

저수지 침수 피해 예방을 위한 농촌 맞춤형 비즈니스 모델 설계

조예림* · 이종혁** · 서병훈*** · 김동수*** · 서예진*** · 김동우* · 최원****

*서울대학교 지역시스템공학부 석사과정 · **서울대학교 지역시스템공학부 박사과정 ·

***서울대학교 농업생명과학연구원 연구원 ·

****서울대학교 지역시스템공학부/농업생명과학연구원/글로벌 스마트팜 융합전공 부교수

Design of Rural Business Model to Prevent Reservoir Flood

Jo, Yerim* · Lee, Jonghyuk** · Seo, Byunghun*** · Kim, Dongsu*** ·

Seo, Yejin*** · Kim, Dongwoo* · Choi, Won****

*M.A. Candidate, Department of Rural System Engineering, Seoul National University

**Ph.D. Candidate, Department of Rural System Engineering, Seoul National University

***Researcher, Research Institute of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University

****Associate Professor, Department of Rural System Engineering, Research Institute for Agriculture and Life Sciences, Global Smart Farm Convergence Major, Seoul National University

ABSTRACT : Agricultural reservoirs play a crucial role in rural areas, providing essential water resources for agriculture. However, collapses or overfilling of reservoirs can lead to significant damages to both property and lives. Unfortunately, the safety of agricultural reservoirs is often uncertain due to aging infrastructure and lack of comprehensive safety management systems. Additionally, the escalating severity of climate change exacerbates these risks, because of extreme weather events. This study proposes a business model for a flood damage management platform tailored to rural areas to predict downstream flooding caused by agricultural reservoirs and to integrate comprehensive reservoir safety management. It aims to predict more accurate downstream flood damage using improved methods based on previous studies. The proposed business model presents strategies for providing improved downstream flood damage prediction services, and identifies potential customers and service supply strategies for the flood damage management platform. Finally, it presents an economic analysis of the proposed business model and strategies for further revenue generation.

Key words : Business model, Flood, Platform, Reservoirs

I. 서 론

농업용 저수지는 농촌지역 물관리를 위한 주요 농업생산 기반시설이다. 2022년 기준 전국 농업용 저수지는 17,066개 소로 이 중 약 20%를 한국농어촌공사가, 나머지 약 80%를 지역자치단체가 관리한다(KRC, 2023). 농업용 저수지의 70% 이상은 준공된 지 70년 이상이 지난 극심한 노후시설

로 축조 당시의 기술적 한계와 노후화로 인해 충분한 안전성을 확보하지 못하였다(KRC, 2023; Lee and Lee, 2017). 저수지는 저수율 관리, 수질관리, 안전 점검 등 꾸준한 관리가 필요한 시설이며 저수지 붕괴 사고는 재산적 피해뿐만 아니라 많은 인명 피해를 발생시킨다. 2018년 태풍 뿌라삐룬으로 인해 전라남도 모원저수지가 붕괴하고 주변 3ha의 농경지에 침수가 발생하였다. 2022년 태풍 힌남노로 인한 경상북도 권이저수지의 붕괴는 주변 농경지 피해뿐만 아니라 인명피해로 이어졌다. 기후변화로 극한 호우의 발생 빈도와 예측 불확실성이 증가함에 따라 저수지 안전

Corresponding author : Choi, Won

Tel : 02-880-4589

E-mail : fembem@snu.ac.kr

관리의 중요성이 증대되었다(Baik et al., 2022).

국내 『저수지·댐의 안전관리 및 재해예방에 관한 법률』, 자연재해대책법 제 37조 『각종 시설물 등의 비상대처 계획 수립』, 농어촌정비법 제 20조 『농업생산기반시설에 대한 비상대처계획의 수립 등』에 따라 저수지 및 댐 관리자는 노후화 등으로 붕괴 위험성이 높은 저수지 및 댐에 대한 비상대처계획(Emergency Action Plan, EAP)을 수립해야 한다. 비상대처계획은 저수지 붕괴 위험성 예측 및 홍수와 해석, 주민대피계획, 홍수 범람 지도를 포함한다(MOIS, 2018). 홍수 범람 지도 작성을 위해 수행되는 댐 하류부 및 제내지의 지형분석에는 1/5,000 또는 1/1,000 수치지형도를 사용할 수 있다. 저수지·댐의 붕괴 모의 및 하류부 홍수추적에는 DAMBRK, FLDWAV, HEC-RAS 등의 댐 붕괴해석 프로그램을 사용할 수 있다(MOIS, 2018). 이에 따라 기존 홍수 범람 지도 작성과 저수지 침수 피해 예측에는 수치지형도를 바탕으로 한 1·2차원 홍수파 해석 방법을 사용해 왔다.

하지만 1차원 홍수파 해석은 단방향의 수위 상승만을 고려하여 하류부에 도달하는 홍수파를 과도하게 산정한다. 2차원 홍수파 해석은 유체의 동역학적 운동을 고려하기 어렵고 해석 과정에서 경험적인 값이 필요하여 침수 피해 예측의 신뢰성을 확보하는 데 한계가 있다(Lee et al., 2023; Jun et al., 2018). 따라서 현행 비상대처계획 수립을 위해 사용하는 1차원 및 2차원 홍수파 해석 방법은 피해 예측의 정확성을 충분히 확보하지는 못하였다.

한편, 한정된 예산과 전문가 인력의 부족으로 체계적인 저수지 안전 대책이 미흡한 실정이다(Lee and Lee, 2017). 따라서 비상대처계획뿐만 아니라 저수지 안전 점검과 안전관리 측면에서 제도적 한계를 극복할 수 있는 방안이 필요하다(Lee and Lee, 2017; Lee, 2014). 국내 『농업기반시설 관리법령』에 따르면 2종 저수지의 저수용량은 30만 m³ 이하이며, 전체 저수지의 90% 이상을 차지한다. 2종 저수지의 안전 점검은 육안 조사를 통해서만 수행하고 있으며, 비상대처계획 수립 대상에서 제외하고 있다(KRC, 2023; Baik et al., 2022). 이에 따라 2종 저수지에 대한 안전 점검은 담당 관리자의 주관적 판단에 영향을 받아 적절한 시설물 유지보수 시기를 놓칠 위험성이 있다. 또한, 기상·수위·시설물 안전 현황이 각각의 지자체단체 차원에서 별도로 관리되어 효율적이고 통합적인 저수지 안전관리 체계의 정비가 필요하다(Baik et al., 2022).

따라서 본 연구는 농업용 저수지의 통합적 관리 방안을 마련하고 현행 저수지 비상대처계획의 한계점을 개선하기 위한 맞춤형 비즈니스 모델을 제시하고자 한다. 본 비즈니스 모델의 서비스 제공 방안으로써 농촌 맞춤형 침수피해

관리플랫폼을 제안하고, 서비스 개발·운영·발생 단계에서의 차별점을 제시하고자 한다. 또한, 비즈니스 모델의 잠재고객과 서비스 공급을 위한 유통 방안을 제시하고자 한다. 마지막으로, 경제성 분석과 추가 수익 창출을 위한 고도화 전략을 제시함으로써 비즈니스 모델의 경제적 타당성을 확보하고자 한다.

II. 비즈니스 모델의 개념 및 구성요소

1. 비즈니스 모델의 개념

비즈니스 모델이란 기업이 고객을 위해 가치를 창출하고 전달하는 방식과 기업이 수익을 창출하는 구조를 설명하는 하나의 스토리이다(Lee and Park, 2012; Teece, 2010). 기업은 제품 및 서비스에 대한 비즈니스 모델을 개발하여 고객에게 전달하는 가치를 평가하고 주요 고객의 형태와 시장 확대 방향성을 도출할 수 있다. 이를 통해 기업은 합리적인 수익 창출 방안을 마련할 수 있다(Lee and Park, 2012).

2. 비즈니스 모델의 구성요소

성공적인 비즈니스 모델은 가치제안(Value Proposition), 목표고객(Target Customer), 가치사슬/조직(Value Chain/Org.), 전달방식(Delivery Design), 수익흐름(Revenue Stream)의 다섯 가지 구성요소로 이루어진다(Lee and Lee, 2012; Johnson et al., 2008). 첫 번째 요소인 가치제안은 고객에게 제공되는 상품 및 서비스의 가치를 정의하는 것이다. 두 번째 요소인 목표고객은 판매 상품의 수요층을 정의하는 것으로, 구매 의향이 높을 것으로 예상되는 목표 고객 및 잠재시장에 대한 분석을 포함한다. 세 번째 요소인 가치사슬/조직은 상품 및 서비스의 생산부터 판매 할로까지의 구축 방안을 모색하는 것으로, 생산·유통·판매의 전반적인 공급과정과 공급 주체에 대한 분석을 포함한다. 네 번째 요소인 전달 방식은 성공적인 판매를 위한 사업화 전략을 분석하는 것으로, 손익분기점 달성을 위한 비용·편익 분석을 포함한다. 다섯 번째 요소인 수익흐름은 수익 창출과 비용 구조를 검토하는 것이다. 상품 및 서비스 판매에 따른 손익분기점 분석과 추가적인 가치 창출 방안 분석을 포함한다(Lee and Park, 2012; Johnson et al., 2008).

본 연구는 Lee et al.(2021)에 따라, 성공적인 비즈니스 모델의 다섯 가지 구성요소를 바탕으로 가치제안(Value Proposition), 목표고객(Target Customer), 가치사슬(Value

Table 1. Design strategy for business model

Business model design strategy	Key question	Approach
Value Proposition	• What services or value will be provided?	Value Proposition
Target Customer	• Who are the potential market segments and customer?	Target Customer
Value Chain	• How customers use the services or value?	Value Chain
Delivery Design	• What strategies will be employed to drive sales? • The time when it reach the break-point	Delivery & Revenue stream
Revenue Stream	• What strategies can be implemented to generate additional profit? • The components of cost and benefit	Advancement Strategy

Chain), 전달 및 수익 흐름(Delivery & Revenue stream), 고도화 전략(Advancement strategy)을 구성요소로 하여 저수지 침수 피해 관리를 위한 농촌 맞춤형 비즈니스 모델을 개발하였다.

III. 농촌 맞춤형 비즈니스 모델의 설계

1. 가치제안(Value Proposition)

가. 상품의 설계

본 비즈니스 모델의 서비스 공급을 위하여 농촌 맞춤형 침수피해관리 플랫폼을 개발하였다. 플랫폼이란 정보통신 기술을 기반으로 구축된 생태계에서 사용자와 생산자를 연결하여 새로운 가치를 만들어내고, 가치와 정보를 상호 교환할 수 있는 사업 모델이다(Lee, 2019). 플랫폼 사용자들은 플랫폼을 통해 자유롭게 정보에 접근할 수 있으며 정보를 적절하게 변형하여 원하는 결과를 얻을 수 있다.

농촌 맞춤형 침수피해관리 플랫폼은 농업용 저수지의 붕괴 및 월류가 발생하였을 때 하류부의 침수 피해 규모를 예측하고 기존 저수지별로 따로 관리되던 침수 피해 데이터들을 종합한다. 또한 사용자 맞춤형 비상경로 제공 서비스를 제공한다. 이에 따라, 본 플랫폼은 저수지 관리 주체와 인근 주민들에게 저수지 붕괴와 월류로 인한 침수 피해 예측 정보를 제공하여 사전 비상 전략 수립을 지원할 수 있다. 또한, 강우 사상에 따른 적절한 방류 의사 결정과 저수지 비상대처계획 수립을 지원할 수 있다.

나. 서비스 개발 단계의 차별화 전략

기존 1·2차원 홍수파 해석 모델은 침수 피해 규모 예측에서 충분한 정확도와 신뢰성을 확보하지는 못하였다(Jun et al., 2018; Lee et al., 2023). Lee et al.(2023)은 기존 홍수파 해석 모델의 한계를 극복하기 위하여 3차원 홍수파 해석 모델을 개발하였다. 본 플랫폼은 3차원 홍수파 해석 모델을 적용한 하류부 침수 예측 서비스를 제공한다. 실제 2018년 붕괴한 모원저수지에 대한 1·2차원 홍수파 해석 및 3차원 홍수파 해석을 수행하고, 침수 피해 면적과 그 양상을 실제 침수 발생 결과와 비교하였다. 그 결과, 1차원 홍수파 해석 결과는 실제 침수 피해 면적과 매우 양상을 보였다. 2차원 및 3차원 홍수파 해석 결과의 침수 피해 규모 재현성은 각각 48.9%, 84.4%로 3차원 홍수파 해석 모델에서 재현성이 더 높은 것으로 나타났다(Lee et al., 2024).

3차원 홍수파 해석 모델의 적용을 위하여 정밀한 3차원 지형자료의 구축이 필요하다(Jeong et al., 2022; Lee et al., 2023). 정밀한 3차원 지형자료 구축을 위하여 Lee et al. (2023)의 UAV(Unmanned Aerial Vehicle, 무인항공기) 기반 최적 3차원 지형자료 구축 기법과 Jun et al.(2022)의 지형 요소 구분 기법을 적용하였다. 이를 통해, 본 플랫폼은 3차원 지형자료를 기반으로 하여 침수 피해 규모 예측 서비스를 제공할 수 있다. 또한, 예측된 침수 피해 규모를 기반으로 Kim et al.(2023)의 홍수 취약도 함수를 적용하여 자산 요소 및 지역별 침수 피해액 예측 서비스와 사용자 위치 기반 실시간 대피경로를 제공할 수 있다. 따라서, 본 비즈니스 모델은 정확도 높은 침수 피해 예측 서비스와 실시간 비상경로 제공 서비스를 제공하여 기존 침수 피해 관리 방안과 차별성을 갖는다.

다. 서비스 운용 단계의 차별화 전략

본 비즈니스 모델은 침수 피해 해석 결과를 래스터 자료 형으로 변환하여 Web-GIS 환경에서 사용자에게 제공한다. Web-GIS가 제공하는 UI 환경을 통해 토지피복과 자산 요소에 따른 침수 피해액 예측 결과, 침수 피해 규모를 제공한다. 이를 통해 사용자는 온라인상에서 가시화된 결과에 쉽게 접근할 수 있다.또한, 별도의 블록체인 기반 UAV topology 데이터 관리 플랫폼을 함께 운용하여 저수지 하류부의 지형변화에 따라 지형자료를 갱신하고 이를 사용자에게 제공한다.

라. 서비스 발생 단계의 차별화 전략

본 비즈니스 모델은 서비스 개발과 운용 단계에서의 차별화 전략을 통해 신뢰도 높은 침수 피해 예·경보를 제공하며, 이를 기반으로 저수지 방류 능력 평가와 비상대처계획 수립을 지원할 수 있다. 개선된 홍수파 해석 방법론과

사용자 맞춤형 비상경로 서비스를 제공하여 저수지 비상대처계획의 신뢰성과 활용성을 높일 수 있다. 또한, Web-GIS 기반 플랫폼을 통해 침수 피해 관리 서비스를 제공하여, 비상대처계획의 디지털화와 통합적인 저수지 관리 체계 구축을 지원할 수 있다.

2. 목표고객(Target Customer)

가. 잠재시장 분석을 통한 고객 세분화

『저수지·댐의 안전관리 및 재해예방에 관한 법률』에 따라 저수지·댐 관리 주체는 시장, 군수, 구청장 등 지방자치단체의 장과 한국농어촌공사를 포함한다. 각 관리 주체는 관할 저수지에서 발생할 수 있는 피해를 예방하고, 재해 발생 가능성이 있는 경우 적절한 대피 방안을 마련해야 한다. 『농업용 저수지 최소유지관리기준』에 따라 한국농어촌공사의 장은 저수지에 대한 안전 점검을 실시하고, 『농업용 저수지 최소유지관리기준』에 따라 홍수기 동안 저수지의 수위 관리를 통해 홍수에 대해 사전에 대비한다. 또한, 비상대처계획 수립 주체는 댐·저수지 관리 주체인 지방자치단체의 장과 한국농어촌공사를 포함한다(MOIS, 2018). 2007년 7월 태풍 에위니아로 인한 안성시 금광저수지 방류로 인해, 인근의 조령천 제방이 붕괴하고 인근 주민들에게 피해가 발생하였다. 제방 붕괴의 주원인이 자연재해에 있었으나, 금광저수지 방류 결정 과정이 미흡했다는 점에서 안성시는 30%의 손해배상책임을 부담했다.

이를 바탕으로 저수지 안전 및 재해 관리의 주체인 한국농어촌공사 및 지방자치단체를 본 비즈니스 모델의 제 1 잠재시장으로 선정하였다. 기후변화와 이상기후로 극한 호우의 발생 빈도와 예측 불확실성 커지며 저수지 관리의 중요성이 증가하였다. 이에 따라 한국농어촌공사는 치수능력

확대사업의 일환으로 홍수 예·경보 시스템의 마련을 추진하였다. 따라서 본 비즈니스 모델은 저수지 치수 관리 측면에서 더욱 큰 수요가 있을 것이다.

저수지 제체 파괴, 월류, 하천 제방 파괴 등으로 인하여 저수지 하류부에서는 재산 피해와 인명 피해가 발생한다. 보험업계는 주민들의 침수 피해에 대응하여 농작물 재해보험 등의 풍수해 재해보험을 운영한다. 기후변화로 피해 발생 예측이 어려워지면서 풍수해 재해 보험의 수익이 감소하고 재보험사 인수 전략의 필요성이 증가하였다. 이에 따라 보험업계에서 기후리스크 관리의 중요성이 증가하였다. 이를 바탕으로 저수지 하류부 인근 주민들과 보험업계를 본 비즈니스 모델의 제 2 시장으로 선정하였다. 본 비즈니스 모델에서 제시하는 농촌 맞춤형 침수피해관리 플랫폼을 통해 연구의 고도화를 이룩할 수 있는 관련 연구기관을 제 3 시장으로 선정하였다.

나. 잠재시장의 시장 규모 예측

본 비즈니스 모델의 제 1 시장인 한국농어촌공사 및 지역자치단체에 대한 시장 규모를 파악하기 위하여 지역별 저수지 개소 현황을 조사하였다. KRC(2023)에 따르면 전국 농업용 저수지는 총 17,066개로 지역별 저수지 현황은 Table 2 및 Table 3과 같다. 기존의 저수지 비상대처계획은 2중 저수지를 그 대상에서 거의 제외하고 있으며 2중 저수

Table 2. Number of reservoirs under local government (2022)

Region	Class 1	Class 2	Total
Seoul	0	0	0
Busan	0	90	90
Daegu	0	176	176
Incheon	2	34	36
Gwangju	0	83	83
Daejeon	0	12	12
Ulsan	0	241	241
Sejong	0	35	35
Gyeonggi-do	4	233	237
Gangwon-do	4	216	220
Ghungcheongbuk-do	3	558	561
Ghungcheongnam-do	2	669	671
Jeollabuk-do	11	1,761	1,772
Jeollanam-do	25	2,178	2,203
Gyeongsangbuk-do	19	4,684	4,703
Gyeongsangnam-do	4	2,592	2,596
Jeju-do	0	1	1
Sum	74	13,563	13,637

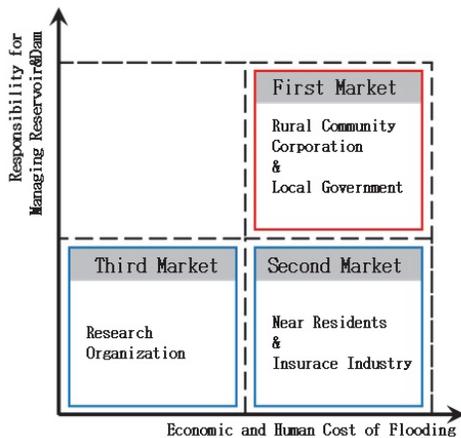


Figure 1. Market segmentation for business model

지에 대한 체계적인 안전 점검 방안 또한 부재한다. 단, 2종 저수지는 전국 저수지의 90% 이상을 차지한다. 본 비즈니스 모델은 농촌 지역 저수지 침수 관리의 고도화를 위하여 2종 농업용 저수지를 주요 서비스 대상으로 한다. 한국농어촌공사 및 지역자치단체가 관할하는 2종 농업용 저수지에 대해 서비스를 제공할 때 시장 규모가 충분한지 평가하기 위하여 전달 및 수익흐름(Delivery & Revenue System) 분석을 수행하였다.

다. 전문가 자문을 통한 잠재시장의 수요 예측

저수지 비상대처계획 수립을 담당하는 한국농어촌공사 안전진단본부 전문가의 자문을 통해 본 비즈니스 모델에서 예측한 잠재시장과 시장 규모의 타당성을 평가하였다. 자문에 따르면 현행 비상대처계획 수립에는 저수지 개소별 최소 3,000만 원의 비용이 소모된다. 높은 수립 비용에도 불구하고 침수 피해 예측과 지역별 비상경로 마련에 충분한 신뢰성과 실효성을 확보하지는 못하였다.

본 비즈니스 모델은 기존보다 낮은 단가에 저수지 개소별 비상대처계획 수립 서비스를 제공하여 더 높은 경제성을 갖는다. 또한 개선된 홍수파 해석 모델과 비상경로 예측 시스템을 탑재하여 신뢰성 있는 침수 피해 예측 서비스를 제공한다. 따라서 본 비즈니스 모델의 제 1 시장으로 한

국농어촌공사 및 지역자치단체가 되는 것이 타당하며 본 플랫폼에 대해 수요 의사를 보인 한국농어촌공사에 우선적으로 서비스를 공급할 수 있을 것이다.

3. 가치사슬(Value Chain)

본 비즈니스 모델이 제공하는 침수 피해 예측 서비스와 비상 대피 경로 제공 서비스를 한국농어촌공사 RAWRIS (Rural Agricultural Water Resource Information System, 농촌용수종합시스템)에 탑재하거나 자체 서버를 통해 유통할 수 있다. RAWRIS는 한국농어촌공사가 운영하는 플랫폼으로 저수지에 설치된 계측기를 통하여 실시간 저수지 수위 및 저수량 정보를 제공하고, 재난재해와 수자원 등의 정보를 통합적으로 관리한다. 본 비즈니스 모델을 RAWRIS에 탑재하면 저수지 침수 관리를 고도화할 수 있으며 실시간

Table 3. Number of reservoirs under Korean Rural Community Corporation(2022)

Region	Class 1	Class 2	Total
Seoul	0	0	0
Busan	1	4	5
Daegu	12	11	23
Incheon	14	3	17
Gwangju	3	46	49
Daejeon	3	0	3
Ulsan	16	69	85
Sejong	1	0	1
Gyeonggi-do	64	30	94
Gangwon-do	64	15	79
Ghungcheongbuk-do	103	84	187
Ghungcheongnam-do	136	91	227
Jeollabuk-do	146	261	407
Jeollanam-do	265	739	1,004
Gyeongsangbuk-do	227	445	672
Gyeongsangnam-do	185	382	567
Jeju-do	5	4	9
Sum	1,245	2,184	3,429

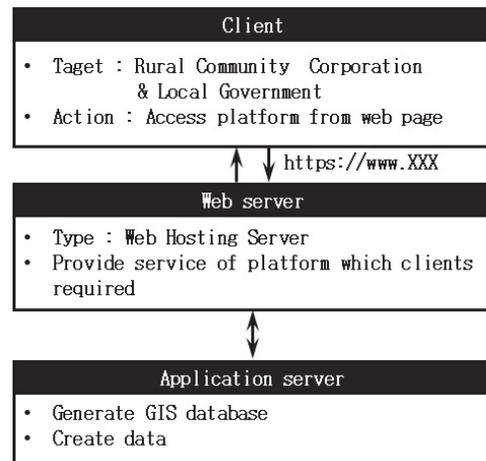


Figure 2. Framework of server development

Table 4. Software for server development

Server	Soft ware	Feature
Web server	Qgis server	• User Interface • Interaction with WMS • ex)Support for map search functionality
	Nginx	• Process client request(HTTP)
	Geo server	• Produce dynamic map by client request • Access GIS database and create map image
Appli cation Sever	Post GIS	• Store and manage spatial data
	Postgre SQL	• Store analysis result with QGIS & FLOW-3D
	QGIS	• Numerical analysis for flood wave • Emergency route
	FLOW -3D	• Numerical analysis for flood wave

저수지 계측 정보와 연계할 수 있다. 단, 한국농어촌공사 전문가와의 자문 결과 RAWRIS 탑재를 위해서는 내부 데이터베이스로의 접근이 필요하다. 유통망 형성 과정을 간편화하고 현실성 있는 유통망 구축을 위하여 자체 서버 구축 방안을 검토하였다.

자체 서버 구축을 통하여 사용자는 웹페이지를 통해 본 비즈니스 모델에서 제공하는 농촌 맞춤형 침수피해관리 플랫폼에 접근할 수 있다. 서버 구축을 위한 프레임워크는 Figure 2와 같다. 각 서버에 사용되는 소프트웨어는 Table 4와 같으며 오픈소스 소프트웨어를 활용하여 플랫폼 개발에 대한 초기 투자 비용을 절감하였다.

4. 전달 및 수익흐름(Delivery & Revenue Stream)

한국농어촌공사 안전진단본부 전문가의 자문에 따르면 현행 저수지 비상대처계획의 수립을 위하여 한국농어촌공사는 외부 업체에 저수지 개소 당 최소 3,000만 원을 지급한다. 기존보다 낮은 가격에 비상대처계획 수립에 필요한 서비스를 제공하는 것을 비즈니스 모델의 사업 전략으로 채택하였다. 플랫폼 비즈니스 사업자가 수익을 창출하는

모델에는 수수료 모델, 광고 모델, 서비스 이용료 모델, 구독 모델, 판매 모델 등이 있다(Lee, 2019; Jung and Sung, 2017). 본 비즈니스 모델은 판매 모델을 채택하여 저수지 개소별로 서비스를 판매하여 수익을 창출한다.

본 비즈니스 모델의 비용 요소에는 연구개발비용, 저수지 침수 예보 데이터 생산 비용, 연간 서버 구축 비용 및 소프트웨어 임차비용이 있다. 편익 요소에는 저수지 규모별 서비스 판매 편익이 있다. 2024년부터 2032년까지를 분석 기간으로 하여 손익분기점 및 비용-편익 분석을 수행하였다. 비용과 편익을 순현재가치화하여 각 연도 별 목표 판매량에 따라 총 비용과 편익을 산정하였다. 『예비타당성조사 수행 총괄지침』에 따라 사회적 할인율 4.5%를 적용하였다. 한국농어촌공사는 2013년부터 2024년까지 약 10년간 대규모 농업용 저수지에 대한 치수능력확대사업을 진행하였다. 기후변화와 저수지 노후화로 소규모의 2중 농업용 저수지에 대한 치수능력확대사업의 필요성이 증가하였다. 이에 따라 지난 2021년 한국농어촌공사는 치수능력확대사업의 대상을 중소규모 농업용 저수지로 확대하였다. 농림축산식품부는 2023년부터 2032년까지 2중 저수지에 대한 홍수 대응력 강화 사업의 추진을 발표하였다(MAFRA, 2023). 이를 바탕으로 경제성 분석 기간으로 2024년부터 2032년까지의 9년을 가정하였다. 연도별 서비스 판매 대상 저수지 개소는 23개소로 2024년 한국농어촌공사의 저수지 비상대처계획 용역 입찰 공고를 참고하였다. 비즈니스 모델의 비용 요소 분석 결과는 Table 6 ~ 8과 같으며, 편익

Table 5. Parameters for economic analysis

Content	Value
Discount rate	4.5%
Analysis period	9 years

Table 6. Fixed cost of research and development for business model

Type	Contents	Term (weeks)	Cost (1,000₩)
Flood damage managing system	Analysis of EAP and compensation policies	3	10,000
	Building data set on flood damage rates by asset type	3	20,000
	Development of inventory-based flood loss assessment tech.	10	110,000
3D terrain topology data	Construction of 3D terrain data using UAV-SfM	9	115,000
	Development of model for separation terrain data objects	9	80,000
	Development of a real-time automatic terrain data generation system	16	130,000
	Verification for reproducibility of 3D terrain topology data	10	80,000
Numerical analysis solution for flood waves	Estimation of collapse flood waves due to eservoirs · embankments · dam destruction	8	50,000
	Analysis of 3D hydraulic flood tracking and inundation damage	12	110,000
	Design of improved 2D numerical solution for flood waves	10	80,000
	Validation of numerical analysis solutions	15	95,000
Developing service operation plans	Development of a platform visualization program	12	75,000
	Establishment of an evaluation framework for flood damage levels	9	35,000
	Development of a real-time emergency evacuation support system	14	110,000
Total		140	1,100,000

Table 7. Cost of producing flood forecast data by reservoir size

Effective capacity (ton)	Building topology data (1,000₩/unit)	Analysis flood wave (1,000₩/unit)	System integration (1,000₩/unit)	Total (1,000₩/unit)
~ 300,000	700	500	300	1,500
300,000 ~ 500,000	900	600	300	1,800
500,000 ~ 1,000,000	1,000	800	300	2,100
1,000,000 ~	1,600	1,100	300	3,000

Table 8. Cost of operating platform per year

Type	Cost(1,000₩/year)
Personnel expenses	10,000
Server hosting	3,960
Software leasing (FLOW-3D)	6,600
Total	20,560

Table 9. Benefit from platform sales by reservoir size

Effective capacity (ton)	Benefit(1,000₩/unit)
~300,000	10,000
300,000 ~ 500,000	12,000
500,000 ~ 1,000,000	14,000
1,000,000 ~	20,000

Table 10. Break even design & cost-benefit analysis of business model

Content	Value	Remarks
Total cost(1,000₩)	1,518,000	-
NPV(1,000₩)	229,000	> 0
B/C	1.15	> 1
IRR	10.24%	> 4.5%
Break-point (number of reservoirs)	7 year (161)	-

요소 분석 결과는 Table 9와 같다. 비용-편익 분석 및 손익 분기점 분석 결과는 Table 10과 같다.

비용편익 비율(Benefit-Cost ratio, B/C), 순현재가치(Net Present Value, NPV), 내부수익률(Internal Rate of Return, IRR)을 통해 경제적 타당성을 분석하였다. 비용편익 비율이란 현재가치로 환산된 총 비용과 편익의 비율로 1 이상일 때 경제성이 있다고 판단한다. 순현재가치는 경제성 분석 기간 전체에 걸쳐 발생하는 순편익을 현재가치로 환산한 값으로 0 이상일 때 경제성이 있다고 판단한다. 내부수익률은 순현재가치가 0이 될 때의 할인율로 내부수익률이 사회적 할인율보다 클 때 경제적 타당성을 갖는다(KISTEP,

2016). 이에 따라 본 비즈니스 모델이 경제성이 있는 것으로 분석하였다.

5. 고도화 전략(Advancement Strategy)

가. 한국농어촌공사 디지털트윈 물관리 프로그램 구축 방안

2023년 국토교통부는 제 7차 국가공간정보정책 기본계획(MOLIT, 2023)을 발표하여 국가 디지털트윈(National Digital Twin, NDT) 사업은 국가공간정보정책의 일환으로 추진하였다. 국가 디지털트윈 사업의 목표는 건물, 도로, 하천, 산림, 지하 시설물 등의 전 국토를 디지털화하고 3차원 공간 데이터로 전환하여, 가상 환경에서 국토를 관리하고 선제적으로 국토 문제의 해결방안을 마련하는 것이다.

이를 바탕으로 효율적인 물관리를 위한 디지털트윈 저수지 침수 관리 및 시설물 안전관리 방안의 필요성이 증가하였다. 한국수자원공사는 디지털트윈 섬진강 유역 물관리 시범 플랫폼, 디지털트윈 기반 구축을 위한 정수장-관망 연계 물리 모델을 이용한 수질 모델링 연구 등을 수행하였다. 농업용 저수지를 효율적으로 관리하고 극한 기후에 대비할 수 있는 저수지 침수 방안을 마련하기 위하여 디지털트윈 기술을 도입할 수 있다. 저수지 계측 정보와 연계하여 가상 환경에서 침수 피해 규모를 예측하고 현실 세계에서 비상대처계획을 수립하여 디지털트윈 기반 저수지 침수 관리 체계를 구축할 수 있다. 이에 따라 본 비즈니스 모델은 한국농어촌공사의 디지털트윈 기반 저수지 관리 사업의 일환으로써 고도화 전략을 모색하였다.

나. 지역별 침수 피해 발생 규모 통계 구축을 통한 보험업계와의 연계 방안 모색

『농어업재해보험법』에 따라 농업 경영의 안정과 생산성 향상을 위하여 농업재해보험을 시행하고 있다. 농업재해보험은 농작물재해보험, 수입보장보험, 가축재해보험, 농업인안전재해보험 등으로 구분된다. 이 중 농작물재해보험은 과수, 벼·맥류, 원예시설 등에 대한 자연재해 피해를 보상한다. 농업정책금융원에 따르면 2022년 상반기 농작물

재해보험 매출이 약 8.2% 증가하였으며, 가입률은 2018년 33.1%에서 2020년 말 49.5%로 증가하였다. 단, 기후변화로 극한 호우 등의 자연재해 발생이 빈번해지고 그 예측이 어려워지면서 농작물재해보험의 손해율이 증가하였다. 이에 따라 5년 기대수익률이 감소하면서 재보험사 인수에도 어려움을 겪고 있다(Cho, 2023). 농작물재해보험의 5년 기대수익률은 2020년 17%에서 2021년 8.5%로 감소하였다. 또한, 지역별 자연재해로 인한 피해 규모와 빈도에 따른 지역별 농작물재해보험 가입률 편차로 인해 규모의 경제를 이루기 어렵다(Cho, 2023).

국제 재보험사 스위스 리(Swiss Re)에 따르면 2023년 상반기 자연재해로 인한 전 세계 보험지급액은 약 66조 원으로, 최근 10년 상반기 평균액보다 50% 이상 증가하였다. 또한, 미국 루이지애나주에서 대형 허리케인이 발생하여 12개의 보험회사가 파산하고, 50개 이상의 재보험사가 보험 인수를 중단했다. 이에 따라 전 세계적으로 보험업계에서 기후리스크 관리의 중요성이 증가하였다(Gatzert and Reichel, 2022). 실제 재보험 스타트업 Kettle은 AI 산불 예측 모델을 개발함으로써 향후 1년간 발생할 수 있는 산불로 인한 부동산 소실 가능성을 계산하고 경쟁력 있는 재보험료를 청구하여 기후리스크에 대응하고자 하였다.

본 비즈니스 모델은 저수지로 인한 하류부의 피해 규모를 사전에 정확하게 예측하여 지역별 침수 발생 위험도를 산정하고 지역별로 합리적인 보험료를 책정할 수 있다. 이를 바탕으로 적절한 재보험 인수 전략을 수립할 수 있다. 따라서, 본 비즈니스 모델은 보험업계에 지역별 피해 예측, 보험료 산정 및 재보험 인수 전략 수립 서비스를 제공하여 추가적으로 수익을 창출할 수 있다.

IV. 결 론

본 연구는 농촌 지역 저수지 침수 피해 예방을 위한 맞춤형 비즈니스 모델을 제시하였다. 비즈니스 모델을 가치 제안(Value Proposition), 목표고객(Target Customer), 가치 사슬(Value Chain), 전달 및 수익흐름(Delivery & Revenue Stream), 고도화 전략(Advancement Strategy)의 다섯 가지 구성요소로 설계하였으며, 각 요소에서 비즈니스 모델의 성공적 정착을 위한 방안을 제시하였다.

본 비즈니스 모델은 3차원 홍수파 해석 모델과 UAV 기반 지형자료 구축 기법을 통한 정확한 침수 피해 예측 서비스를 제공하여 서비스의 가치(Value)를 갖는다. 모원저수지 침수 해석에 대해서 2차원 홍수파 해석 및 3차원 홍수파 해석은 각각 48.9%, 84.4%의 재현성을 가졌다. 이를 통해 정

확한 저수지 침수 피해 예측 서비스와 실시간 대피경로를 제공하여 기존 비상대처계획의 한계를 극복하고 저수지 관리의 효율성을 높일 수 있다. 본 비즈니스 모델의 제 1 잠재시장은 한국농어촌공사와 지역자치단체로, 자체 서버 구축과 플랫폼 운영을 통해 서비스를 공급할 수 있다.

경제성 분석 결과, 제안된 비즈니스 모델은 7년 내에 초기 연구개발비용을 회수하고 손익분기점을 달성할 수 있다. 비용 편익 비율(B/C), 내부수익률(IRR), 순현재가치(NPV)는 각각 1.15, 10.24%, 229,000,000원으로 본 모델의 경제적 타당성을 확인할 수 있었다. 따라서, 현행 비상대처계획 수립 방안과 비교하였을 때, 본 비즈니스 모델은 경제적이고 합리적인 침수 피해 예측 서비스를 제공할 수 있다. 또한, 한국농어촌공사 디지털트윈 물관리 사업과의 연계, 기후리스크 관리를 통한 보험업계와의 연계 방안을 제시하여, 추가적인 수익 창출 방안을 모색하였다.

이상기후에 따른 극한 호우로 체계적인 농업용 저수지 안전관리에 대한 필요성이 증대되고 있다. 저수지의 노후화와 체계적인 안전관리 방안의 부재로 인하여 국내에서 저수지 붕괴 사고가 잇따라 발생하고 있다. 농업용 저수지에 대해 비상대처계획을 수립하고 홍수 범람 지도를 작성하여 침수 피해에 대처하고 있으나, 그 대상에서 저수지의 90% 이상을 차지하는 2종 농업용 저수지를 제외하고 있다. 또한 현행 비상대처계획은 침수 피해 예측의 낮은 신뢰성과 높은 수립 비용의 측면에서 한계를 갖는다. 본 연구에서 제안한 비즈니스 모델을 통해 기존의 비상대처계획 대비 경제적이고 합리적인 대안을 제공하며 통합적인 저수지 안전관리 체계를 구축할 수 있다. 따라서 본 연구는 저수지 붕괴로 인한 재산 및 인명 피해의 최소화와 지속가능한 농촌 환경 조성에 기여할 수 있을 것이다. 향후 본 연구를 바탕으로 다양한 농촌 지역에 대한 적용 가능성 검토, 추가적인 경제성 분석 및 관련 제도의 개선이 이루어진다면 보다 체계적이고 효율적인 저수지 관리가 가능해질 것이라고 기대한다.

이 논문은 행정안전부 기후변화대응 AI 기반 풍수해 위험도 예측기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임 2022-MOIS61-003(RS-2022-ND634022)

References

1. Baik, S. Y., Lee, S. S., and Lee, S. G., 2022, The vulnerability analysis of safety inspection system based

- on agricultural reservoir failure cases, *Crisisonomy*, 18(8), 81-91.
2. Cho, E. S., 2023, Budget analysis series 4: analysis of key projects in the 2024 budget proposal (3) analysis of disaster policy insurance project, National Assembly Budget Office, 1-48.
 3. Gatzert, N., and Reichel, P., 2022, Awareness of climate risks and opportunities: empirical evidence on determinants and value from the US and European insurance industry, *The Geneva Papers on Risk and Insurance-Issues and Practice*, 1-22.
 4. Jeong, Y. j., Lee, J. H., Lee, S. I., Oh, B. Y., Ahmed, F., Seo, B. H., Kim, D. S., Seo, Y. S., and Choi, W., 2022, Development of 3D crop segmentation model in open-field based on supervised machine learning algorithm, *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*, 64(1), 15-26.
 5. Johnson, M. W., Christensen, C. M., and Kagermann, H., 2008, Reinventing your business model, *Harvard business review*, 86(12), 50-59.
 6. Jun, S. M., Song, j. H., Choi, S. K., Lee, K. D., and Kang, M. S., 2018, Combined 1D/2D inundation simulation of riverside farmland using HEC-RAS, *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*, 60(5), 135-147.
 7. Jung, K. H., and Sung, C. S., 2017. A study on the business model of a platform company using platform business model map : case study on Kakao, Youtube and Edupang, *ournal of the Korean Entrepreneurship Society*, 12(2), 57-75.
 8. Kim, S. N., Lee, J. H., Jun, S. M., Choi, W., and Kang, M. S., 2023, Development of and inventory-based flood loss estimation method fo r rural area, *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*, 65(6), 65-78.
 9. Korea Institute of S&T Evaluation and Planning (KISTEP), 2016, Standard Guidance for Preliminary Feasibility of Research and Development Projects [2-1], 307-319.
 10. Korean Rural Community Corporation (KRC), 2023, Statistical yearbook of land and water development for agriculture 2022, 11-1380000-000014-10, Korean Rural Community Corporation, Ministry of Agriculture&Food& Rural Affairs, 316-442.
 11. Lee, B., 2014, The risk of collapse and safety management of aging reservoirs, *Disaster Prevention Review*, 16(4), 20-25.
 12. Lee, D. H., 2019, Establishing strategies of start-up through platform business model analysis, *Social Science Studies*, 26(1), 206-223.
 13. Lee, J. H., Lee, S. I., Jeong, Y. J., Kim, D. S., Lee, S. J., and Choi, W., 2021, Design of the business model to reduce the damage of heavy snowfall in greenhouse, *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*, 63(2), 61-74.
 14. Lee, J. H., Lee, S. I., Seo, B. H., Kim, D. S., Seo, Y. J., Her, Y. G., and Choi, W., 2023, Comparative analysis of flood wave modelling methodologies for reservoir failure based on structure from motion, *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineering*, 64(1), 15-26.
 15. Lee ,J. H., Lee, S. I., Jeong, Y. J., Seo, B. H., Kim, D. S., Seo, Y. J., Her, Y. G., Choi, W., Kim, D. W., and Jo, Y. R., 2024, Enhancing flood wave modeling of reservoir failure: a comparative study of structure-from-motion based 2D and 3D methodologies, *Natural Hazards*.
 16. Lee, S. H., and Park, D. J., 2012, Development business model six principles and application smart- work business, *e-business*, 13(2), 203-222.
 17. Lee, Y. H., and Lee, D. W., 2017, Effective method for remodeling of deteriorated agricultural reservoirs, *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*, 59(4), 43-52.
 18. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA), 2023, 2023-2032 Agricultural Production Base Maintenance Plan.
 19. Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT), 2023, The 7th national spatial information policy basic plan, 1-44.
 20. Ministry of the Interior and Safety (MOIS), 2018, Revision of guidelines for emergency action plan in case of reservoir or dam collapse, 1-11.
 21. Teece D. J., 2010, Business models, business strategy and innovation, *Long range planning*, 43(2-3), 172-194.
-
- Received 30 April 2024
 - First Revised 1 June 2024
 - Finally Revised 30 July 2024
 - Accepted 31 July 2024