
Global Report

통합 운송을 위한 인벤토리 모델 리뷰

1. 서론
2. 연구문헌 선택을 위한 방법론
3. 통합 운송 - 재고 모델
4. 향후 연구

1. 서론

효과적인 재고관리(inventory management)에 관한 연구는 오래전부터 수행되었다. 1913년 Ford W. Harris에 의해 처음 도입된 EOQ(Economic Order Quantity) 기법은 고정적으로 재고량을 확장하는 데 있어 획기적인 계기가 된 잘 알려진 모델 중 하나이다. 그 이후 이 분야는 고정간격 모델, 제로 인벤토리 모델(zero-inventory models), JIT(Just-In-Time) 모델 및 VMI(Vendor Managed Inventory) 등을 포함하여 기하급수적으로 증가하였다. 한편, 교통(운송) 관리기법은 제2차 세계대전에서 처음 도입된 후, 1960년대 들어 연구영역으로 주목받기 시작하였다. 이는 몇 가지 교통모드 선택, 일정 및 라우팅을 포함한 모델링 방법에서 광대한 카탈로그를 축적하고 있다. 이 두 공급망 활동을 통합한 통합모델링은 최근에 개발되었다.

ITI(Integrated Transportation-Inventory) 모델은 운송 및 재고 결정을 모두 통합한 것이다. 운송비용과 재고비용 간 절충은 총 비용을 최소화하기 위한 최종 의사결정프로세스에서 고려되어야 하는 요소이다. 이러한 모델의 개발은 라우팅, 로트 크기 조정 및 교통정책 선택과 같은 특별한 영역에 초점을 맞춘 모델로 발전하였다. 특히 무작위 수요를 갖는 ITI(Integrated Transportation-Inventory) 및 복잡한 공급망 구성이 포함되면서 업계의 수요니즈에 보다 더 적합한 모델을 만드는 데 상당한 진전이 있었다. 이 문헌검토의 목적은 다양한 공급망 구성을 위해 지난 2년 동안 개발된 ITI 모델에 대한 개요를 제공하고 아울러 미래 연구사항을 제시하는 것이다. 이를 위해 모델에 내재된 가정과 제약조건을 분류하고 분석한다. 이 검토의 목적은 연구자와 관리자 모두에게 참조 리소스를 제공하여 자신의 연구와 밀접한 관련이 있는 문헌을 식별할 수 있도록 하는 것이다.

2. 연구문헌 선택을 위한 방법론

이 문헌리뷰에서 고려된 연구문헌 검색 플랫폼은 SCOPUS와 Google 검색엔진을 이용하였다. 서로 다른 키워드를 가진 세 개의 검색 데이터베이스를 이용하여 총 6개의 검색을 수행하였다. 검색결과는 지난 20년(1997~2017년) 동안 발행된 문헌들로 제한하였다. 세 가지 검색에서 사용된 키워드는 다음과 같다.

- search 1: “integrated” AND “transportation” AND “inventory”
- search 2: “transportation” AND “inventory” AND “optimization”
- search 3: “minimize” AND “transportation” AND “inventory”

6개의 검색을 통해 67개의 초기목록이 검색되었으며, 이후 검토범위를 제한하여 다음과 같은 기능 중 하나 이상을 포함하고 있는 문헌들은 삭제되었다.

- 정성적 분석 내용
- 네트워크 구성 결정
- 학술저널의 대상목록에 게시되지 않음

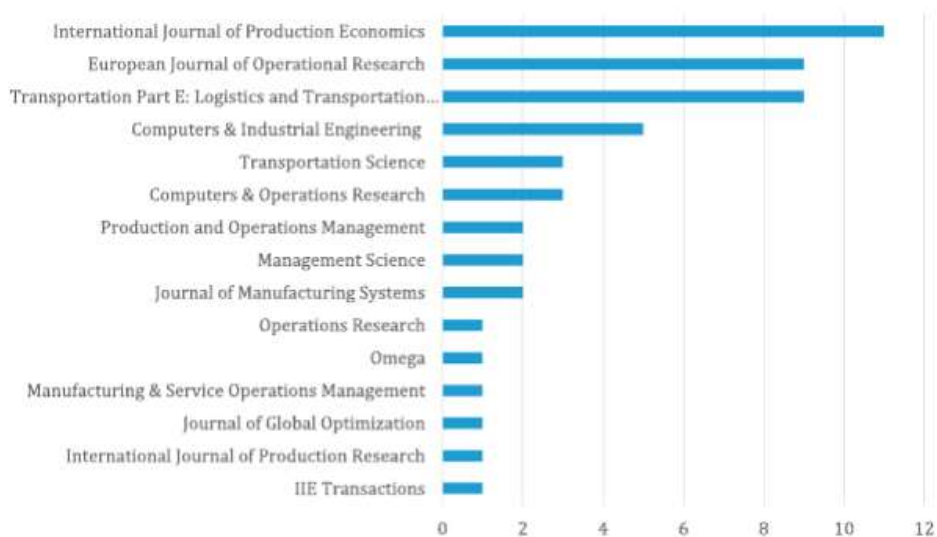
학술문헌의 검토내용을 <표 1>에 나타낸다. 이는 ITI 관련 논문의 잠재적 출판물로 간주되는 29개의 학술지 제목을 나타낸 것이다. 정량적 ITI 모델링이 주요 초점분야이기 때문에 이러한 모델을 통합하지 않는 정성적 문서는 제외되었다. 네트워크 구성 결정에는 시설의 위치결정이 포함되므로 고정 공급망 구성의 범위를 벗어나게 된다. 마지막으로 피어리뷰를 통해 학술연구의 품질을 검증하였다.

<표 1> 학술문헌 검토내용

운영연보 연구	글로벌 최적화 저널
컴퓨터 및 산업공학	제조 시스템 저널
컴퓨터 및 운영 연구	운영 관리 저널
의사결정 과학	공급망 관리 저널
의사결정 지원시스템	운영 연구 학회 저널
유럽의 운영연구 저널	경영과학
인터페이스	제조 및 서비스 운영 관리
국제물류관리 저널	해군 연구 물류
국제운영 및 생산관리 저널	운영연구 또는 스펙트럼
국제 물리적 유통 및 물류관리 저널	생산 및 재고관리 저널
생산경제학의 국제 저널	생산 및 운영관리
생산연구의 국제 저널	운송연구파트E :물류 및 운송 검토
비즈니스 물류 저널	교통과학

* 자료 : Alyssa Mosca et al., “Integrated transportation – inventory models: A review”, Operations Research Perspectives 6 (2019) 100101, p.3.

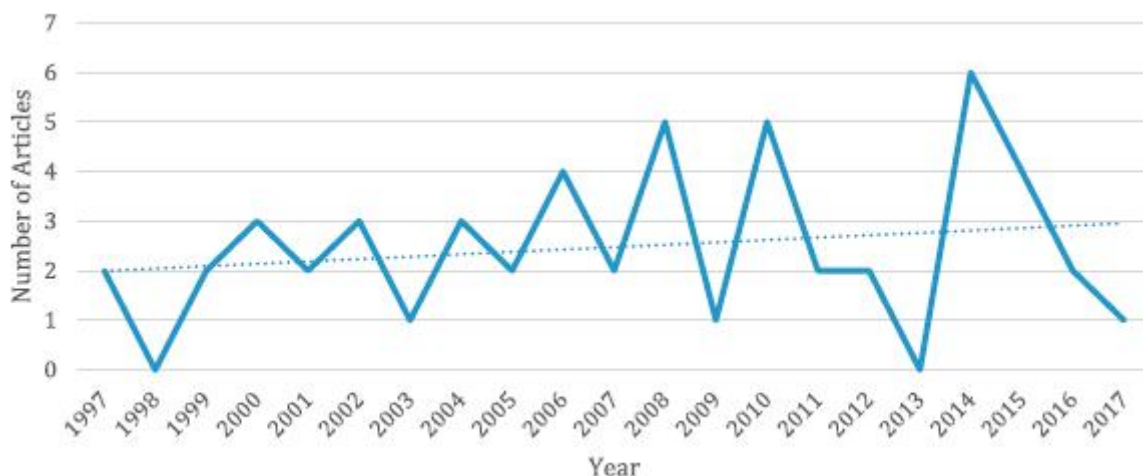
전술한 필터링의 결과를 통해 검증된 ITI 문서의 최종목록은 <표 1>의 29개 저널목록 중 15개 저널에 나타나는 52개의 논문으로 구성되었다. 저널제목에 의한 문헌의 분포를 <그림 1>에 나타낸다.



* 자료 : Alyssa Mosca et al., “Integrated transportation – inventory models: A review”, Operations Research Perspectives 6 (2019) 100101, p.3.

<그림 1> 저널 제목별 검증논문의 분포

ITI 논문은 11개의 문헌과 함께 생산경제학의 국제저널에 가장 자주 출판되었다. 유럽의 운영연구 및 운송 파트 E(물류 및 운송)에 대한 검토는 9개의 문헌으로 매우 주목받고 있는 것으로 나타났다. 이 저널들은 검토된 52개의 논문 중 50% 이상을 차지하고 있다. 연도별 문헌발행 분포를 <그림2>와 같다. 2014년에 6개의 ITI 문헌들이 발행되었고, 2008년과 2010년에는 5개의 문헌들이 발행되었다.



* 자료 : Alyssa Mosca et al., “Integrated transportation – inventory models: A review”, Operations Research Perspectives 6 (2019) 100101, p.4.

<그림 2> 연도별 검토 논문의 분포

3. 통합 운송 - 재고 모델

일반적인 ITI 모델은 단일 조직에 중점을 둔 도메인과 두 개 이상의 조직 간 공동 의사결정을 목표로 하는 두 가지 도메인을 고려한다. 검토된 문헌에서는 단일 조직 모델에 대한 두 가지 공급망 구성(단일/다중 구성, 다중/다중 구성)이 있다. 단일/다중 모델의 목적은 재고가 없거나 미리 정해진 서비스수준 내에서 여러 위치에서 고객에게 서비스를 제공하면서 단일 시설에서 공급업체의 재고 및 운송비용을 최소화하는 것이다. 다중/다중 구성은 서로 다른 운송정책과 비용구조를 가진 두 가지 일반 ITI 모델에서 탐색되었다. 가변적인 비용구조를 가진 직접 발송정책의 비용효율성은 Barnes-Schuster와 Bassok에 의해 조사되었다[1].

- 저자는 비선형 프로그램에 대한 총비용이 갖는 낮은 한계를 구성하여 과대수요를 경험하는 단일 제품을 조사하였다.
- 이 연구는 차량의 적재용량이 평균 수요와 유사할 때 직접배송이 가장 낮은 비용운송 정책임을 보여주었다.
- 이는 FTL 유통에는 유용하지만, 일반적인 LTL 유통에는 적합하지 않다.

LTL 유통과 교차 도킹의 사용을 고려하는 대체 배송정책은 Chan 등에 의해 검토되었다[2].

- 결정적인 수요를 사용하여 중량 브래킷이 있는 조각형 함수를 사용하여 3PL 사용을 모방한 운송 비용을 모델링한 것이다.
- 크로스 도킹은 재고보유량을 포함하지 않기 때문에 이러한 운송정책은 재고 제로 시스템(zero-inventory system)으로 간주된다. 이는 결정적인 수요와 재고부족에도 불구하고 운송비용 구조의 단편적 특성으로 인해 재고 제로 시스템으로 간주된다.

Tempelmeier와 Bantel은 객관적인 함수의 변형을 도입하였다[3].

- 제시한 단일/다중 공급망 구성의 경우, 다중 목표 기능을 사용하여 비용을 최소화하고 서비스수준을 극대화할 수 있다.

- 저자는 재고 백 오더와 운송 백 오더를 모두 고려한 것이다.
- 운송예약 주문은 공급업체에서 제품을 사용할 수 있을 때 발생하지만, 용량제한으로 인해 동일 기간 내에 운송자원을 제공할 수는 없다.
- 최적화를 위해 비선형 프로그램이 개발되었다.

4. 향후 연구

이 문헌검토에서는 정의된 공급망 구성 내에서 ITI 모델에 대한 지난 20년간 발표된 문헌들을 분류하고 조사하였다. 최근 ITI 문헌에서 연구된 주요영역은 일반 모델, 로트 크기 조정, 라우팅, 교통정책 및 모드선택, VMI 및 환경문제 등으로 요약할 수 있다. 이 연구결과, 일반모델과 라우팅 모델은 관련 업계와 가장 밀접하게 연관된 솔루션을 제공하고 있는 것으로 나타났다. 적용범위 측면에서 보면 환경문제, 특히 탄소배출 관련 주제는 최근 몇 년 동안 가장 큰 관심의 대상이 되어왔다. 향후에는 ITI 모델 유형에 따라 특정 미래 연구영역을 제시할 필요가 있다. 이를 통해 공급망 구성, 제품 특성 및 운송특성 등을 충분히 제공할 수 있을 것이다. 아울러 다양한 중소기업들이 소비니즈를 충족할 수 있는 제품을 생산할 수 있도록 모델을 확장할 필요가 있다. 끝으로 통합운송을 위한 인벤토리 모델은 고정 운송비용으로 직접배송을 지속할 수 있도록 보장할 필요가 있다. 아울러 다변화하는 산업현황에 부합하는 정책을 시행하여 교차 도킹 등을 포함한 보다 복잡한 운송정책을 통합할 필요가 있다.

[참고문헌]

- [1] Barnes-Schuster D, Bassok Y. Direct shipping and the dynamic single-depot/multiretailer inventory system. Eur J Oper Res 1997;101(3):509-18.
- [2] Chan LMA, Muriel A, Shen ZJM, Simchi-Levi D, Teo CP. Effective zero-inventoryordering policies for the single-warehouse multi-retailer problem with piecewise linear cost structures. Manag Sci 2002;48(11):1446-60.
- [3] Tempelmeier H, Bantel O. Integrated optimization of safety stock and transportation capacity. Eur J Oper Res 2015;247(1):101-12.

<원문제목> Integrated transportation – inventory models: A review

<원문출처> Operations Research Perspectives 6 (2019) 100101