

I. 서론

자동차 산업은 자동차 생산시설이 있는 국가에서 가장 중요한 산업 중 하나이며 자동차 산업의 실적 악화는 국가 경제에 큰 영향을 미치게 된다. 하지만 코로나19 및 세계 각국의 통상규제와 무역장벽 등 자동차 산업을 둘러싼 최근의 위기는 한국뿐만 아니라 최강대국인 미국에도 큰 피해를 입혔다.

한국의 對미국 수출 상위 품목 1위는 자동차이며 미국의 글로벌 무역수지 적자품목 1위 역시 자동차다 (Korea International Trade Association, 2018). 한국의 경우 60~70만대 수준의 현대·기아 자동차 미국 현지 공장이 있지만, 이는 2017년 미국의 현대·기아 자동차 총판매량 142만대 중 절반 수준일 뿐 나머지는 수입에 의존하고 있다. 그 외 미국 자동차업체조차 인건비가 낮은 멕시코 등의 국가에 생산기반을 두고 역수입을 하는 실정이다.

코로나19로 인한 생산량 감소는 최근의 일이나 미국 자동차 산업의 쇠퇴를 두고 트럼프 대통령은 대통령 당선 전부터 디트로이트등 주요 산업이 위치한 리스트벨트를 중심으로 'Bring back millions of jobs', 'Make America Great Again' 등을 공약으로 내세웠다. 또한, 트럼프 대통령에 이어 집권한 바이든 대통령 또한 'Made in America' 라는 슬로건을 내세워 수입에 의존하는 자국내 산업들을 압박하였다. 이러한 공약들은 무역확장법 232조, USMCA 등의 통상정책이 되어 철강·자동차 등의 수입을 제한하는 한편 이들 수입기업의 추가적인 현지 투자를 요구하고 있다 (Ha Young-Kyou and Woo Su-Han, 2019a).

'18년 3월 트럼프 대통령은 모든 철강 및 알루미늄 수입품에 대해 각각 25%, 10%의 관세를 부과하는 방안을 지시하였고 이로 인한 무역확장법 232조가 현재까지 적용 중이며 코로나 19등으로 침체된 경제 회복이 필요한 바이든 행정부는 트럼프 행정부에서 실행한 통상정책을 굳이 폐기할 필요가 없는 상황이다(Ha Young-Kyou and Woo Su-Han, 2020b).

이러한 상황에서 우리나라 자동차 업계는 장기적으로 미국내 신규 공장 증설과 같은 새로

운 투자와 그에 따른 최적의 입지선정에 관한 고민이 필요할 것으로 생각된다. 입지선정에 관한 연구는 이미 많은 연구자에 의해 다양한 방법으로 이루어져 왔으나 주로 공원, 창고, 공공시설 등 로컬 위주의 연구가 이루어지거나 정해진 입지에 의한 최적 분배방안에 관한 연구가 많았다(Yoo Nam-Hoon, Ban Yong-Un and Jeong Sang-Kyu, 2013; Choi Kee-Choo, Kim Suk-Hee and Shin Kang-Won, 2001; Alexandris and Giannikos, 2010).

하지만, 국가간 통상규제와 무역장벽이라는 큰 이슈에 의해 대량의 조달, 판매 물류가 발생하는 생산 공장의 입지 결정과 관련된 연구는 극히 제한적이다.

따라서, 본 연구는 한국의 대표적인 기간산업인 자동차 산업의 위기를 공감하여 미국에서 발생하는 수요는 현지에서 대응하고자 하는 목적으로 현대·기아자동차의 미국 추가 생산 공장 건설을 가정하여 최적 입지를 도출하고자 한다. 연구를 위한 방법으로는 중력모형과 혼합정수계획법을 이용해 판매관점의 최적 입지를 선정하며 이를 위해 글로벌 포워딩 A사와 현지 내륙물류 전문업체 B사의 견적을 접수해 실제 운임을 대입하였다. 이러한 연구는 본 연구에서 사례로든 기업뿐만 아니라 새로운 산업 또는 기업의 신규입지 검토시 전사적 공급사슬과 물류관점의 시사점을 제시할 수 있을 것이다.

II. 자동차 산업 현황

1. 자동차 산업 공급사슬의 특징과 변화

글로벌 자동차생산은 2017년 최대치를 경신한 이후 점차 감소하였으며 2020년은 코로나19의 영향으로 약7,820만대를 생산하는 데 그쳤다. 그중 미국은 코로나19의 피해가 가장 극심한 국가 중 하나로 자동차생산 역시 상당 수준 줄어들었다. 코로나19는 자동차 생산실적에도 영향을 미쳤지만 자동차 기업들의 장기적 공급사슬 운영에도 영향을 미치게 되었다(Ha Young-Kyou and Woo Su-Han, 2020a).

미국은 2016년 1,220만대를 생산한 이후 지

Table 1. Top 10 automobile manufacturer

(unit : million)

Division		2017	2018	2019	2020	
1	China	29.0	27.8	25.7	China	25.2
2	USA	11.2	11.3	10.9	USA	8.8
3	Japan	9.7	9.7	9.7	Japan	8.1
4	German	6.2	5.6	5.1	German	3.8
5	India	4.8	5.2	4.5	Korea	3.5
6	Mexico	4.1	4.1	4.0	India	3.4
7	Korea	4.1	4.0	4.0	Mexico	3.1
8	Brazil	2.8	2.9	2.9	Spain	2.3
9	Spain	2.7	2.8	2.8	Brazil	2.0
10	France	2.3	2.3	2.2	Russia	1.4
Global Total		98.7	98.5	93.2	78.2	

Source: KAMA (accessed on ; 2021.02.18.)(<http://www.kama.or.kr/TotalBoardController>)

Table 2. U.S. import regulation against steel and automotive

Division	Regulation target	Consequence
Anti-dumping	Steel plate for automobile	Tariff : 0.00% ~ 9.59%
Section 232	Steel · Aluminium	Tariff : 25%, 10% (Quota for Korea)
USMCA	Parts for automotive	Regional Value Content (65%~75%)
	Steel for automotive	70% of purchase of steel in N.A

Source: Ha Young-Kyou, Woo Su-Han (2020b)
 USTR USMCA Agreement (accessed on : 2021.02.17.)
 (<http://usmca.com/rules-of-origin-usmca/>)

속적으로 생산량이 줄어들고 있다. 2018년부터 전 세계적으로 자동차 생산량이 줄고는 있으나 2017년 세계 자동차 생산이 늘어나는 동안 미국의 생산량은 1,120대로 줄어들었으며 이후로도 감소세를 보이고 있다. 이는 미국내 자동차 시장수요가 2019년 1,706만대, 2020년 1,458만대인 것을 감안하면 상당수를 수입에 의존하고 있다는 의미다.

이에 트럼프 대통령은 선거 초기부터 미국 우선주의적 공약으로 러스트벨트 지역의 지지를 받아 왔으며 자동차생산용 강관의 반덤핑/상계관세, 무역확장법 232조, USMCA등을 연달아 적용하며 수입에 의존하고 있는 자동차 산업을 지속적으로 압박하였으며 바이든 행정부

역시 통상정책에서는 트럼프 행정부의 정책을 이어가는 듯하다(Ha young-Kyou and Woo Su-Han, 2020b).

〈Table 2〉에서 보는 바와 같이 미국은 다양한 방법으로 한국과 주변국들로부터의 철강·자동차 수입을 강력하게 규제하고 있다. 현대제철, 포스코 같은 한국 철강사의 자동차용 강관에 고관세를 부과하고 무역확장법 232조를 통해서도 수입 철강에 대한 25%의 관세를 일괄 적용시켰으며 한국 등 일부 국가에 대해서는 쿼터제를 적용하여 자국에 꼭 필요한 품목을 선별적으로 수입중이다. 또한, NAFTA 2.0으로 불리는 USMCA를 통해 자동차 부품의 역내 부가가치 비율을 인상시켜 자동차 제조사 최소

Table 3. FDI to the U.S

Division	FDI Total (Million)	Automotive FDI Total (Million)
2002	608	1
2003	1,092	285
2004	1,424	319
2005	1,272	303
2006	1,921	62
2007	3,622	143
2008	5,120	214
2009	3,626	637
2010	3,455	144
2011	7,442	140
2012	5,925	30
2013	5,869	90
2014	5,961	35
2015	7,050	62
2016	13,670	66
2017	15,318	214
2018	11,219	58
2019	15,370	126
2020	14,730	125

Source: Statistic of Foreign Direct Investment (accessed on ; 2021.03.20.)
<https://stats.koreaexim.go.kr/sub/detailedCondition.do>

70%의 북미 철강 제품을 쓰도록 규정함으로써 미국내 생산기반을 둔 자동차 제조업체의 가치사슬 기반을 흔들고 있다.

자동차는 철저한 계획생산이 이루어지는 여러 부품의 결합체다. 자동차 생산과 직간접적으로 연계된 여러 업체가 자동차 생산계획에 맞추어 생산활동을 하고 있으며 특정 부품하나의 결함은 자동차 공급사슬 참여자 모두를 멈추게 하는 결과를 가져온다. 앞서 언급한 코로나19와 통상규제 등은 미국에 진출한 여러 자동차 공급사슬 참여자를 위협하고 생산량 감소라는 실질적 타격을 주었으며 이러한 대외적 이슈는 불확실성 높은 상황에 대한 대응능력을 향상하고자 공급망 다변화, 현지 생산, 현지 투자를 고민하게 만들었다.

2. 한국 자동차 산업의 對미국 해외직접 투자

해외직접투자에는 여러 가지 이유가 있겠지

만 일반적으로는 현지 시장 확보와 통상규제를 우회하기 위한 이유가 많았다. 한국 자동차 산업의 미국 투자는 미국의 자동차 통상규제 회피를 위한 2005년 현대자동차의 알라바마 공장 투자로 알려져 있으나 실질적 투자는 1985년 현대자동차 법인 설립(Hyundai Motor America)을 시작으로 본격화되었다.

한국 자동차 산업은 1985년 현대자동차 법인 설립 및 1986년 엑셀 수출을 시작으로 본격적인 미국 투자를 진행하였으나 <Table 3>에서 볼 수 있듯이 2002년까지의 자동차 산업 해외직접 투자금액은 미미한 수준이었다. 2003년부터 본격적인 공장 설립 준비를 하며 해외직접 투자금액이 폭증하였으며 2009년 기아자동차 조지아 공장의 설립과 맞물려 6억 달러의 투자를 초과하기도 하였다.

자동차 산업의 미국 해외직접 투자는 향후로도 꾸준히 증가할 것으로 예상된다. 앞서 언급한 완성차, 철강등 외에도 타이어, 배터리 업체의 현지 투자가 활발하게 진행되고 있는 상황

이다. 타이어의 경우 2020년 14.24%~38.07%의 고관세를 부과받은 바 있다. 이에 대해 한국 타이어 3사 모두 증설을 진행하거나 검토 중인 단계이며 LG, SK등의 한국 배터리 업체는 현지 시장 공략을 목표로 현지 자동차 관련 업체와 합자하여 현지 배터리 생산공장을 건설 진행 중이다.

Ⅲ. 이론적 배경과 선행연구

자동차 산업은 단순 기계 산업이 아닌 기계, 철강, 전자, IT, 물류, 서비스등 여러 가지 산업의 집약체다. 이와 관련된 많은 연구가 있었으며 그중 자동차 공급사슬과 관련해 빠지지 않고 언급되는 내용이 JIT (Just In Time) 이다. 자동차 산업의 해외 진출에 따른 국제운송이 증가하고 관리해야 할 범위도 자연스럽게 늘어남에 따라 자동차 물류의 중요성을 인식하고 그 특징에 따른 물류대응이 더욱 중요한 상황이다. 본 연구에서는 해외직접투자의 이론적 배경과 JIT(Just In Time)을 기반으로 한 자동차 공급망 관리의 특징을 살펴보고자 한다.

1. 자동차 산업의 해외직접 투자

해외직접투자와 관련된 이론은 크게 독점적 우위 이론, 내부화 이론, 절충이론등이 있다. 독점적 우위 이론은 Kindleberger (1969)가 정립한 이론으로 기업은 규모, 경영능력, 국제화 경영, 특허등의 경쟁우위 요소로 해외직접투자를 할 수 있다고 주장한다. 내부화 이론은 Buckley (1976), Casson (1985)등에 정립되었으며 내부자산을 이용해 구매 불확실성을 낮추고 품질을 유지하는 등 외부 리스크를 회피할 수 있다고 주장한다. 다만, 언급한 두가지 이론은 불확실성이 강한 현지 시장에서 발생할 리스크에 대한 대응방안 제시가 부족하며 리스크 극복이 어렵다면 왜 해외직접투자가 아닌 수출, 위탁생산을 대안으로 삼지 않는지에 대한 설명이 부족하다는 지적을 받고 있다.

앞서 언급한 두가지 이론에 장소 특유의 우

위 요소인 비용절감 요인, 인프라, 현지 정부의 인센티브, 시장 인접성등을 기업 내부 강점과 결합하여 이론화시킨 것이 Dunning (1980)의 절충이론으로 많은 연구자들이 해외투자에 대한 입지의 중요성을 언급하고 있다(Suh Jeong-wook, 2004; Sturgeon, Biesebroek and Gereffi 2008; Akcaoglu and Erol, 2011, Ana and Mayrhofer, 2011)

Suh Jeong-Wook(2004)는 현대자동차의 미국 투자의 주된 이유가 대미 통상마찰 완화라고 주장하였다. 현대자동차는 미국 생산법인 설립을 위한 투자환경 분석을 진행하며 물류 인프라, 항구 인접성, 자동차 산업의 집적도, 정부 인센티브등을 고려하였다.

Sturgeon, Biesebroek and Gereffi (2008)은 자동차 제조사들의 미국 투자 성공 요인을 분석하며 시장 인접성과 동종 산업의 집적이 입지 결정의 주요 요인이라 주장하였다.

Akcaoglu and Erol (2011)는 현대자동차의 체코, 터키 진출사례를 분석하며 주요 고려 요인으로는 노동력, 기술력, 물류인프라, 기타자본 요소등이 갖춰진 곳이 최적입지라 주장하였다.

Ana and Mayrhofer (2011)은 글로벌 TOP20 자동차 제조사 사례를 분석하며 소비시장 인접성과 관련 산업의 가치사슬 연계 여부가 해외 직접투자의 입지선정에 가장 중요한 요소임을 주장하였다.

2. 자동차 산업의 특징과 공급사슬 관리

일반적 의미의 공급망은 기업의 원재료를 획득, 생산, 판매까지의 물리적 행위 내지는 프로세스를 의미한다. 그리고 제품 기획, 원재료 구매, 조달, 판매등 전 과정에 대한 최적화 관리행위를 공급사슬 관리(Supply Chain Management : SCM)라고 한다.

산업의 특징에 따라 공급사슬 관리기법과 중점 관리요소가 달라지겠으나 자동차 산업에 있어서 가장 중요한 요소는 JIT(Just In Time)으로 대변되는 물류 정시성이다.

Ananth, Seshadri and Vasher (2010)은 통

관, 항만 통제, 파업등 물류안정성에 영향을 미치는 문제가 발생한 경우 비용증가를 감안하더라도 항공운송을 진행한 사례를 소개하며 자동차 조달 물류에 있어서의 정시성을 강조하였다.

Nil et al. (2015)은 자동차 부품 물류 지연은 생산라인의 막대한 손해로 이어지기 때문에 사전에 긴급 물류루트, 대체운송수단을 준비해야 함을 주장하였다.

Verny and Christophe (2009)는 아시아-유럽 물류루트에 대해 TSR, 북극항로, 항공, 해상-항공 복합운송루트를 제시하여 비교하였으며 주요 비교요인은 거리, 리드타임, 비용등이 있었다.

Ha Young-Kyou and Woo Su-Han (2020a)는 코로나19 상황에서 자동차 생산업체의 공급 사슬 및 물류관리 측면의 대응사례와 전략을 제시하였다. 물류 정시성, 안정성이 요구되는 자동차 산업의 특성상 외부 위협요인 회피에 대한 근본적인 해결책으로 공급사슬 다변화, 해외생산 거점 구축, 대체물류루트 마련등이 있다고 주장하였다.

비용적 요인 외에도 고려할 점이 많은데 많은 연구자들에 의해 리드타임, 항구 적체율, 안정성, 통관, 보안, 편의성 등이 종합적으로 고려되어야 한다고 주장 되었다(Sun and Lu, 2010; Wang and Yeo Gi-Tae, 2018; Kim Yong-Kuk, Park Keum-Sik and Kim Jun-Seung, 2019).

3. 최적 입지선정 관련 연구

입지선정 관련 대표적인 방법으로는 중력모형, 선형계획법, 혼합정수계획법, P-median, AHP 등이 있다. 입지선정 관련 선행연구를 분석한 결과 각 방법별 장단점이 있어 상황에 맞는 최적의 모델로 분석하되 단점을 극복하기 위해 두 개 이상의 모델이 결합된 방식을 쓰기도 한다.

중력모형은 뉴턴의 두 물체가 끌어당기는 힘이 그 질량의 곱에 비례하고 거리는 제곱에 반 비례한다는 물리학을 기초로 하며 이는 국제무역, 인구학적 공간 상호작용 분석, 입지선정등에 사용되어 왔다.

Chen and Wei (2010)은 하나의 공장 또는 창고에서 다수의 장소로 운송을 할 때는 수요 공급, 거리, 시간을 비용화 시켜 최적의 중간지

점 (Center Gravity Model)을 선택할 수 있다고 주장하며 고려요인별 분석방법을 예시를 들어 제시하였다. 이 경우 가장 중요하다고 생각되는 요인 하나 또는 복수의 요인을 선택하여 최적 중심점을 도출하여 비용 최소화를 이룰 수 있다고 주장하였다.

Zhao (2014)는 복수의 수요처가 존재할 경우 전통적인 비용관점(재고비, 운송비, 시간등)의 분석이 아닌 무게 중심적 중간지점을 도출할 경우 최적의 물류 입지를 선정할 수 있다고 주장하였다.

중력모형 외에 입지선정과 관련된 주요의사결정 방법으로는 선형계획법이 있다. 의사결정 변수를 투입하여 목적함수를 최적화시키는 방법을 선형계획법이라 하는데 일반적으로 의사결정 변수가 정수인 경우를 정수 선형계획법(Integer Linear Programming)이라 하며 변수 일부가 정수인 경우를 혼합정수 계획법(Mixed Integer Linear Programming)이라 한다. 이는 군사학적 수송, 할당의 의사결정에 사용되어 발전하였으나 현재는 군사학 외에도 경제학, 최적 경로, 최적 분배·할당 문제 등의 의사결정에 널리 쓰이고 있다.

Hwang Seung-June, Kim Tai-Young and You Jai-Sik (2010)은 제한된 설비로 다양한 제품군을 제조하는 자동차 부품업체의 생산특성에 대해 설명하며 혼합정수계획법을 활용한 다 품종 제조 시스템 내에서의 최적 생산 방안에 대해 연구하였다.

Burak and Yaman (2012)는 선형계획법을 이용하여 트럭과 선박을 이용한 복합운송의 최저비용 구간을 도출하였으며 Park et al. (2016)은 혼합정수계획법을 이용하여 스포츠행사에서 선수단을 복수의 숙소에서 경기장까지 가장 빠른 시간에 최소의 비용으로 운송하는 수송 계획모형을 설계하였다. 본 연구에서는 운행 회수를 주요 변수로 하고 목적함수는 수송비용으로 하여 시뮬레이션을 진행하였다.

그 외 많은 연구자들에 의해 공급사슬 관점의 분배, 최적화, 관리 관점으로서의 최적화 기법이 사용되었다 (Edgar, Ydstie and Grossmann, 2003; Alessandro, Dallari and Rossi, 2012; Truong and Azadivar, 2015).

Table 4. Study on Location Planning Using optimum technique

Author	Analysis Object and Factors	Methodology
Yoo Nam-Hoon Ban Yong-Un Jeong Sang-Kyu (2013)	Park	Distance, Population
Zi-xia and Wei(2010) Zhao Xueying(2014) Shahzad,Mohammad(2017)	Methodology Explanation	Distance Weight Lead Time
Alessandro et al.(2012) Truong and Azadivar(2005) Edgar,Ydstie,rossmann(2003)	Logistics Networks	Cost, Distance Demand
Hwang Seung-June Kim Tai-young You Jai-Sik (2010)	Methodology Explanation	Cost, Inventory Setup Time
Park et al.(2016)	Transportation Planning	Cost, Distance Setup Time
Choi Kee-Choo Kim Suk-Hee Shin Kang-Won (2001)	Gas Storage	Distance, Demand
Alexandris and Giannikos(2010)	Bank	Distance

Source: Author

Table 5. Research Procedure, data use and methodology

Division	Phase 1	Phase 2	Phase 3
Contents	Need for Research	Optimal location	Optimal location
Data	Korea-US trade dispute case	US Population	US Population Logistics Cost
Methodology	Case study	Gravity model	MILP

Source: Author

IV. 실증분석

1. 연구절차와 방법

본 연구의 목적은 자동차 생산 공장의 최적 입지를 도출하여 미국내 수요를 현지에서 대응함으로써 최적의 자동차 공급사슬을 구축함에 있으며 이러한 연구는 자동차 산업을 바탕으로 한 장기적인 한-미 경제협력 체계의 좋은 선례가 될 것으로 기대한다.

본 연구에서는 먼저 한국 자동차 산업이 처해있는 현실을 바탕으로 자동차 생산 공장 건설의 필요성을 제기한다.

2단계에서는 신설공장에서 생산된 자동차가 미국의 도시별 인구에 비례하여 판매된다는 가정으로 중력모형을 통한 판매관점의 중심점을 선정한다. 이를 위해 미국 인구의 약 50%를 차지하는 메트로폴리탄 시티 Top30을 좌표화 시켰으며 각 도시의 위치를 x, y 좌표로 표시하였다.

3단계에서는 혼합정수계획법을 이용하여 기존 합계 60만대를 생산하는 현대·기아 자동차의 미국공장을 포함해 총 120만대에 대해 최소비용 분배 관점에서 최적 입지를 재선정한다. 이를 위해 2단계에서 선정된 판매중심점과 한국에서 해상 직항노선이 있는 대도시 3곳을 임의 선정하여 총 4곳의 후보입지를 선정하였으

Table 6. Coordinate setting and vehicle sales assumptions for each US metropolitan city

(Unit : Thousand, Vehicle)

Division	City	Population		Car sales	x coordinate	y coordinate
1	New York	19,979	13.4%	80,342	59.0	25.5
2	LA, Long Beach	13,291	8.9%	53,448	5.5	14.0
3	Chicago	9,499	6.4%	38,197	42.5	24.0
4	Dallas	7,540	5.1%	30,319	33.0	9.0
5	Houston	6,997	4.7%	28,138	35.0	4.5
6	Washington D.C	6,250	4.2%	25,133	57.0	20.0
7	Miami	6,199	4.2%	24,927	56.0	1.0
8	Philadelphia	6,096	4.1%	24,515	58.0	24.0
9	Atlanta	5,950	4.0%	23,926	50.0	12.0
10	Boston	4,875	3.3%	19,605	61.0	29.0
11	Phoenix	4,858	3.3%	19,535	13.0	12.0
12	San Francisco	4,729	3.2%	19,018	3.0	22.0
13	Riverside, Ontario	4,622	3.1%	18,588	6.0	14.0
14	Detroit	4,326	2.9%	17,398	49.0	26.0
15	Seattle	3,939	2.6%	15,841	6.0	35.0
16	Minneapolis	3,629	2.4%	14,594	37.0	28.0
17	San Diego	3,343	2.2%	13,444	6.5	11.5
18	Tampa	3,143	2.1%	12,637	53.0	4.0
19	Denver	2,932	2.0%	11,792	23.0	20.0
20	Saint Louis	2,805	1.9%	11,281	41.0	19.0
21	Baltimore	2,803	1.9%	11,271	57.0	27.0
22	Orlando	2,573	1.7%	10,346	55.0	5.0
23	Charlotte	2,569	1.7%	10,331	54.0	15.0
24	San Antonio	2,518	1.7%	10,126	31.0	4.0
25	Portland	2,479	1.7%	9,968	6.0	32.5
26	Sacramento	2,345	1.6%	9,431	3.0	22.0
27	Pittsburgh	2,325	1.6%	9,348	53.0	24.0
28	Las Vegas	2,232	1.5%	8,974	10.0	16.0
29	Cincinnati	2,190	1.5%	8,807	48.0	20.5
30	Austin	2,168	1.5%	8,719	32.0	5.0
	Total	149,208	100%	600,000		

Source: Statista (accessed on 2021.02.20.)

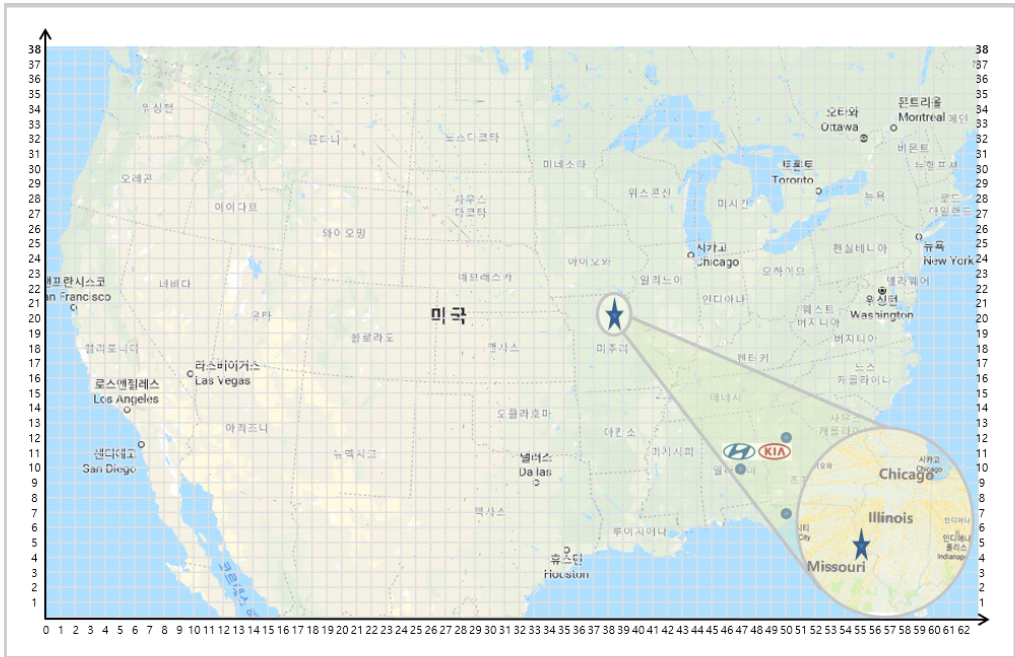
<https://www.statista.com/statistics/183600/population-of-metropolitan-areas-in-the-us/>

며 4곳의 후보입지 중 기존 현대·기아자동차 2개 공장과 함께 조달물류비, 판매물류비의 최저점이 되는 한곳을 최적 입지라 한다.

본 연구를 진행하기 위한 가정은 다음과 같다. 첫째, 생산된 자동차는 도시별 인구에 비례하게 판매된다. 둘째, 신설공장에서는 60만대

의 차량을 생산한다. 셋째, 생산 공장에서 각 도시의 중심지까지 판매 물류가 발생하며 그 이후 분배는 현지 딜러에 의해 발생한다. 넷째, 미국내 생산 차종은 미국에서만 판매된다. 다섯째, 조달 물류는 부산에서부터 발생하며 조달 물류 조건은 인코덱스 DAP로 물류 관련 부

Fig. 1. Optimal Location by Center-Gravity-Model



Sources: Author

대비용은 해상운임에 포함된다. 여섯째, 차량 한대에 1톤의 강관이 소요되며 이는 복수의 철강사에 의해 미국에서 조달한다. 일곱째, 신설 공장에서 생산되는 차량은 기존공장과의 생산 모델과 판매지역이 겹치지 않는다.

2. 중력모형을 이용한 판매중심 입지선정

앞서 언급한 바와 같이 본 연구에서의 입지 선정은 판매 물류 관점의 최적 입지선정을 의미한다. 제조업의 물류비 구성중 판매물류비의 비중이 가장 높음을 고려하여 미국내 판매를 중심으로 한 입지를 선정하였다. 총 60만대의 차량이 신설공장에서 생산되어 각 도시별 인구에 비례하여 판매되며 판매중심점을 구하기 위한 중력모형의 공식과 정의한 기호는 아래와 같다. 본 공식은 인구중심의 판매입지를 도출하기 위한 수식으로 물류비는 별도 발생하지 않아 1로 계산한다.

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n c_i w_i x_i}{W}, Y = \frac{\sum_{i=1}^n c_i w_i y_i}{W} \quad (1)$$

W = 총 수요 (600,000)

w_i = 각 도시별 수요

x_i = X 좌표

y_i = Y 좌표

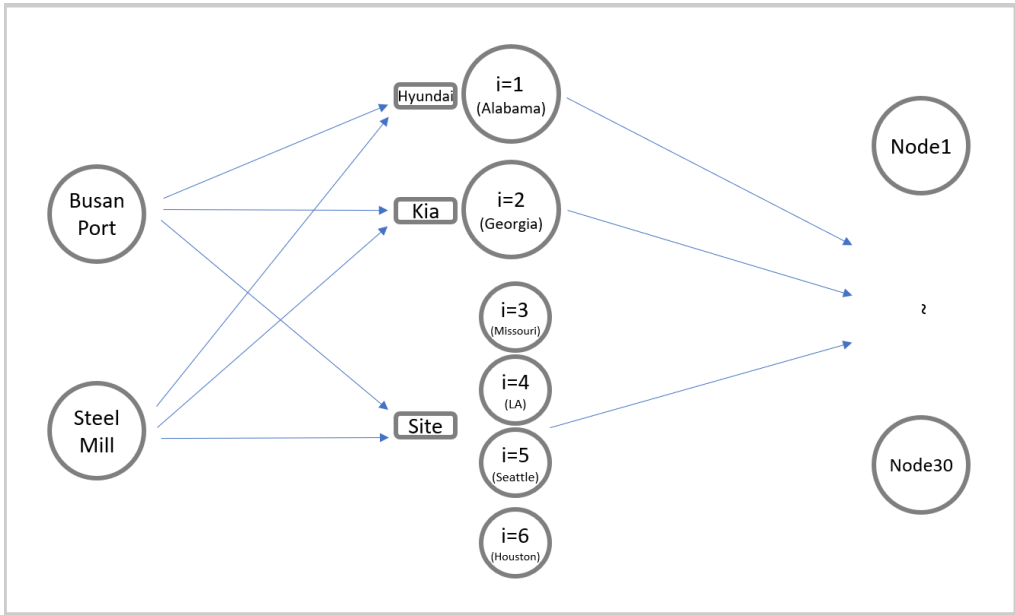
c_i = 물류비 (물류비가 없는 경우 1로 계산)

(1)의 공식으로 계산한 결과 각 도시 인구 중심점을 구할 수 있었으며 선정된 입지는 미주리주 동북부 지역 (X 좌표 : 36.9, Y 좌표 : 17.9)으로 일리노이주 경계와 인접한다.

3. 혼합정수 계획법을 이용한 최적 입지선정

중력모형을 이용하여 인구 중심적 결과치를 도출하였으나 이는 기존 존재하는 현대자동차 (Alabama), 기아자동차(Georgia)의 생산과 판매를 고려하지 않은 결과이다.

Fig. 2. Structure of Research



Sources: Author

따라서, 본 분석에서는 한국에서 컨테이너 직항노선이 있는 대도시 LA, 시애틀, 휴스턴을 임의 선정한 다음 혼합정수계획법을 이용하여 기존 현대·기아자동차 2개 공장의 생산량을 합쳐 미국 전역으로 분배할 수 있는 최저점을 도출한다.

즉, 기존의 현대·기아자동차 60만대, 신규 입지 생산량 60만대 총 120만대를 생산하여 미국 30개 도시로 분배하는 선형계획법에 조달물류비를 추가하여 최소값이 되는 목적함수를 도출한다.

1) 모형 기호

본 연구에서 정의하는 기호는 아래와 같다.

- $i1$ 현대자동차 (*Hyundai motors*)
- $i2$ 기아자동차 (*Kia motors motors*)
- $i3$ 미주리주 (입지 후보지1)
- $i4$ LA (입지 후보지2)

- $i5$ 시애틀 (입지 후보지3)
- $i6$ 휴스턴 (입지 후보지4)
- F_i 공장 총생산량 (공급계약)
- J 미국 도시 집합
- j 도시 번호 $j \in J$
- x_{ij} 공장 i 에서 j 까지의 수송량
- c_{ij} 공장 i 에서 j 까지의 물류비
- Y_i 부산에서 i 공장까지의 수송량
- b_i 부산에서 i 공장까지의 물류비
- k_i 미국내 조달가능한 철강사
- Zk_i 철강사 k 에서 공장 i 까지 수송량
- ak_i 철강사 k 에서 공장 i 까지 물류비
- d_i 0, 1

Table 7. Import Procurement Logistics Cost from Busan, Korea

Division	Candidate	Total Production	Distribution Cost
Hyundai Kia	Missouri	1,200,000	\$ 688,986,140
	LA		\$ 552,397,610
	Seattle		\$ 636,423,289
	Houston		\$ 639,332,539

Source: Author

2) 목적함수

목적함수는 기존공장 2곳을 포함한 6곳 중 3곳의 조달물류비, 판매물류비가 최소가 되는 값을 찾는 것으로 식(2)와 같으며 구조정의는 <Fig 2>와 같다.

$$\min \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^{30} C_{ij} X_{ij} + \sum_{i=1}^6 b_i Y_i + \sum_{k=1}^2 \sum_{i=1}^6 a k_i Z k_i + \sum_{i=3}^6 d_i \tag{2}$$

3) 제약조건

본 논문의 제약조건은 각 공장별 생산 능력 제약과 부산항의 처리 가능한 물동량 제약 그리고 철강사에서 각 공장으로 공급 가능한 Capa 제약으로 구분된다. 먼저 각 공장별 공급 제약은 (3)과 같으며 기존의 현대·기아 자동차는 각각 30만대, 신철공장은 60만대로 가정한다. 그리고 각 공장에서 수요지까지의 제약 식은 (4)와 같다.

$$\begin{aligned} \text{현대} : \sum_{j=1}^{30} X1_j &\leq 30\text{만대}, \\ \text{기아} : \sum_{j=1}^{30} X2_j &\leq 30\text{만대}, \end{aligned} \tag{3}$$

$$\text{신철} : \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{30} X3_j \leq 60\text{만대}$$

$$\text{기존 공장 공급제약} : \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^{30} X_{ij} \leq F \tag{4}$$

$$\text{후보지 공급제약} : \sum_{i=3}^6 \sum_{j=1}^{30} X_{ij} \leq F_i L$$

부산항에서 각 공장까지의 컨테이너 조달물류 제약식은 (5), 미국내 철강사 2곳에서 각 공장까지의 조달물류 제약식은 (6)과 같다.

$$\text{부산항물동량처리} : \sum_{i=1}^6 Y_j \leq B \tag{5}$$

$$\text{철강사 1} : \sum_{i=1}^6 a1_i z1_i \leq K1, \tag{6}$$

$$\text{철강사 2} : \sum_{i=1}^6 a2_i z2_i \leq K2$$

4) 분석결과

본 분석을 위하여 글로벌 포워딩 A社の 물류비(해상운임, 도착지 내륙운임)와 완성차 운송 건적 업체 B社로부터 받은 물류비를 토대로 EXCEL 해 찾기 기능과 QM for Windows 5.3의 Linear Programming을 이용하였다.

Linear Programming을 통해 기존공장과 후보 지역의 판매물류비를 구한 결과 기존 2개공장과 LA의 조합이 가장 낮은 판매물류비를 도출하였다. 기존 2개 공장이 동부지역의 판매를 담당하고 인구가 밀집한 서부지역은 LA에서 분배를 하기에 적합하여 판매관점에서 최적 운임을 도출한 것으로 분석된다.

반대로 대부분의 철강사에 인접한 미주리주와 기존 현대·기아자동차에 철강재를 공급하고 있는 알라바마주 철강사에 인접한 휴스턴의 경우 LA 대비 각각 46%, 61% 수준의 낮은 철강재 조달물류비가 발생하며 판매물류비와 철강재 조달물류비를 합한 결과에서는 매우 근소한 차이지만 휴스턴에서 가장 낮은 물류비가 발생하였다.

Table 8. Steel Procurement Logistics Cost

Division	Production	Volume	Logistics Cost	Total Cost
Steel Mill 1 (Cincinnati, OH)	Hyundai	150,000	150,000 ton	\$ 21,577,500
	Kia	150,000	150,000 ton	\$ 20,587,500
	Missouri	300,000	300,000 ton	\$ 26,775,000
	LA	300,000	300,000 ton	\$ 112,095,000
	Seattle	300,000	300,000 ton	\$ 167,625,000
	Houston	300,000	300,000 ton	\$ 78,480,000
Steel Mill 2 (Mobile, AL)	Hyundai	150,000	150,000 ton	\$ 6,322,500
	Kia	150,000	150,000 ton	\$ 9,292,500
	Missouri	300,000	300,000 ton	\$ 45,405,000
	LA	300,000	300,000 ton	\$ 111,960,000
	Seattle	300,000	300,000 ton	\$ 191,835,000
	Houston	300,000	300,000 ton	\$ 36,180,000

Source: Author

Table 9. Import Procurement Logistics Cost from Busan, Korea

Division	Production	Volume	Logistics Cost/FEU	Total Cost
Hyundai	300,000	3,000 FEU	\$ 2,700	\$ 13,500,000
Kia	300,000	3,000 FEU	\$ 2,700	\$ 13,500,000
Missouri	600,000	5,000 FEU	\$ 3,400	\$ 24,000,000
LA	600,000	5,000 FEU	\$ 1,600	\$ 16,000,000
Seattle	600,000	5,000 FEU	\$ 1,800	\$ 18,000,000
Houston	600,000	5,000 FEU	\$ 2,400	\$ 34,000,000

Source: Author

Table 10. Optimal Location for New Factory

Division	Candidate	Production	Distribution Cost	Procurement Cost		Total Cost
				Steel	Import	
Hyundai Kia	Missouri	1,200,000	\$ 688,986,140	\$ 129,960,000	\$ 61,000,000	\$ 879,946,140
	LA		\$ 552,397,610	\$ 281,835,000	\$ 43,000,000	\$ 877,232,610
	Seattle		\$ 636,423,289	\$ 417,240,000	\$ 45,000,000	\$ 1,098,663,289
	Houston		\$ 639,332,539	\$ 172,440,000	\$ 51,000,000	\$ 862,772,539

Source: Author

마지막으로 컨테이너 조달물류비는 도출된 판매물류비, 철강재 조달물류비의 순위에 영향을 끼치지 않았다.

기존 현대, 기아자동차 공장과 후보지 4곳 각각의 판매물류비, 조달물류비가 모두 고려된 결과를 (table 10)과 같이 정리한 결과 기존 2

Table 11. Optimal Distribution Plan

(Unit : Thousand, Vehicle)

Division	City	Population		Hyundai Alabama	Kia Georgia	New Factory
1	New York	19,979	13.4%			160,684
2	LA, Long Beach	13,291	8.9%	106,897		
3	Chicago	9,499	6.4%			76,393
4	Dallas	7,540	5.1%		60,638	
5	Houston	6,997	4.7%	56,276		
6	Washington D.C	6,250	4.2%			50,265
7	Miami	6,199	4.2%		49,854	
8	Philadelphia	6,096	4.1%			49,030
9	Atlanta	5,950	4.0%			47,852
10	Boston	4,875	3.3%			39,210
11	Phoenix	4,858	3.3%	39,070		
12	San Francisco	4,729	3.2%		38,037	
13	Riverside, Ontario	4,622	3.1%	10,475	26,700	
14	Detroit	4,326	2.9%			34,795
15	Seattle	3,939	2.6%		31,682	
16	Minneapolis	3,629	2.4%			29,188
17	San Diego	3,343	2.2%	26,889		
18	Tampa	3,143	2.1%			25,275
19	Denver	2,932	2.0%	23,584		
20	Saint Louis	2,805	1.9%		22,563	
21	Baltimore	2,803	1.9%			22,541
22	Orlando	2,573	1.7%			20,693
23	Charlotte	2,569	1.7%			20,663
24	San Antonio	2,518	1.7%		20,251	
25	Portland	2,479	1.7%		19,936	
26	Sacramento	2,345	1.6%	18,861		
27	Pittsburgh	2,325	1.6%			18,697
28	Las Vegas	2,232	1.5%	17,948		
29	Cincinnati	2,190	1.5%		12,901	4,714
30	Austin	2,168	1.5%		17,438	
	Total	149,208	100%	300,000	300,000	600,000

Source: author

개 공장과 휴스틴의 조합이 가장 낮은 물류비가 나타나는 것으로 분석되었다. 휴스틴을 새

로운 입지로 한 총 120만대에 대한 3개 공장의 분배계획은 <table 11>과 같다.

V. 시사점 및 결론

미국의 통상규제는 오래전부터 존재하였으나 트럼프 대통령 당선 이후 미국은 해외 기업의 적극적인 현지 투자를 독려하였으며 그렇지 않으면 사업을 지속하기 어려울 정도의 통상규제를 적용해왔다. 이미 많은 기업에서 미국 투자를 고민하고 있으며 이는 철강, 자동차 업계 또한 예외가 될 수는 없을 것이다.

이에 따라 본 연구는 트럼프 행정부 출범으로 본격화된 미국의 통상규제로 인한 자동차공장 신규 건설을 가정하여 최적 입지와 최적 분배방안을 도출하였으며 그 결과는 자동차 산업뿐만 아니라 미국 신규진출 또는 추가 투자를 고민하고 있는 기업들에게 시사점과 대응방안을 제시할 수 있을 것이다. 본연구의 연구 방법으로는 사례분석, 중력모형, 혼합정수 계획법이 사용되었다.

우선, 중력모형을 응용하여 최적 입지를 설정하는 Center-Gravity-Model을 이용하여 판매중심지를 선정하였다. 미국내 현대·기아자동차 수입분을 미국 생산분으로 대체하고 이는 각 주별 인구나 비례하게 판매한다고 가정하였

다. 그 결과 판매중심점은 미주리주 동북부 지역으로 도출하였다.

하지만, 판매물류비만으로 입지를 선정하기에는 부족한 점이 있어 혼합정수계획법을 사용하여 본국으로부터의 수입부품과 현지에서 조달하는 철강재 물류비를 추가하여 물류비가 최저비용이 되는 지점을 재선정하였다. 적합한 후보지 선정을 위해 중력모형으로 선정된 후보지 1곳에 한국으로부터 해상 직항노선이 있는 대도시 3곳을 후보지로 추가 선정하여 기존의 현대·기아자동차 공장 2곳과 후보지 4곳을 조합하여 물류비 총합이 최저점이 되는 곳을 최적 후보지라 하였다.

다만, 본 연구의 한계점으로는 실제 판매물류비와 후보 지역별 지가를 고려하지 않았다는 데에 있다. 만약 각 지역별 신설공장 생산 차량의 구매의향에 대해 분석하여 지역별 판매량을 예상하고 판매 물류 계약을 전제로 재건적을 받아 본 연구의 모형을 사용하여 재분석한다면 본 연구의 결과와 다른 결과치를 도출해 볼 수도 있을 것이다. 또한 각 지역별 상이한 지가를 추가하여 분석한다면 또 다른 결과가 나올 수 있어 추가적인 연구가 필요하다고 생각된다.

References

- Akcaoglu, Emin and C. Erol (2011), "The Race between the Czech Republic and Turkey for Hyundai's Investment in Europe", *Transnational Corporations Review*, 3(4), 71-86.
- Ana, Colovic and Ulrike Mayrhofer (2011), Optimizing the Location of R&D and Production Activities Trends in the Automotive Industry, *European Planning Studies*, 19(8), 1481-1498.
- Ananth, V., S. Seshadri and R. Vasher (2010), *Toyota Supply Chain Management : A Strategic Approach To The Principles Of Toyota's Renowned System* (1st ed.), NY: The McGraw-Hill companies.
- Alessandro, C., F. Dallari and T. Rossi (2012), "An Integrated Model for Designing and Optimising and International Logistics Network", *International Journal of Production Research*, 50(11), 2925-2939.
- Alexandris G and Giannikos I (2010), A New Model for Maximal Coverage Exploiting GIS Capabilities, *European Journal of Operational Research*, 202, 328-338.
- Burak, A. and H. Yaman (2012), "An Intermodal Multi Commodity Routing Problem with Scheduled Services", *Computing Optimization Application*, 53(1), 131-153.

- Chen, Z. and H. Wei (2010), "Study and Application of Center-of-Gravity on the Location Selection of Distribution Center", *IEEE*, 2, 981-984.
- Cho, Geon and Jae-Young Kang (2016), "A Study on the Facility Location for the State-Run Local Government Using AHP: Focused on the Case of the Agricultural Technology Center in M province", *The Korean Academic Association of Business Administration*, 29(3), 377-396.
- Choi, Nam-Suk (2018), "Impact of U.S. Trade Pressure on Korean Domestic Automobile Industry. Centering on Trade Protectionism Expansion", *Korea Trade Review*, 43(5), 25-45.
- Choi, Kee-Choo, Suk-Hee Kim and Kang-Won Shin (2001), "Oil Tank Location Problem Solving with Mixed Integer Programming & GIS", *Korean Society of Transportation*, 19(5), 99-108.
- Chopra, S. and P. Meindl (2009), *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation* (4th ed.), New Jersey: Prentice-Hall.
- Dan C. and J. Xiao (2018), *Quantifying the Impacts of the US Section 232 Steel and Aluminum Tariff*, (C.D. Howe Institute Working Paper), Toronto, Canada: C.D. Howe Institute. Available from <https://ssrn.com/abstract=3190699>.
- Dan C. (2019), *How U.S. Trade Policy Has Changed under President Donald Trump Perceptions from Canada* (SSRN 3362910). Available from <https://ssrn.com/abstract=3362910> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3362910>.
- Dong-A Ilbo (2019, May 31), "Came to Mexico Believe in Tariff-Free Export to North America". Available from <http://www.donga.com/new/article/all/20190531/95794729/1>
- Edgar, P., B. E. Ydstie and I E. Grossmann (2003), "A Model Predictive Control Strategy for Supply Chain Optimization", *Computer and Chemical Engineering*, 27, 1201-1218.
- Ha, Young-Kyou and Su-Han Woo (2019a), "A Study on U.S. Commercial Public Policy on Automotive and Steel Against Korea", *International Commerce and Information Review*, 21(2), 143-161.
- Ha, Young-Kyou and Su-Han Woo (2019b), "Effectiveness of Transportation Using TSR-The Case of Car Component Export from Korea", *Korea Logistics Review*, 29(2), 73-84.
- Ha, Young-Kyou and Su-Han Woo (2020a), "Analysis of the Impact and Global SCM Diversification on the Automotive Industry Caused by COVID19", *Korea International Commerce Review*, 35(3), 149-169.
- Ha, Young-Kyou and Su-Han Woo (2020b), "The Policy Changes Based on the Result of the US Presidential Election" -Focusing on the Korean Automobile and Steel Industry-, *Korea International Commerce Review*, 35(4), 47-64.
- Hwang, Seung-June, Tai-Young Kim and Jai-Sik You (2010), "A Study on the Implementation of a Rolling Horizon Technique for the Production Planning of Mixed-Product Using MIP (Mixed Integer Programming)", *Korean Journal of Business Administration*, 23(6), 3533-3569.
- Jung at al. (2019), *The situation and prospects of import regulation against Korea* (Global Market Report 19-089), Seoul: Korea Trade Invest Promotion Agency(KOTRA), 2-56.
- Kim, Yong-Kuk, Keun-Sik Park and Jun-Seung Kim (2019), "A Comparative Study on the Selection of Transportation Routes and Multipath Establishment of Automotive Parts from Korea to Europe", *Korea Trade Review*, 44(6), 303-325.
- Nils, B., S. Emde, M. Hoeck, and M. Kauderer (2015), "Part Logistics in the Automotive Industry : Decision Problems", Literature Review and Research Agenda, *European Journal of Operational Research*, 242, 107-120.

- Oh, Moon-Kap (2013), "Promotion of Regional Trade Agreement and Korea's Anti-dumping Countermeasure", 15(2), *International Commerce and Information Review*, 177-204.
- Park, Yong-Kuk, Min-Goo Lee, Kyung-Kwon Jung and Young-Jin Won (2016), "Design of Mixed Integer Linear Programming Model for Transportation Planning", *Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers*, 53(11), 1754-1762.
- Ramond, R. (2018), "Why We Need the USMCA (the agreement formerly known as NAFTA)", *Mosbacher Institute for Trade, Economic and Public Policy*, 9(5), 1-4. Available from <https://hdl.handle.net/1969.1/172747>
- Sturgeon, T., Van Biesebroek, J. & Gereffi, G. (2008), "Value chains, networks and clusters : Reframing the Global Automotive Industry", *Journal of Economic Geography*, 8(3), 297-321.
- Suh, Jeong-Wook (2004), "An Analysis of the Locational Motives for the Korean Auto Industry's Investment in the U.S - Case Study of Hyundai Motor Manufacturing Alabama", *Journal of the Economic Geographical Society of Korea*, 7(1), 65-81.
- Sun, X and J. Lu (2010), *A Method of Emergency Logistics Route Choice Based on Fuzzy Theory*, ICLEM 2010: Logistics for Sustained Economic Development: Infrastructure, Information, Integration, 2813-2819.
- Truong, T. H. and F. Azadivar (2015), "Optimal Design Methodologies for Configuration of Supply Chain", *International Journal of Production Research*, 43(9), 2217-2236.
- USTR (2020), *USMCA : United States-Mexico-Canada Agreement* (Webpage). Available from <http://usmca.com/rules-of-origin-usmca/>
- Verny, J. and G. Christophe (2009), "Container Shipping on the Northern Sea Route", *International Journal of Production Economics*, 122, 107-117.
- Wang, Y. and Gi-Tae Yeo (2018), "Intermodal Route Selection for Cargo Transportation from Korea to Central Asia by Adopting Fuzzy Delphi and Fuzzy ELECTRE I Methods", *Maritime Policy & Management*, 45(1), 3-18.
- Woo, Su-Han, Sun-Nam Kim, Donw-Wook Kwak, Stephen Pettit and Anthony Beresford (2018), "Multimodal Route Choice in Maritime Transportation: The Case of Korean Auto-parts Exporters", *Maritime Policy & Management*, 45(1), 19-33.
- Yoo, Nam-Hoon, Yong-Un Ban and Sang-Kyu Jeong (2013), "Assessment of the Urban Park Location Suitability Using Gravity Model", *Korea Planning Association*, 48(4), 331-342.
- Yoo, Ji-Yeong (2017), "Issues of US Section 232 Import Measures on National Security in International Trade Law", *International Trade Law*, 138, 9-42.
- Zhao, X. (2014), "Based on Gravity Method of Logistics Distribution Center Location Strategy Research", *International Conference on Logistics Engineering, Management and Computer Science (LEMCS 2014)*, Atlantis Press, 586-589.