



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0157643
(43) 공개일자 2022년11월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06Q 50/20 (2012.01) G06K 9/00 (2022.01)
G06K 9/62 (2022.01) G09B 7/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G06Q 50/20 (2013.01)
G06K 9/6267 (2022.01)
(21) 출원번호 10-2021-0065414
(22) 출원일자 2021년05월21일
심사청구일자 2021년05월21일

(71) 출원인
이화여자대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
(72) 발명자
조일현
서울특별시 서초구 방배로 14, 3동 202호(방배동, 임광아파트)
정겨운
대전광역시 동구 동구청로 35, 205동 1102호(대성동, 은어송마을2단지 코오롱하늘채)
(74) 대리인
특허법인 무한

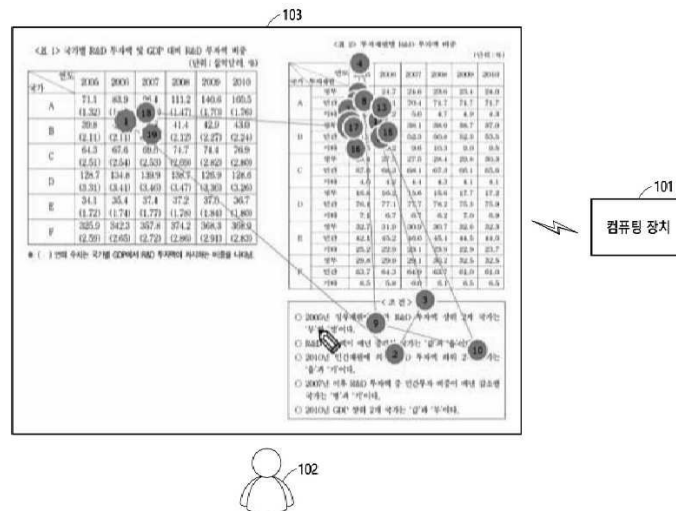
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 학습자의 인지적 상태를 활용하여 문제 풀이 결과를 예측하는 문제 풀이 결과 예측 방법 및 상기 방법을 수행하는 컴퓨팅 장치

(57) 요약

본 발명은 문제 풀이 결과 예측 방법에 관한 것으로, 구체적으로는, 선택적 주의, 인지부하 지표의 문제 풀이 결과를 예측하기 위해 선택적 주의 지표가 문제 풀이 결과를 예측하는지 살펴봄으로써 학습자 개개인의 시각 행동을 통한 실시간 맞춤형 처방이 가능하다. 또한, 본 발명은 인지부하 지표가 문제 풀이 결과를 예측하는지 살펴봄으로써 학습자 개개인의 생리 심리 반응, 행동 로그데이터 및 자기 보고식 응답결과를 다각적으로 분석하고 학습 중 혹은 학습 후 학습자 맞춤형 처방이 가능하다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06V 40/18 (2022.01)

G09B 7/02 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345323729
과제번호	2020S1A5C2A04092451
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	인문사회기초연구(R&D)
연구과제명	에듀테크 기반 모듈형 K-PBL 교수학습 모형 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	이화여자대학교 에듀테크융합연구소
연구기간	2020.09.01 ~ 2021.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

학습 화면을 이용한 학습 상황에서 문제 풀이를 위해 학습 화면 내 학습자의 시선이 이동하는 응시 구간을 추출하는 단계;

상기 응시 구간에서 노출된 학습 정보에 기초하여 응시 구간을 문제 해결에 대한 긍정 관심 구간 또는, 부정 관심 구간 중 하나의 구간으로 결정하는 단계;

상기 결정된 긍정 관심 구간의 응시 비율 및 부정 관심 구간의 응시 비율을 이용하여 문제 풀이를 위한 학습자의 선택적 주의 집중 정도(Selective Attention)를 측정하는 단계;

상기 문제 풀이를 수행하는 과정에서 변화하는 학습자의 시각 행동에 따른 학습자의 인지 부하 정도(cognitive load)를 측정하는 단계; 및

상기 학습자의 선택적 주의 집중 정도 및 인지 부하 정도에 따른 상기 문제 풀이를 위한 학습자의 인지적 상태를 판단하여 문제 풀이의 결과를 예측하는 단계;

를 포함하는 문제 풀이 결과 예측 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 응시 구간을 추출하는 단계는,

상기 학습 화면을 이동하는 학습자의 시선을 추적하여 상기 학습자의 주시 특성으로 나타나는 시선 경로 데이터를 생성하는 단계; 및

상기 학습자의 시선 경로 데이터를 이용하여 문제 풀이를 위해 학습자의 시선이 회귀되어 재 응시된 응시 구간을 추출하는 단계;

를 포함하는 문제 풀이 결과 예측 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 구간으로 결정하는 단계는,

상기 응시 구간에서 노출된 학습 정보가 문제 풀이에 필요한 주요 정보인지 또는, 문제 풀이에 불필요한 주의 정보인지를 판단하여 응시 구간을 긍정 관심 구간 또는, 부정 관심 구간으로 결정하는 문제 풀이 결과 예측 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 학습자의 선택적 주의 집중 정도를 측정하는 단계는,

상기 학습 화면을 응시한 상기 학습자의 전체 시선 고정 빈도에 대비한 긍정 관심 구간을 응시한 시선 고정 빈도 및 부정 관심 구간을 응시한 시선 고정 빈도를 이용하여 긍정 관심 구간의 응시 비율 및 부정 관심 구간의 응시 비율을 설정하는 단계; 및

상기 학습자의 시선에 대한 회귀 빈도, 긍정 관심 구간의 응시 비율 및 부정 관심 구간의 응시 비율을 이용하여 학습자의 선택적 주의 집중 정도를 측정하는 단계;

를 포함하는 문제 풀이 결과 예측 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 학습자의 인지 부하 정도를 측정하는 단계는,

상기 학습자의 시각 행동에 따른 동공 변화, 문제 풀이 시간, 학습 상황에서 회상된 인지부하 응답 점수 중 적어도 하나를 이용하여 학습자의 인지 부하 정도를 측정하는 문제 풀이 결과 예측 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 문제 풀이의 결과를 예측하는 단계는,

상기 학습자의 선택적 주의 집중 정도와 인지 부하 정도 간의 상관 관계를 고려하여 문제 풀이의 결과를 예측하는 문제 풀이 결과 예측 방법.

청구항 7

학습 화면을 시청하는 학습자의 시선에 따른 주시 특성으로 나타나는 시선 경로를 고려하여 학습 상황에서 문제 풀이를 위한 학습자의 긍정 관심 구간 및 부정 관심 구간을 결정하는 단계;

상기 시선 경로의 회귀 빈도, 긍정 관심 구간 및 부정 관심 구간 중 적어도 하나를 이용하여 문제 풀이를 위한 학습자의 선택적 주의 집중 정도를 측정하는 단계;

상기 문제 풀이를 수행하는 과정에서 변화하는 학습자의 시각 행동에 따른 학습자의 인지 부하 정도를 측정하는 단계; 및

상기 학습자의 선택적 주의 집중 정도 및 인지 부하 정도에 따른 상기 문제 풀이를 위한 학습자의 인지적 상태를 판단하여 문제 풀이의 결과를 예측하는 단계;

를 포함하는 문제 풀이 결과 예측 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 결정하는 단계는,

상기 학습 화면을 이동하는 학습자의 시선을 추적하여 상기 학습자의 주시 특성으로 나타나는 시선 경로 데이터를 생성하는 단계;

상기 학습자의 시선 경로 데이터를 이용하여 문제 풀이를 위해 학습자의 시선이 회귀되어 재 응시된 응시 구간을 추출하는 단계; 및

상기 응시 구간에서 노출된 학습 정보가 문제 풀이에 필요한 주요 정보인지 또는, 문제 풀이에 불필요한 주의 정보인지를 판단하여 응시 구간을 긍정 관심 구간 또는, 부정 관심 구간으로 결정하는 단계;

를 포함하는 문제 풀이 결과 예측 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 측정하는 단계는,

상기 학습 화면을 응시한 상기 학습자의 전체 시선 고정 빈도에 대비한 긍정 관심 구간을 응시한 시선 고정 빈도를 이용하여 긍정 관심 구간의 응시 비율을 설정하는 단계;

상기 학습 화면을 응시한 상기 학습자의 전체 시선 고정 빈도에 대비한 부정 관심 구간을 응시한 시선 고정 빈도를 이용하여 부정 관심 구간의 응시 비율을 설정하는 단계; 및

상기 학습자의 시선에 대한 회귀 빈도, 긍정 관심 구간의 응시 비율 및 부정 관심 구간의 응시 비율을 이용하여

학습자의 선택적 주의 집중 정도를 측정하는 단계;
를 포함하는 문제 풀이 결과 예측 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,
상기 문제 풀이의 결과를 예측하는 단계는,
상기 학습자의 선택적 주의 집중 정도와 인지 부하 정도 간의 상관 관계를 고려하여 문제 풀이의 결과를 예측하는 문제 풀이 결과 예측 방법.

청구항 11

문제 풀이 결과 예측 방법을 수행하는 컴퓨팅 장치에 있어서,
상기 컴퓨팅 장치는, 프로세서를 포함하고,
상기 프로세서는,
학습 화면을 이용한 학습 상황에서 문제 풀이를 위해 학습 화면 내 학습자의 시선이 이동하는 응시 구간을 추출하고,
상기 응시 구간을 시선에 따른 문제 해결에 대한 긍정 관심 구간 또는, 부정 관심 구간 중 하나의 구간으로 결정하고,
상기 시선 경로의 회귀 빈도, 긍정 관심 구간 및 부정 관심 구간 중 적어도 하나를 이용하여 문제 풀이를 위한 학습자의 선택적 주의 집중 정도를 측정하고,
상기 문제 풀이를 수행하는 과정에서 변화하는 학습자의 시각 행동에 따른 학습자의 인지 부하 정도를 측정하고,
상기 학습자의 선택적 주의 집중 정도 및 인지 부하 정도에 따른 상기 문제 풀이를 위한 학습자의 인지적 상태를 판단하여 상기 문제 풀이의 결과를 예측하는 컴퓨팅 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,
상기 프로세서는,
상기 학습자의 선택적 주의 집중 정도 및 인지 부하 정도 간 부적 상관 관계 및 정적 상관 관계를 고려하여 학습자의 인지적 상태를 판단하여 상기 문제 풀이의 결과를 예측하는 컴퓨팅 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 학습자의 인지적 상태를 활용하여 문제 풀이 결과를 예측하는 문제 풀이 결과 예측 방법 및 상기 방법을 수행하는 컴퓨팅 장치에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 웹 기반의 영상 화면을 통한 문제 풀이 과정에서 변화하는 학습자의 인지적 상태를 고려하여 학습자의 문제 풀이 결과를 예측하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근에는 인공 지능과 4차 산업 혁명으로 촉발된 사회 변화에 따른 미래형 인재를 발굴하기 위한 교육 패러다임의 변화가 예상되는 가운데, 미래형 인재는 얼마나 많이 알고 있느냐 하는 ‘지식의 양’이 아니라 정확하고 의미 있는 정보를 선별하고, 이를 활용하여 문제를 해결해낼 수 있는 ‘정보 처리 역량’에 대한 조건을 요구한다. 여기서, 정보 처리 역량은 제시된 다양한 자료를 해석하고, 필요한 정보를 선별하여 인지적으로 처리하는 일반적 영역의 핵심 역량(core competency)이다. 또한, 정보 처리 역량은 궁극적으로 합리적인 문제를 해결하기 위한 전략이 된다.

[0003] 이러한, 문제 해결 전력은 지식 전달 위주의 학습 방법으로 함양되기에는 제한적이기 때문에 실제 복합적인 과

제를 수행하거나 또는, 특정 문제를 풀어나가는 과정의 연습을 통해 향상시키는 것이 가장 적합한 학습 방식이라고 할 수 있다

[0004] 따라서, 이러한 학습 방식에서는 교수 설계의 접근 방식이 달라져야 하며, 그에 따른 평가 방법도 달라져야 할 것이다. 더욱이 문제 해결 전략은 학습 종료 후에 습득되는 지식이 아닌 학습 과정 중에 발견 · 터득되는 역량이기 때문에 학습 과정이 기준이 되어 즉각적 처방을 제시해주는 형태로 이루어져야 할 것이다.

[0005] 오늘날, 온라인 학습이 보편화 되고, 학습 상황을 분석하고 예측하는데 활용되는 다양한 테크놀로지가 개발되고 있는 상황에서 학습자의 정보 처리 과정을 살펴보는 일이 더는 불가능한 상상 속의 일이 아니게 되었다.

[0006] 온라인 학습에 에듀 테크 기술을 접목하면 학습자가 학습 과정에서 발생시킨 행동 로그 데이터뿐만 아니라 시선 추적기나 심박측정기, 뇌파 측정기 등을 활용한 생리 심리 반응 또한, 수집할 수 있게 된다. 이중 시선 추적기는 학습자의 주의 집중과 인지 처리 양상을 반영하기 때문에 문제 풀이나 학습 상황에서 비 간섭적으로 정보처리 과정을 살펴보기에 매우 효과적인 방법이다. 또한, 시선 추적기는 실시간 처리(real-time process) 기제를 나타내며, 이것은 성취만으로는 알 수 없는 정보처리 상황을 유추하는데 매우 유용한 방법이다.

[0007] 그러나, 교육 분야에서 시선 추적기를 활용한 선행 연구들을 보면 주로 학습이나 문제 풀이 상황에서 발생하는 시각 행동에 대한 횡수나 시간의 평균값인 시선 점유율을 활용한 연구에 한정되어 있는 바, 실시간으로 이루어지는 문제 해결 과정에서의 변화를 파악하기에 어려움이 존재한다.

[0008] 따라서, 개개인의 학습 과정에서 변화하는 인지적 상태를 포착하고 인지적 상태에 따른 문제 풀이 상황을 실시간으로 유추 또는 예측하는 방법이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 웹 기반의 문제 풀이 학습에서 실시간으로 변화하는 학습자의 인지적 상태에 따른 학습자의 생리 심리 데이터, 행동 로그 데이터 및 자기 보고식 응답을 통한 학습자의 학습 상황을 측정 및 분석하는 문제 풀이 결과 예측 방법을 제공할 수 있다.

[0010] 본 발명은 토플, GRE 등 웹 기반 문제 풀이 형태의 학습이 이루어지는 분야에서 학습자의 인지적 상태에 대한 특성을 진단하고, 진단된 결과에 따른 학습적인 처방이 가능한 문제 풀이 결과 예측 방법을 제공할 수 있다.

[0011] 본 발명은 웹 기반의 문제 풀이 학습 외 웹을 통해 이루어지는 다양한 학습 환경에서도 학습자의 선택적 주의집중과 인지부하를 진단하고 처방하는 방법과 기준을 제공하는 문제 풀이 결과 예측 방법을 제공할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명의 실시예에 따른 문제 풀이 결과 예측 방법은 학습 화면을 이용한 학습 상황에서 문제 풀이를 위해 학습 화면 내 학습자의 시선이 이동하는 응시 구간을 추출하는 단계; 상기 응시 구간에서 노출된 학습 정보에 기초하여 응시 구간을 문제 해결에 대한 긍정 관심 구간 또는, 부정 관심 구간 중 하나의 구간으로 결정하는 단계; 상기 결정된 긍정 관심 구간의 응시 비율 및 부정 관심 구간의 응시 비율을 이용하여 문제 풀이를 위한 학습자의 선택적 주의 집중 정도(Selective Attention)를 측정하는 단계; 상기 문제 풀이를 수행하는 과정에서 변화하는 학습자의 시각 행동에 따른 학습자의 인지 부하 정도(cognitive load)를 측정하는 단계; 및 상기 학습자의 선택적 주의 집중 정도 및 인지 부하 정도에 따른 상기 문제 풀이를 위한 학습자의 인지적 상태를 판단하여 문제 풀이의 결과를 예측하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0013] 본 발명의 실시예에 따른 응시 구간을 추출하는 단계는, 상기 학습 화면을 이동하는 학습자의 시선을 추적하여 상기 학습자의 주시 특성으로 나타나는 시선 경로 데이터를 생성하는 단계; 및 상기 학습자의 시선 경로 데이터를 이용하여 문제 풀이를 위해 학습자의 시선이 회귀되어 재 응시된 응시 구간을 추출하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0014] 본 발명의 실시예에 따른 구간으로 결정하는 단계는, 응시 구간에서 노출된 학습 정보가 문제 풀이에 필요한 주요 정보인지 또는, 문제 풀이에 불필요한 주의 정보인지를 판단하여 응시 구간을 긍정 관심 구간 또는, 부정 관심 구간으로 결정할 수 있다.

[0015] 본 발명의 실시예에 따른 학습자의 선택적 주의 집중 정도를 측정하는 단계는, 학습 화면을 응시한 상기 학습자

의 전체 시선 고정 빈도에 대비한 긍정 관심 구간을 응시한 시선 고정 빈도 및 부정 관심 구간을 응시한 시선 고정 빈도를 이용하여 긍정 관심 구간의 응시 비율 및 부정 관심 구간의 응시 비율을 설정하는 단계; 및 상기 학습자의 시선에 대한 회귀 빈도, 긍정 관심 구간의 응시 비율 및 부정 관심 구간의 응시 비율을 이용하여 학습자의 선택적 주의 집중 정도를 측정하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0016] 본 발명의 실시예에 따른 학습자의 인지 부하 정도를 측정하는 단계는, 학습자의 시각 행동에 따른 동공 변화, 문제 풀이 시간, 학습 상황에서 회상된 인지부하 응답 점수 중 적어도 하나를 이용하여 학습자의 인지 부하 정도를 측정할 수 있다.

[0017] 본 발명의 실시예에 따른 문제 풀이의 결과를 예측하는 단계는, 학습자의 선택적 주의 집중 정도와 인지 부하 정도 간의 상관 관계를 고려하여 문제 풀이의 결과를 예측할 수 있다.

[0018] 본 발명의 다른 실시예에 따른 문제 풀이 결과 예측 방법은 학습 화면을 시청하는 학습자의 시선에 따른 주시 특성으로 나타나는 시선 경로를 고려하여 학습 상황에서 문제 풀이를 위한 학습자의 긍정 관심 구간 및 부정 관심 구간을 결정하는 단계; 상기 시선 경로의 회귀 빈도, 긍정 관심 구간 및 부정 관심 구간 중 적어도 하나를 이용하여 문제 풀이를 위한 학습자의 선택적 주의 집중 정도를 측정하는 단계; 상기 문제 풀이를 수행하는 과정에서 변화하는 학습자의 시각 행동에 따른 학습자의 인지 부하 정도를 측정하는 단계; 및 상기 학습자의 선택적 주의 집중 정도 및 인지 부하 정도에 따른 상기 문제 풀이를 위한 학습자의 인지적 상태를 판단하여 문제 풀이의 결과를 예측하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0019] 본 발명의 실시예에 따른 결정하는 단계는, 학습 화면을 이동하는 학습자의 시선을 추적하여 학습자의 주시 특성으로 나타나는 시선 경로 데이터를 생성하는 단계; 학습자의 시선 경로 데이터를 이용하여 문제 풀이를 위해 학습자의 시선이 회귀되어 재 응시된 응시 구간을 추출하는 단계; 및 상기 응시 구간에서 노출된 학습 정보가 문제 풀이에 필요한 주요 정보인지 또는, 문제 풀이에 불필요한 주의 정보인지를 판단하여 응시 구간을 긍정 관심 구간 또는, 부정 관심 구간으로 결정하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0020] 본 발명의 실시예에 따른 측정하는 단계는, 학습 화면을 응시한 학습자의 전체 시선 고정 빈도에 대비한 긍정 관심 구간을 응시한 시선 고정 빈도를 이용하여 긍정 관심 구간의 응시 비율을 설정하는 단계; 상기 학습 화면을 응시한 상기 학습자의 전체 시선 고정 빈도에 대비한 부정 관심 구간을 응시한 시선 고정 빈도를 이용하여 부정 관심 구간의 응시 비율을 설정하는 단계; 및 상기 학습자의 시선에 대한 회귀 빈도, 긍정 관심 구간의 응시 비율 및 부정 관심 구간의 응시 비율을 이용하여 학습자의 선택적 주의 집중 정도를 측정하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0021] 본 발명의 실시예에 따른 문제 풀이의 결과를 예측하는 단계는, 학습자의 선택적 주의 집중 정도와 인지 부하 정도 간의 상관 관계를 고려하여 문제 풀이의 결과를 예측할 수 있다.

[0022] 본 발명의 일실시예에 따른 문제 풀이 결과 예측 방법을 수행하는 컴퓨팅 장치에 있어서, 컴퓨팅 장치는, 프로세서를 포함하고, 프로세서는, 학습 화면을 이용한 학습 상황에서 문제 풀이를 위해 학습 화면 내 학습자의 시선이 이동하는 응시 구간을 추출하고, 상기 응시 구간을 시선에 따른 문제 해결에 대한 긍정 관심 구간 또는, 부정 관심 구간 중 하나의 구간으로 결정하고, 상기 시선 경로의 회귀 빈도, 긍정 관심 구간 및 부정 관심 구간 중 적어도 하나를 이용하여 문제 풀이를 위한 학습자의 선택적 주의 집중 정도를 측정하고, 상기 문제 풀이를 수행하는 과정에서 변화하는 학습자의 시각 행동에 따른 학습자의 인지 부하 정도를 측정하고, 상기 학습자의 선택적 주의 집중 정도 및 인지 부하 정도에 따른 상기 문제 풀이를 위한 학습자의 인지적 상태를 판단하여 상기 문제 풀이의 결과를 예측할 수 있다.

[0023] 본 발명의 실시예에 따른 프로세서는, 학습자의 선택적 주의 집중 정도 및 인지 부하 정도 간 부적 상관 관계 및 정적 상관 관계를 고려하여 학습자의 인지적 상태를 판단하여 상기 문제 풀이의 결과를 예측할 수 있다.

발명의 효과

[0024] 본 발명의 일실시예에 따른 문제 풀이 결과 예측 방법은 웹 기반의 문제 풀이 학습에서 실시간으로 변화하는 학습자의 인지적 상태에 따른 학습자의 생리 심리 데이터, 행동 로그 데이터 및 자기 보고식 응답을 통한 학습자의 학습 상황을 측정 및 분석할 수 있다.

[0025] 본 발명의 일실시예에 따른 문제 풀이 결과 예측 방법은 토플, GRE 등 웹 기반 문제 풀이 형태의 학습이 이루어지는 분야에서 학습자의 인지적 상태에 대한 특성을 진단하고, 진단된 결과에 따른 학습적인 처방이 가능할 수 있다.

[0026] 본 발명의 일실시예에 따른 문제 풀이 결과 예측 방법은 웹 기반의 문제 풀이 학습 외 웹을 통해 이루어지는 다양한 학습 환경에서도 학습자의 선택적 주의집중과 인지부하를 진단하고 처방하는 방법과 기준을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 학습자의 인지적 상태를 활용하여 문제 풀이 결과를 예측하기 위한 전반적인 동작을 설명하기 위해 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 컴퓨팅 장치의 세부적인 동작을 설명하기 위해 도시한 도면이다.

도 3a는 본 발명의 일실시예에 따른 시선의 회귀 빈도에 따른 시선 흐름도를 나타낸 도면이다.

도 3b는 본 발명의 다른 실시예에 따른 시선의 회귀 빈도에 따른 시선 흐름도를 나타낸 도면이다.

도 4a는 본 발명의 일실시예에 따른 학습 화면 내 긍정 관심 구간 및 부정 관심 구간을 설정하는 과정을 설명하기 위해 도시한 도면이다.

도 4b는 본 발명의 일실시예에 따른 긍정적 선택적 주의에 기반한 긍정 관심 구간을 설명하기 위해 도시한 도면이다.

도 4c는 본 발명의 일실시예에 따른 부정적 선택적 주의에 기반한 부정 관심 구간을 설명하기 위해 도시한 도면이다.

도 5a는 본 발명의 일실시예에 따른 학습자의 동공 확장 크기를 나타낸 시선 히트맵이다.

도 5b는 본 발명의 일실시예에 따른 회상된 인지부하가 높은 학습자의 시선 고정 히트맵과 회상된 인지부하가 낮은 학습자의 시선 고정 히트맵을 비교하기 위해 도시한 도면이다.

도 5c는 본 발명의 일실시예에 따른 학습자의 문제 해결 시간을 나타낸 시선 히트맵이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 문제 풀이 결과 예측 방법을 설명하기 위해 도시한 흐름도이다.

도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 문제 풀이 결과 예측 방법을 설명하기 위해 도시한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0029] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 학습자의 인지적 상태를 활용하여 문제 풀이 결과를 예측하기 위한 전반적인 동작을 설명하기 위해 도시한 도면이다.

[0030] 도 1을 참고하면, 컴퓨팅 장치(101)는 학습 화면(103)을 통한 문제 풀이 형태의 학습 상황에서 학습자(102)의 문제 해결에 관한 전략이 반영된 정보 처리 과정을 시선 경로를 통해 탐색적으로 분석할 수 있다. 컴퓨팅 장치(101)는 시선 경로 중 다수에 의해 의미 있는 패턴으로 채택된 최적의 시선 패턴과 개별 학습자(102)의 시선 경로 간에 유사도를 판단할 수 있다. 이후, 컴퓨팅 장치(101)는 유사도에 따른 학습자들의 문제 풀이의 결과를 예측할 수 있다.

[0031] 보다 구체적으로, 컴퓨팅 장치(101)는 학습 화면(103)을 이용한 학습 상황에서 문제 풀이를 위해 학습 화면(103) 내 학습자(102)의 시선이 이동하는 응시 구간을 추출할 수 있다. 응시 구간은 문제 해결을 위해 학습 화면(103)에서 학습자(102)가 시선 고정과 시선 도약을 통해 주시한 구간일 수 있다. 컴퓨팅 장치(101)는 학습 화면(103)을 이동하는 학습자(102)의 시선을 추적하여 학습자(102)의 주시 특성으로 나타나는 시선 경로 데이터(104)를 생성할 수 있다. 시선 경로 데이터(104)는 학습 화면(103)을 바라보는 학습자들의 시선을 추적하여 학습자(102)의 시선 탐색 활동에 따른 주시 특성일 수 있다. 컴퓨팅 장치(101)는 학습자(102)의 시선 경로 데이터(104)를 이용하여 문제 풀이를 위해 학습자(102)의 시선이 회귀되어 재 응시된 응시 구간을 추출할 수 있다.

[0032] 일례로, 컴퓨팅 장치(101)는 학습자의 시선이 고정된 순서를 나타낼 수 있으며, 학습자는 먼저 <표1>의 정보를 보고 <조건>을 읽은 뒤 <표2>의 정보를 살펴보았다. 그다음에 다시 <조건>을 읽는 시선의 회귀가 한번 일어났고 (⑨), 또다시 <표 1>의 정보를 살펴보아() 시선의 회귀가 두 번 일어났다고 설명할 수 있다. 이처럼, 컴퓨팅 장치(101)는 시선의 회귀에 따른 학습자가 기존에 응시했던 구간을 다시 응시한 빈도로 계산하였고, 이를 시선 경로 데이터로 전처리 할 수 있다.

- [0033] 컴퓨팅 장치(101)는 응시 구간에서 노출된 학습 정보가 문제 풀이에 필요한 주요 정보인지 또는, 문제 풀이에 불필요한 주의 정보인지를 판단할 수 있다. 여기서, 문제 풀이에 필요한 주요 정보는 해당 문제를 해결하는데 핵심이 되는 정보 구간으로, 학습 정보 중 실제 문제에 도움이 되는 자료를 의미할 수 있다. 문제 풀이에 불필요한 주의 정보는 주요 정보와 반대가 되는 정보 구간으로, 학습 정보 중 실제 문제와 무관한 자료를 의미할 수 있다. 일례로, 본 발명은 PSAT 문제 전문가의 자문을 통해 문제를 푸는 데 핵심이 되는 정보 구간과 문제풀이와는 관련 없는 불필요한 정보 구간을 구분하여 각각의 구간(AOI: Area Of Interest)으로 설정할 수 있다.
- [0034] 컴퓨팅 장치(101)는 판단된 결과에 따라 응시 구간을 문제 해결에 대한 긍정 관심 구간 또는, 부정 관심 구간 중 하나의 구간으로 결정할 수 있다. 컴퓨팅 장치(101)는 긍정 관심 구간의 응시 비율 및 부정 관심 구간의 응시 비율을 이용하여 문제 풀이를 위한 학습자의 선택적 주의 집중 정도를 측정할 수 있다.
- [0036] 컴퓨팅 장치(101)는 문제 풀이를 수행하는 과정에서 변화하는 학습자의 시각 행동에 따른 학습자의 인지 부하 정도를 측정할 수 있다. 이후, 컴퓨팅 장치(101)는 학습자의 선택적 주의 집중 정도 및 인지 부하 정도에 따른 문제 풀이를 위한 학습자의 인지적 상태를 판단하여 문제 풀이의 결과를 예측할 수 있다.
- [0038] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 컴퓨팅 장치의 세부적인 동작을 설명하기 위해 도시한 도면이다.
- [0039] 도 2를 참고하면, 컴퓨팅 장치(101)는 프로세서(201)를 포함할 수 있으며, 프로세서(201)는 영상 화면을 통한 문제 풀이 과정에서 변화하는 학습자의 인지적 상태를 고려하여 학습자의 문제 풀이 결과를 예측할 수 있다.
- [0040] S1(202)에서 프로세서(201)는 문제 풀이를 위한 학습자의 선택적 주의 집중 정도(Selective Attention)를 측정할 수 있다. 자세하게, 프로세서(201)는 학습자의 정보 처리 역량에 따른 집단별 선택적 주의 집중 정도를 측정할 수 있다. 프로세서(201)는 선택적 주의지표 변인으로 시선의 회귀 빈도, 학습 화면을 구성하는 정보의 중요도 판단을 설정하고, 이를 통한 학습자의 시각 행동을 살펴볼 수 있다.
- [0041] (1) 시선의 회귀 빈도(Refixation)
- [0042] 시선의 회귀 빈도는 문제 해결 과정에서 제시된 정보를 이해하고, 처리하기 위해 학습 화면에서 학습자의 주시 행동이 이루어진 횟수를 의미할 수 있다. 다시 말해, 시선의 회귀 빈도는 학습 화면을 구성하는 관심 영역(AOI: Areas of Interest) 중 학습자가 이전에 시선 고정이 일어났던 구간에 학습자가 다시 회귀하여 시선 고정이 반복적으로 나타나는 횟수일 수 있다. 회귀 빈도가 높다는 것은 학습자가 정보 처리를 수행하는데 어려움을 겪는 것으로 판단할 수 있으며, 이에, 본 발명은 시선의 회귀가 반복적으로 일어나는 횟수를 측정하여 부정적 의미의 주의 지표로 사용할 수 있다.
- [0043] (2) 정보의 중요도 판단
- [0044] 정보의 중요도 판단은 문제 해결에 필요한 정보와 불필요한 정보를 구별하는 기준을 의미할 수 있다. 본 발명은 학습 화면을 구성하는 관심 영역 중 문제 해결에 필요한 정보를 담고 있는 응시 구간과 문제해결에 불필요한 정보를 담고 있는 응시 구간의 시선 고정 횟수를 측정할 수 있다. 프로세서(201)는 각 정보에 대한 응시 구간의 시선 고정 횟수에 대응하여 긍정적 선택적 주의와 부정적 선택적 주의로 사용될 수 있다.
- [0045] 이에, 프로세서(201)는 응시 구간에서 노출된 학습 정보에 기초하여 응시 구간을 문제 해결에 대한 긍정 관심 구간 또는, 부정 관심 구간 중 하나의 구간으로 결정할 수 있다. 프로세서(201)는 긍정 관심 구간의 응시 비율 및 부정 관심 구간의 응시 비율을 이용하여 문제 풀이를 위한 학습자의 선택적 주의 집중 정도를 측정할 수 있다.
- [0046] S2(203)에서 프로세서(201)는 웹 기반의 문제 풀이를 수행하는 과정에서 변화하는 학습자의 시각 행동에 따른 학습자의 인지 부하 정도를 측정할 수 있다. 프로세서(201)는 인지 부하 지표 변인으로 동공 확장 평균, 회상된 인지부하 점수(VA 마커), 문제해결 시간을 활용할 수 있다. 동공 확장 평균은 문제해결 과정에서 측정된 동공 크기 데이터에서 기저반응 구간의 동공 크기 평균을 뺀 값이며 이를 객관적 인지 부하 지표로 사용할 수 있다.
- [0047] 또한, VA 마커 점수는 가중치와 방향성을 고려하여 ‘이해(-2), 쉬움(-1), 불편(1), 복잡(2)’으로 점수를 부여한 뒤 모두 더한 값을 주관적 인지부하 지표로 사용할 수 있다. 문제 해결 시간은 학습자에게 문제 화면이 제시

된 시점부터 학습자가 답안을 체크한 시점까지를 초로 환산하여 사용할 수 있다.

[0048] 프로세서(201)는 학습자의 시각 행동에 따른 동공 변화, 문제 풀이 시간, 학습 상황에서 회상된 인지부하 응답 점수 중 적어도 하나를 이용하여 학습자의 인지 부하 정도를 측정할 수 있다.

[0049] S3(204)에서 프로세서(201)는 학습자의 선택적 주의 집중 정도 및 인지 부하 정도에 따른 학습자의 인지적 상태를 판단하여 문제 풀이의 결과를 예측할 수 있다. 다시 말해, 프로세서(201)는 선택적 주의 집중 정보 및 인지 부하 정도와 문제 풀이 결과와의 상관 분석을 실시할 수 있다. 상관 분석은 로지스틱 회귀 분석을 실시할 수 있으며, 로지스틱 회귀분석은 선택적 주의지표가 인지부하와 문제 풀이 결과의 관계에서 조절효과가 있는지 살펴보기 위해 예측변수와 조절변수를 평균 중심화(mean-centering) 방법으로 상호 작용항을 통해 실시될 수 있다. 여기서, 평균 중심화는 각 독립변수의 값을 해당 변수의 평균에서 뺀 것을 의미하며, 전통적인 곱 지표 변수 접근법(product indicators approach)이 예측변수와 잠재 상호작용항 간의 높은 상관으로 다중공선성의 문제를 해결할 수 있다.

[0050] 프로세서(201)는 학습자의 정보 처리 역량에 기초하여 긍정적 선택적 주의가 많아질수록 문제 풀이의 정답 확률이 높아질 수 있으며, 동공 확장 평균이 커질수록 문제 풀이의 정답 확률이 낮아질 수 있다. 이는 아래의 수학적 식 1과 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 1

[0051]

$$\text{동공 확장 평균}(X_1) \xrightarrow{\text{긍정적 선택적 주의}(X_2)} \text{문제 풀이 결과}(Y)$$

[0052] 수식 1에 따르면, 정보 처리 역량이 좋은 학습자는 긍정적 선택적 주의가 높고, 동공 확장 평균이 작은 것으로 판단할 수 있으며, 이에 따른 정답 확률이 높게 나타날 수 있다. 반대로, 정보 처리 역량이 좋지 않은 학습자는 긍정적 선택적 주의가 커진 것으로 판단할 수 있으며, 이에 따른 정답 확률이 낮게 나타날 수 있다.

[0053] 문제 풀이 결과는 피험자가 문제의 정답을 맞혔는지 혹은 오답을 맞혔는지에 따라 1점(정답), 0점(오답)으로 표기하여 활용하였다. 전처리 된 각각의 측정 변수를 정리하면 표 1과 같이 나타낼 수 있다.

표 1

변수명	내용	측정 단위
시선의 회귀	이전에 시선이 고정되었던 구간에 다시 회귀하여 시선이 고정된 빈도	빈도(count)
긍정적 선택적 주의	문제해결에 필요한 정보를 담고 있는 구간 응시 비율	비율(ratio)
부정적 선택적 주의	문제해결에 불필요한 정보를 담고 있는 구간 응시 비율	비율(ratio)
동공 확장 평균	평균 동공 확장 크기에 개인별 기저반응(baselinde)평균 크기를 뺀 값	밀리미터(millimeter)
회상된 인지부하	피험자가 회상 자극에 의해 보고한 인지부하 점수	점수(score)
문제해결 시간	문제를 푸는데 소요된 시간	초(second)
문제 풀이 결과	정·오답에 따른 점수 (1 혹은 0)	점수(score)

[0054]

- [0056] 도 3a 내지 도 3b는 본 발명의 일실시예에 따른 시선의 회귀 빈도에 따른 시선 흐름도를 나타낸 도면이다.
- [0057] 도 3은 시선 흐름도(gaze plot)와 시선 히트 맵(gaze heatmap)으로 표현한 도면으로, 컴퓨팅 장치는 선택적 주의 집중 정도와 인지 부하 정도의 최댓값, 최솟값에 따른 차이를 시각화할 수 있다. 도 3은 시선의 회귀 빈도가 높은 학습자와 낮은 학습자의 문제 풀이에 대한 시선 흐름도를 비교할 수 있다.
- [0058] 시선의 회귀 빈도가 높은 학습자는 본 발명의 도 3a와 같이 초반부터 일정한 순서 없이 혼란적 주의 패턴을 보였다. 반면, 시선의 회귀 빈도가 낮은 학습자는 본 발명의 도 3b와 같이 시선의 고정을 문제 제시문→<표1>→<표2>→<조건> 순으로 이동하며, 고정된 상태에서 해당 정보를 이해하고 넘어가는 패턴을 보였다.
- [0059] 컴퓨팅 장치는 문제 풀이를 수행하는 과정에서 변화하는 학습자의 시각 행동에 따른 학습자의 인지 부하 정도를 측정할 수 있다.
- [0061] 도 4a는 본 발명의 일실시예에 따른 학습 화면 내 긍정 관심 구간 및 부정 관심 구간을 설정하는 과정을 설명하기 위해 도시한 도면이다.
- [0062] 도 4a를 참고하면, 컴퓨팅 장치는 학습 화면을 이용한 학습 상황에서 문제 풀이를 위해 학습 화면 내 학습자의 시선이 이동하는 응시 구간을 추출할 수 있다. 컴퓨팅 장치는 응시 구간에서 노출된 학습 정보에 기초하여 응시 구간을 문제 해결에 대한 긍정 관심 구간 또는, 부정 관심 구간 중 하나의 구간으로 결정할 수 있다.
- [0063] (1) 긍정적 선택적 주의(Positive Selective Attention)
- [0064] 긍정적 선택적 주의는 학습자가 문제를 푸는데 필요한 정보 구간을 응시한 것을 의미할 수 있다. 컴퓨팅 장치는 문제 해결에 필요한 정보 구간을 긍정 관심 구간으로 지정하고 전체 시선 고정빈도 대비 해당 구간 응시한 빈도를 비율로 계산할 수 있다. 컴퓨팅 장치는 긍정적 선택적 주의 구간에 대해 학습 화면 내 PSA(Positive Selective Attention)와 같이 나타낼 수 있다.
- [0065] (2) 부정적 선택적 주의(Negative Selective Attention)
- [0066] 부정적 선택적 주의는 학습자가 문제를 푸는데 불필요한 정보 구간을 응시한 것을 의미할 수 있다. 컴퓨팅 장치는 문제 해결에 불필요한 정보 구간을 부정 관심 구간으로 지정하고 전체 시선 고정빈도 대비 해당 구간 응시한 빈도를 비율로 계산할 수 있다. 컴퓨팅 장치는 부정적 선택적 주의 구간에 대해 학습 화면 내 NSA(Negative Selective Attention)와 같이 나타낼 수 있다.
- [0067] 긍정적 선택적 주의는 문제 해결 전략 유사도 상 집단보다 하 집단에서 더 적게 나타났다. 이는 문제해결 전략 유사도 하 집단이 상 집단에 비해 문제해결에 필요한 핵심 정보를 찾는 데 어려움을 겪었고, 그 결과 핵심 정보가 포함되어 있는 구간을 더 적은 비율로 응시한 것으로 파악될 수 있다.
- [0068] 부정적 선택적 주의는 문제 해결 전략 유사도 상 집단보다 하 집단에서 더 빈번하게 나타났으나 집단 간의 차이가 통계적으로 유의하지 않은 것으로 파악할 수 있다. 또한, 이는 학습자들이 문제해결에 필요한 핵심 정보를 찾아내는 것에는 다소 어려움을 겪었으나 불필요한 정보를 걸러내는 것은 좀 더 쉽게 할 수 있었기 때문이라고 판단될 수 있다.
- [0070] 도 4b는 본 발명의 일실시예에 따른 긍정적 선택적 주의에 기반한 긍정 관심 구간을 설명하기 위해 도시한 도면이다.
- [0071] 컴퓨팅 장치는 응시 구간에서 노출된 학습 정보가 문제 풀이에 필요한 주요 정보인지를 판단할 수 있다. 컴퓨팅 장치는 필요 정보로 판단된 경우, 해당 응시 구간을 부정 관심 구간으로 결정할 수 있다. 컴퓨팅 장치는 학습 화면을 응시한 상기 학습자의 전체 시선 고정 빈도에 대비한 긍정 관심 구간을 응시한 시선 고정 빈도를 이용하여 긍정 관심 구간의 응시 비율을 설정할 수 있다.
- [0072] 이러한, 응시 비율을 기반으로, 도 4b의 시선 히트맵을 살펴보면, 본 발명은 긍정적 선택적 주의에 기반하여 문제 풀이 과정에서의 응시 비율이 높은 학습자와 응시 비율이 낮은 학습자를 비교하기 위한 지표를 나타낼 수 있

다. 여기서, 도 4b의 네모 박스로 표기한 부분은 문제 해결에 필요한 정보를 담고 있는 긍정적 선택적 주의에 기반한 긍정 관심 구간일 수 있다.

[0073] 도 4b의 좌측 시선 히트맵은 긍정적 선택적 주의에 기반한 응시 비율이 높은 학습자의 히트맵을 나타낸 것이고, 도 4c의 우측 시선 히트맵은 긍정적 선택적 주의에 기반한 응시 비율이 낮은 학습자의 히트맵을 나타낸 것일 수 있다. 이에, 응시 비율이 높은 학습자는 그렇지 않은 학습자에 비해 표기한 영역에 대한 주의 집중이 더 두드러진 것을 확인할 수 있다.

[0075] 도 4c는 본 발명의 일실시예에 따른 부정적 선택적 주의에 기반한 부정 관심 구간을 설명하기 위해 도시한 도면이다.

[0076] 컴퓨팅 장치는 응시 구간에서 노출된 학습 정보가 문제 풀이에 불필요한 주의 정보인지를 판단할 수 있다. 컴퓨팅 장치는 주의 정보로 판단된 경우, 해당 응시 구간을 부정 관심 구간으로 결정할 수 있다. 컴퓨팅 장치는 학습 화면을 응시한 학습자의 전체 시선 고정 빈도에 대비한 부정 관심 구간을 응시한 시선 고정 빈도를 이용하여 부정 관심 구간의 응시 비율을 설정할 수 있다.

[0077] 이러한, 응시 비율을 기반으로 도 4c의 시선 히트 맵(heat-map)을 살펴보면, 본 발명은 부정적 선택적 주의에 기반하여 문제 풀이 과정에서 응시 비율이 높은 학습자와 응시 비율이 낮은 학습자를 비교하기 위한 지표를 나타낼 수 있다. 여기서, 도 4c의 네모 박스로 표기한 부분은 문제 해결에 불필요한 정보를 담고 있는 부정적 선택적 주의에 기반한 부정 관심 구간일 수 있다.

[0078] 도 4c의 좌측 시선 히트맵은 부정적 선택적 주의에 기반한 응시 비율이 높은 학습자의 히트맵을 나타낸 것이고, 도 4c의 우측 시선 히트맵은 부정적 선택적 주의에 기반한 응시 비율이 낮은 학습자의 히트맵을 나타낸 것일 수 있다. 이에, 응시 비율이 높은 학습자는 그렇지 않은 학습자에 비해 표기한 영역에 대한 주의 집중이 더 두드러진 것을 확인할 수 있다.

[0080] 도 5a 내지 도 5c는 본 발명의 일실시예에 따른 학습자의 동공 변화, 회상인 인지부하, 문제 해결 시간을 나타낸 시선 히트맵이다.

[0081] 도 5a 내지 도 5c를 참고하면, 컴퓨팅 장치는 학습자의 시각 행동에 따른 동공 변화, 문제 풀이 시간, 학습 상황에서 회상된 인지부하 응답 점수 중 적어도 하나를 이용하여 학습자의 인지 부하 정도를 측정할 수 있다.

[0082] (1) 동공 변화

[0083] 도 5a를 참고하면, 우측에 도시된 시선 히트맵은 동공 확장 크기가 큰 학습자의 시선 히트맵이고, 좌측에 도시된 시선 히트맵은 동공 확장 크기가 작은 학습자의 시선 히트맵이다. 여기서, 동공 확장 크기가 크다는 것은 인지 부하가 발생했음을 의미하며, 반대로, 동공 확장 크기가 작다는 것은 인지 부하가 발생하지 않았음을 의미할 수 있다. 따라서, 본 발명은 동공 확장 크기에 따른 인지 부하의 발생 여부에 대응하여 보다 더 넓고, 긴 시간 응시한 지점도 더 많이 나타난 것을 확인할 수 있다.

[0084] 자세하게, 컴퓨팅 장치는 학습 화면을 시청하는 학습자의 시각 행동에 따른 동공 크기를 측정하고, 동공 크기에 따른 동공 확장 평균을 측정할 수 있다. 컴퓨팅 장치는 동공 크기의 변화를 이용하는 경우, 문제 풀이 과정에서 측정되는 동공 크기의 평균값에 학습자의 동공 기저 반응(base line) 측정값의 평균을 뺀 값을 사용할 수 있다. 여기서, 동공 기저 반응은 학습자가 특정 지시 및 기대에 영향을 받지 않은 상태에서 수집된 생리심리 반응으로, 자극에 노출된 이후 보이는 생리심리 반응 분석과 해석을 위한 기준선으로 활용될 수 있다.

[0085] 이를 위해, 컴퓨팅 장치는 학습자의 기저 반응을 판단하기 위해 기저 반응 측정 화면의 중앙에 'X' 플래그를 표시할 수 있다. 컴퓨팅 장치는 'X' 플래그를 응시하는 학습자의 동공 크기에 대한 기저 반응을 측정할 수 있으며, 기저 반응은 기저반응은 전체 2회 측정치의 평균을 계산하여 사용할 수 있다.

[0086] 이후, 컴퓨팅 장치는 동공 크기의 평균값에 평균을 뺀 값을 사용함으로써, 학습자들 간 동공 크기의 개인차를 통제하고 동공 확장 정도를 표준화할 수 있다.

[0087] (2) 회상된 인지부하

[0088] 도 5b를 참고하면, 우측에 도시된 시선 고정 히트맵은 회상된 인지부하가 높았던 학습자의 시선을 추적한 히트

맵이고, 좌측에 도시된 시선 고정 히트맵은 회상된 인지부하가 낮았던 학습자의 시선을 추적한 히트맵이다. 본 발명은 회상된 인지부하가 높은 학습자의 시선 고정 히트맵과 회상된 인지부하가 낮은 학습자의 시선 고정 히트맵을 비교함으로써, 문제 풀이 과정에서의 각 학습자들이 시선을 고정한 구간을 분석할 수 있다.

[0089] 자세하게, 본 발명은 문제 풀이 결과를 예측함에 있어, 보다 정확한 결과를 유추하기 위해 회상 자극 실험을 실행할 수 있다. 회상 자극 실험은 인터뷰 형식으로 진행하여 전 과정을 녹음하는 것으로, 학습자는 녹화된 실험 영상을 다시 시청하며 그때 당시 느꼈던 생각이나 인지적 과정을 4가지 마커와 코멘트를 기재할 수 있다. 이때, 발생하는 마커와 코멘트 데이터는 엑셀 파일로 내려 받아 분석 가능하며 마커는 양적 통계 분석을 위해 점수화하여 활용할 수 있다.

[0090] 여기서, 마커는 'A(이해), B(쉬움), C(복잡함), D(불편)' 으로 구성되어 있고 A(이해)는 -2점, B(쉬움)은 -1점, C(복잡함)은 2점, D(불편)은 1점으로 계산할 수 있다. 개별 사용자마다 계산된 마커 점수는 회상된 인지 부하 점수 지표로 활용할 수 있다. 본 발명은 학습자들이 작성한 마커와 코멘트를 활용하여 연구 결과의 심층적인 해석을 위해 질적 분석을 수행할 수 있다.

[0091] (3) 문제해결 시간

[0092] 도 5c를 참고하면, 우측에 도시된 시선 히트맵은 문제 해결 시간이 긴 학습자의 시선을 추적한 히트맵이고, 좌측에 도시된 시선 히트맵은 문제 해결 시간이 짧은 학습자의 시선을 추적한 히트맵이다.

[0093] 이에, 본 발명의 문제해결 시간은 학습자가 문제를 푸는데 소요된 시간을 의미하며 초로 환산하여 계산할 수 있다. 여기서, 문제 해결 시간은 학습자의 인지부하 수준을 대표하는 지표로 설명되며, 학습자료가 내재한 인지 부하의 수준이 높을수록 많은 시간이 소요된다고 추측할 수 있다.

[0094] 컴퓨팅 장치는 문제 풀이를 수행하는 과정에서 변화하는 학습자의 시각 행동에 따른 학습자의 인지 부하 정도를 측정할 수 있다.

[0096] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 문제 풀이 결과 예측 방법을 설명하기 위해 도시한 흐름도이다.

[0097] 단계(601)에서 컴퓨팅 장치는 학습 화면을 이용한 학습 상황에서 문제 풀이를 위해 학습 화면 내 학습자의 시선이 이동하는 응시 구간을 추출할 수 있다. 컴퓨팅 장치는 학습 화면을 이동하는 학습자의 시선을 추적하여 학습자의 주시 특성으로 나타나는 시선 경로 데이터를 생성할 수 있다. 컴퓨팅 장치는 학습자의 시선 경로 데이터를 이용하여 문제 풀이를 위해 학습자의 시선이 회귀되어 재 응시된 응시 구간을 추출할 수 있다.

[0098] 단계(602)에서 컴퓨팅 장치는 응시 구간에서 노출된 학습 정보에 기초하여 응시 구간을 문제 해결에 대한 긍정 관심 구간 또는, 부정 관심 구간 중 하나의 구간으로 결정할 수 있다. 컴퓨팅 장치는 응시 구간에서 노출된 학습 정보가 문제 풀이에 필요한 주요 정보인지 또는, 문제 풀이에 불필요한 주의 정보인지를 판단하여 응시 구간을 긍정 관심 구간 또는, 부정 관심 구간으로 결정할 수 있다.

[0099] 단계(603)에서 컴퓨팅 장치는 결정된 긍정 관심 구간의 응시 비율 및 부정 관심 구간의 응시 비율을 이용하여 문제 풀이를 위한 학습자의 선택적 주의 집중 정도(Selective Attention)를 측정할 수 있다. 자세하게, 컴퓨팅 장치는 학습 화면을 응시한 상기 학습자의 전체 시선 고정 빈도에 대비한 긍정 관심 구간을 응시한 시선 고정 빈도 및 부정 관심 구간을 응시한 시선 고정 빈도를 이용하여 긍정 관심 구간의 응시 비율 및 부정 관심 구간의 응시 비율을 설정할 수 있다. 컴퓨팅 장치는 학습자의 시선에 대한 회귀 빈도, 긍정 관심 구간의 응시 비율 및 부정 관심 구간의 응시 비율을 이용하여 학습자의 선택적 주의 집중 정도를 측정할 수 있다.

[0100] 단계(604)에서 컴퓨팅 장치는 문제 풀이를 수행하는 과정에서 변화하는 학습자의 시각 행동에 따른 학습자의 인지 부하 정도(cognitive load)를 측정할 수 있다. 컴퓨팅 장치는 학습자의 시각 행동에 따른 동공 변화, 문제 풀이 시간, 학습 상황에서 회상된 인지부하 응답 점수 중 적어도 하나를 이용하여 학습자의 인지 부하 정도를 측정할 수 있다.

[0101] 단계(605)에서 컴퓨팅 장치는 학습자의 선택적 주의 집중 정도 및 인지 부하 정도에 따른 문제 풀이를 위한 학습자의 인지적 상태를 판단하여 문제 풀이의 결과를 예측할 수 있다. 컴퓨팅 장치는 학습자의 선택적 주의 집중 정도와 인지 부하 정도 간의 상관 관계를 고려하여 문제 풀이의 결과를 예측할 수 있다.

- [0103] 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 문제 풀이 결과 예측 방법을 설명하기 위해 도시한 흐름도이다.
- [0104] 단계(701)에서 컴퓨팅 장치는 학습 화면을 시청하는 학습자의 시선에 따른 주시 특성으로 나타나는 시선 경로를 고려하여 학습 상황에서 문제 풀이를 위한 학습자의 긍정 관심 구간 및 부정 관심 구간을 결정할 수 있다. 컴퓨팅 장치는 학습 화면을 이동하는 학습자의 시선을 추적하여 학습자의 주시 특성으로 나타나는 시선 경로 데이터를 생성할 수 있다. 컴퓨팅 장치는 학습자의 시선 경로 데이터를 이용하여 문제 풀이를 위해 학습자의 시선이 회귀되어 재 응시된 응시 구간을 추출할 수 있다. 그리고, 컴퓨팅 장치는 응시 구간에서 노출된 학습 정보가 문제 풀이에 필요한 주요 정보인지 또는, 문제 풀이에 불필요한 주의 정보인지를 판단하여 응시 구간을 긍정 관심 구간 또는, 부정 관심 구간으로 결정할 수 있다.
- [0105] 단계(702)에서 컴퓨팅 장치는 시선 경로의 회귀 빈도, 긍정 관심 구간 및 부정 관심 구간 중 적어도 하나를 이용하여 문제 풀이를 위한 학습자의 선택적 주의 집중 정도를 측정할 수 있다. 컴퓨팅 장치는 학습 화면을 응시한 학습자의 전체 시선 고정 빈도에 대비한 긍정 관심 구간을 응시한 시선 고정 빈도를 이용하여 긍정 관심 구간의 응시 비율을 설정할 수 있다. 컴퓨팅 장치는 학습 화면을 응시한 학습자의 전체 시선 고정 빈도에 대비한 부정 관심 구간을 응시한 시선 고정 빈도를 이용하여 부정 관심 구간의 응시 비율을 설정할 수 있다.
- [0106] 이후, 컴퓨팅 장치는 학습자의 시선에 대한 회귀 빈도, 긍정 관심 구간의 응시 비율 및 부정 관심 구간의 응시 비율을 이용하여 학습자의 선택적 주의 집중 정도를 측정할 수 있다.
- [0107] 단계(703)에서 컴퓨팅 장치는 문제 풀이를 수행하는 과정에서 변화하는 학습자의 시각 행동에 따른 학습자의 인지 부하 정도를 측정할 수 있다.
- [0108] 단계(704)에서 컴퓨팅 장치는 학습자의 선택적 주의 집중 정도 및 인지 부하 정도에 따른 문제 풀이를 위한 학습자의 인지적 상태를 판단하여 문제 풀이의 결과를 예측할 수 있다. 컴퓨팅 장치는 학습자의 선택적 주의 집중 정도와 인지 부하 정도 간의 상관 관계를 고려하여 문제 풀이의 결과를 예측할 수 있다.
- [0110] 한편, 본 발명에 따른 방법은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 프로그램으로 작성되어 마그네틱 저장매체, 광학적 판독매체, 디지털 저장매체 등 다양한 기록 매체로도 구현될 수 있다.
- [0111] 본 명세서에 설명된 각종 기술들의 구현들은 디지털 전자 회로조직으로, 또는 컴퓨터 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어로, 또는 그들의 조합들로 구현될 수 있다. 구현들은 데이터 처리 장치, 예를 들어 프로그램가능 프로세서, 컴퓨터, 또는 다수의 컴퓨터들의 동작에 의한 처리를 위해, 또는 이 동작을 제어하기 위해, 컴퓨터 프로그램 제품, 즉 정보 캐리어, 예를 들어 기계 판독가능 저장 장치(컴퓨터 판독가능 매체) 또는 전파 신호에서 유형적으로 구체화된 컴퓨터 프로그램으로서 구현될 수 있다. 상술한 컴퓨터 프로그램(들)과 같은 컴퓨터 프로그램은 컴파일된 또는 인터프리트된 언어들을 포함하는 임의의 형태의 프로그래밍 언어로 기록될 수 있고, 독립형 프로그램으로서 또는 모듈, 구성요소, 서브루틴, 또는 컴퓨팅 환경에서의 사용에 적절한 다른 유닛으로서 포함하는 임의의 형태로 전개될 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 하나의 사이트에서 하나의 컴퓨터 또는 다수의 컴퓨터들 상에서 처리되도록 또는 다수의 사이트들에 걸쳐 분배되고 통신 네트워크에 의해 상호 연결되도록 전개될 수 있다.
- [0112] 컴퓨터 프로그램의 처리에 적절한 프로세서들은 예로서, 범용 및 특수 목적 마이크로프로세서들 둘 다, 및 임의의 종류의 디지털 컴퓨터의 임의의 하나 이상의 프로세서들을 포함한다. 일반적으로, 프로세서는 판독 전용 메모리 또는 랜덤 액세스 메모리 또는 둘 다로부터 명령어들 및 데이터를 수신할 것이다. 컴퓨터의 요소들은 명령어들을 실행하는 적어도 하나의 프로세서 및 명령어들 및 데이터를 저장하는 하나 이상의 메모리 장치들을 포함할 수 있다. 일반적으로, 컴퓨터는 데이터를 저장하는 하나 이상의 대량 저장 장치들, 예를 들어 자기, 자기-광 디스크들, 또는 광 디스크들을 포함할 수 있거나, 이것들로부터 데이터를 수신하거나 이것들에 데이터를 송신하거나 또는 양쪽으로 되도록 결합될 수도 있다. 컴퓨터 프로그램 명령어들 및 데이터를 구체화하는데 적절한 정보 캐리어들은 예로서 반도체 메모리 장치들, 예를 들어, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(Magnetic Media), CD-ROM(Compact Disk Read Only Memory), DVD(Digital Video Disk)와 같은 광 기록 매체(Optical Media), 플롭티컬 디스크(Floptical Disk)와 같은 자기-광 매체(Magneto-Optical Media), 롬(ROM, Read Only Memory), 램(RAM, Random Access Memory), 플래시 메모리, EPROM(Erasable Programmable ROM), EEPROM(Electrically Erasable Programmable ROM) 등을 포함한다. 프로세서 및 메모리는 특수 목적 논리 회로조직에 의해 보충되거나, 이에 포함될 수 있다.
- [0113] 또한, 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용매체일 수 있고, 컴퓨터 저장매체

및 전송매체를 모두 포함할 수 있다.

[0114] 본 명세서는 다수의 특정한 구현물의 세부사항들을 포함하지만, 이들은 어떠한 발명이나 청구 가능한 것의 범위에 대해서도 제한적인 것으로서 이해되어서는 안되며, 오히려 특정한 발명의 특정한 실시형태에 특유할 수 있는 특징들에 대한 설명으로서 이해되어야 한다. 개별적인 실시형태의 문맥에서 본 명세서에 기술된 특정한 특징들은 단일 실시형태에서 조합하여 구현될 수도 있다. 반대로, 단일 실시형태의 문맥에서 기술한 다양한 특징들 역시 개별적으로 혹은 어떠한 적절한 하위 조합으로도 복수의 실시형태에서 구현 가능하다. 나아가, 특징들이 특정한 조합으로 동작하고 초기에 그와 같이 청구된 바와 같이 묘사될 수 있지만, 청구된 조합으로부터의 하나 이상의 특징들은 일부 경우에 그 조합으로부터 배제될 수 있으며, 그 청구된 조합은 하위 조합이나 하위 조합의 변형물로 변경될 수 있다.

[0115] 마찬가지로, 특정한 순서로 도면에서 동작들을 묘사하고 있지만, 이는 바람직한 결과를 얻기 위하여 도시된 그 특정한 순서나 순차적인 순서대로 그러한 동작들을 수행하여야 한다거나 모든 도시된 동작들이 수행되어야 하는 것으로 이해되어서는 안 된다. 특정한 경우, 멀티태스킹과 병렬 프로세싱이 유리할 수 있다. 또한, 상술한 실시형태의 다양한 장치 컴포넌트의 분리는 그러한 분리를 모든 실시형태에서 요구하는 것으로 이해되어서는 안되며, 설명한 프로그램 컴포넌트와 장치들은 일반적으로 단일의 소프트웨어 제품으로 함께 통합되거나 다중 소프트웨어 제품에 패키징 될 수 있다는 점을 이해하여야 한다.

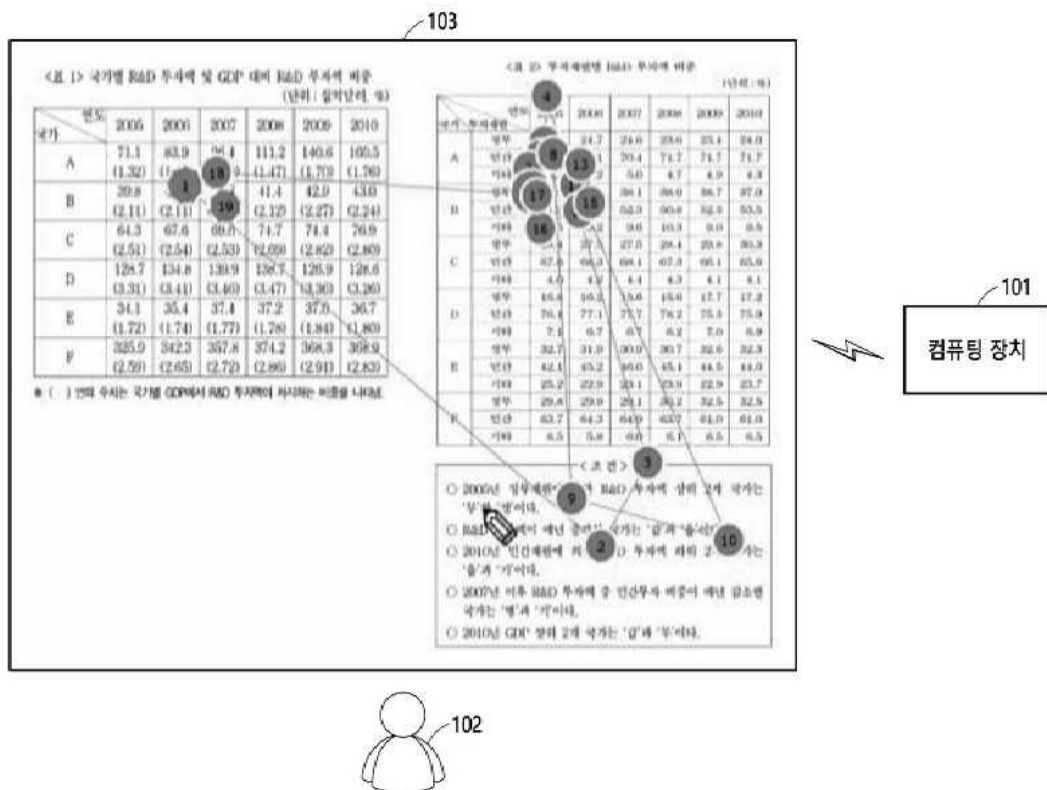
[0116] 한편, 본 명세서와 도면에 개시된 본 발명의 실시 예들은 이해를 돕기 위해 특정 예를 제시한 것에 지나지 않으며, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 여기에 개시된 실시 예들 이외에도 본 발명의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형 예들이 실시 가능하다는 것은, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다.

부호의 설명

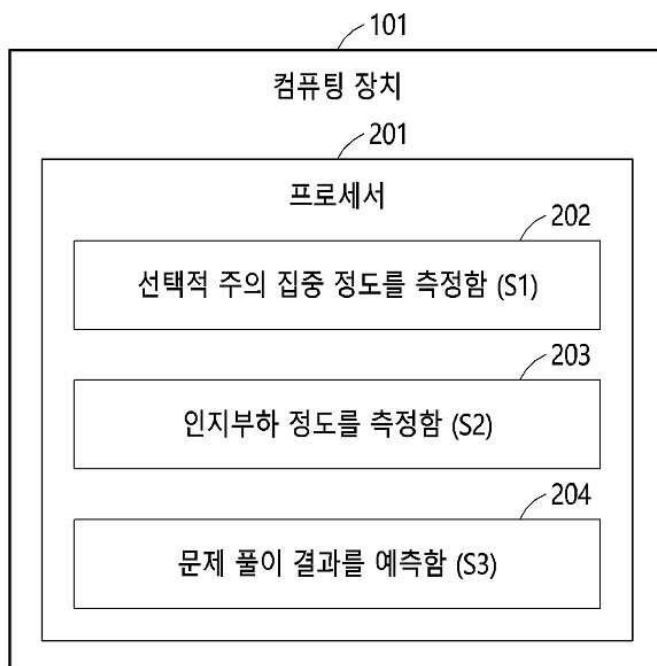
- [0117]
- 101: 컴퓨팅 장치
 - 102: 학습자
 - 103: 웹 기반의 학습 화면
 - 104: 학습자의 주시 특성으로 나타나는 시선 경로 데이터

도면

도면1

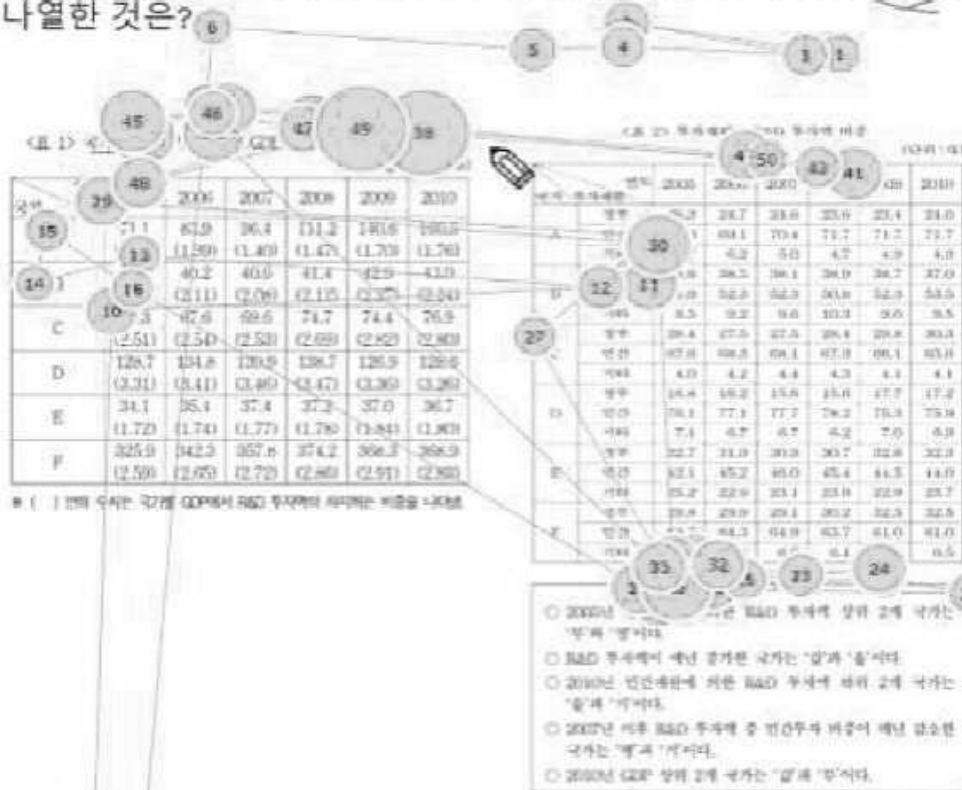


도면2



도면3a

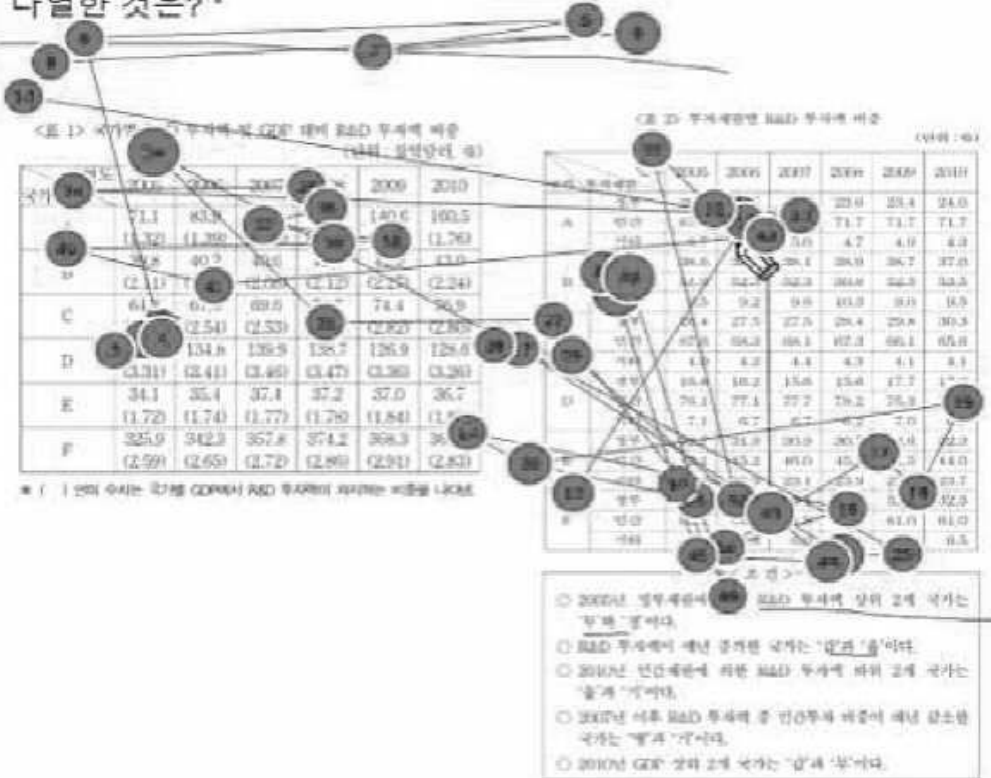
다음 표는 2005-2010년 6개 국가(A-F)의 R&D 투자현황에 대한 자료이다. 다음 조건을 근거로 하여 B와 C에 해당하는 국가를 바르게 나열한 것은?



- A: 정, C: 민
 ○ B: 정, C: 민
 ○ C: 정, C: 민
 ○ D: 정, C: 민
 ○ E: 정, C: 민

도면3b

다음 표는 2005~2010년 6개 국가(A-F)의 R&D 투자현황에 대한 자료이다. 다음 조건을 근거로 하여 B와 C에 해당하는 국가를 바르게 나열한 것은? *



- ☐ A B:병, C:기
- ☐ B B:을, C:기
- ☐ C B:갑, C:무
- ☐ D B:갑, C:병
- ☐ E B:을, C:병

도면4a

다음 표는 2005~2010년 6개 국가(A-F)의 R&D 투자현황에 대한 자료이다. 다음 조건을 근거로 하여 B와 C에 해당하는 국가를 바르게 나열한 것은?

301

〈표 1〉 국가별 R&D 투자액 및 GDP 대비 R&D 투자액 비중
(단위: 십억달러, %)

연도	2005	2006	2007	2008	2009	2010
A	71.1 (1.32)	83.8 (1.28)	98.9 (1.82)	111.2 (1.77)	141.5 (1.75)	160.5 (1.76)
B	38.8 (0.11)	46.2 (0.11)	49.5 (0.09)	51.4 (0.12)	42.2 (0.11)	48.7 (0.11)
C	84.3 (1.34)	91.2 (1.34)	98.5 (1.34)	111.2 (1.34)	141.5 (1.34)	160.5 (1.34)
D	183.7 (3.24)	194.8 (3.24)	209.5 (3.24)	222.2 (3.24)	251.5 (3.24)	280.5 (3.24)
E	51.3 (0.72)	55.4 (0.72)	57.4 (0.72)	57.2 (0.72)	57.6 (0.72)	58.7 (0.72)
F	355.8 (2.59)	342.3 (2.55)	367.6 (2.72)	374.2 (2.86)	398.3 (2.91)	398.9 (2.83)

※ () 안의 수치는 각 GDP에서 R&D 투자액이 차지하는 비중을 나타냄.

〈표 2〉 정부·기업별 R&D 투자액 비중

(단위: %)

연도	2005	2006	2007	2008	2009	2010
A	정부 38.3 기업 67.7	24.7 69.1	24.0 70.4	23.6 71.7	23.4 71.7	24.0 71.7
B	정부 38.8 기업 61.2	38.5 61.5	38.1 61.9	38.9 61.1	38.7 61.3	37.0 63.0
C	정부 28.4 기업 71.6	27.5 72.5	27.5 72.5	28.4 71.6	28.9 71.1	28.3 71.7
D	정부 16.8 기업 83.2	16.2 83.8	15.6 84.4	15.6 84.4	17.7 82.3	17.2 82.8
E	정부 7.1 기업 92.9	6.7 93.3	6.7 93.3	6.2 93.8	5.0 95.0	4.9 95.1
F	정부 32.7 기업 67.3	31.9 68.1	30.9 69.1	30.7 69.3	32.5 67.5	32.3 67.7

〈조건〉

- 2005년 정부·기업별 R&D 투자액 상위 2개 국가는 'B'와 'D'이다.
- R&D 투자액이 매년 증가한 국가는 'C'와 'E'이다.
- 2010년 민간·기업별 R&D 투자액 상위 2개 국가는 'D'와 'F'이다.

NSA

302

A B:병, C:기

B B:을, C:기

C B:갑, C:무

D B:갑, C:병

E B:을, C:병

도면4b

-긍정적 선택적 주의-

다음 표는 2005-2010년 6개 국가(A-F)의 R&D 투자현황에 대한 자료이다. 다음 조건을 근거로 하여 B와 C에 해당하는 국가를 바르게 나열한 것은?

다음 표는 2005-2010년 6개 국가(A-F)의 R&D 투자현황에 대한 자료이다. 다음 조건을 근거로 하여 B와 C에 해당하는 국가를 바르게 나열한 것은?

다음 표는 2005-2010년 6개 국가(A-F)의 R&D 투자현황에 대한 자료이다. 다음 조건을 근거로 하여 B와 C에 해당하는 국가를 바르게 나열한 것은?

다음 표는 2005-2010년 6개 국가(A-F)의 R&D 투자현황에 대한 자료이다. 다음 조건을 근거로 하여 B와 C에 해당하는 국가를 바르게 나열한 것은?

긍정 관심 구간 (상)

긍정 관심 구간 (하)

도면4c

-부정적 선택적 주의-

다음 표는 2005-2010년 6개 국가(A-F)의 R&D 투자현황에 대한 자료이다. 다음 조건을 근거로 하여 B와 C에 해당하는 국가를 바르게 나열한 것은?

다음 표는 2005-2010년 6개 국가(A-F)의 R&D 투자현황에 대한 자료이다. 다음 조건을 근거로 하여 B와 C에 해당하는 국가를 바르게 나열한 것은?

다음 표는 2005-2010년 6개 국가(A-F)의 R&D 투자현황에 대한 자료이다. 다음 조건을 근거로 하여 B와 C에 해당하는 국가를 바르게 나열한 것은?

다음 표는 2005-2010년 6개 국가(A-F)의 R&D 투자현황에 대한 자료이다. 다음 조건을 근거로 하여 B와 C에 해당하는 국가를 바르게 나열한 것은?

부정 관심 구간 (상)

부정 관심 구간 (하)

도면5a

다음 표는 2005~2010년 6개 국가(A-F)의 R&D 투자현황에 대한 자료이다. 다음 조건을 근거로 하여 B와 C에 해당하는 국가를 바르게 나열한 것은? *

표 15-1 국가별 R&D 투자액의 증가율(%) (단위: 십억 달러)

국가	2005	2006	2007	2008	2009	2010
A	75.1	85.8	95.4	111.2	116.0	121.5
B	112.0	120.0	145.0	147.0	151.0	155.0
C	84.3	87.8	89.0	78.2	74.4	75.0
D	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0
E	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0
F	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0

* 1. 2005~2010년 6개 국가(A-F)의 R&D 투자현황에 대한 자료이다. 다음 조건을 근거로 하여 B와 C에 해당하는 국가를 바르게 나열한 것은? *

표 15-2 국가별 R&D 투자액의 증가율(%) (단위: 십억 달러)

국가	2005	2006	2007	2008	2009	2010
A	75.1	85.8	95.4	111.2	116.0	121.5
B	112.0	120.0	145.0	147.0	151.0	155.0
C	84.3	87.8	89.0	78.2	74.4	75.0
D	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0
E	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0
F	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0

* 1. 2005~2010년 6개 국가(A-F)의 R&D 투자현황에 대한 자료이다. 다음 조건을 근거로 하여 B와 C에 해당하는 국가를 바르게 나열한 것은? *

표 15-3 국가별 R&D 투자액의 증가율(%) (단위: 십억 달러)

국가	2005	2006	2007	2008	2009	2010
A	75.1	85.8	95.4	111.2	116.0	121.5
B	112.0	120.0	145.0	147.0	151.0	155.0
C	84.3	87.8	89.0	78.2	74.4	75.0
D	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0
E	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0
F	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0

* 1. 2005~2010년 6개 국가(A-F)의 R&D 투자현황에 대한 자료이다. 다음 조건을 근거로 하여 B와 C에 해당하는 국가를 바르게 나열한 것은? *

표 15-4 국가별 R&D 투자액의 증가율(%) (단위: 십억 달러)

국가	2005	2006	2007	2008	2009	2010
A	75.1	85.8	95.4	111.2	116.0	121.5
B	112.0	120.0	145.0	147.0	151.0	155.0
C	84.3	87.8	89.0	78.2	74.4	75.0
D	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0
E	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0
F	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0

* 1. 2005~2010년 6개 국가(A-F)의 R&D 투자현황에 대한 자료이다. 다음 조건을 근거로 하여 B와 C에 해당하는 국가를 바르게 나열한 것은? *

표 15-5 국가별 R&D 투자액의 증가율(%) (단위: 십억 달러)

국가	2005	2006	2007	2008	2009	2010
A	75.1	85.8	95.4	111.2	116.0	121.5
B	112.0	120.0	145.0	147.0	151.0	155.0
C	84.3	87.8	89.0	78.2	74.4	75.0
D	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0
E	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0
F	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0

* 1. 2005~2010년 6개 국가(A-F)의 R&D 투자현황에 대한 자료이다. 다음 조건을 근거로 하여 B와 C에 해당하는 국가를 바르게 나열한 것은? *

표 15-6 국가별 R&D 투자액의 증가율(%) (단위: 십억 달러)

국가	2005	2006	2007	2008	2009	2010
A	75.1	85.8	95.4	111.2	116.0	121.5
B	112.0	120.0	145.0	147.0	151.0	155.0
C	84.3	87.8	89.0	78.2	74.4	75.0
D	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0
E	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0
F	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0

* 1. 2005~2010년 6개 국가(A-F)의 R&D 투자현황에 대한 자료이다. 다음 조건을 근거로 하여 B와 C에 해당하는 국가를 바르게 나열한 것은? *

표 15-7 국가별 R&D 투자액의 증가율(%) (단위: 십억 달러)

국가	2005	2006	2007	2008	2009	2010
A	75.1	85.8	95.4	111.2</		

도면 5b

다음 표는 2005년 2010년 6개 국가(A-F)의 R&D 투자현황에 대한 자료이다. 다음 조건을 근거로 하여 a와 c에 해당하는 국가를 바르게 나열한 것은?

☐ A. B, C, G
☒ B. C, G
☐ C. B, C, D
☐ D. B, C, E
☐ E. B, C, F

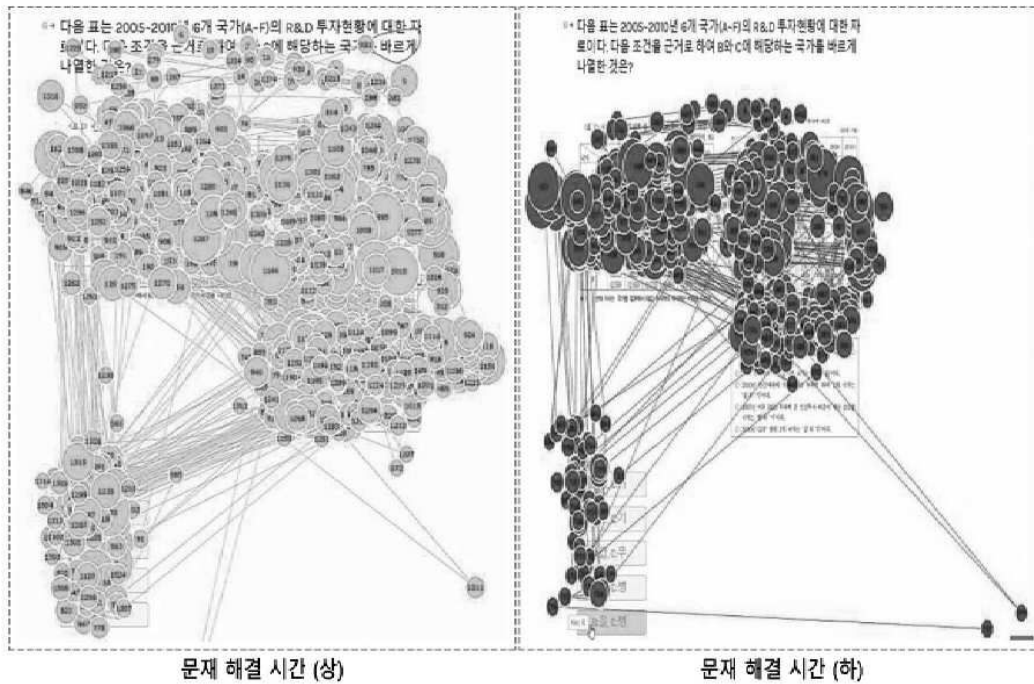
다음 표는 2005년 2010년 6개 국가(A-F)의 R&D 투자현황에 대한 자료이다. 다음 조건을 근거로 하여 b와 c에 해당하는 국가를 바르게 나열한 것은?

☐ A. B, C, G
☐ B. B, C, G
☐ C. B, C, D
☐ D. B, C, E
☒ E. B, C, F

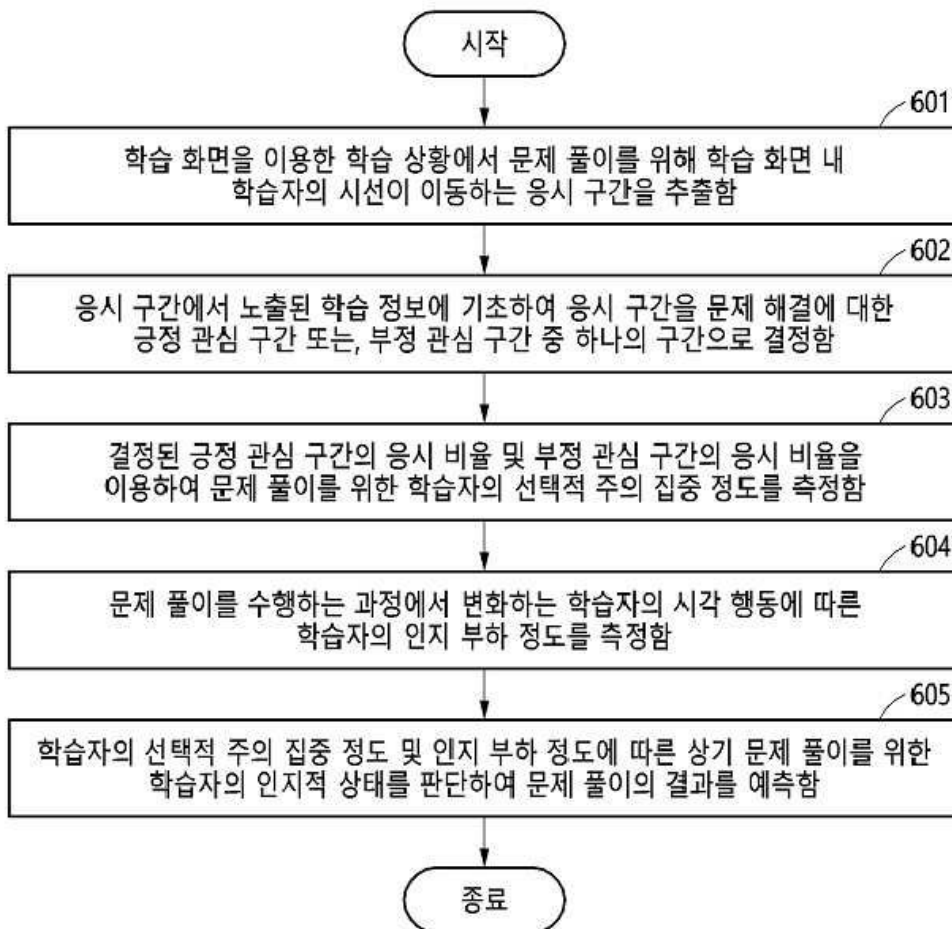
☐ A. B, C, G
☒ B. C, G
☐ C. B, C, D
☐ D. B, C, E
☐ E. B, C, F

☐ A. B, C, G
☐ B. B, C, G
☐ C. B, C, D
☐ D. B, C, E
☒ E. B, C, F

도면5c



도면6



도면7

