

机器视觉 - 数字农业的驱动力

白皮书

shocky/stock.adobe.com



pavlobatikh/stock.adobe.com

机器视觉 - 数字农业的驱动力

机器视觉如何实现农业流程的自动化和优化

与大多数其他行业一样，数字化正在逐渐渗入农业增值流程。从工业规模的农业企业到小型农场，都越来越依赖与智能耕作接轨的数字技术。这一趋势有助于进一步提高流程的自动化程度和效率。

机器视觉是自动化的重要组成部分。在本白皮书中，您会了解到这项技术的工作原理以及使用这项技术支持现代农业流程的具体方法。您会了解到各种实际应用场景，并了解先进的农业企业如何凭借众多优势获得效益。

目录

- 转型中的农业领域..... 3**
- 面向现代农业的技术 4**
- 现代智能耕作理念..... 7**
 - 精准耕作：有针对性地耕种农业用地 7
 - 农业机械：自动收割流程 9
 - 种子和农产品：自动检测种子和植物 10
 - 温室栽培：自动执行温室流程..... 12
 - 畜牧业：畜牧业中的机器视觉..... 13
- 结论..... 14**



转型中的农业领域

农业领域面临的挑战日益增长。劳动力短缺、法律标准和法规日益严格、成本上升、价格压力升高加之农田有限，迫使这一行业着手优化流程。因此，越来越多的农民依靠数字技术在未来保持活力，并使用基于智能耕作原则的现代信息和通信系统。这些系统可以与创新技术结合，例如物联网 (IoT)、传感器和执行器、地理定位系统、大数据、无人飞行器 (UAV) (如无人机) 和机器人。



智能耕作在现代农业中日益普及。

利用机器视觉实现高效和自动化流程

机器视觉在这方面发挥着重要作用。它越来越有助于提高农业特定流程的效率，并帮助这些流程在极大程度上实现自动化。这项技术起源于工业应用，数十年来已成功用于检测物体以及监测和优化制造过程。

机器视觉包括两个主要组成部分：硬件和软件。硬件是指图像采集设备，例如相机、扫描仪和传感器，它们从特定场景中记录大量的数字图像数据。然后，这些信息由机器视觉软件进行处理，再提供给相应的应用。软件通常在相关的工业 PC (IPC) 上运行，也越来越地在紧凑型嵌入式设备上运行，甚至直接在图像采集单元上运行。然后，系统能够仅根据视觉特征自动识别特定物体和情况。

物体检测：精确、灵活、快速

与其他识别方法相比，机器视觉具有许多关键优势：特别是高精度度和可靠的检测率，让其极具吸引力。它还非常灵活。可以通过优化图像处理算法，在所有可能的场景检测各种物体，甚至是从不同角度。此外，机器视觉运行速度非常快，短短几毫秒内就能精准识别物体。

areebarbar / stock.adobe.com



面向现代农业的技术

凭借如此多的优势，机器视觉必然在现代农业中得到广泛应用。因此，这项技术已应用于

- 农业机械和收割流程自动化
- 温室流程数字化（温室栽培）
- 有针对性、因地制宜地耕种农田（精准耕作）
- 自动分类和检测种子及农产品
- 优化畜牧业（禽畜养殖业）

现代机器视觉解决方案提供许多创新技术，可以持续提高农业增值流程的效率。其中包括：

嵌入式视觉

与工业环境一样，嵌入式系统也用于数字农业生产场景。这些设备结构紧凑，通常是移动电子设备。由于环境条件恶劣，它们必须特别坚固，能够抵御外界影响。毕竟，这些系统经常暴露在大量灰尘聚集、强烈振动和高湿度环境中，甚至会直接与水接触。例如，农民使用手持设备、智能手机和平板电脑进行移动数据收集。特殊的图像采集设备（例如智能相机和视觉传感器）也可以安装在拖拉机或其他农业机械上。例如，它们可以记录收获流程或其他场景的数字图像信息。嵌入式设备特别适合这种情况，因为空间通常十分有限。它们体积小，结构紧凑，效率高，产生的废热少。如果这些系统集成成了机器视觉软件，就可以用于各种图像处理应用，称之为嵌入式视觉。



机器视觉广泛应用于各种农业领域。

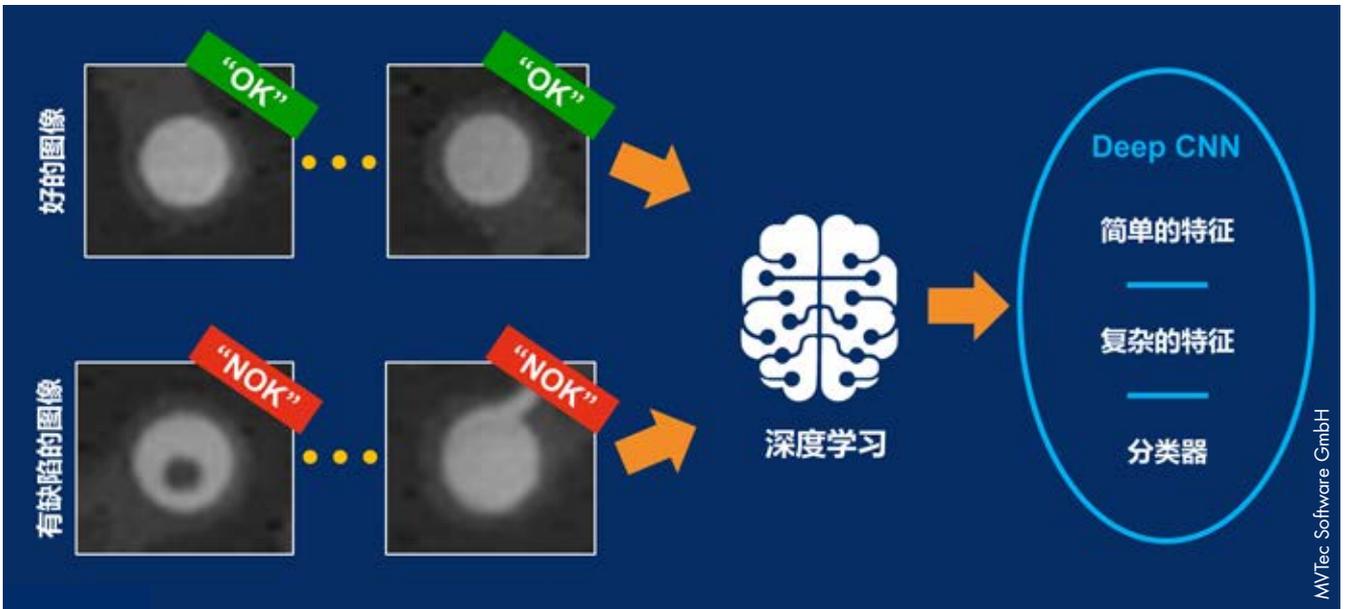


基于规则的机器视觉系统

基于规则的机器视觉系统在农业中的物体或缺陷检测方面可以发挥关键作用。这项技术工业领域已应用数十年，非常成熟可靠，因此在农业领域也很有意义。与人工智能 (AI) 不同，机器视觉基于规则，需要特殊编程。开发人员手动定义某些规则或特征，从图像数据中提取检测流程所需的关键信息。与基于人工智能的方法相比，这项技术对系统要求没有那么严格，这在农业场景中显著提高了效率。此外，系统的决策流程始终透明，可以随时跟踪。

深度学习

如上所述，尽管基于规则的系统凭借众多优势而很有吸引力，但在某些情况下，人工智能技术可以在检测精准度方面提供更多的可能性。其中主要包括机器学习，尤其是基于卷积神经网络 (CNN) 架构的深度学习流程。这些方法的特别之处在于能在综合训练的基础之上自行学习新事物。在这种综合训练中，机器视觉软件会详细分析由图像采集设备产生的图像数据。



深度学习使用无缺陷和有缺陷物体的图像进行缺陷检测。

训练之前，要用数字标签标记图像，以将其分配给特定物体或错误类别。然而，这种标记工作需要极其大量的人工操作，与此相关的海量图像数据管理也是如此。因此，需要一个合适的标签工具来映射这些流程，由此对其进行控制。训练过程中，深度学习算法会学习能够帮助其将需要检测的物体分配到某些类别的典型特征，例如“苹果”或“梨”的特征。深度学习也适用于精确识别和定位各种缺陷。此技术主要用于待检测物体相似度极低，因此使用基于规则的方法无法执行任务或执行任务难度极高的情况。

基于规则的系统与人工智能系统的结合

基于规则的系统与人工智能系统（例如深度学习）可以合理结合到同一解决方案中，始终为特定应用取得最佳结果。这样可以同时显现两个技术领域的特殊优势。通过相互作用，可以实现比单独使用单个技术更好的结果。如此一来，农业用户便可以享受稳定一致的端到端解决方案、更高的检测率以及更快的机器视觉流程。所有对于物体分类至关重要的决策标准都可以清楚地追踪。



云技术

创新型农业企业经常依靠云来使用数字应用。现代机器视觉提供商现在也在云端提供某些服务。与本地解决方案相比，这些服务具有诸多优势。可以灵活扩展必需资源，还可以根据需要随时添加额外能力。云采购模式也极具成本效益，因为只需根据合同模式，为实际使用的服务（例如服务器服务）付费。农民可以将系统托管外包给经验丰富的云服务提供商，他们运营的基础设施通常高度可用且稳定可靠。最后，使用云还可以节省资金，因为用户不必采购专属系统环境。

多光谱成像

不仅要考虑可见光谱范围，还要考虑人眼无法感知的其他颜色光谱，特别是对于作物。使用能够检测这些多光谱颜色通道类型的特殊机器视觉方法，可以利用合适的硬件检测这些光谱并对其进行评估。例如，能够在后果肉眼可察之前及早发现作物疾病或营养缺乏。这样，农民就可以在早期作出反应，采取有针对性的对策，从而减少有害物质，获得更好收成。



3D 视觉技术增强了机器人辅助收割流程。

瓦赫宁根大学及研究中心

3D 视觉

基于 3D 的机器视觉技术（3D 视觉）在高科技农业中同样极为重要。检测、评估和处理传感器支持的 3D 信息可以更好地控制机械系统或流程，从而实现超出 2D 方法能力的农业应用。例如，不仅可以精确定位静止物体，还可以精确跟踪和抓取三维空间中移动的物体。为此，需要使用多个相机从不同角度记录图像信息。在特殊的农业应用场景中，可靠、精确、支持 3D 的位置确定必不可少，例如在机器人辅助收割流程中。



现代智能耕作理念

精准耕作：有针对性地耕种农田

机器视觉有利于对农田进行有针对性的监测、施肥和灌溉，使土地耕作更有效率、更可持续。此外，还可以根据需要使用宝贵的资源，包括杀虫剂、水和化肥。这有助于农民节省资金、减少工作量，同时也更容易满足关于使用化肥和杀虫剂的法律要求。以下示例说明了机器视觉的实际工作方式：

精准防治病虫害

装有高分辨率相机的无人机飞过田野。集成的机器视觉软件对记录的图像进行评估，并在空中自动检测某些特征。例如，植物叶绿素含量异常表明存在压力情况，例如真菌病害或虫害。根据这些发现，农民可以采取针对性极强的措施。例如，他们可以只在受影响的区域精确喷洒杀虫剂或杀菌剂。将前文介绍的多光谱流程集成到机器视觉系统中，有助于确定植物的状况。特殊的多光谱相机可用于检测和处理肉眼不可见的其他颜色通道，从而在早期阶段自动、可靠地检测出植物的异常情况。

集成机器视觉软件的无人机可以检测植物的各种特性。





机器视觉软件有助于针对性地控制杂草。

高效施肥和灌溉

另一个应用场景是针对性施肥。机器视觉软件会根据数字图像数据精确测量作物高度，这样就可以根据需要只对作物长势不佳的区域进行施肥。根据同样的原则，也可以根据地点对农田进行灌溉。例如，在这种情况下，红外相机会测量温度，并绘制相关区域的热图。根据测得的蒸发冷却，可以精确了解各个区域的实际湿度水平，从而有意识地根据需要调整灌溉。图像数据不一定要由无人机记录，在某些应用中也可以由卫星从高空采集。

高效的植物保护

植物保护是现代农业的重要课题。针对传统保护方法的反对意见越来越多，法规也日趋严格，这些都是必须面对的挑战。机器视觉可以实时区分作物和杂草，确保极为有效地施用除草剂。为了区分不同植物，将工业相机（多光谱图像数据）安装在喷雾器上，拍摄植物照片。相机会将数据发送到嵌入式设备，设备上运行集成的机器视觉软件，可对应用进行控制。软件利用基于深度学习的物体检测发现作物中的杂草，然后向系统发出信号，将除草剂精确喷洒到已识别的杂草上。针对性施用减少了环境影响，除草剂也得到经济有效的使用，这可以确保在优质高产的同时满足自然保护法规和消费者愿望。



欢迎观看我们的农业机械视频



农业机械：自动收割流程

现代农业机械也在越来越多地使用机器视觉方法。例如，拖拉机、联合收割机和机器人收割机都配备了智能相机等嵌入式设备。这些设备会生成大量数字图像数据，并通过集成的机器视觉软件对这些数据进行详细评估。随后，这些结果就可用于各种各样的应用。

检测大小足够的成熟苹果

比利时 ACRO 研究所（自动化研究与教育中心）的苹果采摘机演示了如何在机器视觉的帮助下自动采摘水果，例如成熟苹果。首先，将机器人采摘机放置在果树前方。然后，3D 传感器从 40 个位置扫描前方区域，并将果树视图划分为相同数量的扇区。传感器会感应到每个区域的苹果，这样就可以使用抓取器逐个采摘。集成的机器视觉软件可精确确定苹果在图像中的位置，并且只选择大小足够的成熟果实。在机械臂接近苹果时，软件会同时处理多个图像，以确定与目标物体的剩余距离。与此同时，会通过抓取器吹出空气，以吹开树叶。然后，抓取器小心地靠近水果，将其包住并吸入。通过旋转和倾斜动作摘下苹果，然后轻轻放入容器中。

自动收割的好处

使用机器人可为农民带来明显效益。它们可以自动执行整个收割流程，从而提高经济可行性和利润率。一台机器人可以完成六名果园工人的工作，同时在收获质量方面保持极高标准。此外，农业企业还可以弥补季节性采摘工人招聘日益困难的问题。



自动化流程意味着经济效益。



种子和农产品：自动检测秧苗和谷物



机器视觉系统还可用于自动检测秧苗、种子和收割的作物。

机器视觉算法精确分析小麦

德国伊尔梅瑙科技大学开发了一套精确测定小麦质量的系统。为了快速分析小麦样品，首先将麦粒放入料斗中。麦粒会从料斗落到传送带上，再通过一个分离装置，由装置进行分离，然后逐一移动经过相机接受扫描。机器视觉算法根据不同颜色、纹理和形状标准分析记录的图像。使用特殊相机在明亮背景下对小麦成像，可以看到麦粒图案大小、形状和颜色方面的主要差异。

在扫描后，根据“OK/NOK（不合格）标准”对物体进行分类，例如：

- 完好麦粒
- 受损或干瘪麦粒
- 虫害麦粒
- 其他种籽和稻草

使用气动分拣装置，将麦粒分为特定等级以便称重和储存。在此过程中，每一个物体都可以自动处理并分离。

这套分类系统的吞吐率非常高。借助自动分析，种植者在很短的时间内就能收到有关谷物质量的详细信息。还可以通过图形方式显示已分析谷物的成分，计算样品总重量、完好麦粒比重以及已分析样品的数字和图形统计数据，并存储到数据库。

自动检测米粒

米粒质量检测也能达到类似的速度和性能。针对这一目的，日本公司 Kett Electric Laboratory 与日本 LINX Corporation 合作开发了一套自动检测系统。该系统中的机器视觉软件必须执行复杂的图像处理任务并以极快速度进行处理。软件直接在功能强大的嵌入式平台上运行。通过众多算子，优化校准相机、分割米粒、提取特征和测量尺寸以便进行质量分类的流程。整套解决方案实现了整个检测流程的自动化和加速。改进后的结果还可以最大限度提高米粒的质量，同时帮助节约成本。



Kett Electric Laboratory/LINX Corporation

米粒检测可以完全实现自动化。

番茄秧苗分类

在另一个应用场景中，机器视觉系统可以自动对番茄秧苗进行分拣。农产品种植者必须确保他们从供应商那里收到的种子能够可靠发芽。荷兰公司 Westland Plantenkerkerij (WPK) 与荷兰瓦赫宁根大学及研究中心 - 食品和生物基础研究 (UR-FBR) 联手开发了一套系统，每小时可分类并分拣 18,000 株秧苗。

在这套系统中，秧苗自动种植在生长托盘中，经过 12 天的发芽期后，通过传送带运送到机器视觉系统。植物到达后，十台相机同时记录图像，建立秧苗的三维模型。软件可以在几毫秒内生成 3D 模型，然后计算植物的生物量。接下来，根据这些数据将秧苗分为四种类别：一类、二类、三类以及 NOK（不合格），意即植株太小或未能发芽。结果从个人电脑传输到可编程逻辑控制器 (PLC)，控制器根据分类将其引导至相应的传送带。



satyrenko/stock.adobe.com

自动分类的优势

质量控制流程自动化可以显著提高农业企业的生产力。检测结果完全客观、可再现，不受人为波动和错误的影响。还可以定义统一标准，一致应用于所有检测和分拣流程。此外，往往还能降低高昂的劳动力成本。



温室栽培：自动执行温室流程



采摘机器人独立检测成熟甜椒。

机器视觉技术同样应用于温室栽培实践。与野外一样，这一领域的流程也能自动化和精简。



欢迎观看我们的温室自动化视频

自动采摘甜椒

例如，作为欧洲研究项目“作物智能机器人” (CROPS) 的一部分，使用荷兰瓦赫宁根大学及研究中心开发的 SWEEPER 机器人采摘机采摘成熟甜椒，就清晰展示了这一理念。采摘机通过电池供电平台在温室内自主移动。机器人集成的标准机器视觉软件包含基于形状和颜色的检测算法，可检测每个记录图像中符合目标颜色阈值的区域。为了可靠检测成熟甜椒，必须高度准确地确定每个物品的 3D 位置。一旦 3D 相机系统发现一株成熟的甜椒，机械臂就会将采摘工具定位到作物的茎杆上。然后，机械臂用振动刀向下移动几厘米，在靠近植物主茎的位置切下甜椒。

机器人采摘机的优势

采摘流程自动化可以更好地满足质量、卫生、食品安全和产品可追溯性方面不断提高的要求。自动化还可以弥补缺乏合格工人的问题，这些工人通常要在植物生长所需的温室环境中从事极其单调并且耗费体力的任务。因此，机器人采摘机的使用可以促进温室中高效和可持续的植物生产。



畜牧业：畜牧业中的机器视觉

现代畜牧业（禽畜养殖业）是机器视觉技术的另一个重要应用领域。特殊应用可以改善禽畜管理条件并显著提高产量。

精确确定生长和身体特征

例如，机器视觉软件可用于跟踪奶牛等动物的生长情况。首先使用 3D 传感器对牛进行单独扫描。在喂食期间，用飞行时间传感器测量动物背部，再结合 3D 图像处理。通过这种方式，可以精确定典型体形特征。其中包括动物的体长和体宽，以及特殊身体部位的尺寸，包括腰部、臀部或肩膀。农民可以从这些信息中得出有价值的结论，如牛的潜在产量。随时间推移进行多次测量，还能深入了解喂养是否适当以及动物的健康状况。

使用机器人为奶牛挤奶

另一项应用可支持自动挤奶流程。在此同样使用飞行时间传感器来精确定位奶牛乳头。根据 3D 坐标，使用机器人有针对性地将挤奶机引导至乳房。由于乳头非常敏感，必须尽可能精确定设备位置和方向。这样，挤奶机可以轻松而轻柔地附着到乳房，避免为动物带来不必要的疼痛和压力。



自动挤奶对动物敏感的乳房更加柔和。

SC/stock.adobe.com



结论

世界各地的农业领域正面临着许多挑战。为实现高产、高效和可持续发展，创新型农业公司必须依赖智能耕作技术。毕竟，价值链的持续数字化和自动化将是在国际市场上保持长期竞争力的必要条件。

机器视觉在这一发展中发挥着重要作用。在数字农业的增长市场中，它作为一项关键技术，有助于在许多不同的应用场景中优化流程效率。由此，农民不仅能提高生产力和降低成本，还能更加可持续地耕种土地，保护宝贵资源，从而保护环境。



Stockr/stock.adobe.com

开始着手

为了持续推进生产流程的数字化转型，您需要行业内的专家合作伙伴，他们将为您提供专业的支持。我们也很乐意根据您的特定要求推荐合适的合作伙伴。请联系我们，让我们知道如何满足您的定制要求：agriculture@mvtec.com

欢迎您在 [mvtec.com/free-evaluation](https://www.mvtec.com/free-evaluation) 上试用我们的免费应用程序评估服务。

© 1996-2021 MVtec Software GmbH. 保留所有权利。所有规格如有变更，恕不另行通知。
HALCON 是 MVtec Software GmbH 的注册商标。2021 年 7 月