

SWAT의 시청각 매뉴얼을 통한 학습 효과 분석

이주영¹ · 김태호¹ · 류지철¹ · 강현우¹ · 금동혁¹ · 우원희¹ · 장춘화¹ · 최종대¹ · 임경재^{1*}

¹강원대학교 지역건설공학과

Analysis of learning effects using audio-visual manual of SWAT

Ju Yeong Lee¹, Tea Ho Kim¹, Jichul Ryu¹, Hyunwoo Kang¹, Donghyuk Kum¹, Won Hee Woo¹, Chun Hwa Jang¹, Jongdae Choi¹, Kyoung Jae Lim^{1*}

¹Department of Regional Infrastructures Engineering, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

Received on 9 November 2011, revised on 24 November 2011, accepted on 18 December 2011

Abstract : In the modern society, GIS-based decision support system has been used in evaluating environmental issues and changes due to spatial and temporal analysis capabilities of the GIS. However without proper manual of these systems, its desired goals could not be achieved. In this study, audio-visual SWAT tutorial system was developed to evaluate its effectiveness in learning the SWAT model. Learning effects was analyzed after in-class demonstration and survey. The survey was conducted for 3rd grade students with/without audio-visual materials using 30 questionnaires, composed of 3 items for trend of respondent, 5 items for effects of audio-visual materials, and 12 items for effects of with/without manual in learning the model.

For group without audio-visual manual, 2.98 out of 5 was obtained and 4.05 out of 5 was obtained for group with audio-visual manual, indicating higher content delivery with audio-visual learning effects. As shown in this study, the audio-visual learning material should be developed and used in various computer-based modeling system.

Key words : Audio-Visual materials, GIS, Questionnaire survey, Study Effect, SWAT

I. 서론

최근에 예측 불가능한 기상재해와 난개발로 인한 환경 파괴가 빈번하게 일어나고 있으며 그로 인하여 막대한 인명 및 재산 피해를 입고 있다. 이러한 자연재해로부터 인명 과 재산을 보호할 수 있는 방법으로 SWAT(Soil and Water Assessment Tool) 프로그램이 각광을 받고 있으며 GIS와 함께 많이 활용되고 있다. SWAT과 같은 환경 평가 모형들은 환경 및 기상재해에 대하여 미리 예측하고 평가하는데 많은 이점을 가지고 있다. 직접 시공을 통하여 결과를 얻기 위해서는 많은 자금과 시간이 필요하지만, 이러한 모형들을 이용하면 직접 시공하는 것보다 적은 비용과 시간의 투자로 더 많은 정보를 얻을 수 있기 때문에 효율성이 매우 높다. 국내의 경우 유역의 수질 회복 및 효율적인 오염물질 관리를 위하여 수질오염총량제를 도입하여 사용하고 있다. 또한 수질오염총량제의 부하량 및 수질 평가를 위하여

HSPF, SWAT, ANSWERS, AGNPS, SWRRB 등의 수문 및 수질을 모의할 수 있는 모형이 사용되고 있으며, 특히 농업 비점오염원의 발생 및 이동 평가가 가능하고 공간적인 변화에 따른 시뮬레이션이 가능한 모델인 SWAT 모형이 널리 사용되고 있다(Heo 등, 2008). 하지만 이러한 모형들은 방대한 양의 기초 자료를 구축해야 하고 다른 GIS 기능을 사용하기 때문에 많은 어려움을 가지고 있다. 최근에 이러한 모형들의 수요가 늘고 있지만, 학습 환경의 부족과 교육과정의 제한 등 다양한 이유로 많은 수요에 맞는 전문가를 공급하지 못하는 상황이 나타나고 있다. 또한 복잡한 과정으로 인하여 많은 반복 학습이 필요하지만 현실에서는 반영되지 못하고 있으므로 많은 어려움을 겪고 있으며, 이러한 문제를 보완하기 위해 SWAT의 시청각 자료를 사용하여 학습자의 학습 효과를 분석하려고 한다.

본 연구의 목적은 첫째, SWAT 모형을 통한 시청각 매뉴얼 구축하며, 둘째, SWAT 시청각 매뉴얼 자료를 이용한 수업 시 학습자가 학습내용을 인지하는데 어떠한 영향을 미치는지를 분석하는데 있다.

*Corresponding author: Tel: +82-33-250-6468

E-mail address: kjlim@kangwon.ac.kr

II. 연구 배경 및 방법

1. 시청각 교육의 정의 및 교육적인 가치

시청각 교육(Audio-Visual instruction)의 정의를 내리면 시각에 작용하는 영상이나 청각에 작용하는 음성 기능을 교육에 도입하여 교육 효과를 극대화하는 것이다(Hong, 2006). 시청각 교육은 1920년부터 미국의 공립학교에서 비디오, 영화, 라디오, TV 등 시청각적인 매체를 이용하여 수업에 적용하였다(Sung 등, 2007). 또한 이러한 시청각 자료는 교육공학에 기초가 되었고 현재까지 지속적으로 발전하고 수업에 사용되고 있다. 시청각 교육은 시청각 교재 및 교구를 이용하여 학습 효과를 높일 수 있으며 학습 내용에 포함된 비언어적인 요소를 학습자에게 인지 시킬 수 있다. 시청각 교육의 교육적인 가치를 보면 첫째, 경험을 통한 개념습득이 능률적으로 이뤄지며, 둘째, 감각을 이용하여 사고활동이 촉진되어 학습의 효과를 높이며, 셋째, 라디오, 영화, 컴퓨터 등 다감각적인 매체를 이용하면 다양한 표현 기술을 통해 정서적인 반응을 일으키게 된다. 과거의 교육은 형식적이고 창의성이 없는 정형화된 교육을 추구해왔지만 현재의 교육은 창의적이며 많은 사고를 필요로 하는 교육을 추구하고 있어 시청각 교육의 필요성이 대두되고 있다. 교과서만을 이용하는 수업이 아닌 다양한 매체를 사용하여 학습자에게 다양한 자극을 제공하고 그 자극을 이용하여 창의적인 생각과 표현을 할 수 있도록 도움을 주며 문제 해결 능력을 향상 시키는 것이 시청각 교육의 의의라고 볼 수 있다.

2. 시청각 매뉴얼 사용에 대한 교육적인 영향

인간은 시각, 청각, 촉각, 미각, 후각 즉, 5가지 감각을 이용하여 사물을 인지하고 활동하게 된다. 그 중 83%를 시각으로 13%는 청각을 이용하여 사물을 인지하고 정보를 획득한다. 시청각 자료는 첫째, 감각기관을 이용한 시청각 학습을 통하여 학습내용의 전달을 극대화 시키는 결과를 얻을 수 있다. 시청각 매체는 학습 효과를 증진시키는데 단순히 교수의 강의만으로 수업 내용을 전달하는 것과 다양한 매체를 이용하여 감각 기관을 자극하여 학습내용을 경험하게 하여 학습자가 보다 쉽게 내용을 이해할 수 있도록 한다. 둘째, 집중 및 동기 유발이 가능하다. 학습자에게 교수자의 일방

적인 방향의 수업보다 매체를 이용하여 관심을 유도하고 학습자와 교수자간의 정보 교환을 통하여 교감이 이뤄지는 강의가 가능하다. 셋째, 시각자료를 이용하면 이해하기 어렵거나 기억하기 힘든 학습 내용을 단순화 시킬 수 있어 그림, 차트, 사진, 그래프 등을 이용하여 어려운 학습 내용을 친숙한 내용으로 받아들이도록 하여 학습내용을 오랫동안 기억할 수 있도록 저장 시킬 수 있다(Lee와 Lee, 2010).

3. SWAT의 개요

SWAT은 미국 농무성 농업연구소(USDA Agricultural Research Service, ARS)의 Jeff Arnold에 의하여 개발된 유역모델로서 “Soil and Water Assessment Tool” 약자이다. 유역수문모형이며 토양 및 토지 이용의 관리 상태에 따른 장기 유출과 유사량, 비점오염 부하량 등 변화를 일, 월, 년 단위로 분석할 수 있으며, 모의에 필요한 자료로 기상자료와 지형자료를 들 수 있다. 첫째 기상 자료에는 강수량, 풍속, 최고온도, 최저 온도, 습도, 일조량 등이 입력되고, 둘째, 지형 자료에는 토지 이용도, 토양도, 지형도 등이 들어가게 되며 위의 자료를 종합하여 분석을 한다(Park 등, 2008). 또한 지표 유출, 중간 유출, 지하수 유출 등 수문성 분별 모의를 위해 전체 유역을 소 유역 단위로 분할하며 각 소 유역에 대하여 동일한 토지피복과 토양형을 가지고 있는 수문학적 반응 단위인 HRU(Hydrologic Response Unit)로 물수지를 계산한다(Kim 등, 2010). SWAT은 장기 간 수문 모의를 위해 만들어진 모형으로 연속 모형이라고 볼 수 있다(Fig. 1. Lee 등, 2010).

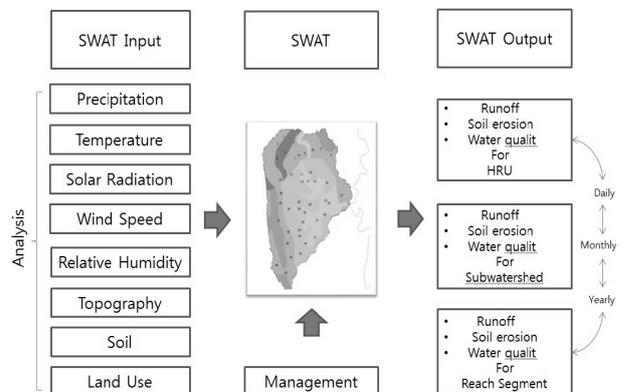


Fig. 1. SWAT 2005 input and output of data (Lee 등, 2010).

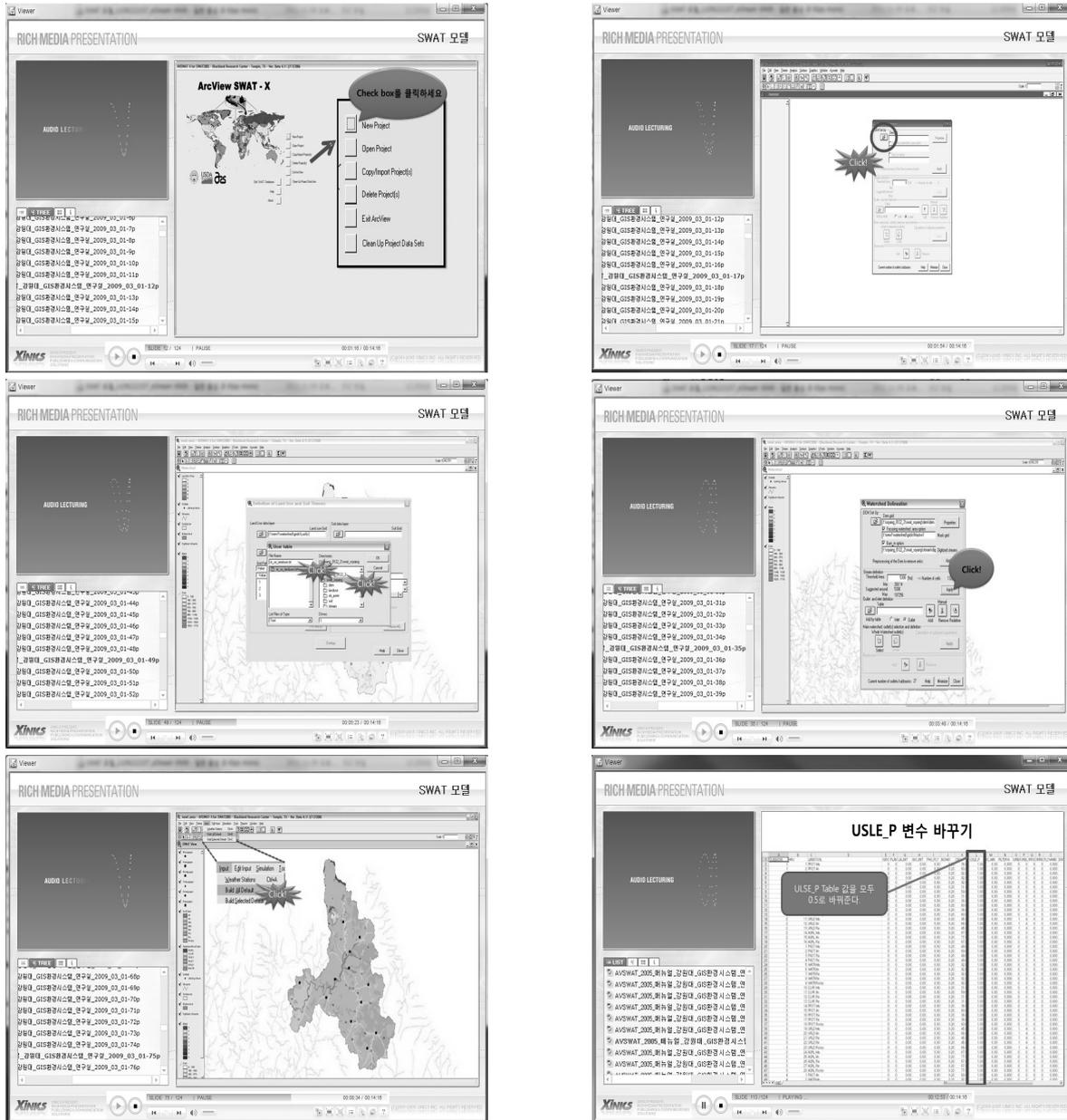


Fig. 2. SWAT audio-visual manual.

III. 연구 방법

1. SWAT의 시청각 자료 구축

본 연구에서는 SWAT의 시청각 매뉴얼을 활용한 수업에서 얼마나 학습자에게 학습내용을 전달 할 수 있는지를 분석하기 위하여 SWAT 매뉴얼 자료를 구축하였다. 총 36장으로 된 매뉴얼에서 5 Chapter로 구성되었다. SWAT 프로그램의 개요에 대하여 설명하고 설치 과정 및 모델링 과정을 세분화하였으며 변수 보정 하는 과정을 차례대로 작성

하였다. 또한 파워포인트 자료를 이용하여 구동 방법을 상세히 설명하였다. 한글 문서로 된 매뉴얼과 함께 파워포인트 자료에는 학습자가 좀 더 이해하기 쉽도록 설명을 녹음하였으며 두 가지의 매뉴얼을 통하여 학습자의 취향에 맞는 학습 자료를 만들도록 노력하였다.

2. 연구 대상 및 연구절차

본 연구는 강원대학교 지역건설공학과에 3학년에 재학 중이며 SWAT을 전혀 다루어 보지 않았던 학생 35명을 대

상으로 SWAT 교육을 실시한 뒤 학습 효과에 대한 내용을 설문조사하여 실시하였다.

연구대상은 남, 여 구분 없이 SWAT 매뉴얼을 활용하여 수

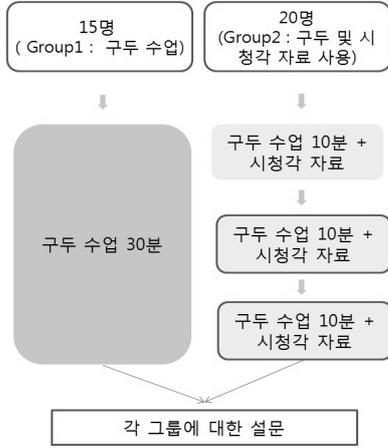


Fig. 3. Experimenters group classification and teaching methods.

업할 실험자 20명(57.14%)과 SWAT 매뉴얼을 사용하지 않고 단순한 구두 수업을 진행할 실험자 15명(42.86%)으로 나누어 두 개의 집단으로 실시하였다. 각 집단의 교육시간은 30분으로 동일하게 진행하였으며 수업이 끝난 뒤에 설문 조사지를 배포하여 학습 효과에 대한 질문에 답하도록 하였다(Fig. 3).

3. 측정도구

Likert에 의하여 개발된 리커트 척도는 평정척도의 변형이며 응답자의 태도를 측정하는데 주로 사용하는 척도이다. 여러 가지의 문항의 개별 응답 점수를 합하여 척도를 구하는 것이 특징이다. 조사항목은 20문항이며, 세부적인 응답 내용은 3항목으로 ‘작성자의 경향’, ‘매뉴얼 사용 유무에 따른 효과’, ‘매뉴얼 시청각 자료 효과’로 나누었다. 시청각 매뉴얼의 자료 효과는 매뉴얼을 사용한 20명(57.14%)만 응답하도록 하였다.

Table 1. Questionnaire of learning effect using audio-visual manual of SWAT.

| | |
|---|-----------|
| 다음 설문지는 매뉴얼을 통한 학습 내용과 방법을 개선하기 위한 것입니다. 설문 내용에 성실하게 응답해 주시기 바랍니다. | |
| 〈평가항목 작성요령〉 문항별로 평가 척도란에 아래 평가기준에 의거하여 선택하여 주십시오. 1. 전혀 그렇지 않다. 2. 그렇지 않다. 3. 보통이다. 4. 그런 편이다. 5. 매우 그렇다. | |
| 〈작성자 경향〉 | |
| 1. 나는 과거에 매뉴얼을 사용한 적이 있다. | ① ② ③ ④ ⑤ |
| 2. 나는 SWAT을 처음 사용해 보았다. | ① ② ③ ④ ⑤ |
| 3. 나는 복합적인 컴퓨터 프로그램에 대한 이해도가 높다. | ① ② ③ ④ ⑤ |
| 〈매뉴얼 사용 유무에 따른 효과〉 | |
| 4. 매뉴얼에 SWAT의 전반적인 과정이 잘 나타났다. | ① ② ③ ④ ⑤ |
| 5. 매뉴얼이 SWAT 운영에 대한 이론 구성이 잘 되었다. | ① ② ③ ④ ⑤ |
| 6. 매뉴얼 내용이 구체적이고 짜임새 있도록 만들어졌다. | ① ② ③ ④ ⑤ |
| 7. 매뉴얼은 전반적으로 초보자도 이해하기 쉽도록 되어있다. | ① ② ③ ④ ⑤ |
| 8. 매뉴얼의 이론적인 부분이 잘 적용되었다. | ① ② ③ ④ ⑤ |
| 9. 매뉴얼을 사용하면 다른 사람의 도움 없이도 사용 가능해졌다. | ① ② ③ ④ ⑤ |
| 10. 매뉴얼을 통하여 결과 값 산출 및 결과 값을 이해할 수 있다. | ① ② ③ ④ ⑤ |
| 11. 매뉴얼은 SWAT을 할 때 더 많은 부분을 아는데 도움이 되었다. | ① ② ③ ④ ⑤ |
| 12. 매뉴얼은 SWAT에 대한 학습의 흥미와 욕구가 생기도록 만들어졌다. | ① ② ③ ④ ⑤ |
| 13. 매뉴얼은 학생들이 쉽게 적용할 수 있도록 만들어 졌다. | ① ② ③ ④ ⑤ |
| 14. 매뉴얼은 SWAT의 특징을 잘 나타내도록 만들어 졌다. | ① ② ③ ④ ⑤ |
| 15. 매뉴얼은 SWAT의 구성에 대하여 이해하기 쉬웠다. | ① ② ③ ④ ⑤ |
| 〈매뉴얼의 시청각 자료 효과〉 | |
| 16. 영상자료는 SWAT에 대한 전체적인 내용을 이해하는데 도움이 되었다. | ① ② ③ ④ ⑤ |
| 17. 영상자료를 보기 전 과 후 내용을 이해하는데 차이가 있었다. | ① ② ③ ④ ⑤ |
| 18. 영상자료는 일반 매뉴얼과 구분되어 학습하기 쉽도록 만들어 졌다. | ① ② ③ ④ ⑤ |
| 19. 영상자료는 학습 내용에 대한 학습 동기 유발을 하도록 만들어 졌다. | ① ② ③ ④ ⑤ |
| 20. 영상자료를 보고 난 후 SWAT을 손쉽게 다룰 수 있게 되었다. | ① ② ③ ④ ⑤ |

4. 분석방법

회수한 설문지의 분석은 척도 평균값의 집단별 차이를 검증하는 통계방법인 t-검증 (t-test)으로 분석을 실시하였다. t-검증은 분석에 포함된 사례의 수가 30 이하 집단을 분석하기 위해서 사용하는 방법이며 이러한 소집단에서는 Z-test 보다 결과 값이 더 엄격하므로 사용하였다. 위 연구에 적용한 t-검증은 다음과 같다.

가. 통계적 가설

이번 연구의 모집단이 된 두 집단은 각각 다른 사람들로 구성된 독립집단으로 아래와 같은 가설을 세웠다.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \tag{1}$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \tag{2}$$

식 (1)에 표기한 가설 H_0 는 매뉴얼을 사용한 집단의 전집 평균치 μ_1 와 매뉴얼을 사용하지 않은 집단의 전집 평균치 μ_2 가 같다고 가정한다. 식(1)의 가정은 매뉴얼을 사용한 집단과 사용하지 않은 집단이 같은 학습 효과를 나타냈다고 가정한다. 식 (2)에 표기한 대립가설 H_1 은 매뉴얼을 사용한 집단과 사용하지 않은 집단의 학습효과의 차이가 있다고 가정한다.

나. 가설과 조건

위 연구의 설문조사에서는 설문에 응한 학생들을 독립집단으로 가정하며 두 집단의 변량은 같으며 표본 평균치

$\overline{X_1} - \overline{X_2}$ 의 표집분포는 정상 분포로 본다.

다. 결정규칙

유의도 수준은 .05 수준으로 결과 값의 자유도(df)를 사용한다. 계산된 t값이 임계치의 범위에 속하면 영가설은 기각되지 않고, 평균치 간의 차이는 표집오차의 범위 내에 있다고 결론을 지을 수 있다. 하지만 관찰된 t값이 임계치의 큰 값보다 크거나 같을 경우와 임계치의 작은 값보다 작거나 같을 경우에는 영가설을 기각한다.

IV. 결과 및 고찰

1. 실험집단과 대조집단의 만족도 검증

이번 연구에서 결정 규칙을 통하여 영가설을 기각 여부를 결정하며, 영가설의 기각 여부를 결정 규칙을 위해 필요한 값은 Table 2의 자유도(df)=26.218, t=8.430이며 통계 프로그램 SPSS. 18을 통해 산출되었다. 자유도를 통해 임계치가 -1.706과 +1.706 임을 알 수 있고, 이를 이용한 결정 규칙은 Table 3과 같이 나타난다. 관찰된 t 값은 보다 크기 때문에 두 번째 결정 규칙에 해당하므로 H_0 를 기각하며 위의 자료들은 매뉴얼을 이용한 수업을 받은 학습자 집단과 사용하지 않은 학습자 집단의 학습 효과에 차이가 있음을 나타낸다.

Table 4는 t-검정의 집단 통계량이며 집단 통계량 중 평균값을 이용하였다. 설문조사는 1~5점으로 나누어 사용하였고 1점: 전혀 그렇지 않다. 2점: 그렇지 않다. 3점: 보통이다. 4점: 그런 편이다. 5점: 매우 그렇다. 이렇게 5가지

Table 2. Independent samples test.

| | Levene 등분산검정 | | 평균의 동일성에 대한 t검정 | | | | | | |
|-------------|--------------|------|-----------------|-------|------------|------|----------|-------------|------|
| | F | 유의확률 | t | 자유도 | 유의 확률 (양쪽) | 평균 차 | 차이의 표준오차 | 차이의95% 신뢰구간 | |
| | | | | | | | | 하한 | 상한 |
| 등분산 가정됨 | | | 8.71 | 33 | .00 | | | .82 | 1.31 |
| 등분산 가정되지 않음 | 1.48 | .23 | 8.43 | 26.21 | .00 | 1.06 | .13 | .81 | 1.32 |

Table 3. Decision criteria based t value.

| t 값 의 범위 | 기각여부 |
|-----------------------|-----------|
| -1.706 < X < +1.706 | 기각하지 않는다. |
| -1.706 > X +1.706 < X | 기각한다. |

Table 4. Group statistic.

| | | 인원수 (N) | 평균 값 | 표준편차 | 평균의 표준오차 |
|-------------|--------------|---------|------|------|----------|
| 시청각 매뉴얼 만족도 | 시청각 매뉴얼 사용 | 20 | 4.05 | .32 | .07 |
| | 시청각 매뉴얼 비 사용 | 15 | 2.98 | .40 | .10 |

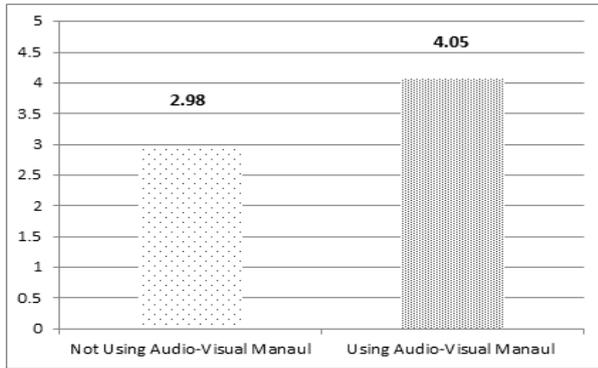


Fig. 4. Learner's learning experience with audio-visual manual.

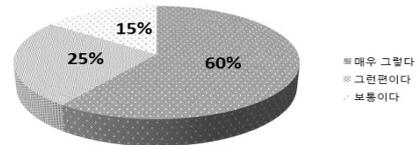
척도를 사용하였고 설문조사는 1번부터 15번까지 항목의 평균값을 사용하여 매뉴얼 사용집단과 비 사용집단의 학습 내용 전달 효과 차이를 분석하였다. 그 결과 시청각 매뉴얼을 이용한 집단의 학습효과가 큰 것으로 나타났다.

2. 시청각 자료가 학습 내용 전달에 미치는 영향

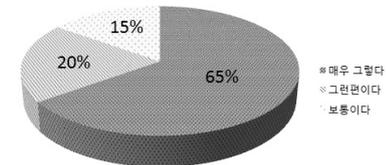
시청각 자료를 사용한 학습 효과 분석 결과를 보면 시청각 자료를 사용하는 것이 일반 구두 수업보다 더 많은 학습 내용을 전달할 수 있으며, 그 효과 또한 더 뛰어나다고 볼 수 있다. 분석된 결과는 Table. 5 와 Fig. 5의 값과 같다. 시청각 수업과 비교하여 강의식 수업도 적지 않은 학습 효과를 내고 있는 것으로 나타났다. 그러므로 시청각 자료와 함께 일반 강의식 수업을 진행 한다면 좀 더 높은 학습내용 전달 효과를 나타낼 수 있을 것으로 판단된다. 앞서 두 가지 영상 자료를 사용하여 실험을 진행하였고 일반 한글 문서로 된 것보다 파워포인트에 음성을 입힌 영상을 이용한 수업을 진행하는 것이 좀 더 많은 관심을 유도하고 학습자가 학습하는데 편의를 제공하였다. 결과 값을 보면 시청각 자료는 학습자에게 학습 동기를 부여하고 또한 학습자에게 더 많은 학습 내용을 전달할 수 있는 효과를 가지고 있다고 판단할 수 있다.

Table 5. Descriptive statistic.

| 질 문 | 평균 | 표준편차 |
|-------------------------------------|------|------|
| 영상자료는 SWAT 프로그램을 이해하는데 있어 유용하였다. | 4.45 | .76 |
| 영상자료를 시청 전 보다 시청 후에 이해하기 쉬웠다. | 4.20 | .77 |
| 영상자료를 포함한 매뉴얼은 미포함 매뉴얼 보다 도움이 되었다. | 4.10 | .91 |
| 영상자료는 학습에 대한 호기심을 유발하였다. | 4.25 | .79 |
| 영상자료를 보고 난 후 SWAT에 대한 조작 능력이 향상되었다. | 4.50 | .76 |



(a) Audio-video manual was helpful in understanding the SWAT



(a) Audio-video manual was helpful in using the SWAT

Fig. 5. Effects of using collective audio-visual materials.

V. 결론

본 연구는 대규모의 복잡한 유역에서 장기간에 걸친 다양한 종류의 토양과 토지이용 및 토지 관리 상태에 따른 물과 유사 및 농업 화학물질의 거동에 대한 토지 관리방법의 영향을 예측하기 위해 개발된 SWAT 모형의 시청각 매뉴얼을 구축하고 시청각 학습을 통하여 학습자에게 얼마나 효과적인 학습내용의 전달을 할 수 있는지 알 수 있다. 학습 전달 효과는 일반 강의식 수업을 진행한 집단 학습 전달 효과는 일반 강의식 수업을 진행한 집단(42.86%)에서는 5 점 만점에 2.98점을 기록 하였고 시청각 자료를 사용한 집

단(57.14%)에서는 5점 만점에 4.05점을 기록하였다. 위 같은 결과는 약 평균 1.07점의 차이를 보이고 있으며 이러한 수치는 학습내용 전달의 효과가 더 뛰어나다는 것을 입증할 수 있을 것이다.

본 연구의 결과에서는 일회성 교육을 통하여 학습의 정도에 대한 객관성을 정확히 파악할 수 없으며, 적은 모집단으로 인하여 한계점이 존재한다. 하지만 시청각 교육을 통하여 학생들의 학습의 흥미와 학습내용의 전달 효과는 있는 것으로 나타났으며, 좀 더 체계적이고 교육적인 방향으로 매뉴얼을 개선한다면 SWAT 모델뿐만 아니라 GIS를 기반으로 하는 프로그램의 학습에 많은 도움이 될 것입니다.

감사의 글

본 연구는 Eco-STAR Project (과제번호 EW07-II-06 농촌 비점오염원 제어를 위한 효율적인 관리기술 개발)의 연구비 지원을 받아 수행되었으며, 이에 깊이 감사드립니다.

참고 문헌

Heo SG, Yoo DS, Kim KS, Ahn JH, Park YS, Kim JG, Jang

WS, Lim, KJ. 2008. Evaluation of nonpoint source pollution at highland watershed using the SWAT. Korean National Committee on Irrigation and Drainage Journal 15(2): 36-49. [in Korean]

Hong JY. 2006. Study on high school education in the classroom analects: Audio-visual educational materials including multimedia center. Master's thesis. Hankuk University of Foreign Studies, Seoul, Korea. pp. 9-19. [in Korean]

Kim NW, Chung IM, Kim CG, Kim JT, Lee JE, Shin AH, Na HN. 2010. *Main Structure of Korean Watershed Hydrologic Model SWAT-K*. Sustainable Water Resources Research Center Technical Report. pp. 2-3. [in Korean]

Lee CC, Lee UG. 2010. *Instructional Method and Educational Technology*. Taeyeong Publisher. pp. 197-200. [in Korean]

Lee JW, Eom JS, Kim BC, Jang WS, Rye JC, Kang HW, Kim KS, Lim KJ. 2011. Water quality prediction at Mandae watershed using SWAT and water quality improvement with vegetated filter strip. Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers. 53(1): 5-6. [in Korean]

Park YS, Kim JG, Heo SG, Kim NW, Ahn JH, Park JH, Kim KS, Lim KJ. 2008. Comparison of soil loss estimation using SWAT and SATEEC. Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers 50(1): 5-6. [in Korean]

Sung DJ, Kang IC, Kwak DK, Kim GH, Kim HS, Bong MM, Yu JB, Lee YM, Lee YS, Lim U, Han SG, Hong HJ. 2007. *Introduction to the Latest Education*. pp. 292-300. Hakjisa. Seoul, Korea. [in Korean]