



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년07월24일
(11) 등록번호 10-2003643
(24) 등록일자 2019년07월18일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 16/00 (2019.01) G06Q 50/10 (2012.01)
- (52) CPC특허분류
G06F 16/367 (2019.01)
G06F 16/29 (2019.01)
- (21) 출원번호 10-2018-0050800
- (22) 출원일자 2018년05월02일
심사청구일자 2018년05월02일
- (56) 선행기술조사문헌
Jacek MALCZEWSKI & Mohammadreza JELOKHANI-NIARAKI. An ontology-based multicriteria spatial decision support system: a case study of house selection. 1 부.*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
- (72) 발명자
아불가셈
서울특별시 광진구 능동로 209
모함마드레자 젤로하니 니아라키
서울특별시 광진구 능동로 209
최수미
서울특별시 광진구 능동로 209
- (74) 대리인
양성보

전체 청구항 수 : 총 10 항

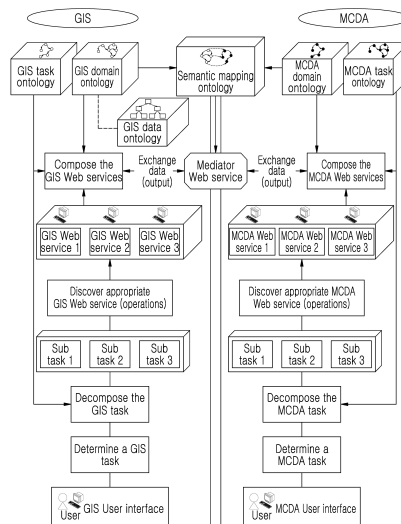
심사관 : 이복현

(54) 발명의 명칭 환경 평가 및 의사 결정을 위한 GIS 및 MCDA 도구의 시맨틱 상호 운용 방법

(57) 요약

EADM(environmental assessment and decision making) 문제에 대해 GIS(geographic information system)와 MCDA(multi-criteria decision analysis) 시스템 간에 시맨틱 상호 운용성(semantic interoperability)을 위한 프레임워크로서 GIS와 MCDA 시스템의 구성요소 간에 데이터 및 정보 교환을 지원하는 온톨로지를 기반으로 하는 프레임워크를 제공한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

G06Q 50/10 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711070409(세부과제번호: 2016-0-00312-003)

부처명 과학기술정보통신부(P71)

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터(ACJ0788)

연구사업명 정보통신기술인력양성(R&D, 정보화)(13508013013145004538302)

연구과제명 모바일 플랫폼 기반 엔터테인먼트 VR 기술 연구

기 여 율 1/1

주관기관 세종대학교 산학협력단

연구기간 2018.01.01 ~ 2018.12.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

컴퓨터로 구현되는 프레임워크 제공 방법에 있어서,

EADM(environmental assessment and decision making) 문제에 대해 GIS(geographic information system)와 MCDA(multi-criteria decision analysis) 시스템 간에 시맨틱 상호 운용성(semantic interoperability)을 위한 프레임워크를 제공하는 단계

를 포함하고,

상기 제공하는 단계는,

상기 GIS와 상기 MCDA 시스템의 구성요소 간에 데이터 및 정보 교환을 지원하는 온톨로지를 기반으로 상기 프레임워크를 구축하고,

상기 온톨로지는,

상기 GIS에서 환경 데이터 검색과 분석 목적에 사용되는 개념들이 정의된 GIS 도메인 온톨로지;

상기 MCDA 시스템에서 환경 데이터 검색과 분석 목적에 사용되는 개념들이 정의된 MCDA 도메인 온톨로지;

EADM 분석 태스크를 수행하기 위한 상기 GIS의 작업흐름(workflow) 지식이 포함된 GIS 태스크 온톨로지;

EADM 분석 태스크를 수행하기 위한 상기 MCDA 시스템의 작업흐름(workflow) 지식이 포함된 MCDA 태스크 온톨로지;

상기 GIS 도메인 온톨로지의 개념들과 상기 MCDA 도메인 온톨로지의 개념들 간의 매핑을 위한 매핑 온톨로지; 및

EADM 분석과 관련된 데이터에 대해 시맨틱 관계를 기반으로 한 온톨로지 기반 쿼리를 지원하는 GIS 데이터 온톨로지

를 포함하고,

EADM 분석 태스크가 상기 GIS와 상기 MCDA 시스템의 구성요소 간 상호 운용을 통해 수행되고,

상기 GIS 태스크 온톨로지와 상기 MCDA 태스크 온톨로지 상의 작업흐름 지식에 기반하여 EADM 분석 태스크가 자동 번역되어 일련의 연관된 연산으로 분해되고,

상기 GIS 태스크 온톨로지와 상기 MCDA 태스크 온톨로지는 EADM 분석 태스크에 대한 상기 GIS와 상기 MCDA 시스템에서의 분석 단계와 분석 결과를 구조화하는 것

을 특징으로 하는 프레임워크 제공 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 온톨로지는,

상기 GIS와 상기 MCDA 시스템의 웹 서비스에 의해 EADM 분석과 관련된 데이터의 사용, 수정, 추론, 처리가 가능한 필요 정보를 포함하는 것

을 특징으로 하는 프레임워크 제공 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 온톨로지는,

상기 GIS와 상기 MCDA 시스템의 웹 서비스 간에 통신하고 EADM 분석과 관련된 데이터를 교환하기 위한 시맨틱 지식 모델을 포함하는 것

을 특징으로 하는 프레임워크 제공 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 온톨로지는,

상기 GIS에서 사용되는 개념들과 상기 MCDA 시스템에서 사용되는 개념들 간에 의미적 관련성을 조정하는 시맨틱 조정자(semantic mediator) 역할을 하는 것

을 특징으로 하는 프레임워크 제공 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 온톨로지는,

의사 결정(decision making)을 위한 서비스 체이닝 지식(service chaining knowledge)을 제공하는 상기 GIS와 상기 MCDA 시스템의 작업흐름(workflow) 지식을 포함하는 것

을 특징으로 하는 프레임워크 제공 방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 GIS 도메인 온톨로지는,

GIS 도메인과 관련된 어휘, 및 공간 속성의 특징과 오브젝트 역할의 개념을 포함하는 것

을 특징으로 하는 프레임워크 제공 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 MCDA 도메인 온톨로지는,

MCDA 도메인과 관련된 어휘, MCDA 데이터 모델의 성질, 개념, 및 지식 용어를 포함하는 것

을 특징으로 하는 프레임워크 제공 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 GIS 태스크 온톨로지와 상기 MCDA 태스크 온톨로지는,

SWRL(Semantic Web Rule Language) 규칙에 의해 제시되는 작업흐름 지식을 포함하는 것

을 특징으로 하는 프레임워크 제공 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 매핑 온톨로지는,

상기 GIS 도메인 온톨로지와 상기 MCDA 도메인 온톨로지 간의 대응 어휘들과 대응 어휘들 간의 시맨틱 관련성 (semantic relation)을 포함하는 것

을 특징으로 하는 프레임워크 제공 방법.

청구항 11

컴퓨터로 구현되는 프레임워크 제공 시스템에 있어서,

컴퓨터에서 판독 가능한 명령을 실행하도록 구현되는 적어도 하나의 프로세서

를 포함하고,

상기 적어도 하나의 프로세서는,

EADM(environmental assessment and decision making) 문제에 대해 GIS(geographic information system)와 MCDA(multi-criteria decision analysis) 시스템 간에 시맨틱 상호 운용성(semantic interoperability)을 위한 프레임워크로서, 상기 GIS와 상기 MCDA 시스템의 구성요소 간에 데이터 및 정보 교환을 지원하는 온톨로지를 기반으로 프레임워크를 제공하고,

상기 온톨로지는,

상기 GIS에서 환경 데이터 검색과 분석 목적에 사용되는 개념들이 정의된 GIS 도메인 온톨로지;

상기 MCDA 시스템에서 환경 데이터 검색과 분석 목적에 사용되는 개념들이 정의된 MCDA 도메인 온톨로지;

EADM 분석 태스크를 수행하기 위한 상기 GIS의 작업흐름(workflow) 지식이 포함된 GIS 태스크 온톨로지;

EADM 분석 태스크를 수행하기 위한 상기 MCDA 시스템의 작업흐름(workflow) 지식이 포함된 MCDA 태스크 온톨로지;

상기 GIS 도메인 온톨로지의 개념들과 상기 MCDA 도메인 온톨로지의 개념들 간의 매핑을 위한 매핑 온톨로지; 및

EADM 분석과 관련된 데이터에 대해 시맨틱 관계를 기반으로 한 온톨로지 기반 쿼리를 지원하는 GIS 데이터 온톨로지

를 포함하고,

EADM 분석 태스크가 상기 GIS와 상기 MCDA 시스템의 구성요소 간 상호 운용을 통해 수행되고,

상기 GIS 태스크 온톨로지와 상기 MCDA 태스크 온톨로지 상의 작업흐름 지식에 기반하여 EADM 분석 태스크가 자동 번역되어 일련의 연관된 연산으로 분해되고,

상기 GIS 태스크 온톨로지와 상기 MCDA 태스크 온톨로지는 EADM 분석 태스크에 대한 상기 GIS와 상기 MCDA 시스템에서의 분석 단계와 분석 결과를 구조화하는 것

을 특징으로 하는 프레임워크 제공 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 아래의 설명은 환경 평가 및 의사 결정(Environmental assessment and decision making, EADM)을 분석하는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]환경 평가 및 의사 결정(Environmental assessment and decision making, 'EADM'이라 약칭함) 응용들은 토지 이용적합성, 환경에 대한 계획, 프로젝트 및 정책의 영향, 환경적 취약성, 오염 위험도, 사람의 건강 등을 평가하기 위한 폭 넓은 분석을 수반한다. 자연 자원 이용 및 환경적 문제라는 맥락에서 의사 결정은 주로 사회 정치적, 환경적, 생태계적 및 경제적 요인 간의 내재하는 상충 관계(trade-offs) 때문에 복잡하고 명백하게 다루기

힘들다. 오염 지역에 대한 치유 및 저감 계획 평가, 인간 활동 범위의 잠재적인 환경 영향, 환경 정책과 계획 및 규제 절차들은 다수의 모순되는 공간적 및 비공간적 기준들을 종종 수반한다. 이러한 평가/결정에 대한 대응은 적절한 결정 지원 도구들을 필요로 한다.

[0003] EADM 분석들을 위해 가장 유익하고 적용되는 도구들 중의 하나는 GIS 기반 다기준 의사 결정 분석(GIS-based Multi-criteria Decision Analysis, GIS-MCDA)이다. 대부분의 EADM 문제들은 GIS-MCDA 관점에서 적절하게 운용될(operationalized) 수 있다. GIS-MCDA는 공간 의사 결정 및 토지 이용 평가 문제들을 다루는 것에 대한 GIS 및 MCDA의 능력을 통합하는 절차이다. GIS-MCDA 기술들은 다양한 기준 및 의사 결정자의 기호에 따라서, 폭넓은 환경적 의사 결정 및 평가 문제를 해결하는 과정을 지원하기 위한 잠재성을 갖는다. EADM 분석을 위해 GIS 및 MCDA를 통합하는 노력에 대한 주된 이유는 이 두 가지 구별되는 기술 분야들이 분석 단계에서 서로를 보완할 수 있기 때문이다. GIS 및 MCDA 구성요소 각각은 EADM 과정의 다른 부분을 다룬다. GIS가 지리적으로 참조된 환경 데이터를 저장하고 처리하고 분석하고 시각화하기 위한 고유 능력을 갖는 강력하고 통합된 도구로서 사용될 수 있는 반면, MCDA는 EADM 문제를 구조화하고 대안책을 설계하고 평가하고 우선순위를 정하기 위한 절차들 및 알고리즘들의 풍부한 집합체를 제공한다. MCDA는 환경적 의사 결정(environmental decision making)에서 공식적이고 가치 있는 방법론으로서 이용될 수 있다. GIS 기반 EADM의 중요성이 명백해지는 것은 GIS 및 MCDA의 혼합 속성(hybrid heritage) 및 공동 특성(synergetic characteristics)에 대한 설정에 따른다.

[0004] GIS-MCDA 방식은 동물 및 식물 종을 위한 토지 적합성/서식자(habitant), 농업 활동을 위한 토지의 적합성, 환경적 민감도 및 취약도, 생태 관광을 위한 지역 평가, 생태계적 계획, 재생 에너지를 위한 토지 평가, 빗물 수집 적합성, 토양, 물 및 산림 보존, 자연 재해, 공공 및 민간 부문 설비를 위한 최적 지역 선택, 폐기물 관리, 및 오염 분석 등을 정의하기 위한 생태계적 방식을 포함하는 매우 다양한 EADM 상황에서 적용되어 왔다. 방식들은 EADM 분석을 수행하는 다양한 모델 및 플랫폼(예를 들어, 데스크탑, 웹 및 모바일)을 사용하여 다양한 GIS 및 MCDA 구성요소들을 결합한다.

[0005] EADM 분석 적용에서 GIS 및 MCDA 능력을 통합하기 위한 수 많은 메커니즘들이 있으며, 일반적으로, 두 가지 전략이 구별될 수 있다: 타이트 및 루즈 결합(tight and loose coupling). 타이트 결합 방식은 모든 구성요소들(MCDA 및 GIS 모듈들)이 일체형 시스템(monolithic system)으로 통합되는 것을 의미한다. 공유 데이터베이스 및 일반 사용자 인터페이스를 사용하여 MCDA 능력을 GIS와 통합한다. 동일한 데이터 소스와 단일한 인터페이스는 두 가지 도구 양쪽에서 사용된다. 루즈 결합 방식은 다른 시스템에서 온 환경 데이터를 입력 데이터로 사용하는 파일 교환 메커니즘을 사용하여 GIS 및 MCDA 시스템의 통합을 가능하게 한다.

[0006] 그러나, 환경 평가를 위해 타이트 및 루즈 결합 전략을 사용하는 GIS 및 MCDA 능력 통합에는 몇 가지 한계점이 있다. 타이트 결합 전략을 사용하는 것의 주된 문제점은 이것이 GIS-MCDA에 대한 높은 수준의 지식과 GIS 및 MCDA 구성요소들을 단일한 환경 분석 시스템으로 통합하기 위한 상당한 프로그래밍 노력을 요구한다는 점이다. 게다가, 이러한 전략들의 일체형 및 적용 특정형(application-specific) 특징에 의해, 그들은 오직 하나 또는 매우 적은 특정 환경 분석 적용(적용 특정형)만을 지원하는 단일하고(single), 폐쇄되고(closed), 상호 운용이 가능하지 않은(non-interoperable) 구조를 구축한다. 루즈 결합 전략의 사용은 모듈형 GIS 및 MCDA 구성요소들 사용함으로써 이러한 문제들을 감소시킬 수 있다. 이 전략은 GIS 및 MCDA 구성요소가 각각이 읽을 수 있는 파일들의 교환을 통해 간단하게 서로 "대화"하게 할 수 있다.

[0007] GIS 및 MCDA의 통합은 특정 GIS 및/또는 MCDA 적용이 루즈하게/타이트하게 그들의 내부 데이터 모델 및 구조와 결합되는 현재의 패러다임에서 상호 운용이 가능한 GIS-MCDA 플랫폼으로 변화해야 한다. 다양한 수준에 있는 단계들이 환경 보호를 위한 일반적인 프레임워크 및 규칙들을 정의하는 데 목표를 두고 있고 있기 때문에, 환경 영역에 GIS 및 지리 정보(Geographic Information, GI)의 상호 운용적인 네트워크의 존재가 점점 더 중요해지고 있다. 상호 운용이 가능한 GIS-MCDA 시스템에서, GIS 및 MCDA 도구들은 공간 결정 문제를 다루기 위해 상호 운용(interoperate)이 가능하며, 관련 데이터를 교환할 수 있다. 이상적으로, 상호 운용이 가능한 GIS-MCDA 시스템들은 EADM 분석 과정의 임의의 특정 시간에서 임시적인 모듈형 공간 분석 및 다-기준 기능들을 사용자들이 통합하게 할 수 있다. 달리 말하면, 상호 운용성(interoperability)은 GIS와 MCDA 도구의 동적인 통합을 제공하며, 이는 EADM 분석 요구에 따라서 GIS와 MCDA 모듈 간에 주고 받는 정보의 탄력적인 이동을 가능하게 한다.

[0008] 그러나, 모듈형 GIS 및 MCDA 구성요소들의 상호 운용성은 구성요소들 간에 존재하는 이질성에 의해 저해된다. 두 시스템 간의 이질성은 신택틱(syntactic) 및 시맨틱(semantic) 수준을 포함하는 다양한 수준에서 발생할 수 있다. 신택틱 이질성(syntactic heterogeneity)이란 GIS와 MCDA가 사용하는 파일 형식 상의 차이와 같은 데이터

형식 및 문법(syntaxes) 상의 차이점이다. 정보를 교환하고 교환되는 정보를 사용하는 GIS 및 MCDA 도구들의 능력은 데이터 교환 표준 및 형식에 달려 있다.

[0009] GIS 및 MCDA의 상호 운용성은 단순히 데이터의 패키징(신택스(syntax))과 관련 있는 것이 아니라 교환되고 있는 환경 데이터의 의미를 의미론적으로(semantically) 해석하고 이해하는 능력과 관련이 있다. 구문론적으로(syntactically) 데이터를 교환하는 GIS 및 MCDA의 능력을 넘어 그것들은 두 시스템에 의해 정의된 바와 같이 유용한 EADM 결과를 생성하기 위하여 교환된 데이터를 자동적이고 의미있게 해석하는 능력을 필요로 한다.

[0010] 그러나, GIS 및 MCDA에서 사용되는 데이터, 용어 및 모델의 의미 상 차이점에 의해 발생하는 시맨틱 이질성 문제는 그런 수준의 상호 운용성을 달성하는 데 실질적인 장애물로 여겨지고 있다.

[0011] 일반적으로, MCDA와 GIS 도구들 모두에서 환경 절차 및 데이터의 시맨틱들은 거의 명시적이지(explicit) 않다; 그것들은 개발자와 사용자 간에 형식적이지 않고(informal) 암시적인(implicit) 합의의 형식으로 되어 있다. 달리 말하면, GIS 및 MCDA 개념들의 의미에 대한 가정들은 도구들 내에 암시적으로 내장된다. 전통적으로, 의사 결정자들은 그들의 지식에 기반하여 GIS와 MCDA 요소 간의 의미/시맨틱을 조정하고 나서, GIS와 이에 대응하는 MCDA 요소를 통합할 필요가 있다. 대부분의 경우, MCDA와 GIS의 데이터 및 운용 이질성과 같은 이질적인 성질 때문에, 그들은 한 시스템에서 다른 시스템으로 데이터를 수동으로 전달할 필요가 있다. 예를 들어, 사용자가 MCDA 소프트웨어에서 GIS 소프트웨어로 한 파일(예를 들어, 특정 EADM 문제에 대한 기준 비중)을 들여올 때(import), 사용자는 MCDA 소프트웨어에서 사용되는 용어와 GIS 소프트웨어에서 사용되는 용어에 대한 해석을 명확히 제공할 필요가 있다. 이 방식은 사용자가 양 시스템 상의 가정들 및 기반 모델(underlying models)에 대한 지식을 가질 필요가 있기 때문에, 비효율적이고 오류가 발생하기 쉽다. 시맨틱 상호 운용성 없이, MCDA 지식을 필요로 하는 환경 평가 업무를 수행하는 (MCDA에 대해서는 아니고) 오직 GIS에 대해 전문가인 사용자는 적절하게 MCDA 태스크를 수행하기 위하여 MCDA 분석가와 상의해야 한다. 달리 말하면, GIS와 MCDA 두 영역 간의 시맨틱 해석과 조정이라는 부담은 사용자의 몫이다.

[0012] 시맨틱 상호 운용성 문제는 GIS와 MCDA 통합을 위해 온톨로지 기반 방식을 요구한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] EADM을 위해 GIS와 MCDA 구성요소의 시맨틱 상호 운용성을 가능하게 하는 온톨로지 프레임워크를 제공한다.

과제의 해결 수단

[0014] 컴퓨터로 구현되는 프레임워크 제공 방법에 있어서, EADM(environmental assessment and decision making) 문제에 대해 GIS(geographic information system)와 MCDA(multi-criteria decision analysis) 시스템 간에 시맨틱 상호 운용성(semantic interoperability)을 위한 프레임워크를 제공하는 단계를 포함하고, 상기 제공하는 단계는, 상기 GIS와 상기 MCDA 시스템의 구성요소 간에 데이터 및 정보 교환을 지원하는 온톨로지를 기반으로 상기 프레임워크를 구축하는 것을 특징으로 하는 프레임워크 제공 방법을 제공한다.

[0015] 일 측면에 따르면, 상기 온톨로지는, 상기 GIS와 상기 MCDA 시스템의 웹 서비스에 의해 EADM 분석과 관련된 데이터의 사용, 수정, 추론, 처리가 가능한 필요 정보를 포함할 수 있다.

[0016] 다른 측면에 따르면, 상기 온톨로지는, 상기 GIS와 상기 MCDA 시스템의 웹 서비스 간에 통신하고 EADM 분석과 관련된 데이터를 교환하기 위한 시맨틱 지식 모델을 포함할 수 있다.

[0017] 또 다른 측면에 따르면, 상기 온톨로지는, 상기 GIS에서 사용되는 개념들과 상기 MCDA 시스템에서 사용되는 개념들 간에 의미적 관련성을 조정하는 시맨틱 조정자(semantic mediator) 역할을 할 수 있다.

[0018] 또 다른 측면에 따르면, 상기 온톨로지는, 의사 결정(decision making)을 위한 서비스 체이닝 지식(service chaining knowledge)을 제공하는 상기 GIS와 상기 MCDA 시스템의 작업흐름(workflow) 지식을 포함할 수 있다.

[0019] 또 다른 측면에 따르면, 상기 온톨로지는, 상기 GIS에서 환경 데이터 검색과 분석 목적에 사용되는 개념들이 정의된 GIS 도메인 온톨로지; 상기 MCDA 시스템에서 환경 데이터 검색과 분석 목적에 사용되는 개념들이 정의된 MCDA 도메인 온톨로지; EADM 분석 태스크를 수행하기 위한 상기 GIS의 작업흐름(workflow) 지식이 포함된 GIS 태스크 온톨로지; EADM 분석 태스크를 수행하기 위한 상기 MCDA 시스템의 작업흐름(workflow) 지식이 포함된 MCDA 태스크 온톨로지; 상기 GIS 도메인 온톨로지의 개념들과 상기 MCDA 도메인 온톨로지의 개념들 간의 매핑을

위한 매핑 온톨로지; 및 EADM 분석과 관련된 데이터에 대해 시맨틱 관계를 기반으로 한 온톨로지 기반 쿼리를 지원하는 GIS 데이터 온톨로지를 포함할 수 있다.

[0020] 또 다른 측면에 따르면, 상기 GIS 도메인 온톨로지는, GIS 도메인과 관련된 어휘, 및 공간 속성의 특징과 오브젝트 역할의 개념을 포함할 수 있다.

[0021] 또 다른 측면에 따르면, 상기 MCDA 도메인 온톨로지는, MCDA 도메인과 관련된 어휘, MCDA 데이터 모델의 성질, 개념, 및 지식 용어를 포함할 수 있다.

[0022] 또 다른 측면에 따르면, 상기 GIS 태스크 온톨로지와 상기 MCDA 태스크 온톨로지는, SWRL(Semantic Web Rule Language) 규칙에 의해 제시되는 작업흐름 지식을 포함할 수 있다.

[0023] 또 다른 측면에 따르면, 상기 매핑 온톨로지는, 상기 GIS 도메인 온톨로지와 상기 MCDA 도메인 온톨로지 간의 대응 어휘들과 대응 어휘들 간의 시맨틱 관련성(semantic relation)을 포함할 수 있다.

[0024] 컴퓨터로 구현되는 프레임워크 제공 시스템에 있어서, 컴퓨터에서 관독 가능한 명령을 실행하도록 구현되는 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 상기 적어도 하나의 프로세서는, EADM(environmental assessment and decision making) 문제에 대해 GIS(geographic information system)와 MCDA(multi-criteria decision analysis) 시스템 간에 시맨틱 상호 운용성(semantic interoperability)을 위한 프레임워크로서, 상기 GIS와 상기 MCDA 시스템의 구성요소 간에 데이터 및 정보 교환을 지원하는 온톨로지를 기반으로 프레임워크를 제공하고, 상기 온톨로지는, 상기 GIS에서 환경 데이터 검색과 분석 목적에 사용되는 개념들이 정의된 GIS 도메인 온톨로지; 상기 MCDA 시스템에서 환경 데이터 검색과 분석 목적에 사용되는 개념들이 정의된 MCDA 도메인 온톨로지; EADM 분석 태스크를 수행하기 위한 상기 GIS의 작업흐름(workflow) 지식이 포함된 GIS 태스크 온톨로지; EADM 분석 태스크를 수행하기 위한 상기 MCDA 시스템의 작업흐름(workflow) 지식이 포함된 MCDA 태스크 온톨로지; 상기 GIS 도메인 온톨로지의 개념들과 상기 MCDA 도메인 온톨로지의 개념들 간의 매핑을 위한 매핑 온톨로지; 및 EADM 분석과 관련된 데이터에 대해 시맨틱 관계를 기반으로 한 온톨로지 기반 쿼리를 지원하는 GIS 데이터 온톨로지를 포함하는 프레임워크 제공 시스템을 제공한다.

발명의 효과

[0025] 본 발명의 실시예들에 따르면, EADM을 위해 GIS와 MCDA 구성요소(예를 들어, 웹 서비스, 에이전트)의 시맨틱 상호 운용성을 가능하게 하는 온톨로지 프레임워크를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1a 및 도 1b는 본 발명의 일 실시예에 있어서 GIS 및 MCDA 구성요소들의 상호 운용성에 대한 예시적인 시나리오를 도시한 것이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 있어서 EADM 분석을 위한 온톨로지 기반의 상호 운용 가능한 GIS-MCDA 프레임워크를 도시한 것이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 있어서 GIS 도메인 온톨로지의 일 부분을 도시한 것이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 있어서 GIS 도메인 온톨로지 상 feature 역할들의 예시를 도시한 것이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 있어서 MCDA 도메인 온톨로지의 일 부분을 도시한 것이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 있어서 GIS 태스크 온톨로지의 일 부분을 도시한 것이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 있어서 GIS 작업 흐름의 예시를 도시한 것이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 있어서 MCDA 태스크 온톨로지의 일 부분을 도시한 것이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 있어서 MCDA 작업 흐름의 예시를 도시한 것이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 있어서 GIS 및 MCDA 클래스들 간 매핑의 예시를 도시한 것이다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 있어서 매립지 선택을 위한 GIS 데이터 온톨로지의 예시를 도시한 것이다.

도 12는 본 발명의 일 실시예에 있어서 GIS 및 MCDA 서비스들의 통신을 도시한 것이다.

도 13은 본 발명의 일 실시예에 있어서 시스템의 GUI 예시를 도시한 것이다.

도 14는 본 발명의 일 실시예에 있어서 제약 템플릿을 기반으로 실현 가능한 대안책들(alternatives)을 결정하기 위한 화면의 예시를 도시한 것이다.

도 15는 본 발명의 일 실시예에 있어서 공간 속성 값을 결정하기 위한 화면의 예시를 도시한 것이다.

도 16은 본 발명의 일 실시예에 있어서 매핑 알고리즘의 예시를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

EADM(환경 평가 및 의사 결정, Environmental assessment and decision making) 분석에 대한 유망한 방식은 GIS 및 MCDA 도구의 통합을 기반으로 한다. GIS와 MCDA 도구들의 통합은 상호 운용성을 통하여 잠재적으로 달성될 수 있으며, 여기서 이 도구들은 특정한 환경 문제를 다루기 위하여 관련된 정보를 교환할 수 있다. 그러나, GIS 및 MCDA에서 사용되는 모델, 용어(terminologies) 및 데이터의 다양한 의미에 의해 유발되는 시맨틱 이질성(semantic heterogeneity)의 문제는 이러한 도구들의 상호 운용성에 대한 장애물로 인식되어 왔다. 환경적인 응용(environmental application)을 위한 GIS 및 MCDA 시스템 간의 데이터 교환은 두 구성요소 간의 의미를 조정하기 위해서 사전 지식에 의존한다. 본 발명에서는 GIS 및 MCDA 웹 서비스들의 시맨틱 상호 운용성을 위한 온톨로지 기반 프레임워크(ontology-enabled framework)를 제공한다. 특히, 본 발명에서는 GIS 및 MCDA 서비스들 간 의도되고 모호하지 않은 의미를 갖는 환경 데이터(environmental data)를 교환하는 상호 운용 가능한 프레임워크(interoperable framework)를 제공함으로써 환경 의사 결정(environmental decision making)에 대한 상당한 기여를 한다.

GIS와 MCDA의 시맨틱 상호 운용성

(1) 개념

GIS와 MCDA 구성요소들의 통합은 상호 운용성 개념이 큰 잠재성을 갖는 이유인 두 가지 클래스의 컴퓨터 시스템이다. 상호 운용성은 GIS와 MCDA 시스템 간의 데이터 및 정보 교환 또는 공유를 나타내며, 여기서 GIS에 있는 데이터와 정보는 MCDA에 의해 효율적으로 사용될 수 있고 반대로 될 수 있다. 목표는 이러한 목적을 위하여 GIS와 MCDA 시스템의 (완벽한) 상호 작용을 가능하게 하는 것이다.

도 1a와 1b는 두 가지 시나리오를 사용하여 GIS와 MCDA 구성요소 간 상호 운용성의 개념을 나타낸다. 이 시나리오들은 공간 결정 분석 태스크가 대부분 GIS 또는 MCDA 구성요소의 사용을 수반하고 있는 방법에 의존하는 상호 운용성을 제시한다(GIS-우세 vs. MCDA-우세).

도 1a를 참조하면, 첫 번째 시나리오에서 사용자는 결정 분석 태스크를 수행하기 위하여 주로 GIS 구성요소들을 채택한다. GIS 구성요소들은 실현 가능한 대안 위치들(alternative locations)을 생성하고, 공간 기준 값들(spatial criteria values)을 결정하고, 기준 맵들(criteria maps)을 정규화하기 위한 표준화 기능을 수행하며, 전체 점수 또는 또는 대안들의 순위 계산을 위한 기준 맵을 결합시키는 중첩 분석(overlay analysis)을 수행한다. 이 경우에, GIS 구성요소들이 핵심이고 대부분 공간 결정 분석 프로세스들을 실행시키며, 단지 사용자 입력에 기반하여 계산된 수치적인 비중을 요청하기 위해서 MCDA 구성요소와 상호 운용한다(interoperate).

결정 태스크들이 대부분 GIS 기능에 의해 수행되는 첫 번째 시나리오와 달리, 두 번째 시나리오에서는(도 1b 참고) MCDA 구성요소들이 결정 문제를 해결하기 위해 더 많이 사용되는 경향이 있다. 이 시나리오에서, 사용자는 결정 계층을 구조화하고(예를 들어, 분석적 계층 프로세스(Analytic Hierarchy Process)), 사용자 선택(user preferences)을 수치적 비중으로 변환하고, 특정 MCDA 기술(예를 들어, 순서 가중 평균화(Ordered Weighted Averaging))을 기반으로 전체 점수 또는 대안들의 순위를 계산하기 위해 비중 및 기준 값들을 통합하고, 민감도 분석 그래프를 생성하기 위하여 주로 MCDA 구성요소들을 채택한다. 이 구성요소들은 오직 전체 점수를 계산하기 위해 공간 기준 값들을 요청하고, 맵 상 표현을 위해 GIS 부분에 대한 평가 결과들을 반환하기 위해서만 GIS 구성요소들과 상호 운용한다.

GIS와 MCDA 구성요소의 상호 운용성은 신택틱 및 시맨틱 수준에서 주로 발생할 수 있다. 신택틱 상호 운용성(syntactic interoperability)은 GIS와 MCDA 구성요소 모두가 결정 정보의 교환을 위해 문법과 데이터 형식에 대해 합의하는 것을 의미한다. 신택틱 상호 운용성이 데이터의 구조 또는 문법에 초점을 맞추는 반면, 시맨틱 상호 운용성(semantic interoperability)은 교환되는 데이터의 자동적 인식을 가능하게 한다. 시맨틱 상호 운용

성은 소스(source) 및 수신(receiver) 소프트웨어(예를 들어, GIS 및 MCDA) 자율성을 유지하면서 의도되고 모호하지 않은 의미를 갖는 데이터를 전송하는 GIS와 MCDA 구성요소들의 능력이다.

[0037] (2) 표준

[0038] GIS와 MCDA 시스템의 상호 운용성은 정보 교환에 필요한 브릿지 언어(bridge language)를 제공하는 일정한 표준의 개발 및 사용을 필요로 한다. 신택틱 및 시맨틱 수준(syntactic and semantic level)에서 상호 운용성을 향상시키려는 목적으로, GIS와 MCDA 분야의 학계는 표준을 개발해 왔다.

[0039] - GIS 표준

[0040] GIS 학계에서, OGC(Open Geospatial Consortium)는 지형공간(geospatial) 적용을 위한 광범위한 표준들을 개발해왔으며, 이는 GIS 도메인에서 정보 모델, 정의, 용어들을 제공한다. OGC는 국제표준기구(International Organization for Standardization, IOS), 미국 연방 지리정보 위원회(Federal Geographic Data Committee, FGDC), 국가 공간정보 기반(National Spatial Data Infrastructure, NSDI), 공간 자료 교환 표준(Spatial Data Transfer Standard, SDTS) 및 정보 기술 표준 국제 위원회(International Committee for Information Technology Standards, INCITS), 수치 지형 공간 정보 운영위원회(Digital Geographic Information Working Group, DGIWG)의 표준 및 다른 추상(abstract) 또는 내용(content) 표준들과 일치하는 지형공간 구현 표준을 개발하는 데 전념하는 국제 기구이다. 이질적인 지리정보 및 지형 처리(geo-processing) 자원들을 공유하는 개방되고 상호 운용 가능한 능력 또는 지리처리 서비스들은 OGC의 주된 목적이다. OGC는 사양(specifications)(예를 들어, 추상(abstract) 및 구현(implementation) 사양)을 통해 지리적 표준화 태스크를 달성하는 것에 목표를 둔다. 이러한 표준들은 상호 운용성 당면 과제들을 다루는 지형공간 학계에서 개발되어 왔다.

[0041] - MCDA 표준

[0042] MCDA 학계 내 개념들의 표준화에 대한 주된 노력들은 Decision Deck, EWG-MCDA(EURO Working Group on Multicriteria Decision Aiding) 및 SDS(Spatial Decision Support) 컨소시움에 의해 이루어 진다. 유럽 연구자들의 컨소시움인 Decision Deck은 MCDA 도메인에서 데이터 표준들을 정의했으며, 이는 다양한 MCDA 적용들을 상호 운용적으로 만들기 위하여 채택될 수 있는 UMCDA-ML(Universal Multi Criteria Decision Analysis Modeling Language) 및 XMCD(A(표준화된 XML 기반 MCDA) 표준이라 불린다. UMCDA-ML은 MCDA 개념들 및 일반적인 의사 보조 과정(generic decision aid processes)을 표현하는 보편적인 모델링 언어를 지원하기 위한 Decision Deck 내부의 과학 발의안들(scientific initiatives) 중 하나이다. XMCD(A는 MCDA 분야에서 개체(objects) 및 데이터 구조를 나타내기 위하여 표준화된 XML 사양을 제공하는, UMCDA-ML의 인스턴스(instance)이다. XMCD(A 표준의 목적은 MCDA 내에 보편적이고 통합된 데이터 구조를 제공하고, 이용 가능한 MCDA 도구의 이질성을 해결하고, 표준 도구들을 통하여 보편적인 용어, 다양한 MCDA 알고리즘 및 웹 서비스 체이닝(chaining), 및 MCDA 개념들 및 데이터 구조들의 시각적 표현을 사용하는 다양한 MCDA 웹 서비스 및 도구의 상호 운용성을 용이하게 하는 것이다.

[0043] EWG-MCDA는 목표가 독창적인 연구를 촉진하고 MCDA 분야의 발전에 기여하는 것인 작업 그룹(working group)이다. EWG-MCDA 소식지에서 표준 결정 지원 용어집(standard decision aiding glossary)을 발행했으며, 이 용어집에 제시된 용어들은 표준 MCDA 온톨로지의 구축을 위해 사용될 수 있다. 또 다른 시도에서, 공간 의사 결정 적용(spatial decision applications)과 관련된 교수들의 네트워크인 SDS(Spatial Decision Support) 컨소시움은 SDS 연구자들 및 종가사들을 위한 보편적인 단어(온톨로지) 및 정보의 출처로서 SDS 지식 포털을 개발했다. 이 포털은 SDS 분야 내 광범위한 지식 체계 중 일부로서 MCDA 내의 필수적인 개념들(용어, 방법, 기술, 도구 및 모델, 데이터 소스 등을 포함)을 부분적으로 다룬다.

[0044] (3) 도구: 웹 서비스 및 온톨로지

[0045] - 웹 서비스

[0046] 현재 GIS 및 MCDA 기능 각각을 수행하기 위하여 의사 결정자가 자유롭게 사용할 수 있는 상호 운용 가능한 많은 GIS 및 MCDA 웹 서비스들이 있다. 특히, Web Feature Service(WFS), Web Map Service(WMS), Web Coverage Service (WCS), 및 Web Processing Service(WPS)과 같은 OGC 표준 준수(OGC standards-compliant) 서비스들은 다양한 GIS 적용에 사용되고 있다. 유사하게, Decision Deck 컨소시움에 의한 XMCD(A 기반 웹 서비스들은 MCDA 도구에 대한 용이한 접근을 가능하게 한다. Decision Deck은 웹 서비스에 전용되는 구조를 제공하며, 이것의 주목적은 MCDA 컴퓨팅 자원, 방법 등이 호스트될 수 있고 누구에게나 자유롭게 이용 가능하게 만들 수 있는 장소를 제공하는 것이다(세부 내용은 <http://www.decision-deck.org/ws/webServices.html> 참고). 알고리즘 관점에

서 XMCD 웹 서비스들은 기초적인 MCDA 프로세스를 수행하며, 이는 적절하게 연쇄된다면(chained), MCDA 적용을 새롭게 구축할 수 있다. XMCD 웹 서비스들은 XMCD 표준에 기반하여 상호 운용이 가능하다. 분산된 GIS 및/또는 MCDA 서비스들의 이용 가능성을 통해, 웹 서비스들은 당면한 의사 결정 문제를 해결하기 위하여 사용되고 연쇄될 수 있다.

[0047] - 온톨로지

[0048] GIS 및 MCDA 학계 내 표준 이슈들을 다루기 위한 많은 노력에도 불구하고, 특히 시맨틱에 대한 GIS와 MCDA 구성 요소 간의 상호 운용성은 거의 없다. 시맨틱 상호 운용성은 모두 두 가지 도메인에서 개념의 의미에 대한 공통적인 이해와 합의에 의존한다; 이는 오직 구성요소들이 그들이 교환하는 데이터의 의미에 대해 합의할 때 달성된다. 온톨로지는 시맨틱 웹에 대한 실현 기술(enabling technology)로 여겨지며, 온톨로지 정의를 위한 방법 및 도구들은 상호 운용성을 위해 연구되고 있다. 온톨로지는 두 도메인에서 공유되는 이해 및 개념화에 대한 형식적이고 의미론적이며 명시적인 사양을 제공하는 것을 통하여 GIS와 MCDA 구성요소 간 시맨틱 상호 운용성을 가능하게 할 수 있다.

[0049] GIS 및 MCDA의 시맨틱 상호 운용성을 위한 온톨로지 프레임워크

[0050] 본 발명에서 사용되는 방법론은 일련의 온톨로지 및 GIS/MCDA 웹 서비스에 기반한 상호 운용 가능한 환경적 GIS-MCDA 프레임워크 개발을 수반한다(도 2 참고). 온톨로지는 GIS 및 MCDA 도메인 온톨로지, GIS 및 MCDA 태스크 온톨로지, GIS 데이터 온톨로지, 및 GIS-MCDA 매핑 온톨로지를 포함한다. GIS 및 MCDA 도메인 온톨로지는 GIS 및 MCDA 각각에서 데이터 검색 및 분석 목적으로 사용되는 개념들을 조직화하고 나타낸다. GIS 및 MCDA 태스크 온톨로지는 GIS 및 MCDA 도메인 온톨로지의 용법 각각에 대한 지식을 포함한다.

[0051] 이 프레임워크는 사용자가 특정 EADM 분석에 대한 GIS-MCDA 요소들(예를 들어, 공간 제약 및 성질 분석, 의사 결정 규칙 등)을 정의하게 할 수 있다. 이러한 GIS-MCDA 요소들은 GIS/MCDA 태스크 온톨로지로부터 기-정의된 GIS 또는 MCDA 태스크 템플릿(template)을 선택함으로써 정의될 수 있다. 당면한 적용에 대해 공간 다기준 의사 결정을 지원하기 위하여 요구되는 정보는 지리 데이터를 필요로 한다. 일반적으로, 지리 정보는 당면한 EADM 분석과 관련된 일련의 지리적인 대안책들, 제약들 및 기준들을 결정하도록 의사 결정자를 지원하기 위하여 사용된다. 마지막으로, 데이터 온톨로지는 적용과 관련된 정보를 조직화한다.

[0052] 시스템은 GIS 및 MCDA 태스크 온톨로지 상의 SWRL 규칙에 의해 제시되는 태스크 작업 흐름 지식에 기반하여 사용자 특정(user-specified) GIS 및 MCDA 태스크를 자동적으로 번역하고 일련의 연관된 원자 단위 연산(atomic operations)으로 분해한다. 시스템은 연산 각각에 대응하는 적절한 웹 서비스를 사용할 수 있다. 예를 들어, GIS와 같은 각 도메인의 개별적인 서비스들은 SWRL 규칙에 의해 제시된 순서에 따라 사용되며, 이후에 자동적으로 또는 사용자에게 의해 수동적으로 연쇄될 수 있다. 다음으로, 개별적인 서비스들(예를 들어, GIS 및/또는 MCDA 서비스들)은 도메인 온톨로지(예를 들어, GIS 및/또는 MCDA 도메인 온톨로지)에서 사용되는 용어에 기반하여 서로 그들의 출력 데이터(예를 들어, 메시지)를 의미론적으로 교환할 수 있다. 달리 말하면, 의미론적으로 통신할 수 있는 GIS 및/또는 MCDA 웹 서비스들에 대해, 서비스들의 입력 및 출력 데이터는 GIS/MCDA 도메인 온톨로지에 할당되어야 한다. 예를 들어, 일련의 GIS 웹 서비스들(소스 서비스들)을 사용하는 특정한 GIS 태스크의 완료 이후에, GIS 서비스들의 출력은 상대방(예를 들어, MCDA 웹 서비스들(타겟 서비스들))과 교환될 필요가 있다. 조정자 웹 서비스(mediator web service)는 GIS 서비스들에 의해 생성된 출력들과 MCDA 서비스들에 의해 요구되는 입력들의 의미를 그들 간의 적절한 데이터 전달을 위해 조정/매핑하는 매핑 온톨로지를 사용한다.

[0053] (1) 도메인 온톨로지

[0054] - GIS 도메인 온톨로지

[0055] GIS 도메인에서 환경 데이터 검색과 분석 목적에 사용되는 개념들의 형식적인 표현식을 제공하는 것이 필요하다. GIS 도메인 온톨로지는 GIS 도메인과 관련된 어휘를 제시해야 한다. GIS 도메인 온톨로지에서는 개념들은 대부분 종전 연구들, 최상위 수준 온톨로지(top-level ontology) 및 OGC 사양(specifications) 또는 ISO 표준(standards)(도 3 참고)으로부터 얻어질 수 있다. 예를 들어, OGC GeoSPARQL 표준에 따라서 기본적인 GIS 온톨로지는 Feature(공간 위치를 가질 수 있는 객체), Geometry(공간 위치의 표현식) 및 Spatial Object(Feature와 Geometry 모두의 상위 클래스(superclass))를 포함한다. "HasGeometry" 속성(property)은 Features(객체)를 그것들의 Geometry(그것들의 위치)에 연결시킨다. 기본적인 온톨로지가 OGC 사양에 기반하여 확장될 수 있다. 예를 들어, "OGC Abstract Specification Topic 5: Feature"는, 지형 공간 특징(geospatial feature)은 SRS(Spatial Reference System) 및 속성(attribute) 내에 특정 유형의 형상(geometry)(예를 들어,

점, 연속선(polyline) 또는 다각형(polygon))을 포함해야 한다고 명기한다.

[0056] 상기 개념들에 더하여, GIS 도메인 온톨로지는 공간 특징/오브젝트를 위한 역할의 개념을 포함해야 한다. 역할들의 개념은 특징이 공간 속성의 소스 역할을 하는지 목적 역할을 하는지를 나타내는 데 사용될 수 있다(도 4 참고). 일반적으로, 부분전체론적(mereological), 위상적(topological) 및 수치적(metric) 관계를 포함하는 외부의 공간 속성들은 두 오브젝트 간의 관계들을 나타내며, 이 중 하나는 소스 오브젝트의 역할을 하고 다른 하나는 목적 오브젝트의 역할을 한다. 역할들의 개념은 그것들이 필요한 정보 상의 구체적인 의도(사용자 의도)를 전달하기 때문에 GIS 도메인 온톨로지서 중요하다. 달리 말하면, 공간 속성 분석은 두 가지 특징들 중 어느 것이 소스 또는 목적인지에 따라 다른 출력(정보)을 생성한다. 예를 들어, "parking candidate site"를 소스 오브젝트로, "airport stations"를 목적 오브젝트로 고려하는 공간 속성 분석 "Find average distance between a parking candidate site and airport stations"의 출력은 "airport station"를 소스 오브젝트로, "parking candidate sites"를 목적 오브젝트로 고려하는 "Find average distance between an airport station and parking candidate sites"의 출력과 다르다.

[0057] - MCDA 도메인 온톨로지

[0058] MCDA 도메인 온톨로지는 MCDA에서 환경 데이터 검색 및 분석 목적을 위해 사용되는 개념들을 조직화하고 나타낸다. 이 온톨로지는 Decision Deck의 XMCDA 표준, SDS 컨소시움의 MCDA 어휘 및 EWG 학계의 불어-영어 의사 결정 보조 용어집(French-English decision aiding glossary)과 같은 표준화된 출처로부터 얻어질 수 있다(도 5 참고). 그것은 의사 결정 목표(decision goal), 의사 결정 대안책(decision alternatives), 의사 결정 제약(decision constraints), 평가 기준(evaluation criteria)(목적 및 속성), 기준 비중(criteria weights), 의사 결정 행렬(decision matrix), 대안 평가 결과(alternative evaluation outcomes) 등과 같은 MCDA 데이터 모델의 성질, 개념 및 지식 용어를 구축하고 암호화한다(도 5 참고).

[0059] (2) 태스크 온톨로지

[0060] - GIS 태스크 온톨로지

[0061] GIS 태스크 온톨로지는 GIS 도메인 온톨로지서 정의된 용어의 관점에서 EADM 분석 태스크를 수행하기 위한 공간적 분석 단계들 및 그것들의 결과들을 공식화한다(도 6 참고). 상호 운용이 가능한 GIS를 위한 지식 공유, 시맨틱 상호 운용성 및 웹 서비스 재사용을 가능하게 하기 위해서는 도메인 온톨로지에 더하여 태스크 온톨로지를 필요로 한다. 종전 연구들에서 온톨로지들은 공간 분석 단계들을 지형공간 분석 태스크의 작업 흐름들로 표준화하고 개념화하기 위한 방법으로서 인식되고 있다. 따라서, 본 발명에서 GIS 태스크 온톨로지는 GIS 분석 태스크를 해결하기 위한 작업 흐름 지식을 수집하며(capture), 여기서 요구되는 GIS 기능들(GIS 웹 서비스들) 및 다양한 GIS 태스크에 대한 그들의 결과들은 온톨로지 상 작업 흐름들로 제시된다. GIS 기능들을 수행하는 웹 서비스들은 온톨로지 내에서 개체들(individuals)로 여겨진다. 예를 들어, GIS 분석 태스크 "Determine average distance between Source and Target features within a radius from Source features"는 한 유형의 "spatial property analysis"이며 웹 서비스들을 갖는 GIS 기능들의 클래스들(예를 들어, buffer, overlay 및 distance)을 사용하여 이러한 클래스들의 개체들로서 의미론적으로 모델링될 수 있다(도 7 참고).

[0062] 온톨로지 상 EADM 분석에 대한 GIS 작업 흐름 지식을 설명하는 것은 작업 흐름 내에서 요구된 GIS 기능들을 설명하기 위하여 SWRL 규칙들을 사용한다. SWRL을 사용함으로써 어떤 GIS 기능과 그것들의 결과들이 특정 태스크를 위해 필요할지에 대한 지식을 표현할 수 있다. SWRL 규칙들은 GIS 분석 태스크에 대한 작업 흐름을 나타내기 위하여 온톨로지 클래스, 속성, 개체 및 데이터 값으로 표현될 수 있다. 이 규칙들의 오른 편은 인스턴스로서 특정 GIS 태스크를 포함하고 있는 일반적인 GIS 태스크 클래스를 표현하며, 이 규칙들의 왼 편은 상기 특정 태스크를 수행하기 위해 관련된 GIS 기능 클래스들, 그것들의 인스턴스들 및 결과들을 표현한다.

표 1

[0063]

Spatial property analysis tasks
Rule1

Task Class: Determine distance between Source and Target Features (task I)Instance 1: Determine nearest distance between Source and Target Features within a radius from Source Features Instance 2: Determine average distance between Source and Target Features between two radiuses from Source Features Instance 3: Determine nearest distance between Source and Target Features outside a given radius from Source Features Buffer (?B) ^ Overlay (?O) ^ Distance (?D) ^ hasGISOperation (?I, ?B) ^ hasGISOperation (?I, ?O) ^ hasGISOperation (?I, ?D) ^ hasNextGISOperation (?B, ?O) ^ hasNextGISOperation (?O, ?D)/Task I (?I)
Rule 2 Task Class: Determine elevation difference between Source and Target Features (task II)Instance 1: Determine minimum elevation difference between Source and Target Features within a radius from Source Features Instance 2: Determine maximum elevation difference between Source and Target Features between two radiuses from Source Features Buffer (?B) ^ Overlay (?O) ^ ElevationDifference (?ED) ^ hasGISOperation (?II, ?B) ^ hasGISOperation (?II, ?O) ^ hasGISOperation (?II, ?ED) ^ hasNextGISOperation (?B, ?O) ^ hasNextGISOperation (?O, ?ED)/Task II (?II)

표 2

Spatial constraint analysis tasks
Rule3
Task class: Determine if Source Features are away from Target Features (task III)Instance 1: Determine if Source Features are between two given distances of Target Features Instance 1: Determine if Source Features are outside a given distance of Target Features Buffer (?B) ^ Overlay (?O1) ^ Overlay (?O2) ^ hasGISOperation (?III, ? B) ^ hasGISOperation (?III, ? O1) ^ hasGISOperation (?III, ? O2) ^ hasNextGISOperation (?B, ? O1) ^ hasNextGISOperation (?O1, ? O2) ^ DifferentFrom (?O1,?O2) /Task III (?III)
Rule 4
Task class: Determine if Source Features are within a particular distance and direction of Target Features (task IV)Instance 1: Determine if Source Features are within a particular distance and located on the opposite side of Target Features Instance 1: Determine if Source Features are within a particular distance and located on the left side of Target Features Buffer (?B) ^ Overlay (?O) ^ Direction (?D) ^ hasGISOperation (?IV, ? B) ^ hasGISOperation (?IV, ? O) ^ hasGISOperation (?IV, ? D) ^ hasNextGISOperation (?B, ? O) ^ hasNextGISOperation (?B, ? D) /Task IV (?IV)

표 1과 표 2는 공간 속성 및 제약 분석 태스크 각각을 포함하는 GIS 분석 태스크에 대한 SWRL 규칙들의 예시를 보여준다. 예를 들어, 테이블 내 Rule 1은 공간 성질 분석 태스크 클래스인 "Determine distance between Source and Target Features"가 hasNextGISOperation 속성을 통해서 hasGISOperation 속성을 그 결과와 함께 사용하는 Buffer, Overlay 및 Distance를 필요로 한다고 기술한다. 이 태스크 클래스에 속하는 개체들(예를 들어, 태스크 인스턴스들)은 Buffer, Overlay 및 Distance 클래스에 속하는 대응 GIS 기능들을 갖는다. 예를 들어, "Determine nearest distance between Source and Target Features within a radius from Source Features", "Determine average distance between Source and Target Features between two radiuses from Source Features" 및 "Determine nearest distance between Source and Target Features outside a given radius from Source Features"를 포함하는 태스크 클래스의 인스턴스들은 Buffer, Overlay 및 Distance 클래스 인스턴스들 각각에 따라서 [Buffer-Full side, Overlay-Intersect, 및 Distance-Farthest], [Buffer-Ring, Overlay-Intersect, 및 Distance-Average], 및 [Buffer-Full side, Overlay-Clip, 및 Distance-Nearest]라는 다양한 일련의 GIS 기능들(GIS 웹 서비스들)을 필요로 한다.

- MCDA 태스크 온톨로지

GIS 태스크 온톨로지와 유사하게, MCDA 태스크 온톨로지는 예를 들어, MCDA의 계산 및 연산 요소들과 같은, EADM 분석 태스크에 대한 MCDA 단계들 및 그것들의 결과를 공식화한다(도 8 참고). 구체적으로, 본 발명에서 사용되는 MCDA 태스크 온톨로지는 다양한 기초 계산 MCDA 구성요소들을 결합함으로써 EADM 분석을 위한 MCDA 작업

흐름 지식을 구조화한다(도 9 참고). 단지 일체형 MCDA 모델 또는 소프트웨어 도구만을 고려하는 대신에, XMCDAs 표준은 알고리즘적 MCDA(작업 흐름)을 가능하게 하는 것에 목표를 둔다; 이는 MCDA 방법에서 사용되는 독립 계산 단계들을 수행하는 구성요소들(예를 들어, XMCDAs 웹 서비스들)의 설계이다. MCDA 방법이 정적이고 불변하는 블랙 박스로서 사용되면 안되고 현재 목적을 위해 채택되고 변화될 수 있는 동적 작업 흐름으로서 사용되어야 한다.

표 3

[0068]

Evaluate alternatives using a decision rule
Task class: Evaluate alternatives using a decision rule (Task V)Instance 1: Find rankings of Alternatives in a descending order using AHP-OWA
Instance 2: Find scores of Alternatives using Rank order-WLC
Preference Elicitation (?PE) ^ Preference to Weight Conversion (?PW)^ Decision Rule (?DR) ^ Evaluate (?E) ^ hasMCDAOperation (?V, ?PE) ^ hasMCDAOperation (?V, ?PW)^hasMCDAOperation (?V, ?DR)^hasMCDAOperation (?V,?E)^hasNextMCDAOperation (?PE, ?PW)^hasNextMCDAOperation (?PW, ?DR)^hasNextMCDAOperation (?DR,? E) /Task V (?V)

[0069]

표 3은 "Evaluate alternatives using a decision rule"라는 MCDA 태스크에 대한 SWRL 규칙의 예시를 보여준다. 예를 들어, 이 MCDA 태스크 클래스는 hasNextMCDAOperation 속성을 통하여 hasMCDAOperation 속성을 그 결과와 함께 사용하는 Preference Elicitation, Preference to Weight Conversion, Decision Rule 및 Evaluate라는 MCDA 기능들의 클래스들을 필요로 한다. MCDA 태스크 클래스에 속하는 개체들(예를 들어, 태스크 인스턴스들)은 상기 클래스들에 속하는 대응 MCDA 기능들(예를 들어, MCDA 웹 서비스들)을 갖는다. 예를 들어, "Find rankings of alternatives in descending order using an AHP-OWA" 및 "Find scores of alternatives using an Rank order-WLC"를 포함하는 "Evaluate alternatives using a decision rule" 태스크 클래스는 Preference Elicitation, Preference to Weight Conversion, Decision Rule 및 Evaluate 각각의 클래스 인스턴스로서, [Pair-Wise Comparison, AHP, OWA, 및 Ranking in Descending Order] 및 [Rank- Order, Rank Sum (RS), WLC, 및 Score]라는 다양한 일련의 웹서비스들 또는 MCDA 기능들을 필요로 한다.(3) 매핑 온톨로지

[0070]

특정한 EADM 분석을 위한 GIS 및 MCDA 구성요소들 간의 시맨틱 상호 운용성은 두 가지 GIS 및 MCDA 도메인 온톨로지들 상 개념들 간의 조정 또는 매핑을 필요로 한다. 본 발명에서, 시맨틱 매핑/브릿지 온톨로지는 이 두 가지 온톨로지 상 개념들을 의미있게 연관시키기 위해 사용된다. 이런 매핑 온톨로지 개발은 GIS 및 MCDA 개념들 간에 모든 매핑을 구체화하고 정확한 시맨틱 관련성을 만들기 위하여 GIS 및 MCDA 도메인 전문가 모두로부터의 지식을 필요로 한다.

표 4

MCDA terminology	Semantic relation	GIS terminology
Alternative/option • A set of entities of the same type among which a decision maker can choose.	is instantiated as	Source feature/object • A spatial occurrence in the real world, which is characterized by two descriptors: "what is present?" and "where is it?"
Attribute • Measurable quantity or quality used to measure alternatives' performance in relation to an objective. • Means or information sources available to the decision maker for achieving his/her objectives.	is kind of	Attribute/spatial property • A measurable quantity or quality of a spatial object or a relationship between spatial entities. • Information describing characteristics of a spatial entity.
Attribute value/score • A measured or an assessed level of the alternative with respect to a particular attribute.	is instantiated as	Attribute value • A measured or an assessed level of the spatial entity with respect to a particular attribute.
	is instantiated as	Attribute map • Attribute maps represent the set of values associated with a particular spatial entity and attribute.
	is instantiated as	Attribute table • Attribute data table is a tabular form of spatial data, where the rows of the matrix represent spatial entities, the columns represent attributes, and the cells contain the values of attributes associated with spatial entities.
Constraint • Limitation imposed on the set of decision alternatives to eliminate infeasible ones. • Specified based on the certain attributes/properties and attributes values.	is equivalent with	Spatial constraint • Limitation imposed on the spatial entities; they are specified based on the attributes/properties and attributes values.
	is disjoint with	Constraint • Spatial database/data model constraint: limitations imposed on a GIS database to maintain data integrity.
Ranking • Ordering of alternatives according to their ratings obtained from combination of the attribute values and decision maker's preferences.	is equivalent with	Ranking • Ordering of spatial objects based on their attributes values.
	is disjoint with	Ranking • Ordering of spatial objects based on their location (spatial arrangement).
Weight (preference) • The relative importance of the criteria (objectives/attributes).	is disjoint with	Weight (spatial weight) • The values representing spatial relationships.
Measurement scale/level • Attributes/properties of alternatives can be measured on four basic scales: nominal, ordinal, interval, and ratio.	is equivalent with	Measurement scale/unit • Attributes/properties of spatial entities can be measured on four basic scales: nominal, ordinal, interval, and ratio.
	is disjoint with	Scale (map scale) • The scale of a map is the ratio of a distance on the map to the corresponding distance on the ground.
Decision/evaluation/performance matrix • The set of outcomes or values associated with a particular alternative and attribute; the rows of the matrix represent alternatives, the columns represent attributes, and the cells contain the measured or assessed values of attributes associated with alternatives.	is instantiated as	Normalized attribute maps and attribute data tables • A set of normalized attribute maps and tables
Decision rule/aggregate function/combination rule • The decision rule integrates the decision makers' preferences and the attribute values within the decision matrix to obtain the ratings and/or orderings of the decision alternatives.	is kind of	Map combination/weighted overlay analysis • A spatial operation in which two or more maps or layers are superimposed. • A technique for combining multiple rasters, weighting each according to its importance, and adding them together to create a suitability map.

[0071]

[0072]

표 4는 GIS에서 사용되는 MCDA 용어 및 대응 어휘(vocabulary)뿐만 아니라 그들의 시맨틱 관련성에 대한 예시를 보여준다. 예를 들어, MCDA 용어인 "alternative"와 GIS 용어인 "source feature/object"는 alternative 엔티티가 source feature로 인스턴스화될 수 있는 방식과 관련될 수 있다. source feature에 대한 alternative의 인스턴스화는 alternative가 의사 결정 공간에서 특정 클래스의 공간 특징들을 나타낸다는 것을 의미한다. MCDA 용어 "weight"는 GIS 용어 "spatial weight"와 의미론적으로 다르며, 여기서 MCDA 용어는 기준들(목적들/속성들)의 상대적 중요도로 정의되는 반면, GIS 용어 "weight"는 공간 개체들 간의 공간 관계를 포함하는 파일로서 인지될 수 있다. 그러므로, 그것들은 두 가지의 다르고, 중첩되지 않는 개념들이다.

[0073]

도 10은 예시를 사용하여 시맨틱 매핑 과정을 설명한다. 예를 들어, GIS 온톨로지 용어인 "source feature", "spatial constraint", "spatial property", "linear unit"는 각각 "is instance of", "is", "is kind of", 및 "is a"의 의미적 관련성을 사용하여 MCDA 온톨로지 내 용어인 "alternative", "constraint", "attribute", 및 "ratio scale"과 관련될 수 있다. 이 과정은 GIS 온톨로지 클래스들의 인스턴스들이 MCDA 온톨로지 클래스들의 데이터 인스턴스들로 적절히 변환되게 할 수 있다.

[0074]

(4) GIS 데이터 온톨로지

[0075]

EADM 분석과 관련 있는 데이터를 더 잘 조직화하기 위한 수단으로서 구축된 온톨로지 계층의 가장 낮은 레벨에서, GIS 데이터 온톨로지는 시맨틱 관계를 기반으로 한 온톨로지 기반 쿼리를 가능하게 하며, 사용자 및/또는 검색 엔진이 의미론적으로 관련 정보를 검색하는 것을 돕는다. "Feature" 개념은 온톨로지 상 추상적이며 최상위 수준의 개념을 나타낸다. 당면한 적용(예를 들어, 매립지 선택)에 따라, 그 개념은 교통, 폐기물 유형, 매립 등과 같은 일반적인 도시 클래스들을 나타내는 수 많은 하위 개념들로 더 쪼개진다(도 11 참고). GIS 데이터 온톨로지는 데이터 온톨로지 상 최상위 클래스인 "Feature"를 GIS 도메인 온톨로지 상의 "Feature"라는 하위 클래스로 만듦으로써 GIS 도메인 온톨로지와 연결되며, 이는 클래스 인스턴스들이 Has SRC, Has Geometry 및 Has attribute 속성을 통해 SRS, Geometries, Attributes 등을 가리킬 수 있다는 것을 의미한다.

[0076] 프로토타입

[0077] GIS-MCDA 시스템의 프로토타입은 EADM 분석 맥락에서 GIS 및 MCDA 구성요소들의 시맨틱 상호 운용성을 설명하기 위해 구현된다. 프로토타입은 EADM 분석 문제들 중 하나로서 매립지 선택(적합성 순위)을 해결하기 위하여 상호 운용하는 일련의 GIS 및 MCDA 웹 서비스들(OGC 및 XMCDX 표준-준수 웹 서비스들)을 수반한다(도 12 참고). 온톨로지와 SWRL 규칙 모두는 OWL(Ontology Web Language)를 사용하여 형식화되고 구현된다.

[0078] 도 13은 매립지 적합성 문제를 해결하기 위한 GIS-MCDA 적용의 GUI를 보여준다. 공간 제약(spatial constraints), 목적(objectives), 속성(attributes) 등을 포함하는 매립지 선택과 관련된 MCDA 요소들은 GUI를 통해 구체화될 수 있다. 제약들은 GIS 태스크 온톨로지 내 대응하는 제약 분석 태스크와 연결되는 적절한 제약 태스크 템플릿들에 기반하여 GIS 도메인 온톨로지의 하위 클래스들로 정의된다. 예를 들어, "A candidate landfill site must be within 100 m of residential area"라는 제약을 정의하는 것은 "A source feature must be within a given distance of target features"라는 템플릿을 선택하는 것을 필요로 하며, 이는 차례로 "Determine if Source Features are within a given distance of Target Features"라는 제약 분석 태스크에 연결된다. 사용자가 제약 태스크 템플릿을 선택할 때, target features의 특정 거리 내에 위치하는 실현 가능한 source features를 얻기 위하여, 그 템플릿에 따른 대화 창(dialog window)이 나타나며, source feature(예를 들어, alternative)로서의 "landfill", target feature로서의 "residential area" 및 값(100m)의 구체화를 가능하게 한다(도 14 참고). 시스템은 GIS 데이터 온톨로지로부터의 적재를 통하여 대화 창 내 source(예를 들어, alternatives) 및 target features의 이름에 사용자가 접근하게 할 수 있다. 이 프로토타입에서, 데이터 온톨로지는 지정된 source(예를 들어 MCDA 도메인 내 alternative) 및 target features와 관련된 데이터를 포함하여 매립지 선택과 연관된 GIS 데이터를 포함하고 있는 OSD(Oracle Spatial database)와 연결된다. 공간 데이터는 OGC 표준을 기반으로 OSD에 저장된다.

[0079] OSD의 사용은 데이터 간의 시맨틱 관계를 기반으로 한 온톨로지 기반 쿼리 수행을 가능하게 한다; 오퍼레이터들(semantic operators)을 사용하는 것은 대화 창 내에서 지정된 source 및 target features를 의미있게 검색하는 것을 가능하게 할 수 있다. GIS 데이터 온톨로지와 관련하여 사용자가 대화 창 내에 target feature로 예를 들어 "transportation station"을 구체화한다고 하자. 사용자는 의사 결정 분석에서 target feature로서 임의 유형의 transportation station을 고려해야 할 필요가 있다. 그러나, 어떠한 테이블 행(table rows)도 "transportation station"이라는 정확한 값을 포함하고 있지 않기 때문에, 신택틱 일치와 관련 있는 GIS 데이터 베이스의 일반적인 쿼리는, 어떤 행(row)도 반환하지 않을 것이다. 예를 들어, 다음과 같은 쿼리는 어떠한 행도 반환하지 않을 것이다: SELECT type FROM Feature WHERE station type "transportation station". 그러나, GIS 데이터 베이스 내 많은 열들은 한 유형의 transportation station이기 때문에 관련이 있다. 예를 들어, bus stops, terminals 등과 같은 feature들은 모두 일종의 transportation station이다. Oracle Spatial 내 (어휘 평등(lexical equality)을 대신하는)SEM_RELATED 오퍼레이터는 GIS 데이터베이스로부터 모든 관련된 열들을 의미론적으로 검색하는 것을 가능하게 한다. GIS 데이터 온톨로지의 보조를 통해, SEM_RELATED 오퍼레이터는 GIS 데이터 온톨로지를 추론할 수 있고, subway stations, bus stops, airports, terminals 및 railway stations을 포함하는 모든 transportation station들을 찾을 수 있으며, 이는 이러한 feature들이 온톨로지 내에서 "transportation station"이라는 하위 또는 동등 클래스로서 의미론적으로 정의되었기 때문이다.

[0080] 목적(objective)과 속성(attribute) 개념은 GUI를 통해 유사하게 생성될 수 있다. 각각의 목적은 속성으로부터 얻어진다. 예를 들어, "Maximize accessibility"라는 목적은 두 가지 속성으로부터 얻어질 수 있다: "Nearest distance between landfill candidate sites and residential areas" 및 "Average distance between landfill candidate sites and residential areas". 제약들과 유사하게, 속성들은 GIS 태스크 온톨로지 내 대응하는 공간 속성 분석 태스크들과 연결된 공간 속성 템플릿들의 관점에서 구축될 수 있다. 예를 들어, "Nearest distance between the landfill candidate sites and residential areas"라는 속성은 "Determine nearest distance between Source and Target Features within a radius from Source Features"라는 태스크를 필요로 하는 "Nearest distance between Source and Target Features within a radius from Source Features"라는 템플릿을 기반으로 하여 정의될 수 있다(도 15 참고).

[0081] GIS 분석 태스크(예를 들어, 공간 제약 및 속성 태스크)와 유사하게, 사용자들은 EADM 분석을 위해 "Evaluate the alternatives using a decision rule"과 같이 그들의 적절한 MCDA 태스크를 선택할 수 있다. 예를 들어, 사용자는 "Evaluate the alternatives using a decision rule"라는 MCDA 태스크의 클래스 인스턴스들 중 하나로서 "Determine scores of alternatives using Rank-Order-WLC" 또는 "Determine rankings of alternatives in a descending order using AHP-OWA"를 선택할 수 있다. 사용자가 "Determine scores of alternatives using

Rank-Order-WLC"를 선택한다면, 추론 엔진은 MCDA 태스크 온톨로지 상 SWRL 규칙을 기반으로 하여 대응하는 MCDA 연산(예를 들어, MCDA 웹 서비스들)을 확인한다.

[0082] 일단 문제-특정형 대안(problem-specific alternatives)(source features), 제약, 기준(예를 들어, 목적 및 속성), 선호, MCDA 태스크 등이 특정되면, 시스템은 특정된 태스크들을 수행하기 위하여 적절한 웹 서비스들을 불러온다. 특히, GIS 웹 서비스들은 제약 값들(실현 가능한 후보 지역들) 및 특정된 공간 속성 값들을 계산하기 위하여 GIS 태스크 온톨로지 상에서 정의된 공간 제약 및 속성 템플릿/태스크에 따라서 불러와질 수 있다. 유사하게, MCDA 서비스들은 선호도 추출(preference elicitation), 비중으로의 선호도 변환 및 의사 결정 분석/규칙 방법들을 포함하는 MCDA 연산들을 수행하기 위하여 불러와질 수 있다. GIS 및/또는 MCDA 태스크 온톨로지 상 SWRL 규칙들에 의해 표현된 태스크/작업 흐름 지식은 관련된 원자 단위 웹 서비스들을 결합시키는 방법에 대해 안내한다; 그것들은 웹 서비스들의 실행 순서와 관한 의존성을 제시한다. 태스크에 따라, 추론 엔진은 SWRL 규칙들을 사용하여 웹 서비스들을 확인한다. 원자 단위 GIS 및/또는 MCDA 웹 서비스들의 구성은 그것들 사이에서 교환되는 peer-to-peer 방식의 메시지들의 순서에 기반한다. 지식-수준 통신(knowledge-level communication)에 관여하는 GIS 및/또는 MCDA 웹 서비스들을 위하여, 그것들은 (i) 예를 들어, 서비스들이 메시지 내용, 언어, 발송자 등과 같이, 메시지들을 그 부분들에 대하여 분석하거나 해독(decode)해야 하는 것처럼, 메시지들을 신택틱 수준에서 분석할 수 있어야 하고, (ii) 메시지들을 시맨틱 수준에서 이해할 수 있어야 하며, 분석된 심볼들(지식 용어들)은 같은 방법으로 이해되어야 한다. 메시지의 내용은 모호하지 않게 정의되며, 이 때 보내진 것은 이해된 것과 동일하다.

[0083] 일련의 GIS 웹 서비스들(소스 서비스들)을 사용하는 특정 GIS 태스크 완료 이후에, 태스크의 출력들은 예를 들어, MCDA 웹 서비스들(타겟 서비스들)인 상대방과 교환될 필요가 있다. 도 16은 데이터(인스턴스)를 GIS에서 MCDA 도메인으로, 또는 그 반대로 변환하는 데 사용되는 매핑 과정의 간단한 예시를 보여준다. 첫째, 조정자 웹 서비스는 소스 웹 서비스로부터 메시지를 받고 인스턴스, 클래스, 속성 및 속성 값들을 추출하기 위하여 신택틱 및 시맨틱 수준에서 메시지를 분석한다. 다음으로, 조정자 웹 서비스는 매핑 온톨로지에 추출된 클래스/속성에 대해 대응하는 클래스/속성이 있는지 추론한다. 예를 들어, 매핑 온톨로지 및 소스 서비스들로부터 받은 추출된 시맨틱 데이터(메시지들)를 통한 추론을 사용하면, source feature인 "S"가 "Source feature" 클래스의 인스턴스이고, 이 클래스가 "Alternative" 클래스와 동일하므로 "S"가 "Alternative" 클래스의 인스턴스인지 이해하고 추론하는 것이 가능하다. 대응하는 클래스들을 찾은 이후에, 조정자 웹 서비스는 데이터를 클래스로 전송하고, 타겟 웹 서비스로 보내기 위하여 이것을 기반으로 메시지를 생성한다.

[0084] 시나리오를 사용하여 GIS와 MCDA 웹 서비스들 간의 메시지 교환을 설명해보자. 시나리오에 따르면, GIS 서비스는 source feature(예를 들어, 대안 매립지 "A1")를 위한 alternatives(예를 들어, 1의 제약 값)의 실현 가능성을 결정하고, 예를 들어 실현 가능한 source feature를 위한 매립 후보지들 및 거리들(streets) 사이에 가장 가까운 거리(distance)인 공간 속성 값을 계산한다. 서비스는 source feature, constraint 및 spatial property 출력들을 SOAP 메시지를 통해 조정자 웹 서비스에게 보낸다. 조정자 웹 서비스는 시맨틱 매핑 온톨로지를 기반으로 하여 이러한 GIS 데이터 출력들을 대응하는 MCDA 요소들로 번역하며 차례로 이것들을 MCDA 웹 서비스로 보낸다.

[0085] 이처럼 본 발명의 실시예들에 따르면, EADM 문제에 대하여 GIS 및 MCDA 구성요소들의 시맨틱 상호 운용성을 위한 온톨로지 기반 방식을 제공했다. 기본 전체는 시맨틱 상호 운용 가능한 GIS-MCDA 프레임워크를 제공하는 것이며, 여기서 일련의 기존 GIS 및 MCDA 웹 서비스들이 그들의 데이터를 상호 운용 가능하며 교환 가능하고, EADM 목적을 위해 교환되고 있는 데이터의 의미를 의미있게 해석하고 이해할 수 있다. 제안된 방식은 GIS 및 MCDA 간 시맨틱 상호 운용성에 대한 당면 과제들을 다루기 위하여 일련의 온톨로지 사용을 수반한다. 온톨로지들은 GIS 및 MCDA 도메인 온톨로지, GIS 및 MCDA 태스크 온톨로지, GIS-MCDA 매핑 온톨로지 및 GIS 데이터 온톨로지를 포함한다. 온톨로지들은 시맨틱 상호 운용 가능한 GIS-MCDA 프레임워크가 구축되는 토대 역할을 한다. 특히, (i) 웹 서비스들에 의해 사용 내지 수정되고, 추론되고 처리될 모든 필요 정보를 담고 있는 지식-기반, (ii) GIS 및/또는 MCDA 웹 서비스들이 효율적으로 통신하고 메시지들을 교환할 수 있는 시맨틱 지식 모델(이는 서비스들이 다른 서비스들에서 온 메시지들을 이해하고 그들의 지식을 의미론적으로 교환하고 해석할 수 있게 한다), (iii) GIS와 MCDA 사이에서 용어들의 의미를 조정하는 시맨틱 조정자 및 (iv) 의사 결정을 위한 서비스 체이닝 지식을 제공하는 GIS/MCDA 작업 흐름 지식-기반으로서 역할을 한다. EADM 분석에 대한 프로토타입 구현은 GIS 및 MCDA 구성요소의 시맨틱 상호 운용성을 설명하기 위한 온톨로지들을 기반으로 하여 구현될 수 있다. 프로토타입은 매립지 적합성 문제를 해결하기 위하여 의미론적으로 상호 운용하는 일련의 GIS 및 MCDA 웹 서비스들을 수반한다. GIS 및 MCDA 웹 서비스들을 온톨로지들을 수단으로 하여 서로 의미론적으로 상호 작용하고 상

호 운용 할 수 있다. 결과적으로, 본 발명은 환경 문제 해결을 위한 두 가지의 다른 일련의 GIS 및 MCDA 웹 서비스들 간 신택 및 시맨틱 상호 운용성을 가능하게 한다. 이는 사용자들이 특정 EADM 과정의 임의의 특정 시간에서 임시적인 임의의 모듈형 공간 분석 및 다-기준 도구들(예를 들어, 웹 서비스들)을 통합하도록 한다. 환경 의사 결정 과정에서 GIS 및 MCDA 도구들을 통합하는 진보된 연구를 위한 기회들이 가능해지도록 한다. 특히, 환경 의사 결정 분석의 패러다임을 적용-특정형(application-specific) 및 일체형(monolithic)에서 시맨틱 상호 운용 가능한 시스템으로 변화시킬 수 있다.

[0086] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 프로세서, 컨트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 어플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0087] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

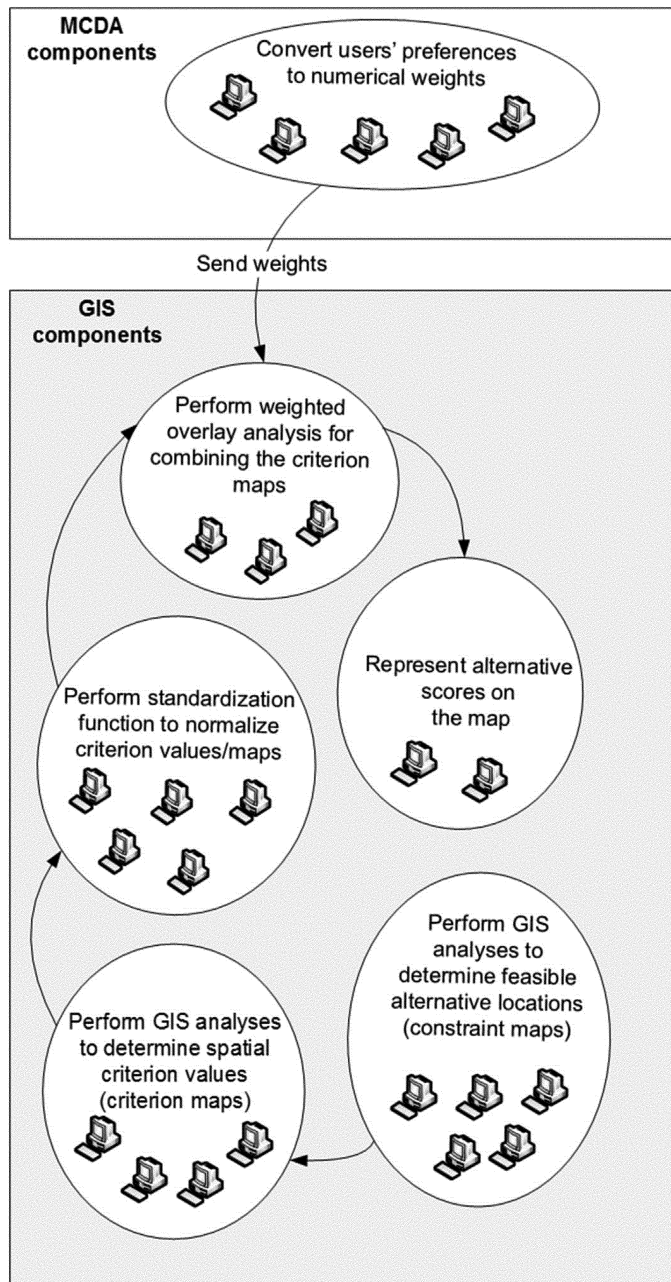
[0088] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 이때, 매체는 컴퓨터로 실행 가능한 프로그램을 계속 저장하거나, 실행 또는 다운로드를 위해 임시 저장하는 것일 수도 있다. 또한, 매체는 단일 또는 수 개의 하드웨어가 결합된 형태의 다양한 기록수단 또는 저장수단일 수 있는데, 어떤 컴퓨터 시스템에 직접 접속되는 매체에 한정되지 않고, 네트워크 상에 분산 존재하는 것일 수도 있다. 매체의 예시로는, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체, CD-ROM 및 DVD와 같은 광기록 매체, 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical medium), 및 ROM, RAM, 플래시 메모리 등을 포함하여 프로그램 명령어가 저장되도록 구성된 것이 있을 수 있다. 또한, 다른 매체의 예시로, 어플리케이션을 유통하는 앱 스토어나 기타 다양한 소프트웨어를 공급 내지 유통하는 사이트, 서버 등에서 관리하는 기록매체 내지 저장매체도 들 수 있다.

[0089] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

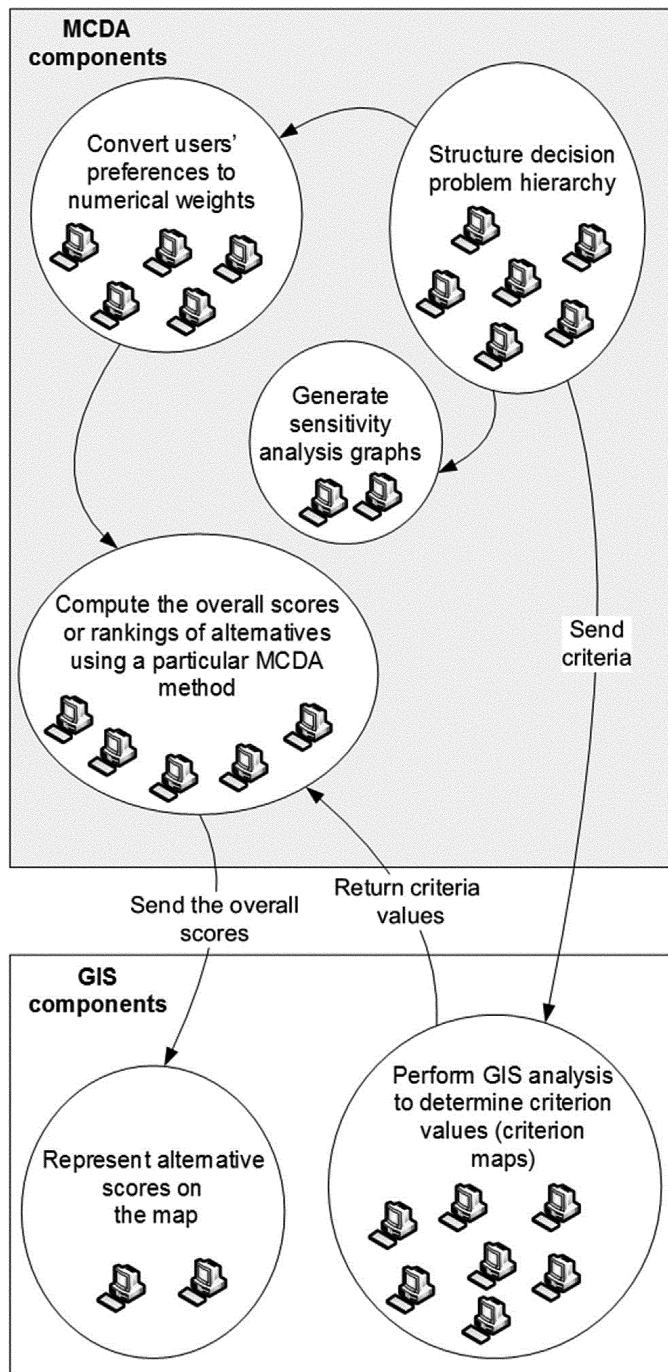
[0090] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

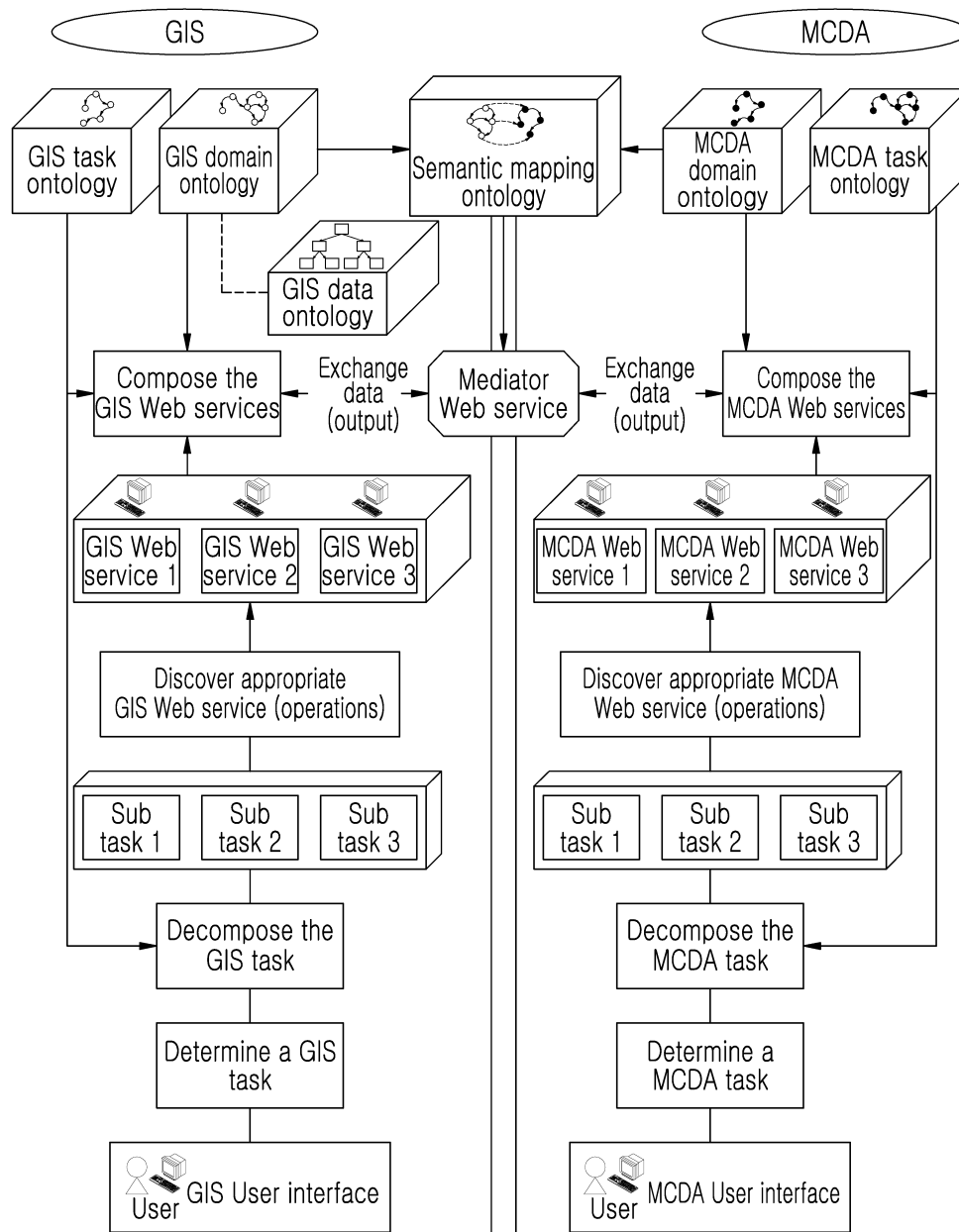
도면1a



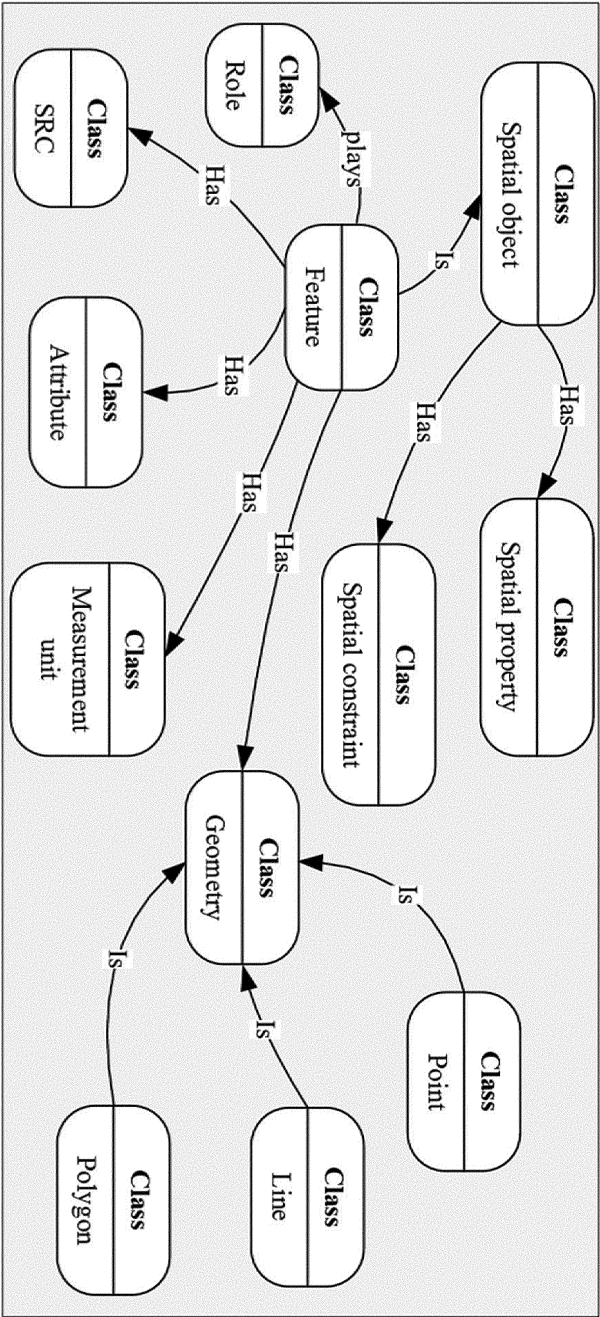
도면1b



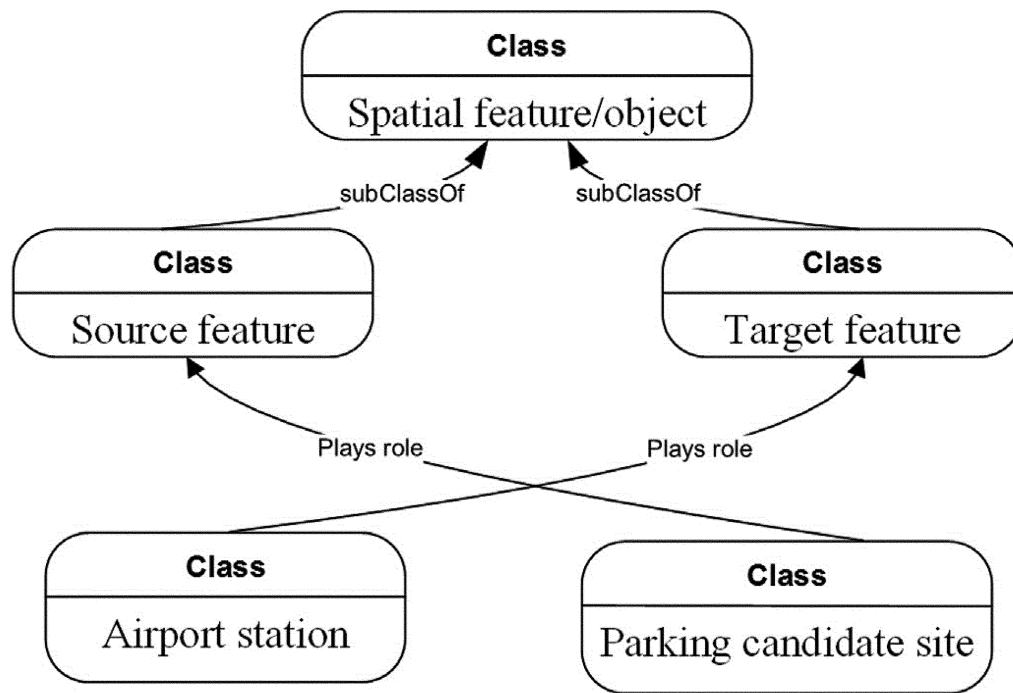
도면2



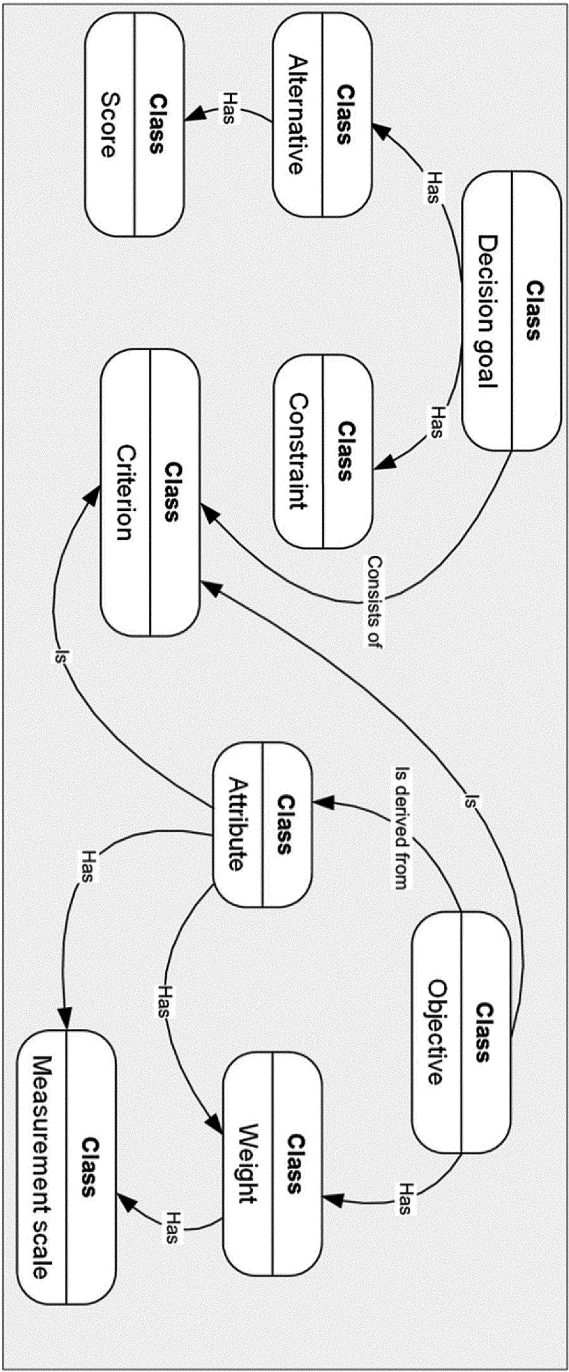
도면3



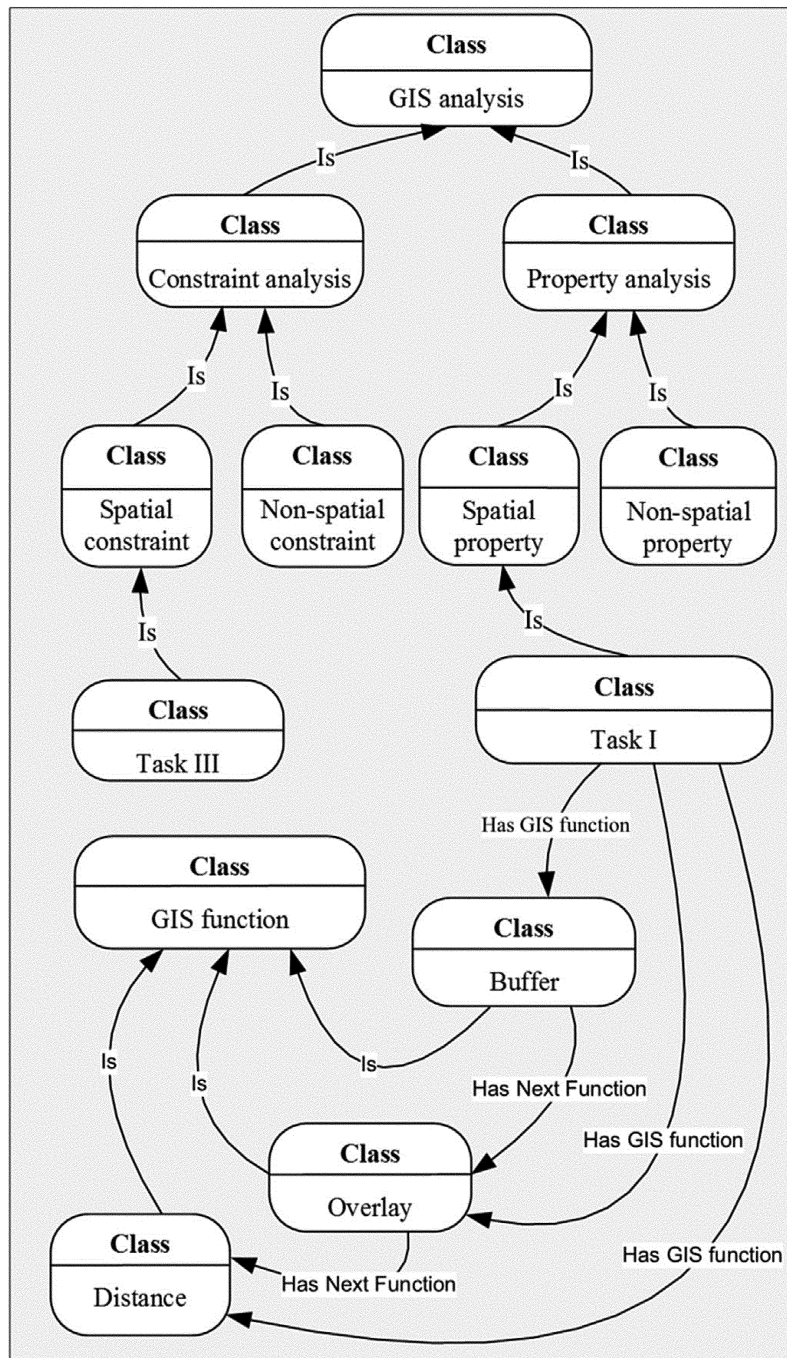
도면4



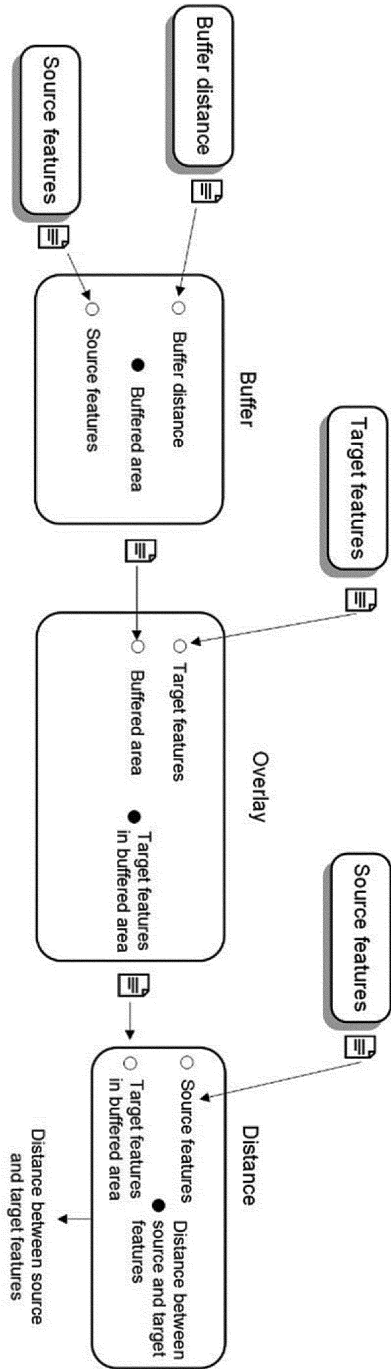
도면5



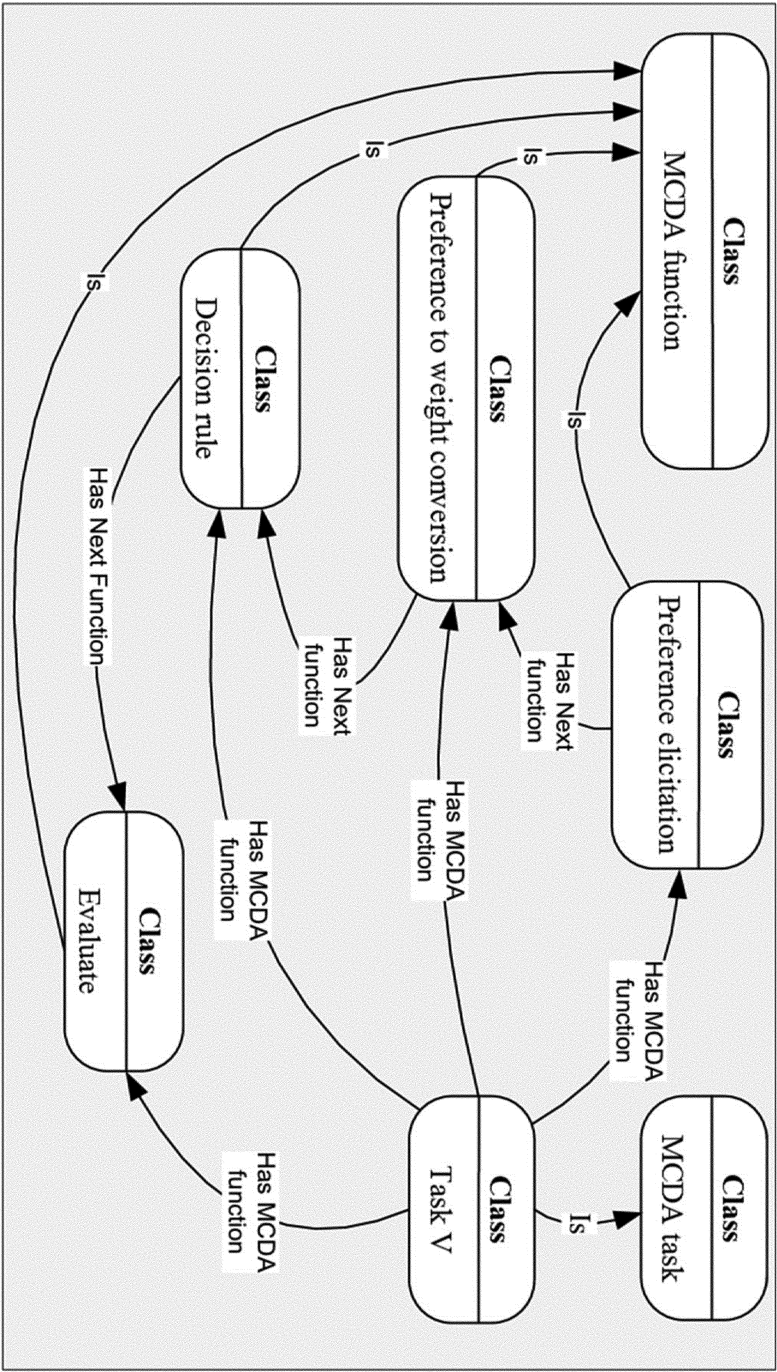
도면6



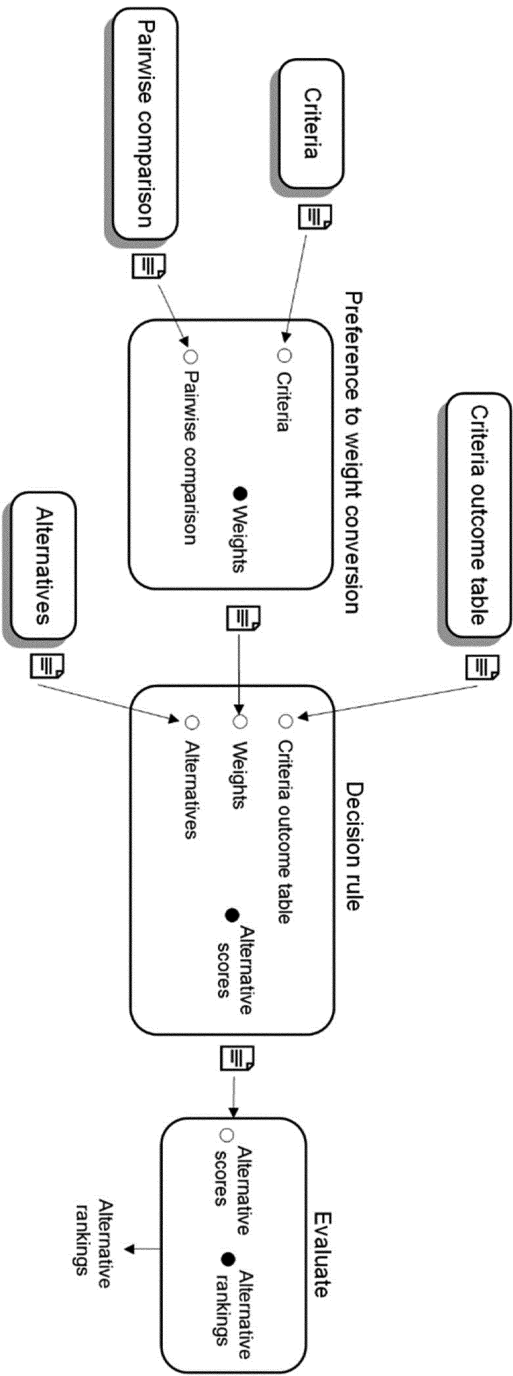
도면7



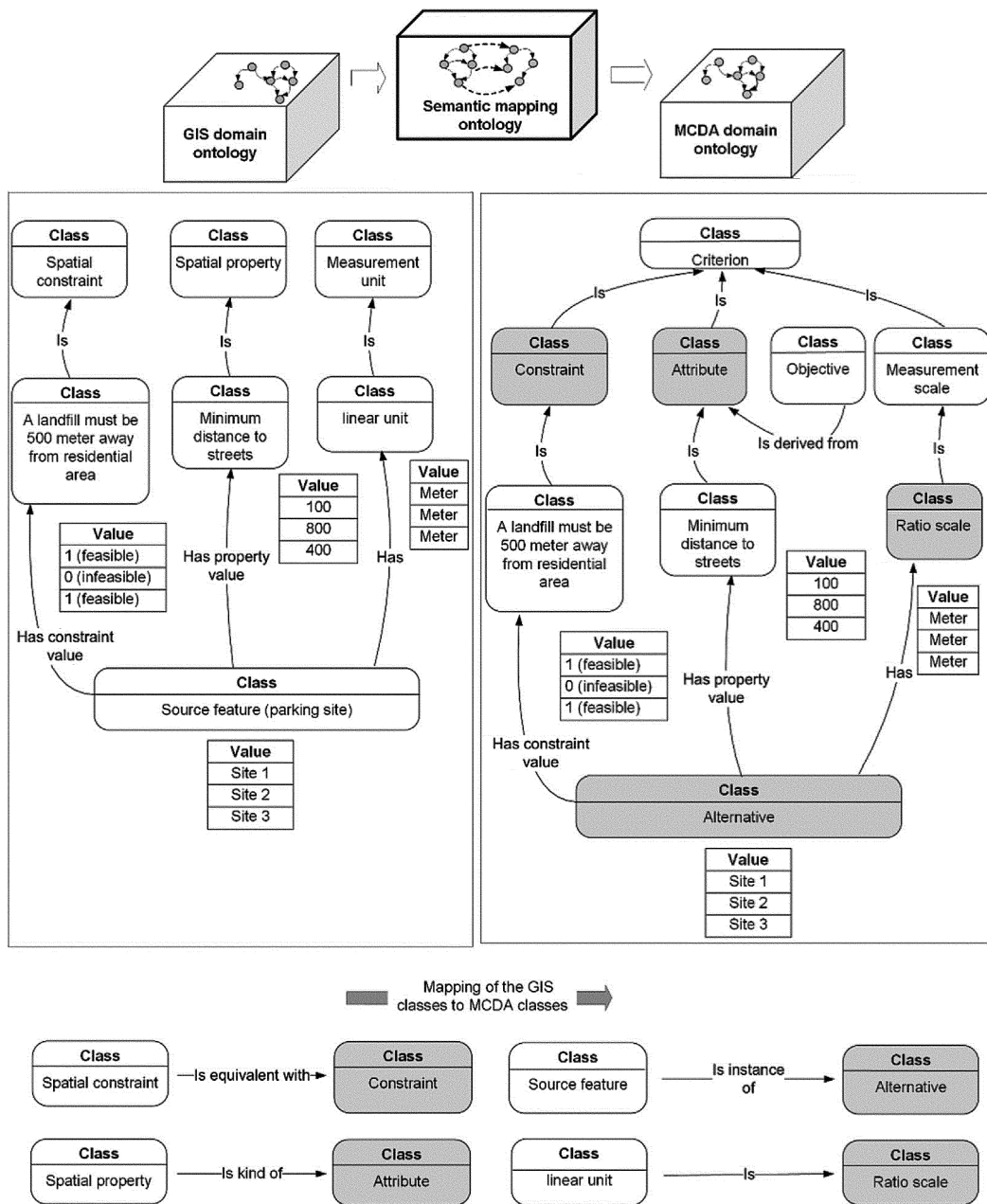
도면8



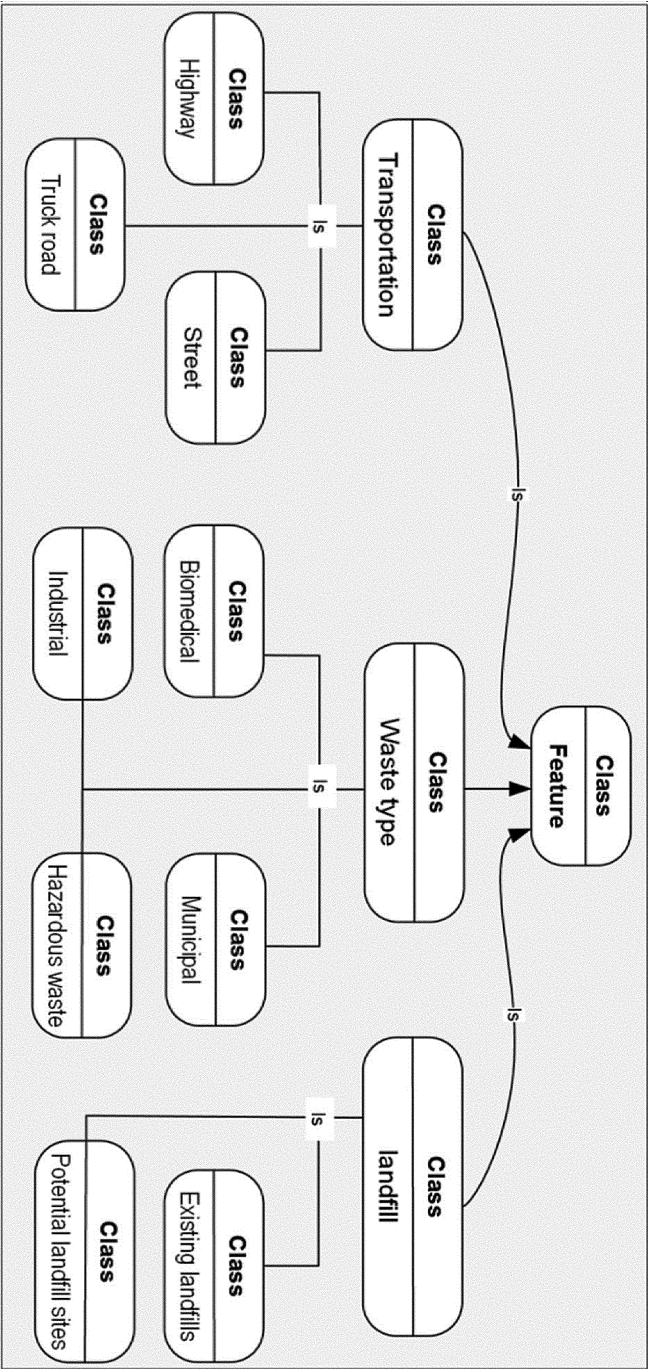
도면9



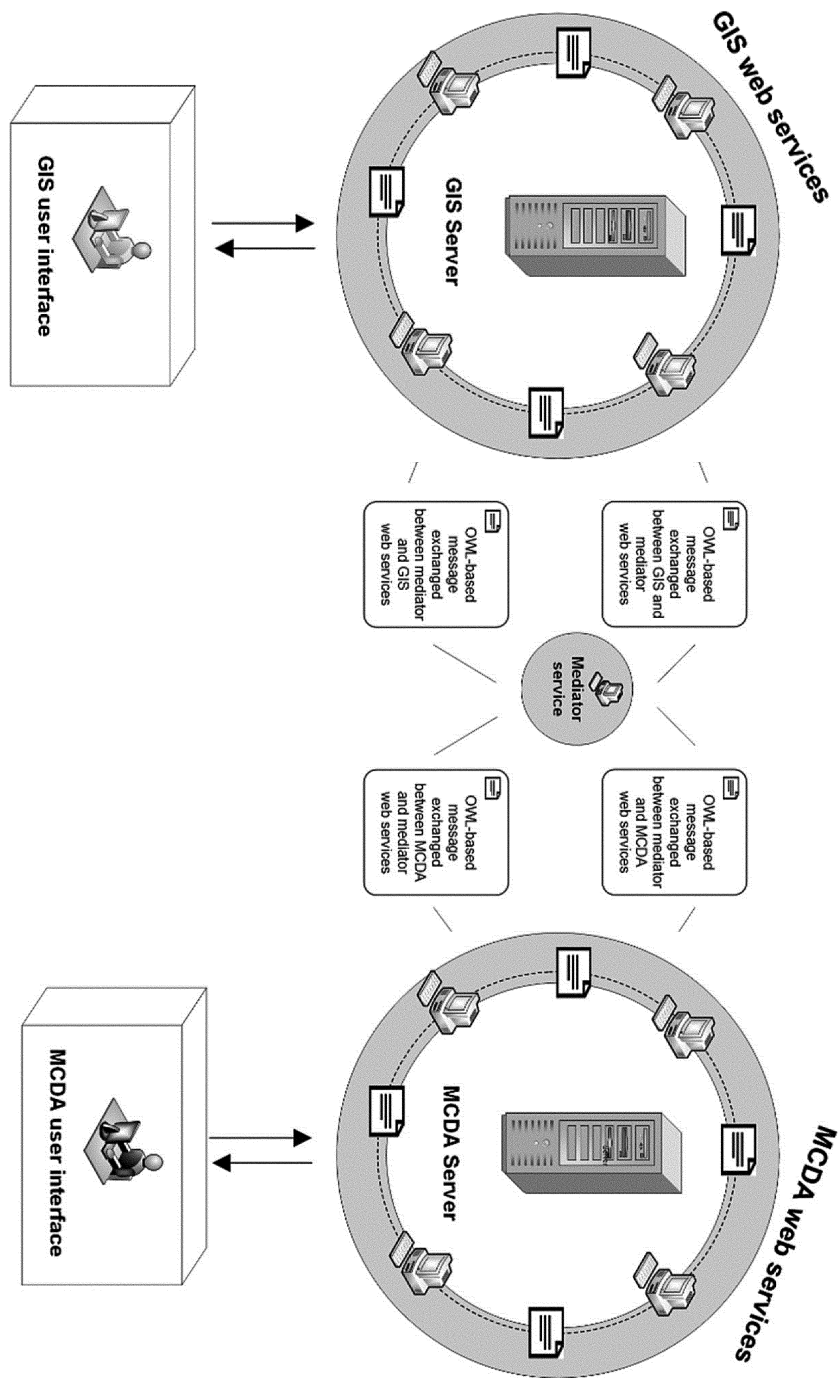
도면10



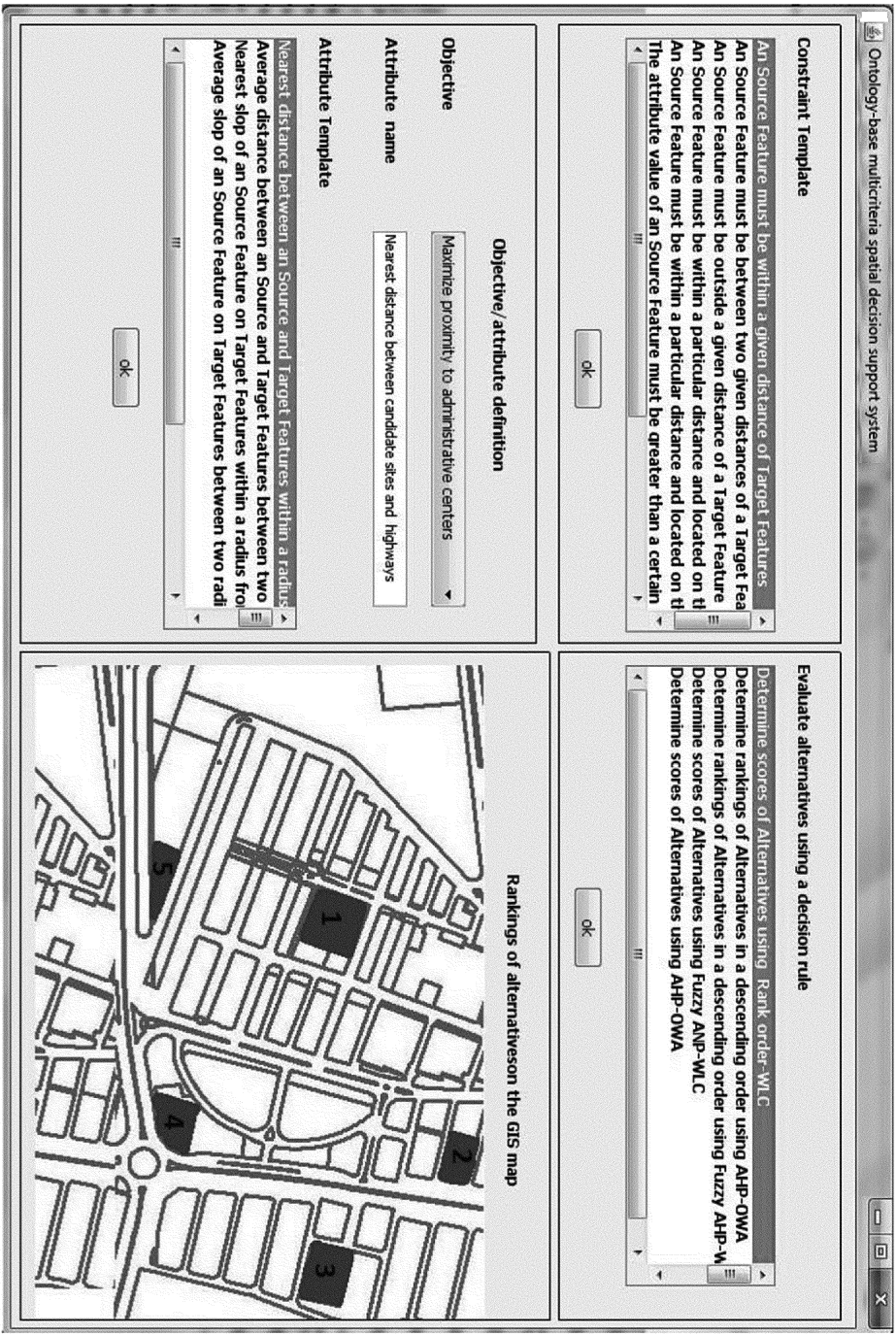
도면11



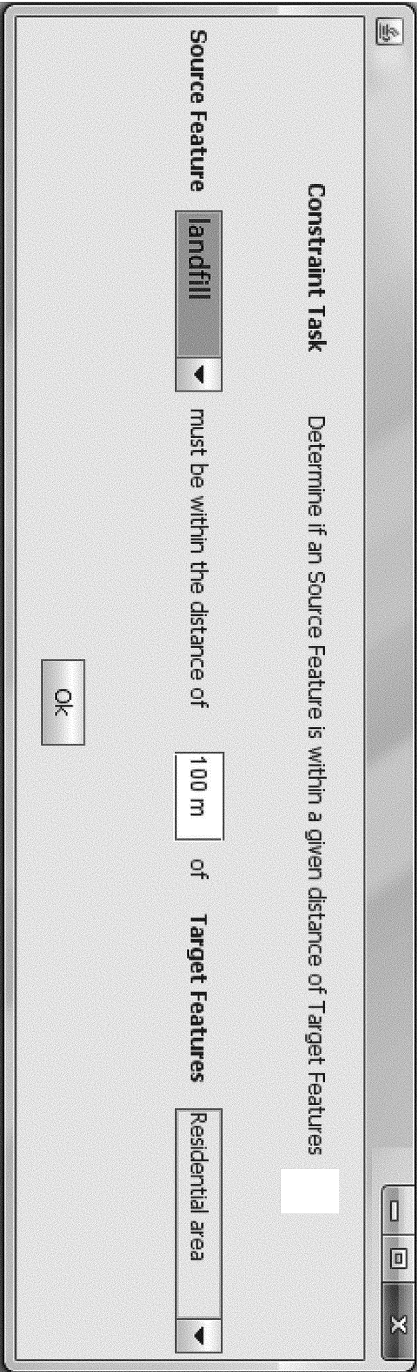
도면12



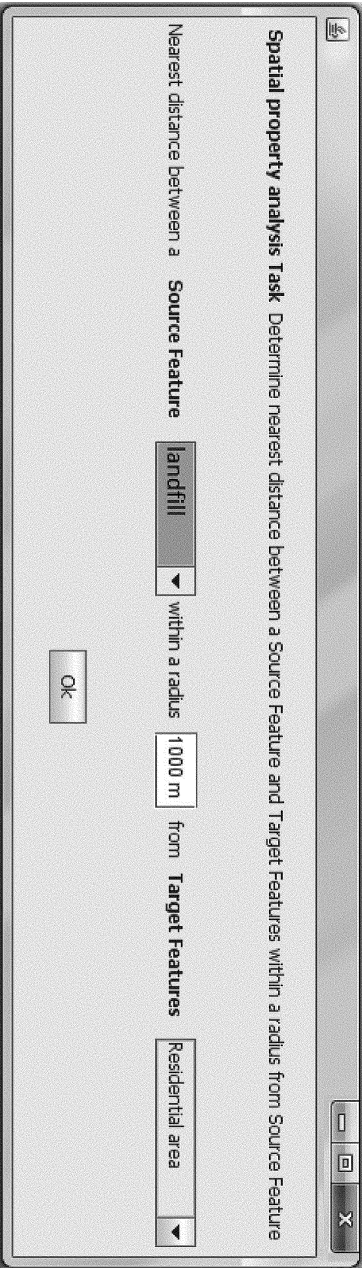
도면13



도면14



도면15



도면16

