

# 과수원 스피드스프레이어의 작업 경로 최적화를 위한 오더 피킹 알고리즘

박두산 황규영 조성인

## Order-picking Algorithm for Optimizing Operation Path of Orchard Speed Sprayer

T. S. Park K. Y. Hwang S. I. Cho

### Abstract

The purpose of this study was to develop an optimal path planning program for autonomous speed sprayer in orchard. A digital map which contained coordinate information and entity information including height, width, radius of main stem, and disease of a trees was developed to build an optimal path. The digital map, dynamic programming and order-picking algorithm were used for planning an optimal path for autonomous speed sprayers. When this algorithm applied to rectangular-shaped orchards to travel whole trees, the developed program planned the same working path and same traveling distance as those of created by conventional method. But for irregular-shaped orchards, developed program planned differently and 5.06% shorter path than conventional method. When applied to create path for multi-selected trees, irregular-shaped orchards showed 13.9% shorter path and also rectangular-shaped orchards showed 9.1% shorter path. The developed program always planned shorter path than the path created by conventional method despite of variation of shape of orchards.

**Keywords :** Optimal path, Speed sprayer, Autonomous guidance, Order-picking, Digital map

### 1. 서론

농업용 작업기의 자동화를 위해 인공지능이 적용된 이래 무인 자율주행을 목표로 여러 연구가 진행되었다. 기본적인 노지 정보의 인지(Blackmore, 1993), 주변 사물의 실시간 인지(Toda, 1993)를 통해 차량이 주행하면서 주변을 인지할 수 있어 무인 자율주행이 가능함을 확인하였다. 무인 자율주행의 연구는 트레일러가 부착된 트랙터의 후진 주행을 위한 인공지능 제어기의 개발(Cho, 1995)과 같은 제어 알고리즘 개발 분야와 영상처리, 초음파센서, 지자기 센서 그리고 GPS(Global Positioning System)와 같은 여러 종류의 센싱 장비를 활용하여 자율주행을 구현(Ki, 1996)한 연구와 같이 실제 적용을 위한 시스템 개발 분야로 구분할 수 있다.

과수원 방제는 과실 수확량 손실을 30~35% 방지할 수 있는 필수적인 작업(Cho, 1996)이지만 방제작업자의 보호 장비 착용에도 불구하고 농약성분의 피부침투성으로 인해 농약 중독 사건과 피해사례가 나타난다. 따라서 과수원 방제작업은 무인화가 필요하며 이를 위해 무인 방제 시스템 개발을 위한 연구가 진행되어왔다. 과수원 내에서 무선통신에 의한 원격제어와 유도 케이블에 의한 스피드스프레이어의 무인 자율 주행(Jang, 1995), DGPS(Differential Global Positioning System), 초음파 센서 그리고 퍼지제어의 적용(Lee, 1998), 전자지도를 구성하여 DGPS와 퍼지 제어를 자율주행에 이용한 연구(Lee, 1999) 등 다양한 접근을 통한 연구가 있었다.

무인 자율주행에 중요한 요소 중에 하나는 주행 경로의 설정에 있다. 전자지도를 이용하여 주행 효율을 향상시키는데

The article was submitted for publication in October 2007, reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in December 2007. The authors are Tu San Park, Ph. D. Candidate and Research Associate, KSAM member, Department of Biosystems & Biomaterials Science and Engineering, Research Institute for Agriculture and Life Science, Seoul National University, Kyu Young Hwang, Graduated student, KSAM member, Seoul National University, and Seong In Cho, Professor, KSAM member, Department of Biosystems & Biomaterials Science and Engineering, Research Institute for Agriculture and Life Science, Seoul National University. Corresponding author: S. I. Cho, Department of Biosystems Engineering, Seoul National University, Seoul, 151-921, Korea; Fax: +82-2-877-4616; E-mail: <sicho@snu.ac.kr>.

과수원의 경우에는 대부분 작업기의 작업 방향이 한 방향으로 결정되어 전체의 경로를 순환하는 방식을 취하기 때문에 효율의 향상에 크게 기여하지 못한다.

과수원내의 특정 과수를 선택하여 작업을 수행하기 위한 연구가 진행되고 있는 현실에 비추어 볼 때, 부분적인 작업이 필요할 경우 자율주행 스피드스프레이어의 최적 작업 경로를 결정해야 할 필요성이 있다고 판단하였다. 따라서 과수원 내에서 작업기의 경로 제약 조건을 고려하여 과수원과 비슷한 경로 제약 조건에서 사용되는 오더 피킹 알고리즘(Order-picking algorithm; 창고에서 물건을 선별하여 적재를 위해 이용되는 최단 작업 경로 추출법)(Cho, 2002)을 이용한 최적의 작업 경로 결정 프로그램의 개발이 필요하다고 판단하였다.

본 연구의 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 1) DGPS를 이용하여 획득한 과수원 내의 과수의 위치, 생육정보를 표시한 전자지도 작성.
- 2) 전자지도 정보를 바탕으로 order-picking 알고리즘을 이용한 자율 주행 스피드스프레이어의 최적 작업 경로 생성 프로그램 개발.
- 3) 개발된 프로그램을 이용하여 과수원 내의 모든 과수에 대한 방제 작업 경로를 생성하고, 현행의 갈지자 주행으로 방제하는 관습적 작업 경로와 비교하여 개발된 프로그램의 성능 평가.
- 4) 개발된 프로그램을 이용하여 특정 몇몇 과수에 대한 선택적 작업 경로를 생성하고 관습적인 작업 경로와 비교하여 성능 평가.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 자율주행 스피드스프레이어

작업기의 과수원 내에서 최적 경로 설정에 오더 피킹 알고리즘을 응용하기 위해서는 스피드스프레이어의 후진 제어가 필요하다. 스피드스프레이어의 전, 후진은 이전 연구를 통해 무인·자동화가 가능함을 확인하였다. 특히 트레일러를 부착한 트랙터도 후진이 가능하기 때문에 스피드스프레이어의 후진 제어는 충분히 가능하다고 할 수 있다. 따라서 본 연구의 스피드스프레이어는 전자지도를 기반으로 DGPS를 이용하여 자율 주행이 가능하며, 후진 주행이 가능하다고 가정하였다.

### 나. 전자지도 구성

#### 1) 데이터베이스 구성

과수원에 따라 과수원의 경계선, 과수의 위치와 같은 위치 정보와 과수의 생육상태(수고, 수폭, 원줄기의 반지름, 병해의 종류)와 방제 작업 날짜, 방제 작업할 나무 등에 대한 속성 정보

를 데이터베이스로 구축하여 관리하고자 하는 병해의 종류, 과수원, 날짜 등에 따라 작업을 위한 데이터를 구분하여 Microsoft Access를 이용한 데이터베이스의 테이블로 구현하였다. 표 1은 데이터베이스에 사용된 속성을 나타낸다.

Table 1 Database table used for attributes

Table name	Table field
FIELD_NAME	Name of the field Distance between trees Distance between columns of trees
BOUNDARY_MAP	Coordinates of boundary points
WORK_DATE	Date of scattering ID of the field to be scattered
TREE	Coordinates Entity of trees
SPRAY	ID of trees to be scattered
DISEASE_NAME	Name of disease Pesticide for disease

#### 2) 과수원 경계, 과수 위치와 중간 경유점 지도 작성

경계 지도는 데이터베이스에 저장되어 있는 BOUNDARY\_MAP 테이블의 각 지점을 불러와 이를 직선으로 연결하여 지도로 나타내었다. 이를 이용할 때, 작업 중인 스피드스프레이어가 경계 내에서 움직이는지 판단이 가능하며 또한 위치를 확인할 수 있게 된다.

과수 위치에 대한 정보를 데이터베이스의 TREE 테이블에서 해당 필드의 정보를 이용하여 경계 지도상에 표시되며 과수의 수폭과 원줄기의 굵기를 나타내는 두개의 동심원으로 표시된다.

중간 경유점 지도는 스피드스프레이어의 회전 반경과 작업 가능 경로의 제약을 고려하여 스피드스프레이어가 통과해야만 하는 지점들을 설정하여 점으로 표시하였다. 데이터베이스의 데이터를 지도화 하는데 Microsoft Visual C++ 6.0을 사용하였고, 그림 1은 3가지 과수원 형태를 구현한 가상 지도이다. 그림에서 나타난 수치는 GPS의 위치데이터로서 위도와 경도를 나타낸다.

#### 다. 전자지도를 이용한 작업 경로 생성

##### 1) 방제 작업 가정

방제 시간을 최소화하고, 방제를 균등하게 하기 위해서 모든 과수열의 통로를 통과하며 과수에 2회 살포하는 것을 가정하였다(Fig. 2, b). 또한, 과수원의 현실을 고려하여 세로방향의 주행만이 가능하여 과수열의 중간에서는 스피드스프레이어의 180도 회전이 불가능한 상황을 가정하였다. 2회 살포법을 가정하였으므로 같은 과수 열에 속한 두 나무의 중간 지

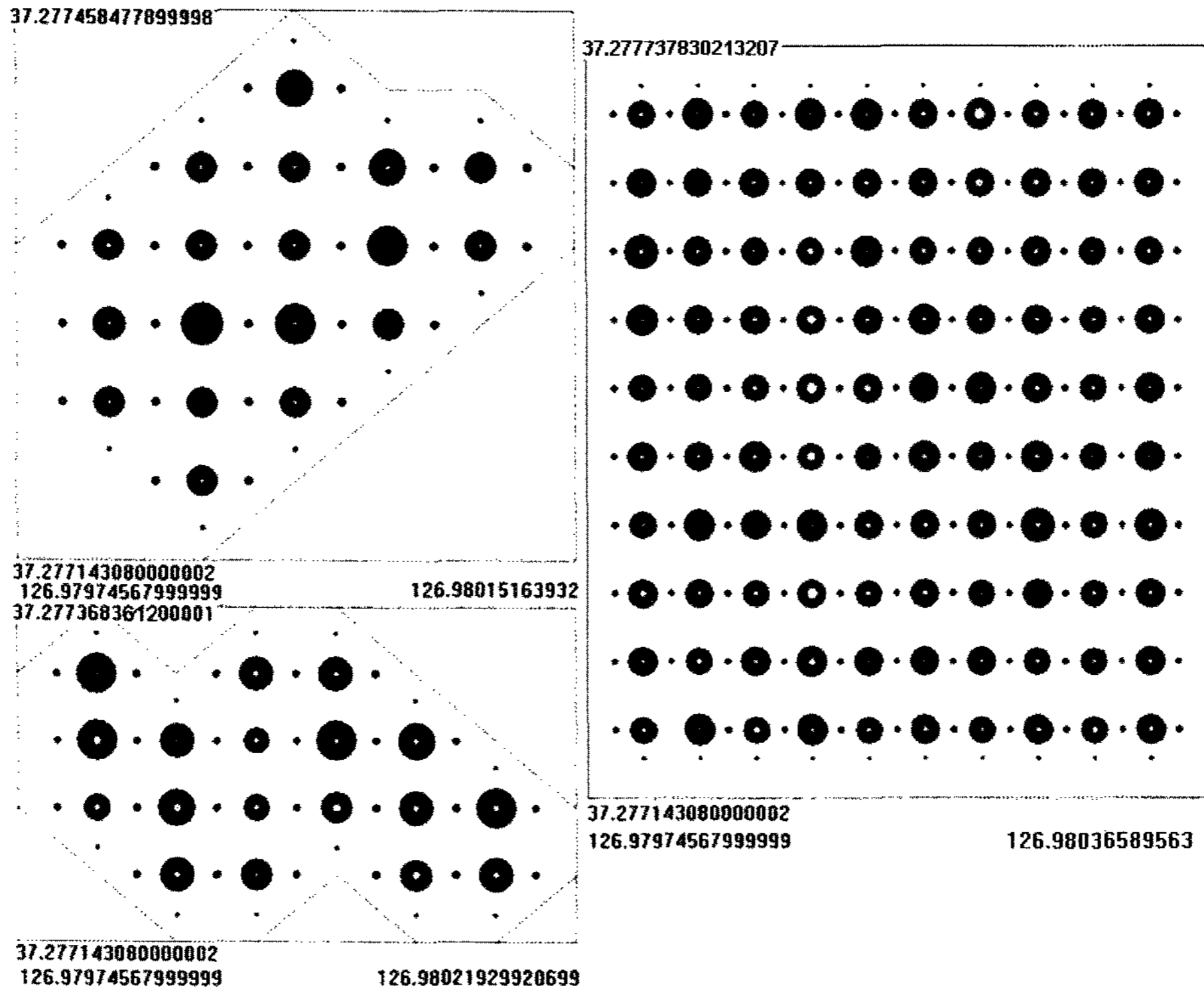


Fig. 1 Programmed boundary, tree and via-point map of 3 types of field map. (Field type 1: left top, 2: left bottom, 3: right)

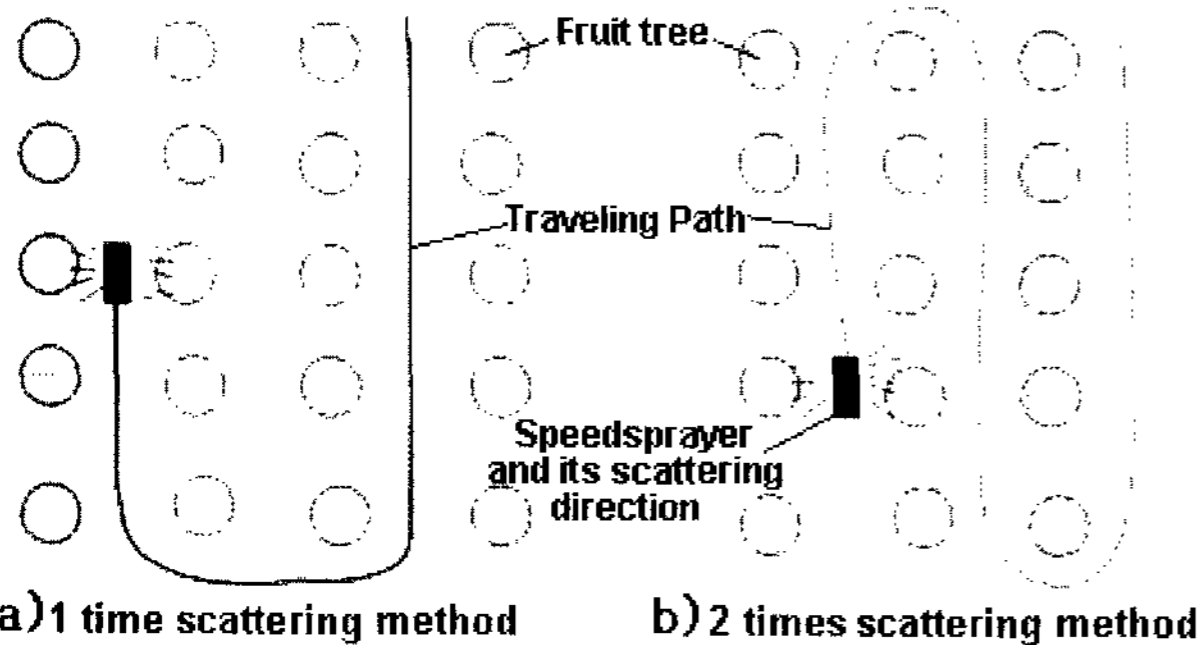


Fig. 2 Method of spraying chemicals for speed sprayer on orchard.

점을 방제 지점으로 설정하였다. 같은 열에 이웃한 과수가 없을 경우에는 스피드스프레이어의 이동 방향에 수직인 방향으로 조건 거리의 1/2되는 지점에 방제 지점을 설정하였다.

## 2) 동적 계획법(Dynamic programming)을 이용한 오더 피킹(Order-picking) 알고리즘

동적 계획법은 다단계에 걸친 의사결정의 최적화 추구를 위한 수리적 계획법으로 연쇄적 의사결정에 관한 문제를 분해 또는 분할을 통해 문제의 규모를 줄여가면서 해결해 나가는 방법을 말한다. 오더 피킹은 고객의 주문 품목들을 창고의 저장소로부터 꺼내는 과정을 효율적으로 수행하기 위한 알고리즘이다. 동적 계획법과 오더 피킹 알고리즘을 과수원 환경에 적용하기 위해 창고의 물건의 위치를 과수원 내의 방제 대

상 나무로 가정하였다. 과수원 내 과수의 물리적 위치를 다음 설명과 같이 표현할 수 있으며 그림 3은 다음 설명을 나타낸다.

이동경로는 방제할 과수  $l$ 을 포함하는 과수열 가장 왼쪽에 있는 통로에서 시작하여 방제할 과수  $r$ 을 포함하는 가장 오른쪽 통로에서 끝난다. 방제할 과수가 있는 통로  $i$ 로 방제기가 가기 위한 부분적인 이동경로를  $T_i$ 라고 가정하면 다음과 같은 두 가지 이동 경로로 구분할 수 있다.

$a_i$ : 통로  $i$ 가 끝나는 위치

$b_i$ : 통로  $i$ 가 시작하는 위치

$T_i^a$ : 통로  $i$ 의 위에서 진입하는 경로

$T_i^b$ : 통로  $i$ 의 아래에서 진입하는 경로

통로  $i-1$ 에서  $i$ 로 이동하는 방법은 다음과 같은 두 가지 방법으로 구분할 수 있다.

$t_a$ : 과수 열의 위에서 이동하는 경우

$t_b$ : 과수 열의 아래에서 이동하는 경우

통로  $i$ 의 방제 과수에 방제하는 방법은 다음과 같은 네 가지 방법으로 구분할 수 있다.

$t_1$ : 통로를 통과하는 경우

$t_2$ : 통로에 진입하지 않는 경우

$t_3$ : 블록의 아랫부분에서 진입하였다가 다시 나가는 경우

$t_4$ : 블록의 윗부분에서 진입하였다가 다시 나가는 경우

여기서  $t_2$ 는 통로에 방제할 과수가 없을 경우에 해당된다. 부분적인 경로  $T_i$ 는 앞에서 설명한 경로  $t_w$ ( $w = 1, 2, 3, 4, a,$

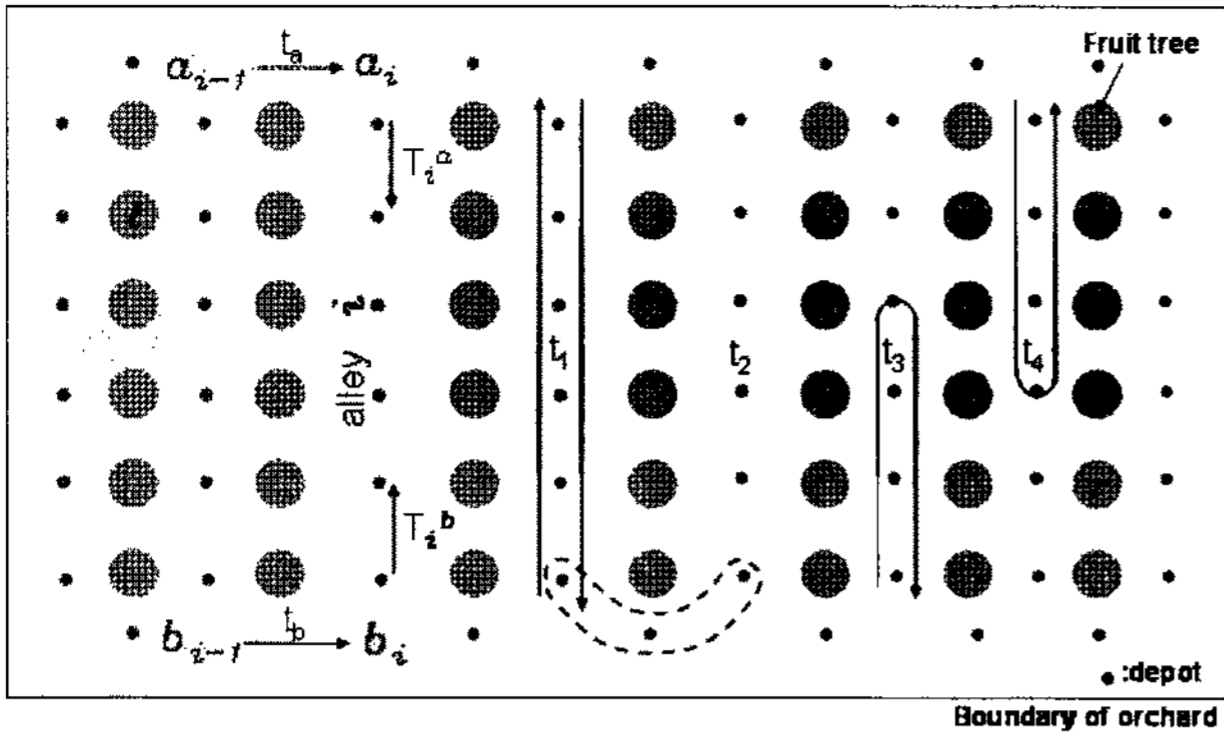


Fig. 3 Possible travelling path of speed sprayer in orchard.

b)를 포함하여  $T_i + t_w$ 로 확장할 수 있다. 경로  $T_i + t_w$ 를 통과 하는데 걸리는 시간은  $f(T_i + t_w)$ 라 한다.

오더 피킹을 위한 경로 생성 절차는 다음과 같다.

**1단계**

방제할 과수를 포함하는 종속된 통로  $l$ (방제 시작 시 과수원 경계와 접한 과수열)에 접근하는 두 가지 부분적인 경로는 다음과 같다.

- $T_i^a$ : 노드  $a_l$ 에서 출발하여 노드  $a_l$ 에서 끝나며  $t_4$ 과정을 거친다.
- $T_i^a$ : 노드  $a_l$ 에서 출발하여 노드  $b_l$ 에서 끝나며  $t_1$ 과정을 거친다.
- $T_i^b$ : 노드  $b_l$ 에서 출발하여 노드  $a_l$ 에서 끝나며  $t_1$ 과정을 거친다.
- $T_i^b$ : 노드  $b_l$ 에서 출발하여 노드  $b_l$ 에서 끝나며  $t_3$ 과정을 거친다.

**2단계**

각각의 연속되는 통로  $i$ 가 통로  $l$ 과  $r$  사이에 있고 통로  $i$ 가 방제할 과수를 포함하고 있다면  $T_i^a$ 와  $T_i^b$ 는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$T_i^a = T_{i-1}^a + t_a + t_4 \text{ if, } f(T_{i-1}^a + t_a + t_4) < f(T_{i-1}^b + t_b + t_1)$$

$$T_i^a = T_{i-1}^b + t_b + t_1, \text{ otherwise}$$

$$T_i^b = T_{i-1}^b + t_b + t_3 \text{ if, } f(T_{i-1}^b + t_b + t_3) < f(T_{i-1}^a + t_a + t_1)$$

$$T_i^b = T_{i-1}^a + t_a + t_1, \text{ otherwise}$$

만약 통로  $i$ 가 피킹할 주문 품목을 포함하고 있지 않다면

$$T_i^a = T_{i-1}^a + t_a$$

$$T_i^b = T_{i-1}^b + t_b$$

와 같이 정의할 수 있다.

**3단계**

마지막 통로(방제가 끝날 시 과수원 경계와 접한 과수열)  $r$ 에 대하여 다음과 같이 정의한다.

$$T_r^a = T_{r-1}^a + t_a + t_4 \text{ if, } f(T_{r-1}^a + t_a + t_4) < f(T_{r-1}^b + t_b + t_1)$$

$$T_r^a = T_{r-1}^b + t_b + t_1, \text{ otherwise}$$

$$T_r^b = T_{r-1}^b + t_b + t_3 \text{ if, } f(T_{r-1}^b + t_b + t_3) < f(T_{r-1}^a + t_a + t_1)$$

$$T_r^b = T_{r-1}^a + t_a + t_1, \text{ otherwise}$$

위의 과정을 거쳐 각 단계에서 생성된 4가지 경로들 중에서 각 단계마다 거리가 가장 짧은  $T_i^a$ 와  $T_i^b$ 를 선택하여 최종적인 작업 경로를 생성하게 된다.

**라. 오더 피킹 알고리즘을 응용한 작업 경로의 생성**

위에서 생성된 경로는 스피드스프레이어 작업 출발점을 과수원의 최외곽으로 가정하였다. 따라서 작업기가 과수원에 진입할 수 있는 경로의 수가 많거나, 농가가 과수원의 가운데에 위치하여 작업 시작 위치가 일정하지 않은 있는 경우에는 경로 생성에 직접적으로 이용하기 어렵다. 스피드스프레이어가 조간을 이동할 수 있도록 과수열의 처음과 끝에 해당하는 과수에 스피드스프레이어의 회전 반경을 고려하여 과수 주변에 3개의 통과 지점을 설정하였다(Fig. 3의 점선). 작업 시작점이 과수원내에 위치(Fig. 5, 7)할 경우 과수원을 두 부분으로 분할하여 한 쪽에 대하여 먼저 작업을 실시한 후에 나머지 부분은 전반부 작업 부분과 연계하여 작업 경로를 생성하도록 하였다.

**3. 결과 및 고찰**

**가. 과수원 전체의 방제 작업을 위한 작업 경로의 생성**

3가지 형태의 과수원을 가정하여 전자지도를 작성하고 스피드스프레이어의 출발점들을 달리하면서 각각의 경우 스피드스프레이어의 후진을 고려하지 않은 기존의 관습적인 작업 방식을 사용하였을 때와 새로 개발된 알고리즘을 사용하였을 때 생성된 작업 경로의 거리를 비교 분석 하였다. 그림 4는 불규칙한 모양의 field type2에서 전진 주행만 하는 방제 경로와 오더 피킹 알고리즘을 사용하여 생성된 작업 경로를 보여 준다. 각 그림에서 사각형으로 표시 지점은 작업 시작 지점이며 과수를 뜻하는 각각의 두 동심원 사이의 색은 방제작업이 필요한 과수를 표시한다.

직진만 하는 관행적 방법을 사용하였을 경우 경로의 총 거리는 163.03 m이었으며, 오더 피킹 알고리즘을 사용한 경우

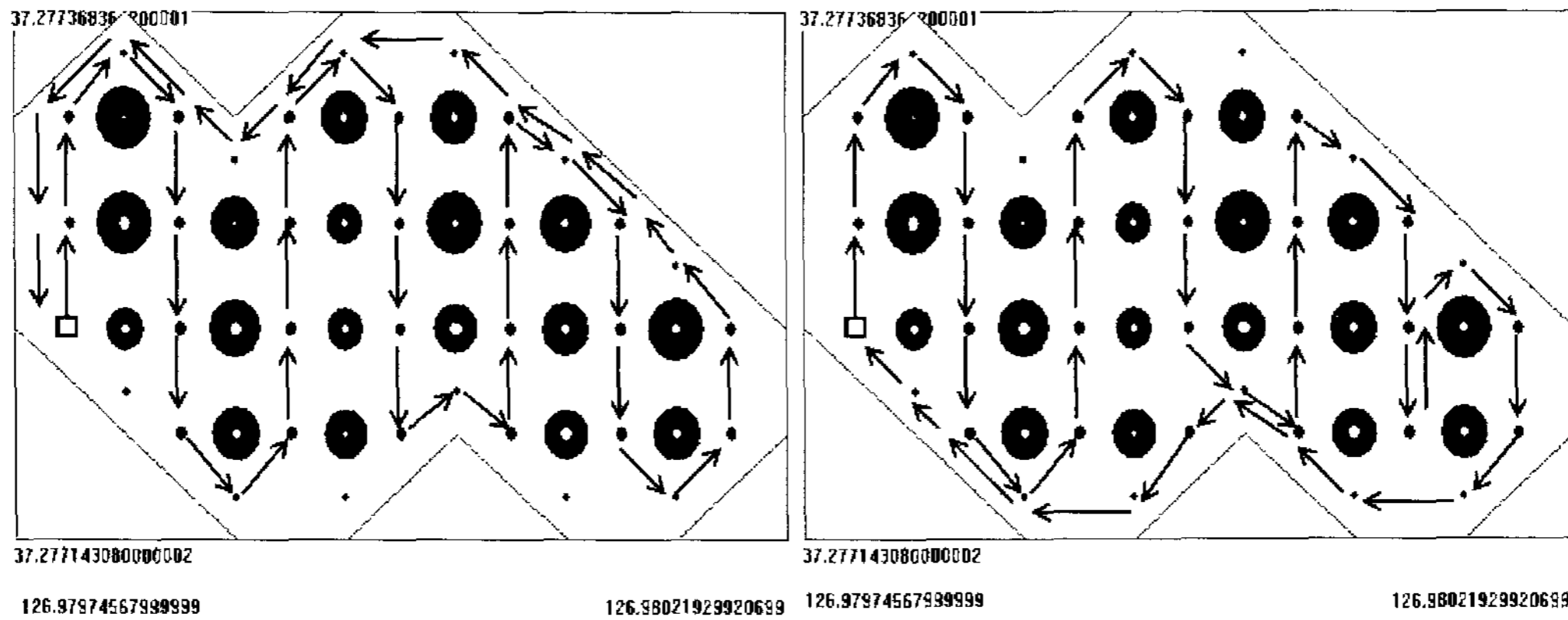


Fig. 4 Comparison of path planned by conventional(left) and order-picking(right) algorithm on field type 2.

에는 161.0 m이었다. 그림 5는 불규칙한 형태의 field type 1에 대해 스피드스프레어의 출발 위치 변화에 따른 방제 작업 경로의 변화를 보여준다. 지도 내의 사각형은 스피드스프레어의 출발 위치를 나타낸다. 3종류의 field type에 대해

출발 위치 변화에 따른 방제 작업의 이동 경로를 시뮬레이션을 통해 계산하여 표 2에 나타내었다.  $l_c$ 는 관습적인 방법을 사용하였을 때의 작업 경로의 길이이고,  $l_o$ 는 개발된 알고리즘을 이용한 작업 경로의 길이이다.  $\Delta l$ 은  $l_c$ 에 대한  $(l_c - l_o)$ 의

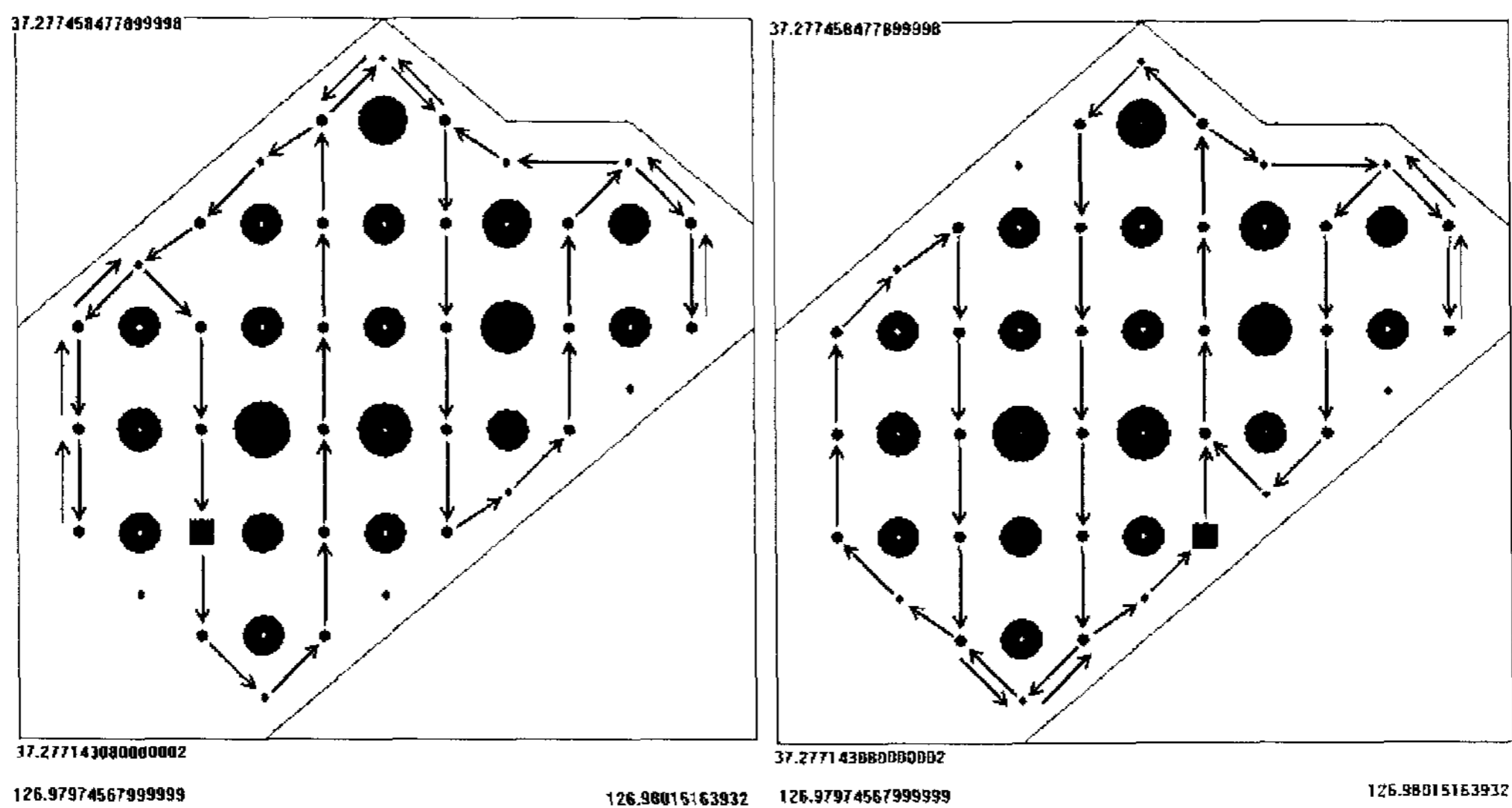


Fig. 5 Path planned by order-picking algorithm by different starting point on field type 1.

Table 2 Total path length difference by applying order-picking algorithm on 3 types of field with different starting point

Field type	Coordinates of starting points		Length of the path		$\Delta l$ (%)
	Latitude	Longitude	$l_c$	$l_o$	
1	37.2772331943	126.979779511	167.5 m	167.5 m	0
	37.2771881368	126.979914829	171.0 m	159.2 m	6.9
	37.2772782505	126.980050149	169.0 m	164.3 m	3.6
	37.2773233073	126.980117808	172.0 m	162.9 m	5.3
2	37.2772331937	126.979779511	163.0 m	160.9 m	1.3
	37.2771881368	126.979914829	188.6 m	170.9 m	9.4
	37.2771881368	126.980117808	181.9 m	166.1 m	8.7
	37.2773233073	126.980185468	178.8 m	169.3 m	5.3
3	37.2771971482	126.979830254	774.3 m	774.3 m	0
	37.2771971482	126.979886637	767.25 m	767.25 m	0
	37.2771971482	126.979943024	770.78 m	770.78 m	0
	37.2771971482	126.979999404	767.25 m	767.25 m	0

비율을 백분율로 표시한 것이다. 직사각형 형태의 field type 3에 생성된 경로는 기존의 관습적인 방법을 사용하였을 때와 유사한 경로가 생성되었고 이동 거리도 차이가 없었으나, 불규칙한 형태의 field type 1에 대해서는 기존의 경로와 다르게 이동 거리에도 차이가 나타남을 확인하였다.

나. 선택적인 작업을 위한 작업 경로의 생성

선택적으로 몇 그루의 과수를 골라 작업을 해야만 할 때 최단거리의 작업 경로를 생성해야 할 필요가 있다. 그림 6(a)는 field type 1에서 선택된 일부 과수들에 어떤 작업을 해야 할 필요가 있을 때, 기존의 직진만 하는 관행적인 방법으로 이동할 때의 작업 경로를 나타내며 경로의 총 길이는 135.3 m이었다. 그림 6(b)는 오더 피킹 알고리즘을 응용하여 생성한 작

업 경로를 나타내며 생성된 경로의 총 길이는 124.0 m이었다. 그림 7은 불규칙한 형태의 field type 1에 대해서 스피드스프레어의 출발 위치 변화에 따른 방제 작업 경로의 변화를 나타낸다.

표 3은 불규칙한 형태의 field type 1과 직사각형 형태의 field type 3의 과수 중 일부를 선택하여 방제 작업 경로를 생성하였을 때, 적용 알고리즘과 출발점의 위치 변화에 따른 작업 경로 길이의 변화를 나타낸다.

오더 피킹 알고리즘을 적용하였을 때 생성되는 작업 경로의 길이가 불규칙적인 형태의 field type 1의 경우 기존의 관습적인 방법으로 생성된 경로보다 평균 13.9%, 직사각형 모양의 field type 3의 경우 평균 9.1% 짧은 경로가 생성되었다.

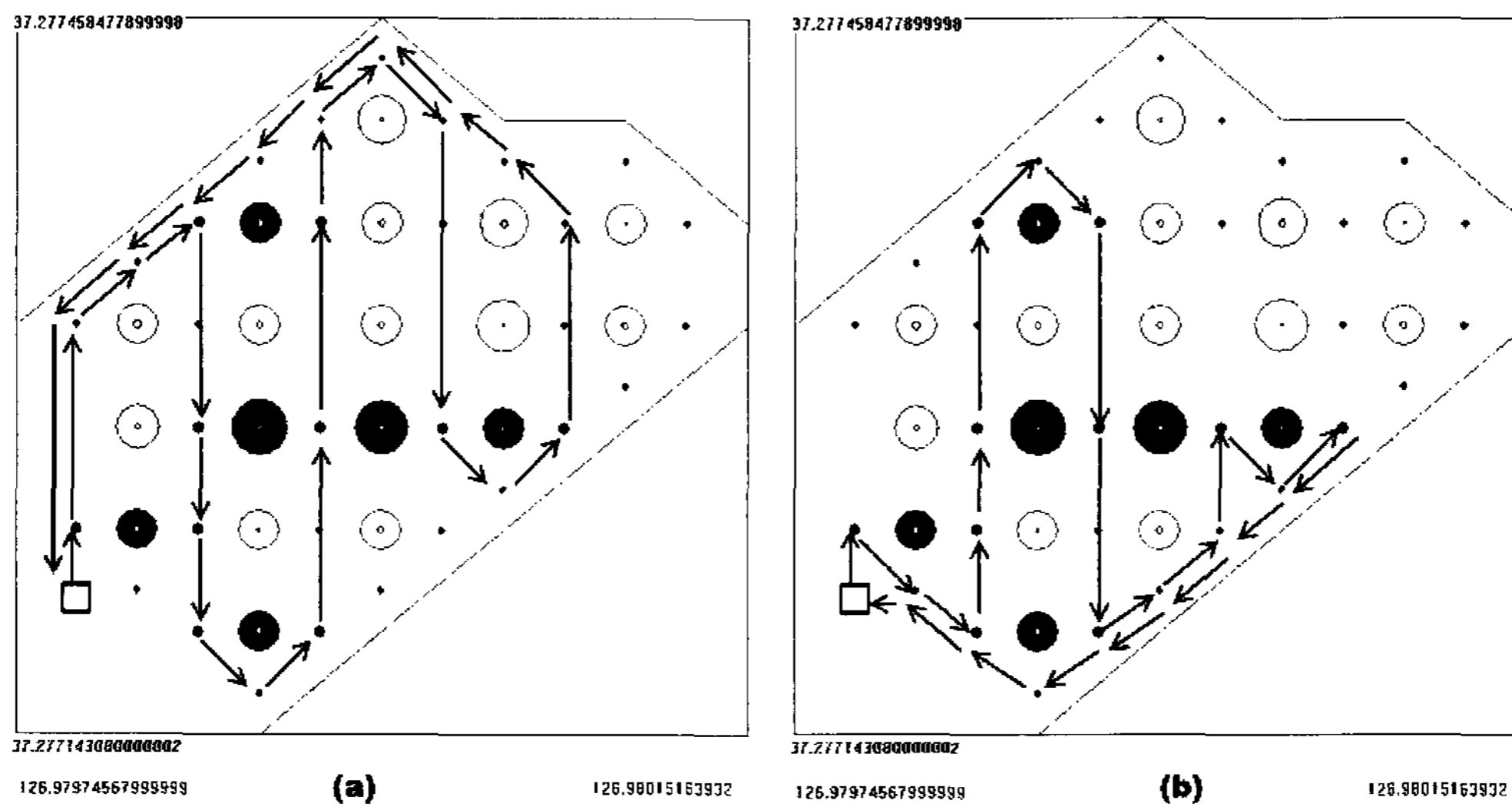


Fig. 6 Path planned for selected trees using (a) conventional algorithm and (b) order-picking algorithm.

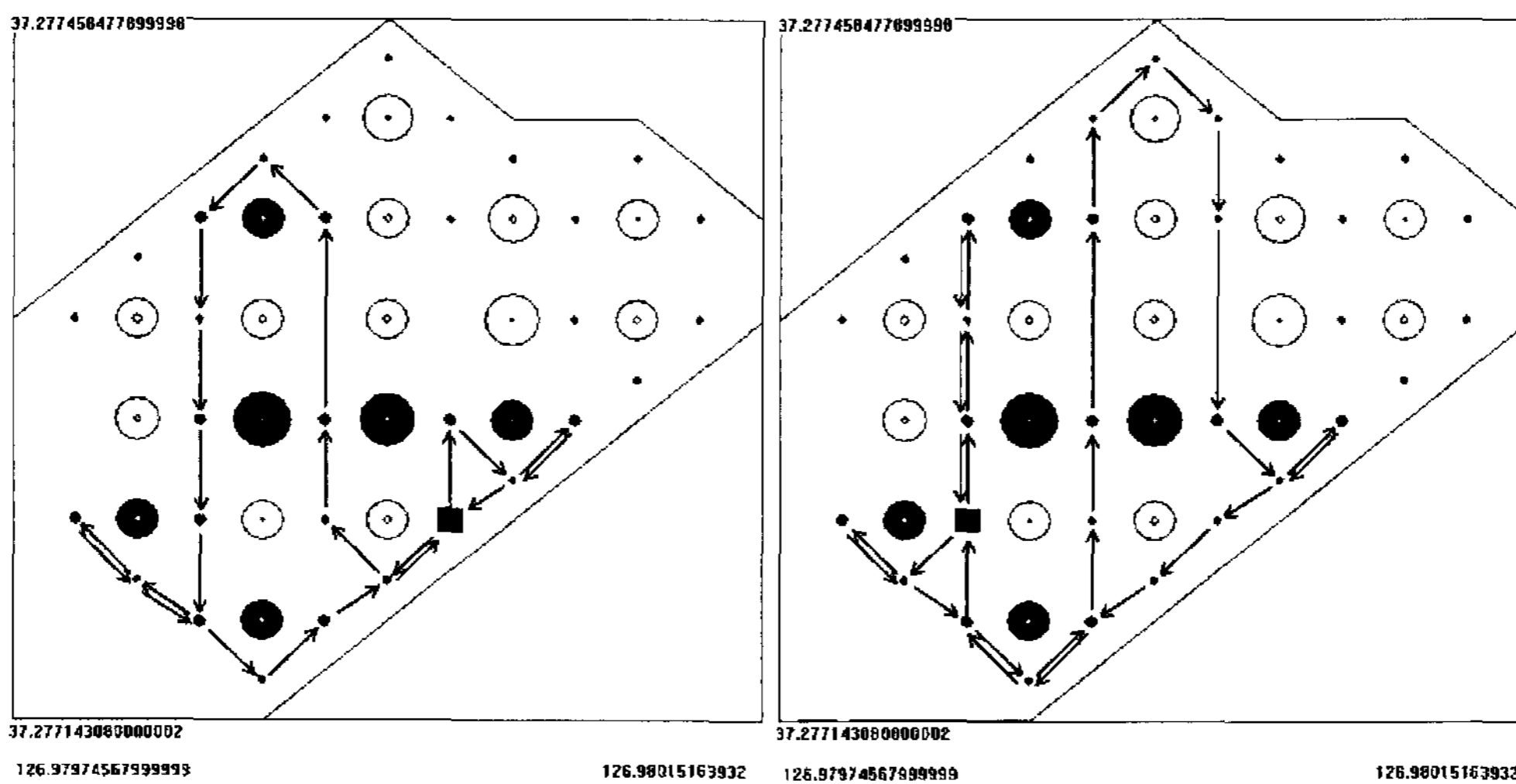


Fig. 7 Path planned for selected trees using order-picking algorithm with different starting point.

**Table 3** Total path length difference by applying order-picking algorithm on selected trees with different starting point

Field type	Coordinates of starting points		Length of the path		$\Delta I$ (%)
	Latitude	Longitude	$l_c$	$l_0$	
1	37.277233194	126.979779511	135.3 m	124.0 m	8.4
	37.277188137	126.979914829	134.3 m	109.6 m	18.3
	37.277233194	126.979847169	145.3 m	119.6 m	17.7
	37.277323307	126.980117809	105.5 m	93.9 m	11.0
3	37.277197148	126.979830254	774.3 m	702.3 m	9.3
	37.277197148	126.979886637	767.25 m	694.3 m	9.5
	37.277197148	126.979943024	770.78 m	702.3 m	8.9
	37.277197148	126.979999404	767.25 m	702.3 m	8.5

#### 4. 요약 및 결론

본 연구에서는 과수원과 작업기의 운동 제약 조건이 비슷한 창고 내에서 작업기의 이동 경로를 구하는 알고리즘인 동적 계획법을 이용한 오더 피킹 알고리즘을 과수원의 상황에 맞도록 응용하여 후진이 가능한 자율주행 스피드스프레이어의 작업 경로를 사용하였다.

구체적인 결과는 다음과 같다.

- (1) 과수원 전체에 대하여 방제 작업을 실시할 경우, 직사각형 형태(field type 3)의 과수원에 대해서는 기존의 관습적인 작업 방법에 의한 작업 경로와 같은 작업 경로를 생성하였으나 불규칙한 모양의 과수원에 대해서 방제 작업을 실시할 경우 평균 5.06%의 작업 경로 단축 효과를 나타내었다.
- (2) 과수원 내의 과수 일부만을 선택하여 작업을 수행할 경우, 직사각형 형태의 과수원에 대해서도 전진 주행만 하는 방법에 비해 평균 9.1%의 짧은 작업 경로를 생성함을 확인하였다. 결과적으로 본 연구에서 개발된 프로그램은 형태가 불규칙적인 과수원에서 부분적인 작업을 할 경우에 사용될 경우 보다 큰 작업 경로 감축 효과를 나타내었다.

#### 참고 문헌

1. Blackmore, B. S. and T. Steinhauser. 1993. Intelligent sensing and self-organizing fuzzy logic techniques used in agricultural automation. ASAE paper No. 931048, Summer meeting.
2. Cho, J. N. 2002. Development of the order picking strategy algorithm for WMS in SCM environment. Masters degree thesis of University of Incheon. (In Korean)
3. Cho, S. I. and N. H. Ki. 1995. Backward control simulation of tractor-trailer using fuzzy logic and genetic algorithms. Journal of Biosystems Engineering 20(1):87-94. (In Korean)
4. Cho, S. I. and N. H. Ki. 1996. Autonomous speedsprayer using machine vision and fuzzy logic(I) -Graphic simulation-. Journal of Biosystems Engineering 21(2):167-174. (In Korean)
5. Jang, I. J., T. H. Kim and M. D. Cho. 1995. Development of unmanned speedsprayer (I) -Remote control and induction cable system-. Journal of Biosystems Engineering 20(3):226-235. (In Korean)
6. Ki, N. H., S. I. Cho and C. H. Choi. 1996. Autonomous speed-sprayer using machine vision and fuzzy logic (II) -Real operation-. Journal of Biosystems Engineering 21(2):175-181. (In Korean)
7. Lee, J. H., S. I. Cho and J. Y. Lee. 1998. Autonomous speed-sprayer using DGPS and fuzzy control (II) -Real operation-. Journal of Biosystems Engineering 23(1):75-82. (In Korean)
8. Lee, J. -Y. 1999. Autonomous Speedsprayer Using DGPS and GIS. Masters degree thesis of Seoul National University. (In Korean)
9. Toda, M., O. Kitani, T. Okamoto and T. Tori. 1993. Studies on autonomous vehicles for agricultural robotics. ASAE paper No. 933091, Summer meeting.