

# 농산물 유통을 위한 최적 경로 선정 모델의 개발

## Development of Optimal Routes Selection Model for Agricultural Products Transportation

서 교\* · 이 정 재 · 김 한 중 · 나 준 엽 (서울대)

Suh Kyo · Lee, Jeong Jae · Kim, Han Jung · Na, Joon Yeop

### Abstract

Many theories and researches about agricultural products transportation were proposed and introduced until now. These studies have insufficient consideration about factors like region of imported agricultural products and the different speed of each road. In this study the Optimal Routes Selection Model (ORSEM) included factors that aren't taken into account in past studies and consists of database using Internet. Finally the model was developed through advanced marketing potential function and optimization method. The ORSEM focalizes on transport network organization. This model was applied to physical distribution of agricultural products in South Korea and found optimum routes of agricultural products.

### I. 서론

경제발전과 도시화, 산업화의 진행은 농산물의 생산자와 소비자를 분리시킴으로서 농산물은 시장을 중심으로 가격이 이루어지는 상품으로 취급되고 있다. 하지만 농산물은 공산품과는 달리 유기물로서 생산량 예측이 어렵고 소비의 탄력성이 낮으며 재배지역의 다양한 분포 등의 특성을 가지고 있어 이러한 특성을 고려하여 유통문제를 생각해야 한다. 따라서 현대적 산업으로서의 농업에 대한 유통문제의 연구를 통해 농산물의 특성에 맞는 유통체계의 구성이 필요하다. 기존의 유통체계에 대한 연구<sup>7)</sup>는 농산물의 경로를 단계별 1차원적 유통량이나 유통마진에 대한 연구에 그쳐 도로망과 지역의 정보를 이용하여 유통구조를 개선하는데 적용하기엔 어려움이 있다.

본 연구에서는 인터넷상에서의 정보교환을 통하여 실시간 물량이동정보를 파악하고 농산물의 최적분배를 통해 유통의 부하를 최소화하기 위하여, 농산물유통 네트워크를 구성하고 Prim 알고리즘<sup>3)</sup>을 통해 농산물유통의 최적경로를 선정하는 모델을 개발함을 목적으로 한다.

### II. 연구배경

#### 1. 농산물의 유통 특성 및 경로

농산물은 공급의 계절적 생산량의 변화가 크고, 기상조건의 영향에 따라 생산량이 크게 변하며 생산지가 전국에 넓게 산재한다. 또한, 생산시간이 공산품에 비해 길고, 수요의 탄력성이 낮아 수급의 차질이 생기면 가격변동이 심하게 발생하며, 품질관리와 보관, 운송이 공산품과 다

른 어려움이 있다. 이와 같은 농산물의 여러 특성으로 인해 농산물 유통은 공산품과 다르게 취급된다.

농산물은 여러 집하장을 통하여 수집되어 포장이 필요한 경우는 포장을 하게 되고 일반적인 경우에는 바로 도매산지나 소매점 등으로 운송되어 소비자에게 판매되거나 가공공장이나 창고로 운반되어 가공이나 저장을 거쳐 판매된다.

## 2. 농산물 유통체계 현황

도시의 성장으로 인한 인구집중, 통신과 교통의 발달로 인한 시간적, 공간적 거리의 단축, 영농기술의 발달로 인한 생산시기의 변화, 생산시기와 소비시기의 시간적 차이 극복을 위한 저장 및 가공기술의 발달, 경제성장과 소득증대를 통한 농산물 품질에 대한 관심증가와 특산물과 과일 등에 대한 소비증가는 농산물 유통량의 급속한 팽창과 주산지의 변화를 가져왔다. 그럼에도 불구하고 대부분의 농산물은 생산특성상 산재된 생산지로부터 공급이 이루어지고, 소비는 인구가 집중된 대도시를 중심으로 발생하고있다. 농산물의 유통·판매체계는 다른 상품과 달리 아직 체계적으로 조직화되지 못하여 불필요한 운송이나 적절하지 않은 분배를 낳게되고 이는 지역적인 가격차를 가져오게 한다.

## III. 연구방법

각 지역의 실시간 정보와 도로망 자료에 의한 농산물유통의 최적분배를 위하여 농산물유통 네트워크를 구성하였다.

### 1. 농산물유통 네트워크 구성

시·군 단위의 생산지와 소비지는 각각 노드로 하고 도로망은 아크로 구성하여 개별적인 노드와 아크에 속성들을 부여함으로써 네트워크를 구성하였다. 구성된 네트워크에서는 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐름이 발생하는데 각각의 노드는 소비량과 생산량의 차를 통하여 sink나 source의 성격을 갖는다. sink는 네트워크에 부압을 발생시켜 유입이 발생하는 지점을 뜻하고 source는 정압을 발생시켜서 유출이 발생하는 지점을 뜻한다. 따라서 네트워크는 노드의 성격에 따라 실시간 정의되는 방향성을 갖는 방향그래프(Digraph)가 된다. 각 노드의 흐름량 총합은 최대 수량을 넘지 못하며, 모든 노드에 대한 유입량은 유출량과 같다는 제한조건을 갖게된다.

### 2. 농산물유통 네트워크 모델의 구성요소

주요산지의 월별 출하량, 지역별 인구수, 1인당 소비량(공급량), 월별 구입지수, 도로 주행가능 제한속도, 노드간의 거리 자료들로 노드와 아크의 속성에 따른 테이블을 구성하고, 구성된 함수를 통하여 생산량, 소비량과 저장량을 계산한다. 이들 데이터는 각각의 집하기관, 운송기관, 도매시장에 인터넷을 통해 실시간에 자료를 입출력함으로써 항상 업데이트된 실제상황자료를 통해 시장상황을 판단할 수 있도록 해주며 한국농림수산정보센터에서 제공하는 고속도로정보, 생산소비자물가, 출하정보 등을 이용하여 도로상황이나 시장가격현황을 검토 할 수 있다.

### 3. 네트워크를 이용한 데이터 수집

본 시스템에서는 네트워크를 이용하여 실시간으로 자료를 수집하게 되는데 이 시스템은 3-tier 구조로 이루어져 있다.

프리젠테이션 레이어는 정보를 보여주고 사용자와의 상호작용이 이루어지는 단계로 HTML, DHTML, ASP, JSP 등이 사용된다. 프로그램 로직 레이어는 트랜잭션을 처리하고 데이터베이스와의 연결을 지원한다. 데이터 레이어는 정보나 자료를 저장하고 관리한다.

#### IV. 모델의 개발

모델의 구성을 위하여 데이터 테이블을 정의하고 목적함수를 구현하여, 전산화된 최적알고리즘에 적용하였다.

##### 1. 농산물유통 네트워크

모든 농산물의 이동경로를 나타내는 아크와 생산지, 소비지를 나타내는 노드에 번호를 부여하여 인덱스를 만들고 속성들을 테이블 1.과 같이 구성하였다.

노드의 속성 중에서 1인당 공급량을 통한 소비량은 각 시·군의 인구수에 의하여 노드별 소비량을 산정하고, 월별구입지수를 통하여 월별소비추이를 검토한 후, 다시 월별 일수로 나누어 일별 소비량으로 가정하였다. 생산량은 월별 주요 생산지의 생산량을 사용하며 저장시설이 있는 지점에서는 저장과 반출을 구별하여 노드의 속성을 결정하였다.

아크의 속성으로는 각각의 노드를 잇는 도로의 거리와 속도자료로서 이 자료를 통하여 도로 속도영향이 고려된 거리를 계산하고, 계산된 값을 통하여 운송경로결정 적합성을 평가한다. 이 자료는 사전에 조사되어진 데이터를 사용하며 정기적인 갱신을 필요로 한다.

Table 1. Data Attributes

<b>Node Data</b>	index, city, production, consumption, p-c, import, export
<b>Arc Data</b>	index, start_point, destination, distance, limit_speed
<b>Coefficient Data</b>	c <sub>i</sub> , m, R <sub>i</sub> , d <sub>i</sub> , r <sub>i</sub> , b <sub>i</sub> , a <sub>i</sub> , u, c <sub>v</sub>

##### 2. 농산물 유통량 분석

###### 2.1 생산량 산정함수

생산량을 예측하는 방법으로는 식물생리학에 근거를 둔 성장과정 지향적인 동적기법과 예년 생산량으로부터 예측하는 통계적, 경험적 방법 등이 이용될 수 있다. 동적기법은 여러 자연적 요인과 인위적 요인들을 포함하여 예측을 위한 함수 구성이 매우 어렵다고 판단되어 통계적, 경험적 기법을 활용하여 예측하는 함수를 식 (1)과 같이 구성하였다.

$$P_i = md_i [R_i D_i + I_i] \dots\dots\dots (1)$$

여기서,  $P_i$  :  $i$  지역에서의 생산량,  
 $m$  : 월별 일수계수,  
 $d_i$  :  $i$  지역 가공, 운반에 의한 감소지수,  
 $D_i$  :  $i$  지역 월 출하된 생산량,  
 $I_i$  :  $i$  지역 월 수입량,  
 $R_i$  :  $i$  지역 생산자 출하지체지수,

생산량은 각 노드별, 월별로 산정하기 위하여 지역별 출하량, 수입량을 계산하고 월별출하실

적을 통한 지수를 곱하여 산정하였다.

### 2.2 소비량 산정함수

농산물의 소비량은 인구수에 1인당 소비량을 곱하여 산정하며, 상품의 소비경향을 지수로 반영하여 소비량 산정함수를 식 (2)와 같이 구성하였다.

$$C_i = u(1+r_i)b_iN_i f + E_i \dots\dots\dots (2)$$

여기서,  $C_i$  :  $i$  지역에서의 소비량,  
 $u$  : 소비증감지수,  
 $r_i$  :  $i$  지역 인구변화계수,  
 $b_i$  :  $i$  지역 시기별 분배계수 (=12 ×  $a_i$ ),  
 $a_i$  : 월별구입지수,  
 $N_i$  :  $i$  지역 인구수,  
 $f$  : 1인당 1일 소비량,  
 $E_i$  :  $i$  지역 수출량

### 2.3 유통량 산정함수

임의의 지역에서의 유통량은 각 노드에서의 생산량과 소비량의 차이에 저장량을 고려한 값이 된다. 이때 저장시설에 저장될 때에는 -로, 반출될 때에는 +의 유통량으로 작용한다. 이를 함수로 구현하면 식 (3)과 같다.

$$\phi_i = P_i - C_i + S_i \dots\dots\dots (3)$$

여기서,  $\phi_i$  :  $i$  지역에서의 유통량,  
 $P_i$  :  $i$  지역에서의 생산량,  
 $C_i$  :  $i$  지역에서의 소비량,  
 $S_i$  :  $i$  지역에서의 저장량

산정된 유통량에 의하여 흐름의 분석과 경로선정이 이루어진다. 모델 상에서 생산량과 소비량에 의한 흐름발생시에 저장량을 동시에 고려하기는 어려우므로 총 생산량과 총 소비량의 비교를 통해 저장이 발생할지 반출이 발생할지를 미리 결정하여 저장에 의한 흐름을 발생시켰다.

## 3. 농산물유통모델의 목적함수 구성

국내의 농산물유통은 필요한 시기에 충분한 양이 공급된다고 가정하였다. 따라서, 목적함수는 유통량을 최소화하는 함수가 되므로 식 (4)와 같이 구성된다.

$$\min f = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, i \neq j}^n f_{ij} = \sum_{i=0}^n \sum_{j=1, i \neq j}^n \phi_{ij} \cdot t_{ij} = \sum_{i=0}^n \sum_{j=1, i \neq j}^n (P_{ij} - C_{ij} + S_{ij}) \cdot t_{ij} \dots\dots(4)$$

$$t = l \times c_v \quad (l: \text{노드간의 거리}, c_v: \text{도로제한속도 영향계수})$$

subject to  $P_i, C_i \geq 0$

$$\sum_{i=1}^n S_i \leq \sum_{i=1}^n P_i \quad \sum_{i=1}^n S_i \geq \left| \sum_{i=1}^n P_i - \sum_{i=1}^n C_i \right| \quad (S_i: \text{가능저장량})$$

$$\phi_{ij} \geq 0 \quad (i, j: \text{노드의 수}), t_{ij} \geq 0 \quad (i, j: \text{노드의 수}), l_{ij} > 0 \quad (i, j: \text{노드의 수})$$

여기서 source간의 흐름은 없으며 sink에서 source로의 흐름도 발생하지 않으므로, 그러한 노드간의 유통량은 0이 되므로 행렬의 계산량은 줄어들게 되며 위의 식을 풀면 최적 유통량을 구할 수 있다.

## V. 모델의 적용

본 연구에서 개발된 모형에 적용할 작물로는 마늘을 선정하였으며 전국의 6개 대도시와 마늘의 주산지를 노드로 구성하고, 각 지역을 잇는 도로망을 아크로 구성하였다.

### 1. 적용작물 선정

마늘은 저장기간이 품종별로 다르며 생산시기와 소비시기의 차이가 존재하며 수입과 수출이 발생하므로 마늘을 통한 적용을 통하여 다른 작물에 대한 적용가능성을 검토할 수 있다고 판단되었으며 주요산지와 농림부와 농수산물통공사, 농협 등의 기관에서 노드의 속성으로 구성되는 1인당 공급량, 수출입, 월별가격동향 등의 데이터를 제공하고 있어 기존의 유통현황의 파악과 데이터베이스의 구축이 용이하여 선정하게 되었다.

### 2. 선정대상 분석자료

마늘의 유통분석 자료로서 주요 생산지별 마늘 출하량과 시도별 마늘생산량, 시군별 인구현황, 마늘저온저장 창고지 현황, 1인당 연간 마늘 소비량, 월별 마늘 구입지수, 마늘 종류별 유통마진, 마늘의 수출입 물량 등의 자료를 이용하였다.

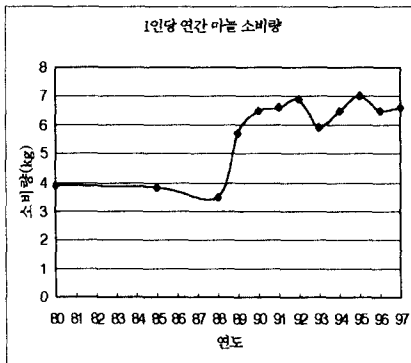


Fig 1. 1인당 연간 마늘 소비량

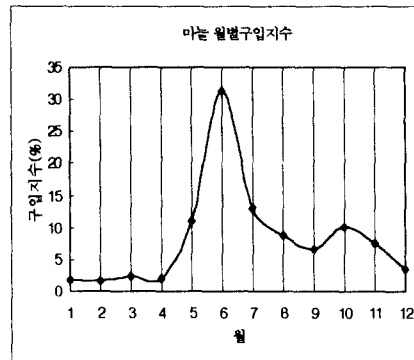


Fig 2. 마늘 월별구입지수

주) 구입지수 : 소비생활에 필요한 상품 및 서비스의 구입비중을 조사하여 작성하는 지수.

### 3. 분석결과

6개 대도시(서울, 부산, 대구, 대전, 광주, 인천)가 주요 소비지인 sink로 대표적인 생산지들이 source로 결정되어 흐름방향이 주어지고 도로의 거리와 속도의 영향을 고려한 거리에 발생 유통량을 곱한 값을 계산하여 유통경로를 선정하였다. 유통경로는 Prim알고리즘을 통해 각 생산지에 대해서 경로가 선정되고, 흐름증가경로이론을 통해 분배유통량을 결정한 후 전체 분배 유통량의 합이 최소가 되는 경로를 찾아 최적분배경로로 선택하였다.

## VI. 요약 및 결론

본 연구에서 농산물유통 최적경로선정 네트워크모델을 개발하여 마늘의 유통에 대하여 적용하여 보았다.

- 1) 전국 6개 대도시와 마늘 주요산지를 기본 노드로 구성하였으며, 기본 노드를 잇는 주요 도로를 중심으로 아크를 구성하였다.

- 2) 구성된 함수를 통하여 노드의 성격을 결정하고 도로망의 거리와 속도를 곱하여 시간거리지수를 계산하여 적용하였다.
- 3) 전체 생산량과 소비량의 비교를 통하여 저장과 반출 발생 여부를 결정한 후 최적화과정을 진행하였다.

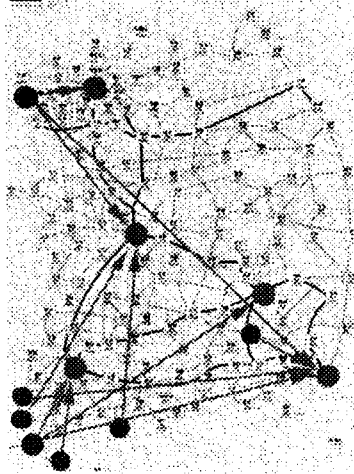


Fig 3. 무역이 있는 경우

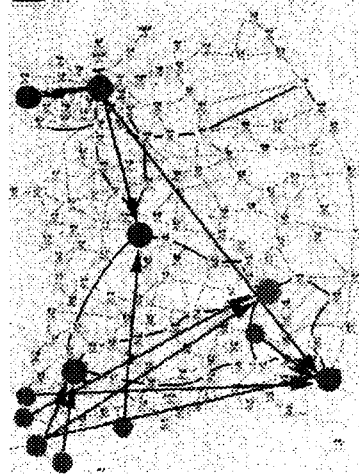


Fig 4. 무역이 없는 경우

- 4) 1단계로 수출입을 고려하지 않은 생산과 소비의 지역적 분배를 시행하였고, 2단계로는 수입량과 수출량을 발생시켜 시행하였다.
- 5) 생산이 소비에 비해서 많은 경우 저장시설이 있는 곳에서 저장이 발생하여 물량을 흡수하고 소비가 생산에 비해 많은 경우 반대로 저장시설에서 반출이 발생하여 물량을 공급하였다.
- 6) 수입발생이 생산량으로 수출발생이 소비량이 되어서 전체 네트워크의 새로운 분배가 이루어졌으며, 최적화과정을 통하여 분배유통량이 최소화되는 분배가 이루어졌다.

이 네트워크상의 데이터가 각 시설이나 기관에서의 실시간 자료를 입력받아 수행된다면 그 시간대의 유통경로를 효과적으로 제시할 수 있을 것으로 사료되며, 향후 경로선정과 분배가 하나의 과정으로 수행될 수 있는 새로운 최적화기법의 적용이 필요하다.

#### 참고문헌

1. 문남철, 1991, 농산물 지역간 유통에 관한 연구, 서울대학교 석사학위논문
2. 심원섭, 1992, 물류비산출과 물류개선방향에 관한 연구, 한양대학교 석사학위논문
3. 연규방, 1991, Network모형에 의한 수자원 최적배분, 충북대학교 박사학위논문
4. 유성찬, 1996, 우리나라 물류비용 절감에 관한 연구, 동국대학교 석사학위논문
5. 이정재, 김대식, 정하우, 1996, 농산물 유통시설의 적정배치와 운영을 위한 GIS-응용 모형 개발, 한국농공학회지 제38권 제2호
6. 전주현, 1997, 물류시스템설계와 물류합리화전략에 관한 연구, 청주대학교 석사학위논문
7. 한두석, 1997, 물류센터를 통한 농산물의 유통구조개선에 관한 연구, 동아대학교석사논문