

ShadeMotion: 教程

ShadeMotion 5.1.41 是一个应用程序，可以在地球上任何地方，计算任何时间段内，树木（任意数量、大小和空间分布以及八种可能的几何形状的树冠）在每个“点”（单元格）中，所累积之树影的时空分布。

Eduardo Somarriba
Randall Zamora
José Barrantes
Matthias Malek
Eduardo Vargas
Fergus Sinclair
Francisco Quesada

CATIE,
Turrialba, Costa Rica
2021



ShadeMotion: 教程

ShadeMotion 5.1.41 是一个应用程序，可以在地球上任何地方，计算任何时间段内，树木（任意数量、大小和空间分布以及八种可能的几何形状的树冠）在每个“点”（单元格）中，所累积之树影的时空分布。

Eduardo Somarriba
Randall Zamora
José Barrantes
Matthias Malek
Eduardo Vargas
Fergus Sinclair
Francisco Quesada

CATIE,
Turrialba, Costa Rica
2021



CATIE does not assume responsibility for the opinions and statements expressed by the authors in the pages of this document. The authors' ideas do not necessarily reflect the views of the institution. The partial or total reproduction of the information contained in this document is authorized, as long as the source is cited.

ISBN 978-9977-57-753-1

631.58

S693 chi ShadeMotion: 教程 / Eduardo Somarriba ... [et al.]. – 1ª ed. – Turrialba, C.R. : CATIE, 2021.
49 p. – (Serie técnica. Manual técnico / CATIE ; no. 145)

ISBN 978-9977-57-753-1

Título original: ShadeMotion: el análisis de patrones de sombra de árboles. Tutorial

1. Sombra – Modelos de simulación 2. Agroforestería – Modelos de simulación I. Somarriba, Eduardo II. Zamora, Randall III. Barrantes, José IV. Malek, Matthias V. Vargas, Eduardo VI. Sinclair, Ferguson VII. Quesada, Francisco VIII. Chiang, Ramiro, trad. IX. Chen, Bella, trad. X. CATIE XI. Título XII. Serie

Citación sugerida:

Somarriba, E; Zamora, R; Barrantes, J; Malek, M; Vargas, E; Sinclair, F; Quesada, F. 2021. ShadeMotion: 教程 (en línea). Turrialba, Costa Rica, CATIE. 40 p. (Serie técnica. Manual técnico / CATIE, no. 145). Título original: ShadeMotion: el análisis de patrones de sombra de árboles. Tutorial

Créditos

目录

简介	6
词汇表	8
第 1 章：概述	10
图形界面	10
用户图形界面的区域和条形栏目	10
在 ShadeMotion 中的时间：时段、每日及模拟日的太阳活动范围	12
地块的地理位置	13
动态，静态和即时模拟	14
模拟的阴影图	15
树群的树冠覆盖	15
植树密度（或简称密度）	15
土地上树群的基本区域	15
储存模拟结果	16
关于树木和土地的度量单位	16
第 2 章：树木	17
树木的特征	17
决定树木特征的值	17
树叶（落叶）的每月变化和树冠的最大密度	18
正半轴的方向 Y+	19
四种种树方式	20
i) 手动	20
ii) 排列种植方式：系统式和随机式	21
简单排列	21
复式排列	22
随机排列	23
iii) 准备一个包含字段数据的 Excel 文件	24
a. 在笛卡尔坐标中	24
b. 在 GPS 坐标中	25
将树木群置于土地中央	25
删除树木和阴影或清除土地	25
定义新树种并填写表格	26
可修剪枝叶的树种	27

第 3 章：重迭、标旗、采样区域以及在斜坡地上的模拟	29
阴影重迭	29
在树下生长的作物	29
在土地中选择采样区域	30
删除采样区域	32
土地和树木的 2D 和 3D 视图.....	32
2D 视图.....	32
3D 视图	33
在斜坡地上的模拟.....	33
斜坡地的 Y+ 轴方向	34
筛选	35
阶段与间隔.....	35
“设定”菜单	36
 第 4 章：模拟范例	 38
 第 5 章：结果	 41
感谢	49

简介

植物生理学家已针对植物接收的辐射量开发了非常完整的模型，其中大部分是根据植物的形态结构所设计的。**ShadeMotion** 从不同的观点，利用单纯的几何原理，准确定位太阳在地球一年中各地的照射位置，使用植物阻挡阳光所造成的阴影，来切入此议题。

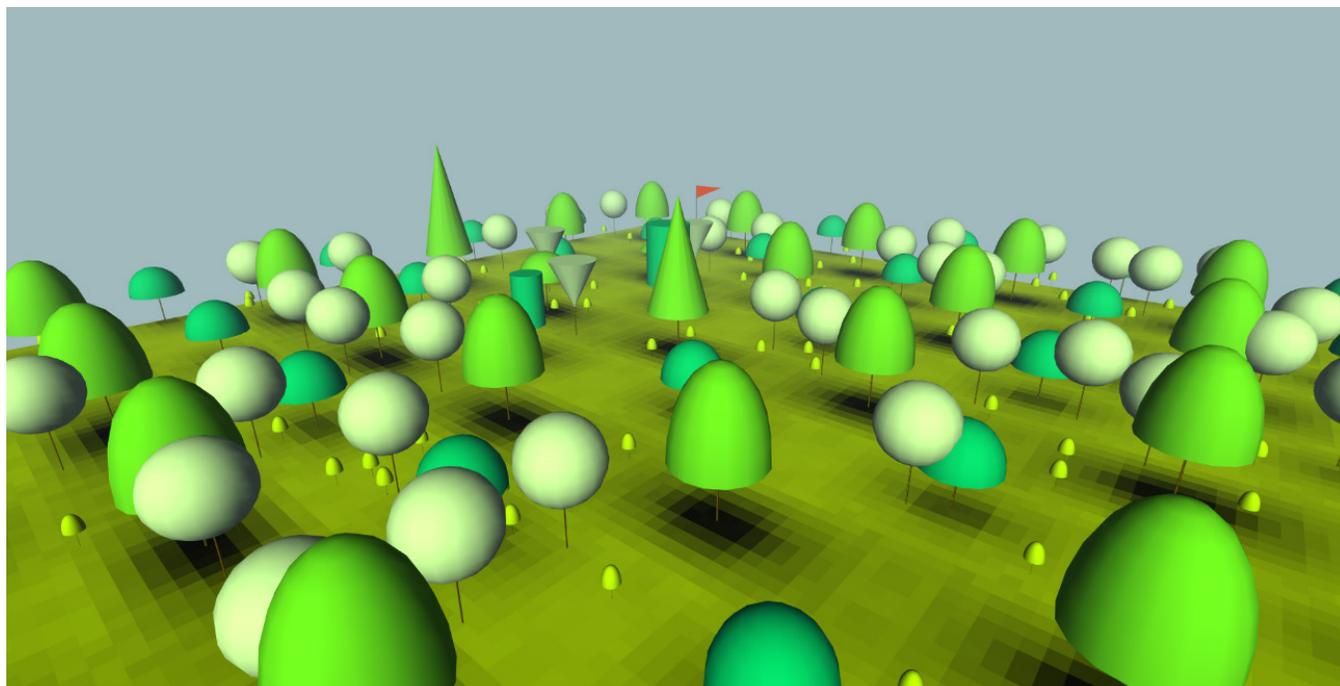
ShadeMotion 是一个应用程序，用户可以统计指定时间段内，树地上每个“点”（单元格）累积的阴影时数。

用户通过多种选择来构建模拟：

- 可以是地球上任何纬度的土地。
- 地形可以是平坦的，也可以是斜坡（任何角度及任何倾斜方向）。
- 可以在网格（代表土地）上的任何位置，种植任何数量的树木。
- 每棵树的形状、树冠大小和粗细，以及树干的高度，都有自己的特征。
- 树冠的形状仅限基本的几何图形：球形、半球形、椭圆形、半椭圆形、圆锥形、倒锥形、圆柱形和伞形。
- 每个树冠可以有自己的树冠密度或成影明度，也可以根据落叶变化和重新生长，形成每月的树冠密度变化。
- 每个树种都有自己的树冠和树干的生长模式。
- 本应用程序可以以图形形式及各种格式的文件，提供模拟结果。
- 提供树地的三维视图。

新版本 5.0:

- 可以以不同排列方式种植树木，而不必单独种植每棵树木。
- 可利用作物在树荫下的生长，来计算作物生长高度所形成的阴影图。
- 透过模拟可修剪树种之树冠的周期性扩张和收缩，制作出模型。
- 每个时间段形成的树影都可马上生成报告，无需加入以前时间段累计的数据。
- 大幅缩短了模拟运行的时间。
- 可从网站 (www.shademotion.net) 下载安装或在线运行。
- 本软件可在以下三个平台操作：Windows、OS 或 Linux。



词汇表

原始文件：该文件内含有模拟最详细的数据，因为它们记录了模拟的每个时间点，各单元格的阴影量。

基本区域：每单位面积（通常为每公顷）中，所有树木生长至胸部高度处测量的横截面积之和。

简单排列：在行和列中以垂直和水平排列的树木，形成矩形单元。

复杂排列：重迭两个或多个简单排列而形成的树木排列。

随机排列：在地面上随机生成树木的排列。

标旗：放置在单元格中的标记，以查看模拟中累积的阴影量。

落叶：某些树木在一年中的某些月份失去枝叶（落叶），并在其它月份重新恢复枝叶的现象。

树冠覆盖面积：指光线垂直照射到地面形成的阴影区域（减去因为树叶密度，形成的光的“孔洞”）。

DAP：胸高直径的缩写，指树干高度在胸部位置的直径。

树冠密度：指光线通过树冠至地面的不透明度百分比。完全不透明的树冠密度相当于密度 100%。

植树密度：每单位面积的树木数量。在 ShadeMotion 中，系统默认值是每公顷的树木数量。

太阳移动的频率：指在运行模拟的过程中，太阳每次更换位置的时间，并藉此重新计算阴影位置。

间隔：在模拟过程中，应用程序收集阴影和树木部分数据的时间段。

动态模式：激活此模式以执行动态模拟。

静态模式：激活此模式以执行静态模拟。

即时模式：激活此模式以执行即时模拟。

正常模式：指静态或动态模式。

时段：在 ShadeMotion 中，太阳不会一直改变位置，而是以时段为时间单位改变。如果将时段值设置为 1 小时，则在更改到新位置之前，太阳将在同一位置停留一个小时。时段为 1 小时，也就等于太阳移动的频率是以每 1 小时为单位。

阶段：由一个或多个间隔组成的时段。在动态模拟中，用户可以选择在特定阶段中停止模拟，以便分析阴影，进而种植或移除树木。

周期：如果用户提出要求，应用程序会停止，以显示地形和阴影的状态。周期由一个或多个间隔组成。太阳每日的范围。

修枝：指通常会定期修剪枝叶的树种。

半轴：指的是任何坐标轴的正半轴。例如，Y+ 半轴是 Y 轴的正半轴，该轴始终位于地形网格的左侧并朝上，即指向屏幕顶部。

重迭：当两棵或更多棵树同时在土地的同单元格上投射阴影时发生的现象。

采样区：被用户涂成黄色的区域，以便应用程序仅在该区域的单元格中，计算阴影。

2D：土地和树木的二维视图。

3D：土地和树木的三维视图。

图形界面

ShadeMotion 模拟中涉及三个基本元素：1) 树木，2) 土地和 3) 太阳的移动。用户必须透过以下界面提供有关这三个元素的信息：

用户图形界面的区域和条形栏目

1. **“阴影图”区域：** 位于界面中心的黄色的网格，用户可以将要分析的树木，种植至网格中，应用程序会显示出每个网格接收到的阴影量。稍后，我们将会提到用户 可用来种植树木的多种方式。
2. **“植树”区域：** 位于土地的左侧。请利用鼠标指针，在此处输入要种植在该字段的 树木数据。用户可以针对每棵树输入的数据包括：树种、在地面上的位置（笛卡尔坐标）、树冠形状和面积、树干直径和高度以及树冠密度。下半部分为 已种植树木的数量、种植密度、树冠覆盖面积和基本区域面积的信息。
3. **“太阳的移动”区域和“地形”区域** 此区域位于地形的右侧，用户输入的信息将确定太阳移动的频率和每日移动的范围，模拟的日期时间。
4. **“土地”区域：** 此区域位于网格的右下方，用户可在此输入土地的数据：纬度、地形的倾斜度和方向、地形的面积以及坐标轴的方向。该区域包括一块作物田地，且该田地上的作物皆在阴凉的环境下生长。

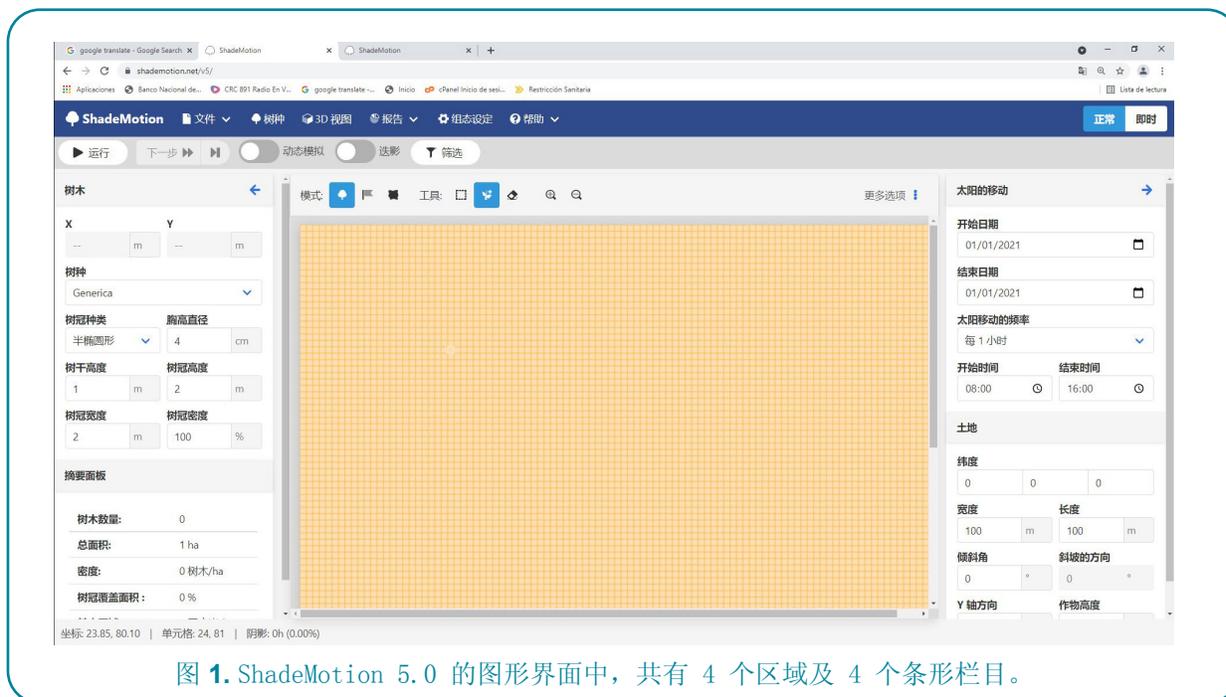


图 1. ShadeMotion 5.0 的图形界面中，共有 4 个区域及 4 个条形栏目。

5. **菜单栏.** 包含大多数应用程序中的一些常用菜单（文件、设定、帮助等）和一些此应用程序特定的菜单（树种、报告等）。



6. **模拟栏.** 包含模拟模式的按钮，用户选择是否要运行（静态、动态、



7. **工具和模式栏:**

提供三种操作模式让用户自由选择（植树、植旗和定义图中的阴影采样区域）以及对应相关工具：



图 2. 界面栏

每种模式都可以使用右侧的工具（“选择工具”、“种植工具”和“删除工具”）。例如，在选择“树状模式”时（以小树为例），可以植树（“种植工具”）、删除树木（“删除工具”）或选择树木（“方形工具”）。

8. **状态区**：位于土地网格下方（屏幕底部），运行模拟后，将鼠标移到阴影图上的单元格中，该区会显示单元格中存储的阴影量。例如：

坐标: 0.00, 61.10 | 单元格: 1, 62 | 阴影: 0h (0.00%)

在 ShadeMotion 中的时间：时段、每日及模拟日的太阳活动范围

在ShadeMotion中，是根据用户选择的频率来推测太阳的位置。例如，如果选择太阳移动的频率为一小时，ShadeMotion 将会每小时计算一次阴影的位置。模拟中的基本时间单位将以小时计算，我们称为模拟时段。如果模拟包含 1000 个时段，则意味着应用程序会计算太阳和阴影的位置 1000 次。我们可以将任何模拟视为一连串的时段，在每个时段中，太阳的位置和树木的阴影都会被记录下来。太阳移动的频率显示在“太阳移动”区域中的“太阳移动频率”区：

太阳移动的频率

每 1 小时

可用选项为：每 4 小时、每 2 小时、每 1 小时、每 30 分钟、每 15 分钟。默认值为“每 1 小时”。当然，计算太阳位置的频率越高，结果的准确度越高，但是在相同的时间单位中，增加模拟持续的时间（如同增加原始文件的大小），将会产生 1010 的纪录量，且该纪录只能透过合适的应用程序来分析（Excel 不适用此种文件，因为它只能处理 106 的纪录量）。

在模拟中，除了太阳移动频率外，用户还须指定开始（日、月、年）和模拟结束（透过日期推测模拟天数）的日期，以及模拟日每日开始和结束的时间（我们称为每日太阳活动范围）。透过该数据与太阳移动频率，可推测每日太阳位置的时段数目，进而计算出模拟中的时段总数（我们称为“总时段数”）：

总时段数=“模拟天数”×“每日时段数目”

例如，如果用户在 2020 年 1 月 1 日至 2020 年 12 月 31 日（365 个模拟日）之间执行模拟，并设定在上午 8 点至下午 4 点之间（每日 9 个模拟时段），每小时观察一次太阳的位置，则模拟时段总次数为 $365 \times 9 = 3285$ 个时段。如果我们在面积为 1 公顷，网格边长为 1 米的土地上进行此模拟，从而产生 1 万个面积为 1 平方米的单元格，则 ShadeMotion 会计算模拟期间，每个单元格土地接收阴影的次数。如果在整个模拟过程中，一个单元格收到 1354 个阴影时段，则将鼠标指放在该单元格上时，系统会计算得出阴影的百分比为 41%。（ $100 \times 1354/3285 = 0.41$ ）

地块的地理位置

用户必须输入地块的地理纬度。纬度输入必须以分和秒为单位，赤道以北为正数，以南为负数。在“土地”区块中的“纬度”框中输入地理纬度。

The screenshot shows the '土地' (Land) configuration panel in the ShadeMotion software. The panel is divided into two main sections: '太阳的移动' (Sun Movement) and '土地' (Land). The '太阳的移动' section includes fields for '开始日期' (Start Date) and '结束日期' (End Date), both set to 01/01/2021. Below these are '太阳移动的频率' (Sun Movement Frequency) set to '每 1 小时' (Every 1 hour), '开始时间' (Start Time) set to 08:00, and '结束时间' (End Time) set to 16:00. The '土地' section includes fields for '纬度' (Latitude) set to 0 0 0, '宽度' (Width) set to 100 m, '长度' (Length) set to 100 m, '倾斜角' (Slope Angle) set to 0 degrees, '斜坡的方向' (Slope Direction) set to 0 degrees, 'Y 轴方向' (Y-axis Direction) set to 0 degrees, and '作物高度' (Crop Height) set to 0 m.

图 3. “土地”区块位于网格土地的右侧

动态、静态和即时模拟

动态模式：在这种模式下，应用程序会将每个树种的树冠和树干的生长，以及定期修剪（“可修剪”树种）树木之树冠的周期性扩张和收缩列入考虑。在动态模拟中，还可以获取生长于树下之植物的相关生长信息，且用户可能会感兴趣的不是计算地面阴影，而是树冠层上的阴影。在动态模拟中，用户可以在模拟期间移除或种植树木。动态模式对于研究土地阴影多年的人，特别实用，例如，适用于在阴影下生长之树种（咖啡或可可）的整个生命周期。

静态模式：在这种模式下，不考虑树木的生长：树冠和树干的尺寸保持不变，且在模拟过程中无法种植或移除树木。在静态模式下，模拟从头到尾不间断运行。但是，应用程序会将一年中（落叶）树种树叶密度的每月变化列入考虑。虽然静态模式可以在任何持续的时间中模拟运行，但将其用于持续时间范围不超过一年的模拟中更有意义，因为在接下来的几年中，树木的分布及其尺寸，以及阴影数也不会改变。

在“模式和工具栏”左侧的按钮，有静态模式或动态模式可供选择：



即时模式：此模式允许在用户设置的时间内查看阴影图。即时模拟选项在“菜单栏”的最右侧。选择“正常”选项即可启用动态或静态模拟。



模拟的阴影图

应用程序每次运行模拟时，会以不同的灰色色调，显示每个单元格的阴影（时间单位以小时计算），并组成一个阴影图：灰色色调越深，代表阴影量越大。如果将鼠标指在地形网格下方的“任务栏”中的某个单元格，则可以看到该单元格的坐标，及其每小时的阴影量（占总数的百分比）。

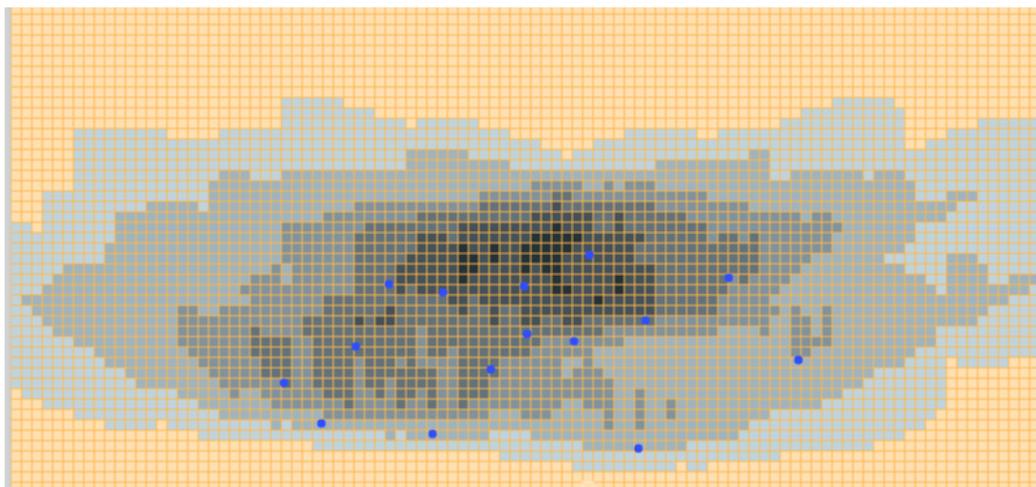


图 4. 通过不同区域的阴影深浅，显示出土地上的阴影图。蓝点表示树木的种植位置。

树群的树冠覆盖

树木的树冠覆盖范围为树冠在水平地面上的垂直投影（圆形）之面积，同时会考虑到树冠密度（树冠可以让阳光全部、部分或完全没有穿透）。一组树群的树冠覆盖量是该组树群各个树木的树冠覆盖总和。

例如:

直径为 10 公尺且树冠密度为 100% 的球形树冠，其树冠覆盖率之面积等于一个直径10 公尺的圆，该面积根据以下公式计算：覆盖区 = $\pi (10/2)^2 = 78.5$ 平方米，如果树冠密度为 50%，树冠覆盖率将是上述面积的一半。如果土地上每公顷有 70 棵树，则必须将每棵树的覆盖率乘以每公顷的树木数量，并将该结果除以每公顷一万平方米，最后将该商数乘以一百来表示土地上的树冠覆盖率。

植树密度（或简称密度）

植树密度代表土地面积单位上树木的数量。通常，密度以每公顷的树木为单位表示（树木/公顷）。例如，如果我们在 5,000 平方米（半公顷）的土地上有 20 棵树，则这个树群的密度为 $20 \times 10000/5000 = 40$ 棵树/公顷。

土地上树群的基本区域

树干在胸高处的横截面积是衡量树木大小的标准。此标准是假设树干为圆柱形，横截面为一个圆。在已知面积的土地上（公顷、街区、英亩），所有树木的横截面积之和被称为种植面积（G），通常用的单位是每公顷平方米。例如，如果在 0.6 公顷的土地上有 30 棵胸高直径为 20 厘米的树，则 G 的值为 1.57 平方米/公顷。

储存模拟结果

若要储存模拟，请在“文件”菜单中选择“储存”选项。应用程序储存模拟时，使用的是原始值，因此这些数据都可以在相同的条件下再次输入至系统运行。这些数据包括树木特征、树木生长表，以及在“太阳移动”和“土地”区域及“设定”视窗（稍后将会提及）中输入的数据。模拟以“json”格式储存。请务必了解系统并不会储存相同的结果。如果用户想要储存模拟结果，则必须在模拟结束后进行。在动态模拟中，可以在模拟过程中保存某些结果。关于模拟结果的详细信息将在第 4 章讨论。



图 5: 显示“设定”视窗的视图（点击“设定”菜单）。

上载模拟.

利用 ShadeMotion 模拟后，储存的文件为“.json”档。通过菜单中的“文件”，选择“开启”选项，以加载模拟，也可以通过拖动文件的图标至该土地网格或应用程序视窗的其它任何部分，来上载模拟。

关于树木和土地的度量单位

树木的树冠阴影投影至地面的几何过程，具有保留树木测量值与阴影测量值之间的比率的特性，与用于测量树木的测量单位无关。因此用户可使用自己偏好的单位，输入树木的尺寸（树冠宽度和高度等），但前提是必须以相同的度量单位，来标定土地的大小。例如，如果以码为单位输入树木的测量值，则请注意，每个单元格的边长为一码。

树木的特征

种植树木前，必须先定义树木的特征。因此，在解释不同树木的种植方法前，我们首先要讨论的是树木的特征。

决定树木特征的值。

下表为 ShadeMotion 中，树木的特征：

1. 土地位置（位于网格的单元格上）
2. 树种
3. 树冠树种
4. 树冠的宽度（直径）和高度（图 5）
5. 胸高直径及树干地面至树冠底部的高度
6. 树冠密度
7. 树冠密度的每月变化（落叶）。
8. 本表第 4 和第 5 项所列的四个增长变化表
9. 修剪周期表（如果是定期修剪的树）。

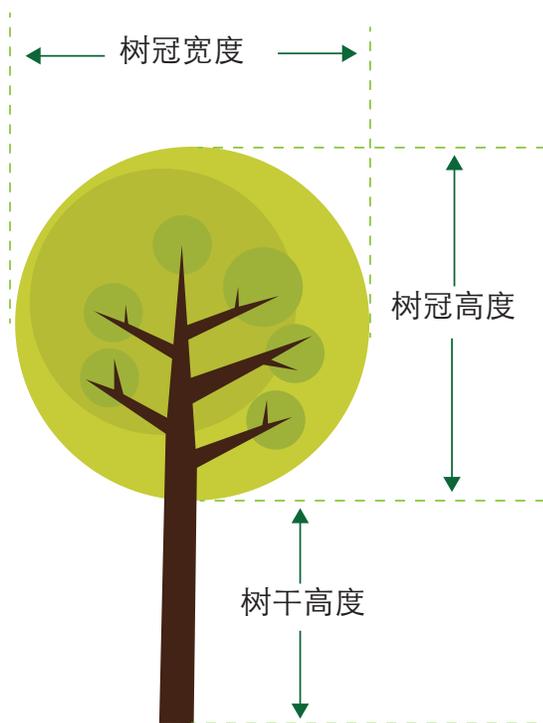


图 6. 树木的大小

树叶（落叶）的每月变化和树冠的最大密度。

大多数树种的树叶都会在一一年中的某些月份更替，这种现象称为落叶。在 ShadeMotion 中，用户可为每个树种指定每月的树叶变化模式。若要进入树叶变化表：

1. 点击“菜单栏”上的“树种”
2. 在“树种”视窗中，点击“树叶变化”选项，然后输入该树木每月达到的最大 树叶量百分比。0% 表示该树木已完全无树叶，且光线可完全进入树冠。100% 表示 该树种的树冠达到该月最大的树叶量。



图 7

各树种在一年的各个月份达到的最大树叶量都不同。例如，橙树有枝叶茂盛的树冠层，因此光线无法穿透。橙树的树冠（不修剪）实际上是实心的，树冠的最大树叶密度（或称为树冠密度）为 100%。月桂树（*Cordia alliodora*）的树冠在树叶最为茂盛的几个月中，树冠密度为 50%。ShadeMotion 将树冠的密度与每月的落叶结合，并在每个模拟时段，为每个树冠随机生成多个“光孔”。在“树木”区域中，输入树种的树冠密度时，在“树种”菜单之“树种”视窗的“树叶变化”表中，输入树种的树叶每月变化百分比。

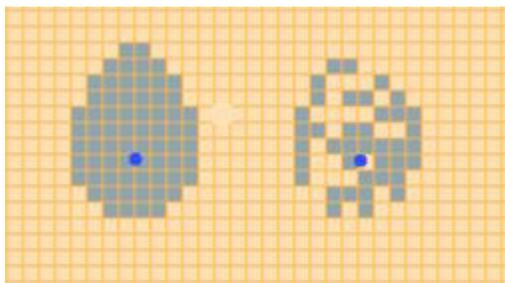


图 8. 左图的树冠密度为 100%，右图的树冠密度为 60%（代表有 40% 的光孔）。蓝点代表有种植树木的单元格。

在图 8 中，左图的树冠密度为 100%，右图的树冠密度为 60%（代表有 40% 的光孔）。蓝点代表有种植树木的单元格。

正半轴的方向 Y+

笛卡尔坐标系分为四个象限。正值象限表示每棵树在地面上的坐标位置，因此我们只需关注该象限。在数学中，笛卡尔坐标系的右上象限由两个半轴决定，一个半轴表示 X (X+)，另一个半轴表示 Y (Y+)。

土地的 Y+ 半轴（网格的左端）在应用程序的默认为指向北方，因为它由下往上走。但是，当您要模拟现实世界中水平地块的阴影分布时，有时会改变该半轴的指向，以便计算树木的坐标。完成操作后，记录 Y+ 的新指向非常重要（如同下文所述）。为了正确解释阴影图相关基点的位置，请记住以下规则：

在土地网格的左端向上方向移动时，方向始终指向 Y+ 半轴。

在网格上种植树木前，必须先设定 Y+ 半轴的指向。如果是在种植树木后，设定该轴指向，则等于在网格上变更设定，这会造成土地网格生成的阴影图位置与变更设定前不同。

例如：

在图 9 的左图中，Y+ 半轴指向北方，土地最左端的走向为从南到北，也就是由下往上。该图显示了一棵树，阴影在树的种植点上方，这意味着阴影投影在该点的北部。阴影在种植点以北是地理事实，不能通过更改坐标轴的方向来变更。在图 9 的右图中，我们在相同的时间和日期种植相同的树。在植树之前，更改了 Y+ 半轴的方向，现在方向是指向东方（ $\phi = 90$ ）。现在，土地最左端走向为从西到东，也就是由下往上。该树木的阴影将继续被投射到种植点的北边，这是对的。

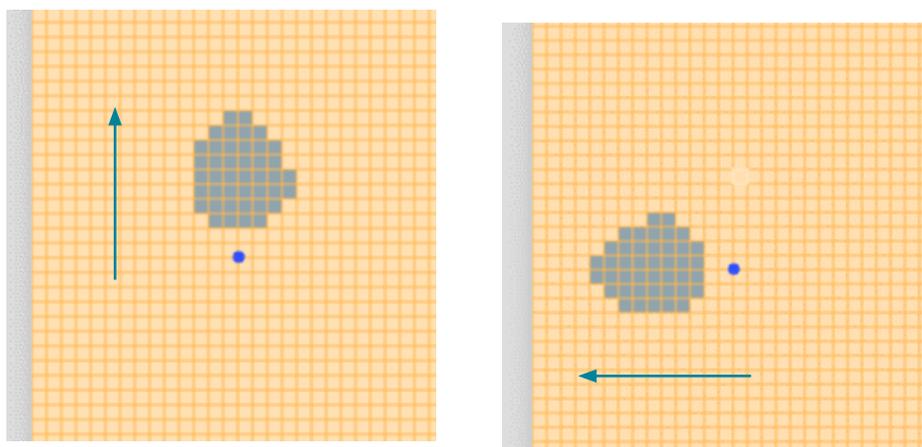


图 9. 在左图中，箭头和土地的左边缘是指向北，在右图中，左边缘指向东，箭头指向北。

四种种树方法

用户为树木指定完应有的属性后，可以通过以下四种方法将其植入土地网格：

- 用鼠标手动植入。
- 设定好规则自动植入或随机植入。
- 使用以下两种方式，准备或输入一个包含所需数据的 Excel 文件。
 - 使用笛卡尔坐标设定。
 - 使用 GPS 设定。

接下来，将说明上一个列表中的每个项目。

i) 手动,

在“模式和工具栏”中，选择树的图标，然后选择植物的图标，如下图所示：



将鼠标尖端移到欲种植树木的单元格上，然后单击鼠标左键。

图 10. 图中显示了土地左侧的区域，其中包含“树木区域”和“摘要面板”

使用鼠标种植树木时，用户可以在“树木”区域视窗，修改树木的值（每棵树皆可）。完成后，可在 X 和 Y 框内将已种植的树移动到新位置。“摘要面板”位于底部，它会显示树木数量、土地面积以及估计的密度、树冠覆盖面积和基本区域。

如果用户要检查已经种植的树的属性，则应在工具栏中，选择“选择工具”，并在该树上单击鼠标左键。树的周围会出现一个红色圆圈，树冠和树干的值将出现在“树木”区域视窗中。

ii) 排列种植方式：系统式和随机式。

树木的排列方式有非常多种。

简单排列

系统排列是由简单排列构成的，而简单排列方式是由水平和垂直组成的正方形或长方形图形，该排列必须是相同树种和特征的树木。若要以简单排列的方式种植树木：

- 在土地右侧的“更多选项”视窗中，选择“系统种植模式”选项，然后在弹出的视窗中，输入下列信息。

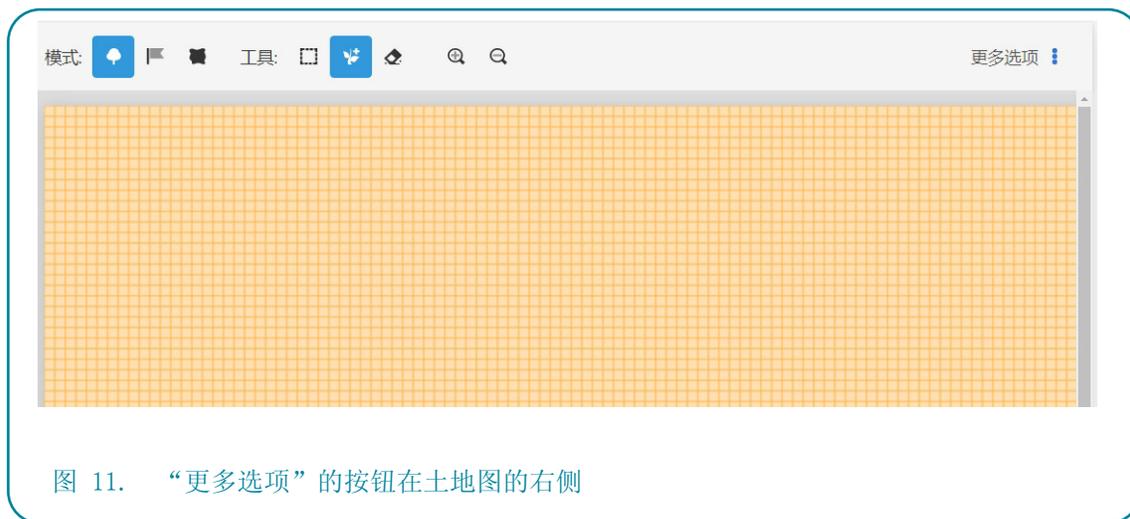
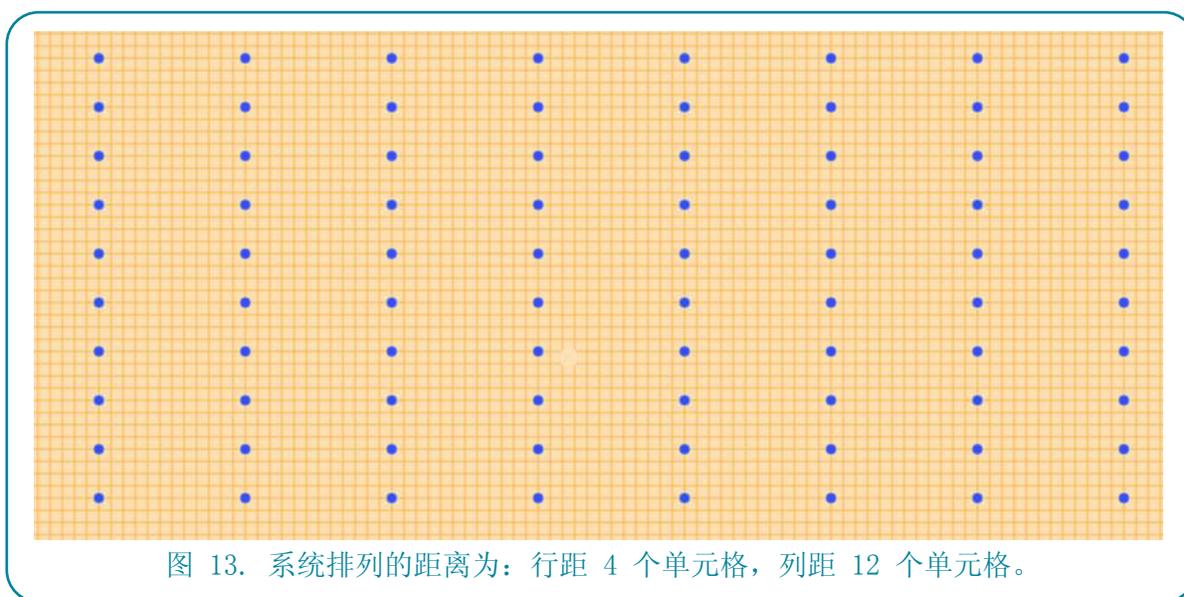


图 11. “更多选项”的按钮在土地图的右侧

- 输入同一行的树木之间的距离或水平距离。
- 输入同一列中树木之间的距离或垂直距离
- 输入位于排列左下角的树木坐标（下排，左列）



上图为“系统种植模式”视窗，其简单排列的水平距离为 12 米，垂直距离为 4 米，左下角的树之坐标为 (0, 0)。下图（图 13）显示了一部分的简单排列。



复式排列

通过重选简单排列，可以构成复式排列（基本单元不一定是方形）。图 14 为将两个简单排列重选，而形成的复式排列（双排树木，且以三角或三角形的方式种植方式）：蓝色表示木材类树种，绿色为水果类树种。木材类树种以蓝色显示，并以垂直距离为 6 米，水平距离为 18 米，将第一棵树种植在坐标 (0, 0)。水果类树种以绿色显示，并以垂直距离 6 米，水平距离 18 米，将第一棵树种植在坐标 (3, 3)。

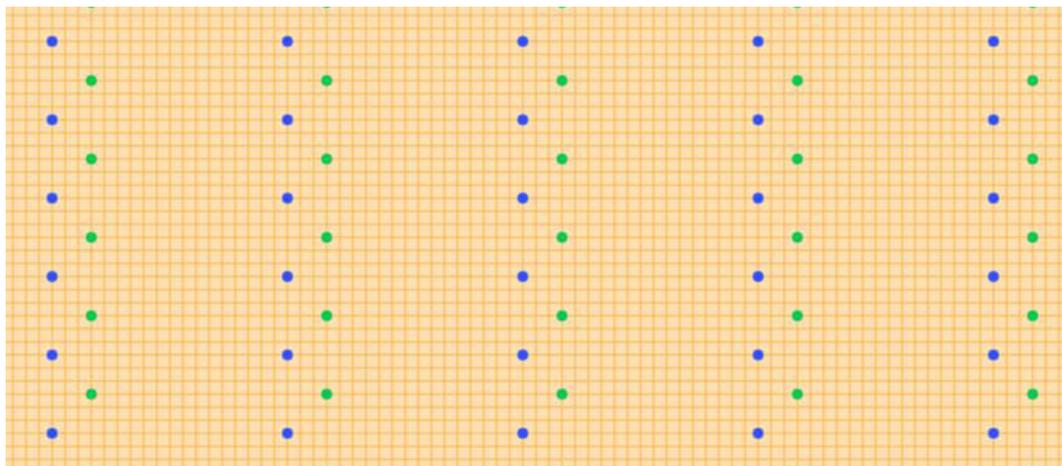


图 14: 重迭 2 个简单排列构成的系统复式排列。



注意：ShadeMotion不允许在同一位置种植两棵树或以上。如果在同一位置重复种植，将保留第一棵树。这个规定适用于所类型的植树，包含系统式或随机式植树。

随机排列。

以随机的方式，将树木种植在随机选择的位置。若要随机排列种植树木，请在“更多选项”菜单中选择“随机种植模式”。通过定义每公顷地块中树木的种植密度，决定种植树木的数量。- ShadeMotion 的内建机制会避免（尽可能）两棵树或以上之树木种植距离过近。

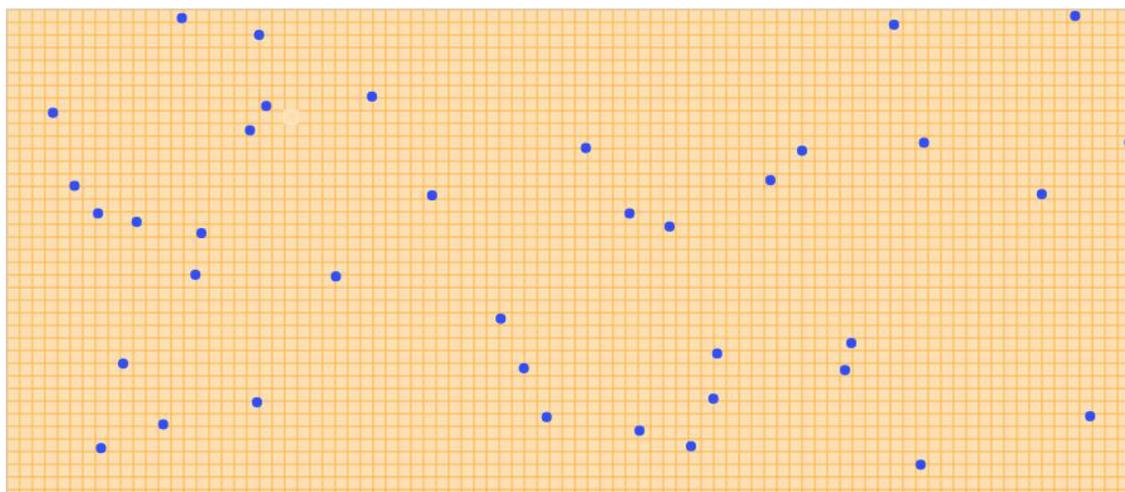


图 15 图中为在一个 100x100 的土地上，随机种植 100 棵树。

iii. 准备一个包含字段数据的 Excel 文件

a. 在笛卡尔坐标中。

ShadeMotion接受具有适当架构之树木数据的 Excel 文件。用户可以前往网站 (www.shademotion.net) 下载样本文件：

在 Árboles_SMv5.xlsx 中，可以填入自己的数据，以进行模拟。

若要记录树群的坐标位置，就必须制作这块地的笛卡尔坐标系统。程序如下：

1. 选择地块的一个点作为坐标的原点，并从中延伸出两条弦，形成 X+ 和 Y+ 轴。这是系统将坐标指定为原点 (0, 0) 的点。两条弦将形成一对垂直轴。所有树木都必须在两条弦形成的第一象限内，这点非常重要。为了遵守这个规则，在选择为 Y 轴的弦之左侧或选择为 X 轴的弦之下方，必须没有树。理想情况下，选择原点的方式应使“树木云”的中心大约置于图的中心。如果由于现实的原因无法做到这一点，ShadeMotion 可以将树木放置在阴影图的“居中”位置（请参阅下一节）。
2. 安装临时坐标系统时，使用罗盘，记录该系统的 Y+ 半轴指向的方位，是很重要的。该角度应从北方顺时针测量，符号应为正号。使用现场数据上传文件时，应在“Y 轴方向”框中输入该角度的值。如果决定将半轴 Y+ 指向北方，则无需在此框中输入任何值，因为系统使用的默认值为 0。请务必记住，一旦加载树木数据的文件，半轴 Y+ 的方向便不能更改。
3. 使用卷尺或激光设备测量两点之间的距离，以确定每棵树的坐标。
4. 将文件保存在文件夹中，并取得一个适当的名称。
5. 若要在 ShadeMotion 中上传文件，请在“文件”菜单中选择“开启”选项。



注意：若用户要将装置外制作的模拟上载，则必须确认该装置已使用该手工系统输入Y轴之指向，以便纪录坐标。

b. 在 GPS 坐标中

若要用 GPS 设备针对树木坐标，获取相关 Excel 文件，用户必须以适当的方式建构此文件。通过范本文件（ArbolesGPS_SMv5.xlsx）建构，会简单一些。

此范本文件有两个工作表：一个用于选择作为原点的 GPS 坐标，另一个用于树木的 GPS 坐标。

请按照以下步骤来准备范本文件：

1. 建议将文件名称重新命名，且名称与该模型相关。
2. 选择地面上的一个点作为坐标原点。选择原点位置，以便在应用程序将树木的位置转换为笛卡尔坐标时，树木位于第一象限。因此，请选择原点，使树木置于以选定的原点为起点的假想 Y 轴之右侧，指向北方，并且位于以选定的原点为起点的假想 X 轴之上方，并指向东。使用 GPS 坐标时，无法更改指向北方的 Y+ 半轴。
3. 输入在项目 2 中选择的原点 GPS 坐标。GPS 坐标已纪录在工作表（标签）的范本文件之“来源”选项中（首先删除“来源”工作表中的范例坐标）。
4. 打开位于工作表（标签）的“树木”，并纪录树木的 GPS 坐标（文件的一行为一棵树）。
5. 输入完所有树木后，从“文件”菜单的“输入 GPS 字段数据”选项中，上传 Excel 文件。这些树将会出现在 ShadeMotion 的土地图上，且应用程序会将 GPS 坐标转换为笛卡尔坐标。

将树木置于土地中央

使用笛卡尔或 GPS 坐标文件输入树木时，可能会发生树群严重偏离中心的情况，树木有时会非常靠近土地的边缘，甚至在第一象限之外。树木置中非常重要，因为当树木在笛卡尔系统的边缘时，投影的阴影会投到阴影图的外面，导致 ShadeMotion 无法将其纳入计算。若要使树木置中，请从“模式和工具”栏最右端的“更多选项”菜单中，选择“树木置于中心”。

删除树木、阴影或清除土地

在构建模拟时，经常会频繁地删除树木，阴影或两者同时去除。打开土地右上方的“更多选项”菜单，该处提供以下三个选项：

删除阴影、删除树木、删除阴影和树木。

还可以单独删除一棵树或一个树群，并将其它树保留在土地上。有两种方法可以达成此目的：

- 1) 选择“模式”和“工具”栏中的“树状模式”和“删除工具”图标



然后在欲移除的树木上单击鼠标左键。

- 2) 选择“模式”和“工具”栏中的“树状模式”和“选择工具”图标：



用鼠标框出欲删除树木的区域。在选定区域中的各棵树将会带有一个小圆圈。

您可以通过单击“Del”键或单击鼠标右键并选择“删除”来删除它们。

定义新树种并填写表格

ShadeMotion 中预先安装了某些树种：一般、月桂树 (*Cordia alliodora*)、橙树 (*Citrus sinensis*)、可可树 (*Theobroma cacao*)、刺桐 (*Erythrina poeppigiana*)、香蕉树 (*Musa spp.*) 和柚木 (*Tectona grandis*)。此外，用户还可以选定自己的树种。如果要选定新树种，请单击菜单栏中的“树种”选项，在弹出的视窗中，单击右上角的“+”（见图16）：



图 16: 在“树种”表格定义新树种

在“名称”框中输入树种名称后，请在相应字段中填写树种的其余数据。该表包含三个专用字段：“枝叶变化”，“生长表”，“每月增长百分比”。单击相应的名称会打开一个新框，可在其中输入相应的数据。“枝叶变化”表包含一年中 12 个月的月相对百分比（仅用于输入至字段）。“生长表”可新增行数，以输入每年数据。该表最初仅显示一行，但可通过单击该行右侧的“加倍”来生成新行。如果用户单击“加倍”形成多行，可编辑相应年份的值。

年	胸高直径	树冠宽度	树冠高度	树干高度
1	32	7	8	19

图 17: 新树种的“生长表”最初仅显示一行。

当模拟中的年数大于表中已填写的行数时，ShadeMotion 会重复最后一行中的值，直到模拟中的年数完成为止。若要删除树种，请单击“+”号右侧的资源回收桶图标。保存模拟（“另存为”选项）时，用户选定的树种及表格，会保存为初始数据的一部分。“每月增长百分比”字段专用于定期修剪的树种，下一部分将对此进行讨论。

可修剪枝叶的树种

树冠的修剪（可使光线穿透、获得生物量，并将其做为土地有机覆盖物或动物饲料等）是一种常见的农林业管理方式。剪枝可以缩小树冠的大小，树木的生长会使树冠恢复。在 ShadeMotion 中，任何树种都可以设定为可修剪树种。树木的生长有两个时间阶段：1) 每年改变树木大小来增加树龄，以及 2) 每月修剪的树冠面积的改变。生长表反映了树冠在每个年龄没有修剪情况下的面积。在 ShadeMotion 中，特定年份的树冠修枝面积，在生长表中以百分比显示。



图 18. 树木枝叶变化图表。

重迭、标旗、采样区域以及在斜坡地上的模拟

3

第 3 章

阴影重迭

在每个模拟时间段中，一个土地单元格可以同时有两棵或以上形成的阴影（称为迭影）。ShadeMotion 会按照用户的要求，计算每个单元格在每小时收到的阴影数，并考虑是否有迭影。例如，如果在模拟时间且太阳移动的频率以每 1 小时为单位，一个单元格同时有 3 棵树的阴影，则 ShadeMotion 会在没有迭影的文件中计算 1 小时内的阴影，在有迭影的文件中计算 3 小时内的阴影。定义有无迭影，在我们观察单元格的阴影百分比统计结果报告中，十分重要（本教程的下一章）。如果选择“无迭影”，则阴影百分比将在 0 到 100% 之间变化，因为在一个单元格中，一个模拟时间段内同时出现的阴影数量，等于或小于阴影的总数。如果选择“有迭影”，则阴影百分比可能大于 100%。一个时间段内的阴影重迭数量是一个单元格中，能接收到的阴影之“总量”。显然，如果几棵树同时在一个单元格中产生阴影，则其阴影将大于仅接收一棵树的阴影

系统默认情况下，模拟以“无迭影”模式运行。若要更改模式，必须激活或禁用位于“工具栏”第二行的<<迭影 >>按钮。



在树下生长的作物

ShadeMotion 的出现是为了研究作物在农用林地上与多年生木本植物共生在一起所产生的阴影占比。虽然作物的特性及树木形成的阴影没有列入计算，但本软件在某方面提供了与该土地上的作物相关的可能解答。在单元格上有作物的地方做标记是为了知道该单元格中所累计的阴影量。因此，才有了在单元格有作物的地方或是您想知道阴影量的单元格中插旗的做法。

1. 标旗的放置。假设要标记一个或多个土地单元格，以了解这些单元格中累积了多少阴影。您可以通过在单元格中放置标旗来完成（在上个 ShadeMotion 版本中称为“标志”）。本软件将标记的单元格中放置红点。若要插上标旗，请点击土地上方“模式和工具栏”上的标旗图标：



用鼠标单击标旗后，系统也会自动选择标旗右侧的旗帜图标。将鼠标箭头指向要标记的单元格中，再单击鼠标来插上标旗。

2. 删除标旗。若要删除标旗，请在选择欲删除的标旗的同时，选择旗帜图标右侧的删除图标，然后单击欲删除标旗的单元格。您也可以通过以下操作，删除区域内的所有标旗：
 - 1) 使用选择工具将欲删除的区域全选。
 - a. 按鼠标右键，然后选择“删除”。
 - b. 或在键盘敲击“Del”（删除）键。
3. 静态模拟中植物的高度。如果您想知道离地面某个高度的阴影分布，例如，种植作物的平均高度处。通过在“土地”区域中的“作物高度”框中，输入所需的高度，ShadeMotion 可以获取其阴影图。请注意以下限制：输入的高度不能等于或大于阴影树最低的树干高度。
4. 动态模拟中的作物生长。如果将标旗视为作物，则可以通过单击“土地”区域底部的“作物高度”按钮，指定作物的生长表。如此一来，动态模拟中每个阶段（参见后文的定义）的阴影图都是按照上述阶段中的作物高度计算出来的。

在土地中选择采样区域

ShadeMotion 的用户可能出于各种原因，想要计算一部分而不是整个土地的阴影

- 例如，由于树木的数量，阴影不会布满整个土地，而是仅分布在一部分土地上（见图 19）。如果用户未指定想要的特定区域，ShadeMotion 会将土地的所有区域单元格列入计算阴影百分比及阴影的描述性统计，其中包括许多时间段内阴影量为零的单元格，这将人为地造成阴影的平均统计数字降低。

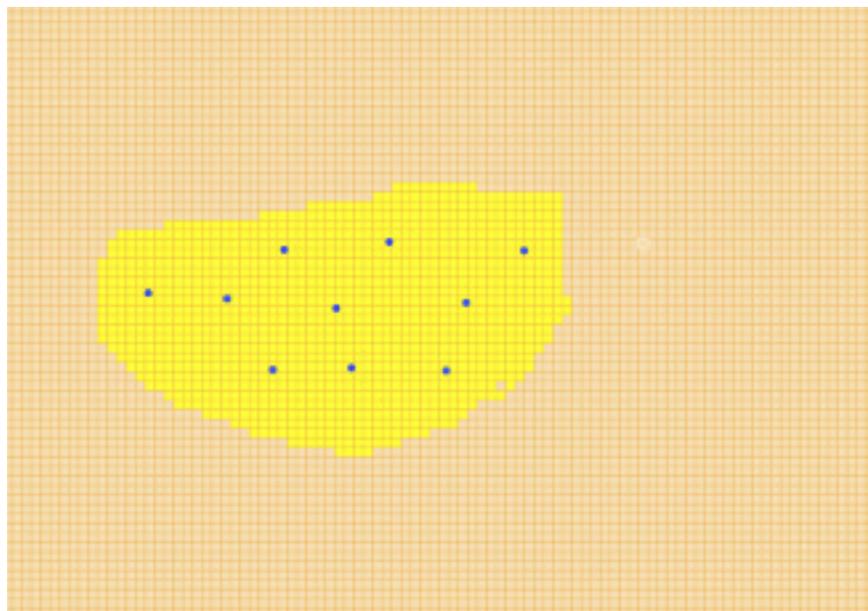


图 19. 图中显示了标定区域的 10 棵树。

- 尽管树木在土地中分布均匀，但靠近土地边缘的单元格所获得的阴影少于位于土地单元格中心的树木。同理，如果未指定用于计算阴影的中央代表性区域，ShadeMotion 将考虑所有土地单元格，来计算阴影百分比和其它统计结果，这将影响平均值的准确性。在这种情况下，用户应执行两个模拟；第一个为直观地确定阴影区并着色采样区域，第二个为要求 ShadeMotion 仅计算该采样区域中的阴影。
- 希望在有众多树木的大片土地上，且长时间的运行周期中，加快模拟的运行速度。

ShadeMotion 可以让用户，对感兴趣的土地部分“着色”，以计算阴影。着色区域之外的任何土地单元格均不会被纳入阴影的评估。但是，请注意，本应用程序会将所述区域外的树木投射在采样区域内的阴影列入计算。您可以同时着色多个土地区域，且这些区域可以是独立分开的。



用鼠标在土地上移动画笔来标记采样区域。如果要使用更粗的画笔，请在土地左侧的“树木”区域的“画笔粗细”中选择另一个大小：



图 20

可以使用选择工具着色矩形采样区域：在地面上选择矩形区域后，按下鼠标右键，然后选择“着色采样区”选项。请注意，只有选择了采样区域图标时，才会弹出用于选择画笔粗细的视窗。您也可以着色由几个独立区域组成的采样区域。

删除采样区域

有两种方法可以删除着色为黄色的采样区域。

- 1) 在“模式和工具栏”中选择“采样区域”和“删除”图标：



然后用鼠标将欲删除的部分擦掉。您可以在上述“画笔粗细”中设定橡皮擦的厚度。

- 2) 使用选择工具，将采样区域或欲删除的部分圈选起来，按鼠标右键，然后选择“删除采样区域”选项。使用此选项时，不必选择删除图标。

土地和树木的 2D 和 3D 视图

2D 视图

以下三种方式可以查看种植在土地网格上的树木

- 1) 点状模式：用点显示树在土地的位置。
- 2) 圆周模式：树木被直径等于树冠宽的圆所包围的一个点。
- 3) 横断面模式：以树的横截面方式，按大小比例显示树冠的类型和树干的高度。

默认选项为“点状模式”。在这三种情况下，不同的树种为不同的颜色。在“设定”中的“树冠着色”，选择树木的 2D 视图。



图 21. 使用“横断面”类型的树冠显示的两种树种。

3D 视图.

通过在“菜单栏”上单击“3D 视图”选项，可以在模拟准备过程、期间和结束时的任何时候，查看在土地上的树木 3D 视图。藉由使用以下要素：

- 1) 鼠标滚轮
- 2) 鼠标拖动
- 3) 键盘箭头

可以放大、缩小、移动或旋转土地，以便以不同视角看土地上的树木。

在斜坡地上的模拟

在斜坡地上安装模拟时，必须提供应用程序倾斜角度和土地的位置：

- 土地的最大斜坡角度 σ 也称为坡度角。
- 角度 δ 用于测量坡度的方位角（最大坡度“指向”的方向）。该角度是从北方顺时针并沿斜坡向下测量。例如，如果向下的坡度“面向”东方，则角度 δ 为 90° 。

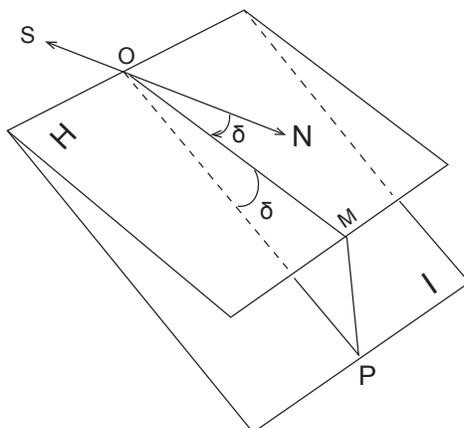


图 22. 本图显示了水平面 H 和倾斜平面 I，两个角度确定了倾斜平面的倾斜度和位置。这些角度是倾斜角度的坡度角 σ ($\angle MOP$) 和方位角 δ ($\angle NOM$)。在土地网格右侧的“土地”区域中，输入这两个角度。在“倾斜角”框中输入坡度角 σ 的值，并且在“斜坡的方向”框中输入方位角 δ 的值。

倾斜角	斜坡的方向
0	0

斜坡地的 Y+ 轴方向

在斜坡地中，无法更改 Y+ 轴的方向，该方向的走向与最大倾斜线向下的方向相同。该方向由应用程序自动选配。请务必采取以下预防措施：

1. 正半轴 Y+ 必须指向最大斜坡的方向且向下。
2. 坐标原点必须设置于土地上的某个点，以便树木位于第一象限内。

将土地设置临时坐标系后，必须测量正 Y+ 半轴（或等于最大向下倾斜线）与地面北方形成的角度。该角度以顺时针正号方向测量，然后将其输入至“土地”区域的“斜坡的方向”框中。

筛选

如果运行模拟后，您想查看树木某高度的阴影图，或者树群中某些指定的树种图，又或者是一定时间范围内的土地区域阴影图，这些结果皆可经过筛选来达成。有三种类型的筛选可供使用：

1. 依照阴影的小时数。
2. 依照树种。
3. 依照树木的高度。



图 23. 类型 2 和类型 3 的筛选，必须在套用筛选后，重新启动模拟，类型 1 的筛选则不用。

阶段与间隔

ShadeMotion 中的模拟是在一连串的时间点，计算土地每个单元格或用户标记的采样区域中，是否有阴影（有或无重叠影）的应用程序。用户可利用两种时间间隔观察每小时的阴影数量，一个长（阶段）是由一个等同或时间少于该阶段的另一个（间隔）所组成。例如，我们可以进行 30 年的动态模拟，并以每年 30 个阶段，每个阶段分成每月 12 个间隔，观察阴影的结果。有趣的是，因每月树木的落叶，以及可修剪枝叶树种每月的修剪，进而改变树冠的面积，我们可以观察每月间隔周期的阴影变化。

用户可在“设定”菜单中（如图 24 所示），选择阶段及间隔持续的时间：



图 24

可供选择的值为：每年、每半年、每月、每星期和每天。

运行动态模拟的两种方法。

在动态模拟中，用户可以选择在每个阶段结束时停止模拟，以分析阴影并决定在开始下一步之前，是否从土地中种植或移除一些树木。因此，逐步执行动态模拟，或是一次运行完成（如果我们不想在整个模拟周期中检查阴影、种植或移除树木）都是可以的。

动态模拟可以通过两种可能的方式进行：

- 1) 从头到尾不在任何阶段停止模拟，仅按下“运行”按钮。
- 2) 必须按“下一步”的按钮开始模拟，才能使模拟在每个阶段皆停止，且每次 应用程序停止时，都必须按“下一步”按钮以进行下一阶段。如果用户不希望该程 序在某个阶段停止运行，而是运行到最后，则必须按右侧的“下一步”图标。
- 3)



“设定”菜单

“设定”菜单有中一些模拟初始时可供配置的选项（如图 25 所示）。上述已说明的选项将不会再额外解释。



视窗显示但尚未讨论到的其它选项为：

抖动(Jitter)。选择此选项时，阴影的计算并非始终在十分准确的时间点进行，有时会在稍早或比较晚的时间来计算。这种方式，主要是为了避免上一小时与下一小时之间的位置调动，而产生无阴影区域的情况，该效果在树木很少和时间较短的模拟中，更加明显。

渐进式阴影。此按钮可以激活所谓的“渐进式阴影”，以观察阴影图在模拟过程中的变化。在默认状态下，系统并未启动“渐进式阴影”，因此模拟结束后才会出现阴影图。

我们将在下一章详细讨论位于视窗中央的报告部分。

模拟范例

介绍完构建模拟所需的基本要素后，我们将针对可能会遇到的情况提供一些范例及注意事项，以便构建相应的模拟。

范例 1：即时模拟

目的：评估 10 月 25 日上午 10 点，北纬 10 度，地形平坦，用鼠标在面积 1 公顷的土地上种植的 10 棵树龄为 5 年的橙树（甜橙）之阴影。

采取的行动

- 1) 选择即时模拟。
- 2) 在“树木”区域中，选择橙树（甜橙）树种，并指定树龄为 5 年的相对应的尺寸（在即时和静态模拟中，是不考虑生长表的）。
- 3) 选择要观察的模拟日期和时间。
- 4) 检查界面区域中的参数值。
- 5) 如果要更改 Y+ 半轴的方向，则必须在植树之前完成。
- 6) 手动种树。
- 7) 选择有无迭影。
- 8) 检查所有“土地”区域的值是否正确。
- 9) 开始进行模拟。
- 10) 检查结果：1) 检查植树区域图。

范例 2：静态模拟

目的：评估 70 棵修剪过的“榄仁树” (*Terminalia ivorensis*)和 140 棵修剪过的“刺桐” (*Erythrina poeppigiana*) 的阴影。树木以系统的方式种植（为 12 米 x 12 米的正方形）。分析在研究年份高度为 0-2 米的咖啡树之阴影。模拟将持续一年，即从 2020 年 1 月 1 日到 2020 年 12 月 31 日，土地位于赤道上，纬度为 0，太阳每日活动范围有 9 个模拟时段，从上午 8 点至下午 4 点。地形是平坦的。

采取的行动：

- 1) 确认模拟类型为静态模拟。
- 2) 在“树木”区域中，树种选择“榄仁树” (*Terminalia ivorensis*)，并指定树冠和树干的值、树冠密度以及填写“枝叶变化”表。
- 3) 查看/修改“树木”区域和“土地”区域中的值。
- 4) 如果要更改 Y+ 半轴的方向，必须在植树之前完成。
- 5) 指定相应的系统，输入第一棵榄仁树和刺桐的坐标。
- 6) 阶段和间隔维持默认值：分别为每年和每月。
- 7) 输入作物的高度。
- 8) 决定是否在有还是无迭影的情况下运行模拟。
- 9) 开始进行模拟。
- 10) 查看结果：1) 检查植树图，2) 按阶段和间隔分析统计结果，3) 按阶段和间隔分析树木的生长，以及 4)：如有需要，请储存文件。

范例 3：动态模拟

目的：利用可砍伐的 *Cordia alliodora*（月桂）之阴影和每 6 个月落叶一次，且为咖啡树提供遮荫的 *Erythrina poeppigiana*（刺桐）研究咖啡农场内的阴影时空分布。该模拟将在北纬 10° 的 1 公顷土地上持续 30 年。

采取的行动

- 1) 选择动态模拟。
- 2) 维持默认选项：“无迭影”。
- 3) 设定开始和结束日期以及每日阳光范围。
- 4) 不须设定树种，因为系统已先预设好，且有各树种的相关表格。
- 5) 选择每年的阶段和每月的间隔。
- 6) 输入日期和时间，并检查“树木”区域和“土地”区域的值是否正确。
- 7) 如果要更改 Y+ 半轴的方向，必须在植树之前完成。
- 8) 月桂树以系统排列，且每行行距为 12 米的方式种植，而刺桐以系统排列，且每行行距为 6 米的方式种植（须考虑如何同时种植两个树种，而不使刺桐与月桂树种在同一点上，两个树种之间可保持适当的距离）。
- 9) 决定是否要进行逐步的模拟。
- 10) 决定是否要申请某些原始文件。
- 11) 开始进行模拟。
- 12) 查看结果：1) 检查植树图，2) 按阶段和间隔分析统计结果，3) 按阶段和间隔分析树木的生长，以及4)：如有需要，请储存文件。

结果

所有模拟都会生成图表、统计结果和原始数据。

- 应用程序提供两种地图：1) 显示土地上每棵树位置的地图，以及2) 显示土地上树的 3D 视图。在模拟结束时，系统会显示最后一个模拟时刻的阴影图，但在统计结果中，是通过阶段和间隔来观察。
- 在全部或部分土地上，透过阶段和间隔来统计阴影小时数的结果包括：
 - 描述性单变量统计：最小值、最大值、平均值、众数、中位数、偏度和峰度。
 - 阴影小时数的相对和累积频率的直方图。
- 文件有两种类型：统计结果文件和原始数据文件：
 - 统计结果文件可以被编辑成 html、Excel 和 Json 格式的文件。
- 如果用户在模拟前进行申请（在菜单“报告”中），也可获得纯文本文件，称为“原始文件”，其中包含了模拟中，每个时刻每个单元格中阴影的状态。

统计数据文件包含以下图表：

1. “一般数据”表。
2. “阶段阴影”表。
3. “间隔阴影”表。
4. “树种”表。
5. “每月增长变化”表。
6. “枝叶变化”表

关于作物：

7. “作物增长”表。
8. “作物每月高度变化”表。

各图表的内容解释如下：

“一般数据”表

本表包含初始模拟设定的一般信息。

统计数据报告			
般数据			
摘要		全球属性	
开始日期:	2020-01-01	版本:	5.1.45
结束日期:	2049-12-31	纬度:	10
开始时间:	08:00	土地的倾斜度:	0°
结束时间:	16:00	坡度的方向:	0°
太阳移动的频率:	每个时	土地面积:	100 m × 100 m
阶段:	每年	采样区:	10000 m ²
间隔:	每月		

图 26. 一般数据表

“阶段阴影”表

本表显示了与每阶段相关的主要统计数据：平均值、标准差、最小值、最大中位数、众数、偏度和峰度，在每个步骤行的右端，可以看到两个蓝紫色的字。

图 27 显示了文件的 30 个阶段中的前 5 个阶段。

阶段的阴影									
阶段	平均值	标准偏差	最小值	最大值	中位数	众数	偏度	峰度	累积频率
1	6.74	38.51	0	865	0	0	11.86	188.39	图表 SVG
2	23.01	103.42	0	1382	0	0	7.49	69.93	图表 SVG
3	37.03	118.24	0	860	0	0	3.71	14.08	图表 SVG
4	54.10	150.92	0	866	0	0	3.13	9.14	图表 SVG
5	56.84	142.51	0	882	0	0	3.00	8.81	图表 SVG

图 27. 各阶段的信息表。

点击“图表”一词，会出现一个带有两个图表的表格：阴影小时数与单元格数目的关系之相对频率直方图，以及这两个变量每一步的累积频率图表，如图 28 所示。

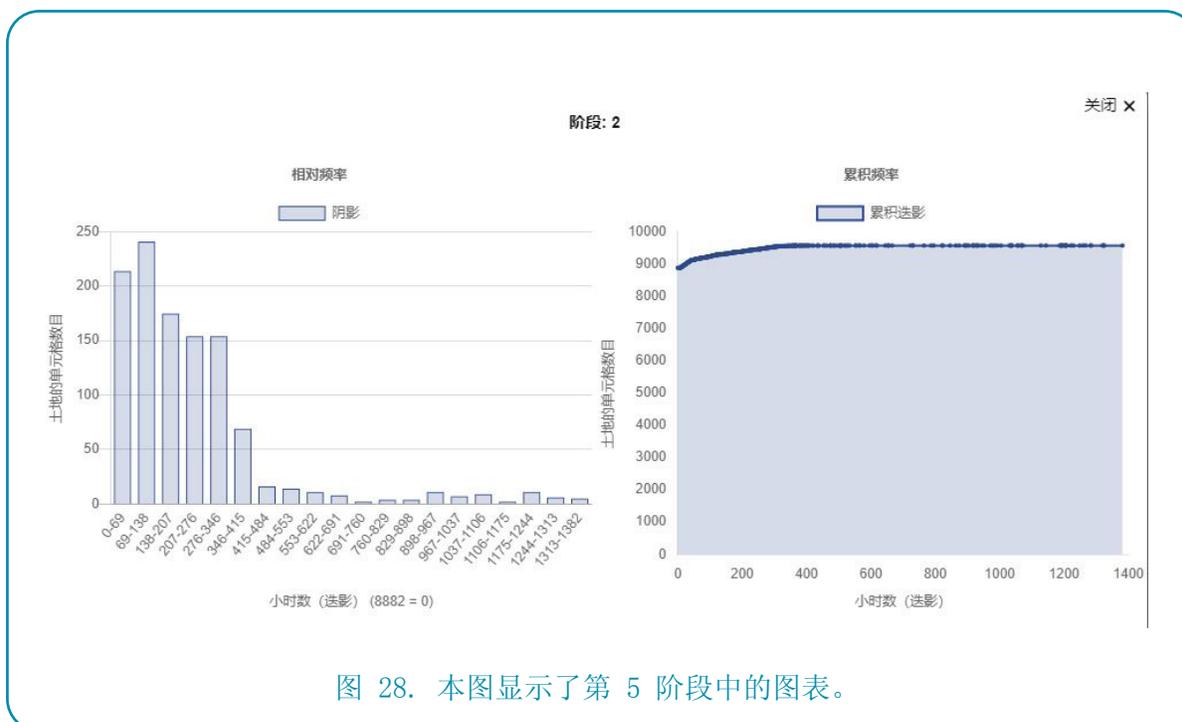


图 28. 本图显示了第 5 阶段中的图表。

“SVG”一词将阴影图分为三层显示：没有树木的阴影、没有阴影的树木和有阴影的树木，如图 29 所示：

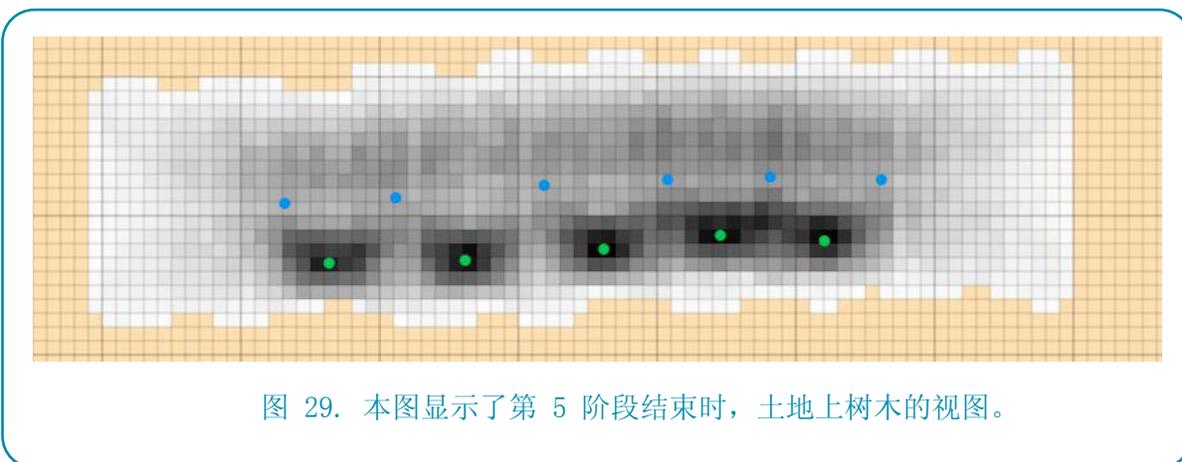


图 29. 本图显示了第 5 阶段结束时，土地上树木的视图。

每个阶段的土地阴影和树木图虽然没有显示每个单元格的阴影值，但是可以作为决定何时移除或种植土地中某些区域的树木之图文指南。

“间隔阴影”表

本表包含与上表相同的间隔之描述性统计信息。由于每个阶段可以包含多个间隔，因此本表的大小可能比阶段表大很多。范例中有 $5 \times 12 = 60$ 个间隔。图 30 显示了第一个阶段的 12 个间隔（每月）和第二阶段的前三个间隔

间隔的阴影										
阶段	间隔	平均值	标准偏差	最小值	最大值	中位数	众数	偏度	峰度	累积频率
1	1	0.41	4.28	0	96	0	0	13.56	209.91	图表 SVG
1	2	0.38	3.25	0	78	0	0	12.68	196.75	图表 SVG
1	3	0.58	3.84	0	65	0	0	8.63	86.71	图表 SVG
1	4	0.38	2.77	0	42	0	0	9.12	92.43	图表 SVG
1	5	0.56	3.91	0	61	0	0	8.66	85.51	图表 SVG
1	6	0.65	4.96	0	101	0	0	10.73	142.72	图表 SVG
1	7	0.33	4.15	0	98	0	0	15.75	278.41	图表 SVG
1	8	0.41	4.19	0	105	0	0	15.00	262.58	图表 SVG
1	9	0.66	4.69	0	95	0	0	10.04	124.55	图表 SVG
1	10	0.74	4.96	0	104	0	0	9.99	128.99	图表 SVG
1	11	0.78	4.99	0	92	0	0	9.12	104.95	图表 SVG
1	12	0.86	5.56	0	99	0	0	9.21	106.59	图表 SVG
2	1	1.13	9.12	0	147	0	0	10.15	113.41	图表 SVG
2	2	1.16	7.21	0	109	0	0	8.80	89.74	图表 SVG

图 30. 表中显示：每个间隔都有一个图表和树木土地的 SVG 图。

模拟的每个时刻都有一个区块。区块由一条白线所分隔，且开头为该时刻日期和时间。如果用户已将一个采样区着色完成，则在第一个区块相对应的位置将显示为 1。如果未标记采样区域，应用程序将假定采样区域为全部的土地（如果土地为 100 x 100，则为10,000个单元格），在这种情况下，整个第一个区块将仅包含零。

下个区块代表模拟中的时刻：每个区块代表一个时刻。以“累积的无重迭阴影”文件的情况为例，在特定时刻相对应的区块中，会在接收到阴影的单元格位置上看到非零的数字。该位置上非零的数字数量，应等于该单元格接收到的无重迭的阴影数量，包括那个时刻（在“累积”的情况下）。这种格式减少了存储这些大文件所需的内存量。以下缩图例子将说明原始文件的架构。

原始文件的缩图例子。

假设我们在 10x10 的土地（有 100 个单元格），将 3 个单元格的采样区域着色，并进行一个非常小型的模拟。应用程序仅检查这些单元格是否存在阴影。我们将运行一个非常短的静态模拟：从 2020 年 1 月 1 日上午 10 点至中午 12 点（相当于 3 个时刻，每时刻为 1 小时）。时刻定为 1、11 和 12 点钟。在土地中仅种植紧邻的两棵树，使它们的阴影在某些时刻重迭。在这种情况下，原始文件（“无累积的重迭阴影”类型）为以下格式，其中采样区域中的单元格位置以粗体显示：

10,10	2020-01-01T10:00:00	2020-01-01T11:00:00	2020-01-01T12:00:00
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0,0,0, 1,1,1 ,0,0,0,0,0,0	0,0,0, 0,1,2 ,0,0,0,0,0,0	0,0,0, 0,0,1 ,0,0,0,0,0,0	0,0,0, 0,0,0 ,0,0,0,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	0,0,0,0,0,0,0,0,0,0

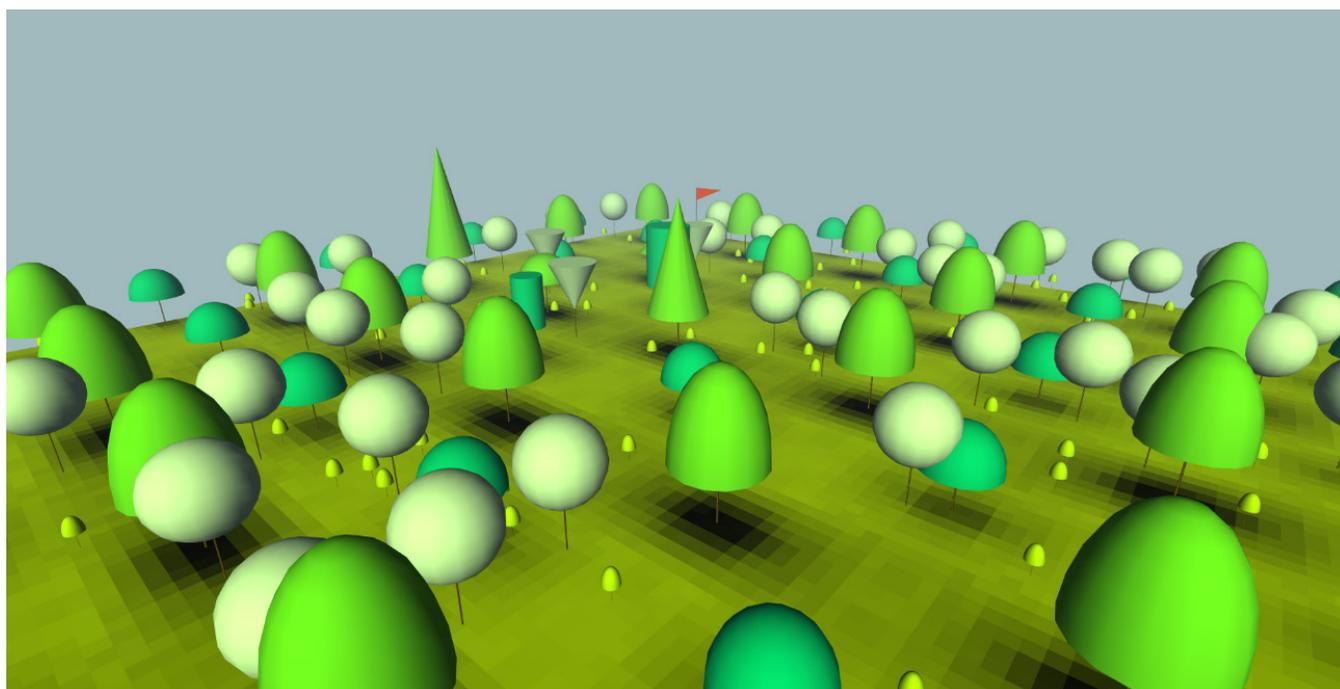
图 33. 原始文件（“无累积的重迭阴影”）的区块。

该文件由 4 个区块组成：第一个区块显示出土地的形状和采样区域的位置，其余的区块显示出模拟期间，持续的三个时刻中的阴影。在第一个区块的第一行，代表土地的面积，其余区块的第一行，代表该区块对应时刻的日期和时间。应用程序会在采样区域的第一个区块中作标记，且被标记的位置将显示为 1。如果用户未标记采样区域，则第一个块将仅包含 0，但整块土地将被视为采样区域。在此范例中，我们可以看到采样区域仅包含 3 个单元格。第二个块开始为“阴影区块”。模拟的每个时刻都会有一个阴影区块，在此缩图例子中，该阴影区块由 3 个时刻组成。每个阴影区块的第一行代表该时段的日期和时间。第一个对应于 10 点钟方向的阴影区块（文件的第二个区块），代表在采样区域的三个单元格中，其中两个存在阴影。一个单元格中有数字 2，表示两棵树投射的阴影重迭。下一个区块对应上午 11 点，显示出阴影较前一个小时少。

原始文件的批注：原始文件是纯文本文件，有时不是以区块显示，而是以一大行显示，这取决于打开文件的文字处理器和处理器的设定（或操作系统）。您可以通过更改文字处理器设定或更改处理器来解决此问题。文字处理器的面向编程，例如 Brackets，通常以区块格式显示文件，甚至在每个区块的左侧添加一行，并为各行编号。此列仅供开发人员参考，不视为文件的一部分。

感谢

ShadeMotion 软件的开发是一个长期的项目，感谢农业研究与教育中心（CATIE）及各捐助者对项目的持续支持才得以完成。特别感谢国际农业研究磋商组织（CGIAR）的森林、树木及混农林业研究计划（FTA）以及热带农业研究与高等教育中心 / 美国农业部（CATIE/USDA）的 EC-LEDS II（提高低排放发展策略的能力）计划，在ShadeMotion第三版的数据模拟升级成第四版的动态模拟过程中，给予大力的支持。第五版本的 ShadeMotion 全面更改了应用程序的语言和编程代码，大大减少了模拟的运行时间，从而能够在生产者参与的农产品设计工作坊中，使用该软件。感谢国际小母牛组织/热带农业研究与高等教育中心（Heifer/CATIE）的 Chocolate4All 计划与国际农业研究磋商组织（CGIAR）的森林、树木及混农林业研究计划（FTA）的支持，才得以完成 ShadeMotion 5.0。



The Tropical Agricultural Research and Higher Education Center (CATIE) is a regional center dedicated to research and graduate education in agriculture, and the management, conservation and sustainable use of natural resources. Its members include Belize, Bolivia, Colombia, Costa Rica, Dominican Republic, El Salvador, Guatemala, Honduras, Mexico, Nicaragua, Panama, Paraguay, Venezuela and the Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture (IICA).



Solutions for environment and development
Soluciones para el ambiente y desarrollo

Headquarters, CATIE
Cartago, Turrialba, 30501
Costa Rica
Tel. + (506) 2558-2000

ISBN: 978-9977-57-753-1

