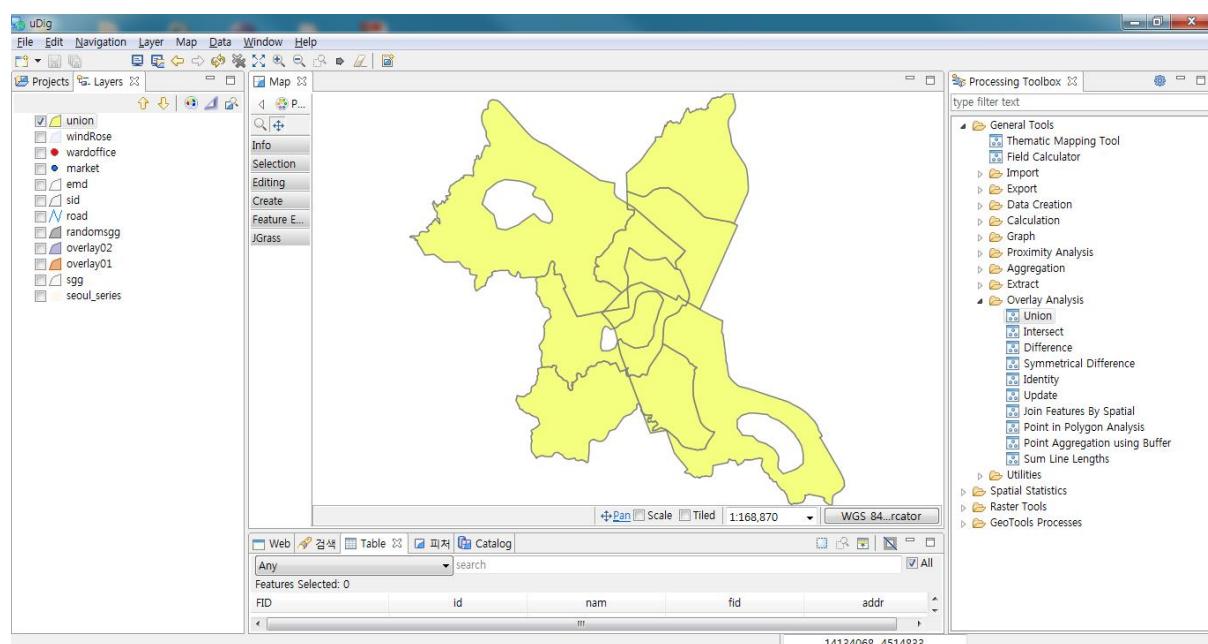
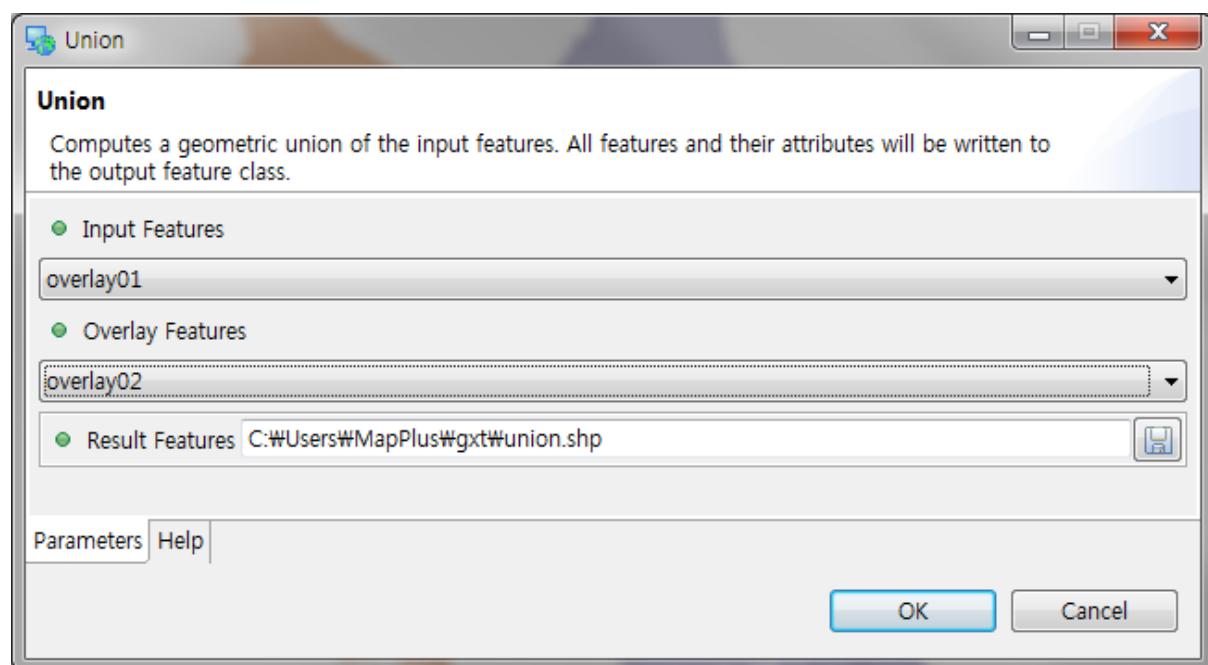


4.2.10. Overlay Analysis

4.2.10.1. Union

두 개의 입력 피처 레이어에 대한 Union Overlay 분석을 수행하는 도구입니다.

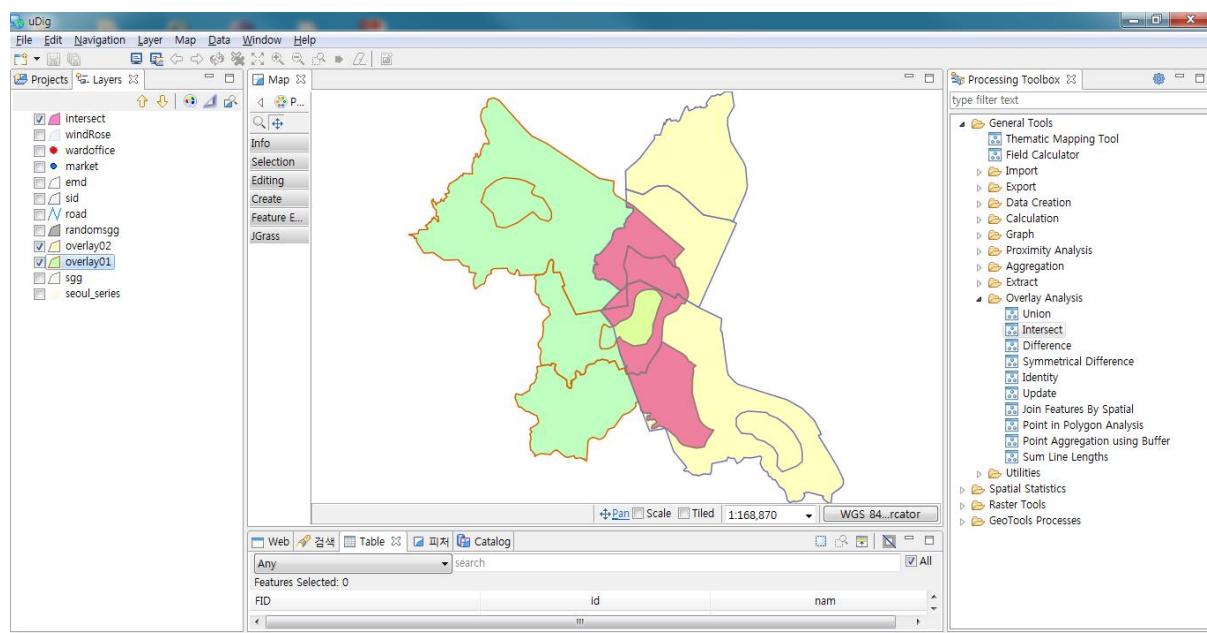
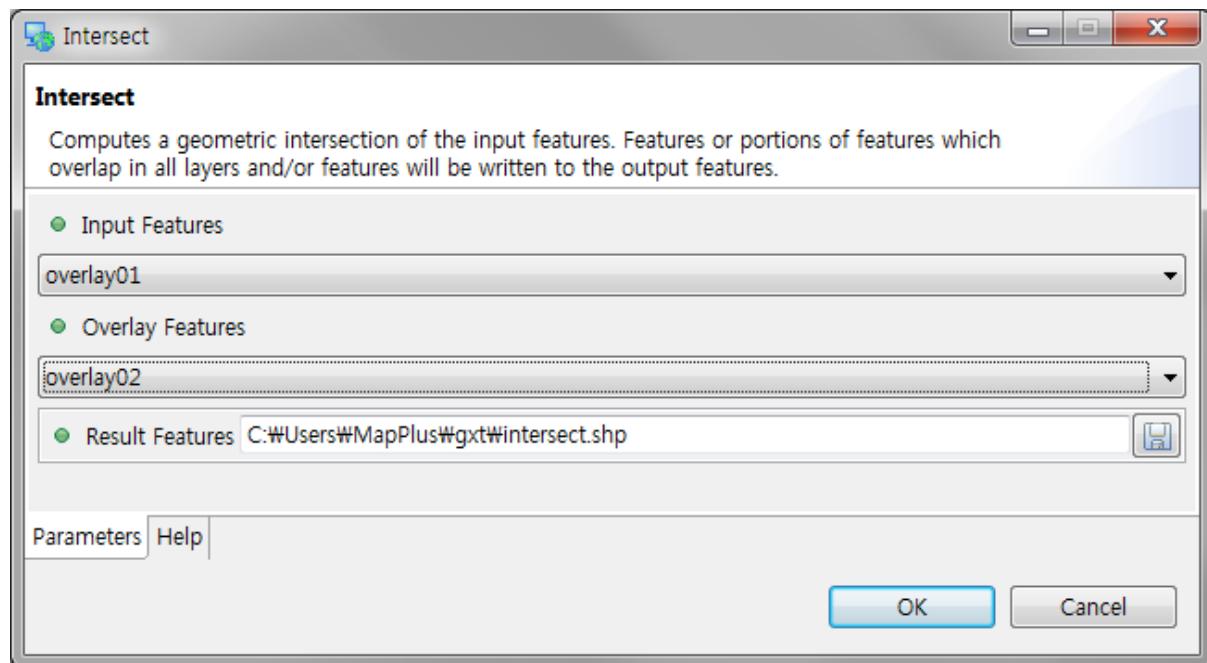
Input Features 와 Overlay Features 는 포인트, 라인, 폴리곤 모두 가능하며, 출력 레이어는 두 레이어 중 낮은 차수의 피처 타입으로 생성되며 두 피처의 모든 속성값이 유지됩니다.



4.2.10.2. Intersect

두 개의 입력 피처 레이어에 대한 Intersect Overlay 분석을 수행하는 도구입니다.

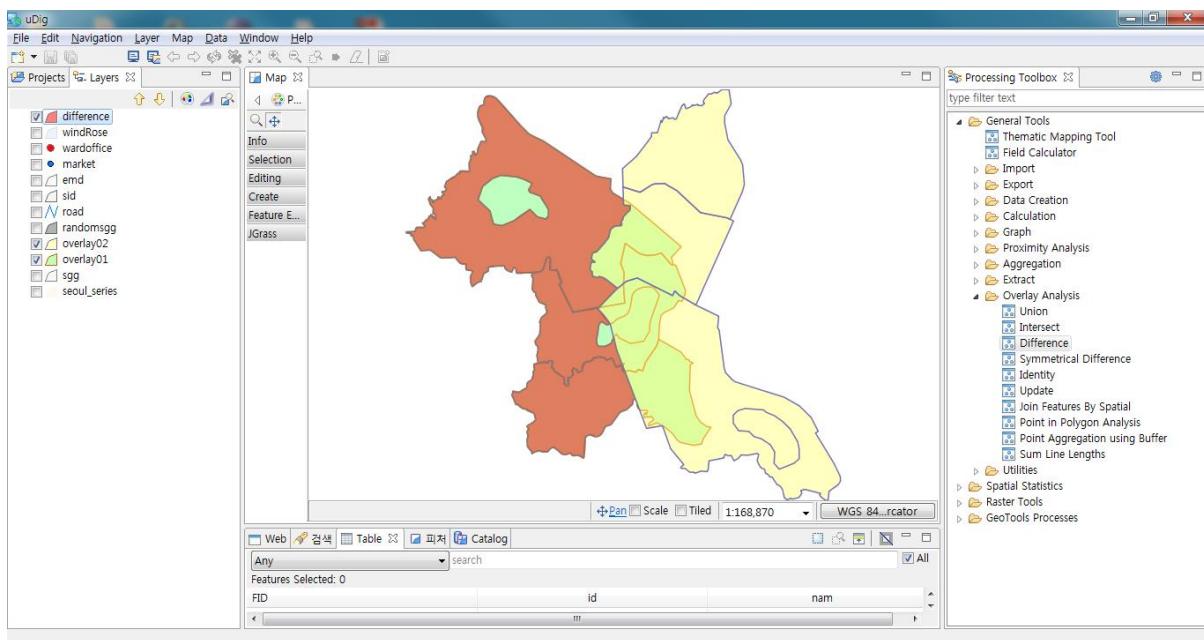
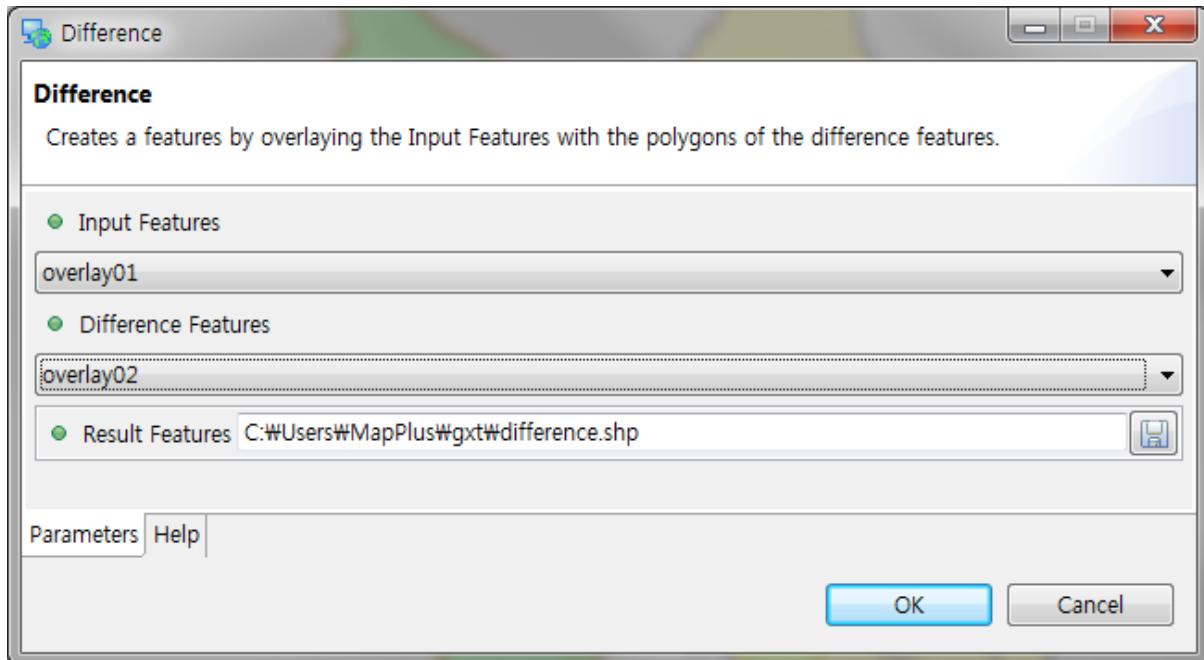
Input Features 와 Overlay Features 는 포인트, 라인, 폴리곤 모두 가능하며, 출력 레이어는 두 레이어 중 낮은 차수의 피처 타입으로 생성되며 두 피처의 모든 속성값이 유지됩니다.



4.2.10.3. Difference

두 개의 입력 피처 레이어에 대한 Difference Overlay 분석을 수행하는 도구입니다.

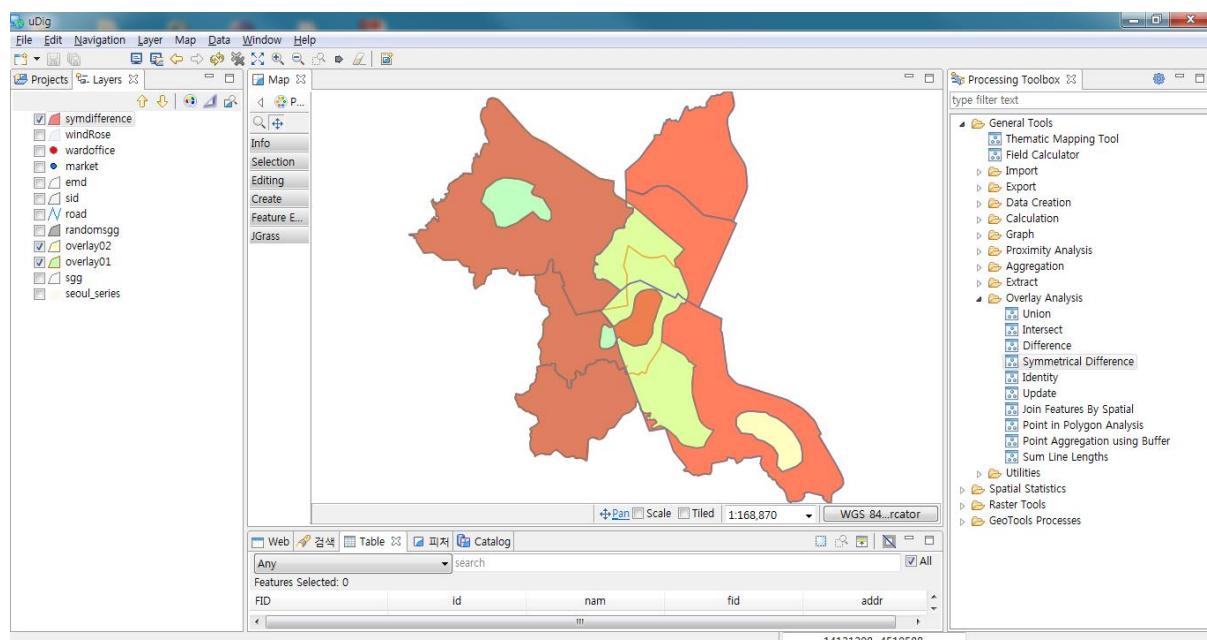
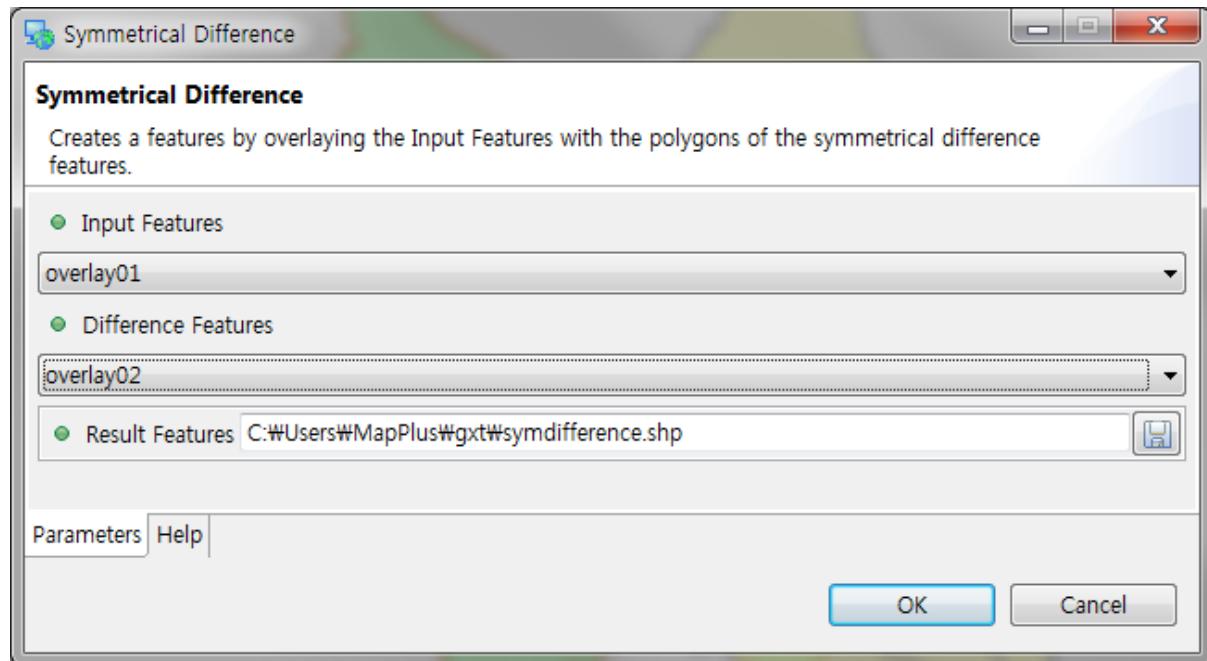
Input Features 와 Difference Features 는 포인트, 라인, 폴리곤 모두 가능하며, 출력 레이어의 피처 타입과 필드는 Input Features 를 따릅니다.



4.2.10.4. Symmetrical Difference

두 개의 입력 피처 레이어에 대한 Symmetrical Difference Overlay 분석을 수행하는 도구입니다.

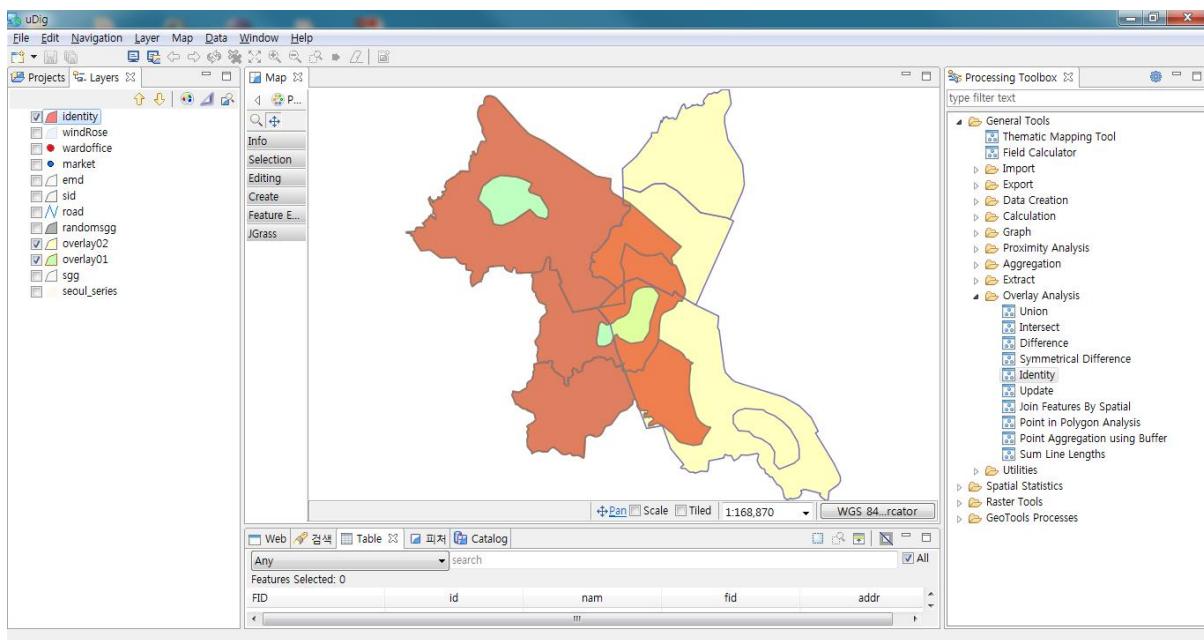
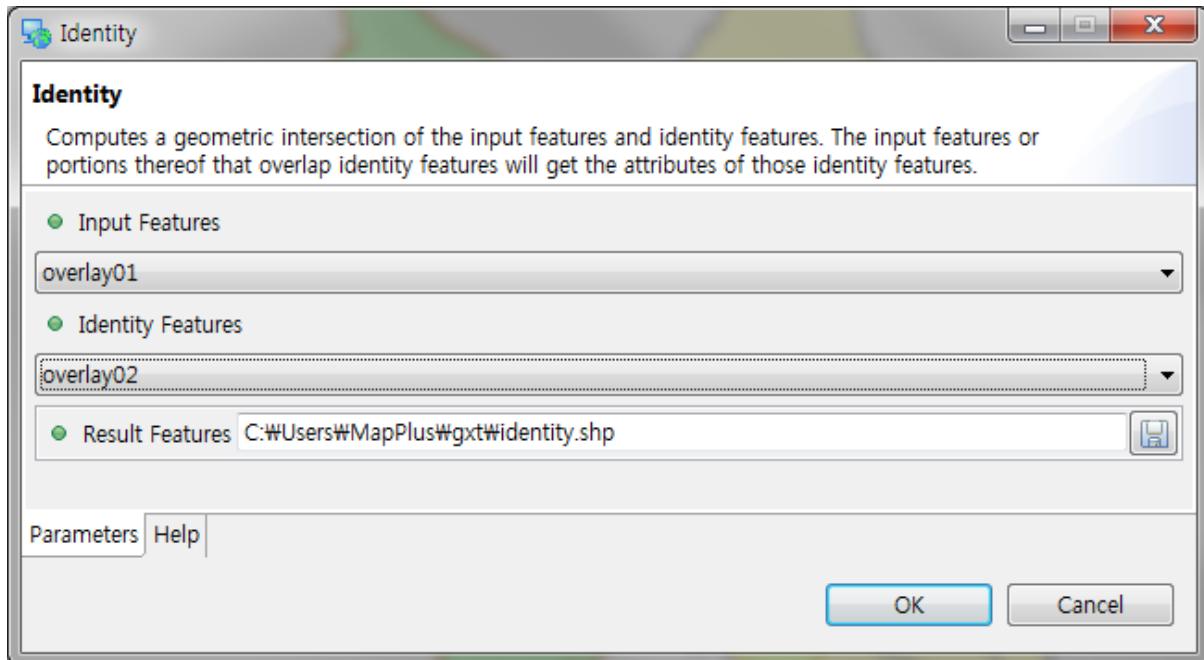
Input Features 와 Difference Features 는 폴리곤 피처 타입이어야 하며, 출력 레이어 Input Features Difference Features 의 속성값을 모두 포함합니다.



4.2.10.5. Identity

두 개의 입력 피처 레이어에 대한 Identity Overlay 분석을 수행하는 도구입니다.

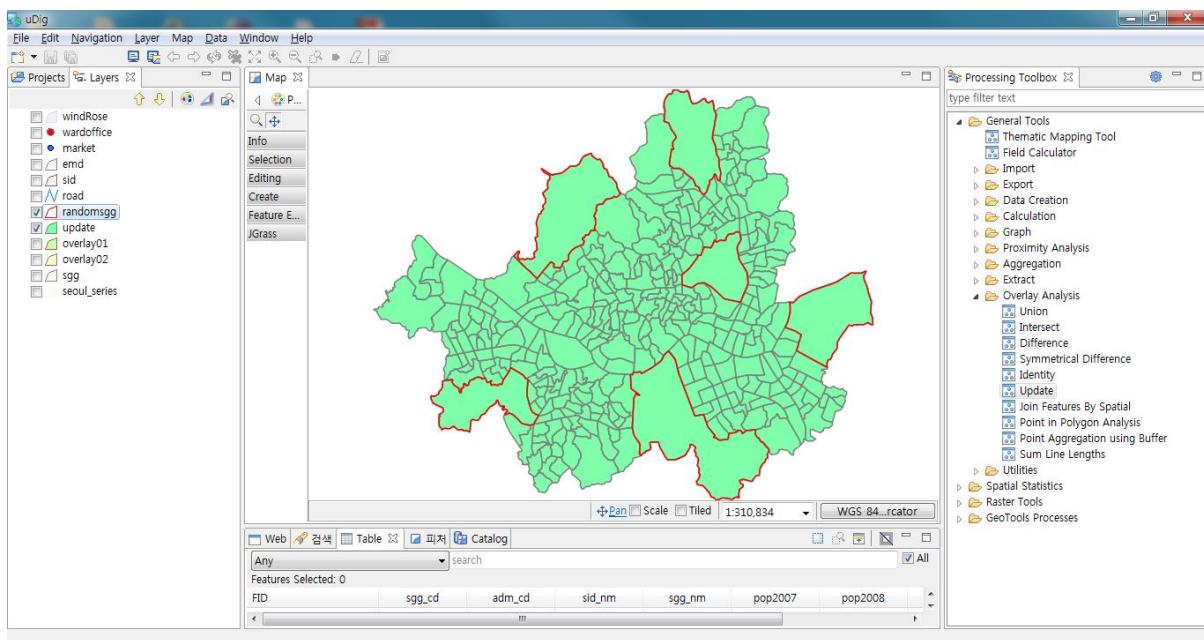
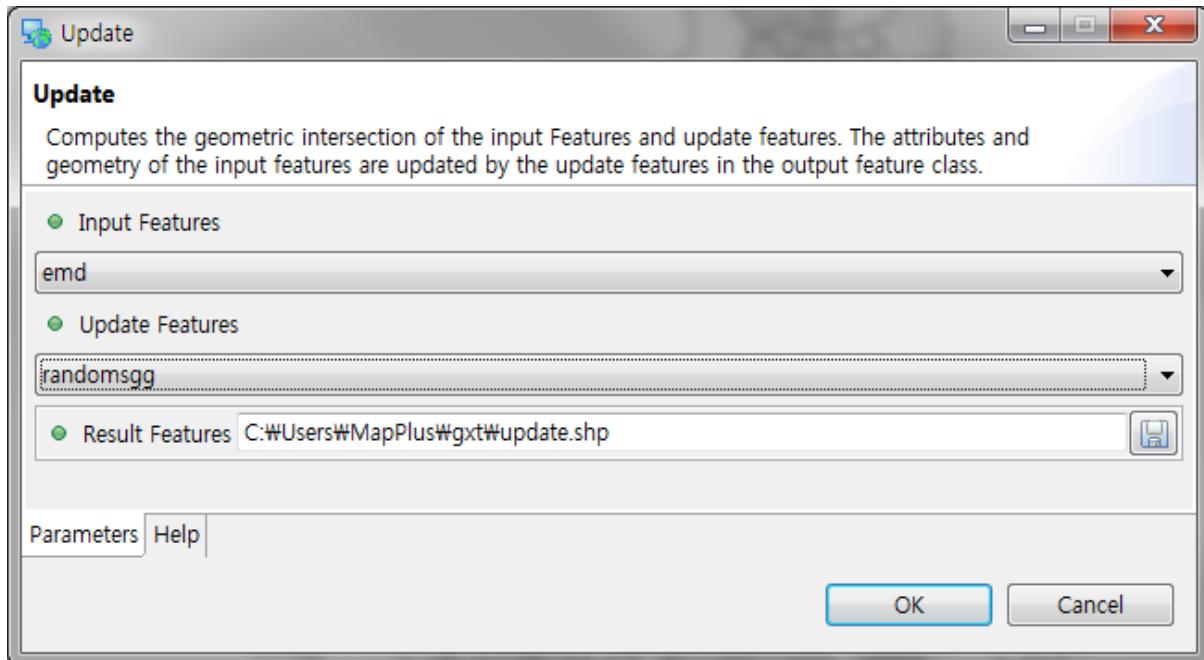
Input Features 와 Identity Features 는 폴리곤 피처 타입이어야 하며, 출력 레이어 Input Features, Identity Features 의 속성값을 모두 포함합니다.



4.2.10.6. Update

두 개의 입력 피처 레이어에 대한 Update Overlay 분석을 수행하는 도구입니다.

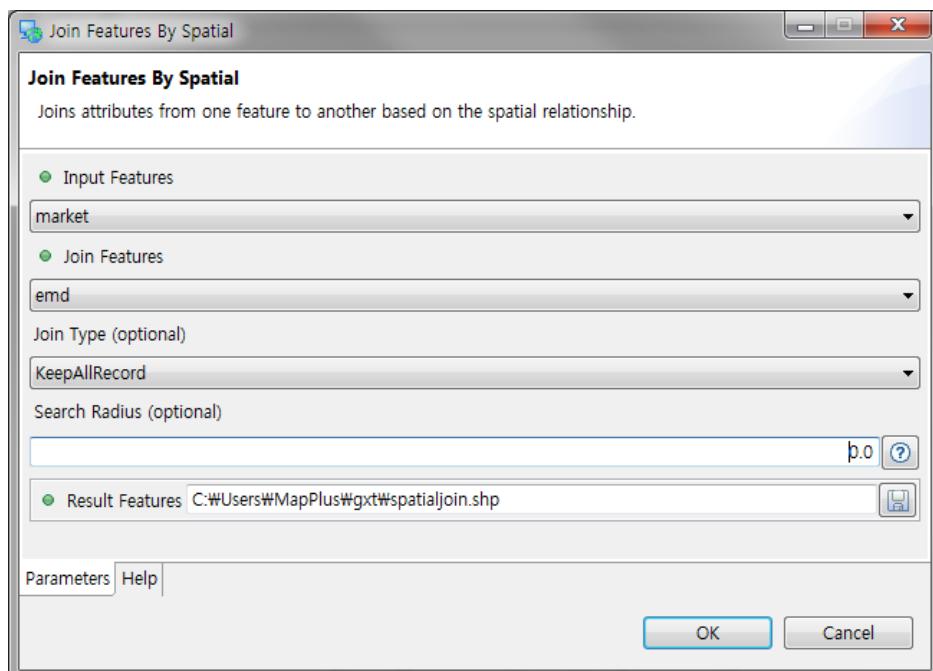
Input Features 와 Update Features 는 폴리곤 피처 타입이고 스키마가 동일해야 하며, 출력 레이어 Input Features, Update Features 의 속성값을 모두 포함합니다.

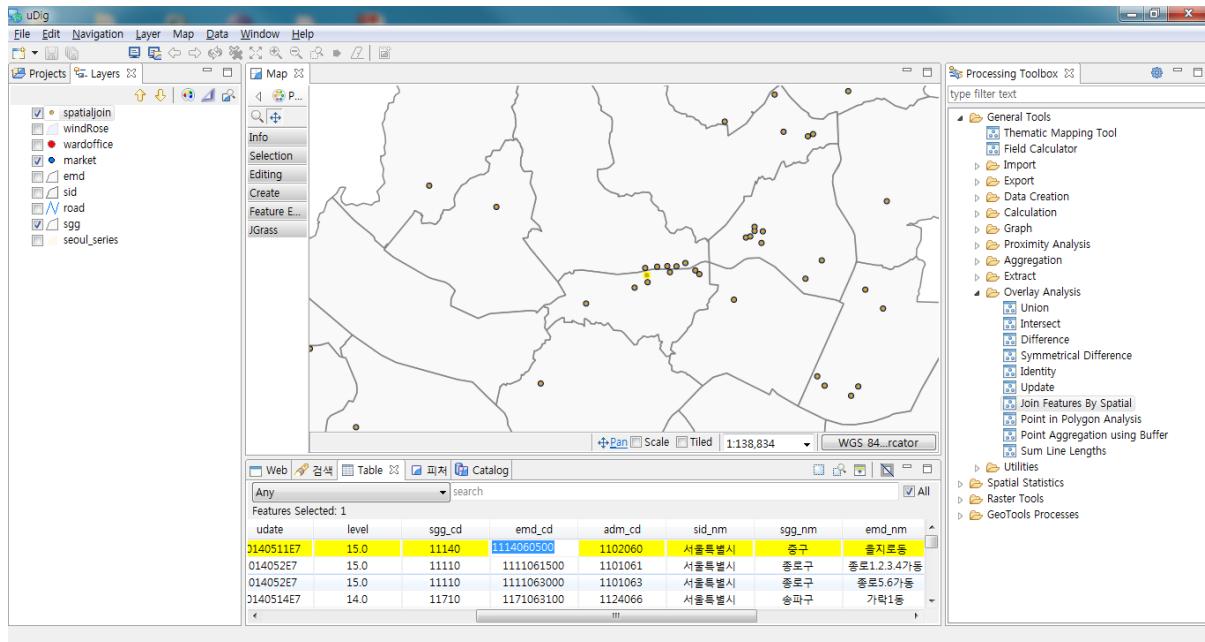


4.2.10.7. *Join Features by Spatial*

벡터 데이터와 벡터 데이터 간에 공간 조인을 실행하는 도구입니다.

기준이 되는 Target 피처와 Join 될 피처를 Target Features 와 Join Feature 에 선택합니다. Join Type에서 모든 레코드를 유지(KeepAllRecord)하거나 일치하는 피처만 추출(OnlyMatchingRecord)을 선택 할 수 있고 Search Radius에 값을 입력하여 Join 될 반경을 설정 할 수 있습니다. 생성에 필요한 변수를 입력한 후 실행하면 Spatial Join 된 새로운 벡터데이터가 생성됩니다.

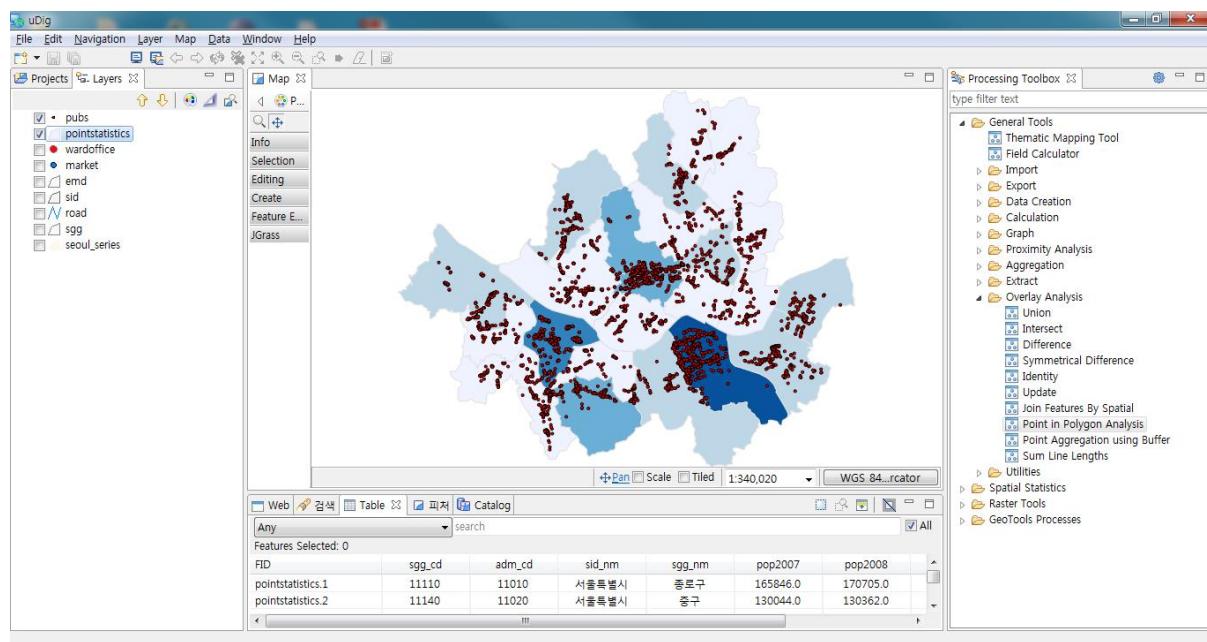
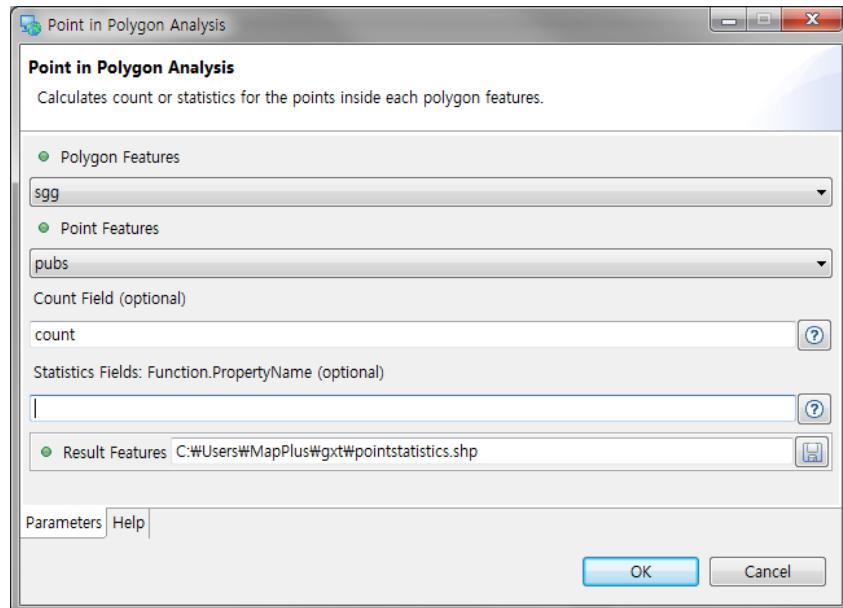




4.2.10.8. Point in Polygon Analysis

포인트의 속성정보를 폴리곤 단위로 집계하고 통계량(합, 최대, 최소, 평균 등)을 산출하여 새로운 폴리곤을 생성하는 도구입니다.

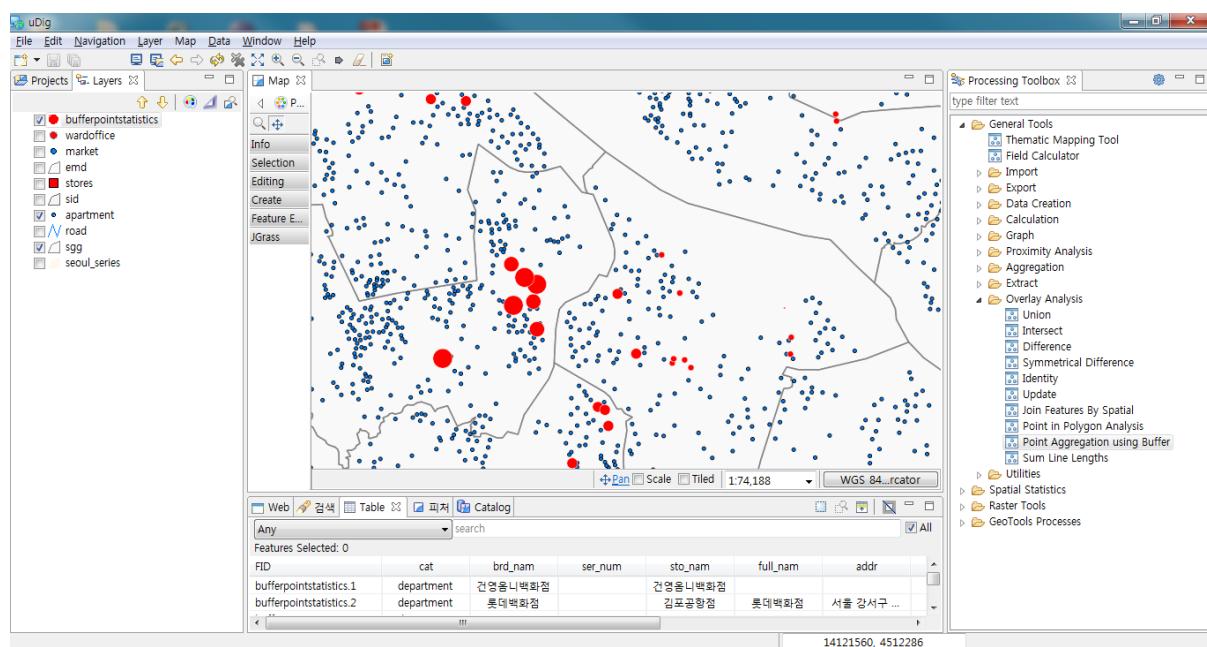
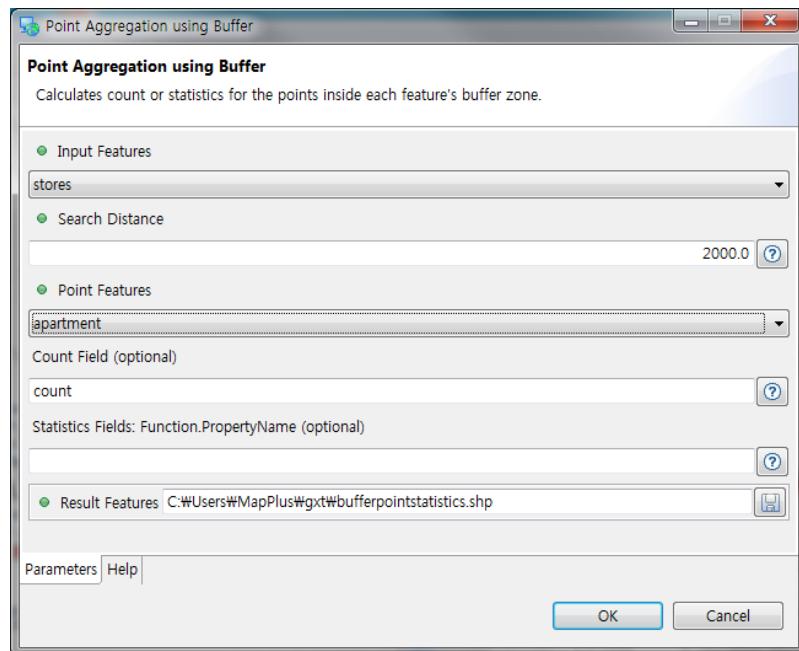
집계할 폴리곤의 피처와 집계될 포인트의 피처를 각각 Polygon Features 와 Point Features 에 선택합니다. Point in Polygon Analysis 를 통해 생성될 피처에 사용될 필드명을 Count Field 를 통해 정의합니다. 사용할 통계정보와 기준이 될 포인트의 필드명을 Statistics Field 에 입력합니다. 생성에 필요한 변수를 입력한 후 실행하면 Point in Polygon Analysis 된 새로운 폴리곤이 생성됩니다.



4.2.10.9. Point Aggregation using Buffer

Input Feature의 반경을 입력하여 반경 내 포인트 속성정보의 통계량(합, 최대, 최소, 평균 등)을 산출하여 새로운 벡터 데이터를 생성하는 도구입니다.

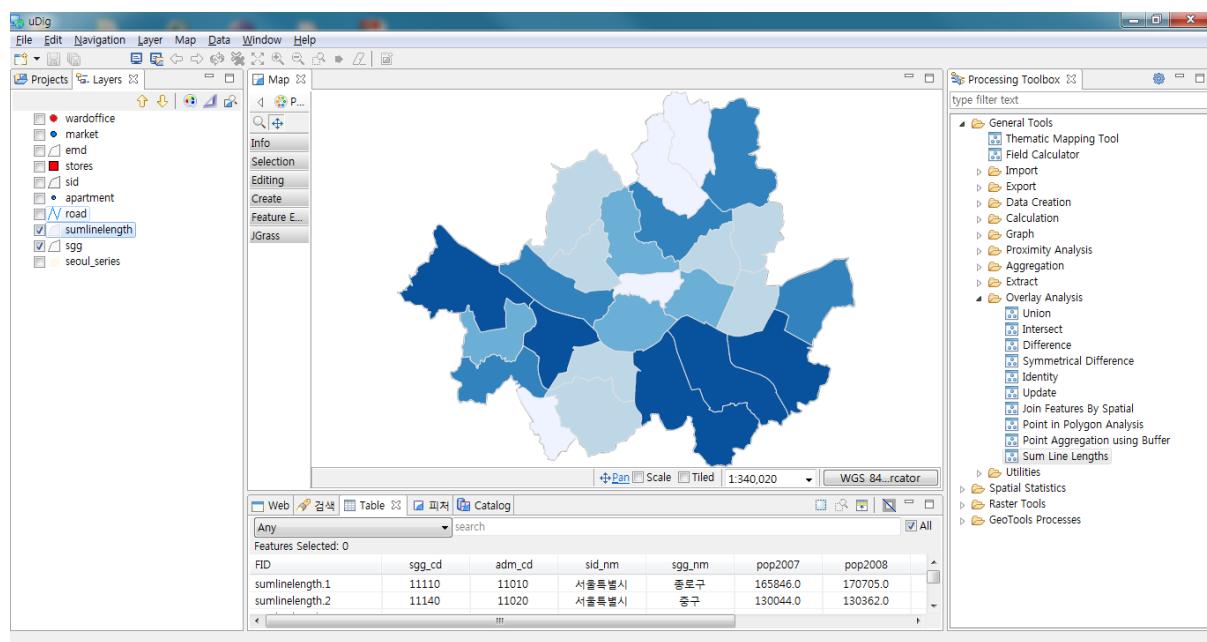
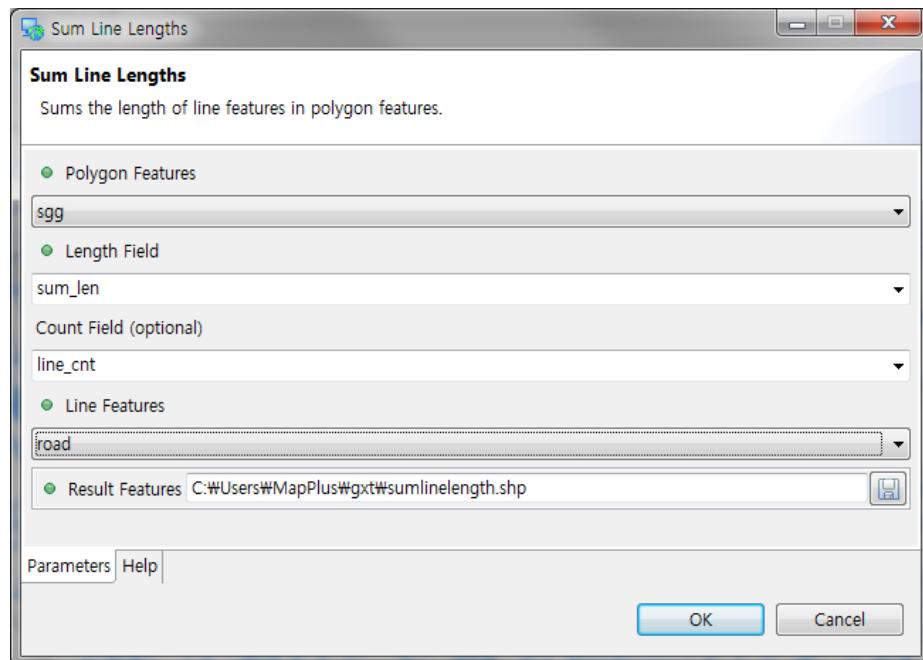
기준이 될 벡터 데이터를 Input Features에 선택하고 Search Distance에서 기준 반경을 설정합니다. 집계될 포인트를 Point Features에 선택합니다. 집계에 사용될 필드명을 Count Field에 입력하고 사용할 통계기법과 기준이 될 포인트의 필드명을 Statistics Field에 입력합니다. 실행하면 새로운 벡터데이터가 생성됩니다.



4.2.10.10. Sum Line Lengths

폴리곤에 중첩되는 라인의 총 길이를 구획된 폴리곤 단위로 산출하여 폴리곤을 생성하는 도구입니다.

기준이 될 폴리곤과 집계될 라인을 각각 Polygon Features 와 Line Features 에 선택합니다. 산출된 라인의 길이와 개수를 입력할 필드를 Length Field 와 Count Field 에 입력 후 실행하면 집계된 새로운 폴리곤이 생성됩니다.

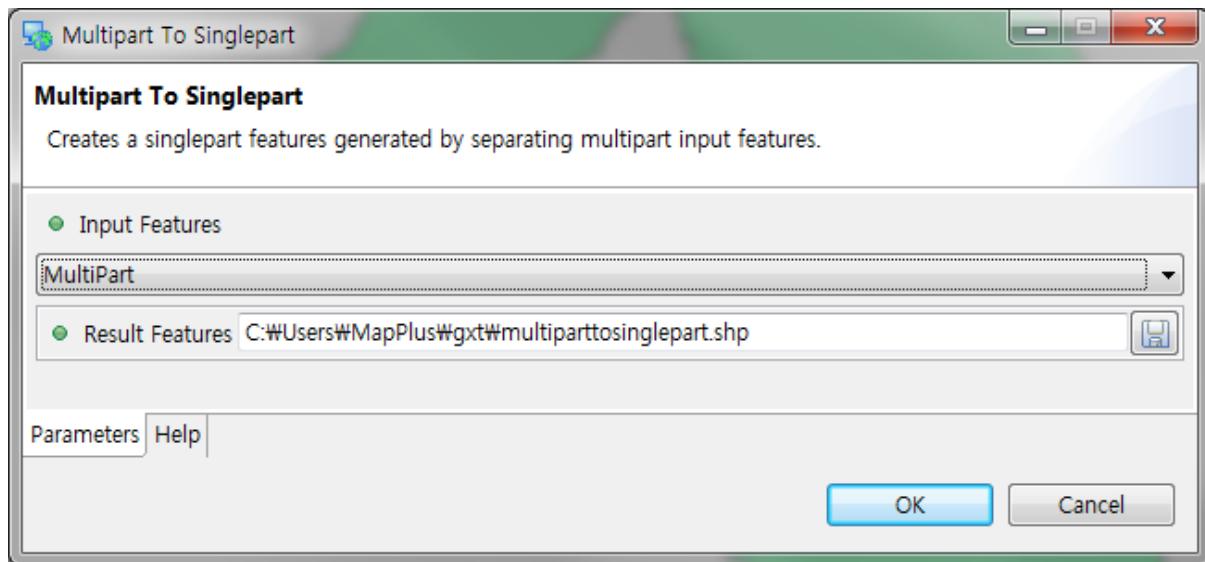


4.2.11. Utilities

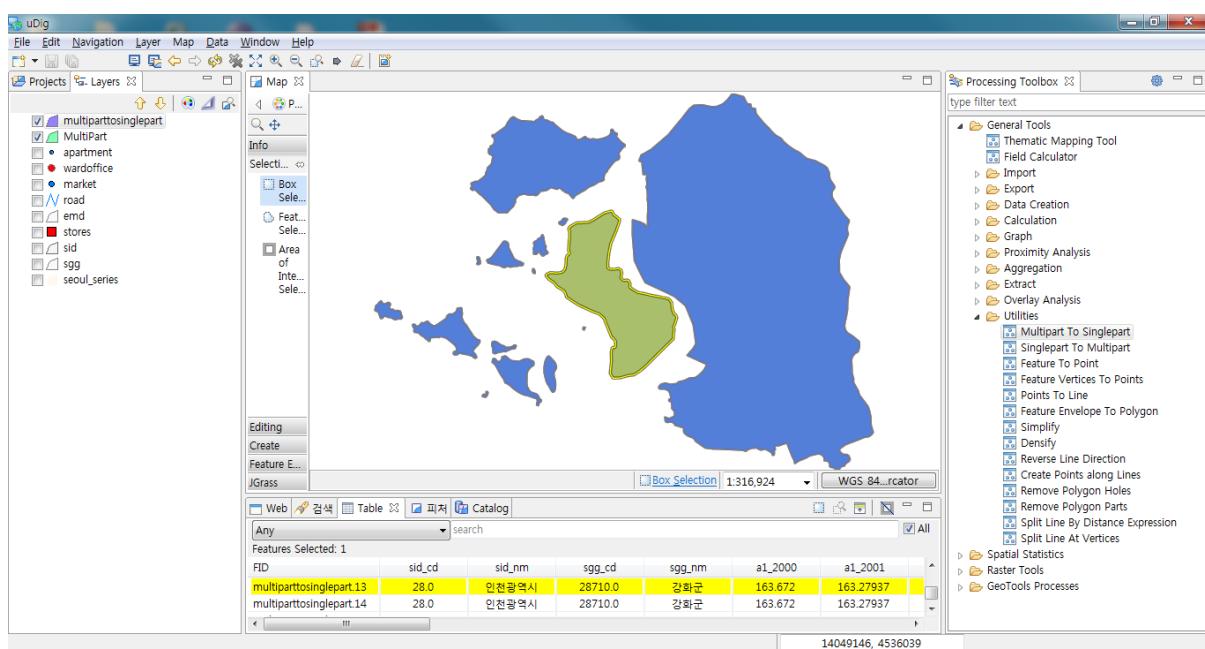
4.2.11.1. Multipart to Singlepart

피처의 Multipart 를 Singlepart 로 변환하는 도구입니다.

Multipart 벡터 데이터를 Input Features 에 선택하고 생성에 필요한 변수를 입력한 뒤 실행하면 Singlepart 로 변환된 새로운 벡터 데이터가 생성 됩니다.



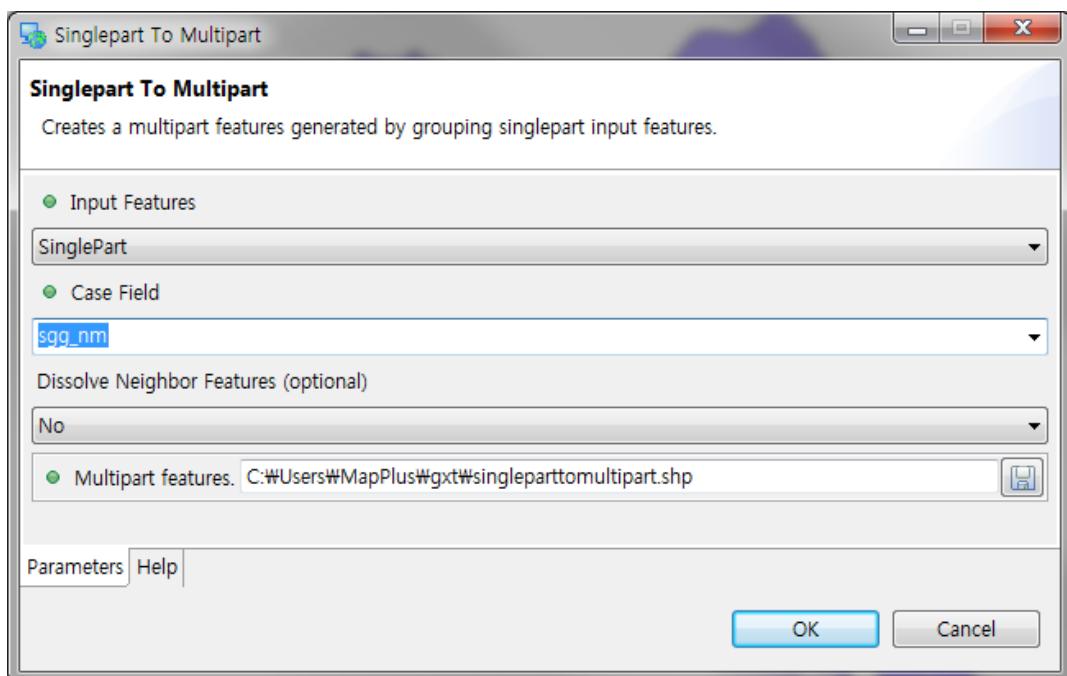
여러 개의 섬으로 이루어진 하나의 피처를 Singlepart 로 분리한 결과입니다.



4.2.11.2. Singlepart to Multipart

벡터 데이터의 같은 속성값을 가진 Singlepart 를 Multipart 로 변환하는 도구입니다.

Singlepart 벡터 데이터를 Input Features 에 선택하고 Multipart 의 기준으로 사용할 필드를 Case Field 에서 선택합니다. Dissolve Neighbor Features 에서 인접 피처를 Dissolve 할 것인지 옵션으로 선택합니다. 생성에 필요한 변수를 입력한 후 실행하면 Multipart 로 변환된 새로운 벡터 데이터가 생성 됩니다.

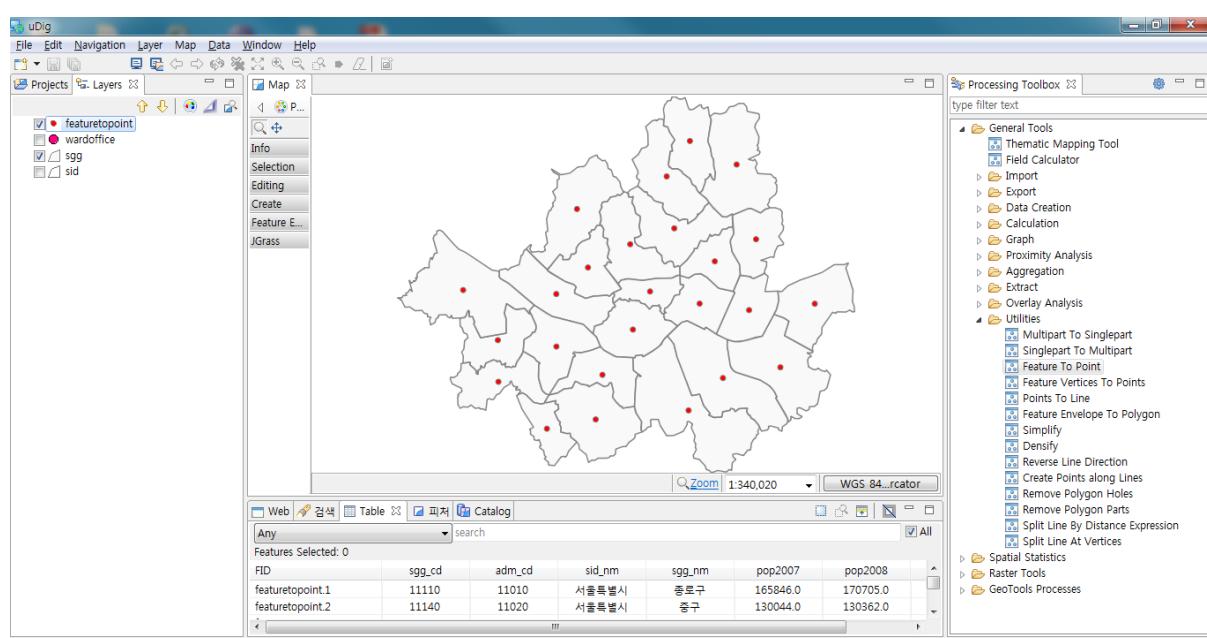
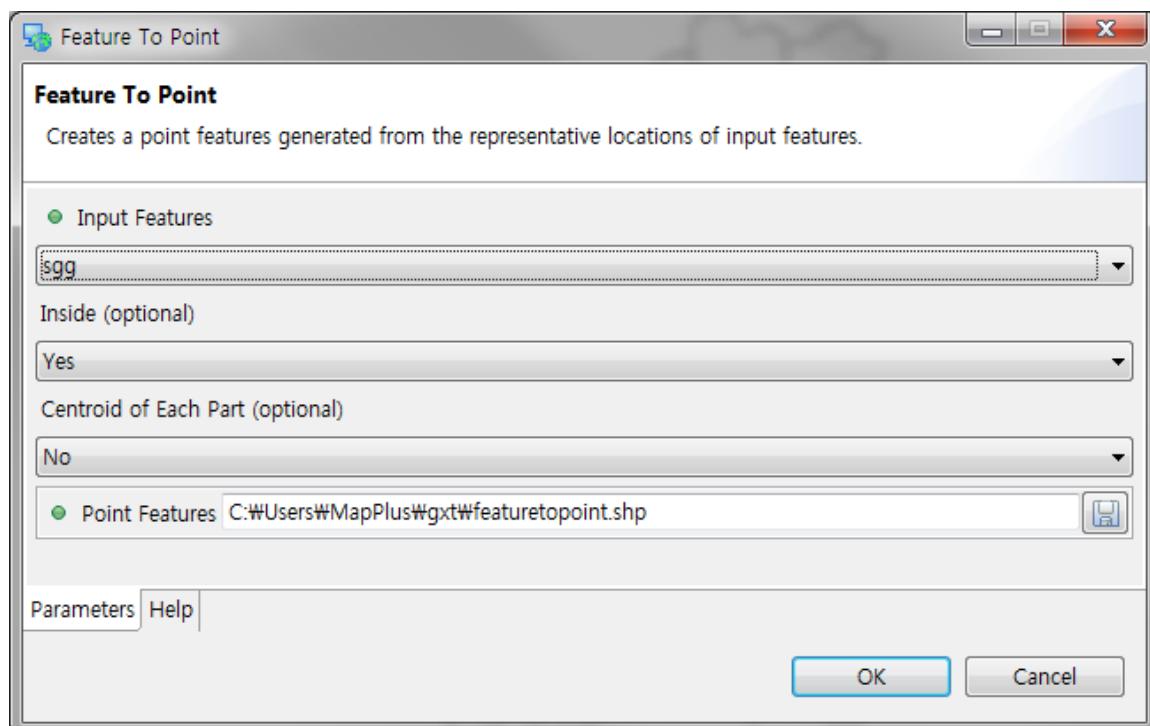


FID	sid_cd	sid_nm	sgg_cd	sgg_nm	a1_2000	a1_2001	a1_2002
Multipart.1	28.0	인천광역시	28710.0	강화군	163.672	163.27937	16

4.2.11.3. Feature to Point

벡터 데이터의 중심점을 추출하여 포인트 데이터를 생성하는 도구입니다.

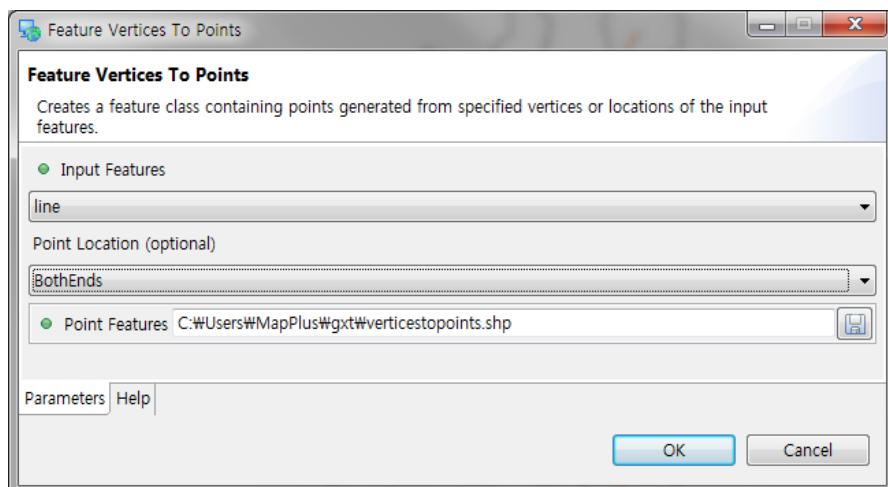
중심점을 구하기 위한 기준이 될 벡터 데이터를 Input Features에서 선택합니다. 생성에 필요한 변수를 입력한 후 실행하면 중심점 포인트가 생성됩니다. Inside가 Yes이면 반드시 폴리곤 내에 중심점이 위치하도록 조정하며, Centroid of Each Part가 Yes이면 Multipart를 Singlepart로 변환 후 중심점을 추출합니다.



4.2.11.4. Feature Vertices to Points

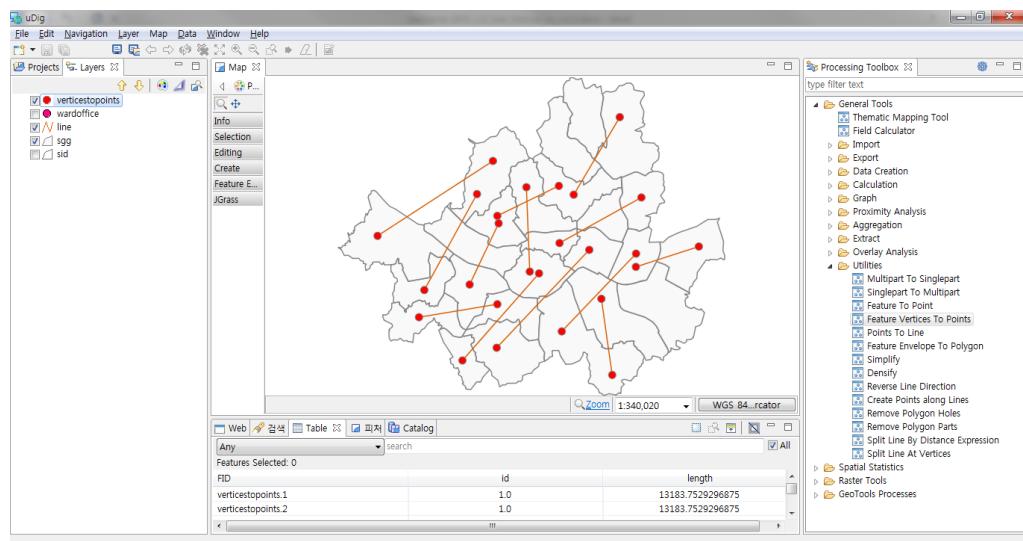
폴리곤 또는 라인 데이터를 이용해 설정한 버텍스 위치에 따른 포인트 데이터를 생성하는 도구입니다.

Input Features 와 포인트의 위치를 설정 후 실행하면 포인트 데이터를 생성합니다.



location 파라미터는 다음과 같이 5 개의 옵션을 사용할 수 있습니다.

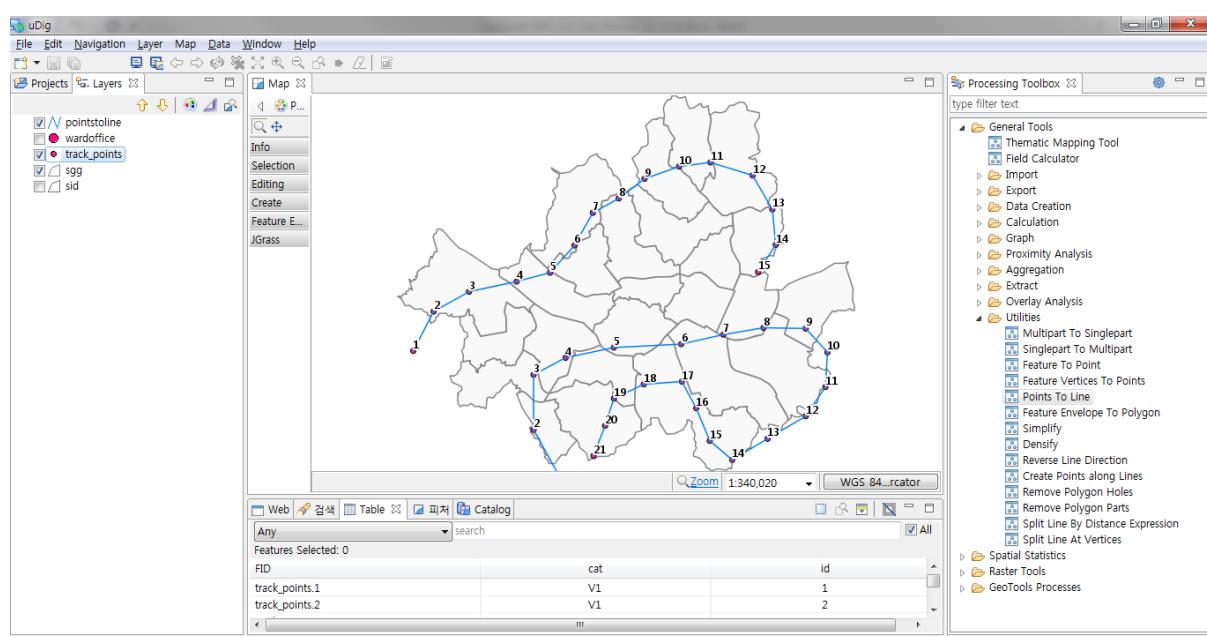
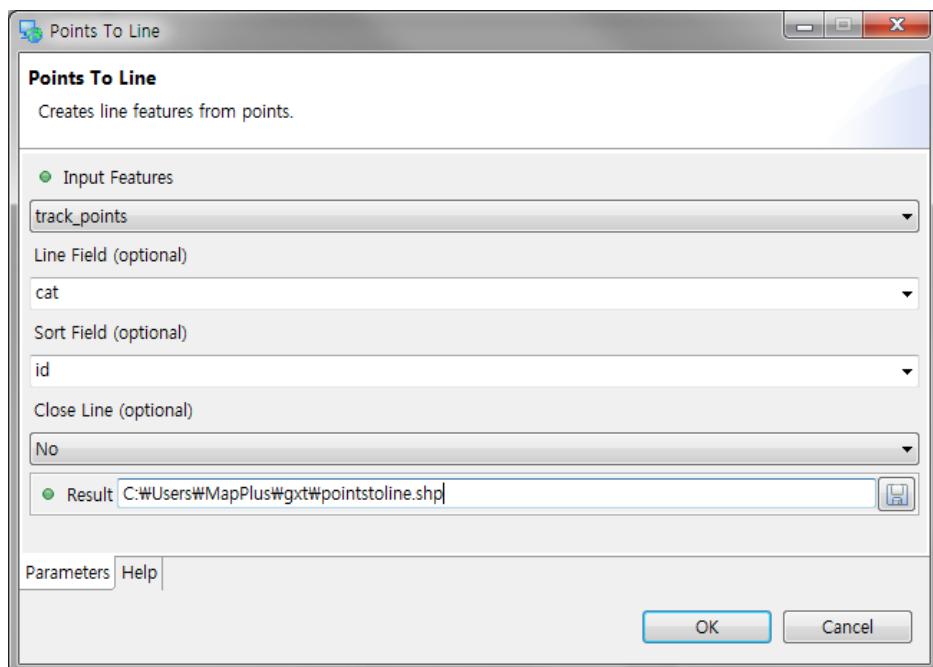
옵션	설명
All	라인 또는 폴리곤 지오메트리의 모든 버텍스, 기본값
Mid	라인 또는 폴리곤 지오메트리의 중간점
Start	라인 또는 폴리곤 지오메트리의 시작점
End	라인 또는 폴리곤 지오메트리의 끝점
BothEnds	라인 또는 폴리곤 지오메트리의 시작점과 끝점



4.2.11.5. Points to Line

GPX 트랙과 같이 연속된 포인트 데이터를 연결하여 라인 데이터를 생성하는 도구입니다.

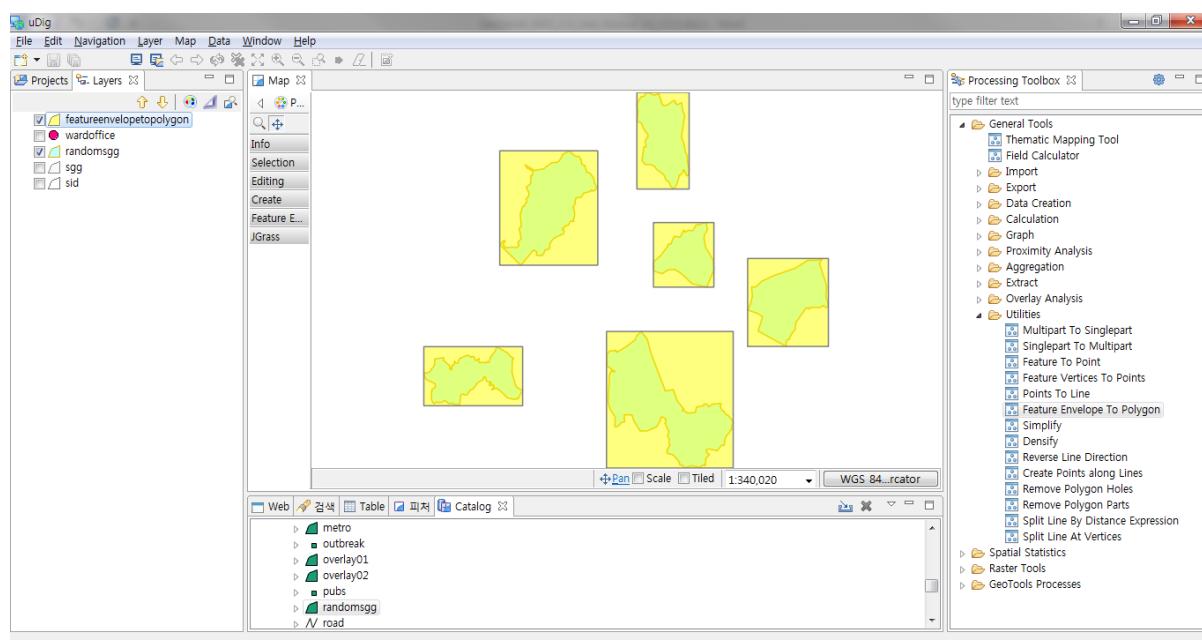
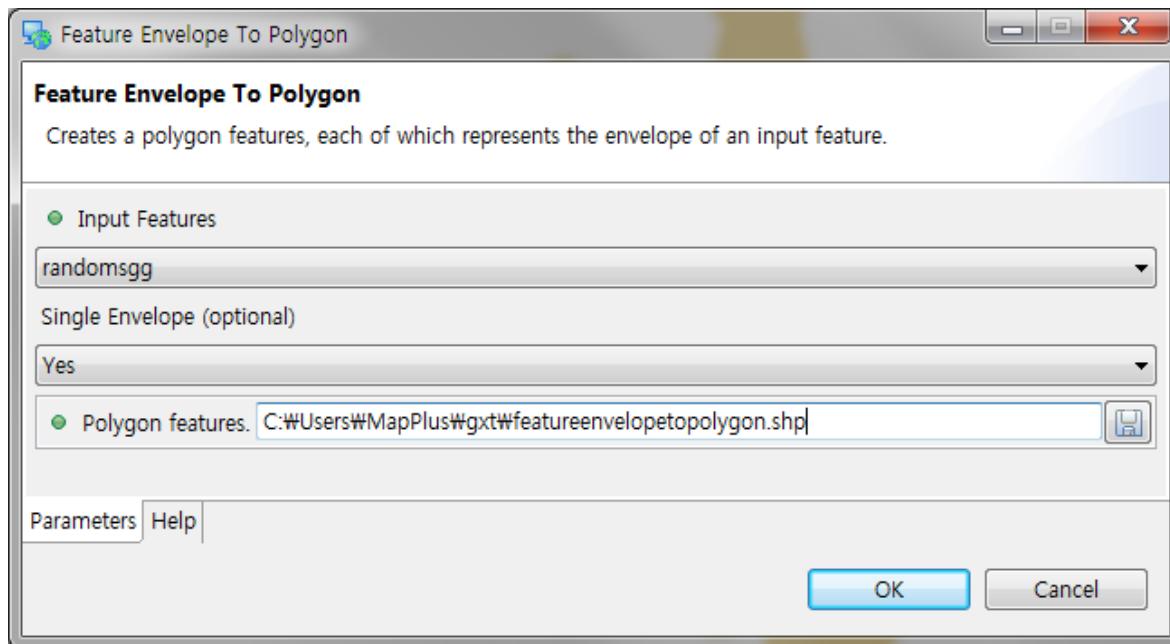
기준이 되는 포인트를 Input Features에 선택합니다. Line Field와 Sort Field에서 각각 구분과 정렬의 기준이 되는 필드를 선택합니다. Close Line에서 라인의 종료에 대한 옵션을 선택할 수 있습니다. 실행하면 기준 포인트 데이터를 연결하여 라인 데이터를 생성합니다. Close Line 옵션을 Yes로 설정하면 폴리곤을 생성합니다.



4.2.11.6. Feature Envelope to Polygon

개별 피처의 Extent로 구성된 직사각형 폴리곤을 생성하는 도구입니다.

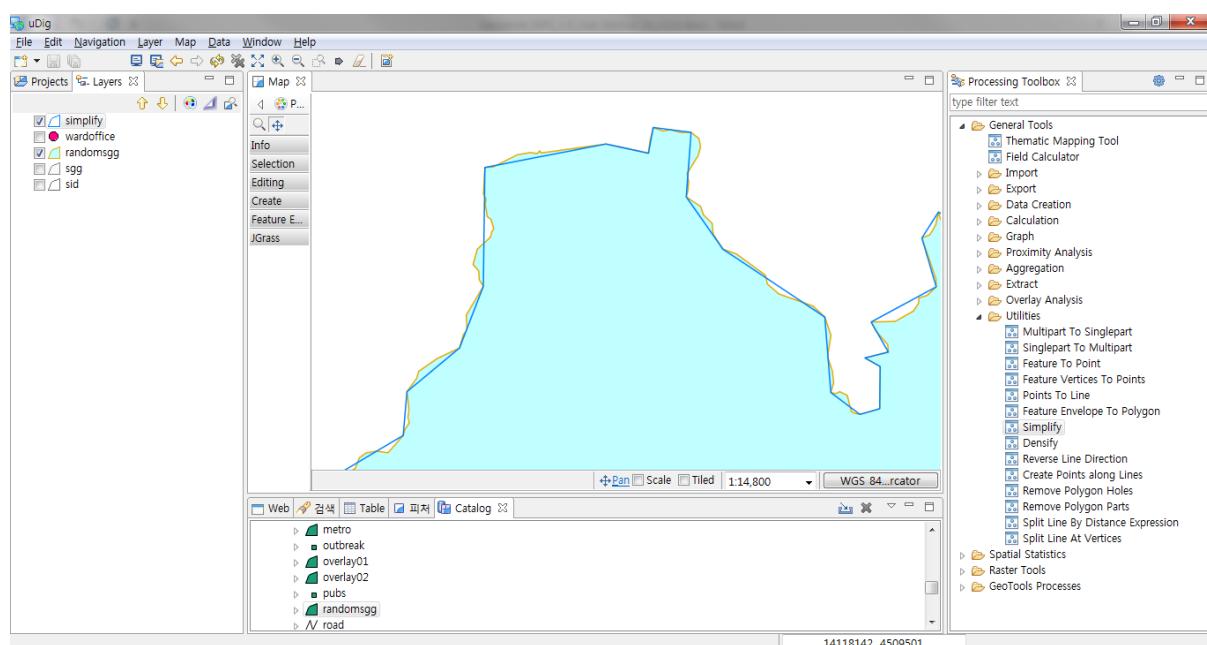
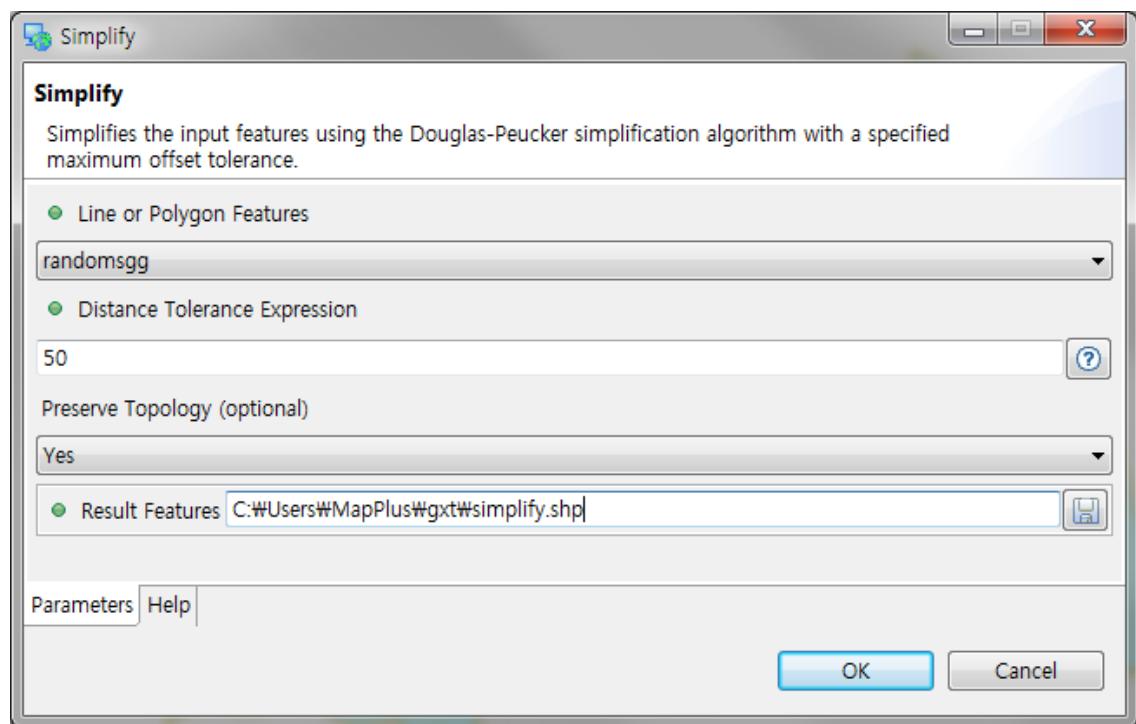
기준이 될 벡터 데이터를 Input Features에 선택합니다. Single Envelope 옵션에서 Multipart 피처의 Extent를 구분하여 생성 할 수 있습니다. 실행하면 각 피처의 Extent로 된 직사각형 폴리곤이 생성 됩니다. Single Envelope이 No이면 Multipart를 Singlepart로 변환 후 생성합니다.



4.2.11.7. Simplify

Douglas-Peucker 단순화 알고리즘을 사용하여 폴리곤 또는 라인 피처를 단순화하는 도구입니다.

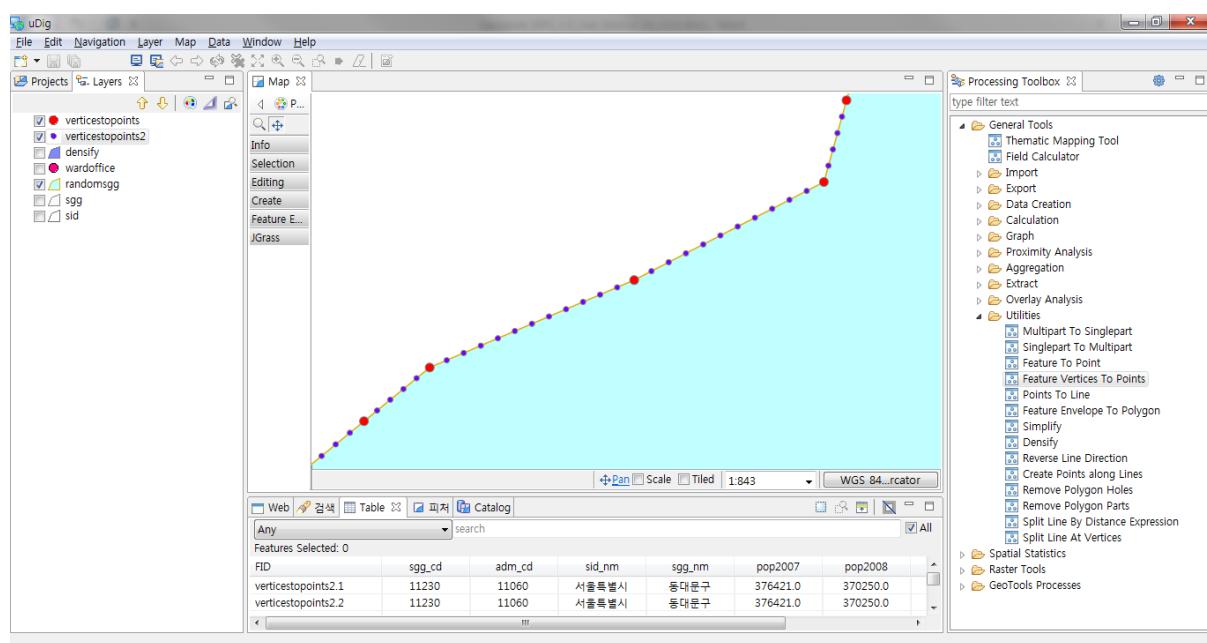
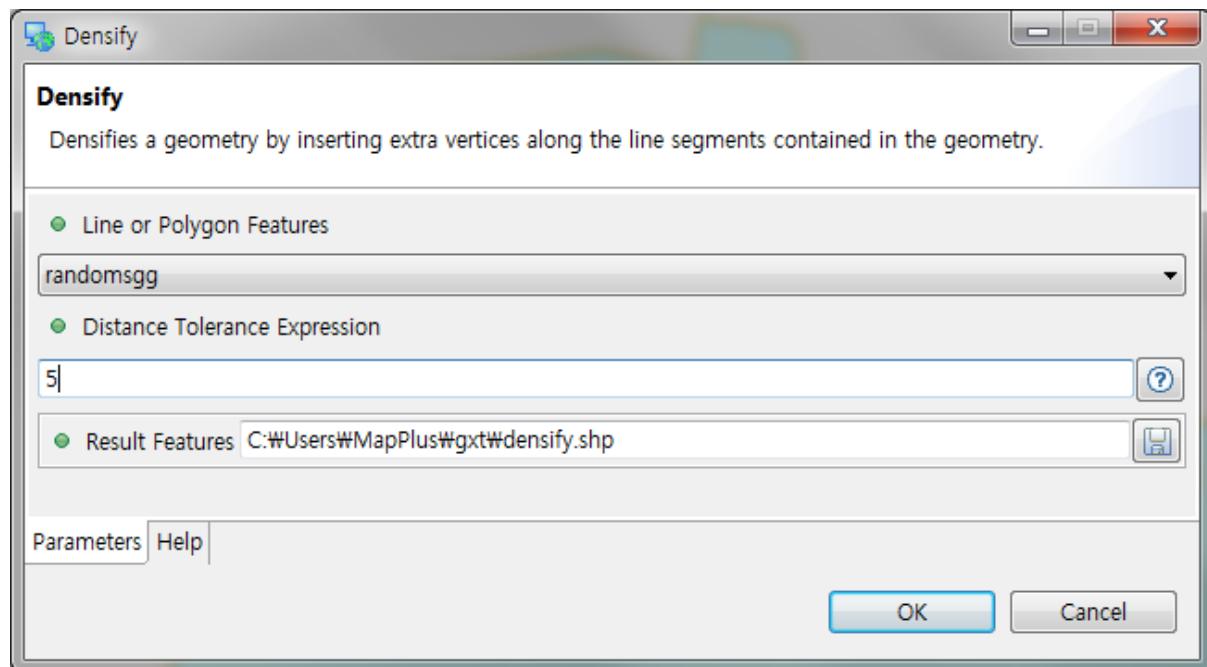
라인 또는 폴리곤 레이어 및 Tolerance 설정 후 실행하면 단순화된 데이터가 생성됩니다. Preserve Topology 가 Yes 인 경우 입력 피처의 타입에 따른 토플로지를 유지합니다.



4.2.11.8. Densify

폴리곤 또는 라인 피처의 라인 세그먼트마다 설정한 Tolerance 간격의 버텍스를 추가하는 도구입니다.

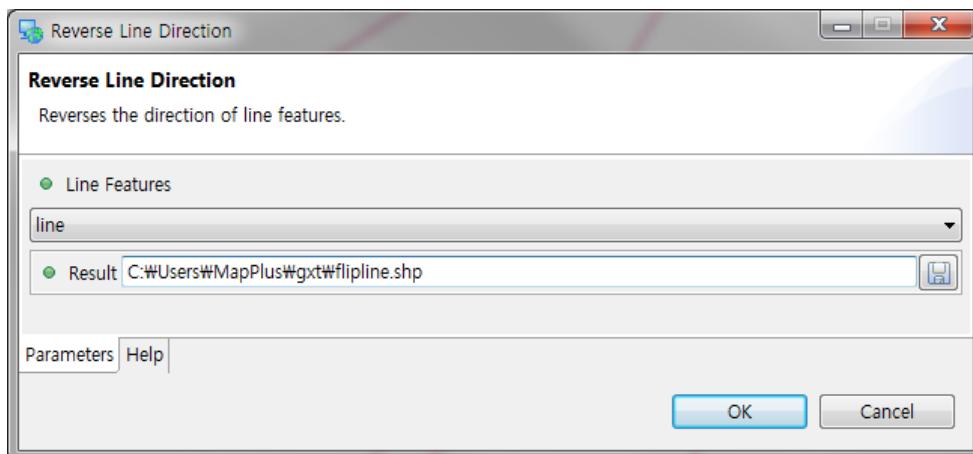
라인 또는 폴리곤 레이어를 선택하고 버텍스를 삽입할 Tolerance 를 입력 또는 표현식을 사용해서 설정 후 실행하면 Tolerance 마다 버텍스가 삽입된 데이터가 생성됩니다.



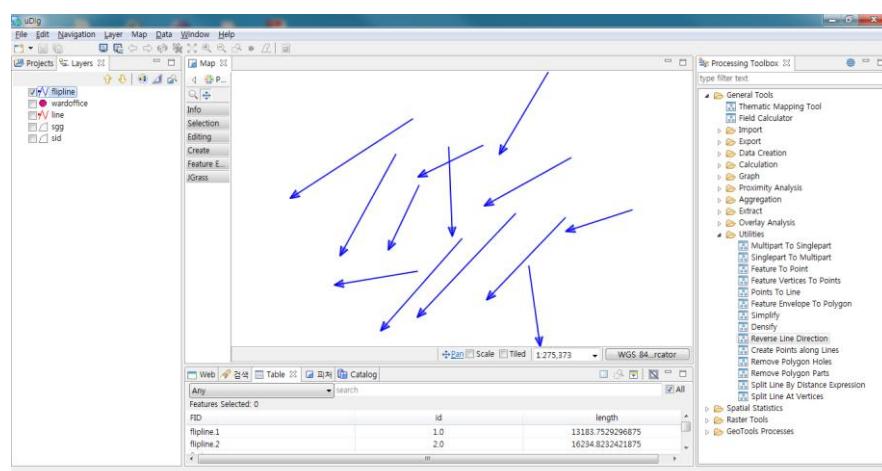
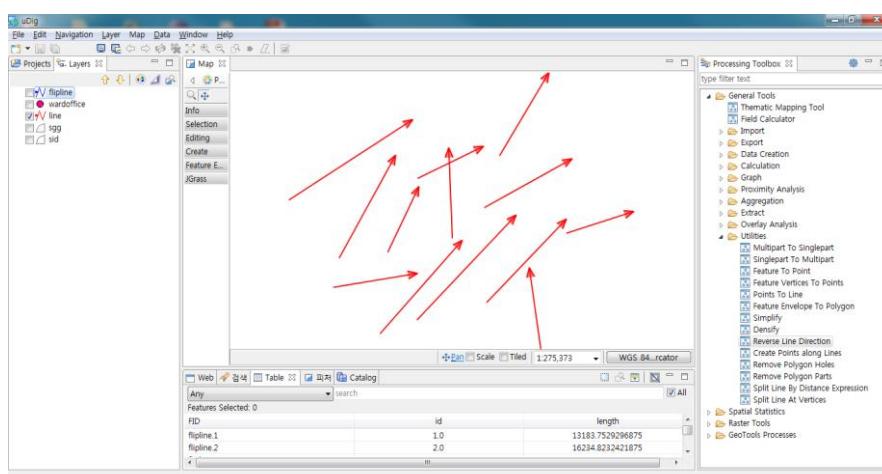
4.2.11.9. Reverse Line Direction

라인 데이터의 버텍스 순서를 변경하는 도구입니다.

Line Features 레이어 선택 후 실행하면 결과가 생성됩니다.



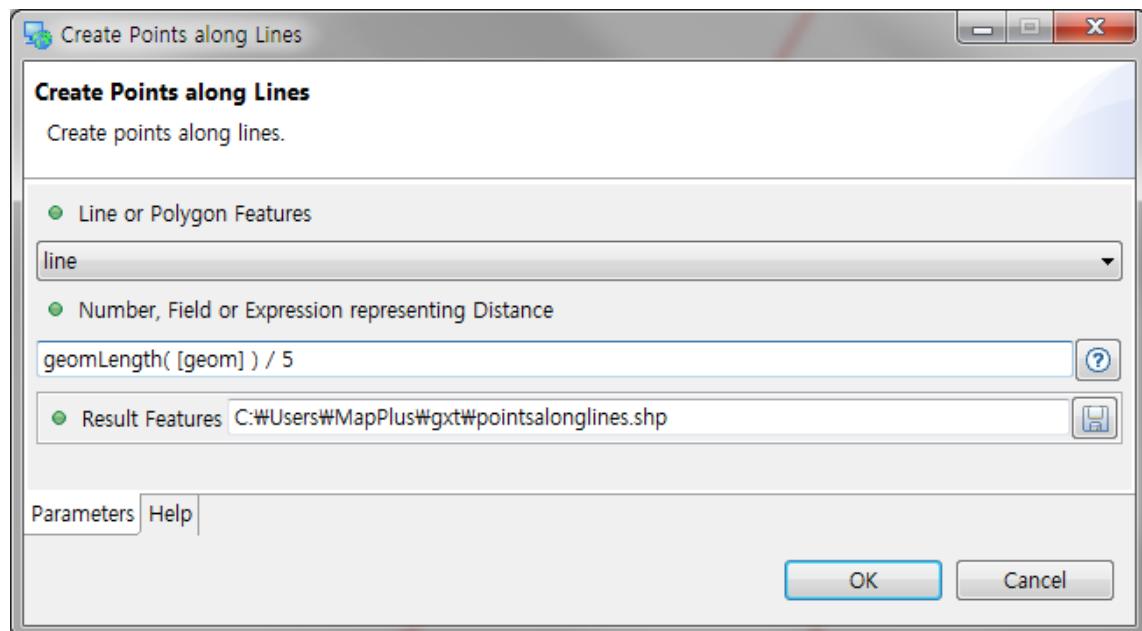
다음은 변경 전/후 라인의 방향을 표시합니다.



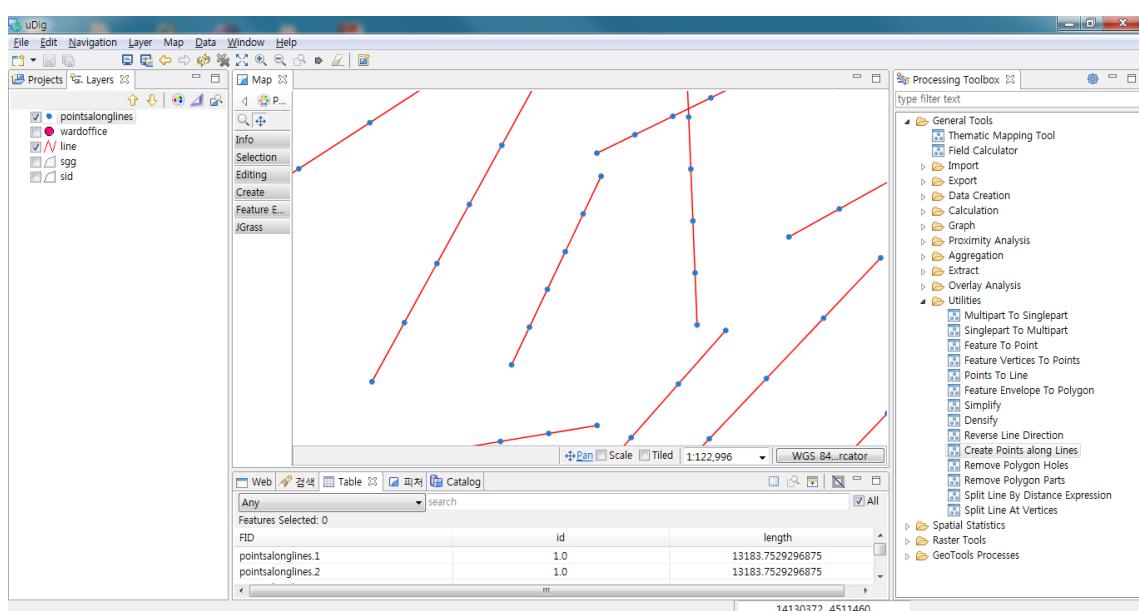
4.2.11.10. Create Points along Lines

폴리곤 또는 라인 데이터를 이용하여 일정한 거리 간격의 포인트를 생성하는 도구입니다.

라인 또는 폴리곤 레이어 선택 후 거리 또는 거리를 나타내는 표현식을 작성 후 실행하면 일정 간격의 포인트 데이터가 생성됩니다.



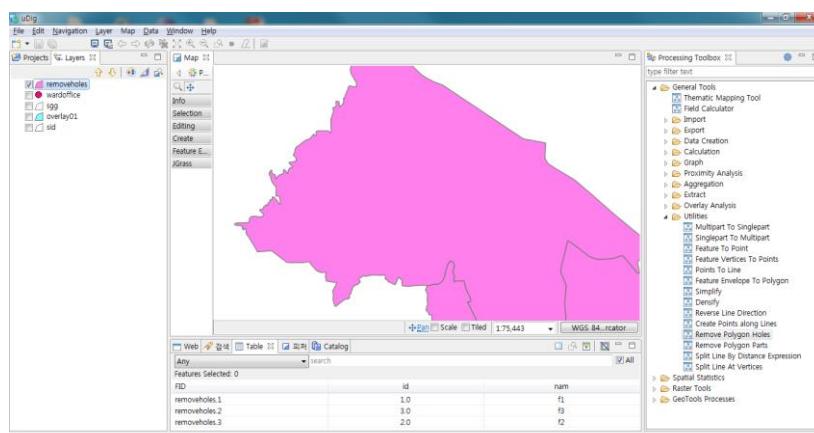
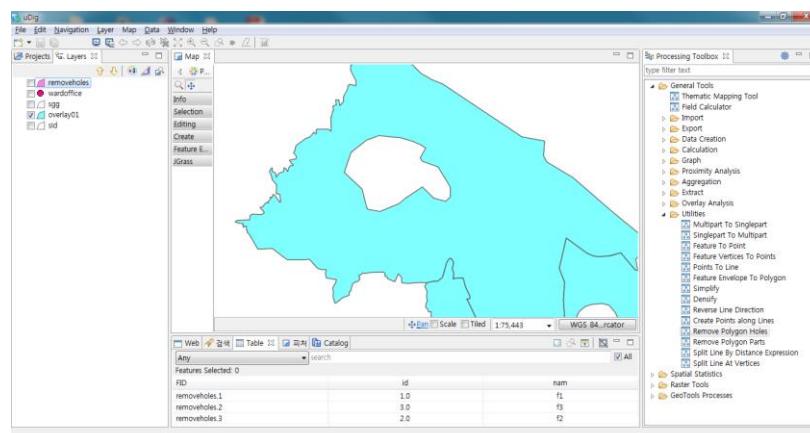
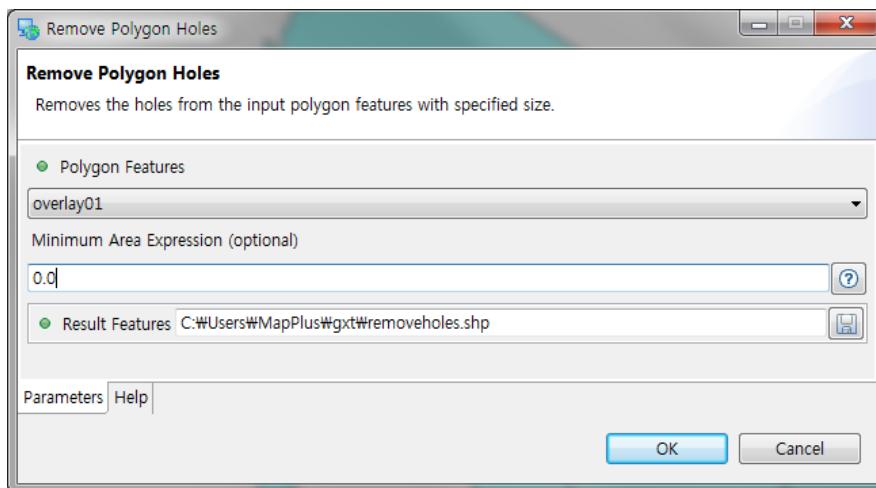
다음은 라인 길이의 1/5 간격 포인트를 생성한 결과입니다.



4.2.11.11. Remove Polygon Holes

폴리곤 피처 레이어의 모든 Holes(Interior Rings) 또는 설정한 크기보다 작은 Holes 을 제거하는 도구입니다.

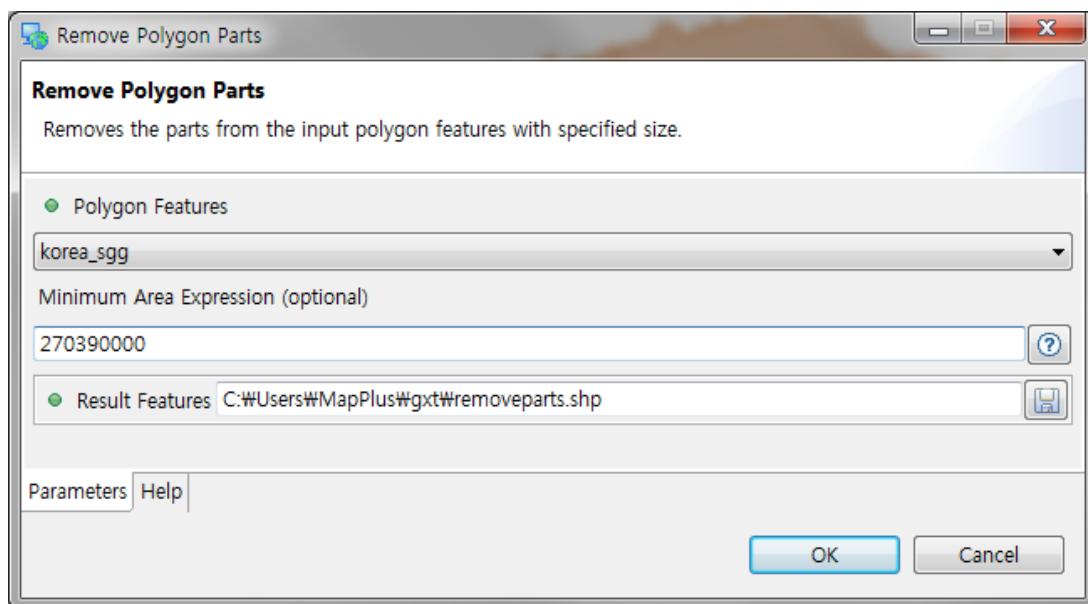
폴리곤 레이어와 최소면적 설정 후 실행하면 조건에 해당하는 Hole 을 제거한 데이터를 생성합니다. 최소면적이 0 이면 모든 Hole 을 제거합니다.



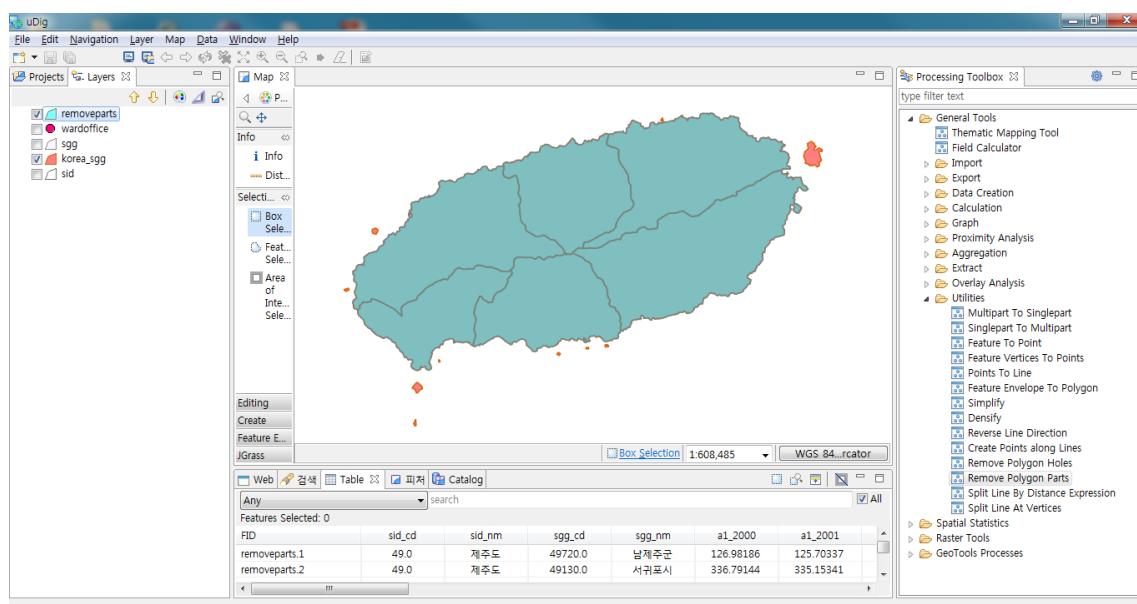
4.2.11.12. Remove Polygon Parts

Multipart로 구성된 폴리곤 피처 레이어에서 설정한 크기보다 작은 Part 또는 가장 큰 면적의 Part만 남기고 모두 제거하는 도구입니다.

폴리곤 레이어 및 최소면적 설정 후 실행하면 최소면적 기준에 해당하는 Part를 제거한 데이터가 생성됩니다. 면적이 0인 경우 가장 큰 면적의 Part만 남기고 모두 제거합니다.



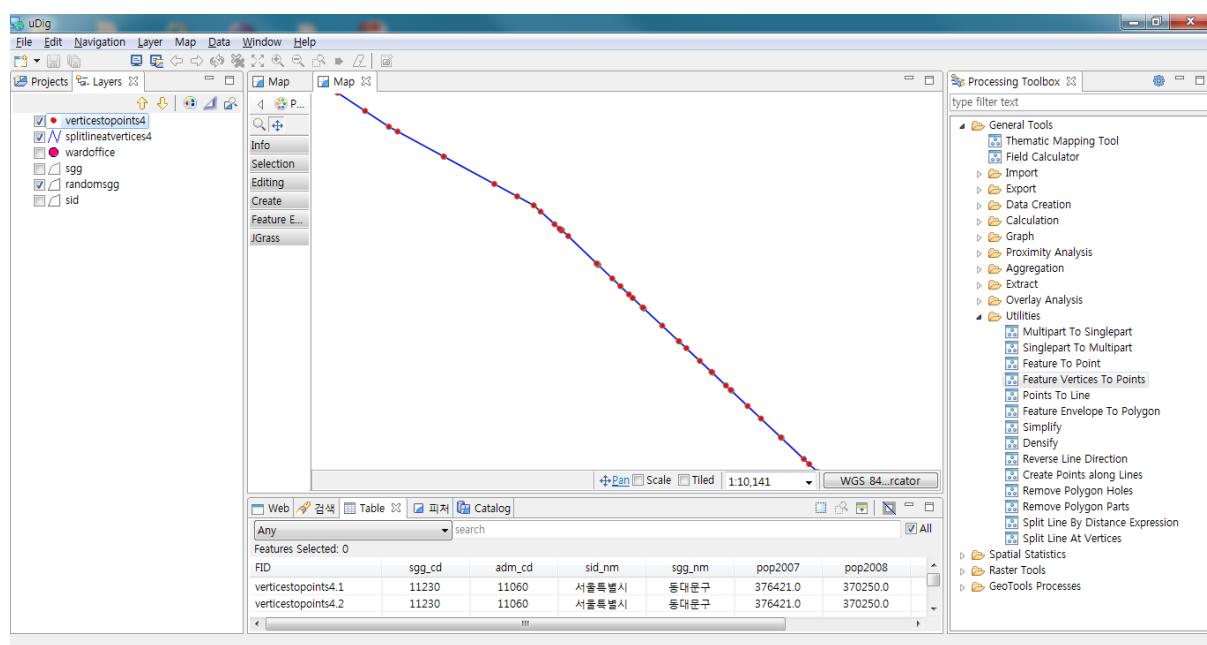
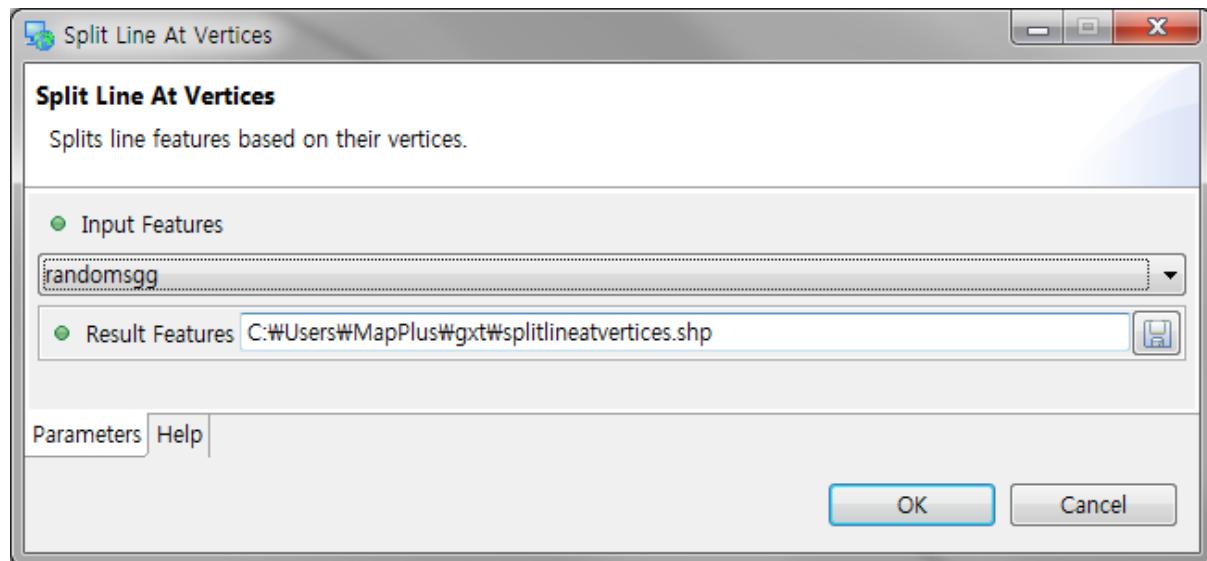
MultiPolygon에서 특정 면적 이하의 Polygon을 제거한 예입니다. 그림에서와 같이 면적이 작은 섬들이 모두 제거되었습니다.



4.2.11.13. Split Line at Vertices

폴리곤 또는 라인 레이어를 버텍스를 기준으로 분할하여 라인 데이터를 생성하는 도구입니다.

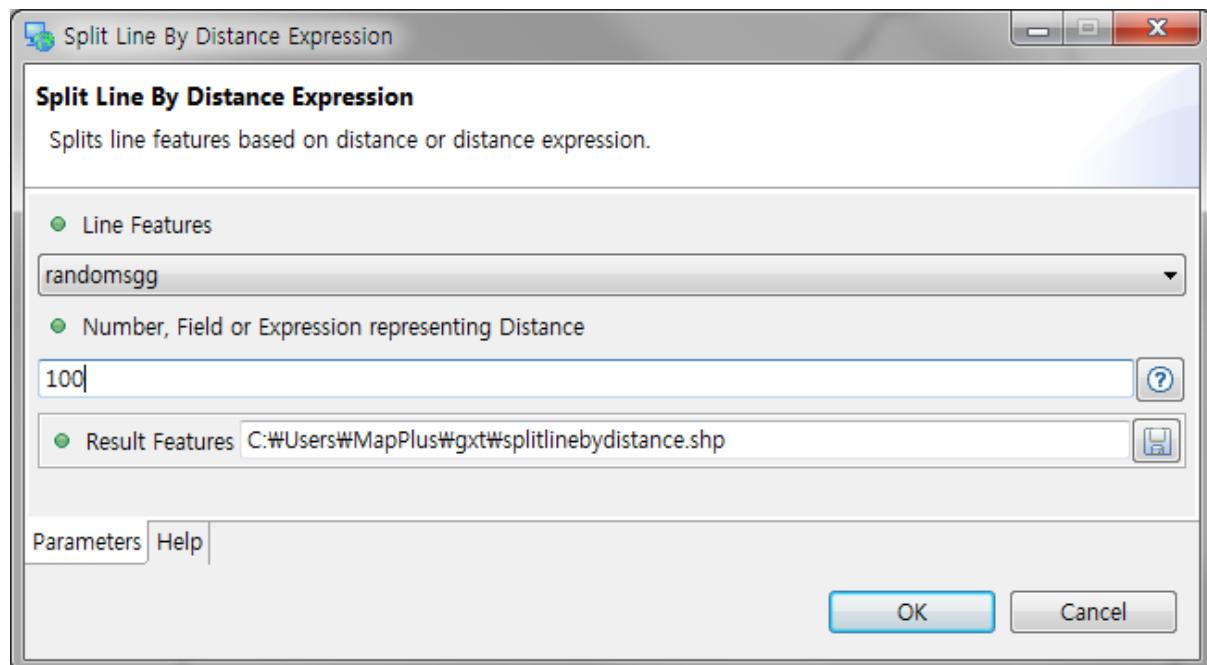
폴리곤 또는 라인 레이어 선택 후 실행하면 분할한 데이터가 생성됩니다.



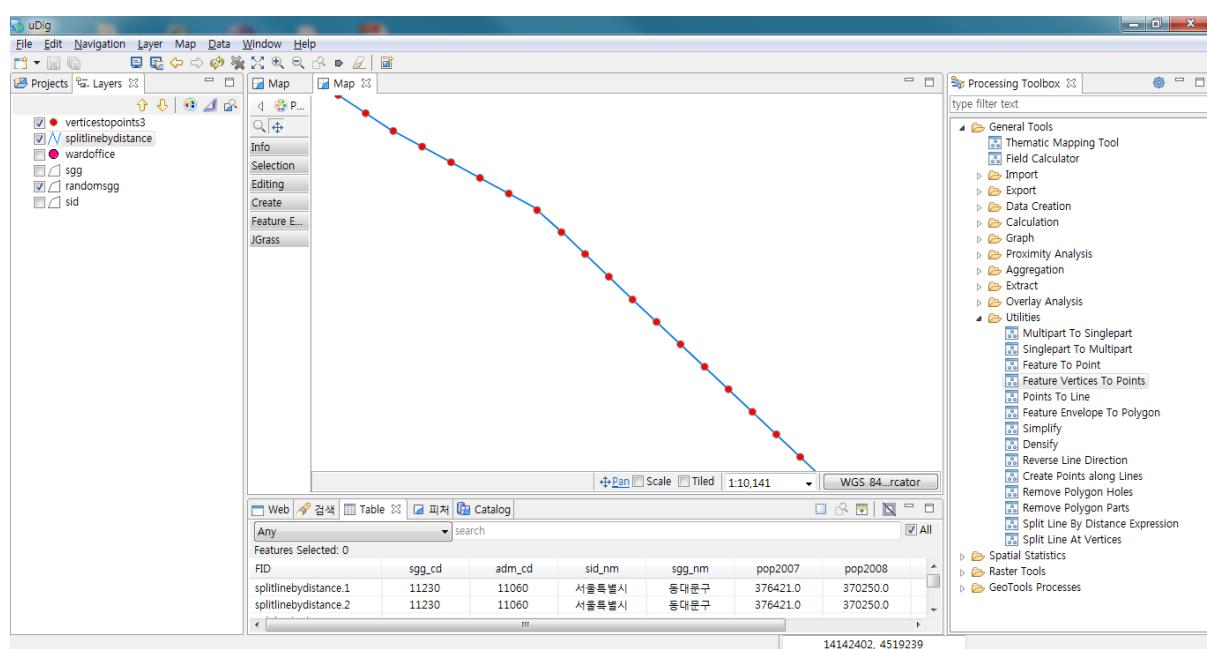
4.2.11.14. Split Line by Distance Expression

폴리곤 또는 라인 레이어를 설정한 거리 기준으로 분할하여 라인 데이터를 생성하는 도구입니다.

폴리곤 또는 라인 레이어를 선택하고 거리 또는 거리를 나타내는 표현식 입력 후 실행하면 분할한 데이터가 생성됩니다



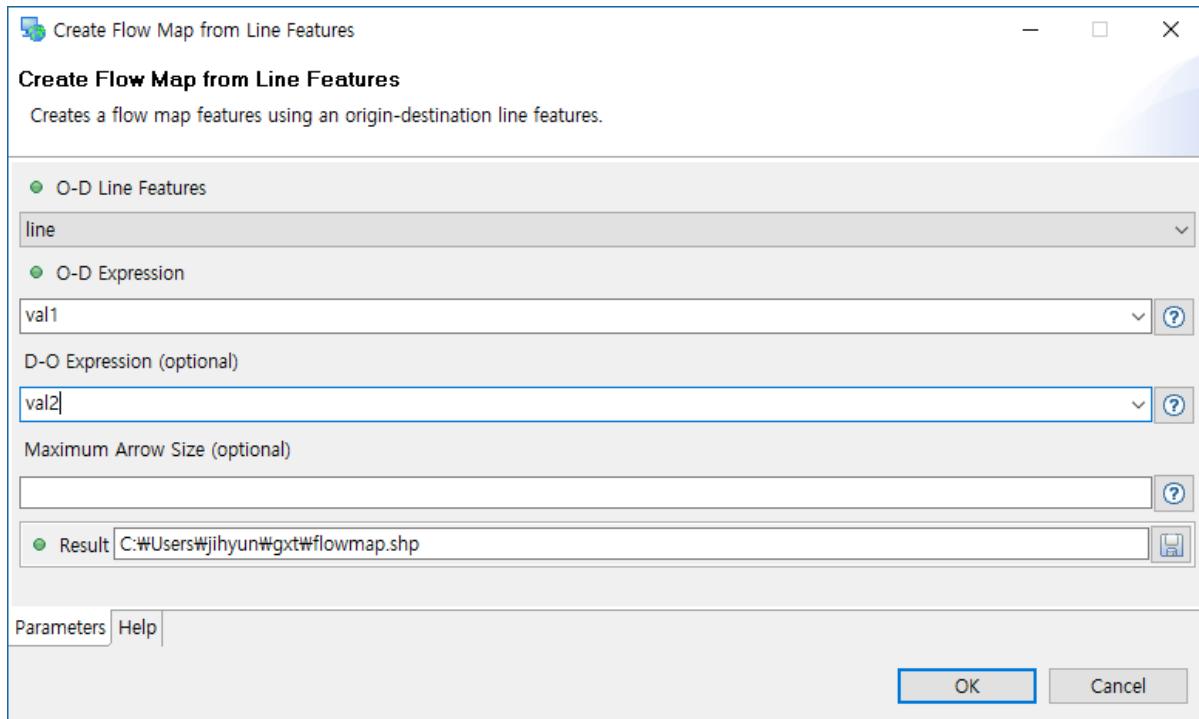
다음 결과는 100 미터 간격으로 분할한 결과입니다.



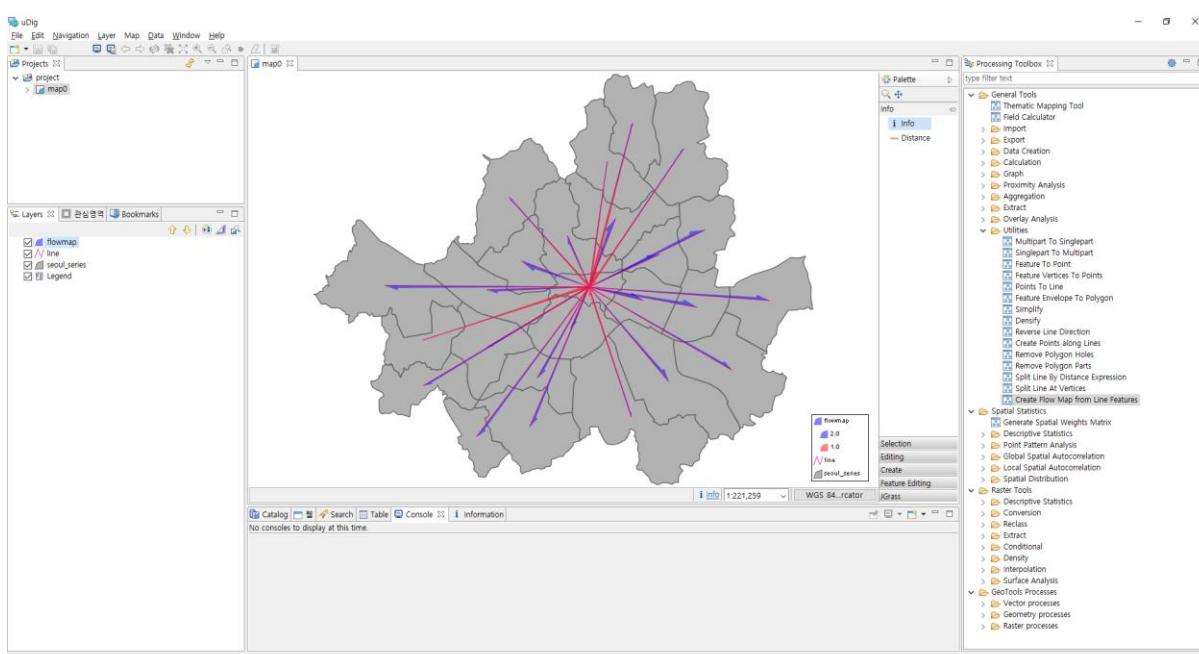
4.2.11.15. Create Flow Map from Line Features

O-D 라인을 이용하여 플로우 맵 폴리곤을 생성하는 도구입니다.

라인 레이어를 선택하고 O-D 계산할 필드를 선택한 후 실행하면 플로우 맵이 생성됩니다.



다음은 서울특별시 중구 O-D Line 을 이용하여 생성한 결과입니다.



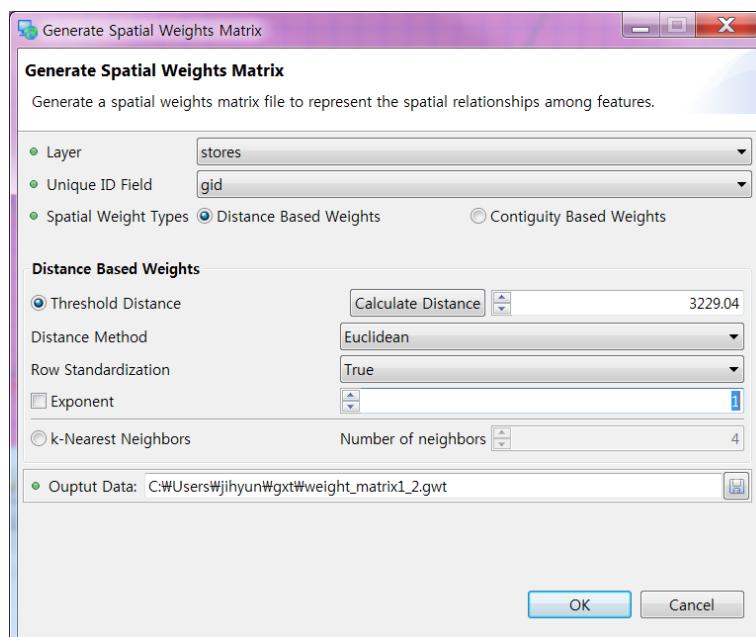
4.3 Spatial Statistics Tools

Spatial Statistics Tools 는 벡터데이터를 이용하여 Moran's, Getis-Ord G, Geary's C, Lee's S 등 다양한 공간통계분석을 수행하는 도구입니다.

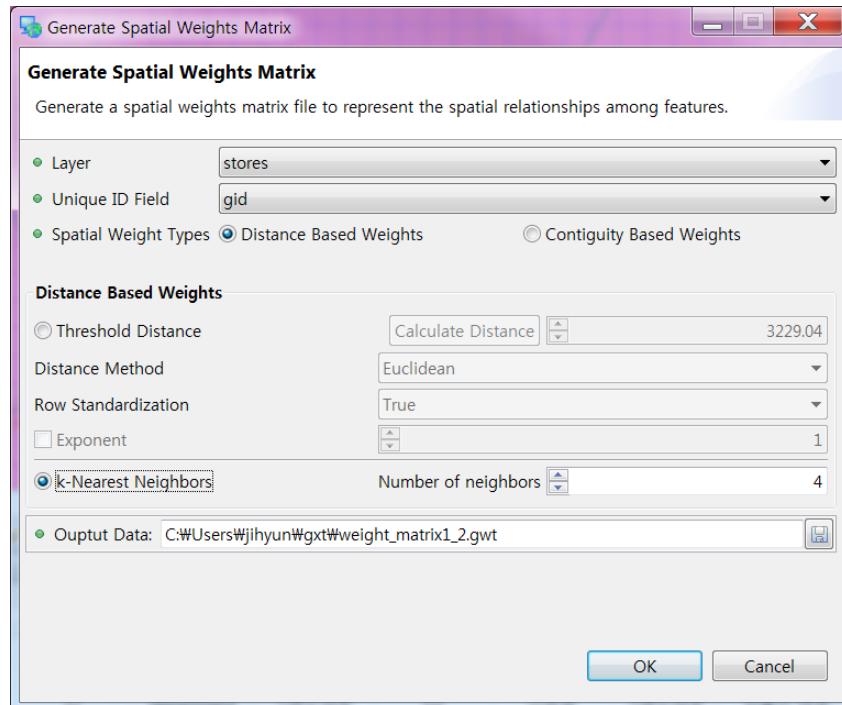
4.3.1. Basic Tools

4.3.1.1. Generate Spatial Weights Matrix

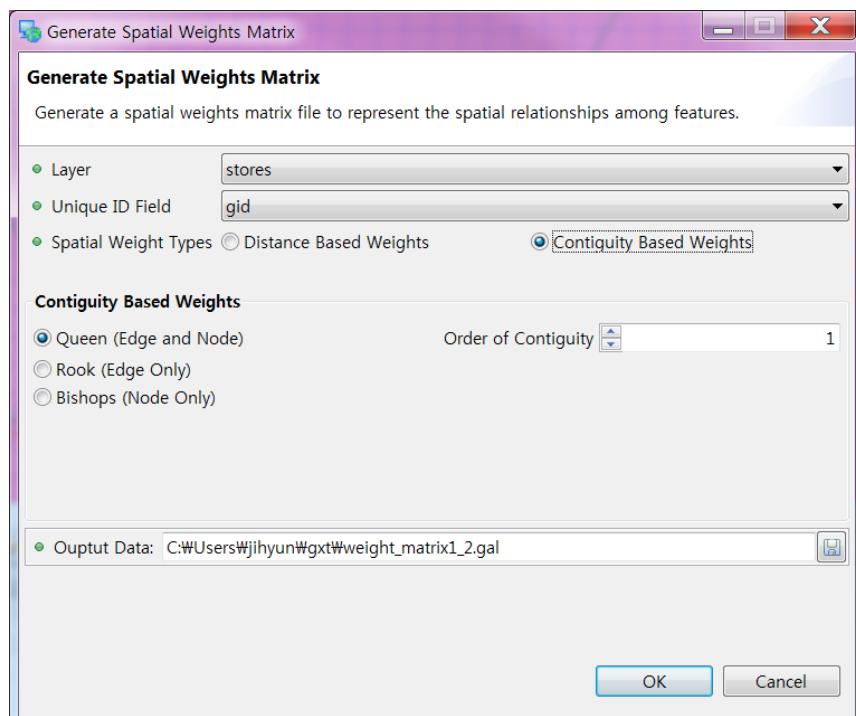
Generate Spatial Weights Matrix 는 공간통계분석을 위한 공간가중행렬을 생성하는 도구입니다. 설정을 통해 연접기반, 거리기반 행렬을 작성 할 수 있습니다. Layer 에 기반 벡터데이터를 입력하고 Unique ID Field 에 고유번호 필드를 입력합니다. Spatial Weight Type 을 거리(Distance)기반 또는 연접(Contiguity)기반으로 할 것인지 체크하고 거리 기반은 다시 임계거리(Threshold Distance)와 최근린(K-Nearest Neighbors)으로 나누는데 임계거리의 경우 Distance Method 를 Euclidean 또는 Manhattan 으로 선택하고 Calculate Distance 버튼을 클릭하면 거리가 자동으로 산출 됩니다. 실행하면 공간가중행렬이 생성됩니다. 옵션으로 행 표준화(Row Standardization) 등을 선택(True, False)할 수 있습니다.



최근린의 경우 가장 가까운 이웃의 수(Number of Neighbor)를 입력하고 실행하면 공간가중행렬이 생성 됩니다.



연접기반의 경우 연접의 기준(Queen, Rook, Bishops)을 선택하고 연접의 개수(Order of Contiguity)입력하고 실행하면 공간가중행렬이 생성됩니다.

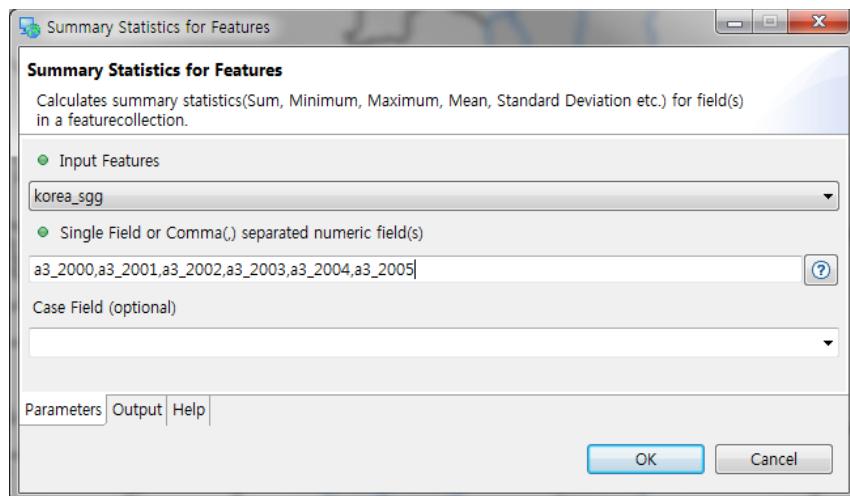


4.3.2. Descriptive Statistics

4.3.2.1. Summary Statistics for Features

벡터데이터의 속성정보를 이용하여 요약통계(합, 최대, 최소, 평균, 표준편차 등)를 계산하는 도구입니다.

Input Features에 요약통계를 산출할 벡터데이터를 입력하고 버튼을 클릭하여 단일 필드 또는 다중필드를 선택한 다음 실행하면 화면에 요약통계가 표시 됩니다.

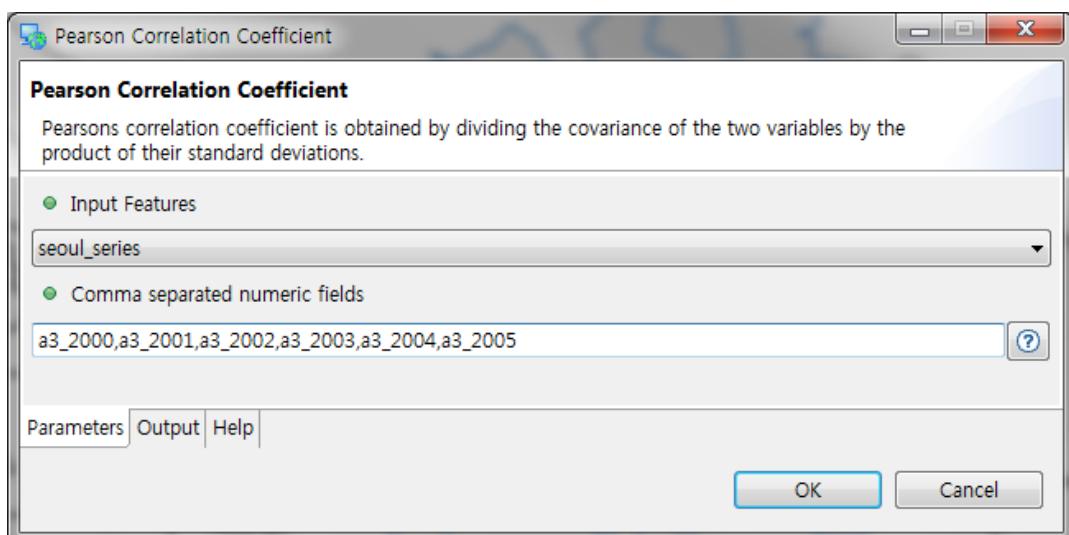


Summary Statistics for Features	
Calculates summary statistics(Sum, Minimum, Maximum, Mean, Standard Deviation etc.) for field(s) in a featurecollection.	
Summary Statistics	
korea_sgg: a3_2000	
Category	Value
Count	234
Invalid Count	0
Minimum	0
Maximum	15.64067
Range	15.64067
Ranges	0.0 - 15.64067
Sum	1443.41394
Mean	6.168436
Variance	16.521781
Standard Deviation	4.064699
Coefficient Of Variance	0.658951
korea_sgg: a3_2001	
Category	Value
Count	234
Invalid Count	0
Minimum	0
Parameters	
Output	
Help	
OK Cancel	

4.3.2.2. Pearson Correlation Coefficient

벡터의 속성정보를 이용하여 피어슨 상관계수를 계산하는 도구입니다. 피어슨 상관계수는 공분산 (각각의 변수들의 평균치로부터 편차를 서로 곱한 것에 대한 평균)을 각 변수의 표준편차로 나눈 값이며, 변수 집합간의 상관계수를 산출합니다. 상관계수는 -1에서 1 사이의 값으로 표현되며 -1에 가까울수록 부의 상관관계를 1에 가까울수록 정의 상관관계를 가집니다. Input Features에 피어슨 상관계수를 산출할 벡터데이터를 입력하고  버튼을 클릭하여 다중필드(2개 이상)를 선택한 다음 실행하면 화면에 피어슨 상관계수가 표시 됩니다. 수식은 다음과 같습니다.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_{x_i} z_{y_i}$$



	a3_2000	a3_2001	a3_2002	a3_2003	a3_2004	a3_2005
a3_2000	1	0.960856916	0.93089500950	0.94532371090	0.937315697	0.9008417539
a3_2001	0.960856916	1	0.96623756720	0.93464357010	0.94980753250	0.921704261
a3_2002	0.93089500950	0.96623756721	1	0.93397901340	0.92734659150	0.9247309914
a3_2003	0.94532371090	0.93464357010	0.93397901341	1	0.95260739760	0.9506724261
a3_2004	0.937315697	0.94980753250	0.92734659150	0.95260739761	1	0.9768113603
a3_2005	0.90084175390	0.921704261	0.92473099140	0.95067242610	0.97681136031	1

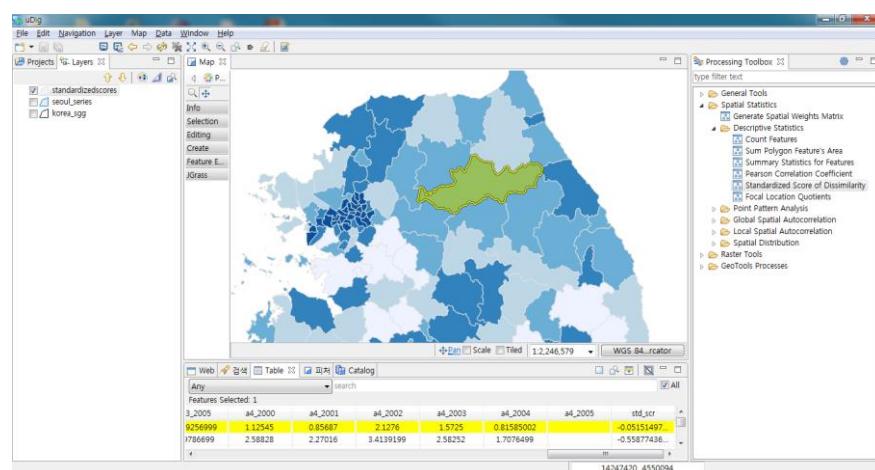
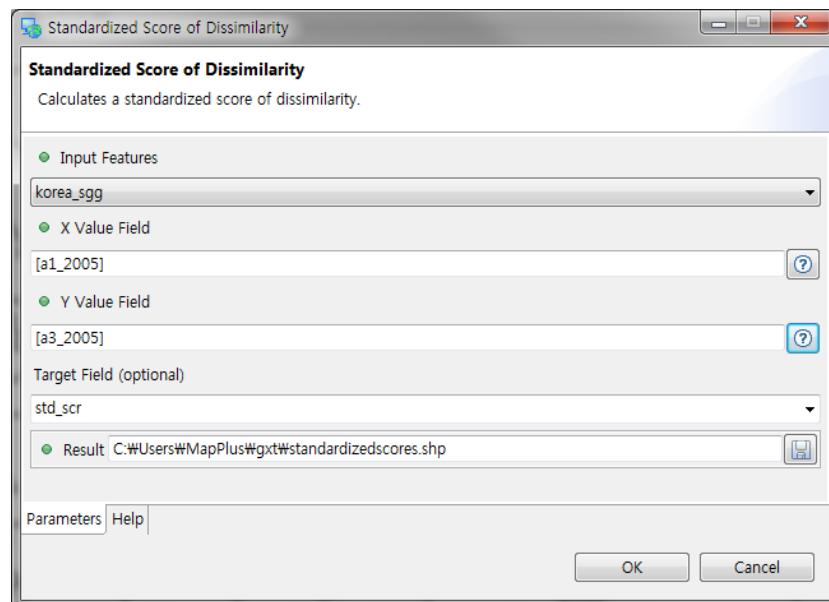
4.3.2.3. Standardized Score of Dissimilarity

표준화 상이점수를 계산하는 도구입니다.

표준화 상이점수는 각 지역단위마다 속성정보에서 해당 변수의 열비중과 참조변수 (예: 면적)의 열비중의 차를 그 차이의 표준편차로 나눈 값으로 표준화된 값을 갖게 됩니다. 산출된 상이점수는 평균은 0, 표준편자는 1인 표준화된 분포를 가집니다.

Input Features에 분석할 벡터데이터를 입력하고 X Value와 Y Value에 각각 분석할 변수 필드를 입력한 다음 실행하면 표준화상이점수가 산출된 새로운 벡터데이터를 생성합니다. 수식은 다음과 같습니다.

$$\text{Standardized Score} = \frac{X_i/X - Y_i/Y}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i/X - Y_i/Y)^2/n}}$$

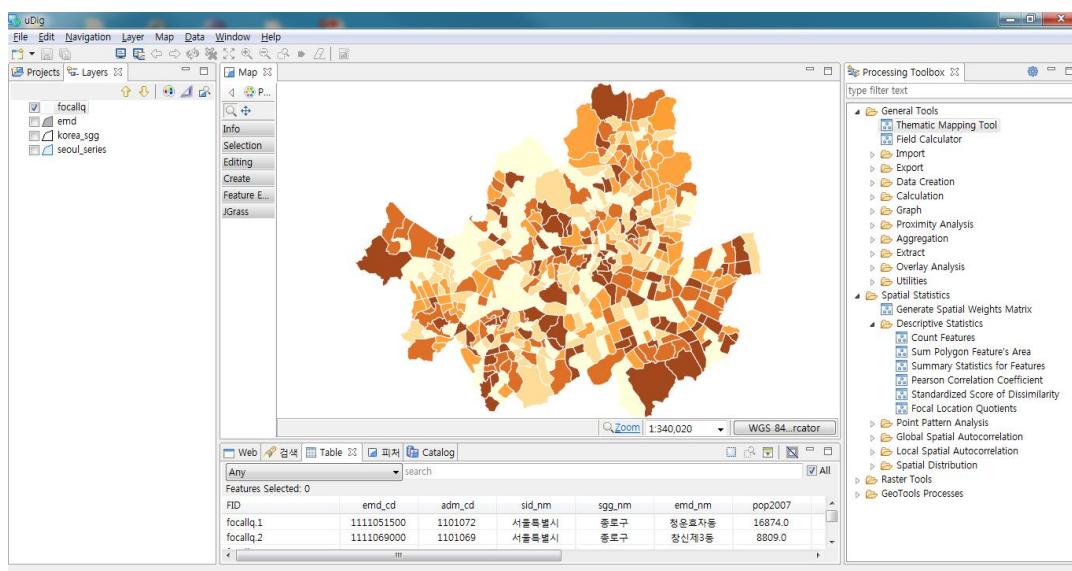
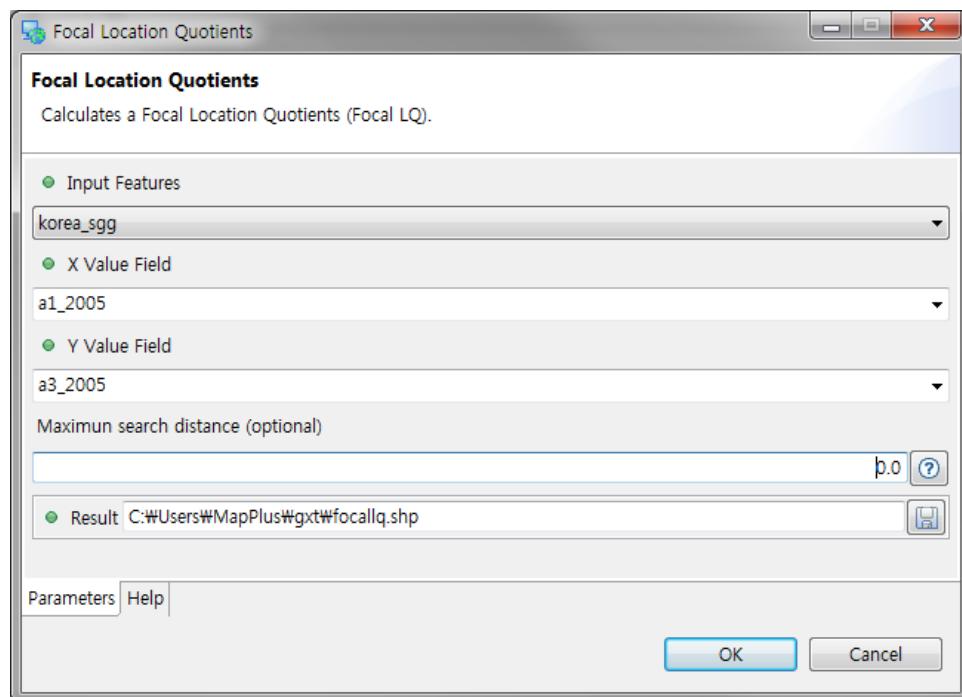


4.3.2.4. Focal Location Quotients

벡터의 위치정보와 속성정보를 이용하여 공간적 입지계수를 계산하는 도구입니다.

Input Features에 분석할 벡터데이터를 입력하고 X Value와 Y Value에 각각 분석할 변수 필드를 입력한 다음 실행하면 공간적 입지계수가 산출된 새로운 벡터데이터를 생성합니다. 옵션으로 최대 검색 거리를 지정할 수 있습니다. 수식은 다음과 같습니다.

$$FLQ_i = \left(\frac{\sum_j w_{ij} e_j}{\sum_j w_{ij} E_j} \right) / (e/E)$$



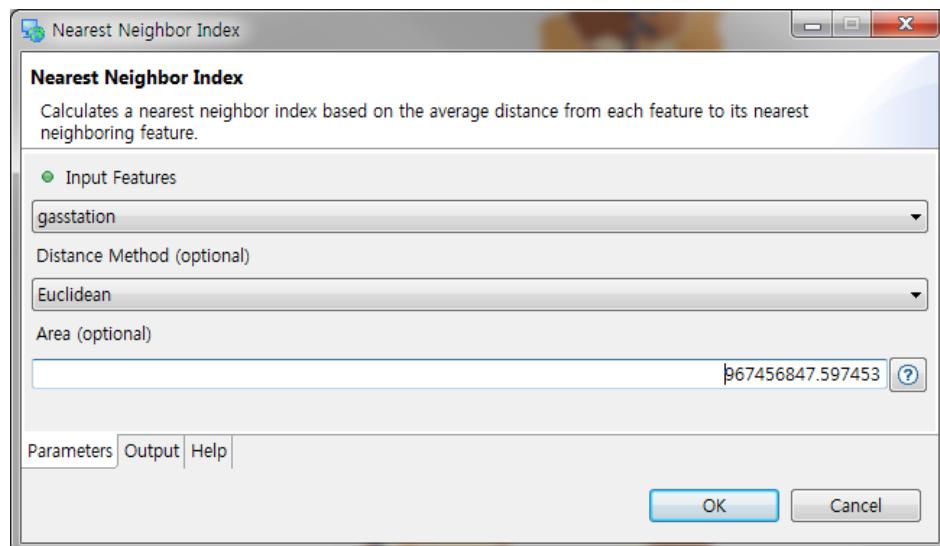
4.3.3. Pattern Analysis

4.3.3.1. Nearest Neighbor Index

벡터 레이어의 Nearest Neighbor Index 를 계산하는 도구입니다. Nearest Neighbor Index 는 무작위 분포 지점과 실제 관찰된 지점과 얼마나 차이가 나는지 통계적으로 검증하는 지표입니다.

Input Features 에 분석할 벡터데이터를 입력하고 거리 산정방식 (Euclidean, Manhattan)을 선택한 다음 실행하면 Nearest Neighbor Index 가 산출되어 화면에 표시됩니다. 옵션을 면적을 입력할 수 있습니다. 수식은 다음과 같습니다.

$$R_n = (D(Obs)) / (0.5\sqrt{a/n})$$

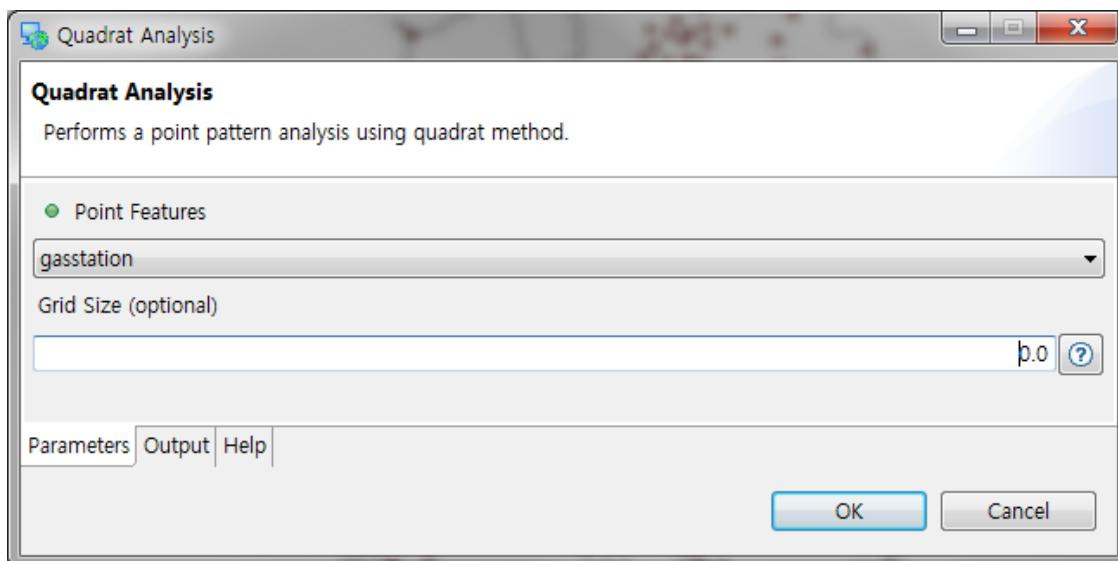


Nearest Neighbor Index	
Calculates a nearest neighbor index based on the average distance from each feature to its nearest neighboring feature.	
gasstation	
Category	Value
Observed Point Count	587
Study Area	967456847.597453
Observed Mean Distance	549.636179
Expected Mean Distance	641.899083
Nearest Neighbor Ratio	0.856266
Z-Score	-6.662046
p-Value	0
Standard Error	13.849034

4.3.3.2. Quadrat Analysis

Quadrat 분석방법을 이용하여 포인트 패턴을 분석하는 도구입니다.

포인트 레이어를 선택 후 실행하면 분석결과값을 확인할 수 있습니다. Grid Size 가 0 이면 최적의 그리드 크기를 계산하여 분석을 수행합니다.

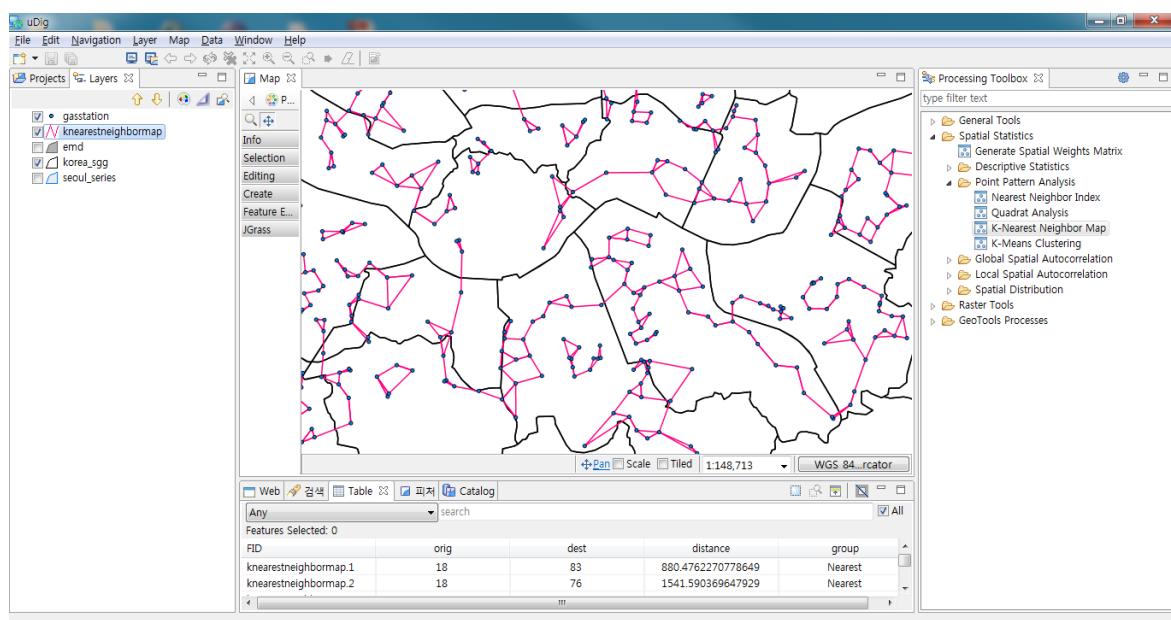
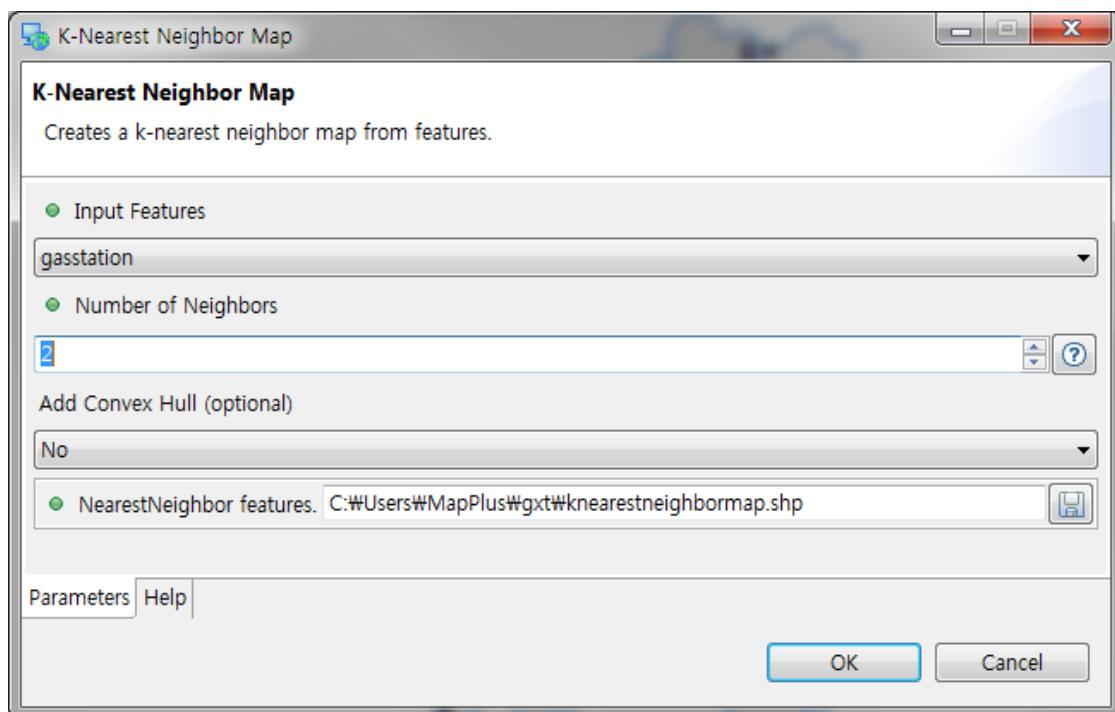


Quadrat Analysis Summary	
gasstation	
Category	Value
Feature Count	587
Area	1440660276.721791
Cell Size	2215.5254234488443
Columns	19
Rows	16
Number of Quadrats	304
Mean	1.930921052631579
Variance	5.643254414819944
Variance/Mean Ratio	2.9225712812696134
D value of Kolmogorov-Smirnov Test	0.32209069225598863
Critical value at the 5% level	0.078001349515991

4.3.3.3. K-Nearest Neighbor Map

최근린 이웃을 연결하는 라인 데이터를 생성하는 도구입니다. 벡터데이터의 중심점에서 가장 가까운 이웃을 찾아 라인으로 연결합니다.

Input Features에 분석할 벡터데이터를 입력하고 Number of Neighbor에 이웃의 수를 입력한 다음 실행하면 K-Nearest Neighbor Map이 생성됩니다. Add Convex Hull 옵션을 Yes로 하면 모든 중심점을 포괄하는 다각형 라인을 함께 생성합니다.



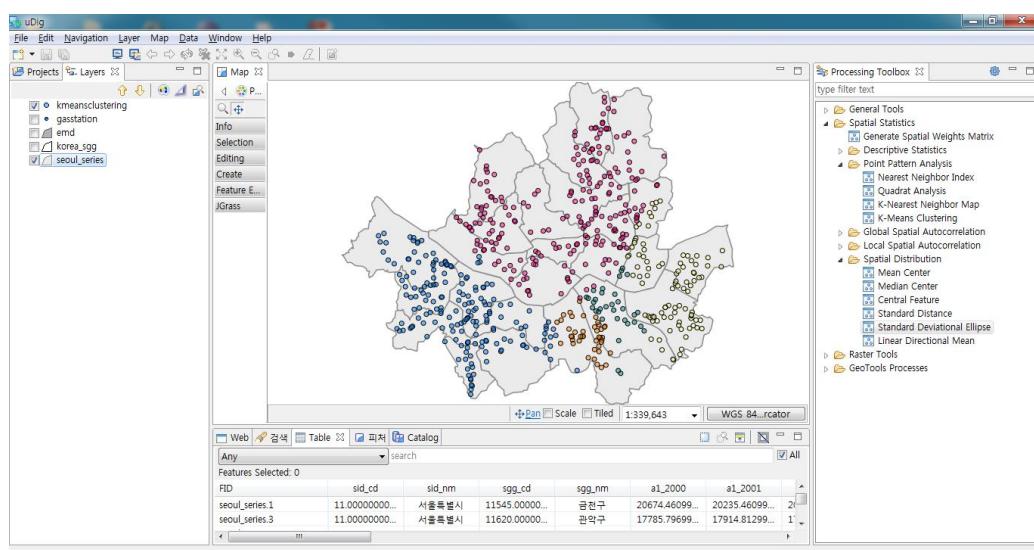
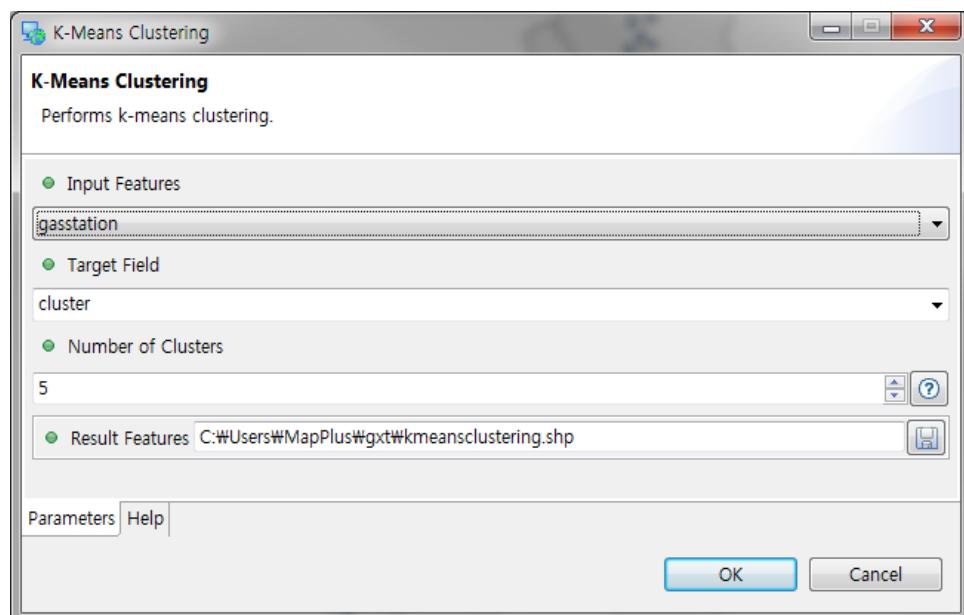
4.3.3.4. K-Mean Clustering

벡터데이터를 이용하여 K-Mean Clustering 산출한 새로운 벡터데이터를 생성합니다.

주어진 데이터를 k 개 클러스터로 묶는 알고리즘이며, 각 클러스터와 거리 차이의 분산을 최소화 하는 방식입니다.

Input Features 에 분석할 벡터데이터를 입력하고 Target Field 에 생성될 필드명, Number of Cluster 에 클러스터의 수를 입력한 다음 실행하면 K-Mean Clustering 가 산출된 새로운 벡터데이터를 생성합니다. 수식은 다음과 같습니다.

$$J = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n \|x_i^{(j)} - c_j\|^2$$



4.3.4. Global Spatial Autocorrelation

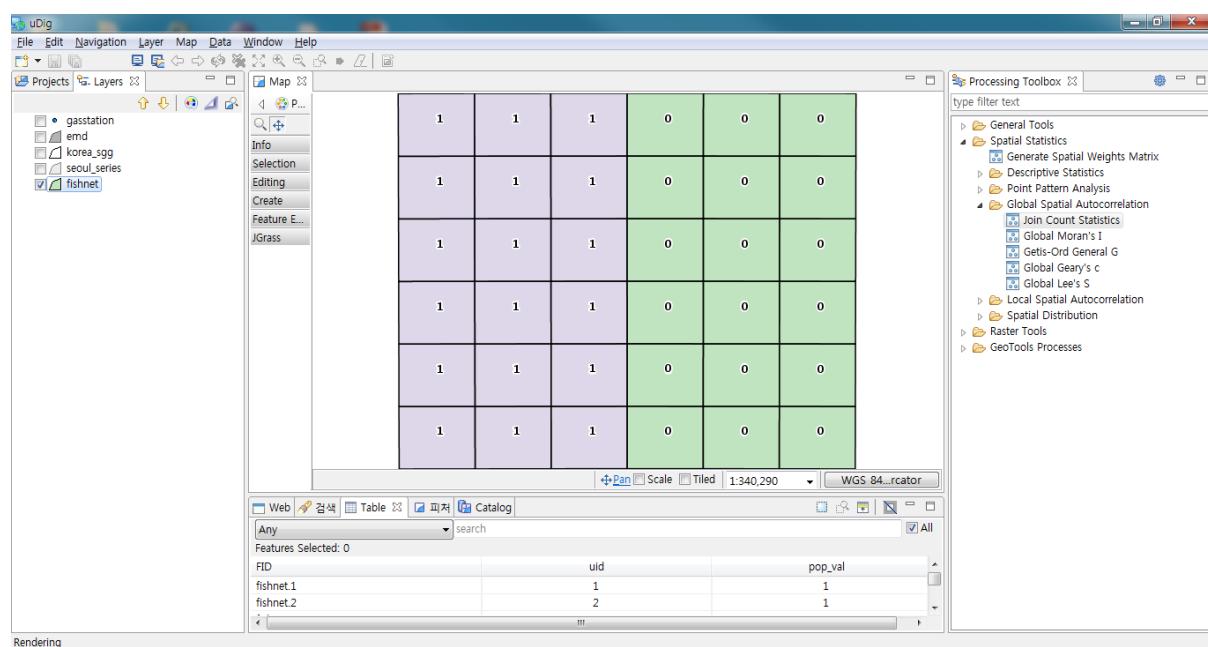
4.3.4.1. Join Count Statistics

벡터데이터의 위치정보와 속성정보를 이용하여 조인 카운트 통계량을 산출합니다. 조인 카운트 통계량은 데이터의 공간 자기상관 여부를 검정하기 위한 통계량입니다.

수식은 다음과 같습니다.

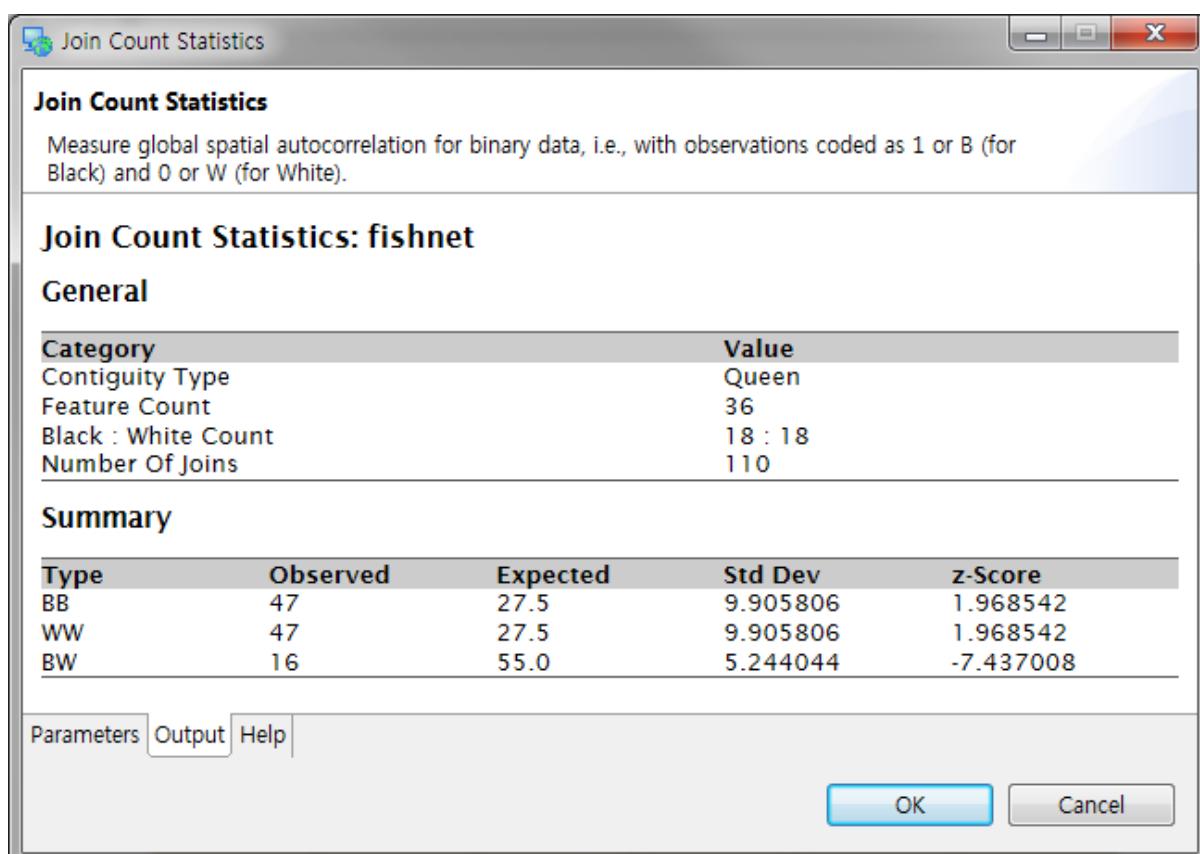
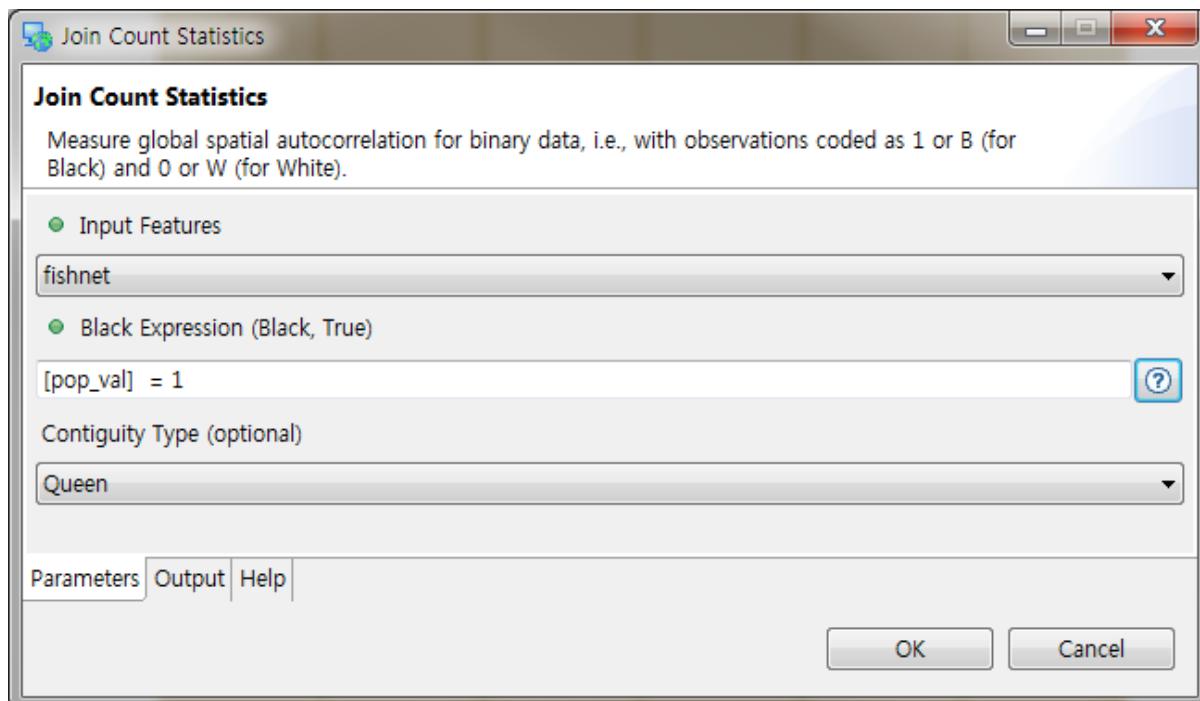
$$Z = (Observed - Expected) / (SD \text{ of } Expected)$$

다음과 같이 속성값이 1과 0인 데이터를 가정합니다.



Input Features에 분석할 벡터데이터를 입력하고 Black Expression에 어떤 값이 Black인지 버튼을 클릭하여 설정합니다.

그리고 Contiguity Type에 연접방식 (Queen, Rook, Bishops)을 선택한 다음 실행하면 조인 카운트 통계량이 산출되어 화면에 표시 됩니다.

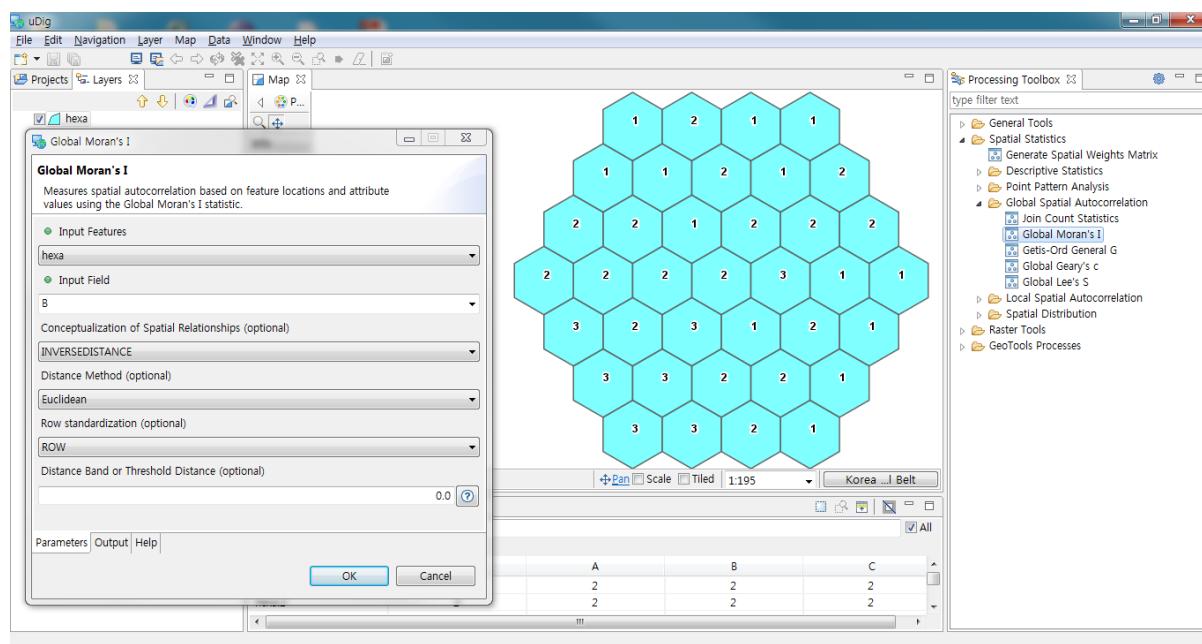


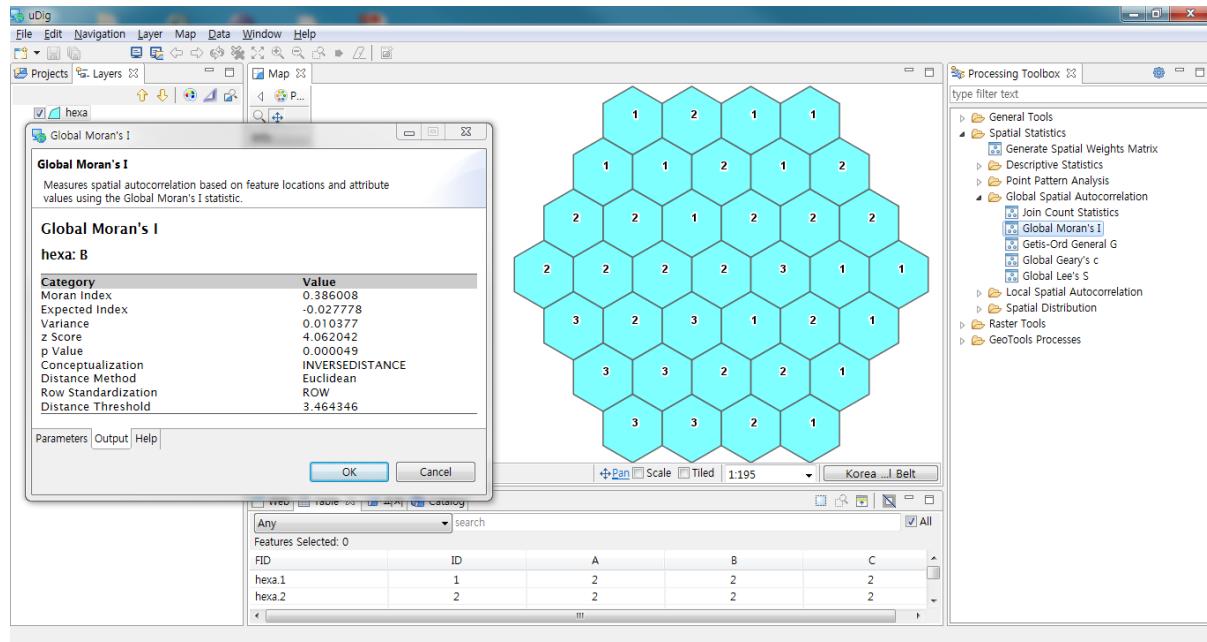
4.3.4.2. Global Moran's I

벡터의 속성정보와 위치정보를 이용하여 Global Moran's I 통계량을 산출합니다. Global Moran's I는 공간자기상관의 전반적 경향을 추정하는데 일반적으로 활용되는 공간통계량입니다. 어떠한 공간현상에 대하여 유사한 값들이 지리적으로 인접한 강도가 우세할수록 Global Moran's I 통계량은 큰 값을 가집니다. Input Features에 분석할 벡터데이터를 입력하고 Input Field에 분석에 사용할 필드를 입력합니다. Conceptualization of Spatial Relationships에 공간관계(INVERSEDISTANCE, FIXEDDISTANCEBAND 등)를 선택하고 Distance Method에 거리 산정방식(Euclidean, Manhattan)을 선택한 다음 **OK** 버튼을 클릭하면 Global Moran's I 통계량이 산출되어 화면에 표시 됩니다. 옵션을 이용하여 행 표준화(Row Standardization)와 임계거리를 입력할 수 있습니다.

수식은 다음과 같습니다.

$$I = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$





4.3.4.3. Getis-Ord General G

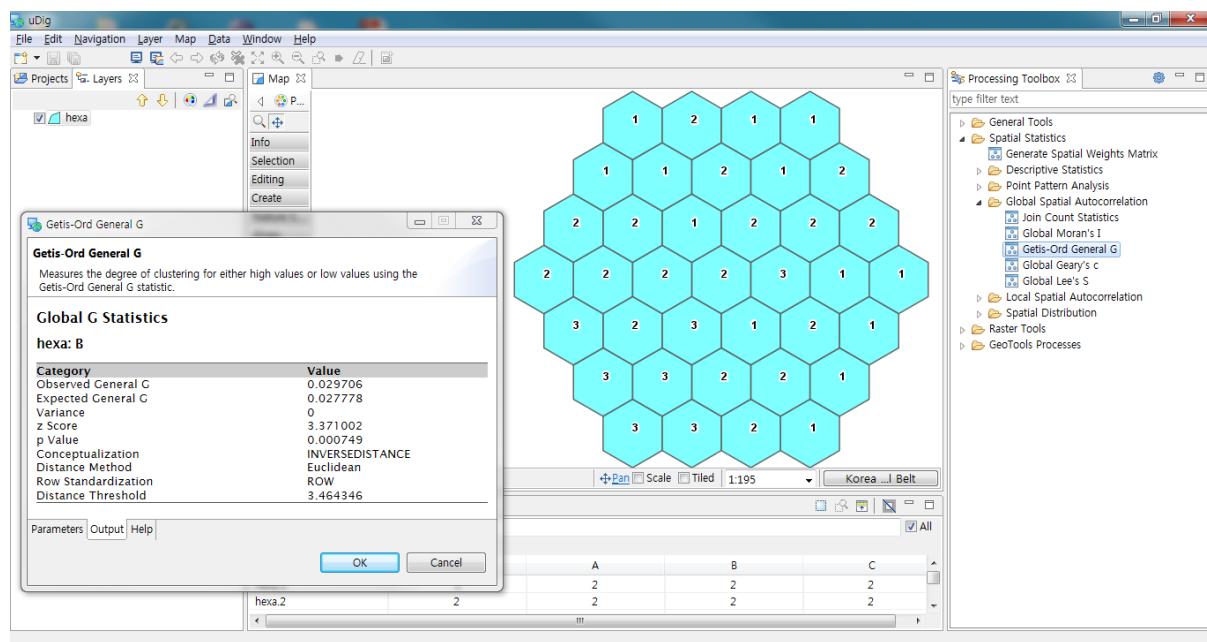
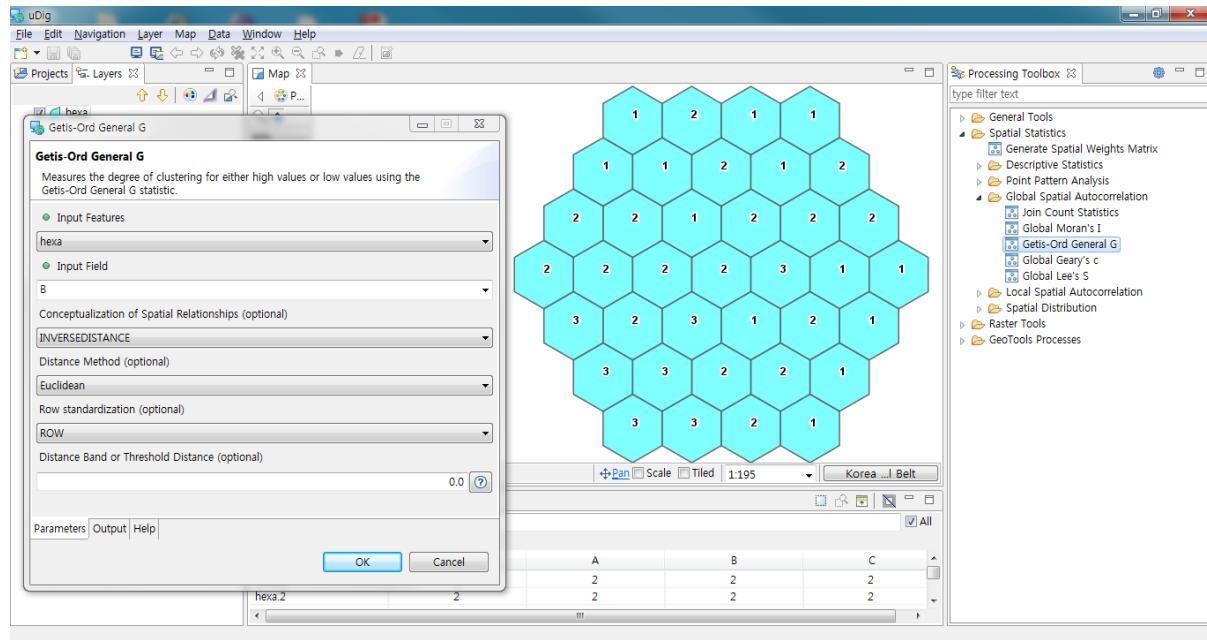
벡터의 속성정보와 위치정보를 이용하여 Getis-Ord General G 통계량을 산출합니다.

Getis-Ord General G 는 높은 값을 가지는 지역의 공간적 군집을 파악하기 위한 통계량입니다. Input Features에 분석할 벡터데이터를 입력하고 Input Field에 분석에 사용할 필드를 입력합니다. Conceptualization of Spatial Relationships에 공간관계(INVERSEDISTANCE, FIXEDDISTANCEBAND 등)를 선택하고 Distance Method에 거리 산정방식(Euclidean, Manhattan)을 선택한 다음 **OK** 버튼을 클릭하면 Getis-Ord General G 통계량이 산출되어 화면에 표시 됩니다. 옵션을 이용하여 행 표준화(Row Standardization)와 임계거리를 입력할 수 있습니다.

수식은 다음과 같습니다.

$$G(d) = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} x_i x_j}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j}, i \neq j$$

uDig Processing Toolbox 1.0

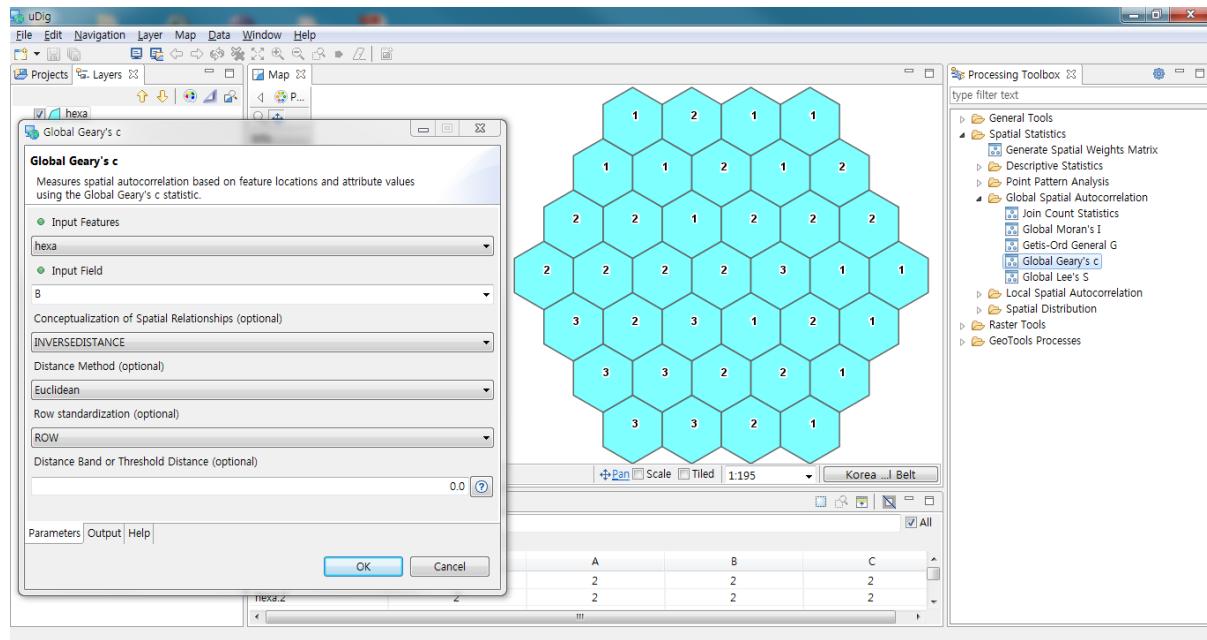


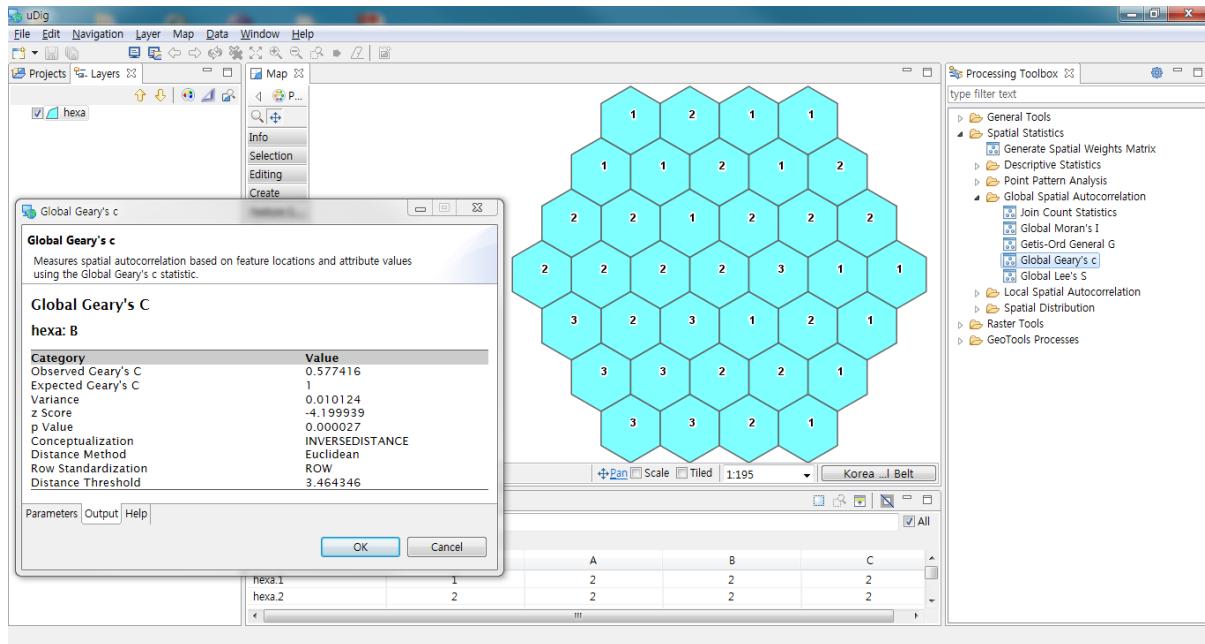
4.3.4.4. Global Geary' C

벡터데이터의 위치정보와 속성정보를 이용하여 Global Geary's C 통계량을 산출합니다. Global Geary 의 C는 공간적 자기상관을 계산하는데 평균과의 비교가 아닌 해당 지역과 주변지역의 차이의 제곱을 통해 수치적 유사성을 평가 합니다. 0에서 2 사이의 값을 갖고 0에 가까울수록 유사한 값이 모여 있다는 의미입니다. Input Features에 분석할 벡터데이터를 입력하고 Input Field에 분석에 사용할 필드를 입력합니다. Conceptualization of Spatial Relationships에 공간관계(INVERSEDISTANCE, FIXEDDISTANCEBAND 등)를 선택하고 Distance Method에 거리 산정방식(Euclidean, Manhattan)을 선택한 다음 **OK** 버튼을 클릭하면 Global Geary's C 통계량이 산출되어 화면에 표시 됩니다. 옵션을 이용하여 행 표준화(Row Standardization)와 임계거리를 입력할 수 있습니다.

수식은 다음과 같습니다.

$$C = \frac{n - 1}{2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$





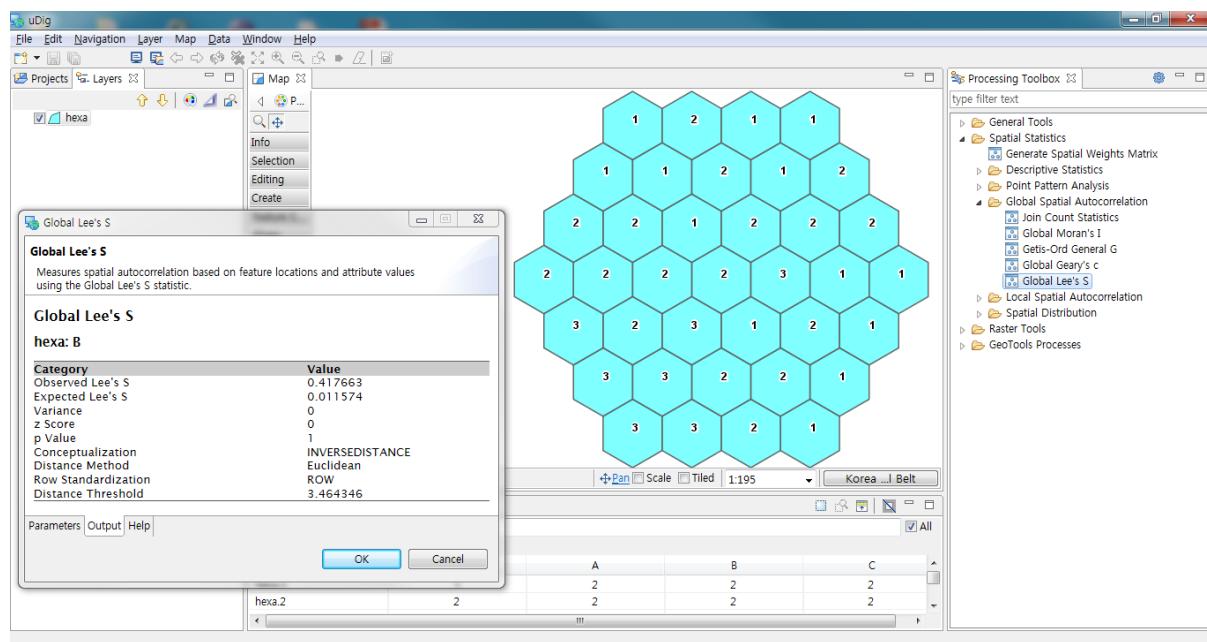
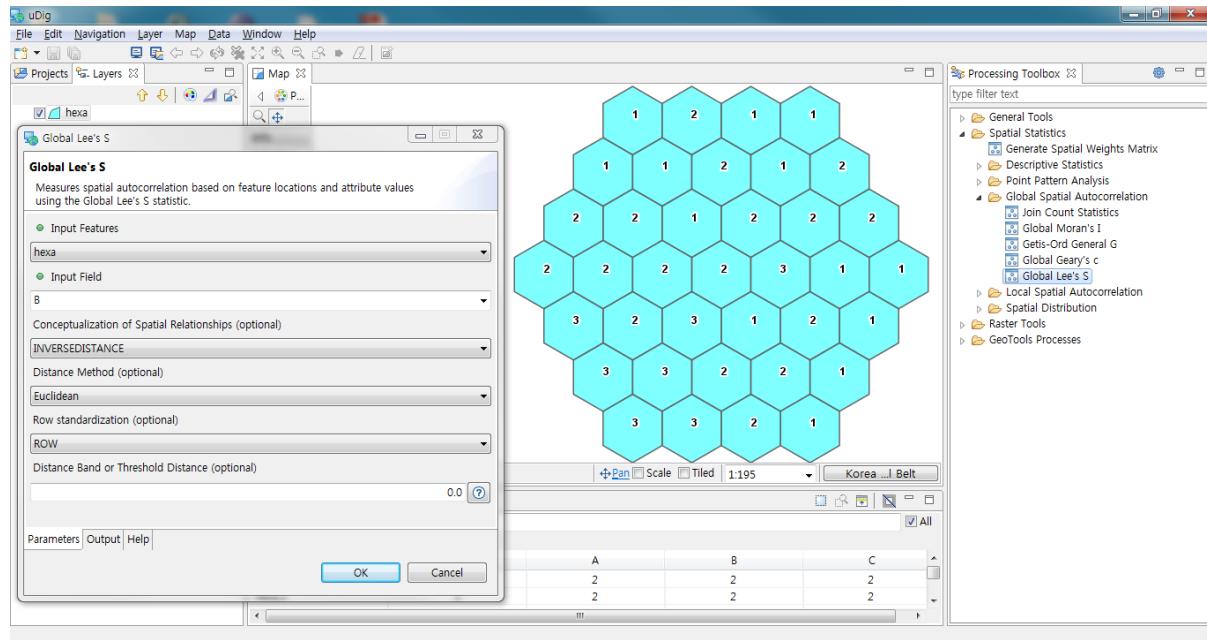
4.3.4.5. Global Lee's S

Lee's S는 공간적 자기상관을 계산하는데 있어 Moran's I처럼 자신과 자기 주변지역의 변량이 해당 변수의 평균으로 얼마나 떨어져 있는지를 곱하여 수치적 유사성을 평가하는 것이 아니라 자기 자신을 포함하여 공간적으로 인접한 지역이 평균으로부터 얼마나 떨어져 있는지를 평균을 산출하고 이를 제곱하여 값으로 표현 합니다. 0 이상의 값을 갖고 값이 클수록 변수의 평균으로부터 멀리 떨어진 값을 갖는 지역이 모여 있다는 의미입니다. Input Features에 분석할 벡터데이터를 입력하고 Input Field에 분석에 사용할 필드를 입력합니다. Conceptualization of Spatial Relationships에 공간관계(INVERSEDISTANCE, FIXEDDISTANCEBAND 등)를 선택하고 Distance Method에 거리 산정방식(Euclidean, Manhattan)을 선택한 다음 **OK** 버튼을 클릭하면 Global Lee's S 통계량이 산출되어 화면에 표시 됩니다. 옵션을 이용하여 행 표준화(Row Standardization)와 임계거리를 입력할 수 있습니다.

수식은 다음과 같습니다.

$$S = \frac{n}{\sum_i (\sum_j v_{ij})^2} \frac{\sum_i (\sum_j v_{ij}(x_j - \bar{x}))^2}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}$$

uDig Processing Toolbox 1.0



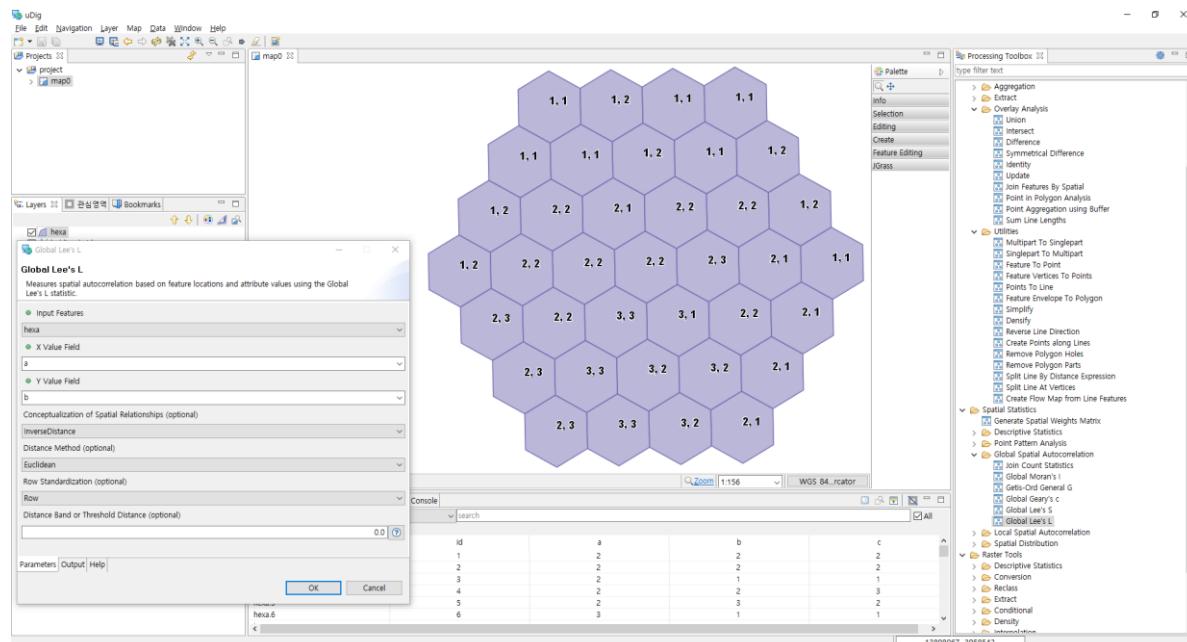
4.3.4.6. Global Lee's L

Lee's L의 값은 그 값이 양수로 나타나게 되면 중심 공간 단위와 그 이웃이 형성하는 이웃에서 두 변수 간에 양의 연관성(High-High 혹은 Low-Low)이 지배적임을, 음수로 나타나는 경우 두 변수간의 음의 연관성이 지배적인 것으로 해석할 수 있습니다.

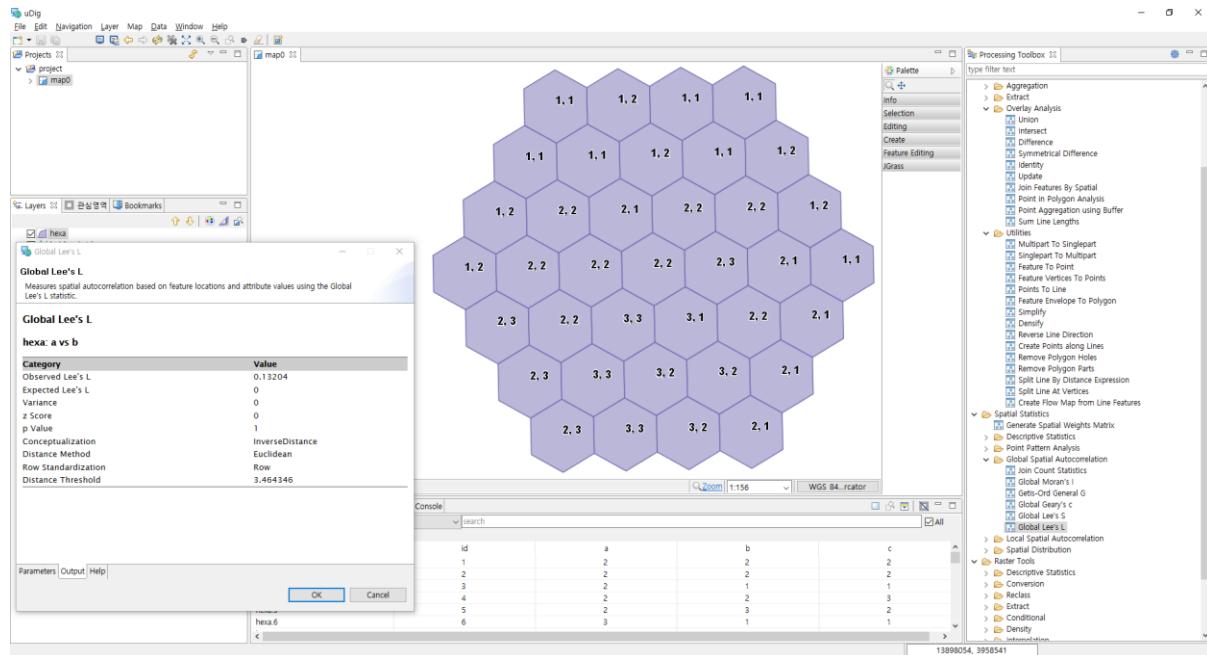
Input Features에 분석할 벡터데이터를 입력하고 Input Field에 분석에 사용할 필드를 입력합니다. Conceptualization of Spatial Relationships에 공간관계(INVERSEDISTANCE, FIXEDDISTANCEBAND 등)를 선택하고 Distance Method에 거리 산정방식(Euclidean, Manhattan)을 선택한 다음 **OK** 버튼을 클릭하면 Global Lee's L 통계량이 산출되어 화면에 표시 됩니다. 옵션을 이용하여 행 표준화(Row Standardization)와 임계거리를 입력할 수 있습니다.

수식은 다음과 같습니다.

$$L = \frac{n}{\sum_i (\sum_j v_{ij})^2} \cdot \frac{\sum_i (\sum_j v_{ij}(x_j - \bar{x})) \cdot (\sum_j v_{ij}(y_j - \bar{y}))}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}}$$



uDig Processing Toolbox 1.0



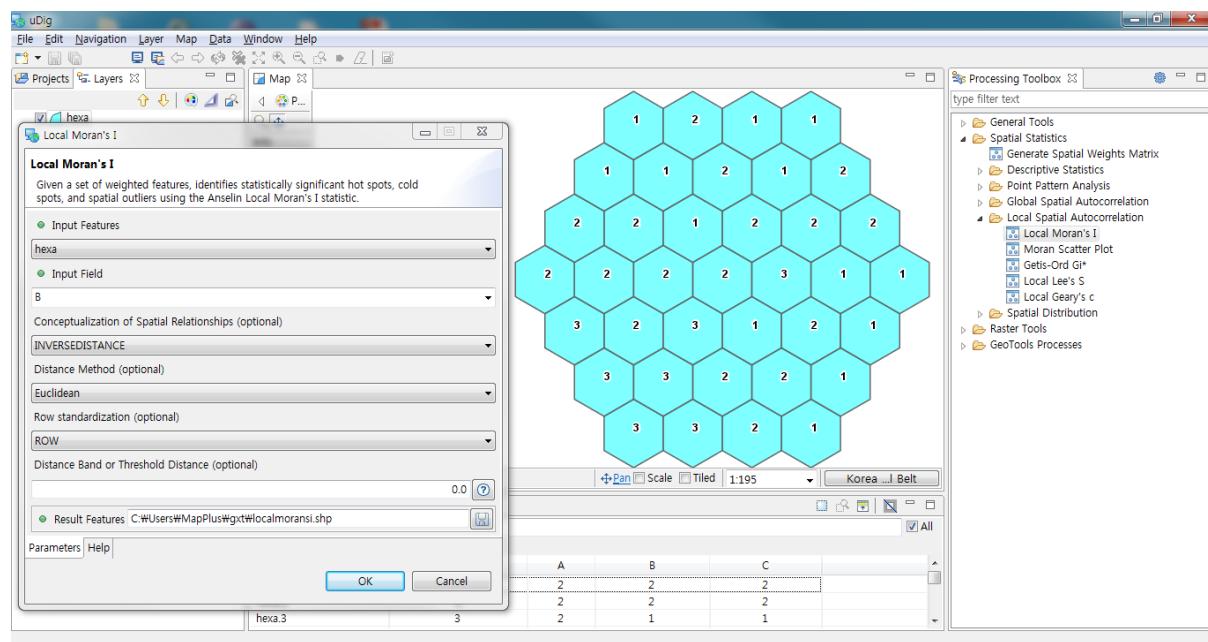
4.3.5. Local Spatial Autocorrelation

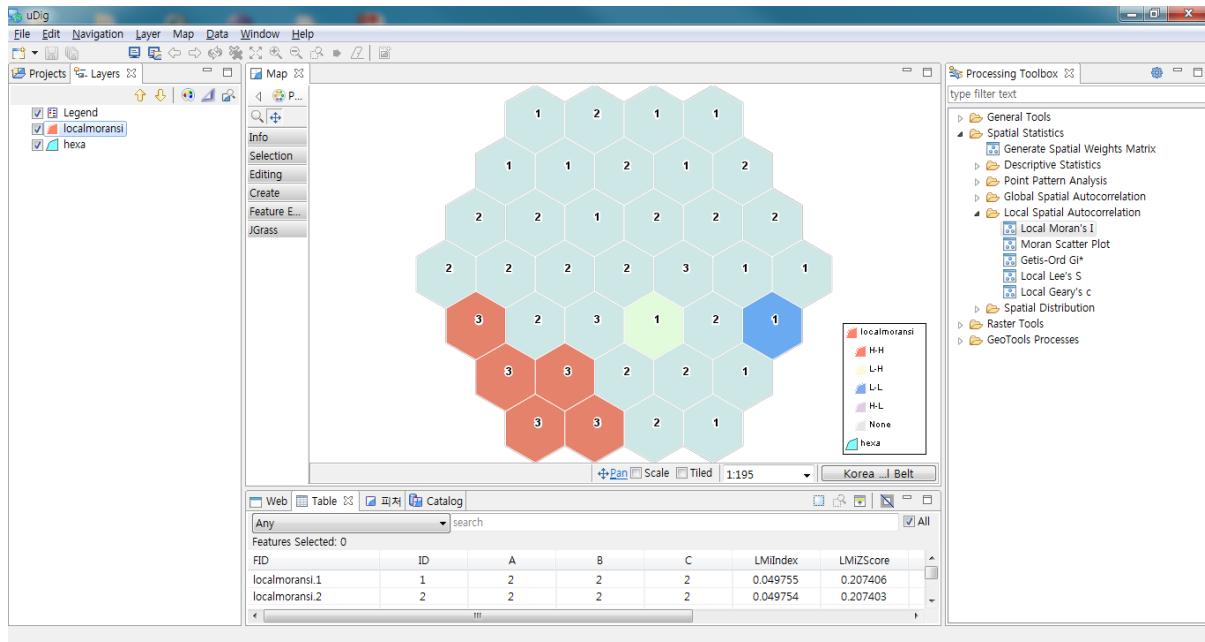
4.3.5.1. Local Moran's I

벡터의 속성정보와 위치정보를 이용하여 Local Moran's I 통계량을 산출한 새로운 벡터데이터를 생성합니다. Global Moran's I는 전역적 공간자기상관도를 나타내는 통계지수인 반면 Local Moran's I는 공간자기상관의 국지적 분포를 나타내기 위한 통계지수입니다. Input Features에 분석할 벡터데이터를 입력하고 Input Field에 분석에 사용할 필드를 입력합니다. Conceptualization of Spatial Relationships에 공간관계 (INVERSEDISTANCE, FIXEDDISTANCEBAND 등)를 선택하고 Distance Method에 거리 산정방식 (Euclidean, Manhattan)을 선택한 다음 **OK** 버튼을 클릭하면 Local Moran's I 통계량이 산출된 새로운 벡터데이터가 생성됩니다. 옵션을 이용하여 행 표준화(Row Standardization)와 임계거리를 입력할 수 있습니다.

수식은 다음과 같습니다.

$$I_i = z_i \sum_{j=1}^n w_{ij} z_j, \quad z_i = \frac{n(x_i - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

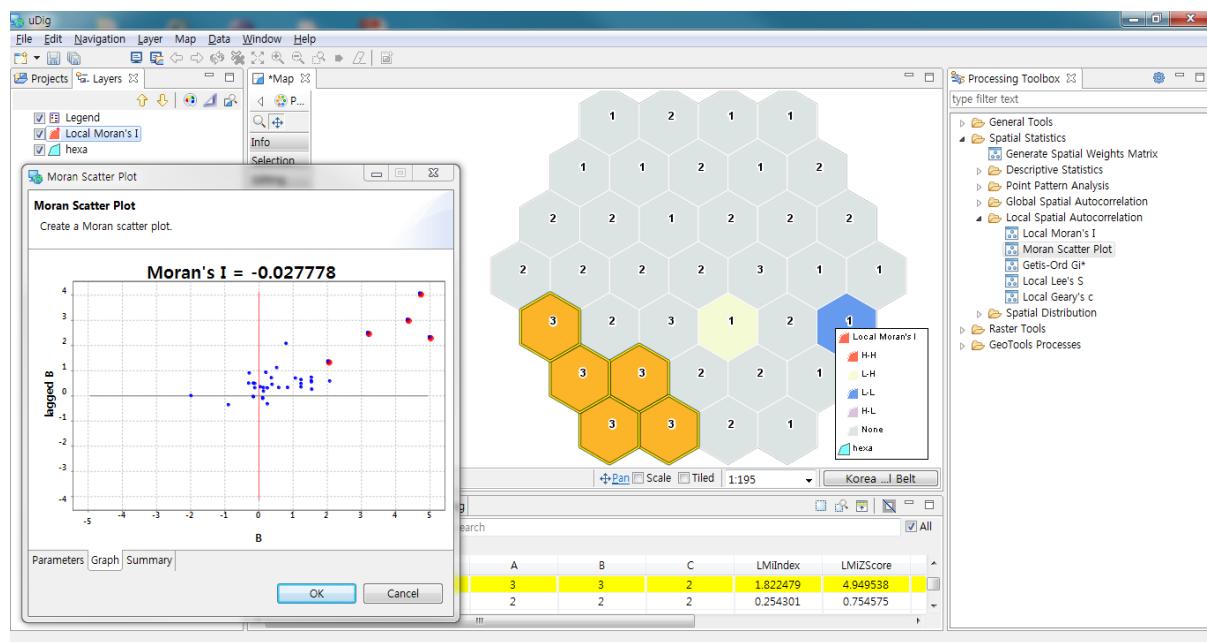
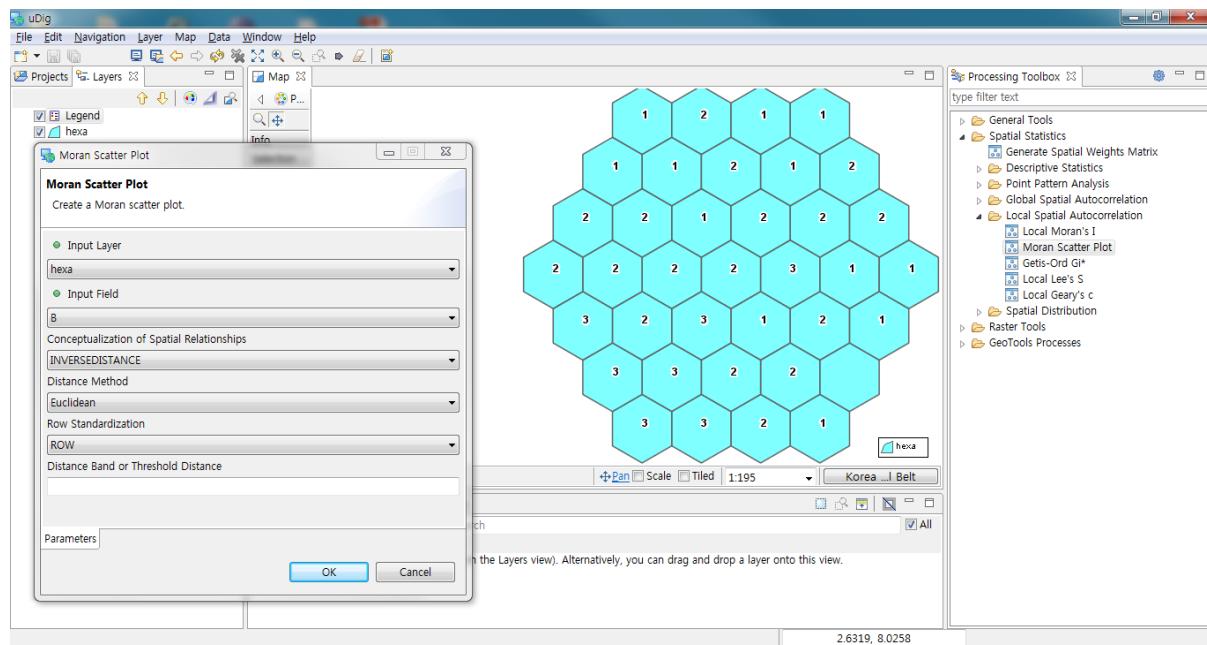




4.3.5.2. Moran Scatter Plot

벡터의 속성정보와 위치정보를 이용하여 Local Moran's I 통계량을 산출한 새로운 벡터데이터와 산점도(Scatter Plot)를 생성합니다. 산점도를 선택하면 생성된 벡터데이터와 함께 선택됩니다. Input Features에 분석할 벡터데이터를 입력하고 Input Field에 분석에 사용할 필드를 입력합니다. Conceptualization of Spatial Relationships에 공간관계(INVERSEDISTANCE, FIXEDDISTANCEBAND 등)를 선택하고 Distance Method에 거리 산정방식(Euclidean, Manhattan)을 선택한 다음 **OK** 버튼을 클릭하면 Local Moran 통계량이 산출된 새로운 벡터데이터가 생성됩니다. 옵션을 이용하여 행 표준화(Row Standardization)와 임계거리를 입력할 수 있습니다.

uDig Processing Toolbox 1.0

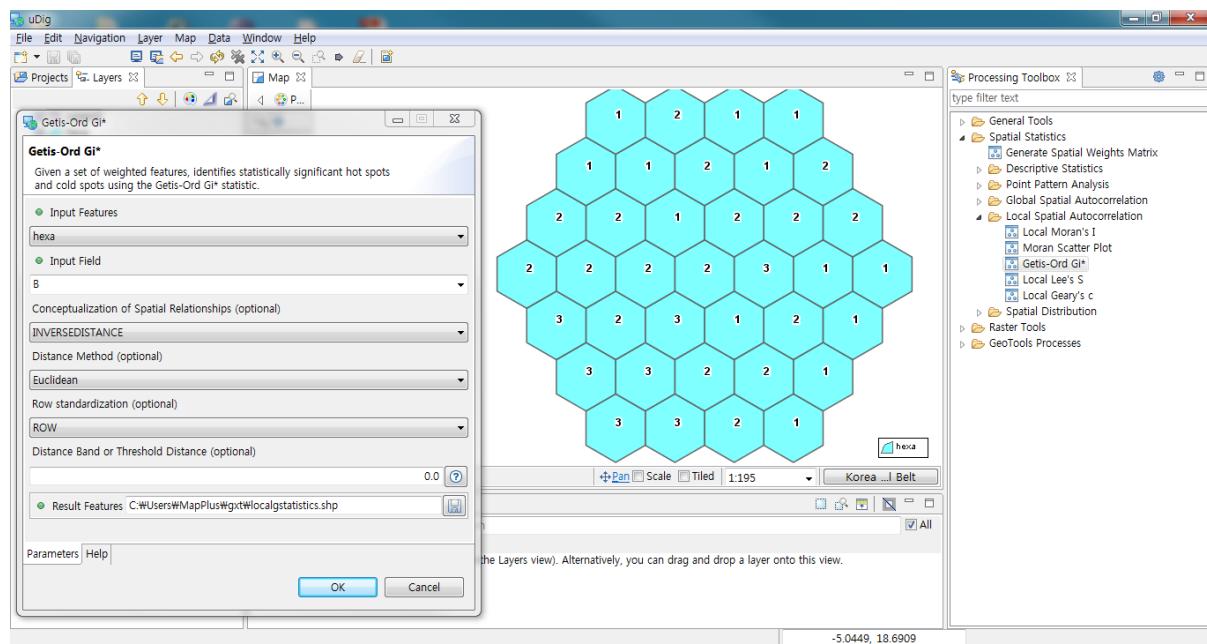


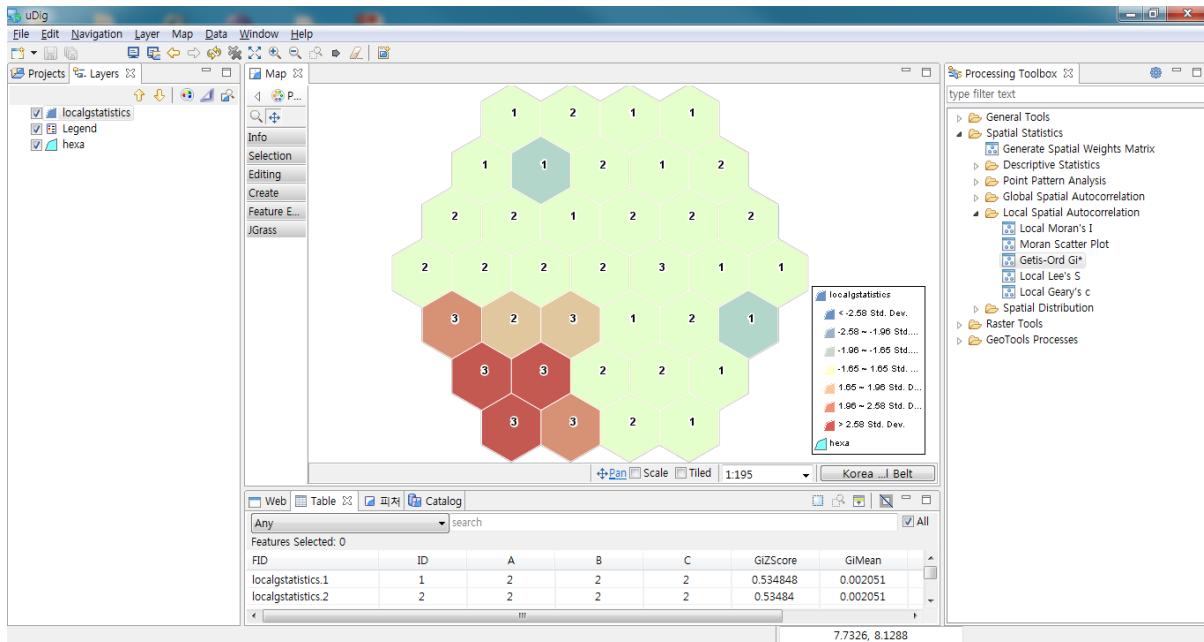
4.3.5.3. Getis-Ord Gi*

벡터의 속성정보와 위치정보를 이용하여 Getis-Ord Gi* 통계량을 산출한 새로운 벡터데이터를 생성합니다. Getis-Ord Gi*는 국지적으로 높은 값의 공간군집 또는 낮은 값의 공간군집이 어디인지 파악할 수 있습니다. Input Features에 분석할 벡터데이터를 입력하고 Input Field에 분석에 사용할 필드를 입력합니다. Conceptualization of Spatial Relationships에 공간관계(INVERSEDISTANCE, FIXEDDISTANCEBAND 등)를 선택하고 Distance Method에 거리 산정방식(Euclidean, Manhattan)을 선택한 다음 **OK** 버튼을 클릭하면 Getis-Ord Gi* 통계량이 산출된 새로운 벡터데이터가 생성됩니다. 옵션을 이용하여 행 표준화(Row Standardization)와 임계거리를 입력할 수 있습니다.

수식은 다음과 같습니다.

$$G_i^*(d) = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_i x_j}{\sum_{j=1}^n x_j}, i \neq j$$





4.3.5.4. Local Geary's C

벡터의 속성정보와 위치정보를 이용하여 Local Geary's C 통계량을 산출한 새로운 벡터데이터를 생성합니다. Local Geary's C는 Global Geary's C의 국지적 지표로 계산과정의 공간적 함의는 Global Geary's C와 같으며 각 지역단위마다 값이 산출되기 때문에 지도화가 가능합니다.

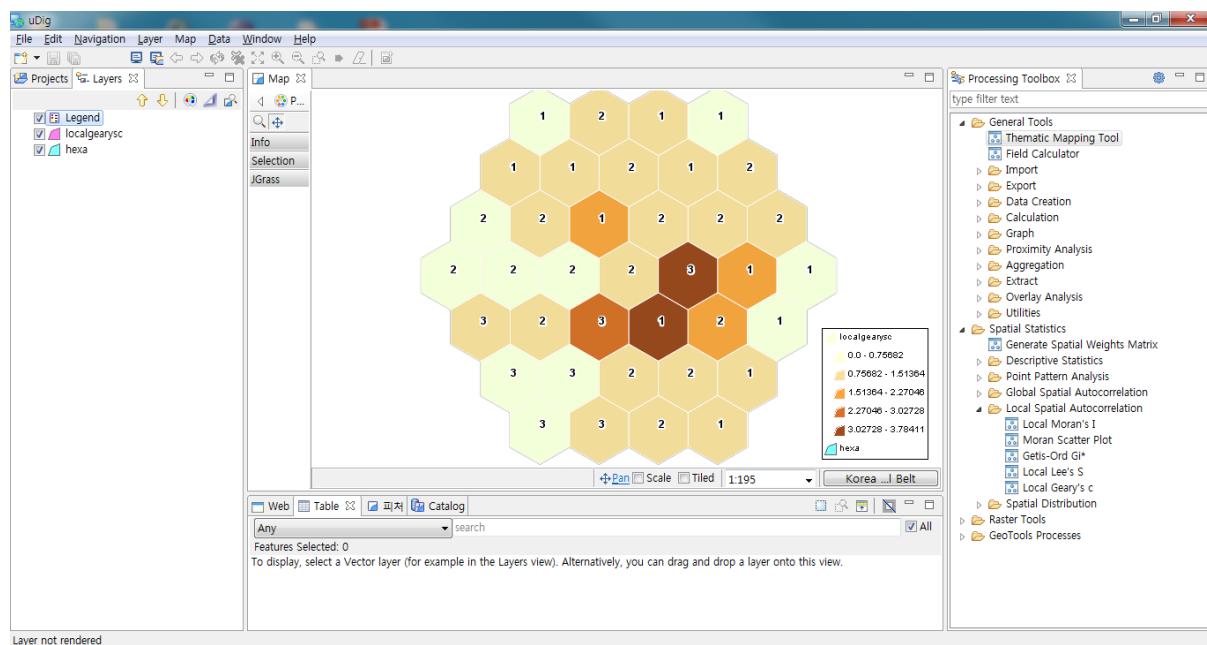
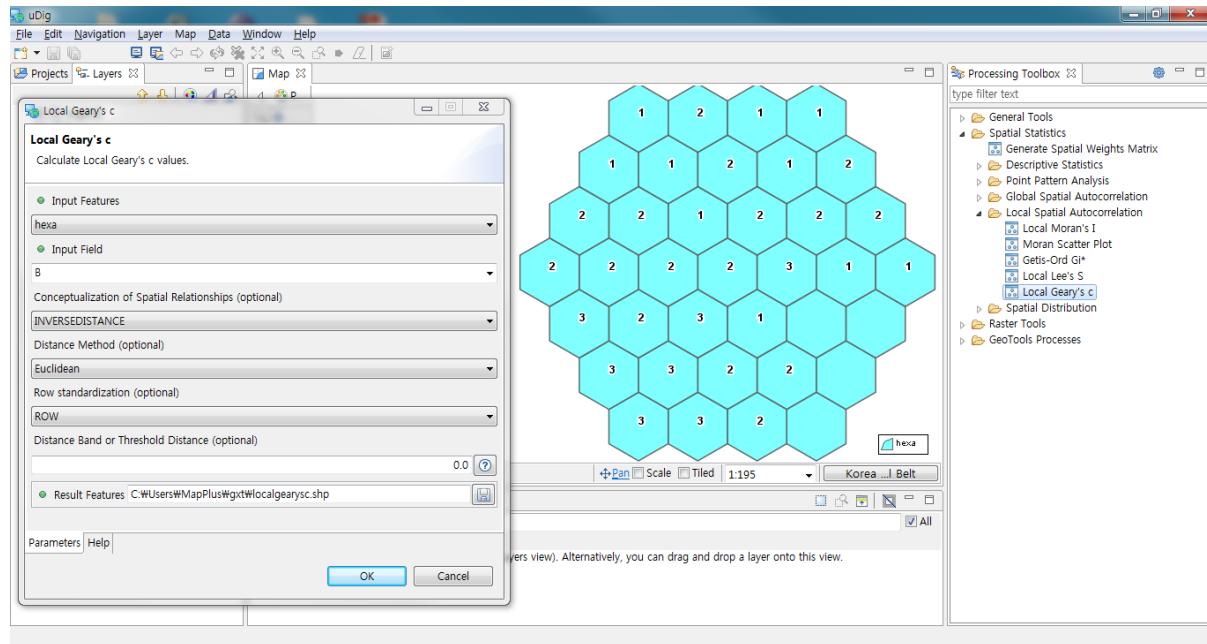
각 지역단위의 Local Geary's C 값의 평균이 Global Geary's C가 됩니다. Input Features에 분석할 벡터데이터를 입력하고 Input Field에 분석에 사용할 필드를 입력합니다.

Conceptualization of Spatial Relationships에 공간관계(INVERSEDISTANCE, FIXEDDISTANCEBAND 등)를 선택하고 Distance Method에 거리 산정방식(Euclidean, Manhattan)을 선택한 다음 **OK** 버튼을 클릭하면 Local Geary's C 통계량이 산출된 새로운 벡터데이터가 생성됩니다. 옵션을 이용하여 행 표준화(Row Standardization)와 임계거리를 입력할 수 있습니다.

수식은 다음과 같습니다.

$$C_i = \frac{n(n-1)}{2 \sum_i \sum_j v_{ij}} \frac{\sum_j v_{ij} (x_i - x_j)^2}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}$$

uDig Processing Toolbox 1.0



4.3.5.5. Local Lee's S

벡터의 속성정보와 위치정보를 이용하여 Local Lee's S 통계량을 산출한 새로운 벡터데이터를 생성합니다. Local Lee's S는 Global Lee's S의 국지적 지표로 계산과정의 공간적 함의는 Global Lee's S와 같으며 각 지역단위마다 값이 산출되기 때문에 지도화가 가능 합니다.

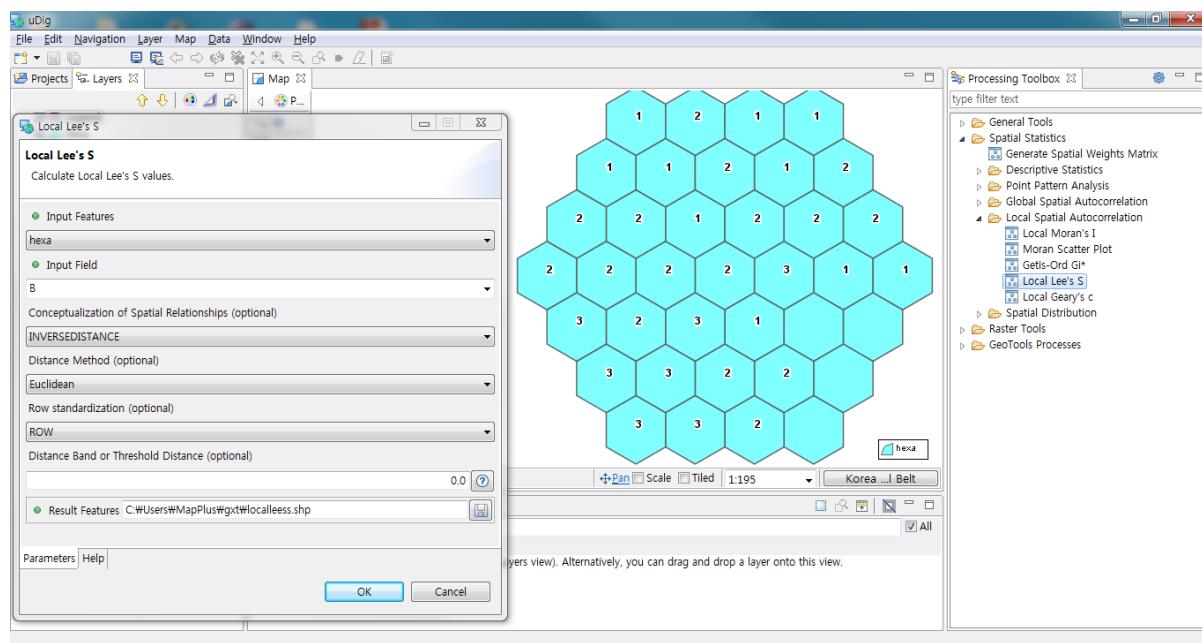
각 지역단위의 Local Lee's S 값의 평균이 Global Lee's S가 됩니다. Input Features에 분석할 벡터데이터를 입력하고 Input Field에 분석에 사용할 필드를 입력합니다.

Conceptualization of Spatial Relationships에 공간관계(INVERSEDISTANCE, FIXEDDISTANCEBAND 등)를 선택하고 Distance Method에 거리 산정방식(Euclidean, Manhattan)을 선택한 다음 **OK** 버튼을 클릭하면 Local Lee's S 통계량이 산출된 새로운 벡터데이터가 생성됩니다.

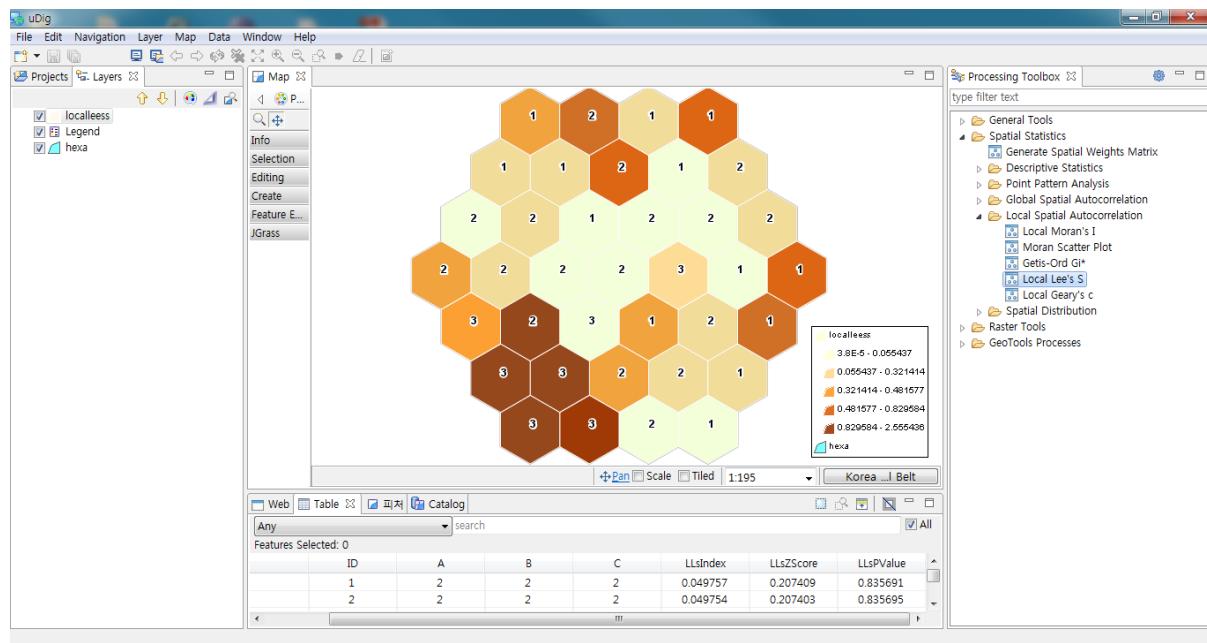
옵션을 이용하여 행 표준화(Row Standardization)와 임계거리를 입력할 수 있습니다.

수식은 다음과 같습니다.

$$S_i = \frac{n^2}{\sum_i (\sum_j v_{ij})^2} \frac{[\sum_j v_{ij}(x_j - \bar{x})]^2}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}$$



uDig Processing Toolbox 1.0



4.3.5.6. Local Lee's L

벡터의 속성정보와 위치정보를 이용하여 Local Lee's L 통계량을 산출한 새로운 벡터데이터를 생성합니다. Local Lee's L은 Global Lee's L의 국지적 지표로 계산과정의 공간적 함의는 Global Lee's L과 같으며 각 지역단위마다 값이 산출되기 때문에 지도화가 가능 합니다.

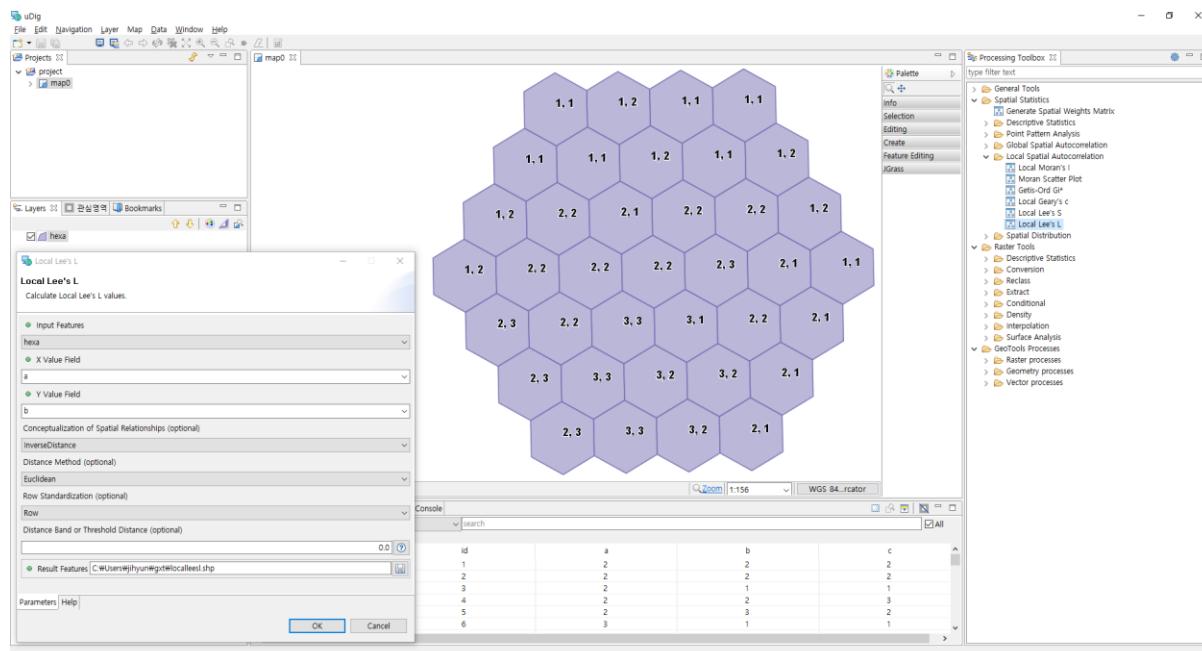
각 지역단위의 Local Lee's L 값의 평균이 Global Lee's L 가 됩니다. Input Features에 분석할 벡터데이터를 입력하고 Input Field에 분석에 사용할 필드를 입력합니다.

Conceptualization of Spatial Relationships에 공간관계(INVERSEDISTANCE, FIXEDDISTANCEBAND 등)를 선택하고 Distance Method에 거리 산정방식(Euclidean, Manhattan)을 선택한 다음 **OK** 버튼을 클릭하면 Local Lee's L 통계량이 산출된 새로운 벡터데이터가 생성됩니다.

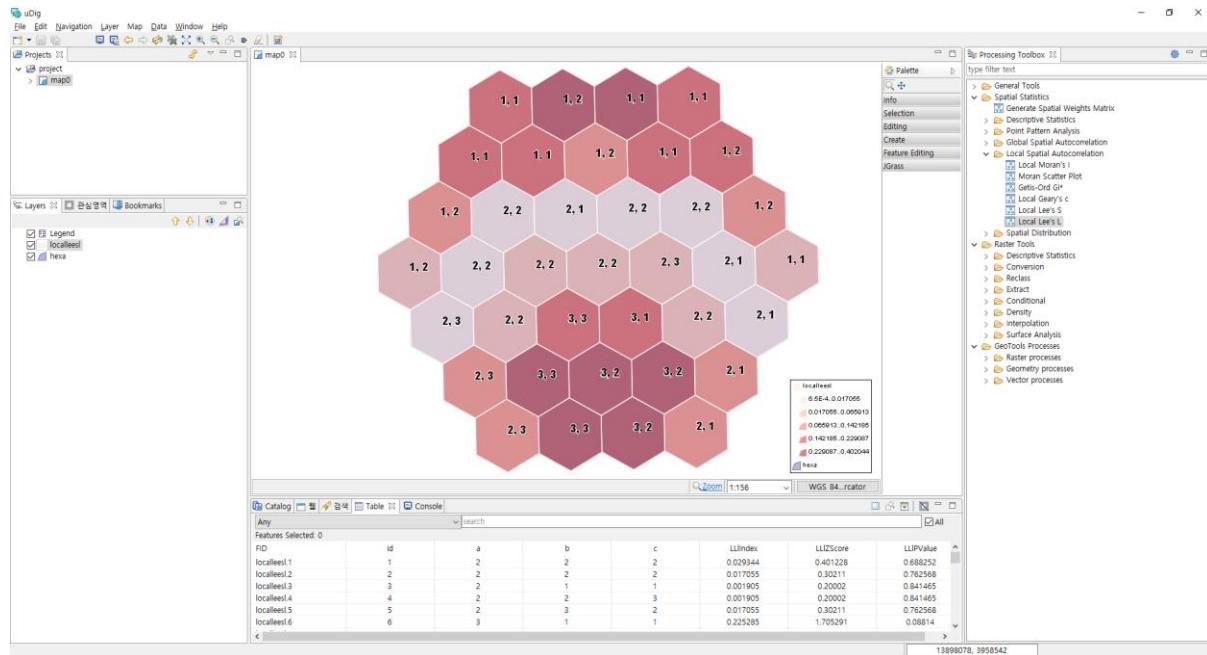
옵션을 이용하여 행 표준화(Row Standardization)와 임계거리를 입력할 수 있습니다.

수식은 다음과 같습니다.

$$L_i = \frac{n^2}{\sum_i (\sum_j v_{ij})^2} \frac{\sum_j v_{ij} (x_j - \bar{x})(y_j - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}}$$



uDig Processing Toolbox 1.0

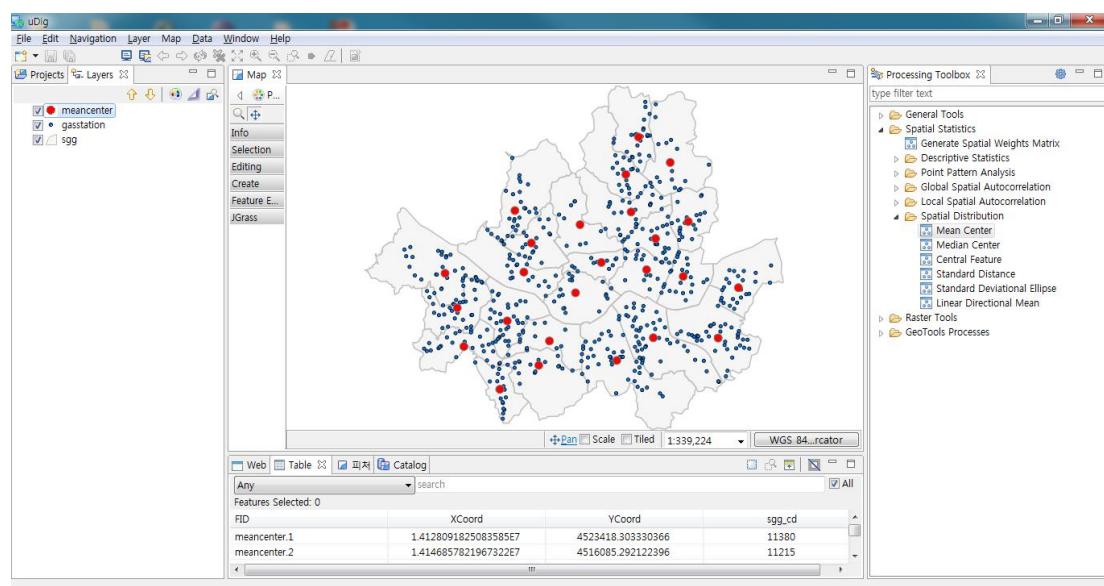
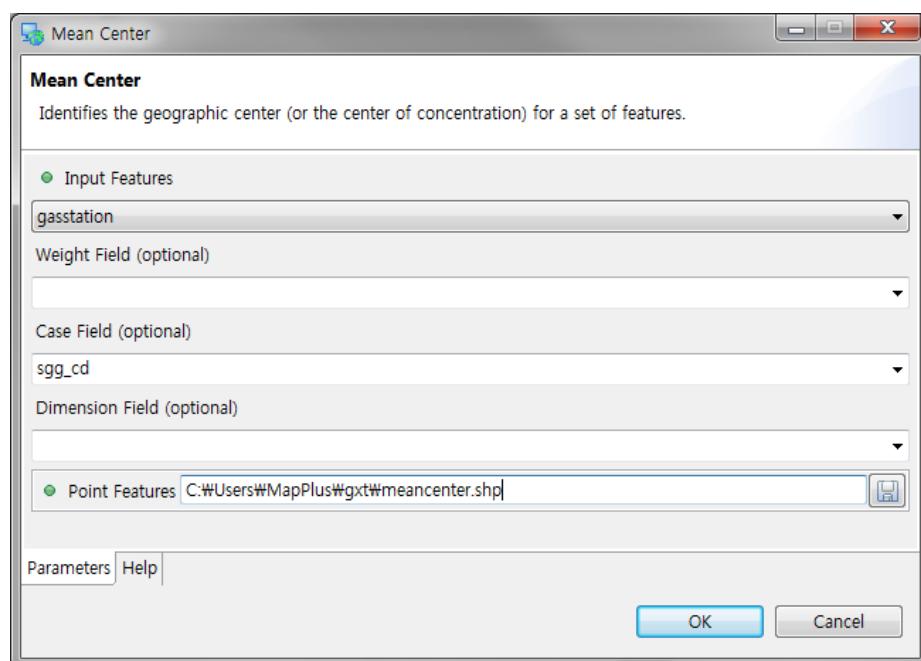


4.3.6. Spatial Distributions

4.3.6.1. Mean Center

피처 레이어의 모든 피처들에 대한 지리적 중심점(geographic center 또는 center of concentration)을 생성하는 도구입니다.

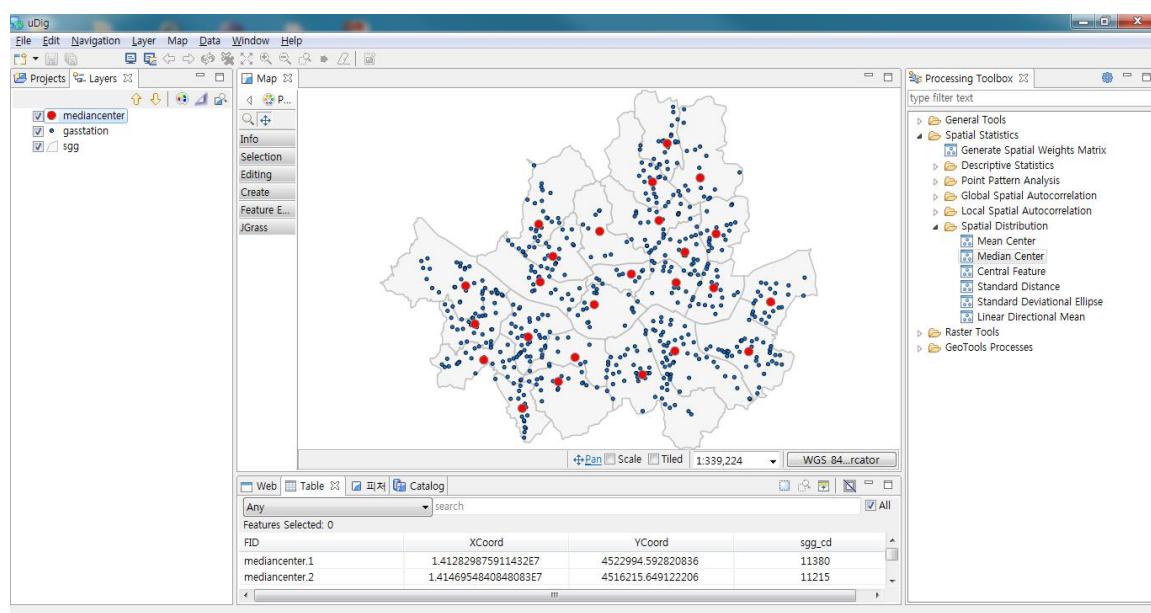
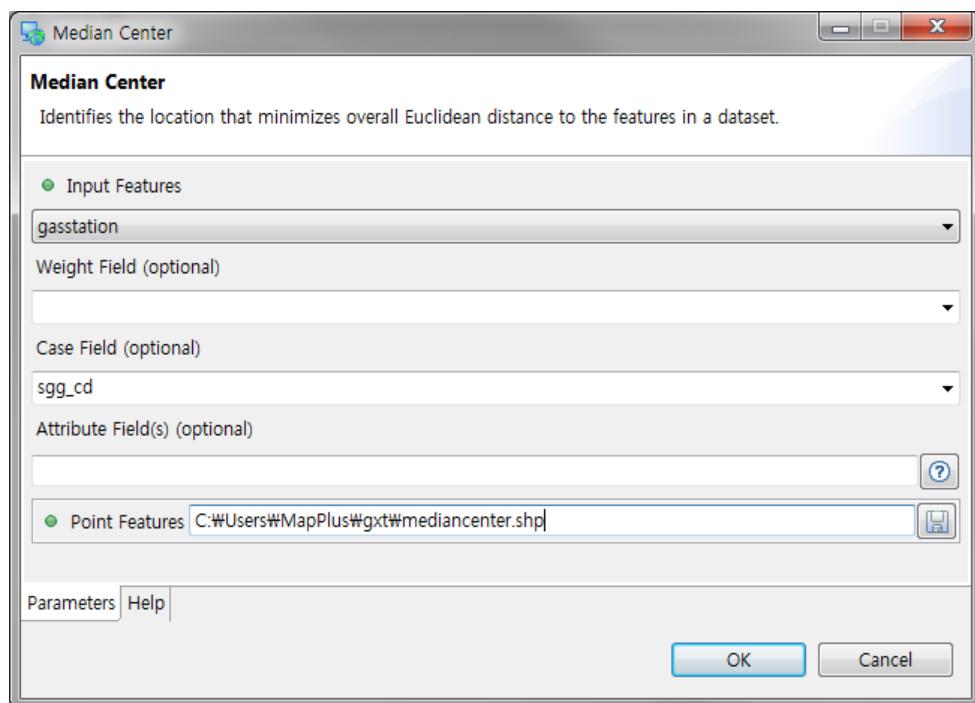
Input Feature에 분석할 벡터데이터를 입력하고 실행하면 평균 중심점이 생성됩니다. 옵션에 따라 Weight Field에 가중치 필드를 입력하거나 Case Field에 시군구명과 같은 구분 필드를 입력하면 각각의 고유값 별 피처의 평균 중심을 생성할 수 있습니다.



4.3.6.2. Median Center

피처 레이어의 모든 피처들에 대해 총 거리의 합이 가장 최소가 되는 지점(Median Center)을 생성하는 도구입니다.

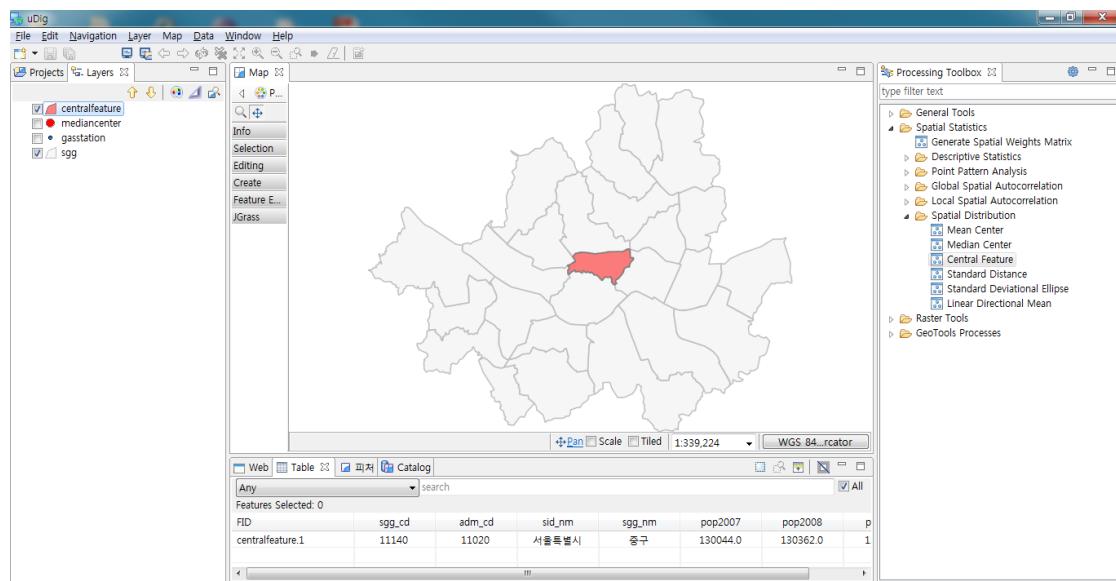
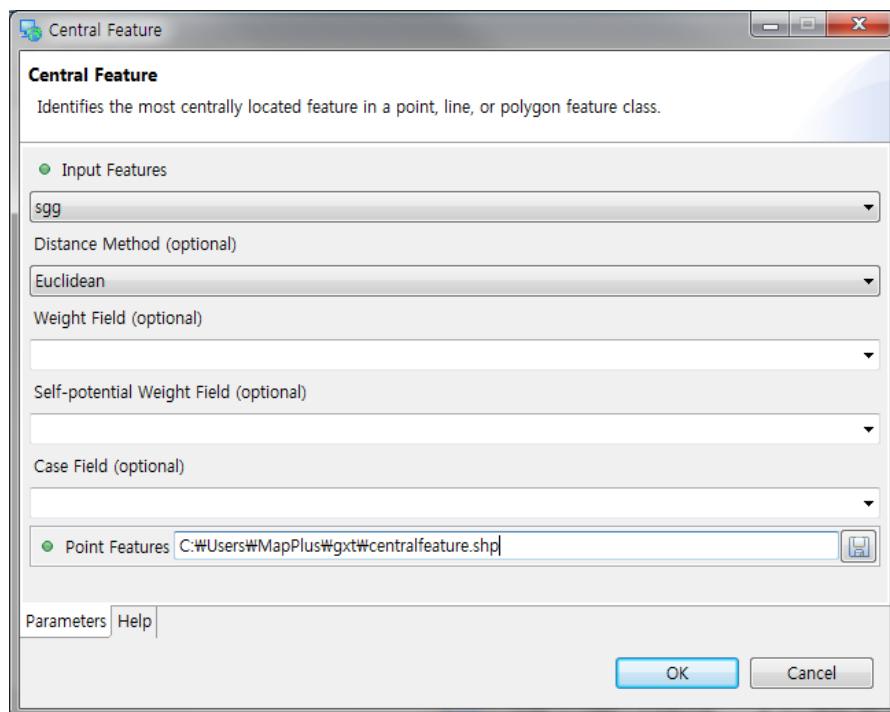
Input Feature에 분석할 벡터데이터를 입력하고 실행하면 중위점이 생성됩니다. 옵션에 따라 Weight Field에 가중치 필드를 입력하거나 Case Field에 시군구명과 같은 구분 필드를 입력하면 각각의 고유값 별 피처의 중위점을 생성 할 수 있습니다.



4.3.6.3. Central Feature

피처 레이어의 모든 피처들에 대해 총 거리의 합이 가장 최소가 되는 피처(Central Feature)를 생성하는 도구입니다.

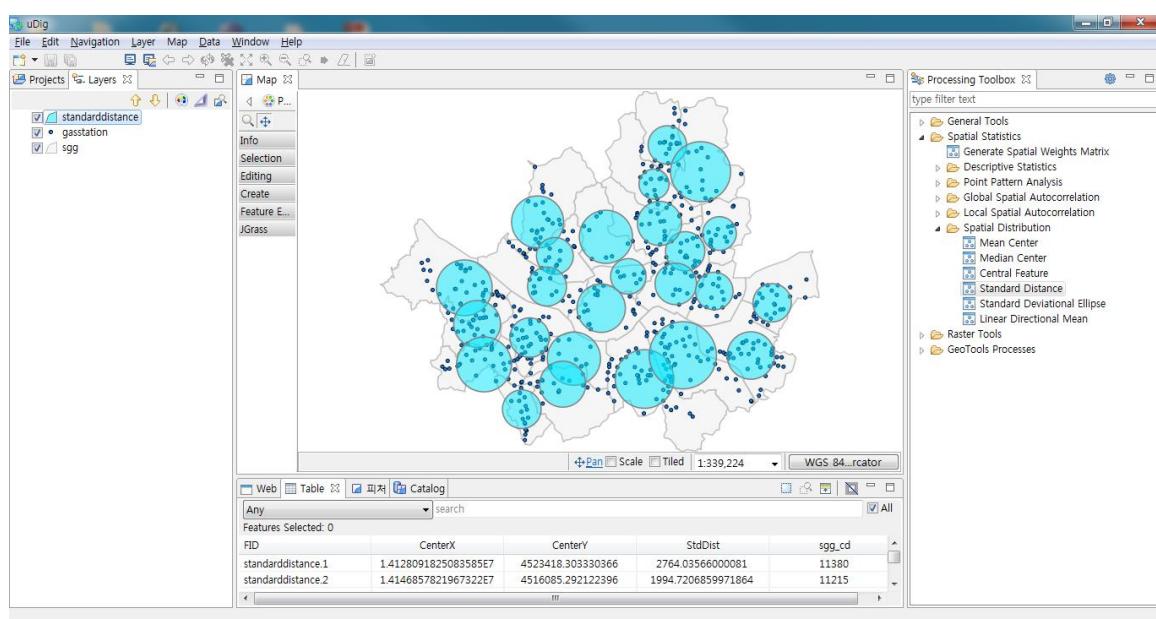
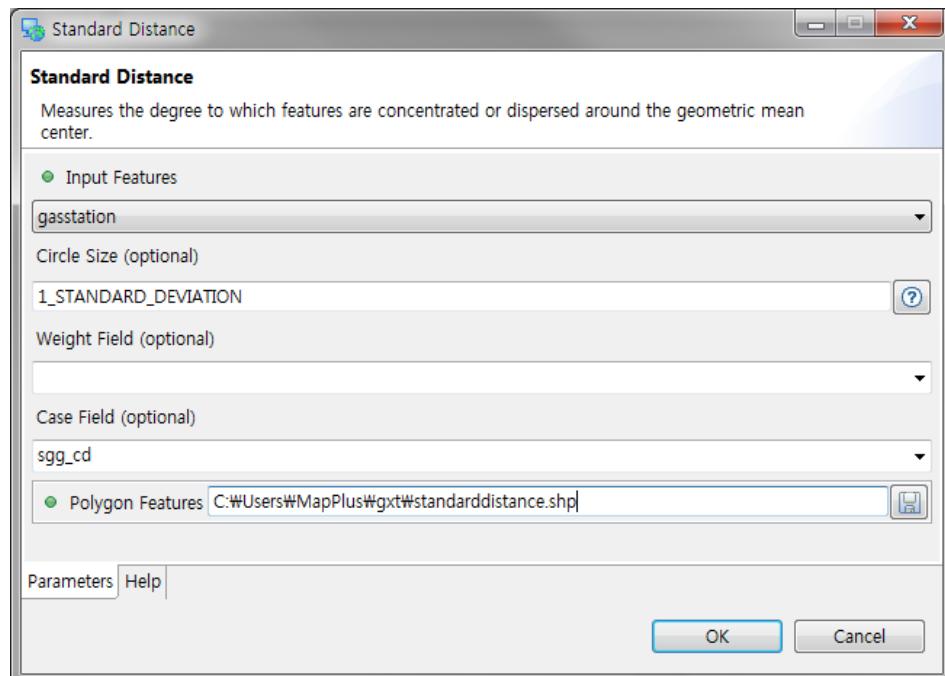
Input Feature에 분석할 벡터데이터를 입력하고 Distance Method에 거리 산정방식(Euclidean, Manhattan)을 입력한 다음 실행하면 원본 데이터에서 중심 피처를 추출하여 새로운 벡터데이터를 생성합니다. 옵션에 따라 Weight Field에 가중치 필드를 입력하거나 Case Field에 구분 필드를 입력 할 수 있습니다.



4.3.6.4. Standard Distance

피처 레이어의 모든 피처들이 Mean Center를 기준으로 집중되어 있는지 분산되어 있는지의 정도를 측정합니다. 피처의 중심점 또는 포인트간의 거리에 표준편차를 산출하여 그 반지름으로 평균 중심에서 원형 폴리곤을 생성합니다.

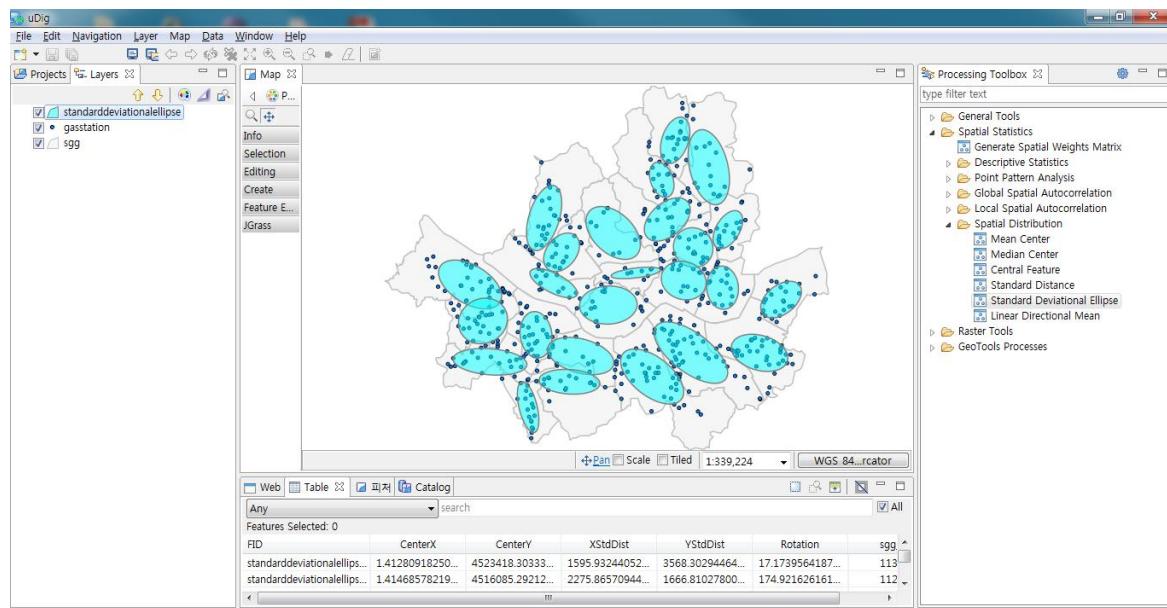
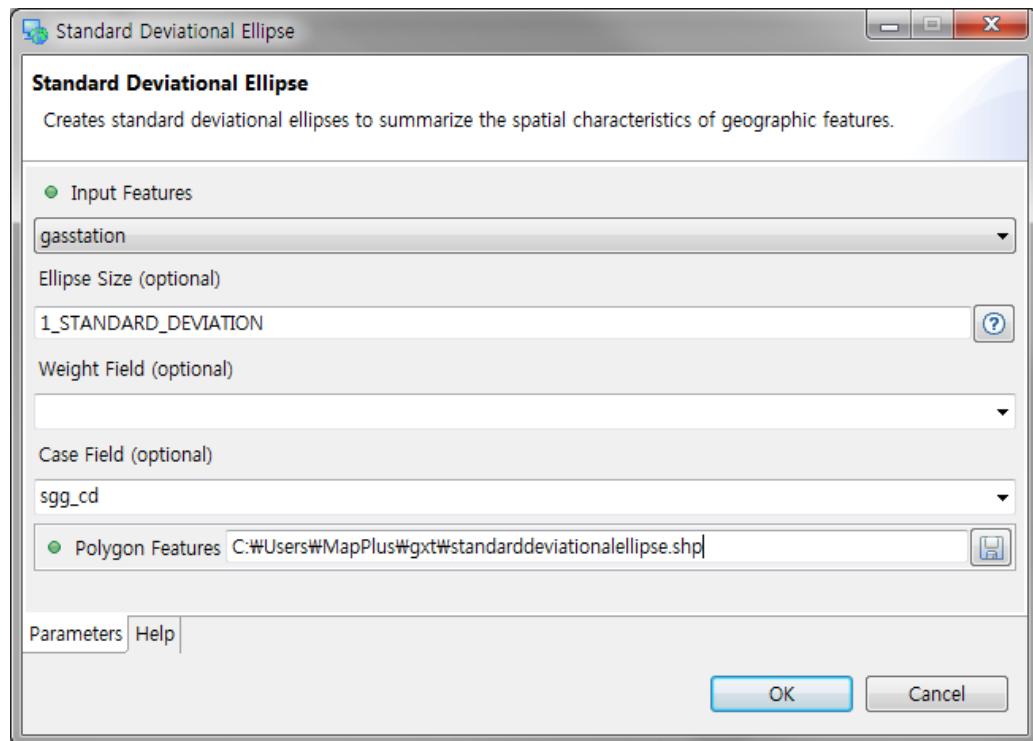
Input Feature에 분석할 벡터데이터를 입력하고 Circle Size에 원형 반지름을 산정방식 입력한 다음 실행하면 표준거리 벡터데이터를 생성합니다. 옵션에 따라 Weight Field에 가중치 필드를 입력하거나 Case Field에 구분 필드를 입력 할 수 있습니다.



4.3.6.5. Standard Deviational Ellipse

피처 레이어의 모든 피처들이 Mean Center를 기준으로 집중되어 있는지 분산되어 있는지의 정도와 분포의 방향성을 측정합니다.

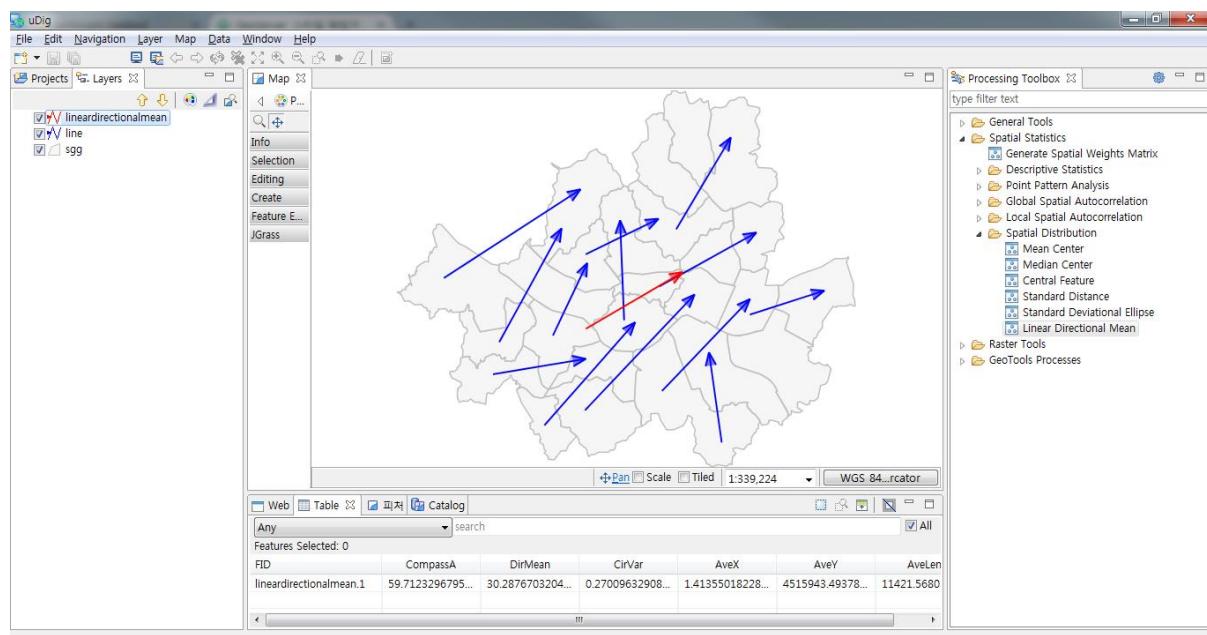
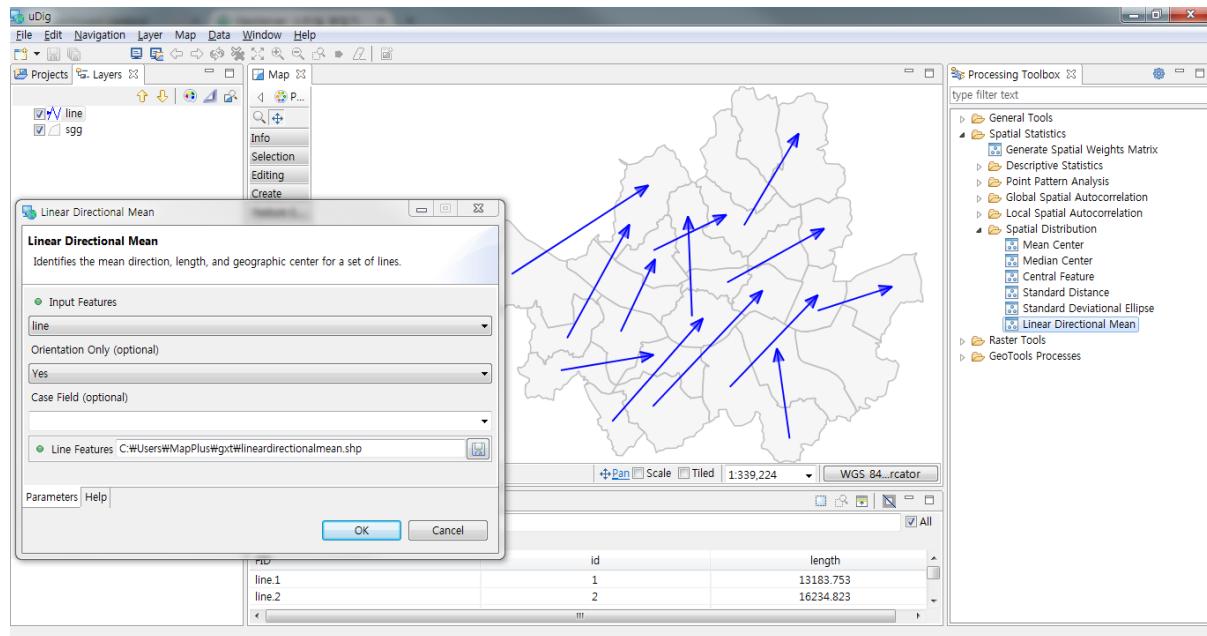
Input Feature에 분석할 벡터데이터를 입력하고 Circle Size에 원형 반지를 산정방식 입력한 다음 실행하면 표준거리 벡터데이터를 생성합니다. 옵션에 따라 Weight Field에 가중치 필드를 입력하거나 Case Field에 구분 필드를 입력 할 수 있습니다.



4.3.6.6. Linear Directional Mean

라인 피처 레이어의 모든 피처들에 대한 지리적 중심, 평균 길이와 방향을 확인합니다.

Input Feature에 분석할 라인 데이터를 입력하고 실행하면 선형 방향성 평균 라인 데이터를 생성합니다. 옵션에 따라 Orientation Only를 선택하거나 Case Field에 구분 필드를 입력 할 수 있습니다.



4.4 Raster Tools

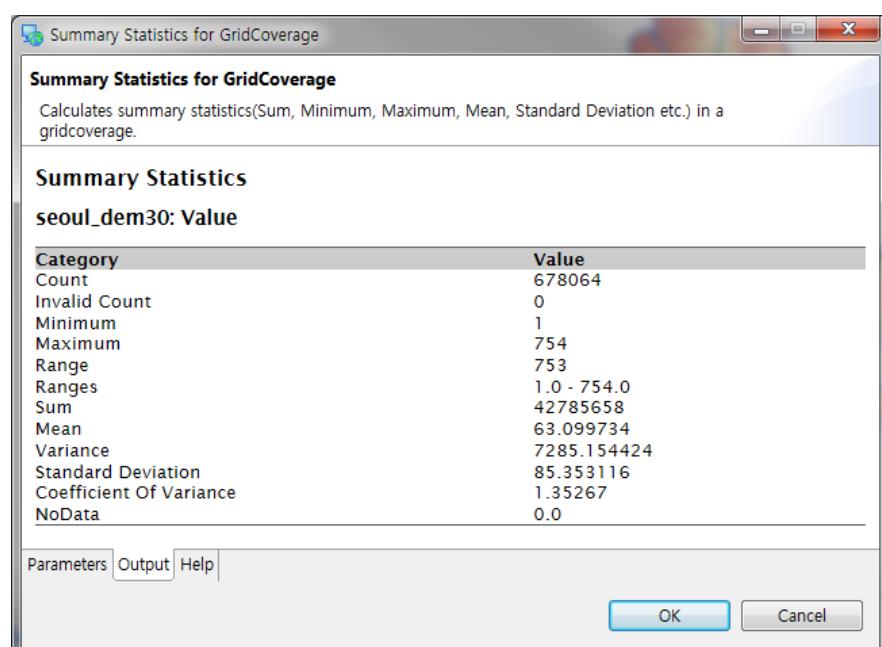
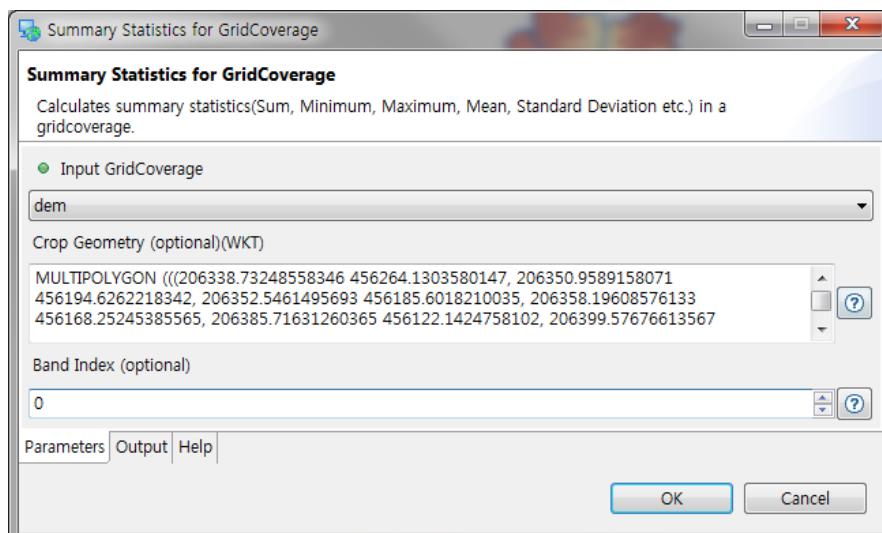
Extraction, Density, Interpolation 등 래스터 분석 기법을 지원하는 도구입니다.

4.4.1. Descriptive

4.4.1.1. Basic Statistics

래스터 레이어와 특정 영역을 설정하여 영역 내 포함되는 래스터 셀값에 대한 기초통계(Sum, Minimum, Maximum, Mean, Standard Deviation 등)를 분석합니다.

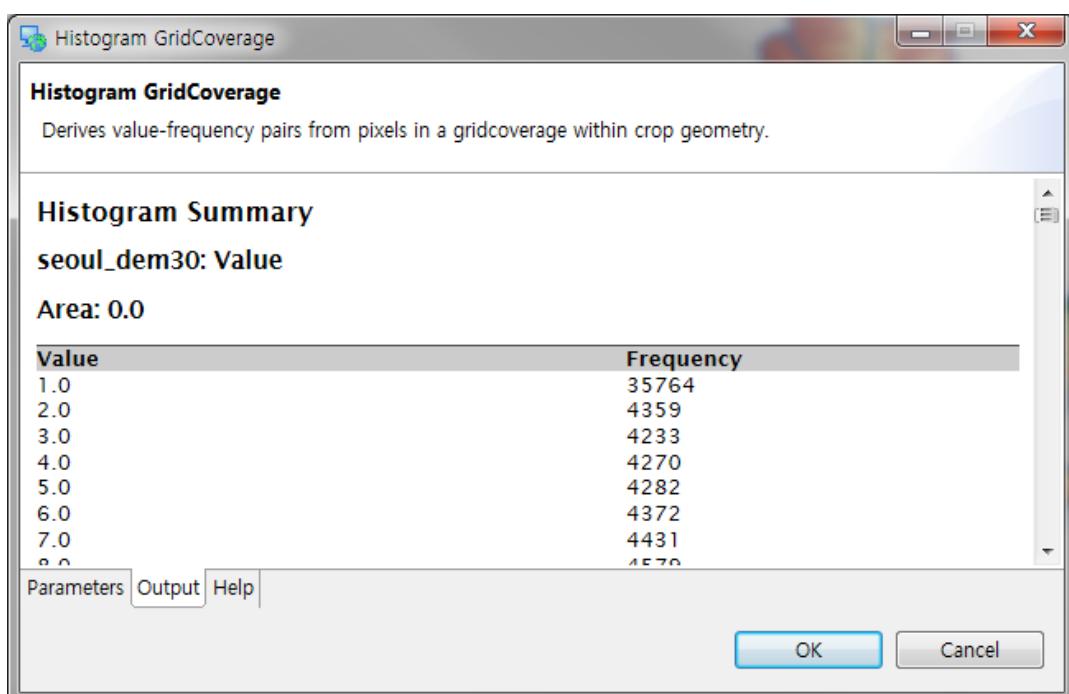
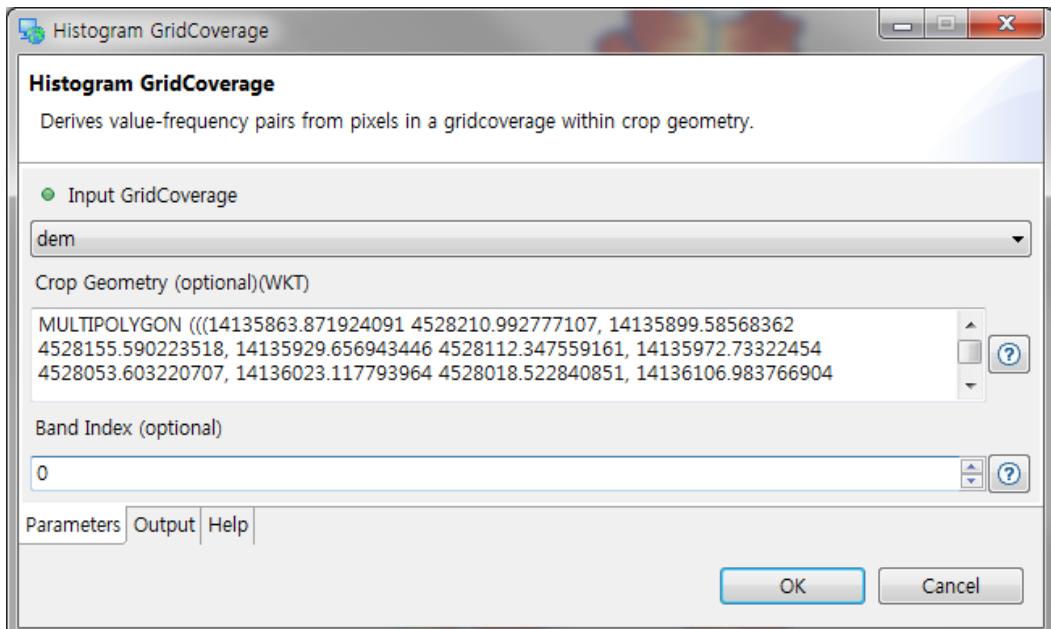
Crop Geometry 가 Null 이면 전체 셀을 대상으로 분석하며, 반드시 Polygon 또는 MultiPolygon 이어야 합니다. Band Index 는 zero-base 기반입니다.



4.4.1.2. Histogram

래스터 레이어와 특정 영역을 설정하여 영역 내 포함되는 래스터 셀 고유값과 빈도수를 추출합니다.

Crop Geometry 가 Null 이면 전체 셀을 대상으로 분석하며, 반드시 Polygon 또는 MultiPolygon 이어야 합니다. Band Index 는 zero-base 기반입니다

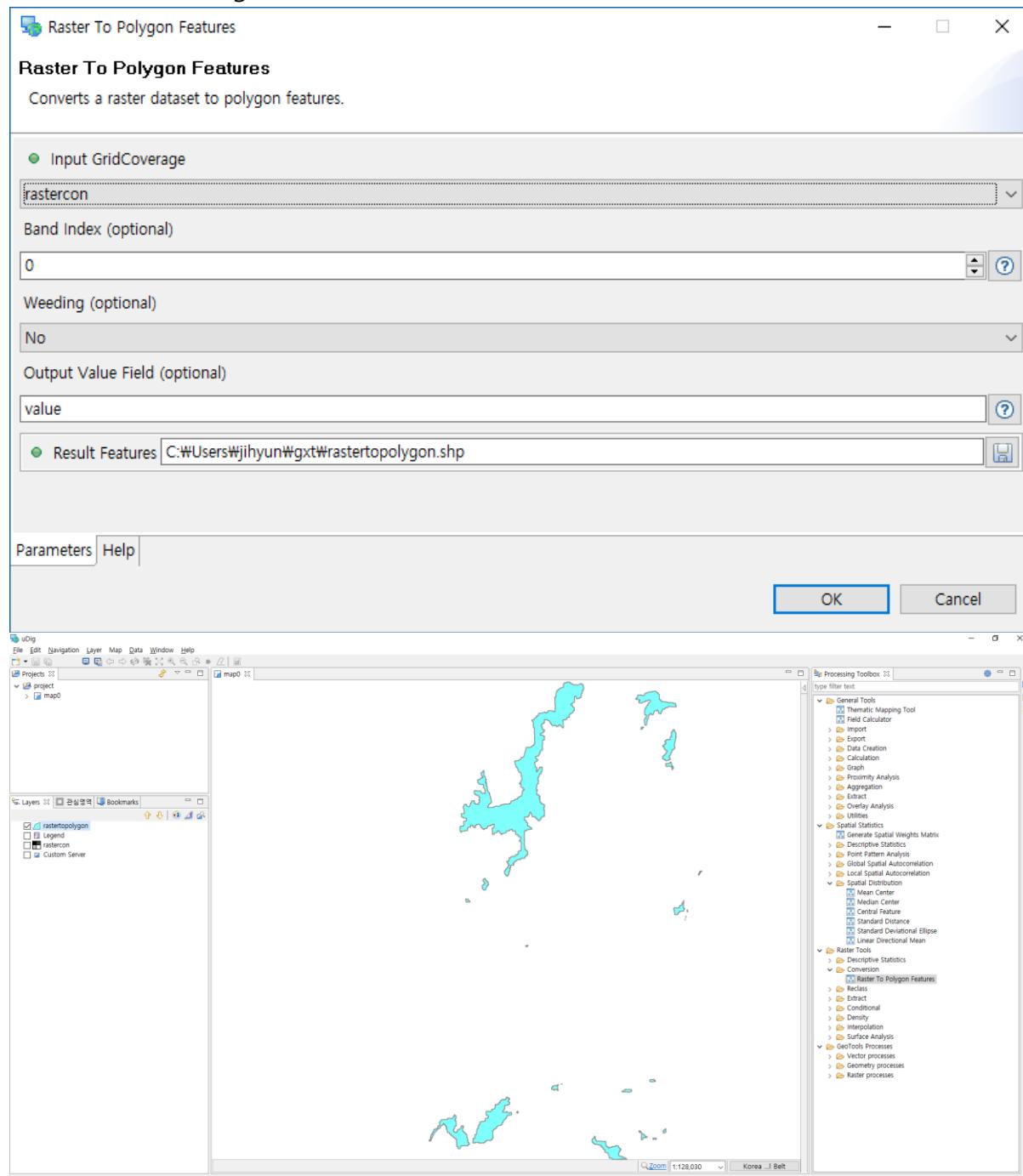


4.4.2. Conversion

4.4.2.1. Raster To Polygon Features

래스터 데이터를 폴리곤 데이터로 변환하는 도구입니다.

래스터 셀 값을 폴리곤 데이터로 변환 하며 옵션으로 래스터 데이터의 밴드를 선택하거나 Weeding 옵션을 선택 할 수 있습니다.



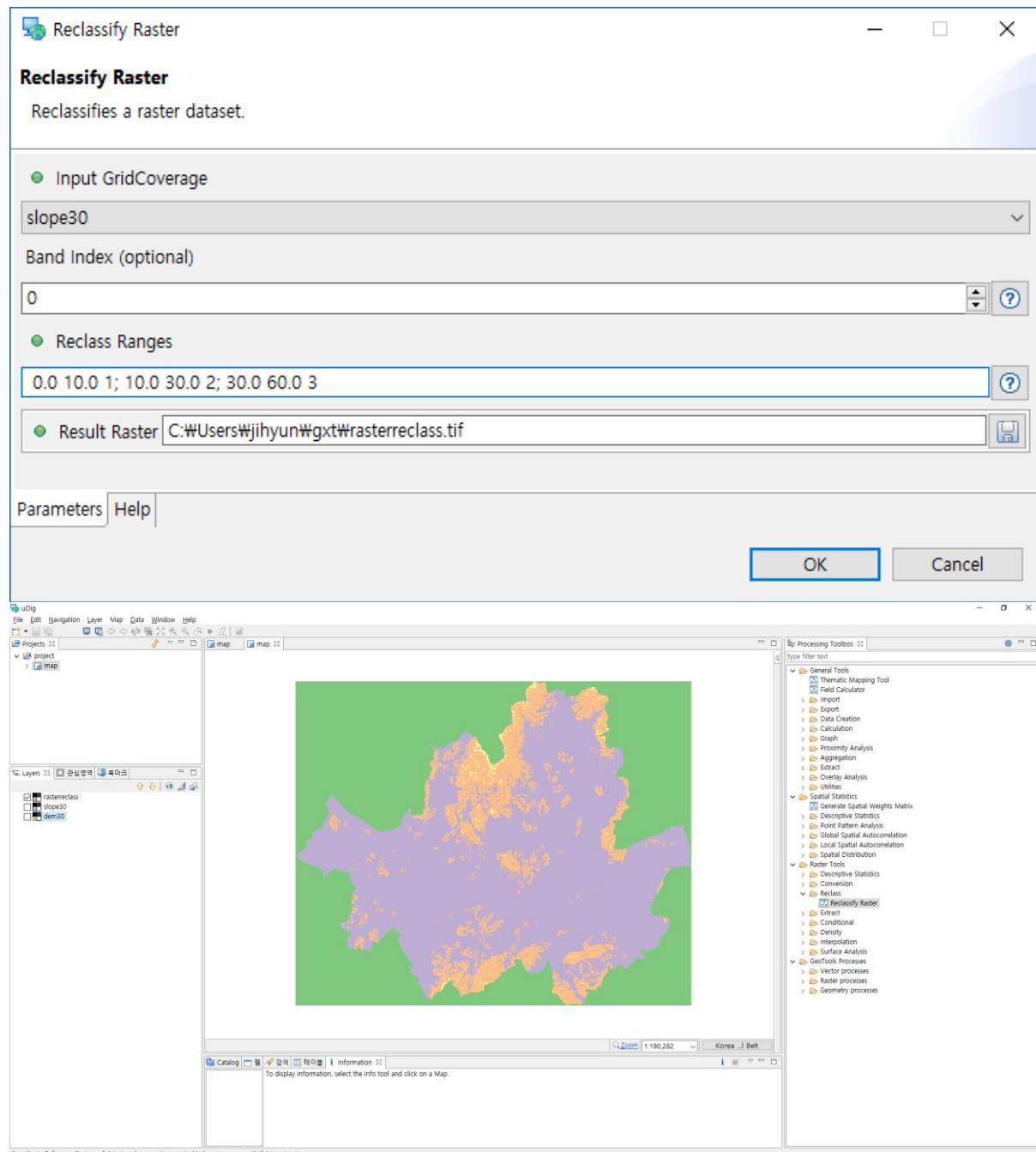
4.4.3. Reclass

4.4.3.1. Reclassify Raster

래스터 데이터를 재 분류 하는 도구 입니다.

Reclassify Ranges 에 재 분류 범위를(ex 0.0 10.0 1; 10.0 30.0 2; 30.0 60.0 3) 입력한 뒤

실행하면 재 분류 된 래스터가 생성됩니다.

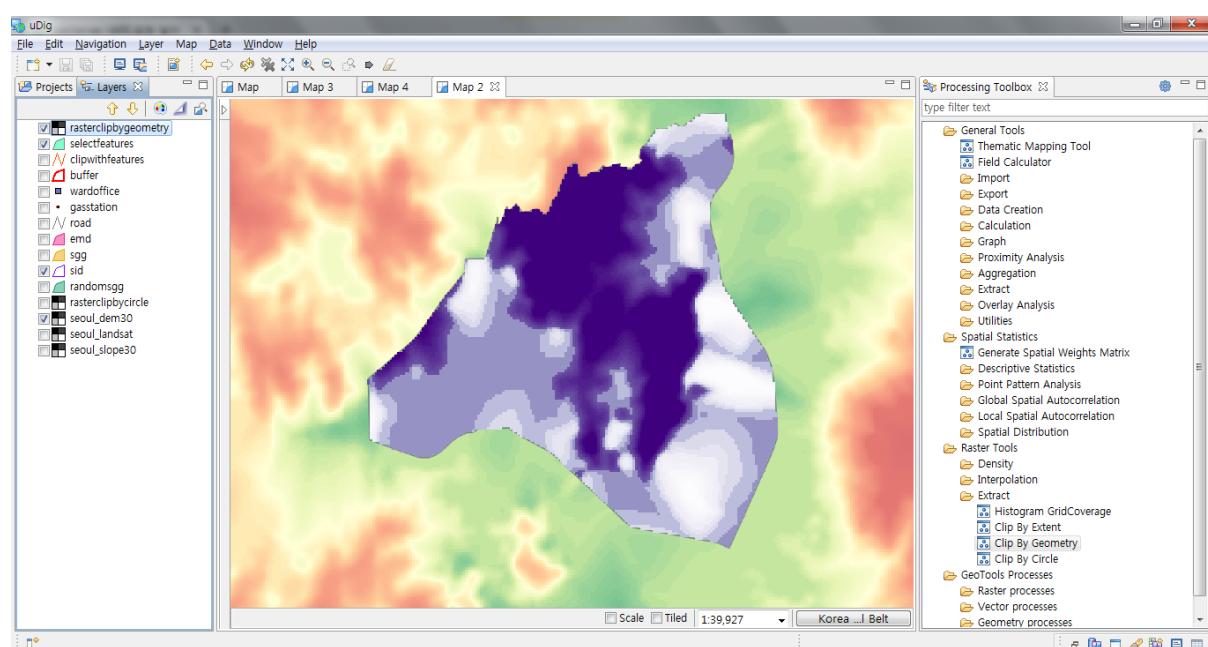
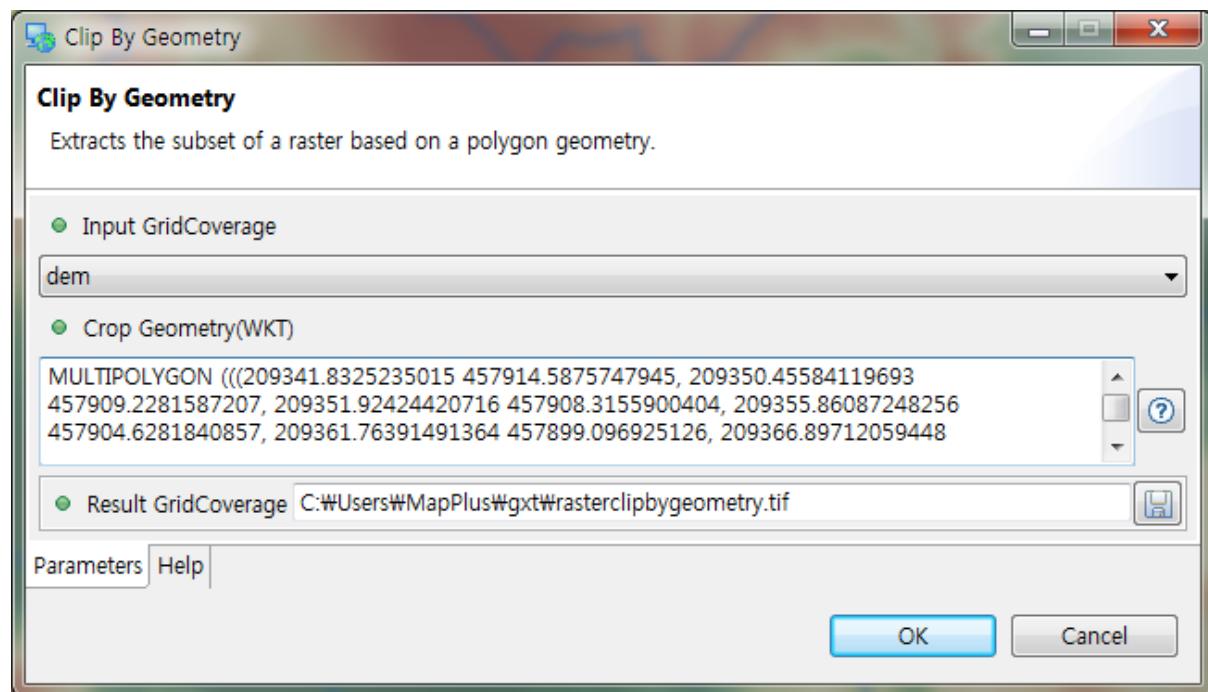


4.4.4. Extraction

4.4.4.1. Extract by Geometry

Polygon 또는 MultiPolygon Geometry 를 설정하여 이와 교차되는 래스터 데이터를 추출합니다.

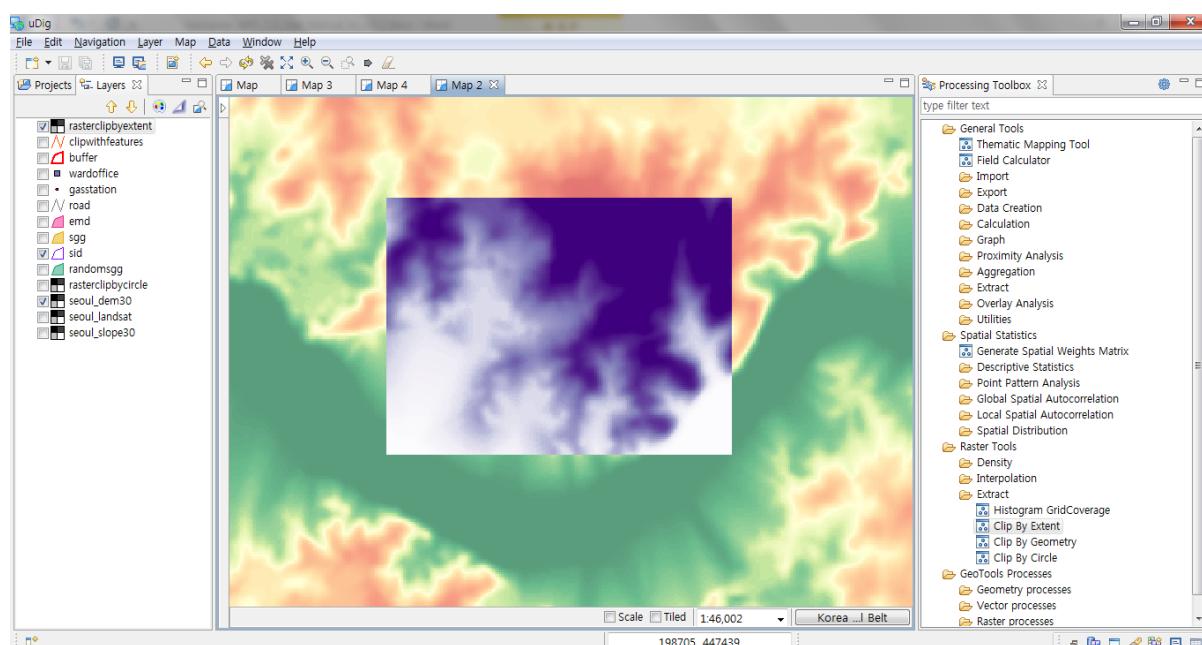
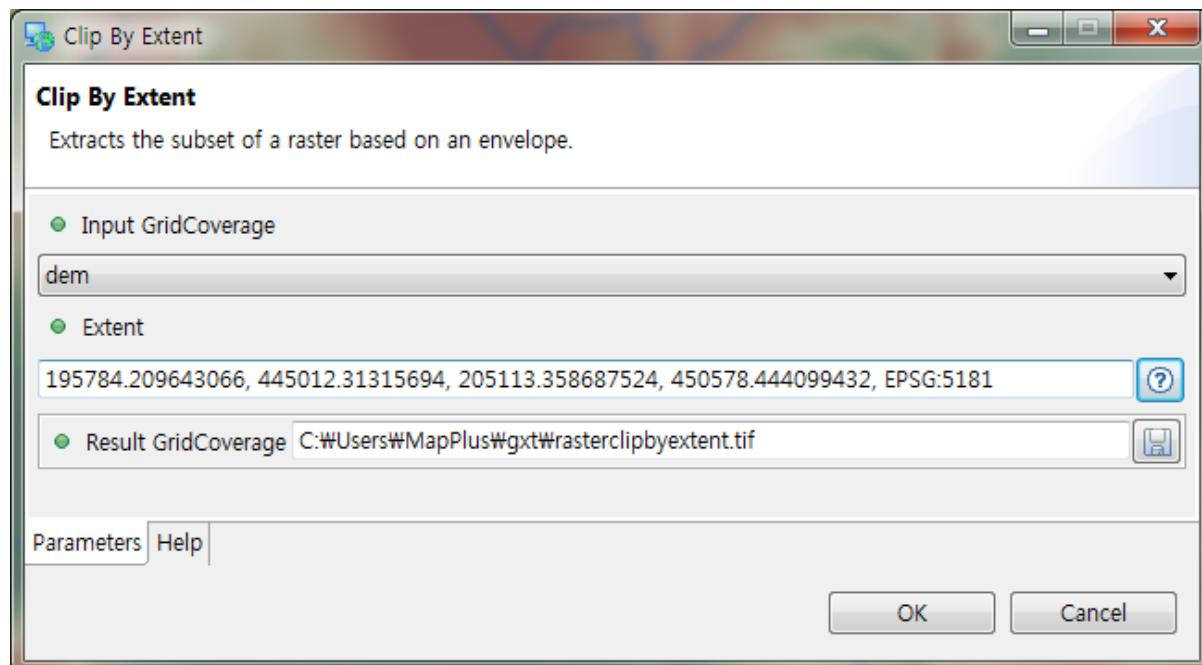
Crop Geometry 의 좌표값은 Input GridCoverage 의 좌표체계와 동일해야 합니다.



4.4.4.2. Extract by Extent

Envelope 을 설정하여 이와 교차되는 래스터 데이터를 추출합니다.

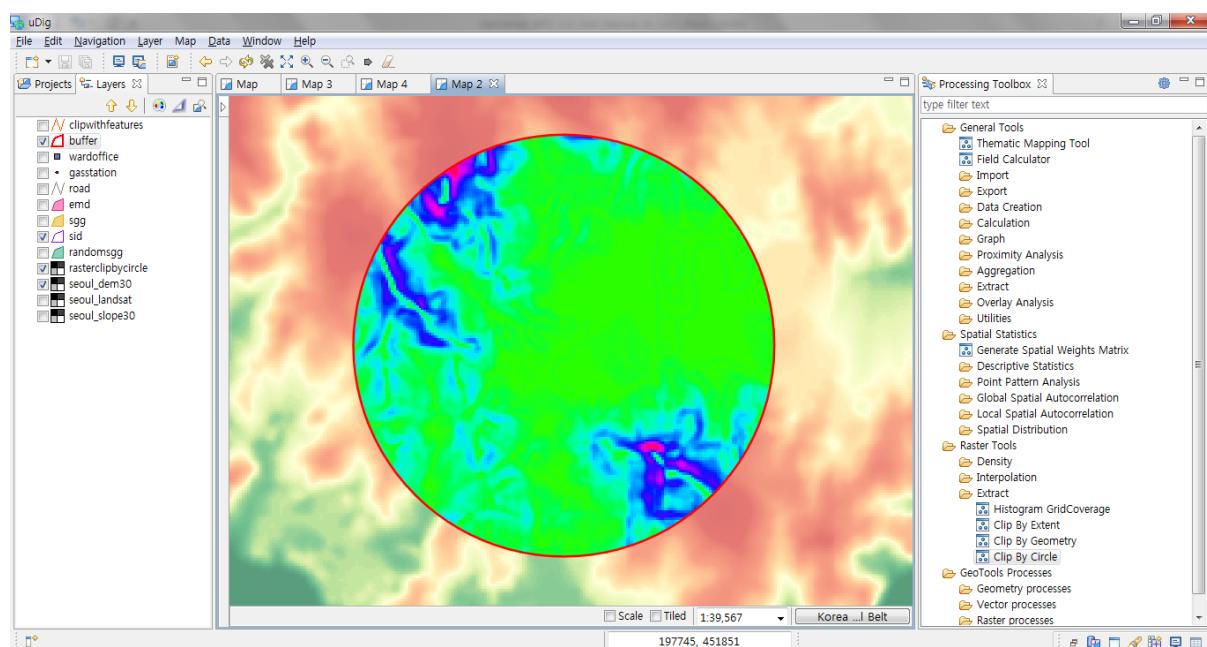
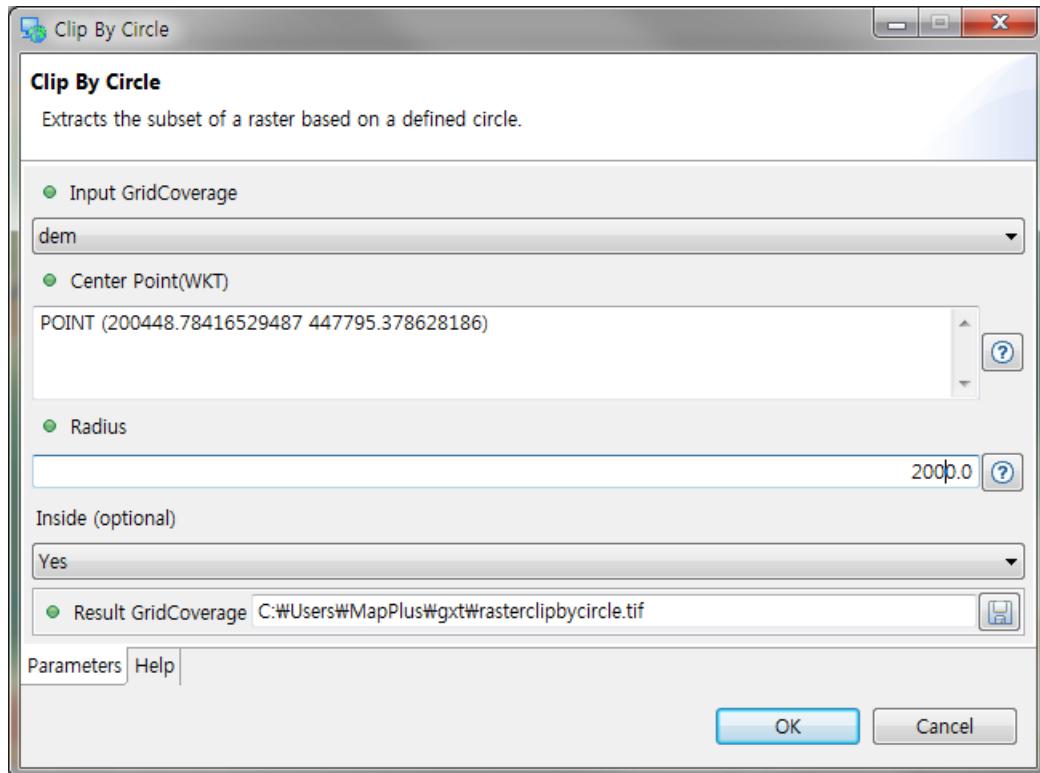
Extent 의 좌표값은 Input GridCoverage 의 좌표체계와 동일해야 합니다.



4.4.4.3. Extract by Circle

중심점과 반경에 기반한 원을 설정하여 이와 교차되는 래스터 데이터를 추출합니다.

Center Point의 좌표값은 Input GridCoverage의 좌표체계와 동일해야 하며, 반경 단위 역시 Input Gridcoverage의 좌표체계를 따릅니다.

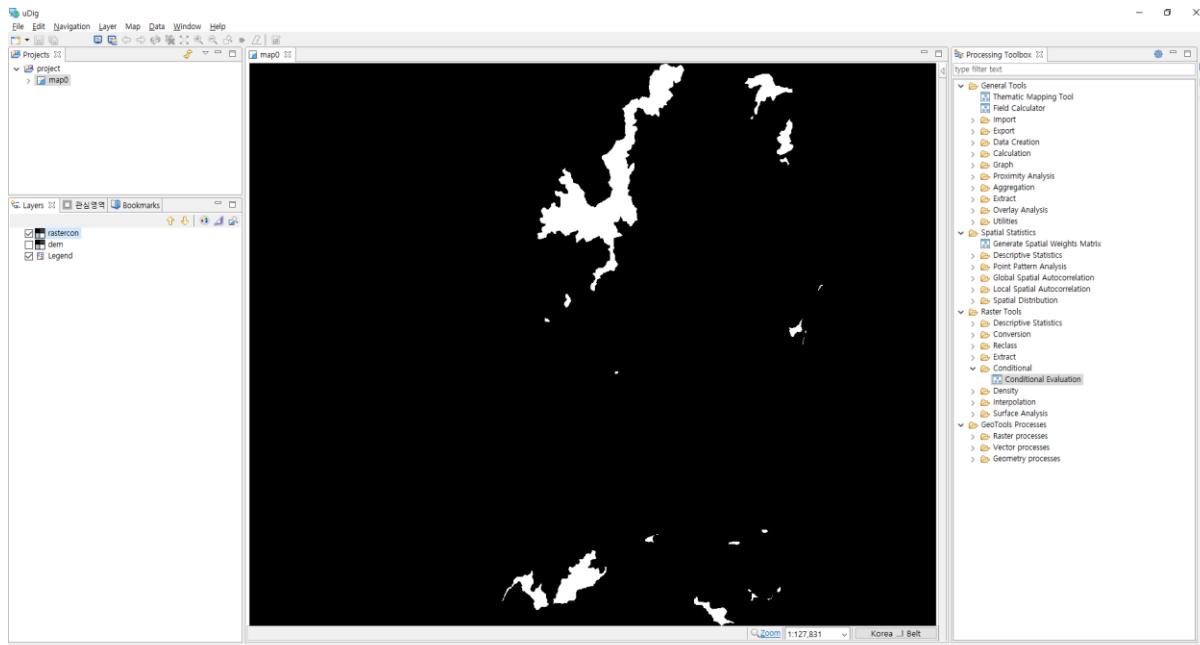
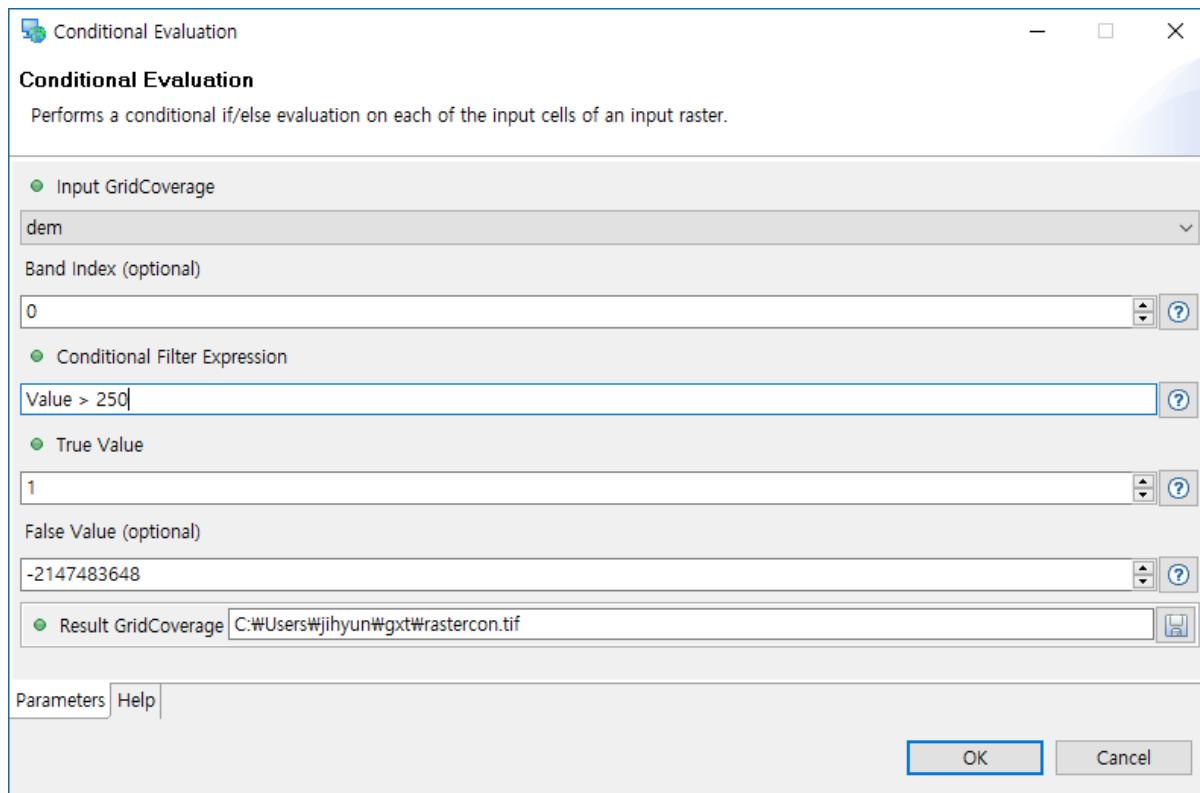


4.4.5. Conditional

4.4.5.1. Conditional Evaluation

래스터 데이터에 조건을 입력하고 조건에 부합하는 지역을 추출하는 기능입니다.

생성되는 래스터의 값을 설정 할 수 있습니다.



4.4.6. Density

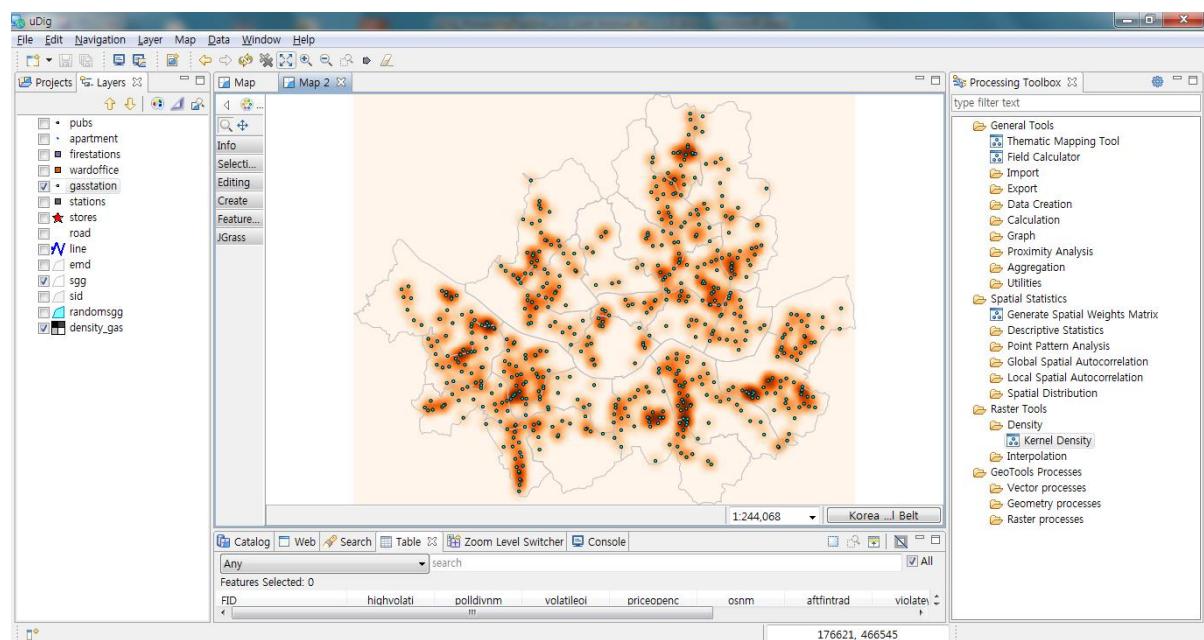
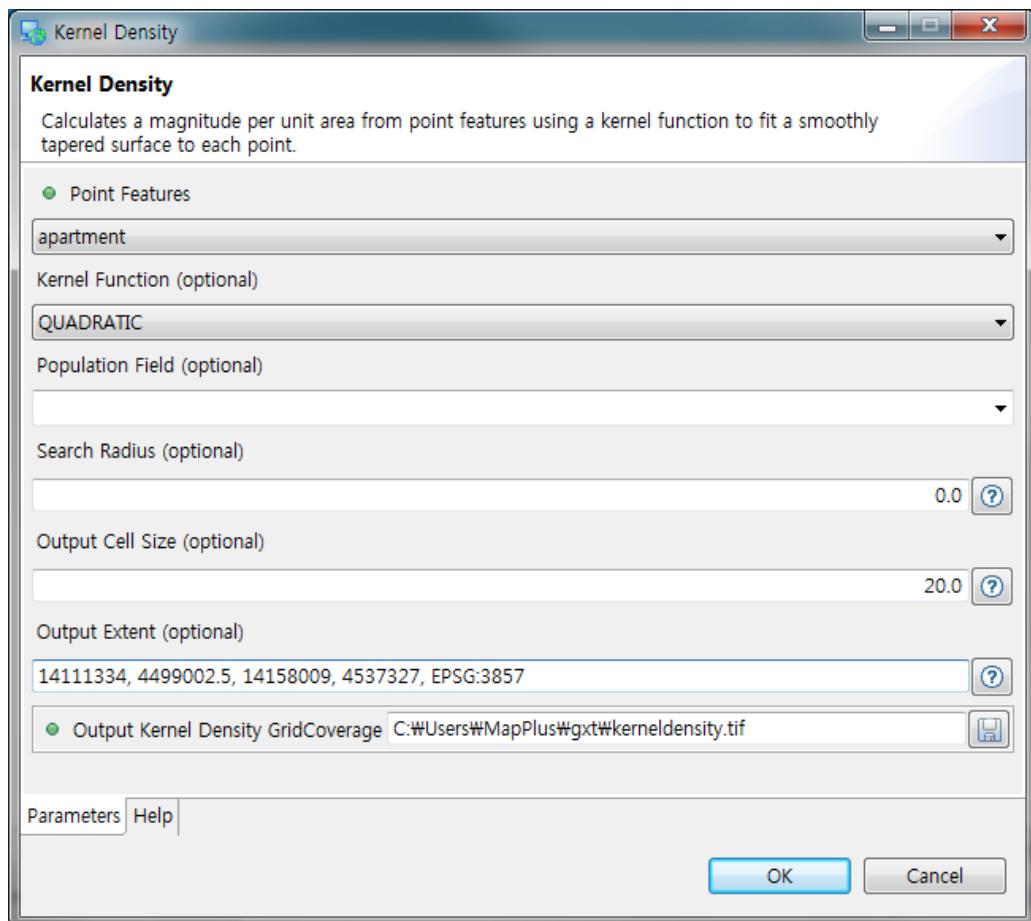
4.4.6.1. Kernel Density

포인트 데이터를 이용하여 커널 밀도 래스터 데이터를 생성합니다. 커널함수는 일정한 분석 반경 안에 포함하는 점 데이터의 밀도를 측정하여 커널 함수로 표현하며, 커널밀도분석은 포인트 객체가 위치한 지점에서 가장 높은 값이 부여되고 이후 거리가 멀어짐에 따라 그 값이 작아져 설정한 반경을 벗어나면 값이 부여되지 않는 방식입니다.

Point Features에 분석할 포인트 데이터를 입력하고 Kernel Function에 다양한 커널 함수 중 한가지를 선택합니다. 커널 함수는 Kernel (statistics)²를 참조하십시오.

Population Field에 밀도 필드를 입력하고 실행하면 Kernel Density 래스터 데이터가 생성됩니다. 옵션에 따라 검색 반경과 래스터의 Cell Size, Extent를 입력할 수 있습니다.

² https://en.wikipedia.org/wiki/Kernel_%28statistics%29#Kernel_functions_in_common_use



4.4.7. Interpolation

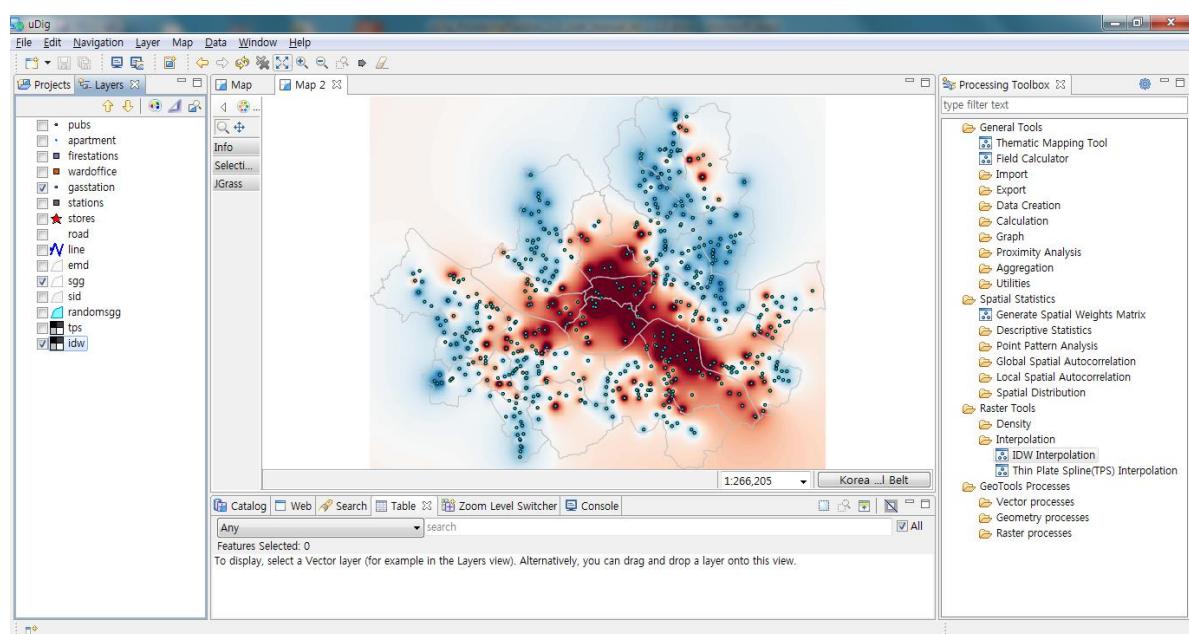
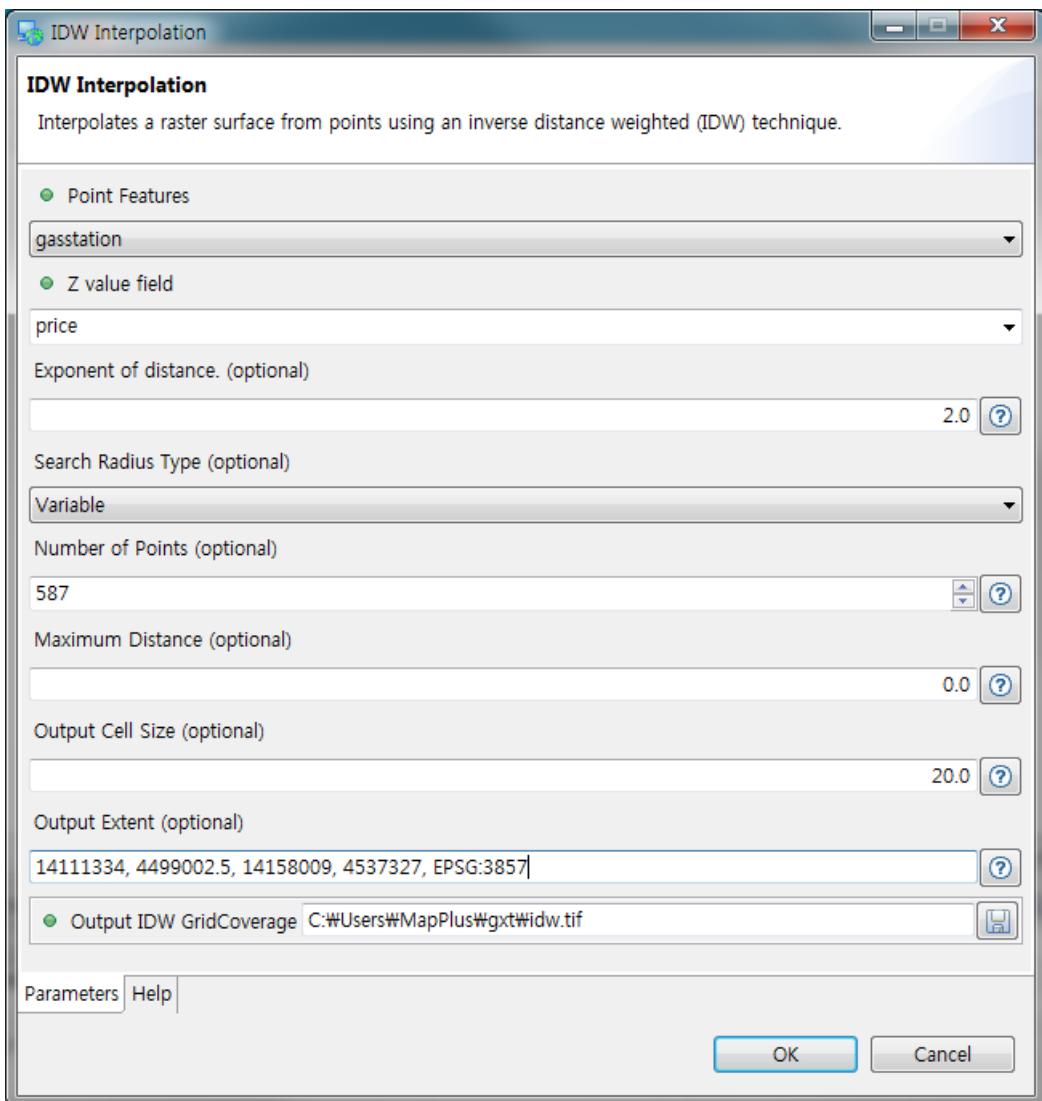
4.4.7.1. Inverse Distance Weighted (IDW) Interpolation

포인트 데이터를 이용하여 역거리 가중치 래스터 데이터를 생성합니다.

역거리 가중치 보간법은 이미 알고 있는 값에 대한 보간 기법으로 실측값에 가까이 있을수록 더 큰 가중 값을 부여하며 멀어질수록 가중되는 값의 영향력이 줄어드는 방식입니다.

Point Features 에 분석할 포인트 데이터를 입력하고 Z Value Field 에 실측값 필드를 입력한 다음 실행면 역거리 가중치 래스터 데이터가 생성됩니다.

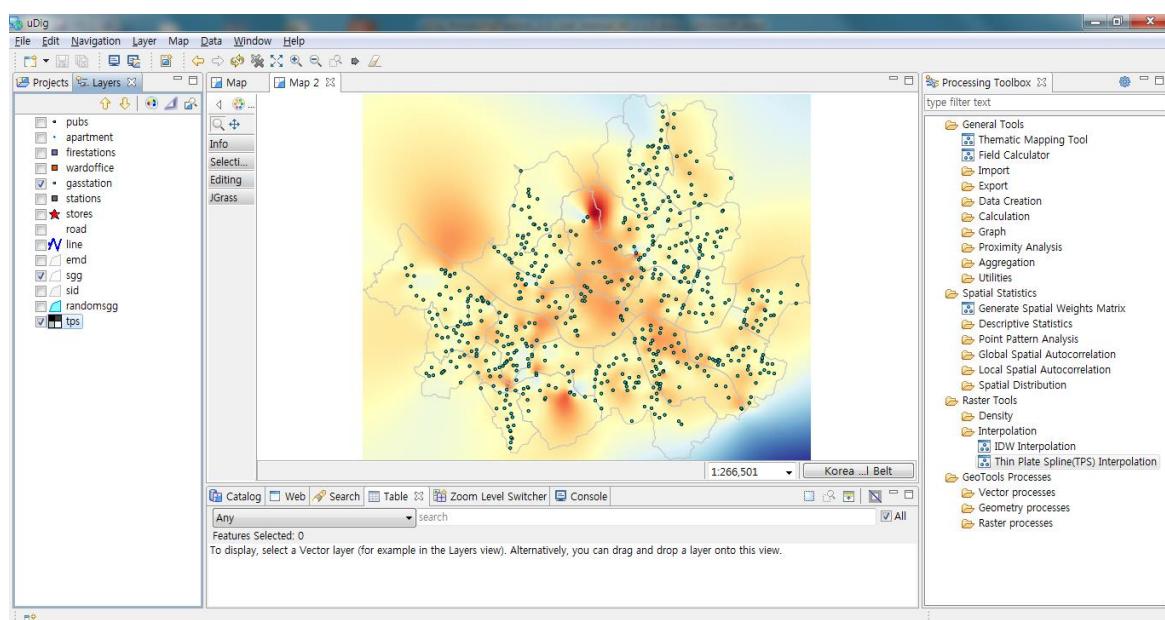
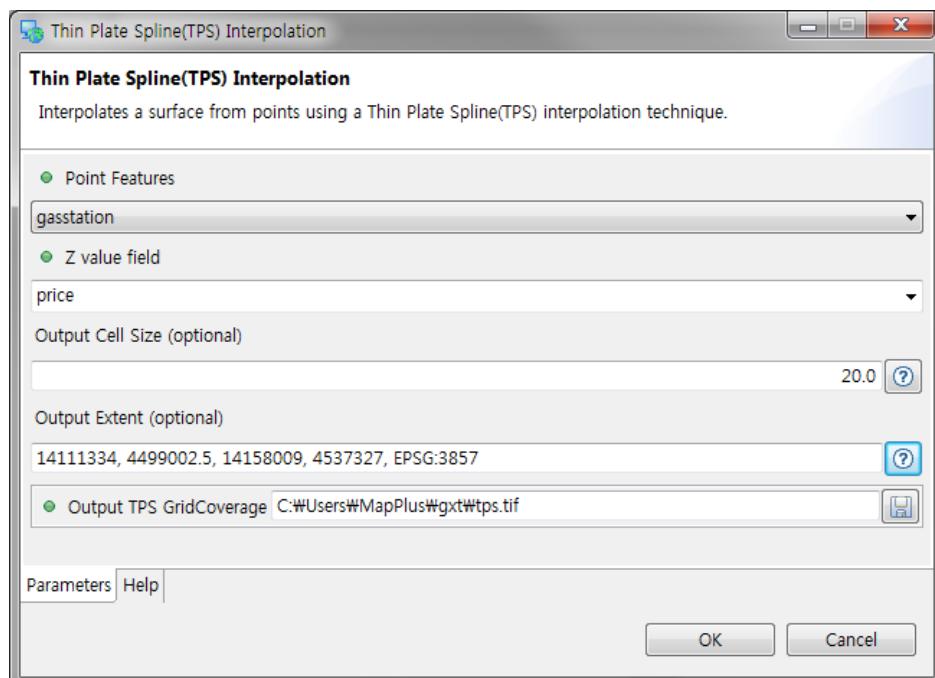
옵션으로 거리지수 및 탐색 반경 타입, 포인트의 수, 최대거리, 래스터 Cell Size, Extent 를 입력 할 수 있습니다.



4.4.7.2. Thin Plate Spline (TPS) Interpolation

포인트 데이터를 이용하여 TPS 보간 래스터를 생성합니다. Thin Plate Spline(TPS) 보간법은 평면상의 점들에서 주어지는 데이터 값을 보간하는 곡면을 찾는 기법으로 주어진 데이터 값을 모두 지나는 최소로 변형된 부드러운 곡면을 찾는 방식입니다.

Point Features에 분석할 포인트 데이터를 입력하고 Z value field에 실측값 필드를 입력한 다음 실행하면 TPS 보간 래스터가 생성됩니다. 옵션으로 래스터 Cell Size, Extent를 입력 할 수 있습니다.

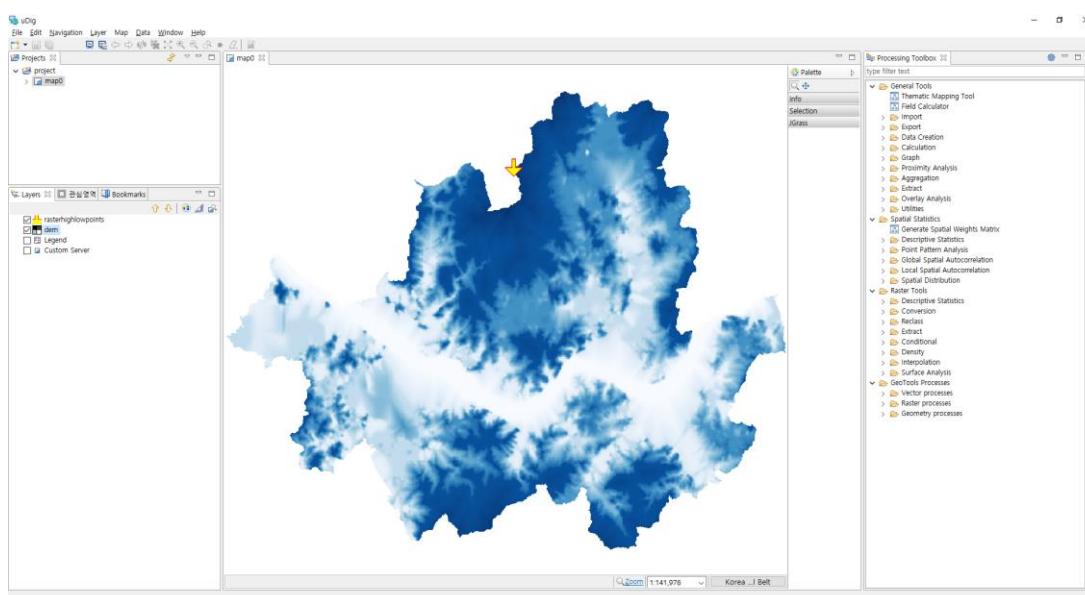
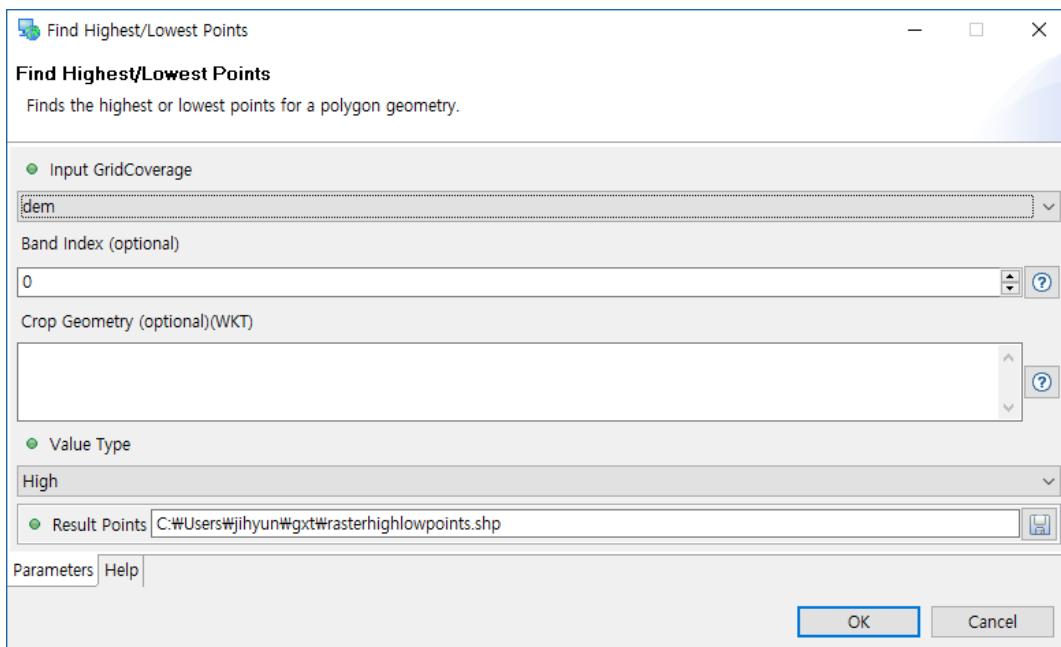


4.4.8. Surface Analysis

4.4.8.1. Find Highest/Lowest Points

래스터 데이터의 가장 높은 값 혹은 가장 낮은 값을 찾아 포인트 데이터로 변환하는 도구입니다.

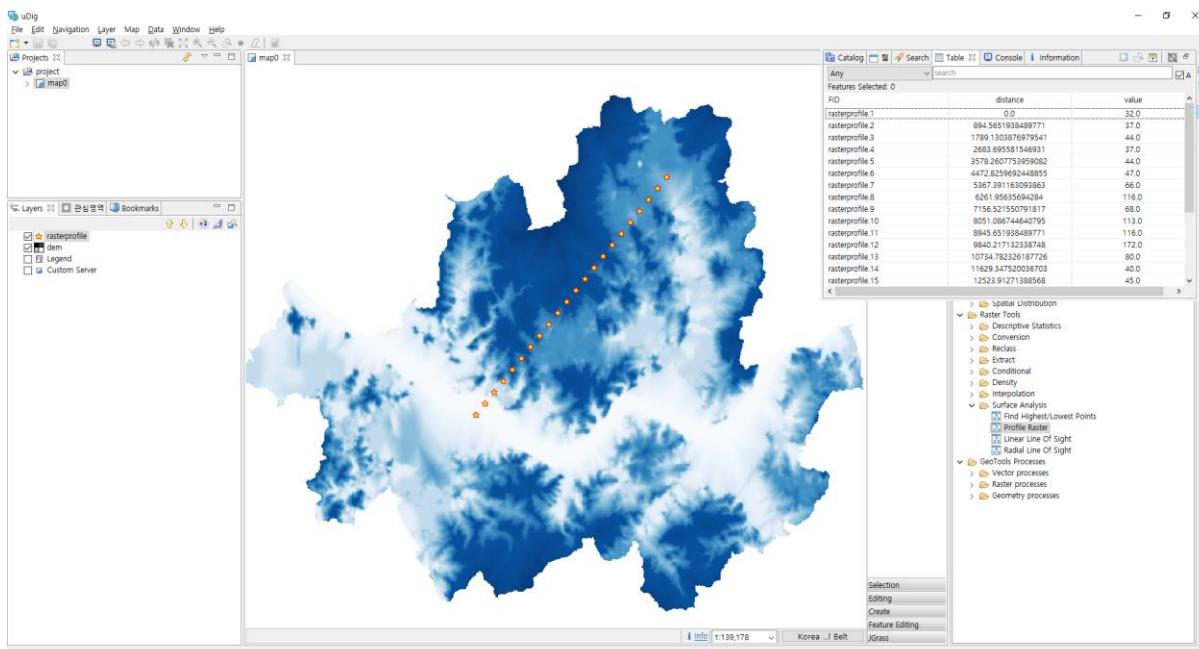
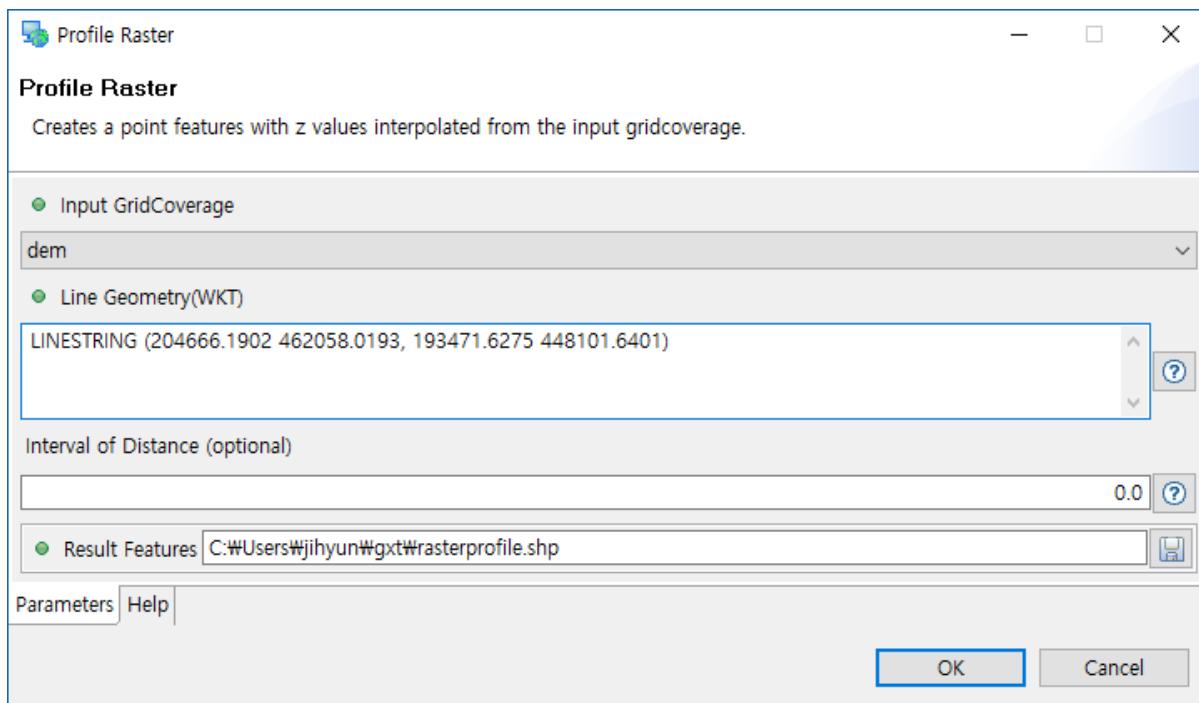
Input GridCoverage에 래스터 데이터를 입력한 뒤 Value Type을 선택하고 실행하면 포인트 데이터가 생성됩니다. 옵션에 따라 범위를 지정하여 생성 할 수 있으며 Value Type은 High(높은 값), Low(낮은 값), Both(높은 값/낮은 값)이 있습니다.



4.4.8.2. Profile Raster

래스터 데이터의 횡단면을 추출하는 도구입니다.

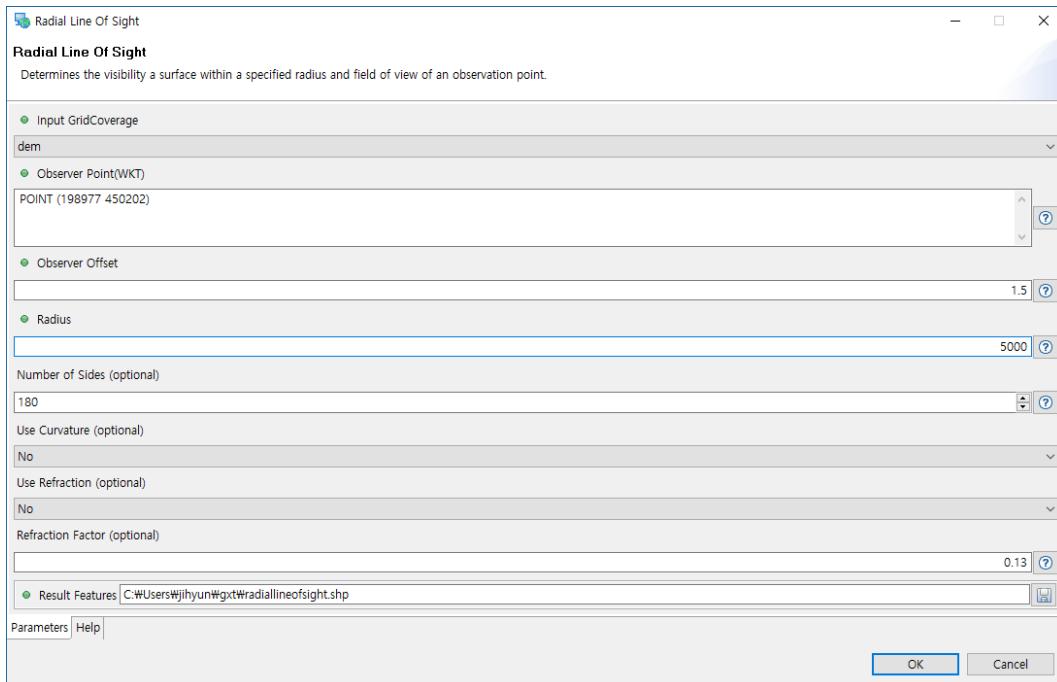
Input GridCoverage에 래스터 데이터를 입력하고 Line Geometry에 라인 데이터를 WKT 형식으로 입력 후 실행하면 래스터 데이터의 Value가 입력된 포인트 데이터가 일정 간격으로 생성됩니다. 옵션을 통해 포인트 데이터가 생성되는 간격을 지정 할 수 있습니다.



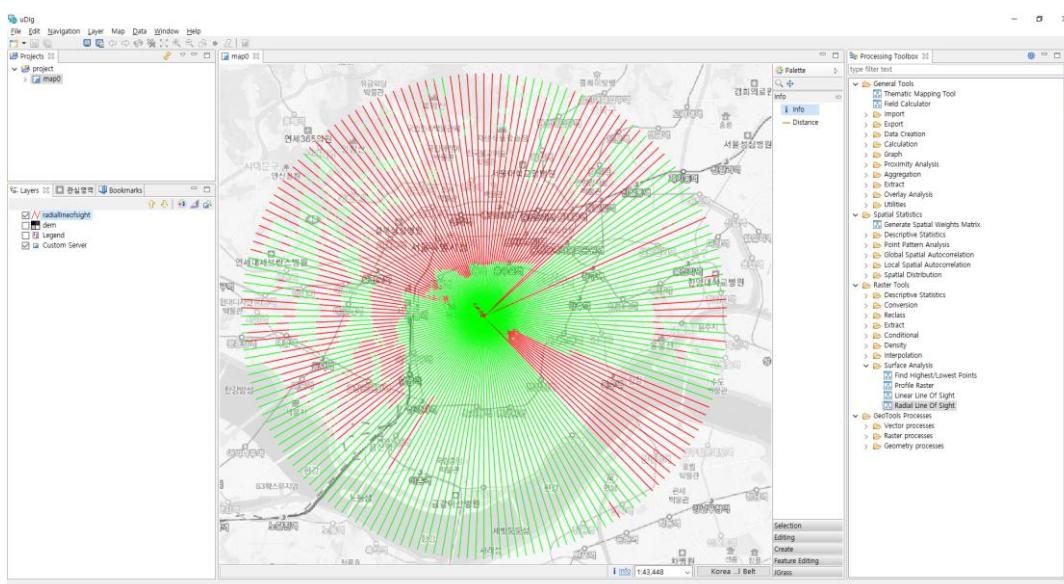
4.4.8.3. Radial Line Of Sight

래스터 데이터를 이용하여 반경 가시권 분석을 실행 하는 도구 입니다.

Input GridCoverage에 Surface 래스터 데이터를 입력하고 Observer Point에 가시권 분석의 중심점을 WKT형식으로 입력합니다. 그리고 Observer Offset(가시권 분석 라인의 간격) 과 Radius(반경)를 입력한 뒤 실행하면 Radial Line Of Sight가 생성됩니다.



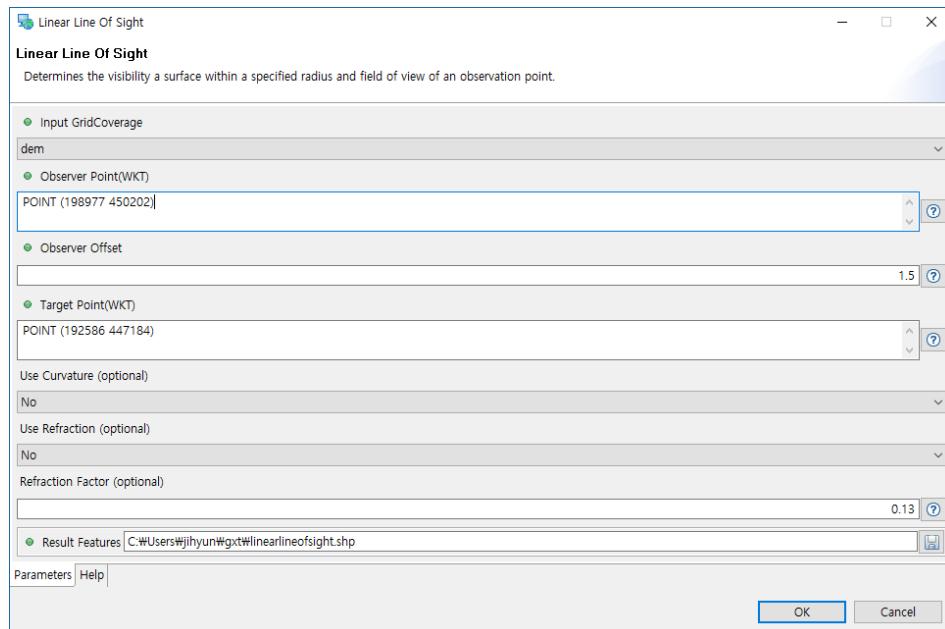
생성된 라인 데이터는 Visible필드가 생성되며 그 값이 1일 경우 가시영역, 0일경우 비가시 영역 입니다. 다음 예시는 남산을 기준으로 반경 5000미터 가시권을 분석한 결과입니다.



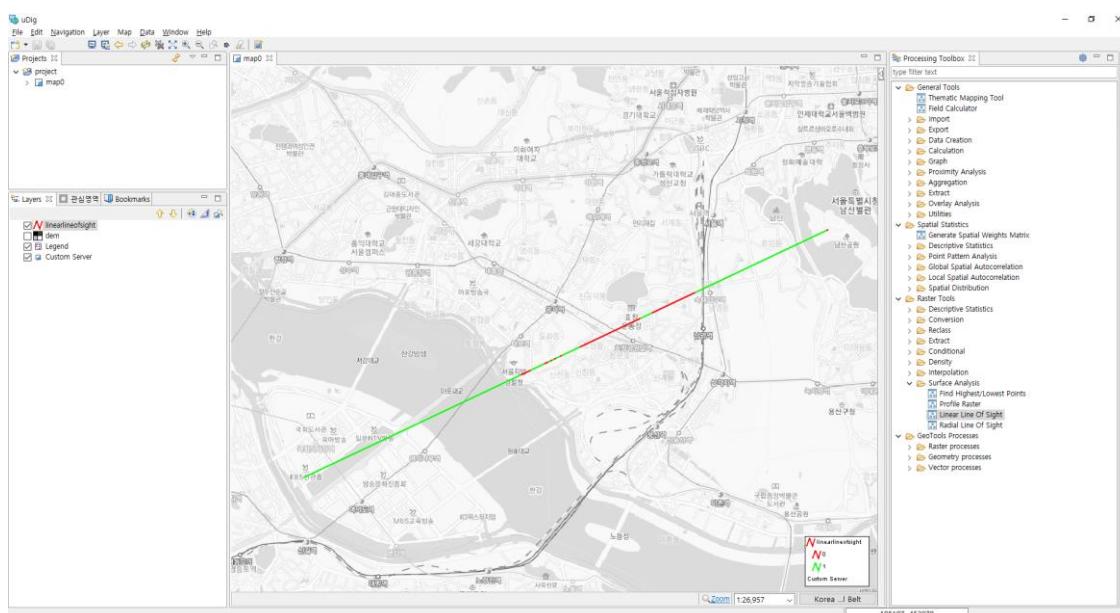
4.4.8.4. Linear Line Of Sight

래스터 데이터를 이용하여 선형 가시권 분석을 실행하는 도구입니다.

Input GridCoverage에 Surface 래스터 데이터를 입력하고 Observer Point에 가시권 분석의 시작점을 Target Point에 가시권 분석 종료 지점을 WKT형식으로 입력한 뒤 실행하면 Linear Line Of Sight가 생성됩니다. 옵션에 따라 Observer Offset(가시권 분석 라인의 간격)을 입력 할 수 있습니다.



생성된 라인 데이터는 Visible필드가 생성되며 그 값이 1일 경우 가시영역, 0일경우 비가시 영역 입니다. 다음 예시는 남산에서 여의도 방면 가시권을 분석한 결과 입니다.



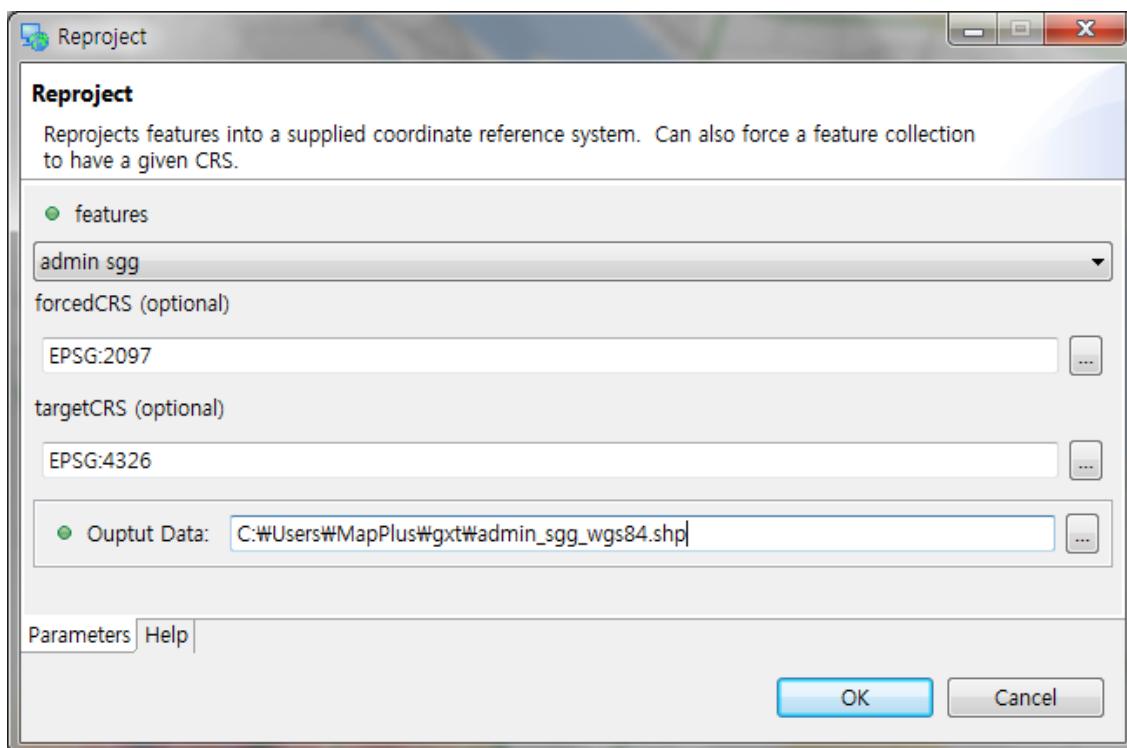
4.5 GeoTools Processes

GeoTools 프로세스는 GeoTools 라이브러리가 제공하는 gt-process 들을 사용합니다. 이 프로세스들은 GeoServer에서 WPS 프로세스들로 사용되기도 합니다.

다음은 좌표체계 변환을 수행하는 Reproject 프로세스를 사용하는 예입니다.

툴박스 뷰에서 [GeoTools] → [Vector processes] → [Reproject] 프로세스를 더블 클릭합니다. Reproject 프로세스는 좌표체계를 변환하는 프로세스입니다.

features 및 targetCRS 를 선택합니다. [...] 버튼을 눌러 좌표체계를 검색할 수 있습니다.



[확인] 버튼을 누르면 진행상태 윈도우 및 콘솔에 진행상태가 표시됩니다. 분석이 완료되면 새로운 레이어가 현재 지도에 자동으로 추가됩니다.

uDig은 QGIS, ArcGIS 처럼 on-the-fly(OTF) projection 을 지원합니다.

GeoTools 프로세스는 다음을 참고하시기 바랍니다.

- [GeoTools Process](#)
- [GeoServer WPS Processes](#)

5 분석기능 해설

5.1 Join Count Statistics

공간적 자기상관 혹은 공간적 연관성의 측정을 위해 공간통계분석에서 개발된 대부분의 통계량은 등간 및 비율척도를 그 대상으로 한다. 명목 혹은 범주형 데이터에 대한 분석 방법은 아직 충분하지 않은데, 조인-카운트 통계량이 그 대표적인 방법에 해당한다. 즉, 예를 들어 시가지-비시가지로 구분된 토지용도의 분포(혹은 선거지리에서의 여당당선지역-야당당선지역, 인구지리에서의 남초지역-여초지역 등)에 있어 동일한 용도끼리 공간적으로 인접해 군집을 이루는지를 분석하기 위해서는 조인-카운트 통계량을 사용할 수 있다.

조인-카운트 통계량은 기본적으로 에어리어 데이터를 대상으로 하며, 일반적으로 이항(바이너리) 범주형의 데이터에 적용된다. 이항 범주는 종종 색상에 비유하여 B 와 W로 표기된다. 조인-카운트 통계량의 핵심 아이디어는 그 이름에서 알 수 있듯이 인접한 에어리어 간에 동일한 범주(혹은 서로 다른 범주)를 보이는 경우가 얼마나 빈번한지에 초점을 둔다. 다시 말해, 범주형 데이터가 공간적 군집을 이룬다면 임의적으로 인접한 두 에어리어를 샘플링 했을 경우 둘 다 동일한 범주(BB 혹은 WW)일 가능성이 높을 것이고, 그렇지 않다면 서로 다른 범주(BW)일 가능성이 높다는 것을 확인하고자 한다.

일반적으로 인접성의 여부는 경계선의 공유 여부로 결정되지만, 격자형의 공간 단위를 사용하는 경우에 전형적으로 나타나듯이 꼭짓점 만을 공유하는 경우에도 이웃으로 고려될 수 있다. 따라서 '이웃'의 정의는 경계선을 공유하는 경우(rook), 꼭짓점 만을 공유하는 경우(bishop), 둘다 포함하는 경우(queen) 등으로 구분될 수 있다(그림 1 참조).

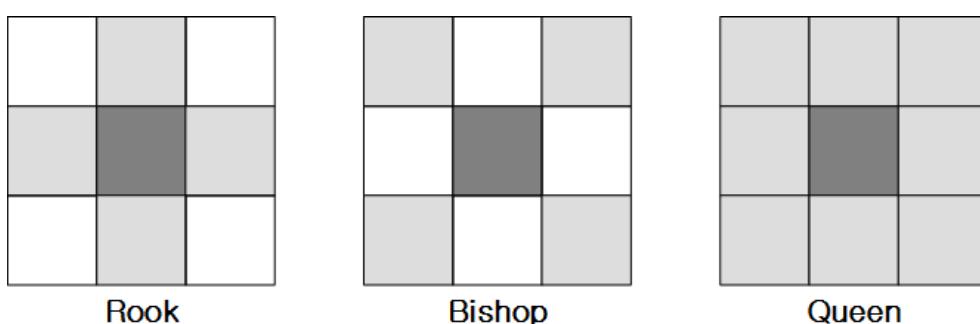


그림 1. 격자 구조에서의 공간적 인접의 유형

위에서 언급한 바와 같이 조인-카운트 통계량의 핵심은 인접한 에어리어 간에 나타날 수 있는 결합 유형(BB 혹은 WW, BW) 가운데 특정 유형이 얼마나 지배적으로, 즉 통계적으로 유의할 정도로 많이 발생하는지를 측정한다. 이항 범주인 경우 세가지 유형의 결합 유형 각각이 통계적 검증 대상이 된다. 즉, J_{BB} , J_{WW} , J_{BW} 각각에 대해 발생 빈도를 카운트하고 기댓값 및 분산을 이용해 정규성에 기반한 Z-test를 수행하면, B 및 W 유형의 분포가 공간적으로 군집을 이루는지, 아니면 BW 유형이 지배적이어서 분산된 패턴을 보이는지, 그도 아니면 랜덤한 패턴을 보이는지 파악할 수 있다.

각 결합 유형별 측정 통계량은 다음 수식과 같다. 수식에서 w_{ij} 는 에어리어 간의 인접 여부를 의미하고, x 는 범주의 변량(1 혹은 0)을, J 는 가능한 모든 인접의 수를 의미한다.

$$J_{BB} = \frac{1}{2} \sum_i \sum_j w_{ij} x_i x_j \quad (\text{식 } 1)$$

$$J_{BW} = \frac{1}{2} \sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - x_j)^2 \quad (\text{식 } 2)$$

$$J_{WW} = \frac{1}{2} \sum_i \sum_j w_{ij} (1 - x_i)(1 - x_j) = J - (J_{BB} + J_{BW}) \quad (\text{식 } 3)$$

각 결합 유형에 대한 기댓값과 분산은 아래 수식들에 의해 주어진다. 기댓값과 분산은 표본을 추출하는 방식과 관련된 두 가지 방식의 접근법을 통해 계산될 수 있는데(Dale and Fortin, 2014), 여기에서는 소위 복원추출(sampling with replacement)에 의한 경우만을 제시한다. 수식에서 p 와 q 는 어느 한 에어리어의 값이 B 혹은 W 일 확률을 의미하는데, p 와 q 의 합은 1이어야 한다. p 와 q 가 미리 주어지지 않는다면 주어진 데이터로부터 추정할 수 있는데, 전체 공간단위 수 중 B(혹은 W)인 단위의 수가 차지하는 비중으로 계산될 수 있다. J_i 는 각각의 에어리어가 인접하고 있는 결합의 수를 의미한다.

$$E(J_{BB}) = J p_B^2 \quad (\text{식 } 4)$$

$$\text{Var}(J_{BB}) = J p_B^2 + 2mp_B^3 - (J + 2m)p_B^4 \quad (\text{식 } 5)$$

$$E(J_{BW}) = 2Jp_B p_W \quad (\text{식 } 6)$$

$$\text{Var}(J_{BW}) = 2(J+m)p_B p_W - 4(J+2m)p_B^2 p_W^2 \quad (\text{식 } 7)$$

$$E(J_{WW}) = Jp_W^2 \quad (\text{식 } 8)$$

$$\text{Var}(J_{WW}) = Jp_W^2 + 2mp_W^3 - (J+2m)p_W^4 \quad (\text{식 } 9)$$

$$m = \frac{1}{2} \sum_i J_i (J_i - 1) \quad (\text{식 } 10)$$

실제 관찰 값과 기대 값, 분산이 주어지면 관찰 값에서 기대 값을 뺀 값을 표준편차(분산의 제곱근)로 나눈 Z-test 통계량을 산출 할 수 있다. 아래 그림 2는 다양한 공간 패턴에 대해 3 가지 인접 유형을 적용하여 각각의 결합 유형별로 관찰 값과 기대 값을 계산한 사례를 보여준다.

Type of connectivity				
	Rook	Bishop	Queen	
Random	J	180	162	342
Observed values (z values)				
	J_{BB}	52 ($z = 2.06$)	35 ($z = -1.24$)	87 ($z = 0.39$)
	J_{WW}	54 ($z = 2.61$)	39 ($z = -0.26$)	93 ($z = 1.39$)
	J_{WB}	74 ($z = -2.54$)	88 ($z = 0.98$)	162 ($z = -1.19$)
Uniform				
	J_{BB}	0 ($z = -12.32$)	81 ($z = 10.03$)	81 ($z = -0.60$)
	J_{WW}	0 ($z = -12.32$)	81 ($z = 10.03$)	81 ($z = -0.60$)
	J_{WB}	180 ($z = 13.40$)	0 ($z = -12.98$)	180 ($z = 0.81$)
Patch				
	J_{BB}	82 ($z = 10.36$)	76 ($z = 8.80$)	158 ($z = 12.20$)
	J_{WW}	75 ($z = 8.42$)	63 ($z = 5.61$)	138 ($z = 8.87$)
	J_{WB}	23 ($z = -10.21$)	23 ($z = -9.33$)	46 ($z = -14.11$)
Expected values				
	J_{BB}	44.545	40.090	84.636
	J_{WW}	44.545	40.090	84.636
	J_{WB}	90.909	81.818	172.727

그림 2. 조인-카운트 통계량의 계산 사례

출처: Dale and Fortin, 2014, 121.

5.2 표준화 상이점수(SSD; Standardized Score of Dissimilarity)

5.2.1. 배경

지리학 등 공간을 다루는 연구 분야에서 가장 흔히 사용되는 데이터 유형 중의 하나는 주어진 공간 단위로 객체나 사건의 수를 집계한 카운트 데이터이다. 이런 카운트형 데이터의 공간적 분포를 파악함에 있어 “특정 사건이나 집단이 어디에 많은지”는 기본적인 관심사에 해당한다. 그런데, 일반적으로 집계를 위해 사용되는 공간 단위는 행정구역과 같은 임의적인 단위가 되고, 따라서 공간 단위 간에 여러 측면에서 이질성이 나타난다. 즉, 공간 단위 간에 면적이나 인구 등이 상이할 수 있는데, 문제는 우리가 관심을 두는 특정 사건이나 객체의 카운트가 주어진 공간 단위의 면적이나, 그 카운트와 직간접적으로 연관되는 기저 ‘인구’에 영향을 받기 쉽다는 점이다. 예를 들어, 면적이 넓으면 인구가 많을 가능성이 높고, 인구가 많으면 사망자 수 또한 많을 가능성이 높다. 다시 말해, 일반적으로 카운트 데이터는 그 자체로 학술적으로 의미 있는 정보를 주는데 제한적일 수 있다. 따라서 그 카운트를 ‘표준화’하는 다양한 방식을 취하게 되는데, 밀도나 비, 비중 등이 가장 대표적이다.

이 가운데 표준화 상이점수는 기본적으로 비중 기반의 지수에 해당한다. 비중은 전체 총 카운트 중에 특정 사건이나 집단이 차지하는 정도를 비율로 나타낸 값을 의미한다. 예를 들어 한 지역의 총인구수 대비 대졸학력자수의 비중이나 총 종사자수 중 제조업 종사자수의 비중 등이 널리 사용된다. 이러한 방식의 비중은 한 지역의 전체 카운트를 구성하는 한 행(row)에 여러 하위 범주들의 카운트가 주어지고, 그 가운데 특정 하위범주가 차지하는 비중을 나타낸다는 의미에서 행 방향의 비중 즉, 행-비중이라 부를 수 있다(이상일, 2007; 조대현, 2013). 이런 행-비중 데이터는 그 자체로도 탐색이나 분석을 위해 사용되지만, 그 값이 다른 지역이나 전체적인 경향과 비교해서 어느 정도 수준인지를 나타내기 위해 준거가 되는 비중 값과 비교하는 방식을 취하게 된다. 지리학 등에서 흔히 사용되는 입지계수(LQ: Location Quotient)는 행-비중 데이터를 표준화하는 가장 대표적인 지수에 해당한다.

일반적으로 LQ는 수식 1과 같이 정의될 수 있다. 수식에서 P 는 준거가 되는 전지역의 전체 인구(혹은 사건수)를, P^* 는 관심의 대상이 되는 특정 집단이나 사건수를, i 는 특정 지역을 의미한다. 이 수식을 예를 들어서 풀어보면, 특정 지역(i)의 총인구(P) 중에 특정 집단인 대졸학력자(k)가 하지하는 비중을, 전지역의 총인구대비 대졸학력자가 차지하는

비중으로 나눈 비율 형태를 취하고 있다. 다시 말해, 특정지역의 총인구 중 대졸학력자가 차지하는 비중(예를 들어 50%)을 구한 후 이를 전지역에서의 평균적 비중 혹은 기댓값(예를 들어 25%)과 비율 형태로 비교하고 있다. 특정 지역의 LQ 가 2 라면 그 지역에서 관심 집단이 차지하는 비중은 전지역에서의 평균적인 비중에 비해 2 배 더 크다는 것을 의미한다.

$$LQ_i = \frac{\frac{P_i^k}{P_i}}{\frac{P^k}{P}} \quad (\text{식 } 1)$$

이런 LQ 와 같은 형식의 지수가 흔히 사용되지만, 이를 해석함에 있어서는 지수의 두 가지 특성, 즉 기본적으로 행-비중 방식이라는 점과 준거집단과의 비교를 위해 비율을 사용하고 있다는 점을 유의할 필요가 있다. 먼저, 카운트의 공간적 분포를 파악함에 있어 행-비중 방식은 열-비중 방식과 대비될 수 있음을 살펴보자(이상일, 2007; 조대현, 2013). 열-비중은 '전국의 대졸학력자 중 서울의 대졸학력자 비중'과 같이 열(column) 방향으로 나열되는 각 하위지역에서의 특정 사건 수나 인구가 전 지역에서 차지하는 비중을 나타낸다. 행-비중 방식이 주어진 지역에서 전체 집단 중 특정 집단이 얼마나 많은지를 나타낸다면, 열-비중 방식은 관심집단이 전지역 중 어느 지역에 더 많은지를 나타낸다. 즉, 행-비중 방식이 특화도에 초점이 있다면, 열-비중 방식은 집중도에 초점이 있다는 점을 주목할 필요가 있다(이상일, 2007; 조대현, 2013; Waller and Gotway, 2004). 따라서 위에서 살펴본 LQ 는 특화도에 초점이 있으므로 '집중도'를 나타내는 지수로 오해되지 않도록 유의해야 한다.

LQ 와 같은 구조를 갖는 지수의 두 번째 특성은 기본적으로 비율 형태의 지수라는 점이다. 이와 관련해, 비율 기반의 데이터는 일반적으로 이해하기 쉬우므로 널리 사용되지만 특히 통계학적 해석과 관련해 제한점이 있음을 지적할 수 있다. 비율 데이터가 가진 제한점으로는 먼저 분산의 불안정성(instability of variance) 혹은 작은 수의 문제(small number problem)로 알려진 특성을 제지할 수 있다(조대현, 2013; Waller and Gotway, 2004). 이 문제의 핵심적인 내용은 비율의 경우 특히 분모에 해당하는 값의 크기가 비율의 통계학적 해석에 영향을 줄 수 있다는 점이다. 특히 특정 사건의 분포에 영향을 줄 수 있는 기저 인구의 분포가 지역 간에 불균등한 지리 데이터에서 이런

문제가 쉽게 나타날 수 있다. 일반적으로 비율 데이터의 분산은 분모에 해당하는 값의 크기가 작아질수록 커지게 된다(조대현, 2013; Anselin et al., 2006). 분모 값이 작은 경우, 분자 값이 그리 크지 않더라도 비율 값이 크게 변동하는 경우를 흔히 관찰할 수 있고, 따라서 통계학적 해석이 용이하지 않다. 이런 문제는 행-비중 데이터 그 자체이든, 이를 표준화한 LQ 와 같은 지수 형태이든 공통으로 나타날 수 있는 이슈다.

비율 데이터와 관련된 두 번째 특성은 비율 데이터가 많은 통계 분석의 기본 가정인 정규성을 위반할 가능성이 높다는 점이다. 비율 데이터가 통계적 분포에서 비대칭성을 나타내거나 비정규성을 가지게 됨은 잘 알려진 사실에 해당한다(조대현, 2013; Atchley et al., 1975; Barnes, 1982; Kane and Meade, 1998). 따라서 정규성을 갖지 못하는 비율 데이터에 대해 정규성에 기반한 통계분석을 수행하는 경우 다양한 오류를 발생시킬 수 있다. 예를 들어 비율 데이터에 대해 표준점수를 산출해 지역 간에 비교하는 경우가 많지만, 정규성이 없다면 그것의 통계학적 근거는 손실된다. 본 도구에서 제안하는 표준화 상이점수는 이러한 행-비중 방식의 비율 데이터가 가진 제한점을 가능한 보완하고자 하는 노력의 일환으로 개발되었다.

5.2.2. 표준화 상이점수의 정의와 특성

이런 LQ 와 같은 형식의 지수가 흔히 사용되지만, 이를 해석함에 있어서는 지수의 두 가지 특성, 즉 기본적으로 행-비중 방식이라는 점과 준거집단과의 비교를 위해 비율을 사용하고 있다는 점을 유의할 필요가 있다. 먼저, 카운트의 공간적 분포를 파악함에 있어 행-비중 방식은 열-비중 방식과 대비될 수 있음을 살펴보자(이상일, 2007; 조대현, 2013). 열-비중은 '전국의 대졸학력자 중 서울의 대졸학력자 비중'과 같이 열(column) 방향으로 나열되는 각 하위지역에서의 특정 사건 수나 인구가 전 지역에서 차지하는 비중을 나타낸다. 행-비중 방식이 주어진 지역에서 전체 집단 중 특정 집단이 얼마나 많은지를 나타낸다면, 열-비중 방식은 관심집단이 전지역 중 어느 지역에 더 많은지를 나타낸다. 즉, 행-비중 방식이 특화도에 초점이 있다면, 열-비중 방식은 집중도에 초점이 있다는 점을 주목할 필요가 있다(이상일, 2007; 조대현, 2013; Waller and Gotway, 2004). 따라서 위에서 살펴본 LQ 는 특화도에 초점이 있으므로 '집중도'를 나타내는 지수로 오해되지 않도록 유의해야 한다.

LQ 와 같은 구조를 갖는 지수의 두 번째 특성은 기본적으로 비율 형태의 지수라는 점이다. 이와 관련해, 비율 기반의 데이터는 일반적으로 이해하기 쉬우므로 널리 사용되지만 특히 통계학적 해석과 관련해 제한점이 있음을 지적할 수 있다. 비율 데이터가 가진 제한점으로는 먼저 분산의 불안정성(instability of variance) 혹은 작은 수의 문제(small number problem)로 알려진 특성을 제지할 수 있다(조대현, 2013; Waller and Gotway, 2004). 이 문제의 핵심적인 내용은 비율의 경우 특히 분모에 해당하는 값의 크기가 비율의 통계학적 해석에 영향을 줄 수 있다는 점이다. 특히 특정 사건의 분포에 영향을 줄 수 있는 기저 인구의 분포가 지역 간에 불균등한 자리 데이터에서 이런 문제가 쉽게 나타날 수 있다. 일반적으로 비율 데이터의 분산은 분모에 해당하는 값의 크기가 작아질수록 커지게 된다(조대현, 2013; Anselin et al., 2006). 분모 값이 작은 경우, 분자 값이 그리 크지 않더라도 비율 값이 크게 변동하는 경우를 흔히 관찰할 수 있고, 따라서 통계학적 해석이 용이하지 않다. 이런 문제는 행-비중 데이터 그 자체이든, 이를 표준화한 LQ 와 같은 지수 형태이든 공통으로 나타날 수 있는 이슈다.

비율 데이터와 관련된 두 번째 특성은 비율 데이터가 많은 통계 분석의 기본 가정인 정규성을 위반할 가능성이 높다는 점이다. 비율 데이터가 통계적 분포에서 비대칭성을 나타내거나 비정규성을 가지게 됨은 잘 알려진 사실에 해당한다(조대현, 2013; Atchley et al., 1975; Barnes, 1982; Kane and Meade, 1998). 따라서 정규성을 갖지 못하는 비율 데이터에 대해 정규성에 기반한 통계분석을 수행하는 경우 다양한 오류를 발생시킬 수 있다. 예를 들어 비율 데이터에 대해 표준점수를 산출해 지역 간에 비교하는 경우가 많지만, 정규성이 없다면 그것의 통계학적 근거는 손실된다. 본 도구에서 제안하는 표준화 상이점수는 이러한 행-비중 방식의 비율 데이터가 가진 제한점을 가능한 보완하고자 하는 노력의 일환으로 개발되었다.

$$D = \frac{1}{2} \sum \left| \frac{X_i}{X} - \frac{Y_i}{Y} \right| \quad (\text{식 } 2)$$

표준화 상이점수는 식 3 과 같이 정의된다(이상일, 2007; 2008; 이화정 등, 2013). 표준화 상이점수는 모든 하위지역(j)에 대해 산출되는데, 식에서 분자는 일반적인 상이지수에서의 구조와 동일하다. 즉, 전 지역의 관심 집단(예: 대졸학력자) 중에 특정 지역이 차지하는 비중을 계산 후, 준거가 되는 집단(예: 총인구)의 인구 중 특정 지역이 차지하는 비중을 계산해 그 차이를 계산한 것으로 행-비중이 아니라 열-비중의 구조를 취하고 있음을 알 수 있다. 분모는 분자에 해당하는 값들의 표준편차에 해당한다.

분자들의 평균은 0이 되므로 대상 하위지역에 대해 분자를 구해 분모에 해당하는 표준편차로 나누게 되면 표준화 상이점수는 결국 분자에 해당하는 값들의 표준점수(z-score)와 유사해진다. 따라서 그 해석도 일반적인 표준점수와 유사하게 이루어질 수 있는데, 일반적으로 절대 값이 2보다 커지게 되면 통계학적인 측면에서 유의한 만큼의 집중(혹은 과소)이 발생하는 지역으로 해석할 수 있다.

$$SSD_i = \frac{\frac{X_i}{X} - \frac{Y_i}{Y}}{\sqrt{\frac{\left(\frac{X_i}{X} - \frac{Y_i}{Y}\right)^2}{n}}} \quad (\text{식 } 3)$$

하지만, 이러한 통계학적 해석과 관련하여, 특히 유의성 검증과 관련된 지수의 명확한 특성은 아직 충분히 밝혀지지 않았음을 유의할 필요가 있다. 앞서 LQ 가 비율에 기초한 지수이고, 따라서 정규성을 가지 못할 가능성이 높으며, 이 경우 LQ에 대해 표준점수를 구하더라도 통계학적 해석에는 제약이 따를 수 있다는 지적과 동일한 맥락에 있다. 표준화 상이점수의 통계적 분포 특성에 대한 연구가 필요하지만, 일부의 연구에 의하면 표준화 상이점수는 비율 자료의 비정규성을 완화하는데 기여할 가능성이 있는 것으로 파악되었다(조대현·이종일, 2013).

5.3. Lee's S and S_i 통계량

5.3.1. 개요

국내외적으로 공간적 분포 패턴을 탐색적으로 분석하기 위한 대표적인 방법으로 공간적 자기상관(SAS: Spatial Autocorrelation Statistics) 혹은 공간연관성 통계량(SAS: Spatial Association Statistics)이 널리 사용되고 있다. 이 두 용어는 서로 유사하면서도 다소 상이하게 개념화될 수 있지만(이상일 등, 2015) 기본적으로는 둘 다 Tobler 가 정리한 '지리학의 제 1 법칙'이 의미하는 바를 통계학적으로 측정하고자 함을 의미한다.

일반적으로 지리적 현상의 공간적 변이는 1 차 효과(전역적 경향)와 2 차 효과(인접한 공간 단위 간의 국지적 상호작용)로 구분되는 것으로 인정되지만 실제 사용되는 많은 통계량들이 이 둘을 염밀히 구분하여 측정하고 있느냐라는 문제가 제기될 수 있다(이상일 등, 2015). 따라서 주어진 현상의 공간적 변이에 미치는 국지적 상호작용에 보다 초점을 두는 공간적 자기상관 통계량 보다는 공간연관성 통계량이 보다 포괄적인 의미로 사용될 수 있을 것으로 생각된다. 이하에서는 이 둘을 모두 포괄적으로 SAS로 지칭하기로 한다.

SAS는 기본적으로 현상의 공간적 관계와 속성 값의 관계 간에 특정한 경향성이 나타나는지를 파악하고자 하며, 따라서 공간적 관계를 나타내는 요소와, 속성 값의 관계를 나타내는 요소 둘 다를 포함한다(이상일 등, 2015). 즉, 지가의 분포와 같은 공간 현상에 있어 지리적으로 근접하면 그 속성 값은 어느 정도 유사한지를 측정하는데, 공간적 자기상관의 입장에서는 인접 지점 간에 속성 값이 서로 유사하면 양의 관계가, 반대로 속성 값의 차이가 커지면 음의 관계가 존재하는 것으로 생각할 수 있다. 하지만 공간 패턴을 단순히 요약하고자 하는 입장에서는 예를 들어 큰 값 혹은 높은 값들끼리 공간적으로 인접해있는지, 즉 공간적 군집이 나타나고 있는지가 주된 관심사가 된다.

현재 공통통계학 분야에서 제안된 SAS는 상당히 다양하며, 다양한 차원으로 구분될 수 있다. 먼저 분석 대상 데이터가 교통사고와 같은 특정 사건의 분포를 나타내는 포인트인지, 고도나 기온의 측정 지점과 같이 연속적 현상을 재현하는 샘플 포인트인지, 아니면 행정구역과 같은 에어리어 데이터인지에 따라서 구분 가능하다. 또한 대상으로 하는 변량의 수에 따라서 단변량 SAS 와 이변량(혹은 다변량) SAS로 구분할 수 있다. 에어리어 데이터인 경우 변수의 성격이 등간 혹은 비율 척도의 데이터를 대상으로 하는 것인지, 아니면 인구수와 같은 카운트 데이터를 대상으로 하는 것인지에 따라서도 구분

가능하다. 끝으로 지역 전체에서 나타나는 평균적인 경향성을 파악하는지 아니면 각 개별 공간 단위의 입장에서 인접 단위와의 관계를 파악하고자 하는지에 따라서 전역적 SAS 와 국지적 SAS 로 구분할 수 있다.

본 도구에서 제안하는 $S(S)$ 통계량은 여타의 대중적인 SAS(Moran's I , Geary's c , Getis-Ord's G)와 유사하게 에어리어 단위로 측정되는 단변량 데이터, 그 중에서도 등간 혹은 비율 척도의 데이터를 대상으로 하는 SAS 라고 할 수 있다. 나아가 이 통계량은 전역적 경향(S 통계량)과 국지적 변이(S_i 통계량)를 동시에 측정할 수 있을 뿐만 아니라 전역적 통계량이 국지적 통계량으로 분해될 있다. 다시 말해 S_i 통계량은 이들의 합이 전역적 통계량인 S 와 일정한 비례 관계에 있다는 점에서 Anselin(1995)이 정의한 LISA(local indicators of spatial association)에 해당한다(이상일 등 2015). 참고로 로컬 Moran's I (Moran's I_i) 및 로컬 Geary's c (Geary's c_i) 역시 LISA 에 속하지만 Getis-Ord's G_i 는의 경우 국지적 지수임에도 LISA 의 요건을 충족하지는 못하고 있다.

5.3.2. 통계량의 정의와 해석

전술한 바와 같이 대부분의 SAS 는 공간적 근접성을 정의하는 요소와 속성 값의 유사성을 의미하는 요소를 동시에 포함하고 있다. 공간적 근접성은 일반적으로 대상이 되는 중심 공간 단위에 대해 '근린'의 범위를 나타내기 위해 공간근접성행렬(SPM: Spatial Proximity Matrix) 혹은 공간가중치행렬(Spatial Weights Matrix)을 사용한다. 행렬의 요소는 연접성 혹은 임계거리에 의해 근린을 바이너리(근린이면 1, 아니면 0) 형태로 나타낼 수도 있으나 중심 단위에서 주변 단위까지의 거리 자체에 기초한 값일 수도 있다. 또한 행렬은 각 중심 단위의 근린에 해당하는 요소들에 부여된 값들의 합이 1 이 되도록 표준화, 즉, 행-표준화(row-standardized)될 수도 있다.

그런데 이러한 공간근접성행렬에서 크게 주목받지 못한 이슈 중의 하나는 행렬의 대각 요소(즉, 중심 단위 그 자신)가 근린에 속하는지 여부이다(Lee, 2004). Moran's I 와 같이 전통적이고 주류적인 공장통계분석에서 대각 요소의 값은 0 으로 다루어져왔다. 하지만 많은 SAS 에서 대각 요소가 0 이 아닌 경우가 존재하고(이상일 등, 2015), 따라서 0 이 아닐 수도 있다는 것을 행렬의 일반적인 형태로 인식할 필요가 있다. 실제 Getis-Ord's G^* 통계량, 공간적 카이스퀘어 통계량(spatial chi-square statistic)(Rogerson, 1999)과 같은 카운트 데이터를 대상으로 한 통계량 등은 중심 단위 자체를 근린에 포함시키는, 즉 행렬의 대각 요소가 0 이 아닌 행렬을 사용한다. Lee's S and S_i 통계량은 중심 단위를

근린에 포함시켜 사용할 수도 있고 그렇지 않을 수도 있는데, 중심 단위를 근린에 포함시켜 사용하는 것을 강력히 권고하고 있다(이상일 등, 2015). 중심 단위를 근린에 포함하는 경우의 S 통계량은 * 표시를 덧붙여 S^* 및 S_i^* 로 표현할 수 있지만, 특별한 언급이 없는 경우 S 통계량은 중심 단위가 근린에 포함되어 있는 경우를 의미하는 것으로 이해하는 것이 바람직하다.

한편, SAS에서 속성 값의 유사성은 다양한 방식으로 표현된다. Moran's I 의 경우는 중심 단위와 이웃 간의 '공분산' 혹은 '상관성'에 기초한다면, Geary's c 의 경우는 중심 단위와 이웃 단위 간의 값의 '차이'(보다 정확히는 값의 차이의 제곱)에 초점을 둔다. 이에 반해 Lee's S and S_i 통계량은 근린(중심 단위가 포함되는 것이 일반적)에 속하는 값들의 '가중평균'(보다 정확히는 가중평균의 제곱)에 초점을 둔다. 표 1에는 Lee's S 의 정의가 다른 SAS와 함께 제시되어 있다.

표 1. 주요 전역적 SAS의 정의

SAS	수식	매트릭스 표현	
		1	2
모런 통계량	$I = \frac{n}{\sum_i \sum_j v_{ij}} \frac{\sum_i \sum_j v_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}$	$\frac{\mathbf{z}^T \mathbf{V} \mathbf{z}}{\mathbf{1}^T \mathbf{V} \mathbf{1}}$	$\frac{n}{\mathbf{1}^T \mathbf{V} \mathbf{1}} \frac{\boldsymbol{\delta}^T \mathbf{V} \boldsymbol{\delta}}{\boldsymbol{\delta}^T \boldsymbol{\delta}}$
기어리 통계량	$c = \frac{n-1}{2 \sum_i \sum_j v_{ij}} \frac{\sum_i \sum_j v_{ij} (x_i - x_j)^2}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}$	$\frac{n-1}{n} \frac{\mathbf{z}^T (\mathbf{\Omega} - \mathbf{V}) \mathbf{z}}{\mathbf{1}^T \mathbf{V} \mathbf{1}}$	$\frac{n-1}{\mathbf{1}^T \mathbf{V} \mathbf{1}} \frac{\boldsymbol{\delta}^T (\mathbf{\Omega} - \mathbf{V}) \boldsymbol{\delta}}{\boldsymbol{\delta}^T \boldsymbol{\delta}}$
S 통계량	$S = \frac{n}{\sum_i \left(\sum_j v_{ij} \right)^2} \frac{\sum_i \left(\sum_j v_{ij} (x_j - \bar{x}) \right)^2}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}$	$\frac{\mathbf{z}^T (\mathbf{V}^T \mathbf{V}) \mathbf{z}}{\mathbf{1}^T (\mathbf{V}^T \mathbf{V}) \mathbf{1}}$	$\frac{n}{\mathbf{1}^T (\mathbf{V}^T \mathbf{V}) \mathbf{1}} \frac{\boldsymbol{\delta}^T (\mathbf{V}^T \mathbf{V}) \boldsymbol{\delta}}{\boldsymbol{\delta}^T \boldsymbol{\delta}}$

출처: 이상일 등, 2015.

이 표에서는 공간근접성을 나타내는 요소가 모두 v_{ij} 로 표현되어 있는데, 이는 대각 요소의 값이 0이 아닌 경우도 있음을 강조하기 위한 것이다. 일반적으로 공간통계분석에서 공간가중치행렬의 요소는 w_{ij} 로 표현되는데, 이는 연접성에 기초하여 중심 단위의 이웃을 정의하고, 그 단위들(중심 단위는 제외)에 대해 행-표준화를 행했을 경우를 대변한다(이상일 등 2015). w_{ij} 와 동일하지만 중심 단위를 근린에 포함시키는

경우의 공간가중치를 w_{ij}^* 로 나타낸다면 $n/\sum_i (\sum_j w_{ij}^*)^2 = 1$ 이 되어 S 통계량은 아래 수식처럼 전개된다. 즉, S 통계량은 각 공간 단위별로 자신을 포함한 근린에 속한 단위들의 표준점수들을 구한 후 가중평균($\sum w_{ij} z_j$)하여 제곱한 값들을 모두 더한 후 전체 공간 단위수로 나누어 평균한 것으로 정의될 수 있다.

$$\begin{aligned} S^* &= \frac{\sum_i \left[\sum_j w_{ij}^* (x_j - \bar{x}) \right]^2}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} = \frac{\frac{1}{n} \cdot \sum_i \left[\sum_j w_{ij}^* (x_j - \bar{x}) \right] \cdot \left[\sum_j w_{ij}^* (x_j - \bar{x}) \right]}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 / n} \cdot \sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 / n}} \\ &= \frac{1}{n} \cdot \sum_i \left(\sum_j w_{ij}^* z_j \right) \left(\sum_j w_{ij}^* z_j \right) = \frac{1}{n} \sum_i \tilde{z}_i^* \tilde{z}_i^* = \frac{1}{n} \sum_i \tilde{z}_i^{*2} \end{aligned} \quad (\text{식 } 1)$$

한편, 전역적 S 의 국지적 지수인 S_i 통계량은 S 통계량을 산출하는 과정의 일환으로 개별 중심 단위에서 측정하는 값 그 자체에 해당한다. 즉, S_i 를 모든 공간 단위에 대해 합한 후 n 으로 나눈 값이 바로 S 통계량이 되므로 Anselin 이 제시한 LISA의 요건을 충족하고 있다. 바로 위의 전역적 S 에서처럼 w_{ij}^* 를 사용하는 경우의 S_i^* 는 아래 수식으로 정의된다.

$$S_i^* = \frac{n^2}{\sum_i \left(\sum_j w_{ij}^* \right)^2} \cdot \frac{\left[\sum_j w_{ij}^* (x_j - \bar{x}) \right]^2}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{식 } 2)$$

행-표준화 가중치를 사용하면 $n^2/\sum_i (\sum_j w_{ij}^*)^2 = n$ 이 되므로 위 수식은 아래와 같이 전개된다. 즉, S_i^* 는 각 개별 공간단위에 대해, 자신을 포함한 근린 내 단위들의 표준점수들을 가중 평균한 후 제곱한 값이 된다.

$$S_i^* = \frac{\left[\sum_j w_{ij}^* (x_j - \bar{x}) \right] \cdot \left[\sum_j w_{ij}^* (x_j - \bar{x}) \right]}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 / n} \cdot \sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 / n}} = \left(\sum_j w_{ij}^* z_j \right) \cdot \left(\sum_j w_{ij}^* z_j \right) = \tilde{z}_i^* \cdot \tilde{z}_i^* = \tilde{z}_i^{*2}$$

(식)

3)

수식의 정의에서 볼 수 있듯이 S 및 S_i 통계량은 표준점수의 가중평균을 제곱한 값을 기초로 하므로 통계량은 항상 양수의 값으로 산출된다. 전역적 S 통계량은 그 구조를 보면(식 1 참조) 원 변수의 분산과(분모), 근린에 속하는 단위들을 가중 평균한 변수들의 분산(분자)을 비로 나타낸 것으로 해석할 수 있다(이상일 등 2015, Lee, 2001). 원 변수들을 공간적으로 가중 평균하면 원 변수들에 비해 평활된 변수들이 도출된다. 이 평활된 변수들의 분산을 구하면 일반적으로 원 변수들의 분산 보다 작아지게 된다(평활의 효과로 인해). 이때 원 변수의 공간적 자기상관이 높다면 가중평균에 의해 산출된 변수들의 분산과 원 변수 분산 간에 큰 차이가 없겠지만, 그 반대의 경우라면 원 변수들의 분산과 가중 평균된 변수들의 분산 간에 큰 차이가 발생하게 된다. 따라서, 전역적 S 통계량의 분포는 이론적으로 0~1 사이의 값을 갖게 되는데, 다양한 공간적 구성을 대상으로 한 모의 실험의 결과에서도 최소값은 0, 최대값은 1에 가깝게 나타나는 것으로 알려져 있다(이상일 등, 2015). 다시 말해 공간 현상이 높은 양의 자기상관을 보일수록 통계량은 1에 가까워지며, 음의 자기상관을 보일 경우 0에 가까운 값을 갖게 된다. S_i 통계량 역시 항상 양수의 값을 가지게 되는데, 기대 값 보다 큰 경우에는 국지적으로 양의 공간적 자기상관을, 그 반대의 경우에는 음의 공간적 자기상관을 나타내는 것으로 해석할 수 있다.

한편, S 및 S_i 통계량의 유의성 검정은 랜덤화 가정(randomization assumptions)에 의해 이루어질 수 있다. 먼저, S 통계량의 기댓값 및 분산은 표 2 및 표 3으로 산출된다(상세 내용은 Lee(2004b)를 참조할 수 있다). 기댓값은 공간가중치 행렬에서 대각 요소에 해당하는 것들의 값과, 비대각 요소에 해당하는 값들의 합으로, 분산은 이 두 요소에 대한 분산에 둘 간의 공분산까지 더 더해 계산된다.

표 2. 전역적 S 통계량의 기댓값 및 분산의 구성

출처: Lee, 2004b

Moment	Element	Notation
Mean	$E(\Gamma^{\text{off}})$	$\frac{F_0^{\text{off}} G_0^{\text{off}}}{n(n-1)}$
	$E(\Gamma^{\text{on}})$	$\frac{F_0^{\text{on}} G_0^{\text{off}}}{n}$
Variance	$\text{var}(\Gamma^{\text{off}})$	$\frac{2F_1^{\text{off}} G_1^{\text{off}}}{n(n-1)} + \frac{4(F_2^{\text{off}} - F_1^{\text{off}})(G_2^{\text{off}} - G_1^{\text{off}})}{n(n-1)(n-2)} + \frac{[(F_0^{\text{off}})^2 + 2F_1^{\text{off}} - 4F_2^{\text{off}}][(G_0^{\text{off}})^2 + 2G_1^{\text{off}} - 4G_2^{\text{off}}]}{n(n-1)(n-2)(n-3)} - [E(\Gamma^{\text{off}})]^2$
	$\text{var}(\Gamma^{\text{on}})$	$\frac{F_1^{\text{on}} G_1^{\text{on}}}{n} + \frac{[(F_0^{\text{on}})^2 - F_1^{\text{on}}][(G_0^{\text{on}})^2 - G_1^{\text{on}}]}{n(n-1)} - [E(\Gamma^{\text{on}})]^2$
	$\text{cov}(\Gamma^{\text{off}}, \Gamma^{\text{on}})$	$\frac{(F_2^{\text{all}} - F_1^{\text{on}} - F_2^{\text{off}})(G_2^{\text{all}} - G_1^{\text{on}} - G_2^{\text{off}})}{2n(n-1)} + \frac{[(F_0^{\text{on}} F_0^{\text{off}}) - (F_2^{\text{all}} - F_1^{\text{on}} - F_2^{\text{off}})][(G_0^{\text{on}} G_0^{\text{off}}) - (G_2^{\text{all}} - G_1^{\text{on}} - G_2^{\text{off}})]}{n(n-1)(n-2)} - E(\Gamma^{\text{off}})E(\Gamma^{\text{on}})$

표 3. 전역적 S 통계량의 기댓값 및 분산의 계산을 위한 요소

P matrix		Q matrix	
quantity	notation	quantity	notation
F_0^{off}	$\sum_i \sum_{j \neq i} p_{ij} = I^T PI - \text{tr}(P)$	G_0^{off}	As for P with p replaced by q and P replaced by Q
F_0^{on}	$\sum_i p_{ii} = \text{tr}(P)$	G_0^{on}	
F_1^{off}	$\sum_i \sum_{j \neq i} p_{ij}^2 = \text{tr}(P^T P) - [\text{diag}(P)^T \text{diag}(P)]$	G_1^{off}	
F_1^{on}	$\sum_i p_{ii}^2 = \text{diag}(P)^T \text{diag}(P)$	G_1^{on}	
F_2^{off}	$\sum_i \left(\sum_{j \neq i} p_{ij} \right)^2 = [PI - \text{diag}(P)]^T [PI - \text{diag}(P)]$	G_2^{off}	
F_2^{all}	$\sum_i \left(\sum_j p_{ij} \right)^2 = (PI)^T (PI) = I^T (P^T P) I$	G_2^{all}	

Note. I is an $n \times 1$ vector of ones and $\text{diag}()$ is an operator which yields a column vector consisting of the diagonal elements of a matrix. Note that, without loss of generality, both P and Q need to be symmetrized.

출처: Lee, 2004b

S_i 통계량의 유의성 검정은 랜덤화의 두 가지 접근 방법, 즉 총체적 랜덤화(total randomization)과 조건 랜덤화(conditional randomization)에 의해 이루어질 수 있다(상세 내용은 Lee(2009)를 참조할 수 있다). 여기에서는 총체적 랜덤화에 의한 기댓값과 분산만을 제시한다. 우선 총체적 랜덤화에 의한 S_i 통계량의 기댓값은 수식 4와 5를 통해 계산된다. 전역적 통계량과 마찬가지로 공간가중치 행렬에서 대각 요소의 기댓값과 비대각 요소의 기댓값을 합산한 값으로 산출되는데, 식 4는 그 둘을 합하여 정리한 결과를 보여준다.

$$E(S_i) = K_2 \frac{nv_{i.}^{(2)} - v_{i.}^2}{n-1} \quad (\text{식 } 4)$$

$$K_2 = n / \sum_i \left(\sum_j v_{ij} \right)^2, \quad v_{i.} = \sum_j v_{ij}, \quad v_{i.}^{(2)} = \sum_j v_{ij}^2, \quad v_{i.}^2 = \left(\sum_j v_{ij} \right)^2 \quad (\text{식 } 5)$$

분산은 보다 복잡하게 산출되는데, 역시 전역적 통계량에서와 마찬가지로 대각 요소의 분산, 비대각 요소의 분산, 그리고 이 둘간의 공분산을 모두 더한 값으로 산출된다. 각 요소의 값은 아래 수식으로 계산된다.

$$\begin{aligned} \text{Var}(S_i^{\text{off}}) = & K_2^2 \left\{ \frac{2 \left[\left(v_{i.}^{(2)} \right)^2 - v_{i.}^{(4)} \right] (n - b_2)}{n - 1} \right. \\ & - \frac{4 \left[2v_{i.}^{(4)} - 2v_{i.}v_{i.}^{(3)} + \left(v_{i.}^2 - v_{i.}^{(2)} \right) v_{i.}^{(2)} \right] (n - 2b_2)}{(n - 1)(n - 2)} \\ & \left. + \frac{3 \left[v_{i.}^4 - 6v_{i.}^{(4)} + 8v_{i.}v_{i.}^{(3)} + 3 \left(v_{i.}^{(2)} - 2v_{i.}^2 \right) v_{i.}^{(2)} \right] (n - 2b_2)}{(n - 1)(n - 2)(n - 3)} \right\} \\ & - [\mathbb{E}(S_i^{\text{off}})]^2 \quad (\text{식 } 6) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Var}(S_i^{\text{on}}) = & K_2^2 \left\{ \frac{\left[\left(v_{i.}^{(2)} \right)^2 - v_{i.}^{(4)} \right] n - \left[\left(v_{i.}^{(2)} \right)^2 - nv_{i.}^{(4)} \right] b_2}{n - 1} \right\} - [\mathbb{E}(S_i^{\text{on}})]^2 \\ = & K_2^2 \frac{\left[v_{i.}^{(4)} n - \left(v_{i.}^{(2)} \right)^2 \right] (b_2 - 1)}{n - 1} \quad (\text{식 } 7) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cov}(S_i^{\text{off}}, S_i^{\text{on}}) = & K_2^2 \left\{ \frac{2 \left(v_{i.}^{(4)} - v_{i.}v_{i.}^{(3)} \right) b_2}{n - 1} \right. \\ & - \frac{\left[\left(v_{i.}^2 - v_{i.}^{(2)} \right) v_{i.}^{(2)} + 2 \left(v_{i.}^{(4)} - v_{i.}v_{i.}^{(3)} \right) \right] (n - 2b_2)}{(n - 1)(n - 2)} \left. \right\} \\ & - \mathbb{E}(S_i^{\text{off}}) \mathbb{E}(S_i^{\text{on}}) \\ = & K_2^2 \frac{2 \left[\left(v_{i.}^{(4)} - v_{i.}v_{i.}^{(3)} \right) n + \left(v_{i.}^2 - v_{i.}^{(2)} \right) v_{i.}^{(2)} \right] (b_2 - 1)}{(n - 1)(n - 2)} \quad (\text{식 } 8) \end{aligned}$$

통계적 유의성을 판단하기 위한 검정 통계량은 지금까지 살펴본 기댓값과 분산을 이용한 Z-test 를 통해 계산될 수 있다. 즉, 실제 관찰데이터로부터의 통계량(S 및 S_i)과 그것의 기댓값 간의 편차를 계산 후, 표준편차로 나누어 산출된다. 하지만 기댓값과 분산만을 통해 통계량의 분포를 명확히 알 수 없거나, 첨도나 왜도에 있어 정규성을 담보하기 어려운 경우는 소위 몬테카를로 시뮬레이션에 의한 유의성 검정이 이루어질 수 있다. 랜덤화 가정하에 몬테카를로 시뮬레이션을 수행하기 위해서는 관찰 데이터의 값이 주어진 상태에서(즉, 샘플의 값들은 고정), 그 값들의 공간적 분포만을 무작위로 배열한 후 통계량을 계산하는 과정을 반복적으로 행한다. p -value 를 도출하기 위해서는 일반적으로 1,000~10,000 가량의 무작위 분포를 생성하여 통계량의 분포를 도출하고, 실제 관찰 데이터로부터 산출된 통계량이 그 분포에서 어느 위치에 있는지를 파악함으로써 유의확률을 계산할 수 있다. 실제 앞에서 제시된 방법으로 기댓값 및 분산을 계산하고, 그것을 시뮬레이션을 통해 얻어진 평균 및 분산과 비교해보면 상당히 근사하게 나타나는 것으로 알려져 있다(Lee, 2004b; Lee, 2009).

5.4. 이변량 공간연관성통계량 Lee's L

5.4.1. 배경

지리학에서 공간 패턴에 대한 분석 방법으로서 공간적 자기상관 혹은 공간연관성통계량(SAS: Spatial Association Statistics, 이하 SAS 라 함)은 1990년대에 관련 연구가 활발해지기 시작한 후 약 20년이 지난 지금 하나의 보편적인 도구로 자리 잡았다고 해도 과언이 아니다(이상일 등, 2016). 통계량의 개발과 같은 방법론적인 진전이 있었을 뿐만 아니라 상용 혹은 오픈소스로 개발되고 있는 GIS 및 ESDA 분석 도구에서 공간 패턴의 측정은 핵심 요소로 인식되게 되었다. 공간 패턴을 측정하기 위해 개발되어온 여러 통계량들은 각기 나름의 특징이 있는데, 이들을 아우르는 개념을 생각해본다면 인접한 공간단위 간의 상호작용에 분명한 초점이 있는 '공간적 자기상관'보다는 '공간연관성'이 조금 더 일반화된 용어로 판단되어(이상일 등, 2015) 여기에서도 이를 사용한다.

지금까지 개발된 SAS는 대부분 하나의 변수, 즉 일변량을 대상으로 하고 있으나 최근에는 두 변수를 대상으로 하는 이변량 SAS에 대한 연구가 늘고 있다. 일변량 SAS가 주어진 한 변수의 값이 인접한 공간 단위 간에 얼마나 유사(혹은 상이)한지를 측정한다면, 이변량 SAS는 두 변수의 관계가 인접한 공간 단위 간에 얼마나 유사(혹은 상이)한지에 초점이 있다. 조금 다른 관점에서 설명하자면, 피어슨의 상관계수(Pearson's r)가 두 변수간의 관계를 비공간적으로 측정하는데 반해, 이변량 SAS는 이 표준 상관관계를 공간적으로 확장한 것이라 할 수 있다. 이변량 SAS 역시 역시 일변량 SAS와 마찬가지로 전역적 통계량과 국지적 통계량으로 구분할 수 있는데, 전역적 SAS로는 크로스-모런(Cross-Moran) 혹은 이변량 모런 통계량, Lee's L, 이변량 기어리 통계량(이상일, 2007) 등을 들 수 있다(이상일 등, 2016).

5.4.2. 이변량 공간연관성

앞서 서술한 바와 같이 일변량 SAS가 인접한 공간 단위 간에 변수 값 자체의 특성(예: 유사성)에 관심을 둔다면 이변량 SAS는 인접한 공간 단위 간에 두 변수 간에 나타나는 관계(예: 양의 관계, 음의 관계)가 어떻게 나타나는지에 초점을 둔다. 이를 조금 더 구체적으로 제시해보자면 다음과 같다. 우선 두 변수 간의 관계를 살펴보자. 각 공간 단위에 두 변수(X, Y)의 값이 측정되어 있다면, 각 공간 단위별로 두 변수 간의 관계는 X와 Y 둘다 평균 이상(high-high), X는 평균이상-Y는 평균 이하(high-low), X는

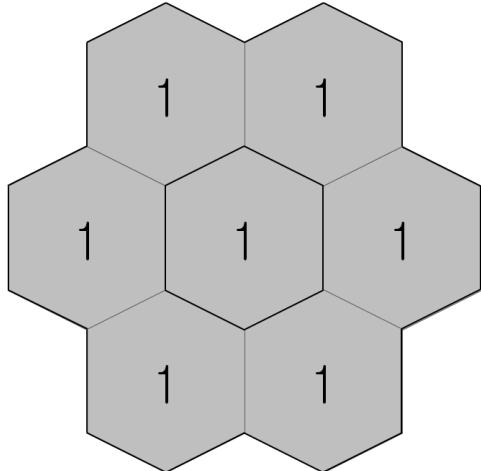
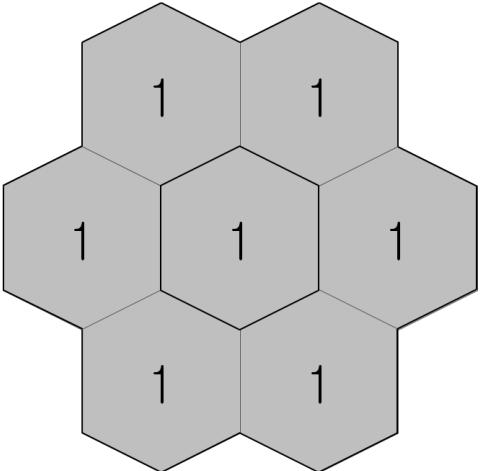
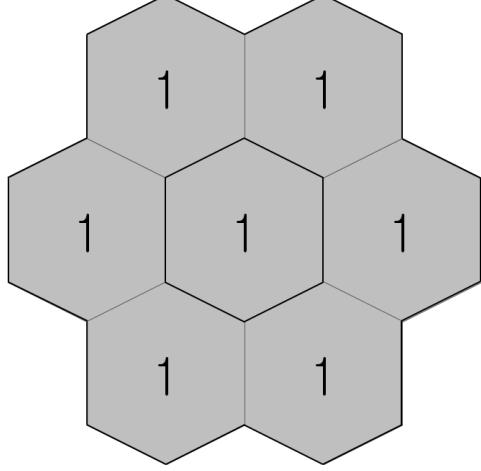
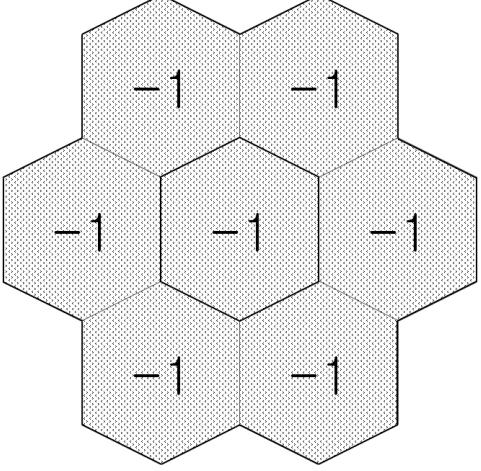
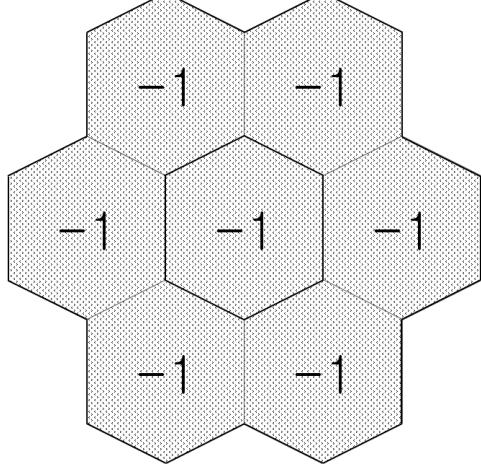
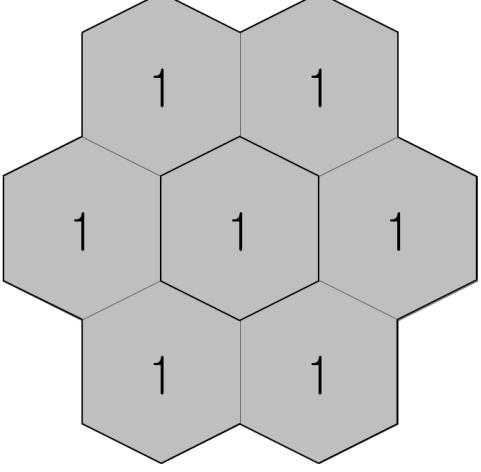
평균이하-Y 는 평균 이상(low-high), X 와 Y 둘다 평균이하(low-low)로 나타날 수 있다. 즉, 두 변수 간의 비공간적 연관성을 모두 4 가지 유형으로 구분될 수 있다(일반적으로 X 도 높은데 Y도 높거나 X 가 낮은데 Y도 낮으면 양의 관계가, 그렇지 않으면 음의 관계가 나타나는 것으로 판단한다).

이 4 가지 연관성을 공간적으로 확장하면, 즉 특정 공간 단위 및 그 이웃까지를 대상으로 하여 생각해보면 상당히 다양한 양상이 나타날 수 있다. 예를 들어 특정한 공간 단위 i에서 X 와 Y의 관계가 high-high 로 나타났다고 가정할 경우 그 이웃(j) 역시 X 와 Y의 관계가 high-high 로 나타날 수도 있지만 high-low, low-high, low-low 도 충분히 나타날 수 있다. 즉, 중심단위가 high-high 인 경우 이웃에는 4 가지 유형이 모두 올 수 있고, 따라서 중심과 이웃 간에는 4 가지 유형의 결합관계가 나타날 수 있다. 정리해보자면 각 공간 단위에는 두 변수 간의 연관성이 4 가지 유형이 존재할 수 있고, 그것을 공간적인 이웃까지 확장하여 생각해보면 각각 4 가지 유형의 결합이 가능하므로 모두 16 종의 양상으로 나타날 수 있다(표 1). 이 가운데서 지리적으로 많은 관심을 끄는 양상은 공간 클러스터의 관점으로 중심 공간단위에서 나타나는 두 변수간 관계가 이웃 공간 단위에서도 나타나는 경우(예: 중심단위도 high-high, 이웃단위도 high-high)에 해당한다. 두 변수 간에는 4 가지 연관성이 존재하므로 공간 클러스터 역시 4 가지 유형(high-high, high-low, low-high, low-low)이 존재할 수 있다(그림 1). 이 가운데 X 도 high Y 도 high, 혹은 X 도 low, Y 도 low 인 단위가 서로 인접하는 클러스터는 양의 클러스터, 그렇지 않은 나머지 두 경우는 음의 클러스터에 해당한다.

표 1. 이변량 공간연관성 유형

i \ j	HH	HL	LH	LL
HH	HH-HH	HH-HL	HH-LH	HH-LL
HL	HL-HH	HL-HL	HL-LH	HL-LL
LH	LH-HH	LH-HL	LH-LH	LH-LL
LL	LL-HH	LL-HL	LL-LH	LL-LL

주) i 는 중심 공간 단위, j 는 그 이웃 공간단위를 의미하며, HH(high-high), HL(high-low), LH(low-high), LL(low-low)은 각 공간 단위에서 두 변수간의 연관성을 의미함. 또한 회색셀은 네 가지 유형의 공간클러스터를 의미함.

클러스터 유형	X 변수	Y 변수
HH-HH		
HL-HL		
LH-LH		

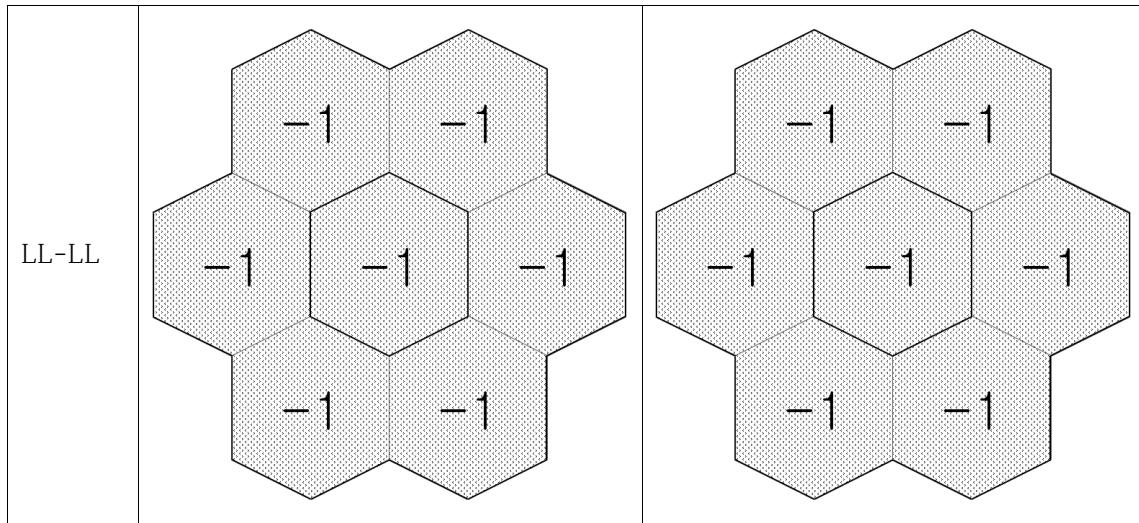


그림 1. 네 가지 이변량 공간클러스터 유형

주: 평균은 0, 1은 평균 이상, -1은 평균 이하를 나타냄

5.4.3. Lee's L 해설

앞서 살펴본 바와 같이 이변량 SAS는 두 변수 간의 연관성도 측정할 수 있어야 하며, 인접한 공간 단위 간에 그 연관성이 어떻게 나타나는지도 측정할 수 있어야 한다. 이를 위해서 예를 들어 크로스-모란 통계량 같은 경우는 중심 단위의 X 변수 값과 이웃 단위의 Y 변수 값이 같은 방향으로 공변화하는지를 측정하고자 한다(Wartenberg, 1985). 즉, 공간 단위를 중심 공간 단위와 이웃 공간 단위를 구분한 후, 두 변량의 연관성을 파악하는 방식이다. 이에 반해 Lee's L 은 중심 단위와 이웃 단위를 함께 포괄하는 국지 세트(즉, 이웃에 중심 단위 자신까지 포함)를 정의한 후 그에 대해 두 변수 값의 공변화를 측정하는 차별적인 방식을 취한다.

구체적으로 전역적 이변량 SAS에 해당하는 Lee's L 은 다음과 같이 정의된다.

$$L = \frac{n}{\sum_i \left(\sum_j v_{ij} \right)^2} \cdot \frac{\sum_i \left[\left(\sum_j v_{ij} (x_j - \bar{x}) \right) \cdot \left(\sum_j v_{ij} (y_j - \bar{y}) \right) \right]}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}}$$

Lee's L 은 Pearson's r 처럼 전역적 지수로서 연구지역 전체에서 두 변수간의 연관성이 인접한 공간 단위간에 어떻게 나타나는지 그 평균적 경향을 측정한다. 위 수식에서 v_{ij} 는

일반화된 공간가중치행렬의 요소로서 정의 방식은 일반적인 SAS 와 동일하다. 예를 들어 경계를 공유하는 경우 1, 그렇지 않은 경우 0 과 같은 바이너리 방식으로 가중치를 부여할 수 있으며, 편의를 위해 행표준화(row-standardized) 가중치를 사용한다. 다만 Lee's L 통계량의 경우 전술한바와 같이 중심 공간단위 자신을 ‘이웃’에 포함시키는 것이 일반적이다.

두 변수를 표준화하고, 공간가중치 역시 행표준화하는 경우 수식은 상당히 간단하게 표현될 수 있는데, 공간가중치에 중심 공간 단위를 포함하는 경우(* 표시)와 그렇지 않은 경우(0 표시)를 구분해서 나타내보면 다음과 같다. 수식에서 볼 수 있듯이 Lee's L 을 계산하기 위해서는 우선 각 공간 단위(i)에 대해 이웃을 설정하고, 그에 속해 있는 공간 단위들(중심 단위 자신을 포함하는 경우, 즉 *표시가 있는 경우가 일반적)을 대상으로 X 변수의 표준화 점수를 가중평균하고, 마찬가지로 Y 변수에 대해서도 표준화 점수를 가중평균해 서로 곱한다. 각 공간 단위에 대해 계산된 값들을 모든 공간 단위에 대해 합산 한 후 전체 공간단위수로 나누게 되면 L 통계량이 산출된다.

$$L^0 = \frac{1}{n} \cdot \sum_i \left[\left(\sum_{j \neq i} w_{ij} \frac{(x_j - \bar{x})}{\sqrt{(x_i - \bar{x})^2 / n}} \right) \cdot \left(\sum_j w_{ij} \frac{(y_j - \bar{y})}{\sqrt{(y_i - \bar{y})^2 / n}} \right) \right] L^0 = \frac{1}{n} \cdot \sum_i \tilde{z}_{X_i} \tilde{z}_{Y_i}$$

$$L^* = \frac{1}{n} \cdot \sum_i \left[\left(\sum_j w_{ij}^* \frac{(x_j - \bar{x})}{\sqrt{(x_i - \bar{x})^2 / n}} \right) \cdot \left(\sum_j w_{ij}^* \frac{(y_j - \bar{y})}{\sqrt{(y_i - \bar{y})^2 / n}} \right) \right] L^* = \frac{1}{n} \cdot \sum_i \tilde{z}_{X_i}^* \tilde{z}_{Y_i}^*$$

Lee's L 의 특성은 표준 상관계수인 Pearson's r 의 정의를 위 수식과 비교해 봄으로써 비교적 쉽게 이해할 수 있다. Pearson's r 은 아래 수식처럼 나타낼 수 있는데, 개별 공간단위에 대해 두 변수의 표준화 점수를 곱한 후 모두 더하여 전체 공간단위수로 나눈 것에 해당한다.

$$r = \frac{1}{n} \cdot \sum_i z_{X_i} z_{Y_i}$$

개별 국지 세트(중심 단위 및 그 이웃)에 대해 두 변수 모두 평균 보다 크거나(high-high) 작다면(low-low) 양수로, 그렇지 않다면 음수로 나타나는데, 이들은 전체 평균한 값이 λ 통계량에 해당한다. 따라서 해석은 상관계수에서처럼 양수일 때 두 변수간 양의 상관성이 공간적으로 군집되어 있음을, 반대로 음수일 때(high-low 혹은 low-high) 음의 상관성이 공간적으로 군집되어 있음을 의미하게 된다. 물론 그 정도가 통계적으로 유의한지는 기댓값과 분산을 통해 측정할 수 있으며 이에 대해서는 Lee(2001a; 2001; 2004)를 참조할 수 있다.

5.5. Lee's S^* , 통계량 기반의 아메바 알고리즘

5.5.1. 배경

공간 패턴의 분석에 있어 공간 군집의 파악은 가장 중요한 관심 주제 중의 하나에 해당한다. 반적으로 공간적 군집은 지리적으로 우연히 발생했다고 보기 어려울 정도로 충분히 크고 밀집된 사건들의 집합체(Knox, 1989) 혹은 특징적인 속성값을 보유한 공간 단위의 연속체(이상일 등, 2010) 정도로 인식된다. 지리학이나 공간데이터분석 등의 연구에서 이런 공간 군집을 파악하려는 시도는 매우 오래전부터 있어 왔으며 특히 GIS 및 공간통계학의 발전과 함께 더욱 활발한 연구가 이루어지고 있다. 공간 군집의 분석은 크게 연구지역 전반적으로 공간 군집성이 나타나는지에 관심이 있는 전역적인 방법과 특정 군집이 국지적으로 어디에 존재하는지에 관심이 있는 국지적 방법으로 구분할 수 있는데, 특히 후자가 더운 큰 관심의 대상이 되고 있다. 또한 공간 군집의 분석은 분석에 사용되는 변수의 특성(예를 들어 카운트 자료인지, 아니면 일반적인 비율 척도 기반의 양적 자료 인지 등)이나 분석의 목적, 분석 방법의 특징 등에 따라 구분해 볼 수 있는데, 각 분야마다 많은 연구가 진척되고 있다.

5.5.2. 공간 군집 분석의 유형

공간 군집 분석 방법 중 국지적인 군집의 위치에 관심이 있는 방법을 크게 분석의 목적과 방법에 의거하여 구분해보면 표 1과 같다. 분석의 목적과 관련해서는 크게 기술적(descriptive) 혹은 탐색적(explorative) 분석인가 아니면 통계 테스트에 기반한 확증적 분석인가로 구분할 수 있으며, 통계 테스트의 경우는 특정한 공간 단위가 공간 군집의 성격을 갖추고 있느냐에 관심이 있는 초점 테스트와 공간 군집의 범위가 어디까지인가에 관심이 있는 구역 설정 테스트로 구분할 수 있다. 이 가운데서도 고용 중심지의 설정, 질병 발생 군집의 설정, 주택 가격 변동 지구의 설정 등 다양한 학술적, 정책적 관심을 고려해보면 구역 설정 테스트에 더 주목할 필요가 있다.

표 1. 공간 군집 분석의 유형

분석의 목적	분석 방법	측정 지수
기술 및 탐색적	개별 단위 분석	<ul style="list-style-type: none"> 비율(행비중, 열비중) 및 밀도, 이들의 표준점수(z-score) 입지계수 / Krugman 지수(Suedekum, 2006) / SMR 혹은 SIR(Waller and Gotway, 2004)
통계 테스트	개별 단위 분석	<ul style="list-style-type: none"> Fuchs and Kenett's M (Rogerson and Yamada, 2009) 표준화상이 점수(SSD_i) (이상일, 2007; 2008)
	초점 테스트	<ul style="list-style-type: none"> 국지적 공간통계: Local Moran's I_i (Anselin, 1995) / Getis-Ord's G_i & G_i^* (Ord and Getis, 1995) 수정 국지적 공간통계(I): $I_{cr,i}$ (Waller and Gotway, 2004) / I_n (Jackson et al., 2009) 수정 국지적 공간통계(II): $I_{DR,i}$ (Zhang and Lin, 2008) 수정 국지적 공간통계(III): $I_{EBL,i}$ (Zhang and Lin, 2008) 공간적 입지계수(focal location quotient) (Cromley and Hanink, 2012)
	근린 분석	
구역 설정 테스트	개별 단위 및 근린 분석의 결합	<ul style="list-style-type: none"> 공간적 카이-스퀘어 통계량: Tango's C_F (Tango, 1995) / Rogerson's R_i (Rogerson, 1999)
	초점 테스트의 병렬 수행	상기 참조
	스캐닝	<ul style="list-style-type: none"> 공간스캔통계량(Kulldorff, 1997)
	합역	<ul style="list-style-type: none"> (수정) AMOEBA(국지적 공간통계 기반)(Aldstadt and Getis, 2006; 이상일 등, 2010)

출처: 조대현, 2013

구역 설정 테스트는 다시 특정 공간 단위에 대한 초점 테스트를 모든 공간 단위에 수행한 후 요건을 갖춘 공간 단위의 연속체를 군집으로 파악하는 방법과, 개별 공간 단위가 아니라 구역을 대상으로 통계 테스트를 수행하고 그 결과를 바탕으로 군집을 파악하는 방법으로 구분할 수 있다. 전자의 방법으로는 대표적으로 Moran's I_i 와 같은 LISA(local indicators of spatial association, 국지적 공간 연관성 지표)(Anselin, 1995) 혹은 국지적 공간연관성통계량(local SAS: local spatial association statistics) (이상일 등, 2016)의 활용을 들 수 있다. LISA 혹은 국지적 SAS는 일반적으로 각 공간 단위를 대상으로, 해당 공간 단위 및 그 이웃으로 구성되는 영역에 대해 높은 값들(혹은 낮은 값들)이 인접하는지를 평가한다. 이 평가에서 통계적 유의성을 갖춘 공간 단위들의 연속체를 식별하면 이것이 공간 군집으로 간주하게 되며, 그 결과 지도는 흔히 ‘클러스터 지도’ 혹은 ‘유의성 지도’라 불린다(Anselin, 2003).

반면에 처음부터 개별 공간 단위가 아니라 구역을 대상으로 통계 테스트를 수행하는 방법을 생각해 볼 수 있는 크게 스캔 방식의 접근법과 합역 방식의 접근법으로 구분된다. 스캐닝 방법은 연구지역 전체에서 군집으로 간주되는 범위를 찾아내기 위해 크기나 형태가 다른 영역을 반복적으로 설정해가며 테스트를 수행하는 방식으로 공간스캔통계량(Kulldorff, 1997)이 대표적이다. 합역 방식은 객체 지향 방법으로도 불리는데, 관심 사건이 존재하는 지점들을 출발 ‘시드(seed)’로 삼아 조건에 맞는 인접

지역들을 반복적으로 합역해가는 과정으로 확장해감으로써 군집의 범위를 탐지하는 방법으로 Aldstadt and Getis(2006)의 AMOEBA(아메바)가 대표적인 방법에 해당한다.

5.5.3. Lee's S^* , 통계량 기반의 아메바 알고리즘

공간 군집의 파악을 위해 개발된 아메바 알고리즘은 Aldstadt and Getis(2006)에 의해 제안된 것이 대표적이다. Aldstadt and Getis(2006)에 의해 제안된 알고리즘은 통계 테스트를 위한 도구로 Getis and Ord's G^*_i 를 사용하지만 아메바 알고리즘의 기본적이 접근 방법을 잘 보여준다. Getis and Ord's G^*_i 는 다음과 같이 정의된다.

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1} w_{ij} x_j - \bar{x} \sum_{j=1} w_{ij}}{s \sqrt{\frac{n \sum_{j=1} w_{ij}^2 - \left(\sum_{j=1} w_{ij} \right)^2}{n-1}}}$$

아메바 알고리즘은 기본적으로 모든 개별 공간 단위에 대해 군집으로 간주되는 범역을 탐지하게 된다. 예를 들어 아래 그림의 가운데 셀(0로 표시)을 대상으로 군집의 범위를 설정하는 과정을 살펴보자. 우선 해당 셀에 대해 이웃을 전혀 고려하지 않고 Getis and Ord's G^*_i 를 계산한다. 이웃을 고려하지 않는 경우 Getis and Ord's G^*_i 를 계산하게 되면 그 값은 그 단위가 갖는 변수 값의 표준 점수와 동일하게 된다. 이 셀을 시드로 삼아 군집의 후보가 될 이웃의 범위를 설정하고, 다시 Getis and Ord's G^*_i 를 계산하게 된다(Step 1). 계산된 G^*_i 의 값이 직전 단계에서 계산한 G^*_i 값 보다 더 커지면서 동시에 최대치가 되는 이웃을 선정하게 되면 그것이 1 단계의 군집 범위가 된다. 1 단계에서 G^*_i 값이 더 커지게 되면 다음 단계로 진행하게 되는데, 1 단계에서 파악된 군집을 기준으로 다시 후보가 될 이웃의 범위를 설정하고 통계량을 계산한다. 여기서 다시 직전 단계에서 계산한 G^*_i 값 보다 더 커지면서 동시에 최대치가 되는 이웃을 선정하게 되면 그것이 2 단계의 군집 범위가 된다. 이런 과정을 계속 반복해서 G^*_i 값이 더 이상 커지지 않는 시점이 되면 그때의 범위가 해당 시드에서 파악된 군집의 범위가 된다(그림 1의 Final Step).

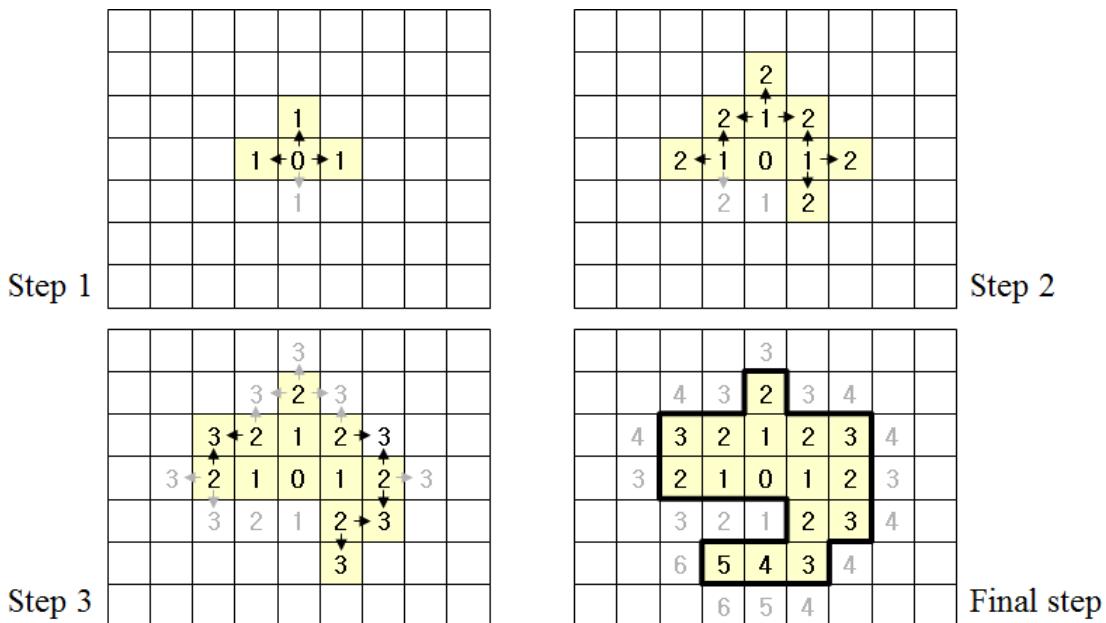


그림 1. 아메바 알고리즘에 의한 공간 군집 탐색의 예시

전술한 것처럼 Aldstadt and Getis(2006)가 제안한 아메바 알고리즘은 모든 공간 단위에 대해 위와 같은 절차를 거쳐 군집을 탐색한다. 그렇게 되면 이론적으로는 공간 단위 수만큼의 군집이 탐지될 수 있고, 그 군집 간에는 공간적인 중복이 발생하게 된다. 군집 간에 공간적인 중복이 발생하는 경우 Aldstadt and Getis(2006)가 제안한 방법은 G_i^* 값이 가장 큰 군집을 남기고, 그 군집과 중복이 발생한 군집은 모두 제거해버리는 것이다. 이런 과정을 순차적으로 적용하면 공간적인 중복이 없는 소수의 군집 만이 남겨지게 될 것이다.

하지만 이런 방식에서는 일반적으로 관심의 대상이 되는 군집, 예를 들어 아주 높은 값들의 군집 혹은 아주 작은 값들의 군집을 파악하기 어려운 문제가 발생한다(이상일 등, 2013). G_i^* 통계량의 특성상, 완변적인 공간적인 자기상관이 존재하는 상황에서 변수 값이 전체의 평균과 유사한 공간 단위를 시드로 삼아 탐지되는 군집의 공간적 범위는 상당히 넓게 나타나 높은 값들의 군집 혹은 낮은 값들의 군집을 파악하는 것이 어려워지기 때문이다.

이런 한계로 인해 이상일 등(2010)은 수정 아메바 알고리즘을 제안하였는데, 그 절차는 다음과 같다. 우선 변수 값의 크기에 따라 높은 값 순으로 혹은 낮은 값 순으로 시드의 처리 순서를 정한다. 그래서 먼저 처리된 시드에서 탐지된 군집은 가장 높은 값(혹은 가장 낮은 값)들의 군집이 되며, 동시에 중복시 우선권을 가진다. 만일 나중에 탐지된

군집이 먼저 탐지된 군집과 중복이 발생하는 경우는 이를 제거하거나 중복되지 않는 범위내에서 군집을 탐지하도록 하는 것이다. 하지만 이 수정 아메바 역시 Getis and Ord's G^*_i 를 기본 통계량으로 사용하고 있다.

여기에서는 Lee's S^*_i 통계량을 사용하는데, 기본적으로는 아메바의 논리를 가지되 후보로 제안된 구역이 공간 군집의 요건을 갖추었는지에 대한 평가 방식이 다소 달라지게 된다. Lee's S^*_i 통계량은 다음과 같이 정의된다.

$$S_i^* = \frac{n^2}{\sum_i \left(\sum_j w_{ij}^* \right)^2} \cdot \frac{\left[\sum_j w_{ij}^* (x_j - \bar{x}) \right]^2}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}$$

S^*_i 통계량에 사용되는 공간가중치 w_{ij} 는 Getis and Ord's G^*_i 통계량에서와 마찬가지로 대상이 되는 공간 단위의 이웃뿐만 아니라 자신을 함께 포함한다.

$$S_i^* = \tilde{z}_i^{*2}$$

표준화된 변수를 사용하고, 행표준화(row standardized) 공간가중치행렬을 사용하는 경우 S^*_i 통계량은 위와 같이 간략히 표현될 수 있다. 수식을 보면 이 통계량은 중심 공간 단위 및 그 이웃으로 정의되는 ‘근린’에 포함되는 공간 단위들이 가진 변수 값의 표준점수들을 가중평균하고, 그것을 제공한 것에 해당함을 알 수 있다. 따라서 S^*_i 통계량은 Getis and Ord's G^*_i 는 와 동일한 구조(즉, 자신 및 이웃의 범위에 포함되는 공간 단위들이 가진 표준화점수들의 가중평균에 기반하는)를 가지고 있다. 일반적으로 Getis and Ord's G^*_i 가 높은 값들(혹은 낮은 값들)이 공간적으로 인접하는지 여부, 즉 공간 군집성을 포착하는데 흔히 사용됨을 생각해본다면 S^*_i 통계량 역시 공간 군집성의 파악에 유리한 통계량임을 생각해볼 수 있다(이상일 등, 2016). 게다가 S^*_i 통계량은 Getis and Ord's G^*_i 와는 달리 Anselin(1995)이 정의한 LISA의 조건을 모두 충족하고 있을 뿐만 아니라 통계적 유의성 검정을 위한 명확한 절차를 제시하고 있어 Getis and Ord's G^*_i 를 대체해서 사용할 수 있을 것으로 생각된다(이상일 등, 2016).

S^*_i 통계량에 기초한 아메바 알고리즘은 전술한 수정 아메바 알고리즘과 동일한 논리를 갖는다. 시드를 높은 값(혹은 낮은 값) 순으로 정렬한 후 순서대로 군집 탐지를 시작한다. 먼저 탐지된 군집과 나중에 탐지된 군집 간에 중복이 발생하는 경우, 먼저 탐지된 군집이 우선권을 가지며, 나중에 탐지되는 군집은 제거하거나 혹은 먼저 탐지된 군집과 중복이 발생되지 않는 범위만을 군집으로 탐지 후 경계선을 공유하는 군집 간에 병합을 시도하는 방식을 취하게 된다.

그런데, S^*_i 통계량은 Getis and Ord's G^*_i 와는 달리 유사한 값을 갖는 인접 공간 단위들이 공간 군집의 후보로써 계속해서 추가된다 하더라도 통계량의 값이 지속적으로 커지는 속성은 보유하고 있지 않으므로 어느 범위까지가 군집인지 그 여부를 평가하는 방식이 달라지게 된다. 그 평가 기준으로는 S^*_i 통계량 자체의 값이나 유의성 검정을 통해 산출되는 p-value 등을 사용할 수 있다. 예를 들면, S^*_i 통계량나 p-value 가 군집 판정의 기준으로 설정된 값보다 작아지기 직전 시점의 공간 범위를 군집으로 채택할 수 있다.

6 Reference

6.1 How to Contribute

uDig Processing Toolbox 플러그인 개발에 참여하는 방법은 GitHub 를 이용하여 직접 개발에 참여하는 방법과 Transifex 를 이용하여 지역화(한국어 등)에 참여하는 방법이 있습니다.

다음 URL 을 참고하십시오.

■ GitHub

- https://github.com/mapplus/spatial_statistics_for_geotools_udig

■ Transifex

- <https://www.transifex.com/mangosystem/ss-rd>

6.2 Reference

- 7 uDig User Guide: <http://udig.github.com/docs/user/>
- 8 Anselin, L., Lozano, N., and Koschinsky, J., 2006, Rate transformations and smoothing, Urbana, 51, 61801.
- 9 Aldstadt, J. and Getis, A., 2006, Using AMOEBA to create a spatial weights matrix and identify spatial clusters, *Geographical Analysis*, 38(4), 327-343.
- 10 Anselin, L., 1995, Local indicators of spatial association—LISA, *Geographical Analysis*, 27(2), 93-115.
- 11 Anselin, L., 2003, *GeoDa 0.9 User's Guide*, Spatial Analysis Laboratory, Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois.
- 12 Atchley, W. R., Gaskins, C. T., and Anderson, D., 1976, Statistical properties of ratios. I. Empirical results, *Systematic Biology*, 25(2), 137-148.
- 13 Barnes, P., 1982, Methodological implications of nonnormally distributed financial ratios, *Journal of Business Finance & Accounting*, 9(1), 51-62.

- 14 Dale, M. R., and Fortin, M. J., 2014, Spatial Analysis: A Guide for Ecologists, Cambridge University Press.
- 15 Duncan, O. D. and Duncan, B., 1955, A methodological analysis of segregation indexes, *American Sociological Review*, 20(2), 210-217.
- 16 Kane, G. and Meade, N., 1998, Ratio analysis using rank transformation, *Review of Quantitative Finance and Accounting*, 10(1), 59-74.
- 17 Knox, E. G. 1989, Detection of clusters, in Elliott, P. ed., *Methodology of Enquiries into Disease Clustering*, London: Small Area Health Statistics Unit, 17-20.
- 18 Lee, Sang-Il and Cho, Daeheon, 2014, Developing a Spatial Principal Components Analysis, Annual Meeting of the Association of American Geographers, April 8~12, Tampa, Florida, USA (April 11 presented), p.267.
- 19 Lee, Sang-Il, 2001, Developing a bivariate spatial association measure: an integration of Pearson's r and Moran's I, *Journal of Geographical Systems*, 3(4), 369-385
- 20 Lee, Sang-Il, 2004a, Exploratory spatial data analysis of σ -convergence in the U.S. regional income distribution, 1969-1999, *Journal of the Korean Urban Geographical Society*, 7(1), 79-95.
- 21 Lee, Sang-Il, 2004b, A generalized significance testing method for global measures of spatial association: an extension of the Mantel test, *Environment and Planning A*, 36(9), 1687-1703.
- 22 Lee, Sang-Il, 2008, A generalized procedure to extract higher order moments of univariate spatial association measures for statistical testing under the normality assumption, *Journal of the Korean Geographical Society*, 43(2), 253-262.
- 23 Lee, Sang-Il, 2009, A generalized randomization approach to local measures of spatial association, *Geographical Analysis*, 41(2), 221-248.

- 24 Lee, Sang-II, 2015, Some Elaborations on Spatial Principal Components Analysis, Annual Meeting of the Association of American Geographers, April 21~25, Chicago, USA (April 25 presented), p.406.
- 25 Waller, L. A. and Gotway, C. A., 2004, Applied Spatial Statistics for Public Health Data, John Wiley & Sons.
- 26 Wong, D.W. and Lee, J., 2005, Statistical Analysis of Geographic Information with ArcView GIS and ArcGIS, John Wiley & Sons, Inc.
- 27 Wartenberg, D., 1985, Multivariate spatial correlation: A method for exploratory geographical analysis, *Geographical Analysis*, 17(4), 263-283.
- 28 이상일, 2007, "거주지 분화에 대한 공간통계학적 접근(I): 공간 분리성 측도의 개발," *대한지리학회지*, 42(4), 616-631.
- 29 이상일, 2008, "거주지 분화에 대한 공간통계학적 접근(II): 국지적 공간 분리성 측도를 이용한 탐색적 공간데이터 분석," *대한지리학회지*, 43(1), 134-153.
- 30 이상일·조대현·이민파, 2015, 일변량 공간적 자기상관 통계량에 대한 비교 연구 (I): 전역적 통계량을 중심으로, *한국지리학회지*, 4(2), 329-345.
- 31 이상일·조대현·이민파, 2016, 일변량 공간연관성통계량에 대한 비교 연구 (II): 국지적 S_i 통계량을 중심으로, *한국지리학회지*, 5(3), 375-396.
- 32 이상일·조대현·손학기·채미옥, 2010, "공간 클러스터의 범역 설정을 위한 GIS-기반 방법론 연구: AMOEBA 기법," *대한지리학회지*, 45(4), 502-520.
- 33 이화정·이상일·조대현, 2013, "거주지 이동을 통한 학교 선택의 공간성에 관한 연구: 서울시 초등학생의 전학 양상을 사례로 한 시론적 분석," *대한지리학회지*, 48(6), 897-913.
- 34 조대현, 2013, "카운트 데이터 기반 공간 군집 분석 연구의 동향과 방법론적 이슈," *대한지리학회지*, 48(5), 768-785.
- 35 조대현·이종일, 2013, "고용 중심지의 범역 설정을 위한 GIS 기반 접근법의 적용," 2013년 한국도시지리학회 학계학술대회 자료집, 충북대학교, 60-66.

[문서의 끝]

uDig Processing Toolbox v1.0

