

Bessere Prüfergebnisse mit Deep Learning

KI-basierte neuronale Netze helfen bei der Kontrolle von Lötverbindungen

PRAXISBERICHT Der gesetzlich vorgeschriebene Wechsel zu bleifreien Loten erhöht die Ausfallraten bei Lötverbindungen auf Leiterplatten. Diese wurden mit Systemen für die kameragestützte automatische Bildauswertung kontrolliert, die jedoch an Grenzen stießen. Eine auf Künstlicher Intelligenz (KI) basierende Deep-Learning-Lösung bringt deutlich bessere Prüfergebnisse.

Klaus Vollrath

Unser Kunde Siemens Smart Infrastructure stellt auf automatischen Anlagen Rauchmelder für den Brandschutz in zahlreichen Varianten und in mittleren bis großen Stückzahlen her“, weiß BSc FHO Lukas Vassalli, Entwickler bei der Schweizer Compar AG in Pfäffikon. Die verwendeten Bauteile werden mithilfe von Bestückungsautomaten auf die Platine gesetzt und anschließend von oben verlötet (Bild 1). Das EU-weite Verbot bleihaltiger Lotlegierungen zwingt die Hersteller zur Verwendung bleifreier Lote, die jedoch schlechtere Löteigenschaften haben. Die Folge sind erhöhte Ausschuss- und Ausfallraten.

Umso wichtiger sind zuverlässige automatische Qualitätskontrollsysteme. Meist handelt es sich um kameragestützte Bildverarbeitungslösungen, die mithilfe geeigneter Softwarepakete aufgrund von Bildanalysen In-Ordnung/Nicht-In-Ordnung-(IO/NIO)-Einteilungen vornehmen. Ihre Trennschärfe stellte bisher jedoch nicht immer zufrieden. Vor allem beim Einsatz für kritische Sicherheitsfunktionen müssen die Prüfkriterien zur „sicheren“ Seite hin getrimmt werden, da Brandmelder höchste Zuverlässigkeit aufweisen müssen. Dies bedingt jedoch erhöhte Ausschussraten mit

entsprechenden Kostennachteilen.

Um diese zu verringern, hat man sich bei Compar zum Ziel gesetzt, bei der Bildanalyse zusätzlich Lösungen mit Künstlicher Intelligenz in Form selbstlernender neuronaler Netze einzusetzen. Zudem ging es darum, solche Aufgaben in übergeordnete IT-Strukturen im Rahmen von Industrie-4.0-Konzepten einzubinden.

Softwarebibliothek mit vorstrukturiertem neuronalem Netz

„Der Bildverarbeitungs-Spezialist Cognex hat für solche Aufgaben unter der Bezeichnung ViDi fertige Softwarepakete in Form von Plug-In-Modulen entwickelt“, erläutert Lukas Vassalli. Als hardwareseitige Voraussetzung sollte zumindest in der Trainingsphase ein leistungsfähiger Bildprozessor (Graphics Processing Unit, GPU) auf dem eingesetzten Rechner vorhanden sein.

Wesentliche Komponente der Softwarebibliothek ist ein neuronales Netz, das bereits teilweise vorstrukturiert ist, so dass der Anwender schnell und einfach mit dem Einlernen beginnen kann. Dies ist vor dem ersten Einsatz erforderlich und erfolgt, indem dem Netz eine gewisse Zahl von Bildern als „Trainingsmaterial“ vorgegeben

wird. Anschließend kann es neue Bilder selbstständig nach den gewünschten Kriterien beurteilen. Der beim Training entstandene Wissensschatz wird im Laufe des Einsatzes ständig erweitert und verfeinert (Deep Learning). Bei dieser Anwendung geht es neben der Beurteilung von Lötverbindungen auch um das Auffinden von Bestückungsfehlern.

„Das Gesamtsystem besteht aus der Kamera und einer für die Anwendung ausgelegten Beleuchtungsstation, welche die Platinen aufnimmt, sowie einem Industrie-PC mit dem Visionexpert-Programm“, sagt Lucas Vassalli. Ergänzt wird das System durch das ViDi-Paket, das als „Black-Box“ arbeitet. Es analysiert die übergebenen Bilder mithilfe seines neuronalen Netzes und liefert entsprechende Beurteilungen zurück. Dies erfolgt verzögerungsfrei innerhalb von Millisekunden im Takt der Produktionslinie.

Vor dem Start wurde das System von Compar mithilfe von Bildern zur Verfügung gestellter Musterteile vorkonfiguriert. Im laufenden Einsatz kann der Anwender das System je nach Bedarf mit neuen Produkten trainieren oder mit Varianten bereits vorhandener Produkte nachtrainieren. Für

solche Trainingsphasen sind dank der hohen Rechnerleistung lediglich wenige Minuten erforderlich.

Beim Training kann man das System entweder direkt mit Fotos „füttern“ oder im Supervisor-Modus Fehlstellen vorab durch Farbmarkierungen hervorheben. Nach kurzer Schulung ist der Anwender imstande, solche Aufgaben selbst durchzuführen. Dies ist eine wesentliche Voraussetzung für den Erfolg des Projekts. Im vorliegenden Fall genügten etwa 50 Bilder von Gutteilen sowie von der gleichen Zahl an Schlechtheilen.

„Die ViDi-Software besteht aus drei Modulen (red, green und blue), von denen im vorliegenden Fall die Module „red“ und „blue“ zum Einsatz kommen“, verrät Lukas Vassalli. Das als „Locator“ bezeichnete „blue“-Modul kontrolliert die Leiterplatten auf korrekte Bestückung. Es identifiziert Lötstellen und Bauteilpositionen sowie Aufdrucke. Dabei sind Varianzen vorgebar. Anschließend übernimmt dann ViDi „red“ die Klassifikation in IO- bzw. NIO-Teile. Beim Training kann man verschiedene Ansätze wählen, z. B. indem man statt der beiden Kategorien IO-/NIO ausschließlich IO-Teile vorgibt. In diesem Falle wird die KI alles, was nicht eindeutig als IO erkennbar ist, automatisch als NIO klassifizieren.

Die Trennschärfe als Zuverlässigkeitsmerkmal

„Eine wichtige Eigenschaft der ViDi-Analyse ist die numerische Bewertung der Klassifikation des jeweiligen Ergebnisses“, setzt Lukas Vassalli hinzu. Das System klassifiziert begutachtete Bilder zwar grundsätzlich nach den Kriterien IO bzw. NIO, gibt aber hierzu stets einen prozentualen Vertrauenswert aus. Dieser gibt an, zu welchem Prozentsatz die Software sich in ihrem Urteil sicher ist. Die Skala geht dabei von 0. Diese können sich je nach Aufgabe und Bewertungskriterien entweder teilweise überlappen oder zwei deutlich getrennte Gruppen bilden.

Wenn das Training optimal gelaufen ist, gibt es zwischen den kumulierten Häufigkeitsbereichen keine Überlappung. Dies belegt dann eine gute Trennschärfe des Verfah-



Bild 1. Rauchmelder für den Brandschutz: Die Bauteile werden mithilfe von Bestückungsautomaten auf die Platine gesetzt und anschließend von oben bleifrei verlötet.

© Siemens Smart Infrastructure

rens. Ist dies nicht der Fall, so landet man (=100% IO) bis zu 1 (=0% IO bzw. 100% NIO).

Die Häufigkeitsverteilung dieser Einstufungen wird statistisch in Form von Diagrammen mit z. B. grüner Farbe für IO- und roter Farbe für NIO-Ergebnisse ausgegeben. Diese haben die Form von zwei Balkendiagrammen in grüner bzw. roter Farbe, die sich teilweise überlappen können. Eine einfachere Darstellung ergibt sich aus der Auftragung der kumulierten und auf Eins normierten Streubereiche im Entscheidungsbereich zwischen „falsch-positiven“ und „falsch-negativen“ Einstufungen.

In solchen Fällen spielt die optimale Festlegung des Treshold-Wertes eine wichtige Rolle. Platziert man diesen mehr zur sicheren Seite hin, so minimiert man beispielsweise das Ausfallrisiko von sicherheitsrelevanten Komponenten beim Anwender. Mit der umgekehrten Strategie kann man dagegen ggf. das interne Ausschussgeschehen absenken.

Zusammenspiel zweier Softwarelösungen

„Besonders interessant wird für die Kunden die Verzahnung der beschriebenen ViDi-Möglichkeiten mit der von uns entwickelten Bildverarbeitungssoftware Visionexpert“, bilanziert Lukas Vassalli. Das Compar-Programm übernimmt als Hauptkomponente zunächst das externe Hardware-Handling, d. h. die Anbindung der zahlreichen möglichen Kameramodelle sowie sonstiger Peri-

pherie. Weitere Aufgabe ist das Bilddaten-Management sowie die Weitergabe von zu analysierenden Bilddaten an ViDi.

Die zurückgelieferten Ergebnisse werden intern verwendet, visualisiert und schließlich in die Entscheidungsfindung eingebunden. Trotz aller Automatik behält der Mensch durch Vorgabe von Prüfkriterien und Entscheidungsvorgaben wie z. B. dem Treshold-Level stets die Entscheidungsgewalt.

Zur Analyse und Beurteilung eines Prüflings werden neben den Ergebnissen der ViDi-Untersuchung auch die Visionexpert-eigenen Fähigkeiten herangezogen. Diese Software kann im Unterschied zum ViDi-Plug-In beispielsweise Abmessungen bis herab in dem Mikrometerbereich mit hoher Genauigkeit messen und anhand der Ergebnisse Entscheidungen treffen. Schließlich übernimmt Visionexpert auch noch die Kommunikation mit der übergeordneten IT des Unternehmens. ■

INFORMATION & SERVICE

AUTOR

Klaus Vollrath ist freiberuflicher Journalist und Fotograf in Aarwangen/Schweiz.

KONTAKT

Compar AG
T +41 55 416-1060
info@compar.ch
www.compar.ch