

Theoretische Grundlagen Der Bildverarbeitungssysteme

Bildverarbeitungssysteme sind die vielversprechendsten und sich dynamisch entwickelnden Bereichen der Produktionsautomatisierung. Mit Hilfe dieser Systeme wurde es möglich, schwere Aufgaben der Produktqualitätskontrolle von Menschen auf Computer zu übertragen. Dies begünstigt zwangsläufig die Kostensenkung und Steigerung der Produktqualität.

Der Bereich der Bildverarbeitung in Russland ist relativ jung (etwa zehn Jahre), so liegen die meisten Verfahren und Anwendungen in der Grundlagenforschung. Dies hindert jedoch nicht, die Vorteile der Bildverarbeitung in unseren Prozessen zu nutzen. Solche Systeme sind selten universal. Heutzutage lösen sie spezifische Aufgaben, oft in Verbindung mit anderen Vorrichtungen der Anlage, z.B. Fördereinrichtungen, Vorrichtungen zur mechanischen Bearbeitung.

Ein typisches Bildverarbeitungssystem besteht aus mehreren Vorrichtungen, und die genaue Konfiguration (Geschwindigkeit, Programmmethoden) wird ausschließlich durch Bedingungen der Aufgabe bestimmt.

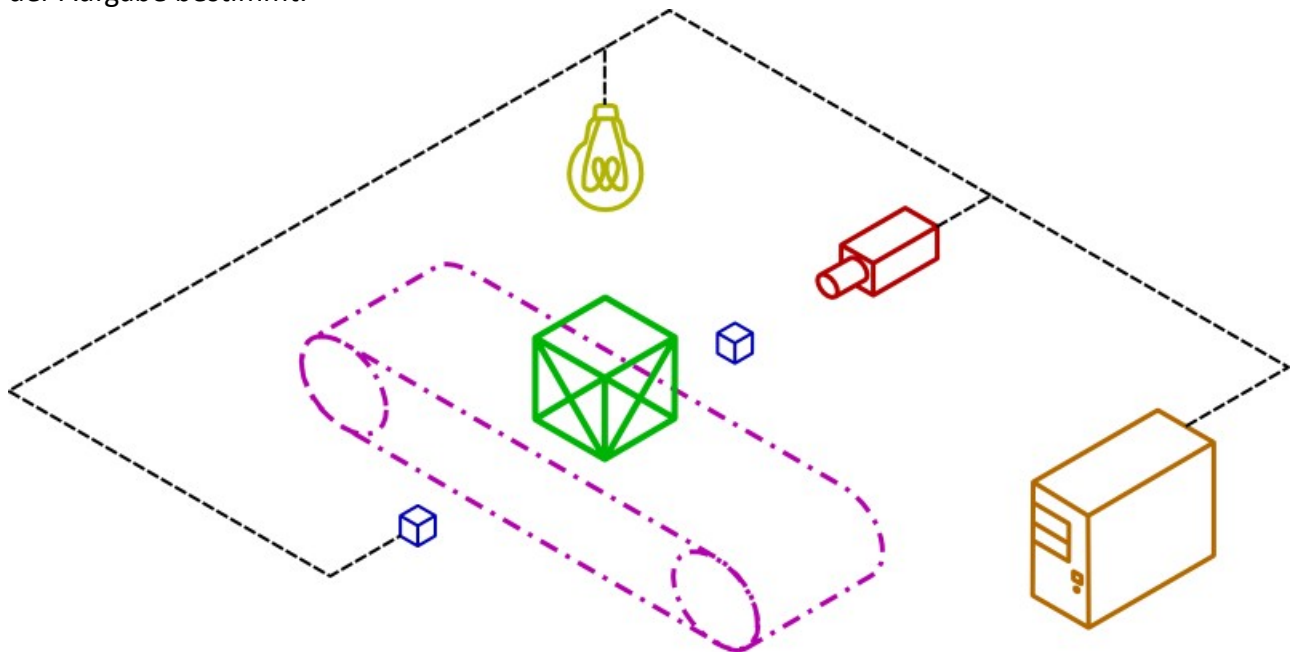


Abb. 1: Typisches Konfigurationsdiagramm

Die Standardkonfiguration des Bildverarbeitungssystems (Abb. 1) umfasst typischerweise ein **Prüfobjekt (Produkt)**, eine **Fördereinrichtung**, eine **Positioniervorrichtung**, eine oder mehrere intelligente **Kameras**, ein **Beleuchtungssystem** und eine **Recheneinheit**.

Zum **Prüfobjekt**, abhängig von Problembedingungen, kann sowohl das Produkt oder das Werkstück, als auch eine bestimmte Markierung (z.B. Steuermarke auf Flaschen) werden. Als Prüfergebnis können geometrische Parameter des zu prüfenden Produkts oder seine Qualitätsmerkmale (Staub, Schmutz, Kratzer, Risse, usw.) dienen.

Die **Fördereinrichtung** muss Objekte durch Aufnahmestellen und andere Vorrichtungen fördern. Die Förderungsgeschwindigkeit wird ausgehend von der erforderlichen Anlagekapazität, sowie technischen Möglichkeiten optischer und elektronischer Teile des Bildverarbeitungssystems gewählt. Ist die Förderungsgeschwindigkeit zu hoch, so hat das Rechensystem nicht ausreichend Zeit zur Verarbeitung der von Kameras empfangenen Informationen oder die Kameras stellen sie nicht vollständig dar. Als Fördereinrichtungen können Bandförderer, Karussellförderer usw. benutzt werden.

Die **Positioniervorrichtung** dient zum Erfassen des Objekts im Aufnahmebereich der Kamera. Manche Aufgaben verlangen hohe Genauigkeitsanforderungen, wenn die Verschiebung des Objekts während der Aufnahme unerwünscht ist, da sie Ergebnisse negativ beeinflussen kann. Typischerweise ist die Positioniervorrichtung ein optischer Sensor, der aus einem Sender (Halbleiterlaser), einem Empfänger (Fotozelle) und einem das Signal reflektierenden Spiegel besteht. Für jede Aufnahmestelle, sowie für jede Ausschussstelle braucht man oft besondere Sensoren. Die Sensoren können sich je nach Objektstoff unterscheiden: einige davon funktionieren mit transparenten Objekten (Glas) nicht korrekt und haben unterschiedliche Leistungsparameter und abweichende Abstände zwischen Transceiver und Reflektor.

Intelligente **Kameras** für die Objektaufnahme sind die wichtigsten Bauteile eines Bildverarbeitungssystems. Wird das Objekt durch den Aufnahmebereich gefördert, so wird es nach dem Positionssensorsignal aufgenommen. Die Belichtungszeit, die unterschiedlich sein kann und von der Beleuchtung, Geschwindigkeit des Objekts und Kameramöglichkeiten abhängt.

Das erhaltene Bild wird auf die Recheneinheit zur Verarbeitung und Bewertung übertragen.

Das sind die wichtigsten Kameraparameter:

1. **Die Auflösung der resultierenden Bilder (in Megapixeln).** Die höhere Auflösung wirkt sich positiv auf die Genauigkeit der Prüfergebnisse aus (auf detaillierten Bildern sieht man mehr Details), aber negativ auf die Übertragungsgeschwindigkeit von der Kamera zur Recheneinheit sowie auf die Verarbeitungsgeschwindigkeit (je mehr Informationen die Recheneinheit „auf einmal“ zu verarbeiten braucht, desto länger dauert dieser Prozess). Hochauflösende Kameras benötigen auch mehr Licht oder längere Belichtungszeit, das auch zu berücksichtigen ist, weil das Bild bei zu schneller Förderung des Objekts und längerer Belichtungszeit verwackelt wird.
2. **Maximale Bildfrequenz (in Bildern pro Sekunde).** Bei Produktivitätszuwachs erhöht sich auch die Förderungsgeschwindigkeit von Objekten. Für solche Systeme werden Hochgeschwindigkeitskameras (150-600 Bilder pro Sekunde) benötigt. Bei schneller Übertragung eines Bildes mit großer Auflösung kann die Breite des Kommunikationskanals mit dem Rechenkern nicht ausreichen. In diesen Situationen wird ein Bilder speicherndes Zwischengerät (Framegrabber) benötigt, wodurch sich die Kanalkapazität steigern lässt.
3. **Kameraobjektiv.** Seine Auswahl hängt direkt von der Objektgröße und zu untersuchendem Bereich ab. Die meisten modernen Kameras haben die Möglichkeit, Objektive unter Einsatz vom Gewindeanschluss (C-Mount) zu wechseln. Das Objektiv zeichnet sich durch die den Bildwinkel bestimmenden Brennweiten und durch die kleinste Blendenzahl für das Erreichen des optimalen Gleichgewichts zwischen Tiefenschärfe und Beleuchtung aus.
4. **Schnittstelle zur Datenübertragung.** Für die meisten Kameras reicht die Bandbreite von Gigabit Ethernet aus, das erfolgreich benutzt wird und bis 1000 Mbit pro Sekunde (120 MB oder 120 Megapixel bei 8 Bit Farbtiefe) übertragen kann. So reicht die Übertragungskapazität einer Schwarzweißkamera DALSA GENIE HM640 (8 Bit) mit Auflösung von 640x480 oder

0,3 Megapixel maximal bis 400 Bilder pro Sekunde aus. Die Bildfrequenz dieser Kamera ist auf 300 Bilder beschränkt. Falls eine ähnliche Kamera, z.B. Full HD Auflösung von 1920x1080 oder 2 Megapixel hat, beträgt die maximale Bildfrequenz von Gigabit-Ethernet in diesem Fall 60 Bilder pro Sekunde. Um von einer solchen Kamera 400 Bilder pro Sekunde zu übertragen, ist ein Kanal mit Übertragungskapazität von 6400 Mbit pro Sekunde (800 MB pro Sekunde) erforderlich. In diesem Fall braucht man einen Framegrabber, eine Platte, die in den Express-Anschluss des PCs, z.B. PCI-Express-Anschluss, eingesetzt wird. Außerdem schränkt hohe Geschwindigkeit die Länge der Kommunikationsleitungen ein.

Beleuchtungssystem des Objekts. Für eine spezifische Aufgabe werden bestimmte Verfahren zur Beleuchtung der gewünschten Zone verwendet. Üblicherweise werden gepulst betriebene dimmbare Hochleistungs-LEDs benutzt. Eine große Rolle spielt die Richtung und Dichte des Lichtstroms (fokussiert und gestreut). Bei Bedarf werden sie zusammen mit verschiedenen Reflektoren (spiegelglatt, weiß, matt) verwendet. Bei der Kontrolle z.B. von Inhomogenitäten (Schlieren) im Glas kann ein Linienstrahler hinter dem Inspektionsglas, wo sich die Farben der Streifen abwechseln, benutzt werden. An Schlieren wechseln Farbbänder ihre Richtung.

Die **Recheneinheit** ist ein PC oder eine Steuereinheit (DSP), die mathematische Berechnungen der von Kameras aufgenommen Bildern durchzuführen hat. Objektbilder werden über Kommunikationskanäle gesendet, die Recheneinheit verarbeitet und analysiert die empfangenen Daten. Das Programm gibt das Ergebnis aus - eine positive oder negative Antwort (ja/nein) auf die Frage (z. B. gibt es eine Steuermarke auf der Flasche) oder numerische Werte (Größen von Objekten, Ausbrüchen, Kratzern usw.). Die Recheneinheit zeichnet sich durch Operationsgeschwindigkeit aus. Die Berechnungszeit kann in einem engen Bereich variieren. Um die erforderliche Kapazität bei hoher Belastung (komplexe Berechnung, große Anzahl von Kameras, hochauflösende Bilder) zu erreichen, können Hochgeschwindigkeitsrecheneinheiten erforderlich sein, darum muss bei der Auswahl der Komponenten Rücksicht darauf genommen werden.

Prozess der Objektanalyse

Das Objekt wird in die Positioniervorrichtung gefördert. Nach dem Erfassen vom Positionssensor werden Signale an die jeweiligen Kameras und das Beleuchtungssystem ausgegeben. Die Kamera belichtet das Objekt (nimmt es auf). Der Prozess dauert eine bestimmte Zeit (Belichtungszeit), während die Kammermatrix eine Ladung (Licht) speichert. Von der Belichtungszeit hängt die Objekthelligkeit ab. Danach werden die gespeicherten Daten über Kommunikationskanäle aufs Rechensystem übertragen.

Der nächste Schritt ist die aus mehreren Zwischenschritten bestehende Bildverarbeitung:

- Datenfilterung. Diese Operationen kann man als Bildvereinfachung bezeichnen. Hier wird das Bild durch Low-Level-Verarbeitung von unnötigen Informationen (z. B. Monochromisierung, Rauschentfernung, Kantenextraktion) gelöst.
- Es wird nach Fehlern, Objektgrößen und anderen Merkmalen gesucht. Diese Verfahren sind oft hochaufwendig und die Bildverarbeitung dauert vergleichsweise lange (Millisekunden).
- Das Rechenzentrum gibt die Messergebnisse aus, dann findet das Aussortieren, Benachrichtigung usw. statt.