Künstliche Intelligenz und Embedded Vision sorgen für Innovation

Die digitale Bildverarbeitung hat unsere Fähigkeit, die Welt in zwei Dimensionen zu sehen und zu verstehen, dramatisch verändert. Neue Entwicklungen in der digitalen Bildverarbeitung erforderten zunächst große Rechenleistung für Bilder mit niedriger Auflösung und lieferten uns in den 1960er Jahren die ersten Bilder vom Mond, die unsere Wahrnehmung des natürlichen Satelliten der Erde veränderten. Spätere Fortschritte in der traditionellen digitalen Bildverarbeitung führten zu Technologien, auf die wir uns heute in unterschiedlichsten Bereichen verlassen, von der medizinischen Visualisierung z. B. durch die Computertomographie (CT) oder die Magnetresonanztomographie (MRT) bis hin zu Bildverarbeitungssystemen in der Produktion. Trotz der zahlreichen Innovationen stößt die traditionelle digitale Bildverarbeitung an bestimmten Punkten an ihre Grenzen. Der Einsatz von künstlicher Intelligenz (KI) und ausgefeilter Embedded Vision-Technologien hebt digitale Bildverarbeitungssysteme heute auf ein völlig neues Niveau.

Welche Vorteile bietet KI gegenüber der herkömmlichen Bildverarbeitung - und wie können wir davon profitieren, ohne ein KI-Experte zu sein? Welche aktuellen und zukünftigen Anwendungen von KI und Embedded Vision gibt es? Dieser Artikel beleuchtet diese Fragen ausführlicher.

Autor:
Bruno Ménard, Software Director, Vision Solutions

Teledyne DALSA
www.teledyneimaging.com

KI versus traditionelle Bildverarbeitung

Wenn Bildverarbeitungsanwendungen immer in einer kontrollierten Umgebung durchgeführt würden, z. B. in Innenräumen mit einheitlichen Beleuchtungen, Formen und Farben, wäre der Einsatz von KI kaum erforderlich. Dies ist jedoch selten der Fall, da Bildverarbeitung meist in der realen Welt stattfindet – also in unkontrollierten Umgebungen wie in Traffic-Anwendungen oder in industriellen Umgebungen, wo Objekte mit unterschiedlichen Formen und Farben die Norm und nicht die Ausnahme sind.

KI-Systeme tolerieren erhebliche Schwankungen der Umgebungsbeleuchtung, des Betrachtungswinkels, Einflüsse wie Regen, Staub, verdeckte Objekte und andere Umgebungsfaktoren. Wenn Sie z. B. über 24 Stunden hinweg Autos auf einer Straße erfassen, so ändern sich die Beleuchtungs- und Bildaufnahmewinkel ständig.

Stellen Sie sich als weiteres Beispiel vor, Sie sind ein großer Tomatenproduzent und müssen jeweils drei Tomaten in einer Verpackung bündeln, um sie an Lebensmittelgeschäfte zu verteilen. Die Tomaten müssen in Form und Farbe möglichst einheitlich sein, um die Qualitätskontrollstandards Ihres Abnehmers zu erfüllen. Nur ein KI-basiertes Bildverarbeitungssystem kann die starken Form- und Farbvariationen unterscheiden und diejenigen Tomaten identifizieren, die so rund und rot sind, wie der Kunde es wünscht. Das hört sich gut an, aber wie erreicht man dieses Ziel, wenn man kein Experte für KI oder Bildverarbeitung ist?

GUI zum Trainieren neuronaler Netze für 2D-Objekte

Es ist keine Jahrzehnte, sondern gerade einmal wenige Jahre her, seit KI-Tools mit einer grafischen Benutzeroberfläche (GUI) verfügbar sind, um neuronale Netze auf 2D-Bildern zu trainieren. Vor dieser monumentalen Errungenschaft hätte das Training neuronaler Netze für die Bildverarbeitung und Inspektion oder für intelligente Transportplattformen ein umfassendes Fachwissen in den Bereichen KI / maschinelles Lernen und Datenwissenschaft erfordert und wäre eine kostspielige und zeitaufwändige Investition für jedes Unternehmen gewesen. Glücklicherweise haben sich die KI-Tools inzwischen erheblich verändert.

Worauf sollten Sie in einem GUI-Tool für KI achten?

- Gestalten Sie es flexibel: Suchen Sie ein GUI-Tool, mit dem Sie Ihre eigenen Bildbeispiele einbringen und neuronale Netze trainieren können, um Aufgaben wie Klassifizierung, Objekterkennung, Segmentierung und Rauschunterdrückung

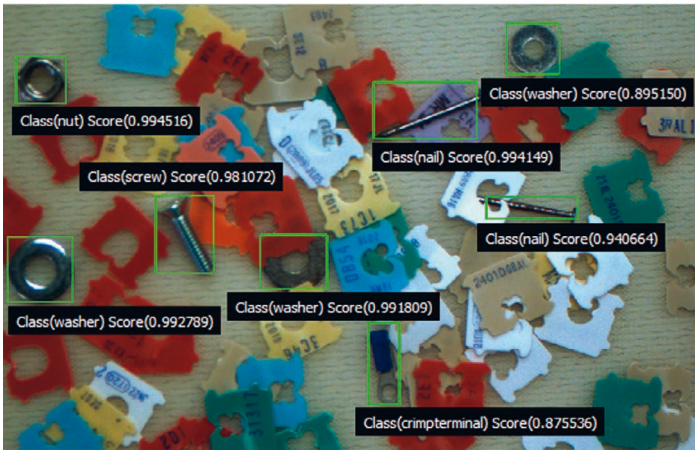

Bild 1: Hardwareteile, beispielsweise Muttern, Schrauben, Nägel und Unterlegscheiben lokalisieren und identifizieren.

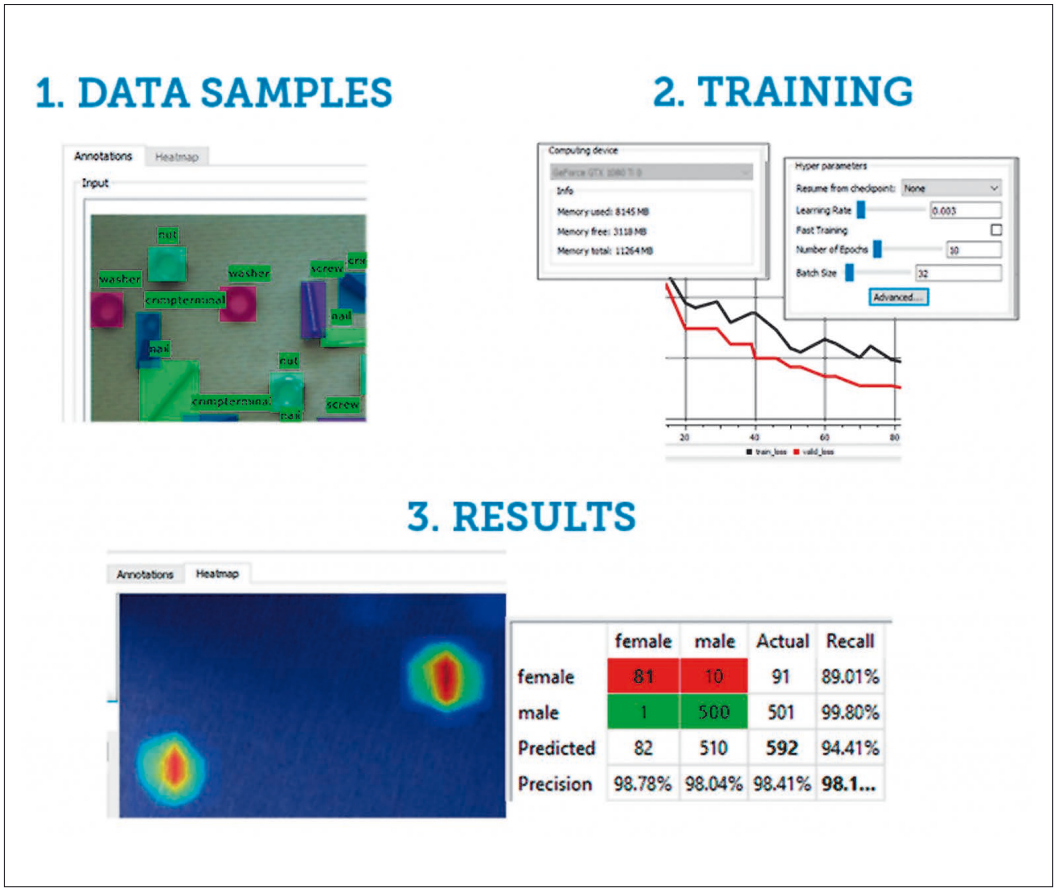

Bild 2: Datenmodell erstellen

durchzuführen, damit Sie die Vorteile einer größeren Flexibilität und Anpassung nutzen können

- Bleiben Sie lokal: Verwenden Sie ein Tool, mit dem Sie Ihre Trainingsdaten auf Ihrem eigenen PC modellieren können, ohne eine Verbindung zur Cloud herzustellen. So erreichen Sie das erhöhte Maß an Datenschutz, das jetzt von vielen Branchen gefordert wird
- Inferenz exportieren: Wählen Sie ein Tool aus, mit dem Sie Ihre Modelldateien in ein Inferenz-Tool exportieren können, um es im Live-Videostream auszuführen
- Gestalten Sie Ihr GUI intuitiv: Visualisieren Sie die Modellleistung mit numerischen Kennzahlen und Heat Maps
- Nutzen Sie vortrainierte Modelle: Reduzieren Sie Ihren Schulungsaufwand, indem Sie vortrainierte Modelle verwenden, die mit Ihrem Softwarepaket geliefert werden

Beispiel: Lokalisieren und Identifizieren

Betrachten wir als konkretes Beispiel die Aufgabe, bestimmte Hardwareteile wie Muttern, Schrauben, Nägel und Unterlegscheiben zu lokalisieren und zu identifizieren. Diese Teile liegen jedoch gemeinsam mit einer Vielzahl bunter Markierungen auf einer reflektierenden Oberfläche (Bild 1). Mit herkömmlicher Bildverarbeitung wäre es äußerst zeitaufwändig, die erforderliche hohe Robustheit für diese Aufgabe zu erreichen. Im Gegensatz dazu erfordert ein KI-Tool mit einem geeigneten Objekterkennungsalgorithmus nur das Antrainieren von ein paar wenigen Dutzend Beispielen. Mit einem solchen Software-Tool können Anwender viel schneller und einfacher ein robustes und genaues System zur Lageerkennung und Identifikation erstellen, wodurch die Entwicklungszeit und die damit verbundenen Kosten reduziert werden.

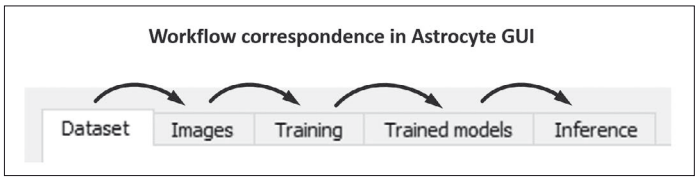

Bild 3: Workflow

Intelligente Transportsysteme (ITS)

eignen sich ebenfalls gut für den Einsatz von KI-basierten Bildverarbeitungssystemen. Von der Maut-Verwaltung über die Kontrolle der Verkehrssicherheit bis hin zur Geschwindigkeits- und Rotlichtüberwachung kann KI-Software verwendet werden, um Fahrzeuge und andere sich bewegende und stationäre Objekte mit hoher Genauigkeit zu lokalisieren, zu segmentieren und zu identifizieren (Aufmacherbild).

Schritt für Schritt zum Erfolg

Beim Einsatz eines KI-basierten Software-Tools gibt es einige wichtige Schritte im Entwicklungsprozess zu beachten. Zuerst müssen die Daten erstellt werden, danach erfolgt die Bearbeitung und Veränderung des Datensatzes. Zu Beginn erfolgt das Erfassen von Trainingsbildern und deren manuelle Zuordnung zu den Objekten. Im Allgemeinen importiert man diese Bilder aus externen Quellen oder über ein Netzwerk auf den PC. Bei diesem Prozess ist es wichtig zu beachten, dass die Qualität des gesamten Modells von der Qualität der einzelnen Datensätze im Modell abhängt. Wichtig ist zudem der Einsatz einer GPU mit ausreichender Rechenleistung, um die eigentliche Bildverarbeitung durchzuführen.

Datenmodell erstellen

Im nächsten Schritt erfolgt die Berechnung der Daten auf einem Trainings-Rechner, um das Datenmodell zu erstellen (Bild 2 und 3).

Anschließend müssen anhand der Ergebnisse Modelltests durchgeführt werden. Dieser Schritt beinhaltet die Verwendung einer Matrix zur Anzeige von falsch positiven und falsch negativen Ergebnissen, die als Basis für die Visualisierung einer Heat Map dient, mit der die Aktivierung des neuronalen Netzwerks angezeigt wird. Sobald das Modell ausreichend trainiert und getestet ist, kann es zum Einsatz in der geplanten Bildverarbeitungsanwendung exportiert werden.

Plug & Play mit Embedded Vision

Der Begriff Embedded Vision erlaubt viele unterschiedliche Interpretationen. Es stehen Variationen dieser Technologie zur Verfügung, die auch Embedded Vision-Plattformen mit integrierter KI umfassen. Jeder Anwender sollte die möglichen Optionen (einschließlich der Kosten) genau abwägen, bevor er sich für ein System entscheidet.

Ein Embedded Vision-System kann aus einer Kamera mit einem Embedded- oder FPGA-Prozessor, einem programmierbaren Bildsensor, einer intelligenten Kamera oder einem handelsüblichen PC-System mit einer flexiblen Embedded-Anwendung bestehen. Embedded Vision-Anwendungen zeichnen sich in der Regel durch eine geringe Größe, ein geringes Gewicht und eine geringe Leistungsaufnahme aus.

Sie ermöglichen zudem eine Reduktion der Daten zwischen

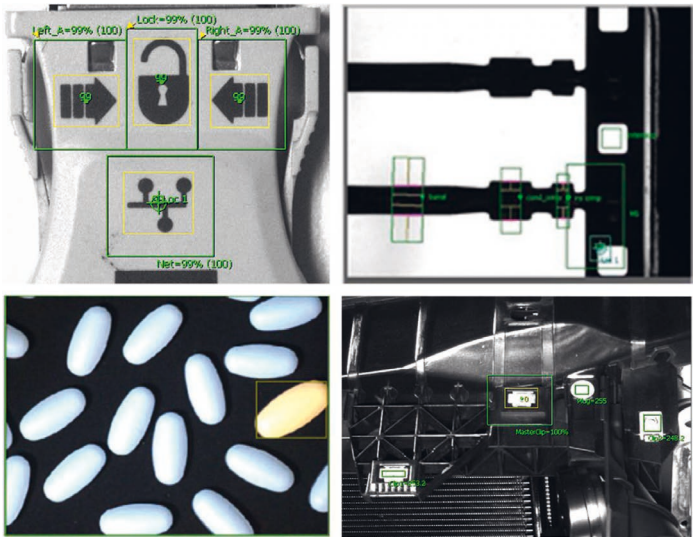

Bild 4: Produktverifizierung und Fehlererkennung

Kamera und Host-PC und somit ein geringeres Datenvolumen bei der Datenübertragung. Weitere Vorteile sind die Reduzierung von Kosten, da für Embedded Vision-Anwendungen keine teuren GPU-Karten in einem PC erforderlich sind, sowie die bekannte Leistungsfähigkeit, der Betrieb im Offline-Modus, für den keine Netzwerkverbindung erforderlich ist, und die einfache Einrichtung. Wer nach einem Komplettsystem sucht, das einfach einzurichten und vor Ort bereitzustellen ist, findet in Embedded Vision-Systemen häufig eine geeignete Lösung mit vielen Vorteilen.

Embedded Vision ist gut für industrielle Anwendungen wie beispielsweise die Erkennung von Fehlern oder für Identifikationsaufgaben geeignet. In der Praxis sind das unter anderem folgende Aufgabenstellungen:

Fehlererkennung

- Mustervergleiche zur Prüfung auf Anwesenheit oder Position
- Erkennen und Zählen von vorhandenen oder fehlenden Merkmalen (Bild 4)
- Vermessen von Merkmalen oder Teilen
- Farbprüfung von Teilen oder Baugruppen

Identifikation

- Produktüberprüfung: Lesen von Produktcodes, um Verwechslungen bei der Kennzeichnung zu vermeiden
- Überprüfung von Kennzeichnungen, z. B. von Produkttypen, Chargennummern oder Datumscodes
- Qualitätsprüfung von Markierungen, Etikettenpositionen oder dem Vorhandensein bzw. Fehlen von Merkmalen (Bild 5)

Bild 6: Geschwindigkeitsüberwachung

Bild 5: Produkt-Identifikation

- Montageüberprüfung, um die Historie in jeder Phase der Herstellung verfolgen zu können
- Logistik: Sicherstellen des ordnungsgemäßen Ablaufs vom Wareneingang über die Kommissionierung bis hin zu Sortierung und Versand

Neue Möglichkeiten

Unabhängig davon, ob sie einzeln oder zusammen eingesetzt werden, markieren KI- und Embedded Vision-Systeme einen Evolutionssprung in der digitalen Bildverarbeitung. Beispielsweise können Verkehrsüberwachungssysteme, mit denen die Beachtung roter Ampeln und die Einhaltung von Geschwindigkeitsbegrenzungen (Bild 6) überwacht werden, Embedded-Bildverarbeitungssysteme nutzen, um Bilder so effizient wie möglich zu erfassen. Anschließend sorgen KI-basierte Systeme dafür, dass die Auswertung der aufgenommenen Bilder auch bei wechselnden Wetter- und Lichtverhältnissen zuverlässig erfolgt. Regnet oder schneit es? Scheint das Licht hell oder dunkel? Mit KI-Implementierungen kann das System auf die unkontrollierbaren Bedingungen des realen Lebens reagieren.

Höheres Intelligenzniveau

Durch den Einsatz von KI und Embedded Vision kann die nächste Generation digitaler Bildverarbeitungssysteme feststellen, wie viele Fahrgäste in einem Auto sitzen, ob Personen während des Fahrens Mobiltelefone nutzen oder ob Fahrer und Beifahrer angeschnallt sind. Dieses erhöhte Intelligenzniveau ermöglicht mehr Sicherheit im Straßenverkehr.

Weiterentwicklungen bei der Bilderfassung und -verarbeitung sowie in der Softwaretechnologie und bei intelligenten Kameras sind maßgeblich für die Fortschritte der KI-basierten Bildverarbeitung und bei Embedded Vision-Systemen verantwortlich. Die Bedeutung von dezentraler KI-Rechenleistung vor Ort ist jedoch auch nicht zu unterschätzen, denn Kosten und Bandbreite lassen sich reduzieren, wenn große Datenmengen nicht kontinuierlich zur Verarbeitung über ein Netzwerk gesendet werden müssen. Dies führt außerdem zu einer geringeren Latenz, zu mehr Datenschutz und zu einer verbesserten Leistung von Anwendungen.

Kontinuierliches Lernen

All das ist jedoch erst der Anfang dessen, was mit diesen neuen Bildverarbeitungstechnologien möglich sein wird. Schon bald werden Anlagen im Feld „kontinuierlich Lernen" können und ihre Leistung damit im Einsatz und während der Laufzeit automatisch perfektionieren. Diese flexible Anpassung vorhandener Modelle an wechselnde Randbedingungen durch den Einsatz kontinuierlicher Lernprozesse gibt Entwicklungsteams neue Freiheiten und erspart diesen enorm viel Zeit, die bisher für das Nachtrainieren von Modellen erforderlich war.

Ein gutes Beispiel für diesen Ansatz ist eine Drohne, die zur Verkehrsüberwachung in mehreren Höhen fliegen soll: Es genügt zum Anlernen eines Basismodells, zunächst nur Bilder zu trainieren, die in einer einzigen Höhe (z. B. aus 10 Metern) aufgenommen wurden. Nach dem Einsatz vor Ort wird anschließend der Algorithmus für kontinuierliches Lernen aktiviert und das Modell angepasst, wenn die Drohne in anderen Höhen fliegt. Ohne kontinuierliches Lernen müsste das Modell für jede neue Flughöhe der Drohne neu trainiert werden, um die erforderliche Genauigkeit zu erzielen. Beim Einsatz von KI reagiert das Modell jedoch selbständig auf Veränderungen der Fahrzeuggrößen und -entfernungen sowie auf unterschiedliche Blickwinkel. Diese Art des Lernens von Bildverarbeitungssystemen während des Einsatzes verbessert die Anwendungsfunktionalität ganz erheblich. ◄