

回型拖拉机路径规划

1.农田形状

1. 田地形状

(1) .使用田地块的周长（P）与面积（A）的比率 P / A （使用单位：m / ha）来描述田地形状。将这个比率与正方形田地块的比率进行比较，指数越高，经济结果就越负面。

2. 田地形状对时间效率的影响

(1).太多因素（机械、行驶技术、司机喜好、场地条件）会影响行驶和转弯时间，因此无法开发出形状效应到时间的确定性模型”

(2).田地形状对小田地的影响更大。随着田地大小的增加，形状的影响减小

(3).田块形状和大小对在田间工作的时间所产生的影响几乎完全与转弯时间相关

3. 衡量农田形状的指标

(1). 凸性：为了衡量区域的凸性，从外部多边形计算凸包，并计算凸包面积与区域面积之比。凸性指数越接近1，表明区域越凸，而接近0则表示区域更加复杂或具有较多的不规则边缘

(2). 紧致性：紧致性通常用于描述农田的形状，以及对农田形状进行分类和评估：

$$Compactness = 4\pi \frac{A}{P^2} \tag{1}$$

The value of compactness is largest for a circle and is equal to one. Thus the range of values is [0,1].

紧致性

(3). 矩形度：矩形度是在描述农田时非常重要的一种形状指标。矩形的农田更容易操作，因为如果没有额外的要求，所有的行列都可以保持直线并且平行排列。在这项研究中，使用了标准的最小外接矩形（Minimum Bounding Rectangle，MBR）指标。旋转卡尺法（Toussaint 1983）被用于找到最小外接矩形。在实践中，这意味着最小外接矩形的一条边与多边形的凸包的一条边共线，并且最小外

接矩形可以在线性时间内求解。该指标是原始区域面积与最小外接矩形面积之比，取值范围为[0,1]。

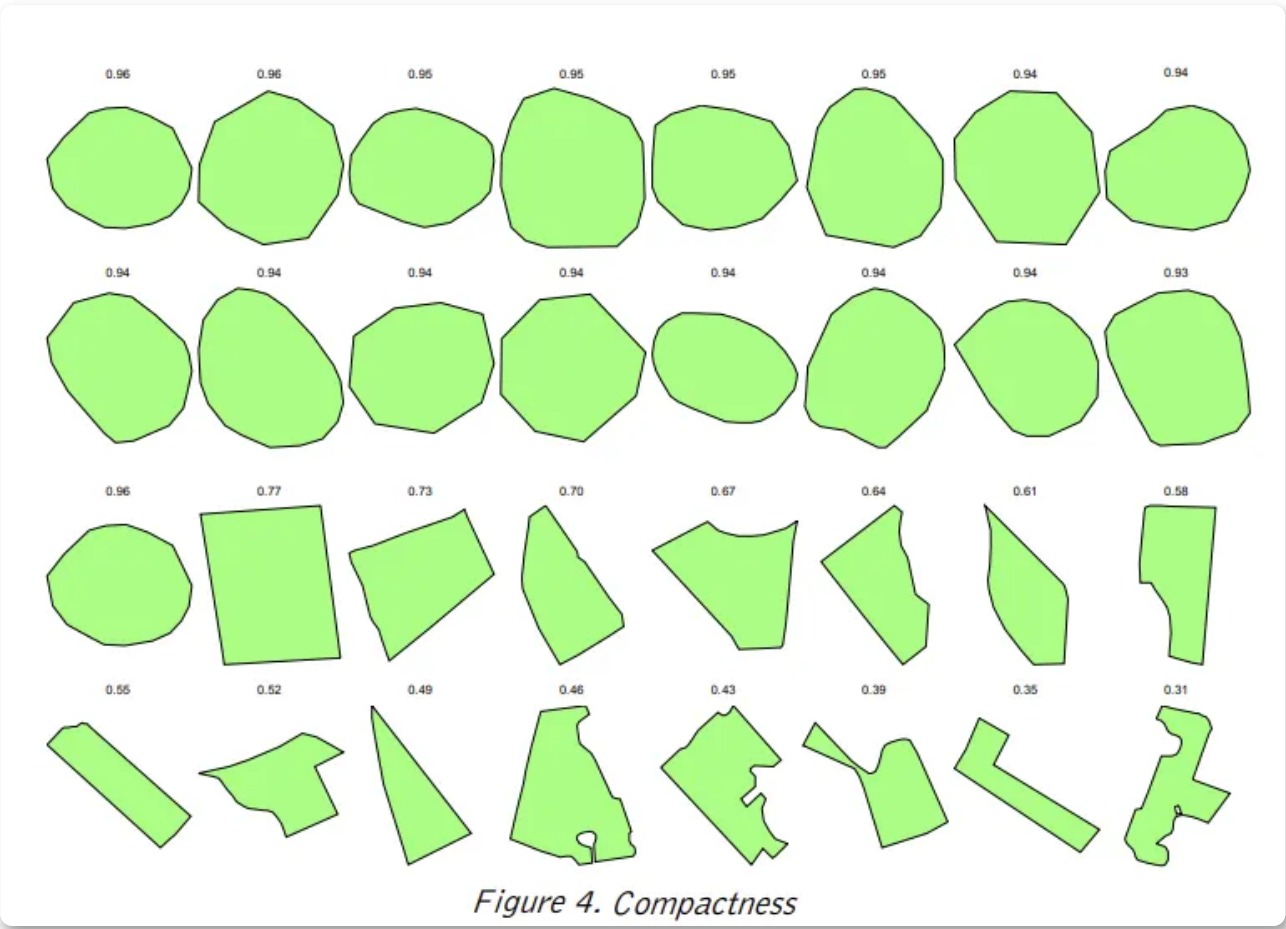
(4). 椭圆度:圆形田地可以通过螺旋行驶轻松操作。这种类型的圆形田地在美国某些需要灌溉的区域中存在，如果使用中心喷灌系统，则倾向于呈圆形。

$$I_1 = \frac{\mu_{20}\mu_{02} - \mu_{11}^2}{\mu_{00}^4} . \tag{4}$$

For any circle, I_1 has constant value and therefore the index of ellipticity can be calculated as

$$E_I = \begin{cases} 16\pi^2 I_1, & \text{if } I_1 \leq \frac{1}{16\pi^2} \\ \frac{1}{16\pi^2} I_1, & \text{otherwise} \end{cases} . \tag{5}$$

椭圆度



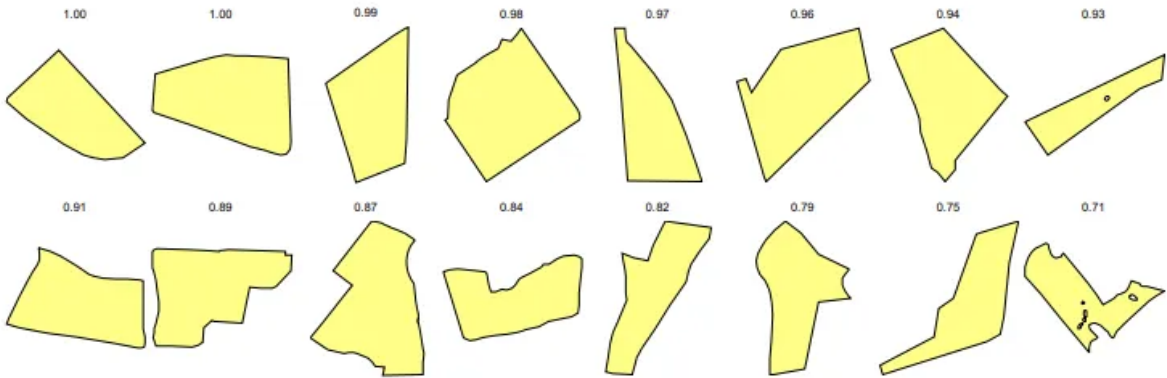


Figure 5. Convexity

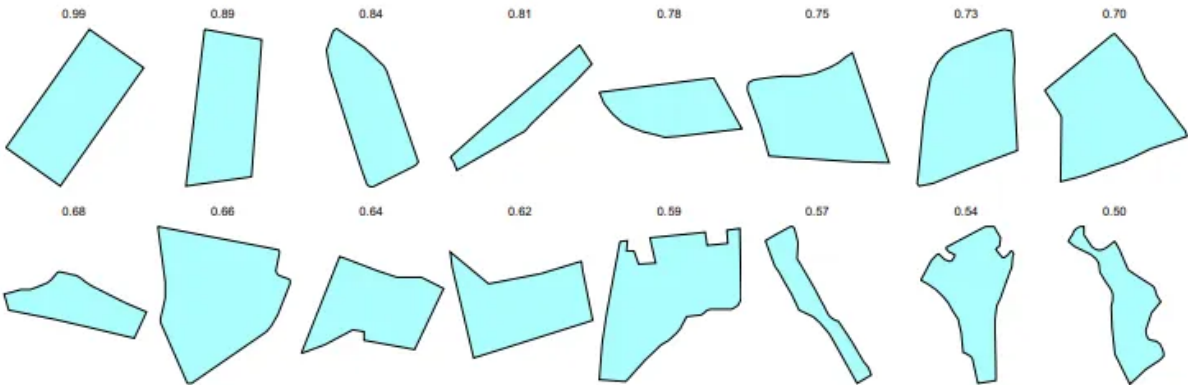


Figure 6. Rectangularity

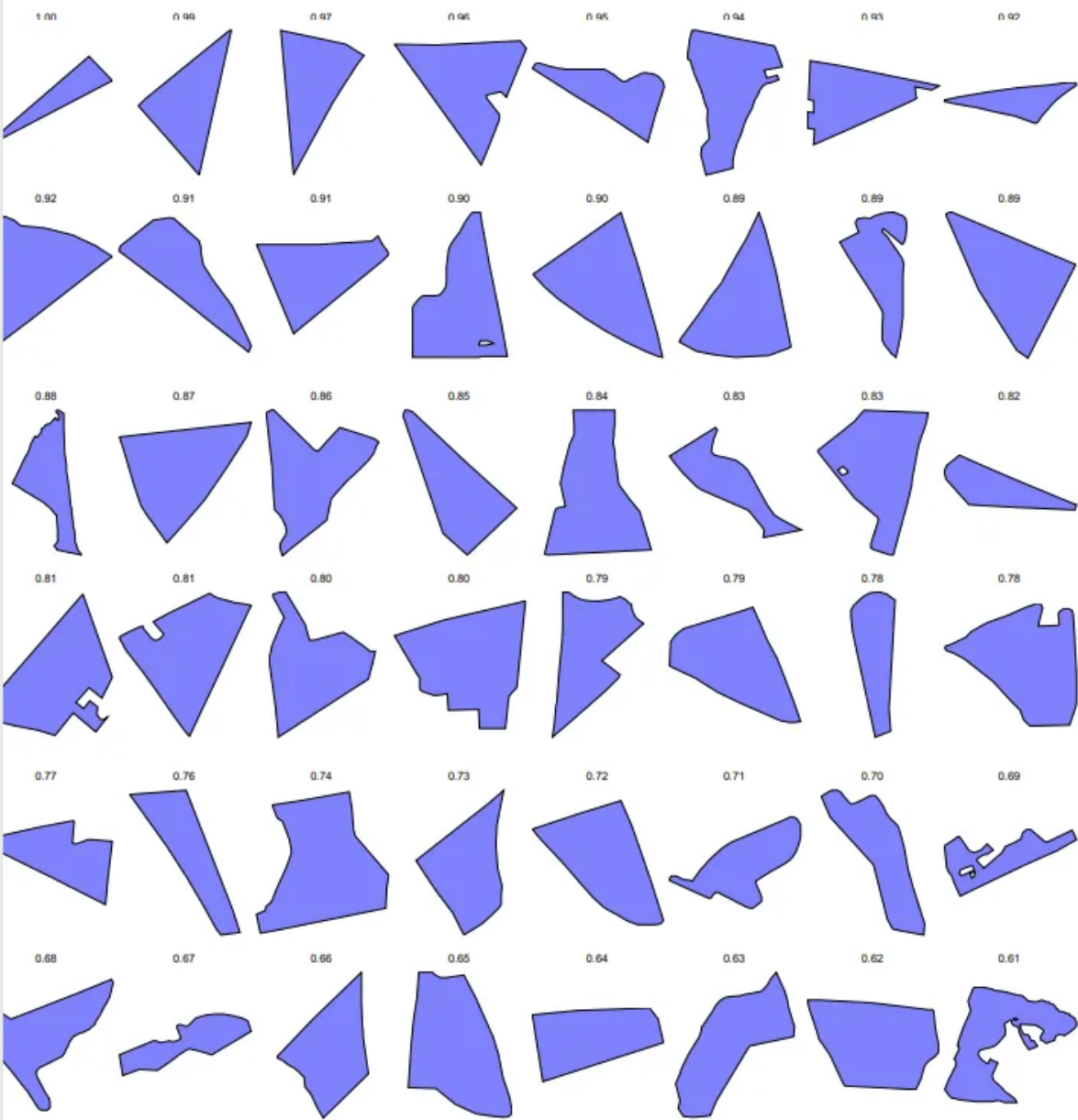


Figure 7. Triangularity

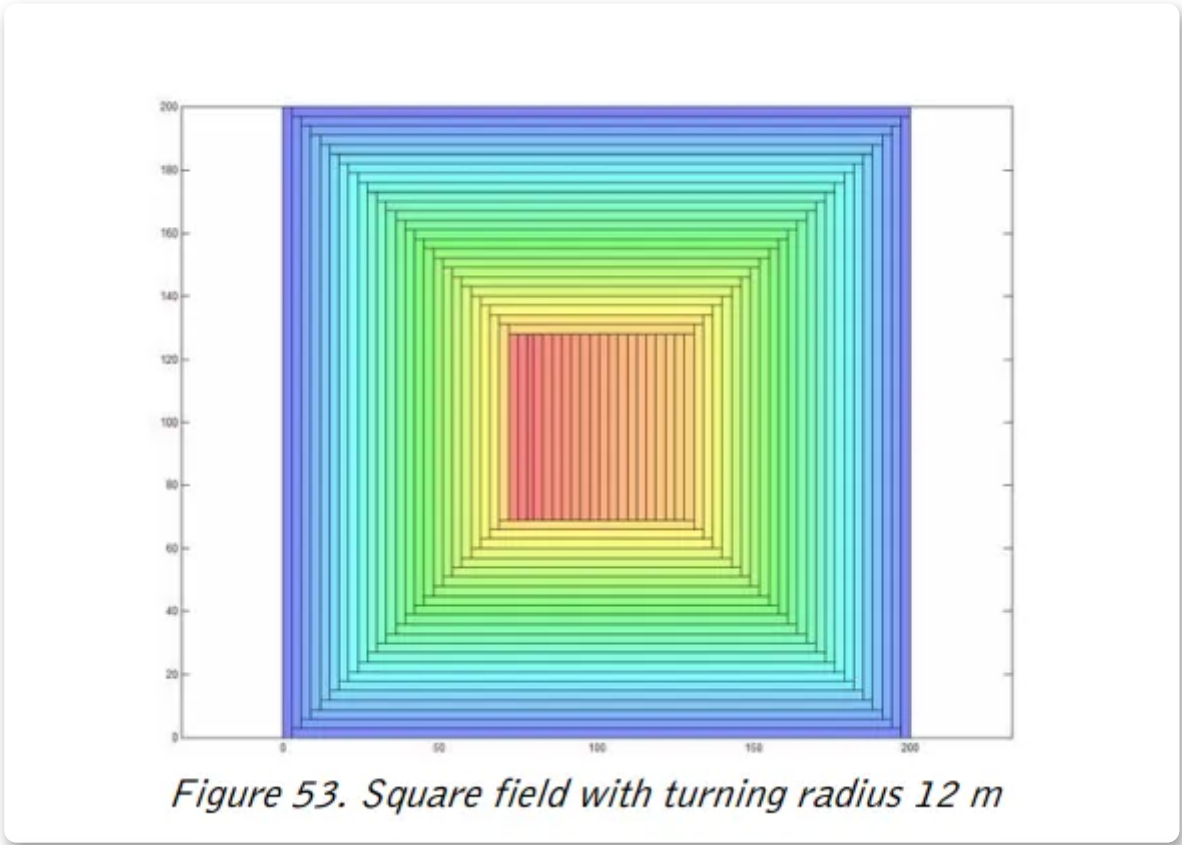
2.回型及临塍分析

ence. However, there have been some guidelines drawn up for farmers, such as those of Sipilä *et al.* (1954), who suggest that, for malformed fields in ploughing, a *figure ploughing* method should be used. In this method, in a field with non-straight edges, the ploughing should be started at the center and be driven as a spiral. Other cases discussed are triangular and underdrained fields.

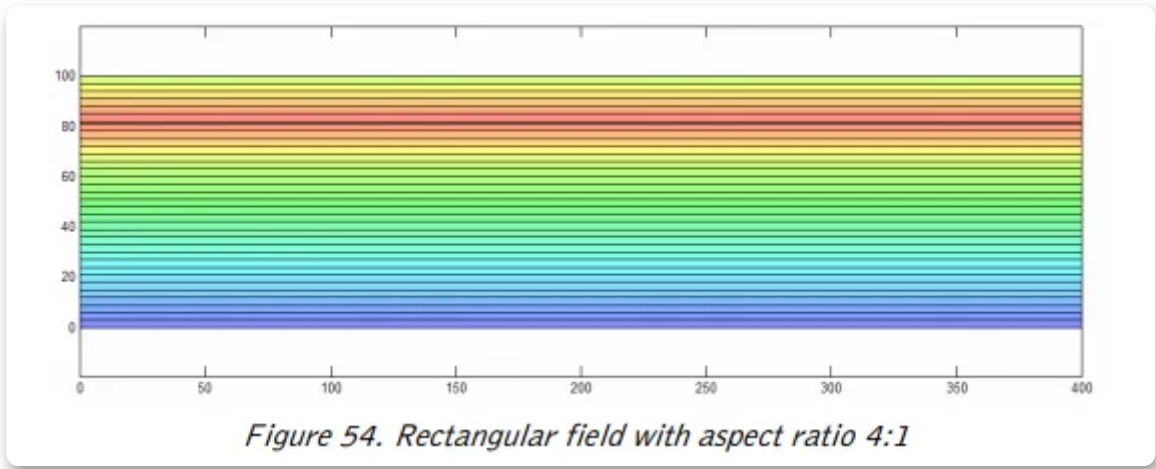
Sipilä等人（1954）提出的建议，他们建议在犁地时应使用一种叫做"图形犁地法"的方法。在这种方法中，对于边缘不直的田地，犁地应该从中心开始，按螺旋形状进行。其他讨论的情况包括三角形和排水田地。

临垄方式采用自上而下的方法解决了农业机械覆盖的路径规划问题。算法的缺点是主要涉及的是直线驾驶线路

推广到允许曲边的其他形状，必须开发一种相当复杂的算法。这个算法的基本思想是跟随田地边缘的形状，而不是强制其变直。这就是一些农民真正操作大部分田地的方式，沿着某些边缘的形状或者螺旋地绕行田地。



回型例子1



临垄方式

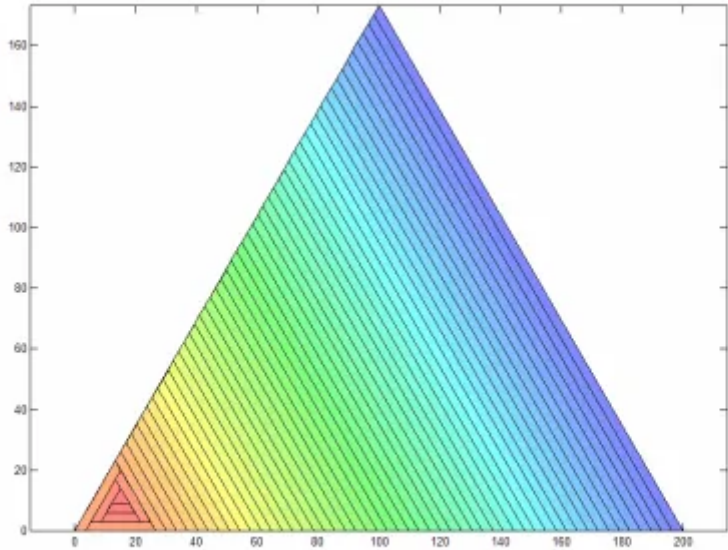


Figure 55. Triangular field with sides 1:1:1

三角形例子1

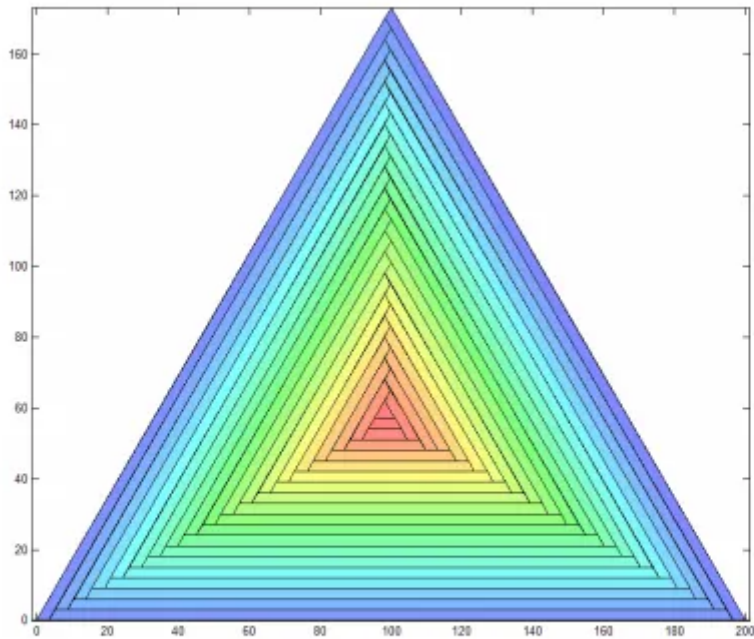


Figure 56. Triangular field with sides 1:1:1, turning radius 12 m

三角形例子2

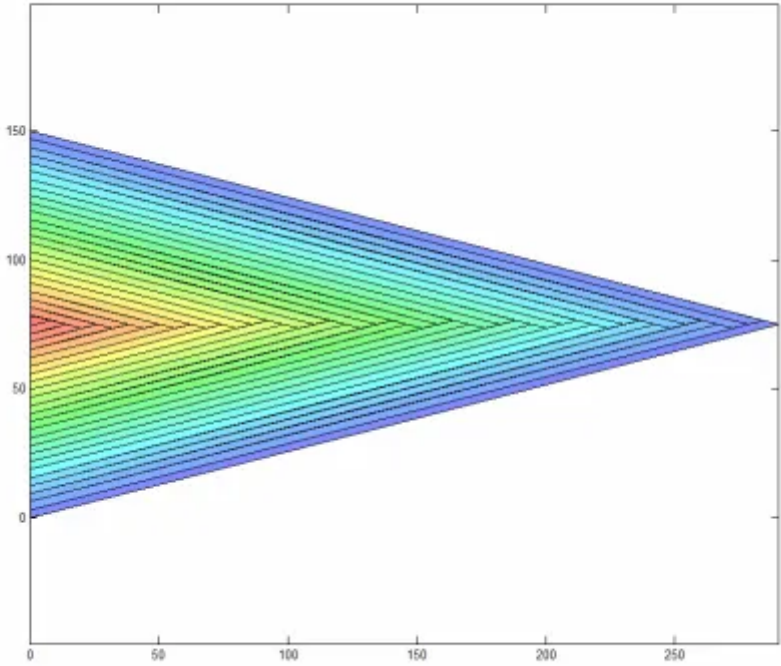


Figure 57. Triangular field with sides 2:2:1

三角形例子3

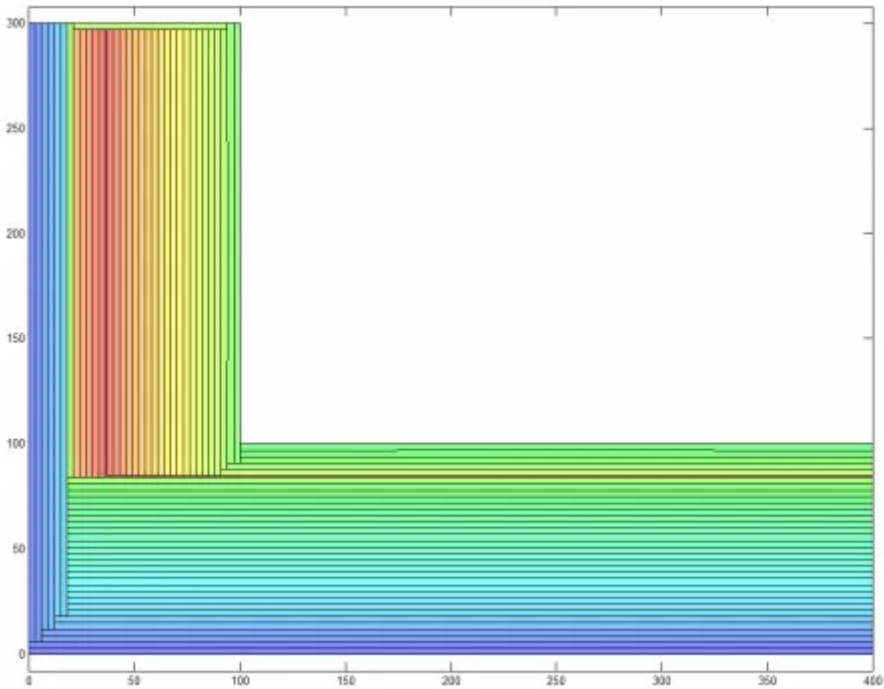
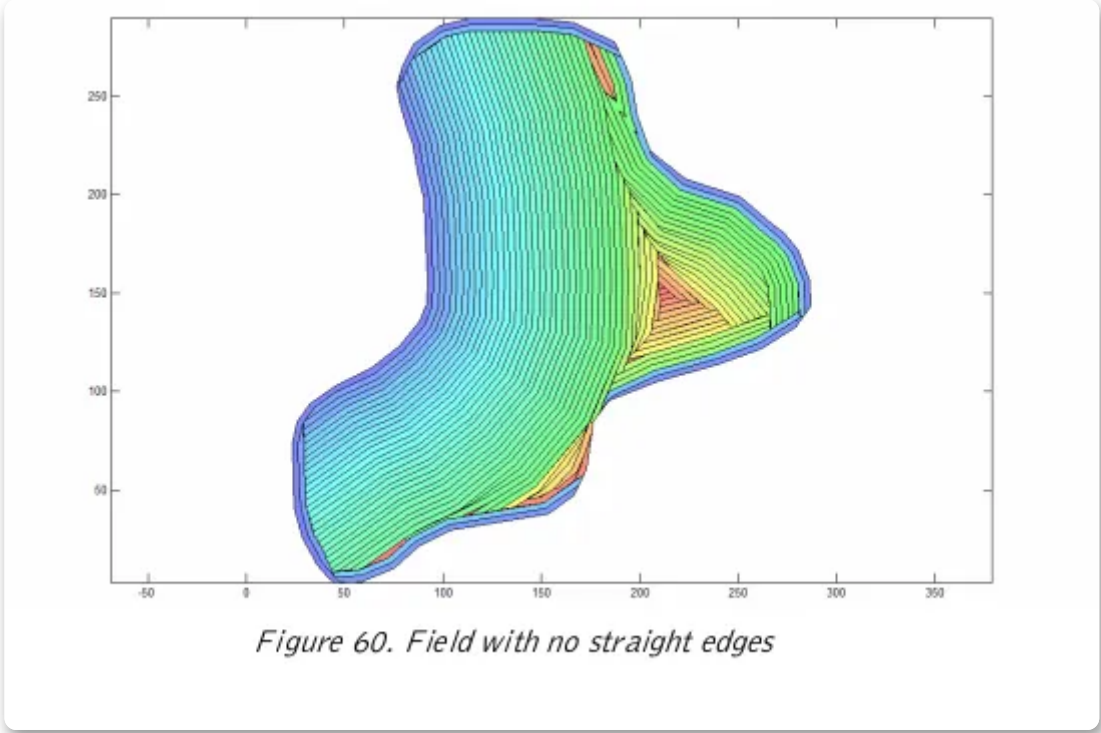
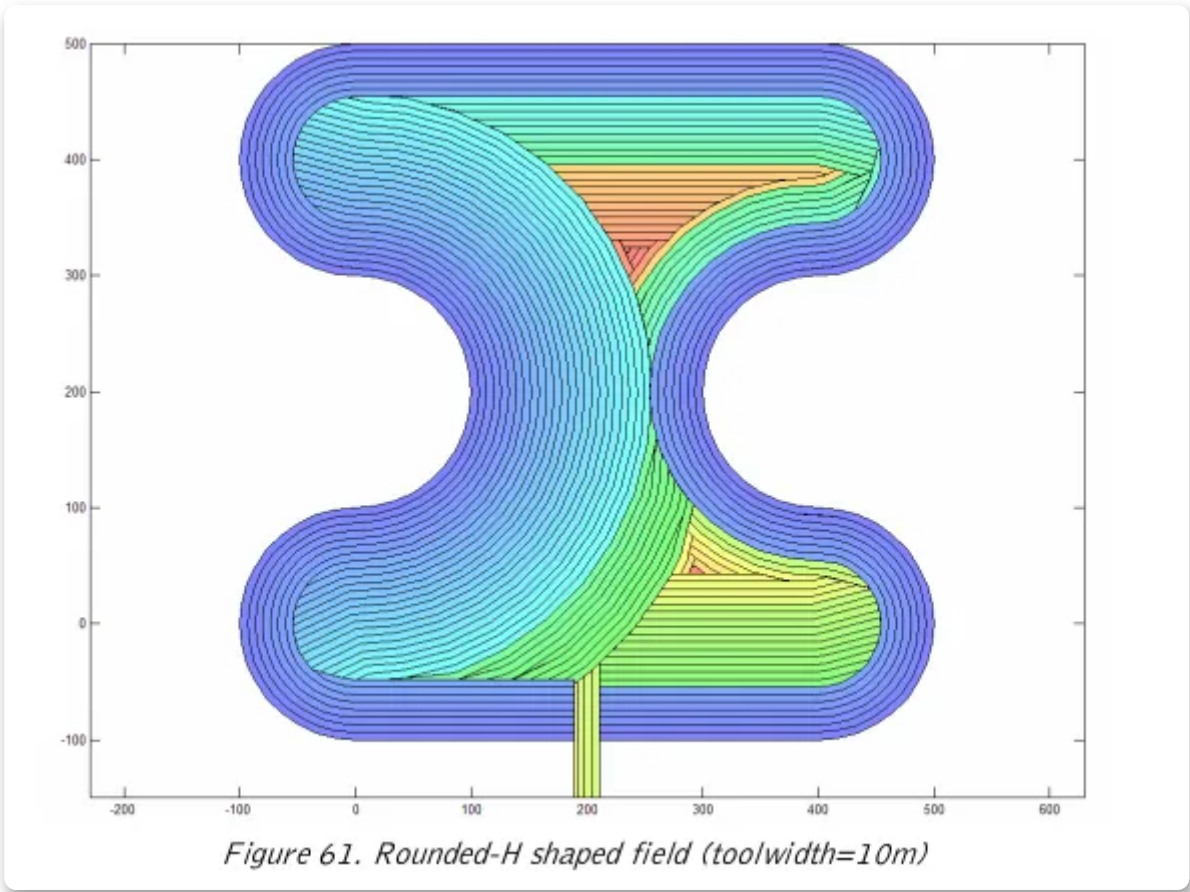


Figure 58. L-shaped field 4:3

L 型



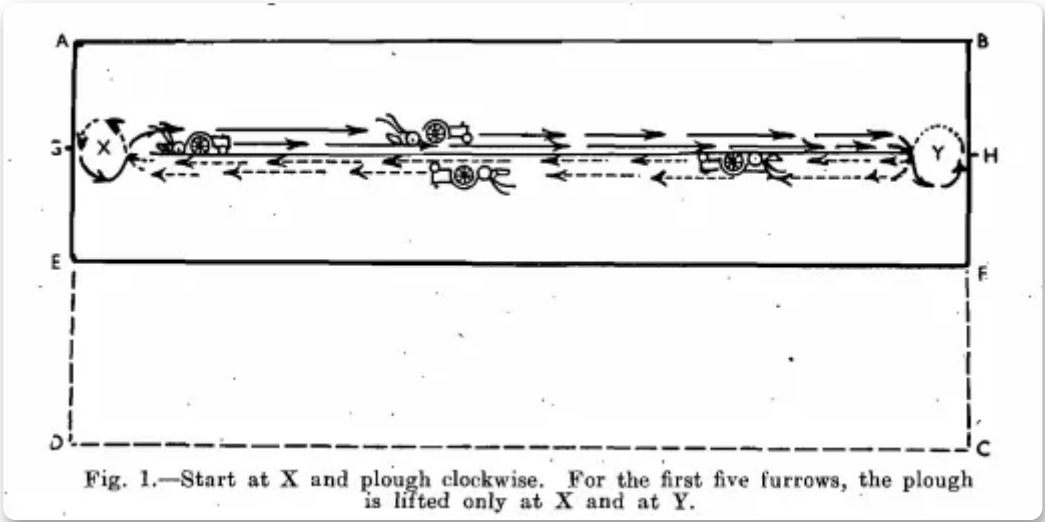
没有直线的边缘



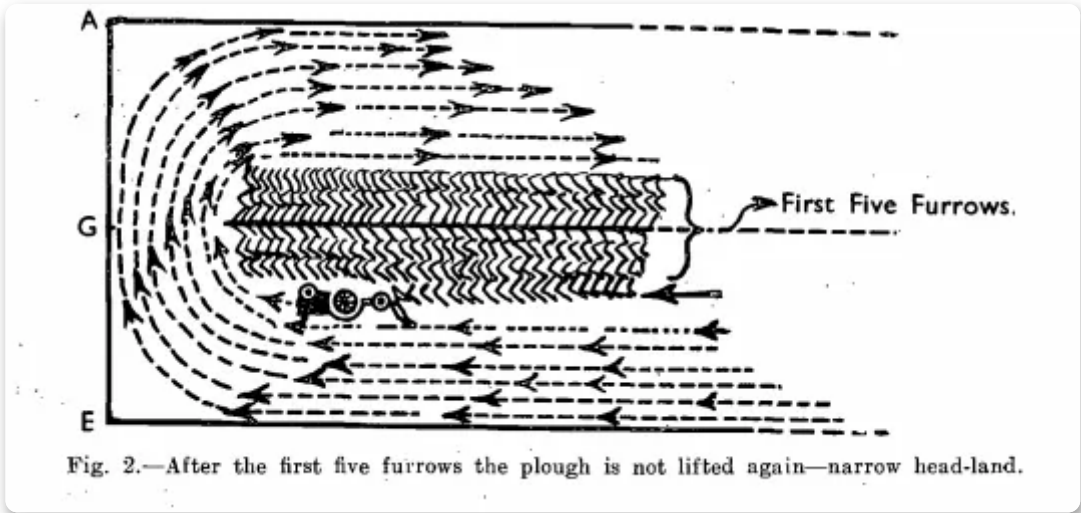
H型

3.回型规划的方式及优缺点

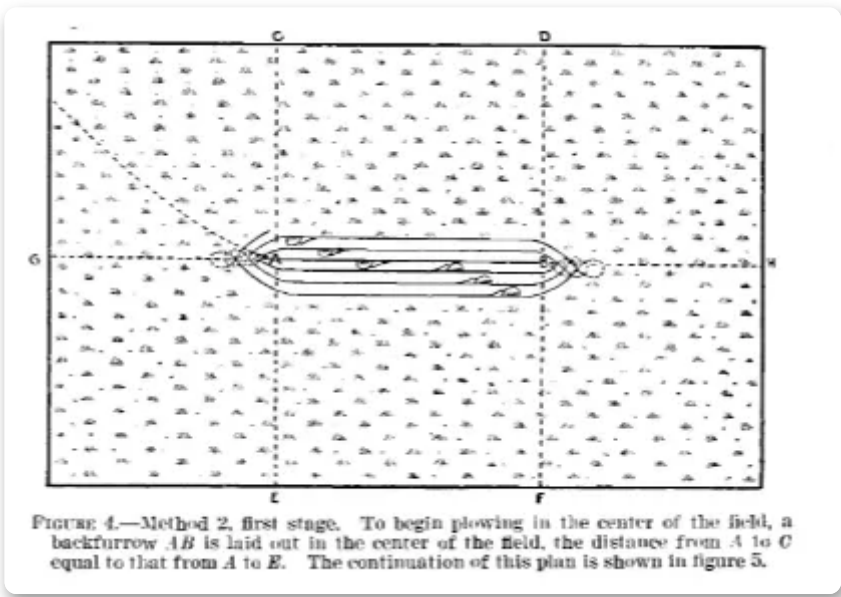
1. 绕8字回型



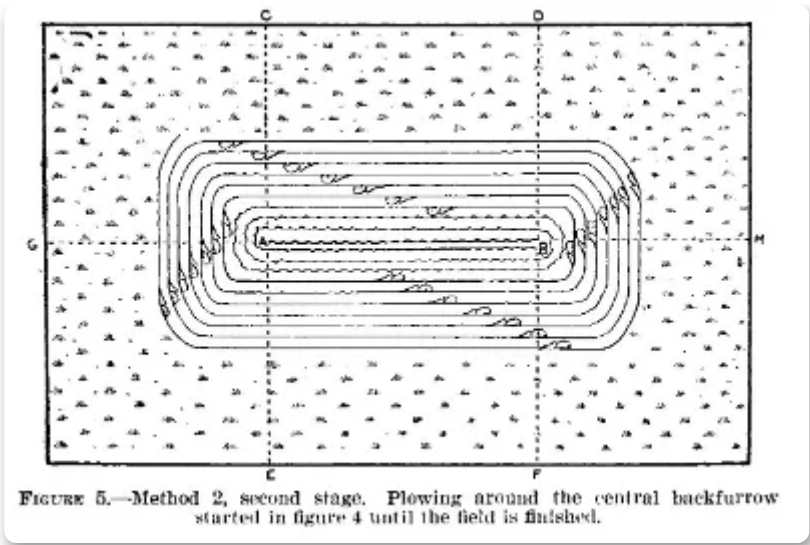
绕8字回型1



绕8字回型2



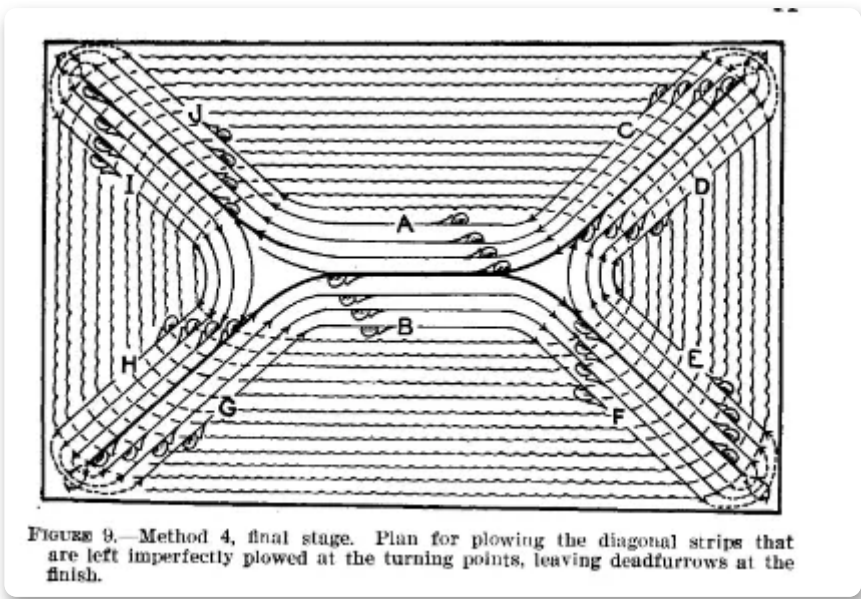
绕8字回型3



绕8字回型4

是指在田地中间的一个后犁沟周围犁出一个矩形田地。只有在最开始的几次通过田地末端时，才会稍微抬起犁铧。当耕作的土地宽度足够让机器在田地末端转弯时，就不再需要抬起犁铧，直到整个田地完成为止。

2. 交叉收尾



交叉收尾

3. 从内往外

during the operation by a farmer on rectangular-shaped grass growing fields (Latitude: 35.156N, Longitude: 126.611E) in South Korea. The tractor driver followed typical operational paths: tractor started from entrance to the mowing start point, and travelled with straight and right-angle turning patterns in the work area. In the field tests two operators worked during the whole course, one driver and one collaborator. The collaborator needed to clear the waste grass and make the work areas clear. All of the data were stored in a notebook computer in real-time. Then the data were merged by a software developed using the MATLAB (version R2011a, Math Works, USA) program. Fig. 3 shows trajectory of the field working.

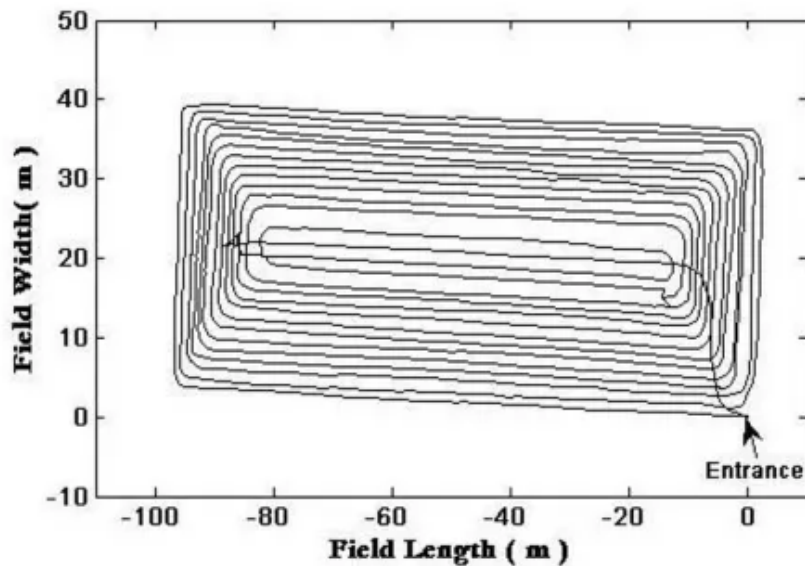
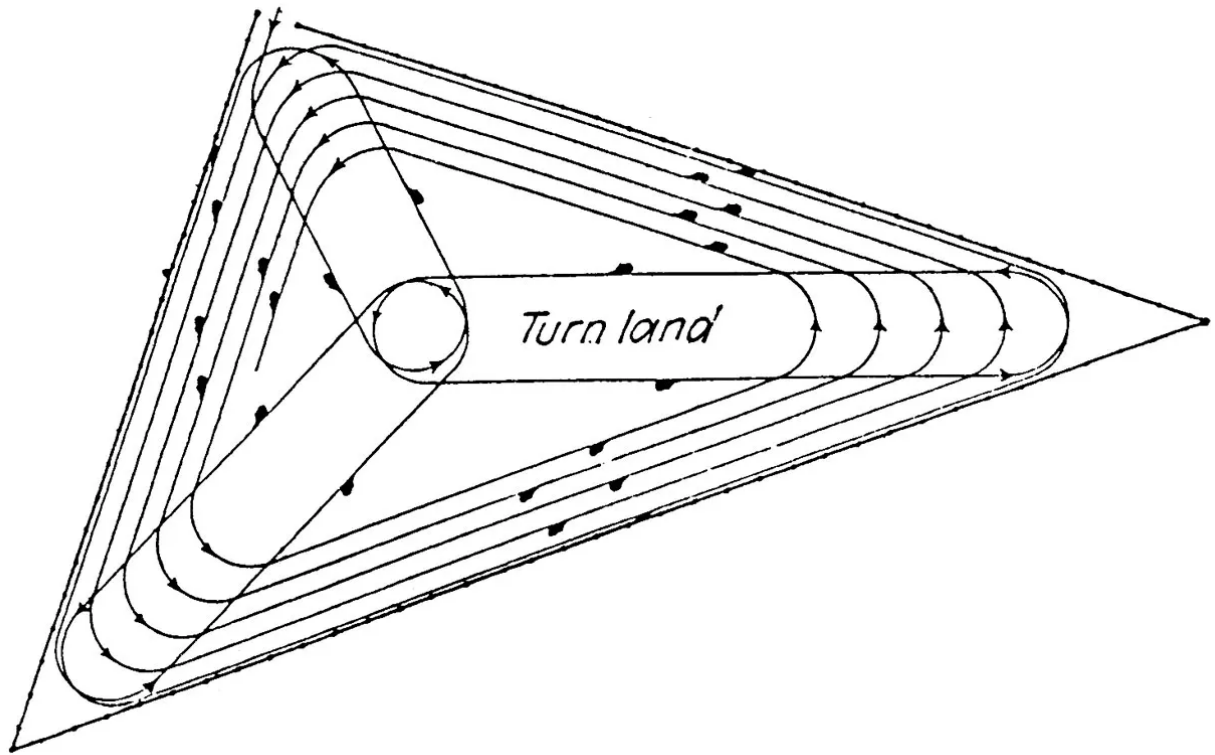


Fig.3. Example of the collected operation paths

从内往外



三角形回型

路径规划算法的效率可以通过生成路径所含转弯次数来衡量，这是由于在转弯时需要减速和加速。同时，已知转弯会产生轮胎打滑，影响里程计的准确性。相比于平行扫描和锯齿路径中的 180° 转弯，螺旋路径最多只包含 90° 的转弯。因此，螺旋路径可以以更高的速度进行，而不会引入额外的轮胎打滑。螺旋运动的另一个优点是，机器人将从同一方向穿过局部环境，并从同一侧面观察相同的地标，这有助于定位。

4. 回型优缺点分析

。优点

- 单位面积耕地时燃料消耗更少：由于犁田系统的设计，转弯换挡的次数减少，因此在单位面积耕地时燃料消耗更少。这可以节省燃料成本，并提高资源利用效率。
- 耕地所需时间较短：与普通的犁田系统相比，该系统需要的耕地时间较短。由于减少了转弯和换挡的次数，整个耕地过程更加流畅迅速。这可以提高工作效率，并节约了农民的时间。
- 拖拉机和犁的齿轮磨损较少：由于减少了转弯和换挡的次数，拖拉机和犁的齿轮受到的磨损较少。这意味着维修成本会减少，农民可以节省修理费用并延长设备的使用寿命。
- 沟壑呈现环形轮廓，有助于保持土壤湿度：使用该犁田系统耕地后，形成的沟壑呈现出环形轮廓，也就是说，沟壑的形状类似于地形的轮廓。这种形式

可以帮助土壤更好地保持湿度，防止水分流失，提高土壤的保水能力。这对于农作物的生长和产量具有积极的影响。

- 回型犁过以后相对临垄土地较为平整，适用于不规则地块作业
- 从中间往外走能够减少车轮的轮胎印

。缺点

- 过弯时如果不抬犁，长时间这样耕作会导致地头高，中间低
- 过弯时会导致漏耕
- 如果带倒车也会出现类似临垄的换挡和加减速

4.其他

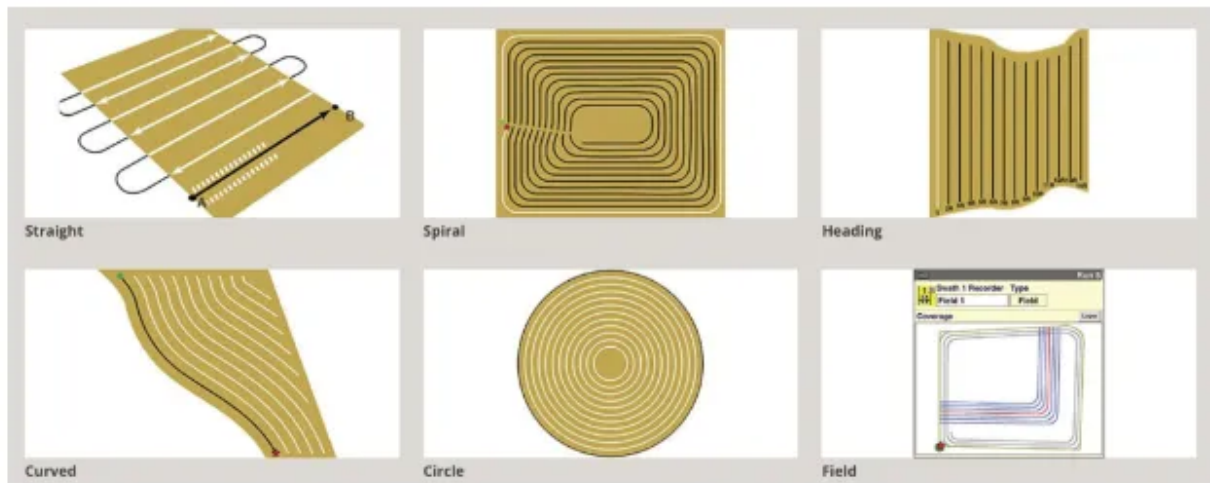


Fig. 2: Case IH's guidance plowing patterns.

凯斯公司给出的犁地建议

参考博士论文^[1]

Reference

- [1] 博士论文：
path-planning-algorithm-for-agricultural-field-machines。