

A Study on the Construction Plan of Smart Fish Farm Platform in the Future

Joowon Choi[†] · Jongsub Lee^{**} · Youngae Kim^{**} · Yongtae Shin^{***}

ABSTRACT

As the consumption of fishery products continues to increase, aquaculture industry has emerged instead of fishing industry facing limitations of fish stock resources. Recently, smart fish farming industry has rapidly developed through convergence with 4th Industrial Revolution technology. Accordingly, it is important to derive a future model of smart fish farming platforms in order to secure the superiority of the aquaculture industry and the technology standard hegemony. In this study, the future direction of smart fish farm platform was derived through the analysis of environment related to politics, economy, society, and technology related to smart fish farming by applying PEST methodology of macro-environment analysis. It is expected that it will help the public and industrial circles in planning and implementing related projects by including the entire process of value chain of aquaculture industry of breeding, production, management and distribution, and by presenting advanced models based on artificial intelligence and digital twin.

Keywords : Smart Fish Farm, Smart Aquaculture, Macroenvironmental Analysis, PEST Analysis

미래 스마트 양식 플랫폼의 구축방안에 대한 연구

최 주 원[†] · 이 종 섭^{**} · 김 영 애^{**} · 신 용 태^{***}

요 약

지속적인 수산물의 소비량 증가에 따라 어족자원의 한계성에 직면한 어로어업대신 기르는 방식의 양식업이 대응방안으로 등장하였으며, 최근에는 4차 산업혁명기술과 융복합을 통하여 스마트양식 산업이 빠르게 발전하고 있다. 이에 따라 전 세계를 대상으로 양식산업의 우위성과 기술표준 체계모니를 확보하기 위하여 스마트양식 플랫폼의 미래 모형 도출이 매우 중요한 시기가 되었다. 본 연구에서는 먼저 스마트양식 전문가들의 인터뷰를 통해 스마트양식산업의 중점 사항들을 도출하고 거시환경분석 중 PEST 방법론을 적용, 스마트양식과 관련된 정치, 경제, 사회, 기술 분야의 환경분석을 통하여 스마트양식 플랫폼의 미래 방향성을 도출하였다. 과거 생물 생산 관리의 자동화에 국한되었던 단순한 스마트양식 플랫폼에서 육종, 생산, 경영, 유통의 양식 가치사슬 전 과정을 포함하고, 인공지능 기반의 디지털 트윈기술을 통하여 리스크 최소화 및 상황 최적화 스마트양식 플랫폼으로 발전 할 수 있도록 선진 모델을 제시함으로써 공공 및 산업계에서 관련 사업 기획 및 추진 시에 도움이 될 것으로 기대한다.

키워드 : 스마트양식 플랫폼, 스마트 양식, 거시환경분석, PEST 분석

1. 서 론

유엔식량농업기구(FAO)는 2020년 전 세계적으로 2천 300만 톤의 수산물 공급부족 현상이 발생할 것이라고 예상하고 있으며, 사이언스誌는 수산업 전반에 대한 체계적이고 구조적인 체질개선 및 대응방안이 마련되지 않는다면 바다 어족자원은 2048년에 완전히 고갈될 것이라는 전망을 내놓은 바 있다[1]. 국내의 연간 연근해 어로어업생산량 역시 지속적으로 감소세를 보이고 있다. 동·서·남해 모두 수산자원 고갈 문제는 여전히 현재진행형이며, 문제의 원인을 두고 다양한

분석이 제기되고 있다. 가장 대표적인 지적 사항으로는 지구 온난화를 비롯한 환경오염, 불법남획 등이 중요 요인으로 거론되고 있다[2].

하지만 최근의 해양수산부 분석에 따르면, 이런 외부 환경 측면의 지적 외에, 국내 수산업 내부의 구조적 문제점 역시 수산물 생산량 감소와 긴밀한 관계가 있다고 역설하고 있다. 수산업의 근간이 되는 어촌은 어업인구 감소와 고령화의 진전 등으로 어려움을 겪고 있는 실정이며 이는 노동집약적인 수산업에 큰 타격을 주고 어족자원 감소와 함께 생산량 저하의 큰 핵심 요소로 작용하고 있다. 1차 산업 기반인 수산업·어촌의 쇠퇴는 산업의 발전과정에서 필연적인 것이며, 급변하는 우리 미래 수산업·어촌에 새로운 방향성을 제시해야 하는 이유가 여기에 있다. 정부에서는 이러한 상황을 타개하기 위해서 하나의 대안으로 양식산업의 산업화 기반 구축을 추진하고 있다[3].

[†] 정 회 원 : 숭실대학교 IT정책경영학과 박사과정

^{**} 준 회 원 : 숭실대학교 IT정책경영학과 박사과정

^{***} 중 심 회 원 : 숭실대학교 컴퓨터학부 교수

Manuscript Received : June 10, 2020

Accepted : June 29, 2020

* Corresponding Author : Yongtae Shin(shin@ssu.ac.kr)

2010년 이후 양식산업은 전 세계적으로 가파르게 상승하고 있다. 그동안 수산물 생산의 대부분을 차지했던 전통적인 어로어업의 비중은 점점 낮아지고 양식업이 전체 생산량의 과반을 넘고 있다. 2018년 이후에는 전 세계 양식 수산물 생산체계가 본격적으로 추진되고 있고, ICT기술을 융복합한 스마트양식 플랫폼이 빠르게 개발 및 확산되고 있다[4]. 엘빈 토플러는 ‘제3의 물결’에서 수산양식을 포함한 해양산업이 정보화 시대의 4대 주력사업이 될 것으로 전망하였고, 세계 양식산업의 발전에 따라 국내 스마트양식산업 또한 4단계의 로드맵을 그리면서 발전 준비 중에 있으나 현실은 아직 다양한 문제점을 내포하고 있다[23].

첫 번째 문제는 기존 양식산업에 대한 정책 측면의 한계이다. 지금까지 양식산업은 수산업법에 근거하여 보존과 규제 위주로 이루어져 소규모 영세 영업형태가 주가 되어 있으며, 양식장마다 경험에 의존한 무분별한 육성방식으로 체계성이 결여되어 있다. 이에 따라 거대화, 자동화를 통한 스마트양식 플랫폼의 보급과 확산에 한계성을 내포하고 있었다. 두 번째는 현 스마트양식플랫폼은 단지 양식 생물의 생산관리 측면으로 범위가 제한되어있다. 실제 양식산업의 전반을 살펴보면 우량종자의 개발-> 종자 보급-> 성장 관리 -> 유통 및 판매 까지 전 가치사슬 전체가 함께 고려되어야 하나, 생물 생산관리 자동화 측면에서만 스마트화가 진행되고 있는 실정이다. 세 번째는 스마트양식 기술의 대한 표준화 부재의 문제가 있다. 이러한 표준기술의 부재는 양식 어종의 다양성에 근본 원인이 있다. 현 양식보험을 제공하는 어종은 총 27종으로 생물학적 특성 및 성장환경이 다양하여 기술의 표준화가 어려운 부분이 있다. 하지만 어종 공통의 핵심 양식프로세스를 기반으로 한 다양한 데이터를 확보한다면 표준화가 불가능한 것만은 아니다. 이러한 문제점을 극복하고 스마트양식 산업의 발전을 촉진, 세계적인 스마트양식기술의 헤게모니를 확보하고 First Mover로

자리매김하기 위한 중요한 시기를 맞이하고 있다.

본 연구를 통하여 이러한 문제점을 극복하고, 미래의 선진 스마트양식 플랫폼의 방향성을 도출하고자 한다. 2장에서는 스마트양식 플랫폼의 개요와 선행 연구 사례를 분석하고 3장에서는 전문가들이 제안한 정책, 경제, 사회, 기술 부분의 핵심요인을 중심으로 거시 환경분석을 수행하였다. 4장에서는 분석을 통한 미래방향성을 도출하여 설명하고 5장으로 결론을 맺는다.

2. 스마트양식 플랫폼 개요 및 선행연구

2.1 스마트양식 플랫폼 개요

스마트양식장은 4차 산업혁명 기술을 접목하여 자동화·지능화를 통한 생산 효율 극대화 및 규모화, 친환경화가 구현된 양식생산 시스템이다. 어종별로 시스템 구성 및 규모가 다른 형태를 갖고 있다. 스마트양식 플랫폼은 어종에 상관없이 ICT기술과 융복합된 공통된 운영 모델을 의미한다[5]. Table 1은 주요 요소 및 기술을 분류한 것으로 다양한 센서로 부터 습득한 정보를 기반으로 수질, 급이 및 성장을 관리하고 데이터의 분석, 활용 및 통합관리를 통해 여러 생산활동에 대한 판단을 체계화 할 수 있는 운영플랫폼을 말한다. 기존의 양식 산업이 노동집약적 산업이라면 스마트양식 산업은 기술과 자본 집약적 지식 산업으로 볼 수 있다[6].

운영주체 관점에서 분석하면, 과거 전통양식에서는 인간이 판단하고 인간이 노동을 수행하였으나, 최근에는 인간이 판단하고 기계가 노동하는 단계를 넘어서 기계가 판단하고 기계가 노동하는 단계가 지속적으로 연구되고 있다[7].

이와 함께 특정 생물의 양식 성장과정을 최적화 하는 협의의 시스템 개념에서 탈피하여 우량종자를 발굴하고 스마트양식장을 통해 양성한 후 판매 및 유통까지 전체 생태계를 스마트 플랫폼화 하려는 방향으로 개념이 확장되고 있다.

Table 1. Classification of Smart Fish Farm Platform Components and Technologies

Large Category	Middle Category	Subdivision	Core ICT Technology
Automatic Environmental Control	Water Treatment Technique	1. cyclic filtration formula	IoT control
		2. semi-cyclic filtration formula	
		3. filtration formula (physics, biology)	
Environmental Monitoring And Breeding Management	Breeding Environment Management Technique	4. Dissolved oxygen control	IoT sensor
		5. Water temperature control and circulation	
		6. pH control	
	Bio-growth Management Technique	7. Integrated environment monitoring and control	Image Analysis Technology IoT Sensor Technology Agent SW Technology
		8. fish behavior analysis	
		9. measure fish size and number of objects	
		10. automatic feeding	
Data Base ICT Integrated Platform	Data Collection And Big Data	11. disease-causing observation	Integrated Control Solution Big data technology Cloud technology
		12. optimal fishing environment algorithm	
		13. Wireless Sensor Network Module	
		14. Big Data Collection and Preprocess Technology	
	Integrated Management System	15. Cloud-based data storage	Mobile Technology Security Technology
		16. Data classification and synchronization	
		17. Integrated Operations System Design	
		18. Integrated Control Solution	

2.2 선행 연구

스마트양식과 관련된 국내외 논문을 살펴보면 2013년 1월1일 이후 2019년 2월까지 SCOPUS에 총 3,047건에 대해 검색이 가능하다. 이중 연속식 및 규모화 양식시스템에 관련 논문은 1,134건, ICT 기술 1,726건, 인공지능 및 클라우드 플랫폼 834건이 검색되었다[8].

마창모 외(2015) ‘첨단양식기술의 산업화 연구’에서는 현재 국내 양식 산업 현황과 국내외 스마트양식 동향과 사례를 기술하고 있다[9]. 김병준 외(2019) ‘수직적층형 구조를 이용한 IoT기반 스마트양식장의 산업화 모델 개발’에서는 스마트양식장 구조를 적층하여 생산량 확대 위한 방안을 제시하고 있다[10]. 박준우 외(2017) ‘아파치 스파크 기반 스마트 양어장 시스템’에서는 오픈소스 기반의 보편화된 기술 및 플랫폼을 활용하여 실제 스마트양식 빅데이터 수집, 저장, 분석 처리를 위한 표준 모델 기준을 제시하고자 했다[11].

국외에서는 Lorena Parra(2018)의 ‘Design and development of low cost smart turbidity sensor for water quality monitoring in fish farms’에서 실제 상용화가 가능한 지능형 수질 관리 기술 등을 제안하였고[12], Hamzah S. AlZubi 외(2016) ‘An Intelligent Behavior-Based Fish Feeding System’에서는 어류 행동을 기반으로 분석하여 최적의 급이 상황을 제공하는 알고리즘을 제안하였다[13]. 이외에도 다양한 연구들이 스마트양식 핵심 기술, 인공지능 및 빅데이터와 융합된 미래 모형을 제안하고 있으나, 육종, 종자생산, 양식장의 경영, 유통 및 판매까지 포함하는 스마트양식 전체 생태계를 포함하는 플랫폼의 미래방향성에 관련한 연구는 미미한 실정이다.

3. 스마트양식 플랫폼의 거시환경 분석

3.1 거시환경분석의 개요

거시환경분석은 분석하고자 하는 대상에게 영향을 미칠 수 있는 여러 요인을 분석하여 기회나 위협요인을 사전파악하고 대응하는 전략 수립을 목적으로 하는 분석기법이다. 이러한 전략 분석을 통해 미래 트렌드를 파악하고 방향을 예측하여 장기적인 비전을 수립 할 수 있다. 대표적인 거시환경분석 기

법에는 PEST, ETRIP, STEEP, 3C/FAW 분석 등이 있다.

이중 PEST(Political, Economic, Social, Technological) 기법은 정책, 경제, 사회, 기술의 4가지 부문에서 외부 거시 환경에서 통제가 불가한 요인들을 분석함으로써 적절한 의사 결정 및 미래모형을 파악할 수 있다[14].

3.2 스마트양식 플랫폼의 거시환경분석

본 연구에서는 정확한 분석을 수행하기 위해 PEST 각 부문별 핵심요인들을 도출하는 것이 중요하다. 이를 위해 2019년 8월부터 2020년 5월까지 스마트양식 전문가, 양식 산업 전문가, 컴퓨터공학 전문가들 13명을 대상으로 4차례 간담회를 통하여 정책, 경제, 사회, 기술 환경의 트렌드 및 중점사항 관련 토의 및 인터뷰를 수행하고 자문서를 작성 후 Table 2와 같이 핵심요인을 분석, PEST를 수행하였다. 이를 통해 스마트양식 산업을 둘러싼 다양한 환경요인들의 현황과 변화 추세를 파악하여 전략적 시사점을 분석하고 미래 스마트양식 플랫폼의 발전 방향을 도출하고자 한다.

1) 정책 환경 분석

정책 측면의 환경 분석과 관련해서 고려해야 되는 부분은 크게 관련 법령, 정부 정책 방향, 민간 지원 사업으로 구분될 수 있다. 첫 번째 스마트양식과 관련된 법령으로는 2010년에 제정된 수산업법과 2019년에 제정된 양식산업발전법이 있다. 기존에 제정된 수산업법은 수산자원 및 수면을 종합적으로 이용, 생산성을 높임으로써 수산업의 발전과 어업의 민주화를 도모하는 것을 목적으로 한다. 하지만 양식산업을 포함한 수산업 전반에 대한 포괄적 법령으로 양식산업 중점의 제도적 뒷받침이 적을 뿐만 아니라 대기업의 참여 제한 등을 포함하여 산업 발전에 한계를 내포하기도 했다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 양식산업발전법(‘19.8.27)이 제정되었다. 기존 수산업법과 달리 양식산업에 중점을 두고 법적, 제도적 발전방향성을 담고 있다. 세부 내용을 살펴보면 양식시설의 자동화, 기계화, 지능화 등의 기술개발에 대한 지원 내용과 참치, 연어 등 사업초기 대규모 시설투자, 기술 축적이 필요한 부분에서는 대기업의 진입을 허용하는 내용을 포함하고 있다. 이를 통해 양식업의 규모화, 거대화 가능해지고, 내륙의 대규모 스

Table 2. Smart Fish Farm Core Issue Focused on Expert Interviews

Division	Core Issue	Classification
Legal System	Aquaculture industry development law	law
	Fishery innovation 2030 Plan	Policy
	Fishery u-IT convergence modeling project	National support project
Economy	Fishing village sixth industrialization	Policy
	Smart Aquaculture Cluster Business	National support project
Society	A return-to-fishing project	National support project
	fishing village sixth industrialization	Policy
Technology	ICT convergence technology(ICBM)	IT trend
	Strategies for Smartization Marine Fisheries	Policy

마트수산물 클러스터 단지 조성이나 외해 대형 양식플랜트 시설의 구축이 가능하게 되었다. 이러한 법적 방향성을 뒷받침하기 위해 해양수산부에서는 수산혁신2030계획을 수립하고 양식산업의 자동화, 규모화를 추진하는 한편 기존에 지속적으로 수행하였던 수산 u-IT융합 모델화 사업을 더욱 발전시키기 위해 노력하고 민간의 양식산업의 스마트화를 지원하고 있다.

두 번째, 정부정책과 관련해서는 수산혁신2030계획이 있다. 본 계획은 수산산업의 문제점을 극복하고 발전방향을 제시함으로써 산업 전반의 체질개선에 목표를 둔 중장기 로드맵이다. 어촌지역의 활력을 촉진하고 수산기업의 창업, 투자 독려, 유통소비의 현대화 등 5개의 전략 목표를 제시하고 있으며, 양식분야에서는 기존의 재래식, 소규모 양식방법을 기업화, 스마트화를 통한 고부가가치 양식사업으로의 발전방향을 제시하고 있다[15]. 이를 실제로 추진하고자 기획한 방안이 스마트양식 클러스터 조성사업이다. 스마트양식 테스트베드, 대량생산 단지, 가공·유통·수출단지, R&D, 창업교육, 인력양성 등의 세부 분야를 집적화한 양식 전문 대규모 클러스터를 조성하는 것을 핵심으로 한다.

마지막으로 민간지원사업과 관련, 양식 어가를 대상으로 스마트화 정보통신장치를 보급, 개발하는 수산 u-IT융합 모델화 사업이 있다. 본 사업은 양식장 등 수산분야(생산·가공·유통 등)에 최신 정보기술(ICT)을 접목하는 표준모델 개발 및 보급을 주제로 하여 지방자치단체의 공모과제를 선정, 지원하는 사업이다. 2004년부터 2009년까지 농수축산업 전반의 R&D사업으로 출발했으며, 2013년부터는 수산분야로 별도 독립하여 총 19개 과제 80개소에 스마트양식시스템을 구축하였다[16].

2) 경제 환경 분석

경제측면의 환경분석은 ①수산업 전반의 현황분석, ②단순 1차산업 기반의 수산업 구조를 2차, 3차 산업과 융복합하여 체질개선을 추진 중인 어촌6차산업화, ③대규모 스마트양식단지를 조성하는 스마트양식 클러스터조성사업에 대하여 분석한다.

'17년 기준 수산업시장 총 매출액 규모는 67.2조원이다. 수산물의 생산, 가공, 유통 등 전·후방산업의 매출액을 모두 포함한 시장 규모이며 이중 수산물 생산액은 8.6조원이다. 현 수산업 시장의 중요 이슈를 분석하면 크게 2가지로 정리된다. 첫 번째는 수산업 수입 규모의 증가이다. '13~15년 기준으로 국내 연간 1인당 수산물 소비량은 58.4Kg으로 전 세계 1위이다. 국내 경제 규모가 커지면서 상대적으로 고급 식품인 수산물의 소비비중은 전 세계적으로도 가파르게 증가중이며, '17년 기준 국내 수산물생산액 대비 수입액은 40.8%로 국가 수산업 자립성에 큰 위협이 되고 있다. 이를 분석하면, 장기적으로는 국내 생산량을 획기적으로 늘려 수입액의 비중의 저하 축진의 필요성과 그만큼 성장가능성과 시장 매력에 있는 산업임을 알 수 있다[17]. 두 번째는 양식생산량의 증가이다. 과거 잡는 방식의 어로어업은 2010년대 들어서면서 생산량이 점점 감소되었고, '17년에는 어로어업 대비 양식업의 생산 비중이 62%까지 증가되었다. 결국 국내 수산물 생산량은 양식업의 기술 발전을 통하여 수입량을 대체하고 관련 기

술 및 잉여 생산물을 수출하는 미래 먹거리 산업으로 발전시켜야 함을 알 수 있다.. 이를 수행하기 위해 수산업계에서는 2트랙으로 산업 발전을 추진하고 있다. 첫 번째는 대기업의 참여이다. 그동안 대기업의 참여를 제안하던 포지티브 법들이 개정됨으로써 제약 요건들이 해소 되고 참치, 연어 등 대기업투자 허용이 가능한 어종을 대상으로 직접 사업 수행 및 실물펀드 등 다양한 방안으로 사업참여 방안을 추진하고 있다. 두 번째는 수산분야 중소기업의 활성화이다. 유망 벤처, 창업기업을 발굴, 육성하고 창업지원센터 확대, 벤처펀드 신설, 양식과 관련된 보험 상품 제공 등 전주기 창업지원 체계를 지원하는 정부 정책에 힘입어 수산업 전문중소기업들이 점차 확대 되고 있다. 대표적으로 스마트 양식클러스터 사업이 있다. 각 부지별 약 1.5~2만평 규모로 총 3개의 부지(부산시, 경남 고성군, 전남 신안군)에서 스마트양식장, 유통시설, 가공공장 등을 포함하는 수산업 통합 플랜트를 구축하는 것을 목표로 특수목적법인이 설립되어 사업이 추진되고 있다. 이를 통해 표준기술의 개발과 확산, 배후 부지를 이용한 대규모 스마트양식장이 구축되고 수산업 활성화의 모멘텀이 될 예정이다[18].

3) 사회 환경 분석

수산업의 사회 환경 분석은 크게 3가지로 분석된다. 첫 번째는 수산업의 기반이 되는 어촌 지역의 현황을 분석하고 두 번째는 어촌 환경의 문제점을 도출하며, 세 번째는 어촌 사회의 문제점을 극복하고 발전을 추진하기 위한 노력을 살펴본다. 첫 번째, 수산업의 기반이 되는 어촌은 행정구역 상 전국 72개 시군, 560개 읍면동으로 구성되며, 어업생산 중심지역인 1,005개 법정어항과 1,297개의 소규모 항포구 배후에 위치해 있다. 전국 2,029개 어촌계 중심으로 어업생산 활동에 참여하고 있다. 전국 어촌의 인구는 '15년 기준 약 360만명이며, 수산업의 전체 종사자 수는 약104만명, 직접 수산물을 생산하는 어가규모는 5.3만가구, 약 12만명으로 국가경제의 한축을 담당하고 있다. 두 번째로 어촌지역 문제점을 분석하면 가장 큰 문제는 어촌의 공동화, 노령화를 꼽을 수 있다. 어촌 역시 농촌과 유사하게 마을이 공동화되고 있으며, 인구는 빠르게 노령화가 진행되고 있다[19]. '00년 직접 수산물을 생산하는 어가인구는 25.1만명이었으나 '17년에는 12.2만명으로 50%이상 인구가 줄었으며, 어촌 고령화율 역시 '03년 15.9%에서 '17년 35.2% 2배 이상 증가했다. 어촌 인구의 감소는 국내 인구감소 상황과 연관성이 있으나, 그 외에도 수산업의 전반적인 구조의 특징과도 연계되어 있다. 수산업은 1차산업 기반의 경험과 기술에 의존한 사람 중심의 노동집약적 산업이며, 타 산업대비 재해발생률이 높은 산업이다. 관련 통계를 분석하면 '15년 기준 재해율이 어업(5.56%), 임업(1.18), 농업(0.9), 건설업(0.72), 제조업(0.58)으로써 각 산업군의 재해율보다 높은 것을 알 수 있다. 이와 함께 국민들 선입견 문제도 있다. 일반 국민들은 수산업 종사에 기피 경향이 있으며, 수산 생산물의 안정성에 대해서도 불안감이 있다[15].

마지막으로 이를 타개하기 위한 사회적 노력으로는 귀어귀촌 정책과 어촌6차산업화를 들 수 있다. 귀어귀촌 정책 및 문화

는 귀농어·귀촌 활성화 및 지원에 관한 법률 제26조를 기반으로 하며, 도시인들의 적극적인 귀어를 장려하고 있다. 관련하여 정책자금, 정주여건 지원 등을 제공하며, 어촌 인구 감소의 대안으로 지속적으로 관련 정책이 추진되고 있다. '18년 기준 1,300명의 귀어 가구원수가 집계되고 있으며, 특히 젊은 연령층이 귀어함으로써 비즈니스 측면과 기술 측면에서 다양한 요소가 융복합되어 새로운 수산업 모델이 형성되고 있다[19].

이와 병행하여 어촌 6차산업화 운동이 전개되고 있다. 어촌6차 산업화란 어촌에 존재하는 모든 유무형의 자원을 바탕으로 어업(1차 산업)과 식품, 특산물 제조가공(2차 산업) 및 유통, 판매, 문화, 체험, 관광, 서비스(3차 산업) 등을 연계하여 새로운 비즈니스 모델과 부가가치를 창출하는 운동을 의미한다. 특히 어촌지역에도 4차 산업혁명이 진행되고 있으며, 1~3차 산업을 아우르는 복합적인 구조의 어촌 6차산업화가 진행되면서 ICT 기술과의 결합이 더욱 촉진되고 있다. 이를 통하여 어촌 사회의 구조적 문제점을 극복하고 수산업 발전을 위한 기반이 재생되어야 한다[20].

4) 기술 환경 분석

기술 환경 분석은 크게 3가지로 고려 될 수 있다. 첫 번째는 국내 스마트양식 관련 사업의 추진 이력 및 현 세대 스마트양식 플랫폼 모델을 분석하고 두 번째는 스마트양식 플랫폼의 기반 기술에 대한 분석, 세 번째는 현재 스마트양식 플랫폼의 문제점에 대한 분석이다.

먼저 국내이력을 살펴보면 최초 스마트양식 개념이 부각되기 시작한 것은 2011년 통영지역에서 u-양식장 사업이 진행되면서 부터이다. 당초 가두리양식장 지역의 재난 대응사업으로 추진되었으며, 수온, 용존산소량, 기상 등을 측정하는 각종 센서와 보안 관제용 CCTV를 설치, 통영시청 관제 모니터를 통해 데이터 수집, 분석하고 어민들의 스마트폰을 통해 실시간 모니터링 및 알람을 목적으로 하는 통합 관제시스템이다. 이후에도 다양한 스마트양식 사업이 추진되었고 각각 추진하는 목표, 시스템구성에서는 차이가 있으나 크게 자동환경제어 시스템, 환경모니터링 시스템, 데이터기반 ICT 통합 관리시스템으로 분류될 수 있으며, 핵심 기술요소는 (1)클라우드 및 빅데이터 관리 (2)IoT기술 (3)무선 인프라 (4)응용 기술 (5)보안기술로 구분된다[21]. 그러나 미래에는 통계와 분석을 바탕으로 지능형 서비스 제공에 집중되어야 하며, 이에 따라 지능형 스마트양식 플랫폼에 필요한 핵심 기술들이 재정의 되어야 한다. 두 번째 지금까지 수행한 스마트양식 플랫폼의 공통 모델요소를 정의하면 다음과 같이 2개 단계의 레벨로 나눌 수 있다. (1) 1단계 레벨은 원격감시 및 원격제어 체계이다. 관리프로세스에 대한 Any Time, Any Where, Any Device 특징을 기반 하여 관리인이 편하게 관리 할 수 있도록 원격 시스템 환경을 제공하고 양식장 모니터링이 주목표가 된다. 이때 관리 주체는 사람이며, 양식장에 수온, 산소용존도, pH 농도 등 수질을 측정하는 IoT센서 디바이스를 설치하고 모바일폰이나 PC를 통하여 원격에서 실시간 모니터링 및 알람을 발생하는 시스템 구성이다. 이에 따라 급이

기, 순환펌프 등을 액추에이터를 통해 수동 제어하게 된다. (2) 2레벨 단계에서는 복합 자동화 제어가 이루어진다. 그 동안 축적된 데이터를 분석하여 최적의 양식 패턴을 도출하고, 정해진 기준에 근거하여 복수 환경제어가 이루어진다. 다만 기준에 벗어나는 환경이 조성되거나, 긴급 변수가 발생 할 때는 관리인이 직접 제어를 수행하기도 한다. 이때 관리주체는 사람+컴퓨터가 복합적으로 제어를 수행한다.

마지막으로 스마트양식 플랫폼의 발전 방향에 대한 문제점을 살펴보면 크게 세 가지로 나누어진다. 첫 번째는 스마트양식 플랫폼 표준모델 발굴의 어려움이다. 그 이유를 분석하면, 양식업은 품종, 환경, 사업 수행 형태에 따라서 각각 스마트양식 시스템의 구성이 다를 수밖에 없으며, 그에 따라서 기술 표준화가 상당히 어려운 부분이 있다. 두 번째는 현재 스마트양식 플랫폼의 범위 문제이다. 지금까지의 스마트양식 플랫폼은 생물의 성장 및 관련 시스템의 운영에 대한 영역으로 개념화, 구축 되어 왔다. 하지만, 양식산업을 살펴보면 육종의 개발, 종자의 유통, 성체 양식, 양식장 경영 및 수산물 판매에 이르기까지 전 산업 생애주기를 기반으로 플랫폼화되고 각각의 데이터가 연계되어야 한다. 세 번째는 기존 플랫폼의 기능상 한계문제이다. 과거에는 단순히 시스템에 대한 자동제어에 초점이 있다 보니 데이터분석, 지능화, 시뮬레이션 등에 대한 고기능 시스템으로의 이행이 필요하다.

'19년 해양수산부에서 발표한 해양수산 스마트화 전략은 이런 문제점에 대한 극복 방안을 담고 있으며, 아울러 과거의 핵심기술이 아닌 AI 및 디지털 트윈 등 분석 기반의 지능화 시스템으로의 발전을 목표로 한다[22].

3.3 시사점

현재 스마트양식 플랫폼을 둘러싼 현황을 정리해 보면, 정책부분에서는 양식산업발전법 제정에 따른 포지티브법의 네거티브화가 진행 중이며, 경제부분에서는 스마트양식산업의 규모화, 기업화가, 사회 부분에서는 인력 부족을 대체하기 위한 귀어귀촌의 활성화 및 어촌6차산업화의 추진, 마지막 기술부분에서는 차세대 핵심기술을 바탕으로 기존 시스템의 패러다임 변화가 필요하다.

4. 스마트양식 플랫폼의 미래 방향성

4.1 미래 스마트양식 플랫폼 역할과 기능

스마트양식과 관련된 정책, 경제, 사회, 기술 측면의 거시 환경 분석 수행 결과 기존 스마트양식산업의 문제점을 극복하고 미래로 이행하기 위한 발전모형이 Fig. 1과 같이 도출되었다. 특히 과거에 생물생장과정에 국한되었던 플랫폼의 형태는 양식사업의 전 생애주기 전반의 가치사슬이 포함되도록 확대 된 것을 알 수 있다.

미래 스마트양식 플랫폼의 역할과 기능을 도출하면 육종연구플랫폼, 지능형 양식관리 플랫폼, 빅데이터 플랫폼, 유통 및 이력관리 플랫폼으로 세분화하여 양식산업 프로세스별 발

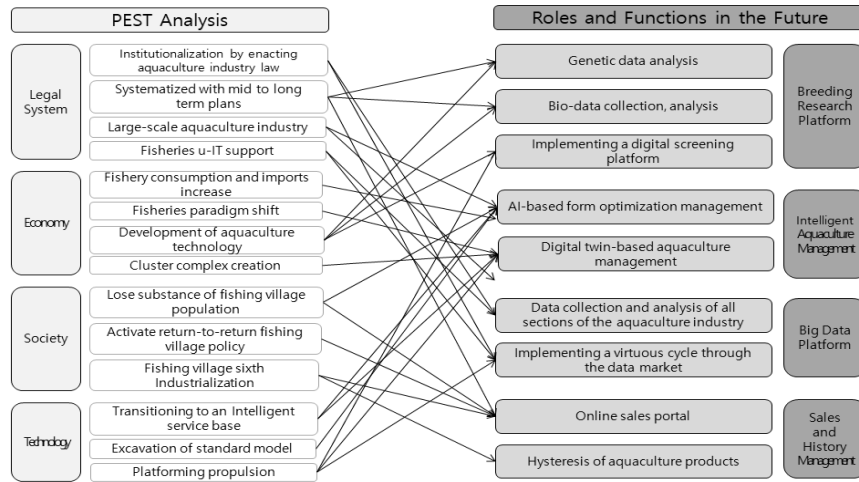


Fig. 1. Role and Function of Future Smart Fish Farm Platform According to PEST Analysis

진 모형으로 도출 되었다. 특히 산업 전 주기의 빅데이터 분석을 통하여 유통과 소비기준에 따른 출하량 조절을 통하여 '19년도부터 큰 문제점으로 대두되고 있는 광어, 우럭 등 일부 어종의 공급 과잉 등의 문제에 대해서도 해결이 가능하다.

1) 육종연구플랫폼

양식에서는 우수한 종자를 개발, 보급하는 것이 무엇보다도 중요하다. 이를 위해 우수 수산 종자를 개발하기 위한 육종데이터, 바이오데이터, 우수형질 분석 데이터, 디지털 선별 데이터 등을 모두 포함하는 빅데이터 플랫폼 개발이 선행되어야 하며, 본 빅데이터 플랫폼은 민간의 스마트양식 플랫폼과 연동되어 우수한 육종을 개발하기 위한 중요 데이터의 피드백까지도 수행 할 수 있는 기반이 조성되어야 한다. 이와 함께 종자 개발 간에 개체의 크기, 암수 성별 등 디지털 감별을 수행하고 의사결정을 지원 할 수 있는 분석 및 지능화 기술 개발을 통하여 종자 관리와 형질 관리를 수행 할 수 있다.

2) 스마트 양식생물 지능형 관리 플랫폼

Table 3을 참조하면 그 동안 스마트양식 플랫폼은 1레벨, 2레벨 수준인 양식 생물의 생장의 자동화에 국한되어 있었다. 하지만 미래에는 빅데이터 분석 기반의 인공지능 기술과 디지털 트윈 기술을 융복합하여, 다양한 환경의 변화에 따른 위험 사전 대응, 맞춤형 관리 통한 생산량 극대화가 가능한 3, 4 레벨의 스마트 양식플랫폼으로 발전되어야 한다. 특히 급이량의

변화, 보조 약품의 살포량 조정 등 사전에 변화를 시뮬레이션 할 수 있는 디지털 트윈과 같은 테스트베드 구축은 꼭 필요한 사항이다[23]. 이를 통하여 양식 생물의 성장 관리 고도화와 함께 진화된 경영관리도 가능해지며, 유통관리플랫폼과 연동하여 양식 출하물의 양과 시기를 조절할 수 있다.

이를 수행하기 위하여 다양한 어종에서도 공통적으로 적용할 수 있는 표준 모델을 발굴하고, 기존의 1레벨, 2레벨 수준 양식시스템에서 저 비용으로 고도화가 가능하도록 호환성과 이식성을 모두 확보하여야 한다.

3) 스마트 양식 빅데이터 플랫폼

육안 관측과 경험에 의존해 온 양식업은 양식 전 과정을 데이터화하고, 관리하기 위한 스마트양식 빅데이터 플랫폼이 요구된다. 민간이 구축하기에는 무리가 있기 때문에 공공측면에서 빅데이터 플랫폼 센터를 구축해 실증 데이터 축적·민간 양식장 기술 공유·우수 데이터 거래·유통 등을 지원하는 생태계를 조성하는 것이 필요하다[24]. 이와 관련하여 '21년을 목표로 아쿠아 팜 4.0 스마트양식 R&D 프로젝트가 기획 중에 있다.

4) 양식출하물 유통관리 및 이력제

스마트양식 플랫폼을 통해 생산된 수산물 상품을 온라인을 통해 판매하고, 판매 이력, 선도 관리가 가능한 플랫폼 구현을 통하여 소비자들에게 신뢰성을 주는 것이 필요하다. 특히 코로나-19 확산 사태로 비대면 관련 산업이 확산되는 만큼,

Table 3. Development of Smart Fish Farm Biological Management System

Classification	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4
Subject	Remote Control	Combined automatic control	Intelligent-zation	Autonomous management
Concept	Iot-based fish farm monitoring	Automatic control of data-based fish farms	AI-based self-control of fish farms	Digital twin-based autonomous management
Core Technology	Remote monitoring/ Remote control	Combined environment control, Automatic control	Robot Automation, Autonomous control	Producer rate management, Autonomous management
Decision Maker	People	People.+ Computer	Computer	Computer

수산물 온라인 판매시장에도 비대면 소통 창구를 조성하는 것도 소비자 신뢰성을 높이는데 기여할 수 있다[25].

4.2 스마트양식 산업의 미래 핵심 기술

과거의 스마트양식 플랫폼과 달리 미래 스마트양식 플랫폼은 지능화, 자율화에 초점이 맞춰져있으며, 이에 따른 핵심 기술로는 ①인공지능기술, ②전주기 빅데이터 및 엣지컴퓨팅 기술, ③디지털 트윈 관련 기술, ④지능형 영상분석기술, ⑤ 진화된 보안기술이 필요하다[26].

1) 인공지능 기술

4차 산업혁명이 전 산업 군에 빠르게 확산되면서 인공지능 기술 역시 발전과 확산이 추진되고 있다. 스마트양식산업 분야에서는 자동화에 맞춰졌던 생물생산시스템이 다양한 환경 변화와 돌발적인 변수 상황을 스스로 추론하고 판단하여 최적화 결론과 목표를 도출하여 지능화 관리를 수행하는 기술이 중요하게 되었다. 이를 위해서 신경망 알고리즘 기반의 자율학습이 가능한 딥러닝 기술이 부각되고 있다. 아울러 이를 효율적으로 처리 할 수 있도록 GPU와 CUDA등의 병렬처리 기술과 과적합 문제를 해결하기 위한 Random Forest 등의 앙상블 기법이 연구 중에 있다[27].

2) 전주기 빅데이터 및 엣지컴퓨팅

기존 플랫폼에서는 양식 생산 관리를 위한 환경데이터의 수집과 분석에 중심이 있었으나, 미래 플랫폼에서는 육종부터 경영, 유통까지 전 과정을 하나의 빅데이터 플랫폼 통해 수집, 관리, 분석, 활용될 수 있도록 규모화하고 특히 가치 있는 양식데이터를 판매, 공유, 유통 가능하도록 별도의 데이터 마켓 구축 통한 데이터 생태계 조성이 필요하다. 아울러 전국에 분포된 각 양식장의 데이터를 쉽게 수집, 연계하기 위해서 중앙 집중 서버가 아닌 분산형 소형 서버 기술인 엣지 컴퓨팅 기술을 적용하여 저비용, 효율화 시스템운영이 가능해야 된다.

3) 디지털 트윈

양식산업은 다양한 어종과 복잡한 환경변수로 시스템 운영 초기부터 최적화된 생산 데이터를 확보하는 것이 어렵다. 이에 따라 운영 간 어종을 변화하거나 환경에 변동이 발생했을 시 사전 테스트베드를 통한 위험을 해소하고 최적화 운영 데이터를 확보하기 위하여 디지털트윈 기술의 적용이 필요하다. 가상현실과 증강현실을 결합한 혼합현실(Mixed Reality) 기술을 적용하여 현실과 동일한 스마트양식 테스트베드를 가상 구현하고 실험 통한 데이터 도출 분석과 인공지능 기술을 기반하여 최적화 생산 데이터를 확보한다. 이를 현실 시스템과 연동하여 자율적으로 환경 대응하는 자율경영체제로의 전환이 요구된다[28].

4) 지능형 양식생물 영상 분석

그 동안 스마트양식을 위한 수온 센서, 산소 용존도 센서,

조도 센서, 산성도 센서 등 IoT 센서디바이스는 빠르게 발전되어 왔다. 하지만 수중에서 생물들의 객체를 식별하기 위한 카메라기술, 광학기술, 지능형 영상분석 기술 등은 발전이 더딘 형편이다. 수중에 특수 카메라를 설치하고 광기술과 융합하여 객체의 크기, 압수 등을 실시간으로 자동화 분석 후 적정의 환경 제어 및 사료 선정, 양 배분 등을 수행하기 위한 양식생물 지능형 영상분석기술의 개발이 필요하다[29].

5) 진화된 보안기술

스마트양식 플랫폼이 고도화 될수록 시스템 구간이 세분화되고, 이에 따른 정보보안 취약점은 더욱 증가되었다. IoT 인프라 기반으로 구축되는 플랫폼 특성상 각 구간별 기밀성·무결성·가용성을 확보하고 운영 간 생산되는 개인정보를 보호하기 위하여 2Tier인증, 바이오 인증 등 강화된 인증과 암호화, 보안 통신, 서버 이중화 등을 통하여 보안성 고도화가 요구된다. 특히 클러스터 단지 조성사업 등 스마트양식 플랫폼의 기업화, 규모화가 진행 될수록 ISO27001 기반의 정보보안 관리체계까지 고려하여 법적 준거성을 확보해야 한다.

5. 결 론

본 연구에서는 정책, 경제, 사회, 기술 분야별로 전문가 회의의를 통한 핵심 요소를 파악하고 거시적 환경 분석을 통하여 스마트양식 플랫폼의 미래 방향성 및 역할을 도출 하였다. 특히 각 프로세스 단계별 세부 플랫폼을 분류하여 역할 및 기능을 정의함으로써, 현 스마트양식 플랫폼의 현안 문제점 극복과 지향점을 확인 할 수 있었고, 이를 통하여 민관학계에서 추진해야 되는 선진 스마트양식 사업의 기획, 미래 표준모델의 확립, 관련 연구에 대하여 도움이 될 수 있겠다.

References

- [1] The Dong-A Ilbo co., "Food Resources, Aquaculture Industry Has a Way," Apr. 6, 2016.
- [2] The Agriculture, Fisheries, Livestock News co., "Concerns over the Depletion of Fishery Resources are Raised. Over Fishing is Serious," Apr. 26, 2019.
- [3] D. Y. Kim et al., "Research Policy Directions for Future Fisheries and Fishing Village Development," Korea Maritime Institute, pp.38-47, 2017.
- [4] Korea Maritime Institute, "2019 Marine Fisheries Outlook and Challenges - Fisheries," pp.95-110, Dec. 2018.
- [5] Ministry of Oceans and Fisheries, "Industrial Revolution, Eco-friendly Smart Farm that has Already Begun," 2018.
- [6] National Assembly Research Service, "Current Status and Future Tasks of the Smart Aquaculture Industry," pp.2-9, Dec. 2019.
- [7] Ministry of Oceans and Fisheries Press Release, "The sea's

Industrial Revolution has Already Begun,” Oct. 31, 2018

[8] Ministry of Oceans and Fisheries, “Feasibility Study of Smart Fish Farm Base Construction,” Jul. 2019.

[9] C. M. Ma et al., “Research on Industrialization of Advanced Aquaculture Technology,” Dec. 2015.

[10] B. J. Kim, and K. J. Shin, “Development of Industrial Model for IoT-based Smart Fish Farm using Vertical Stacked Structure,” Nov. 2017.

[11] J. W. Park, Y. J. Cho, and M. J. Jeoung, “Smart Fish Farm using Apache Spark,” Korea Information Science Society, pp.1765-1767, 2017.

[12] Lorena Parra et al., “Design and Development of Low Cost Smart Turbidity Sensor for Water Quality Monitoring in Fish Farms,” Aquacultural Engineering Vol.81, pp.10-18, 2018.

[13] H. S. AlZubi et al., “An Intelligent Behavior-based Fish Feeding,” June 2016.

[14] H. J. Han, T. Y. Park, J. W. Shu and D. M. Yang, “A Study on Establishment Strategies toward the Future Library in the era of the 4th Industrial Revolution,” pp.4-13, 2018.

[15] Ministry of Oceans and Fisheries, “Fisheries Innovation 2030 Plan,” Feb. 2019.

[16] D. H. Kim et al., “Fisheries u-IT Convergence Modeling Business Efficiency Plan,” pp. 3-5, Dec. 2019.

[17] Ministry of Oceans and Fisheries Press Release, “Korea’s Seafood Production is 3.3 Million Tons, Ranking 14th in the World.,” Jan. 10, 2017.

[18] Ministry of Oceans and Fisheries, “Smart Fish Farm Cluster Creation Project Competition Plan,” Nov. 2018.

[19] Ministry of Oceans and Fisheries, “Research for the Creation of Fish-Oullim Village for the Revitalization of a Fishing Village,” pp.33-40, Dec. 2018.

[20] Fishing Village 6th Industrialization [Internet], https://www.seantour.com/industry/sub/sub01_01.jsp

[21] Busan News co., “Great Effect on Tongyeong’s Ubiquitous Fish Farm Disaster,” June 17, 2011

[22] Ministry of Oceans and Fisheries, “Marine Fisheries Smartization Strategy,” Nov. 2019.

[23] Ministry of Oceans and Fisheries Press Release, “Sea Industrial Revolution Already Started, Eco-friendly Smart Fish Form 4.0,” Oct. 31, 2018.

[24] Ministry of Oceans and Fisheries Press Release, “Held the 8th Ministerial Meeting on Science and Technology,” Sep. 28, 2019.

[25] Ministry of Oceans and Fisheries Press Release, “Korean New Deal Promotion Direction,” Apr. 7, 2020.

[26] Electronic Times Internet co., “Industrial Revolution on the Sea - 'Aqua Farm' is Coming up,” Oct. 24, 2019.

[27] K. Jansson, H. Sundell, and H. Bostrom, “Efficient and Scalable GPU Algorithms for Decision Tree Ensembles,” 2014 IEEE International, pp.1612-1621, Dec. 2014.

[28] R. Rodrigo Pita et al., “Architecture for Digital Twin Implementation Focusing on Industry 4.0,” IEEE Latin America Transactions, Vol.18, No.5, May 2020.

[29] Maekyung News co., “Norwegian 5G Smart Fish Farm,” May 5, 2019.



최 주 원

<https://orcid.org/0000-0002-8443-0133>

e-mail : sylph0721@naver.com

2000년 한신대학교 경영학과(학사)

2018년 서강대학교 정보보호학과(석사)

2019년~현 재 숭실대학교 IT정책경영학과 박사과정

2016년~현 재 한국어촌어항공단 융복합정보화팀 팀장
관심분야 : IT융합, IoT, 빅데이터, 정보보호, 개인정보보호



이 종 섭

<https://orcid.org/0000-0001-9681-6976>

e-mail : minieno@gmail.com

1995년 경일대학교 전자공학과(학사)

2009년 연세대학교 산업정보경영학과(석사)

2019년~현 재 숭실대학교 IT정책경영학과 박사과정

2012년~현 재 (주)제노솔루션 이사
관심분야 : 금융Cloud, IoT, 빅데이터, 레크레텍, 금융정보보호



김 영 애

<https://orcid.org/0000-0002-4040-8153>

e-mail : clspast.kim@gmail.com

2008년 고려대학교 컴퓨터공학과(석사)

2018년~현 재 숭실대학교 IT정책경영학과 박사과정

2010년~현 재 (주)SAP Korea 이사

관심분야 : ERP, IoT, 빅데이터, 운영체제, 개인정보보호



신 용 태

<https://orcid.org/0000-0002-1199-1845>

e-mail : shin@ssu.ac.kr

1985년 한양대학교 산업공학과(학사)

1990년 Univ. of Iowa, 컴퓨터학과(석사)

1994년 Univ. of Iowa, 컴퓨터학과(박사)

1995년~현 재 숭실대학교 컴퓨터학부 교수

관심분야 : 정보보호, 인터넷 프로토콜, IoT, 클라우드 컴퓨팅