EdgeVISOR na ED-AIC3000 — Szczegółowy opis funkcjonalności



Kompletny system wizyjny w obudowie jednej kamery przemysłowej. Kamera 12 MP, zintegrowane oświetlenie, obiektyw z soczewką ciekłą, sterowanie wejściami/wyjściami i serwer HMI — detekcja, pomiar, odczyt i wykrywanie wad w czasie rzeczywistym, w całości na urządzeniu.

> Dokument opisuje wykonanie **EdgeVISOR v2.2.2 na sprzęcie EDA ED-AIC3000** (stan: początek listopada 2026). Towarzyszy mu prezentacja promocyjna (`EdgeVISOR_AIC3000_Prezentacja.pptx` / `.md`). Wersja na uniwersalnej platformie edge opisana jest w osobnym dokumencie (`promo/`).

Spis treści

1. Wprowadzenie
2. Architektura „Split-Brain"
3. Platforma sprzętowa ED-AIC3000
4. Oświetlenie, optyka i sygnalizacja
5. Przebieg inspekcji
6. Biblioteka narzędzi wizyjnych (21)
7. Autotune — automatyczne strojenie parametrów
8. Sztuczna inteligencja na urządzeniu
9. Tryby pracy
10. Interfejs operatora (HMI)
11. Łączność przemysłowa i IIoT
12. API REST i WebSocket
13. Analityka i jakość
14. Bezpieczeństwo, role i audyt
15. Receptury pod kontrolą i zarządzanie danymi
16. Kalibracja i bazowanie
17. Diagnostyka, serwis i aktualizacje
18. Wdrożenie i montaż
19. Porównanie z systemami komercyjnymi
20. Specyfikacja techniczna
21. Słownik pojęć

---

1. Wprowadzenie

EdgeVISOR na ED-AIC3000 to kompletny system kontroli jakości zamknięty w jednej, zwartej kamerze przemysłowej. W jednym urządzeniu łączy:

- **kamerę 12 MP** o częstotliwości do 60 klatek na sekundę,
- **zintegrowane oświetlenie LED** z pracą w jasnym i ciemnym polu,
- **obiektyw M12 z soczewką ciekłą** — autofokus bez ruchomych elementów mechanicznych, z miernikiem ostrości na żywo,
- **silnik wizyjny** z 21 narzędziami (pomiar sub-pikselowy, odczyt, porównanie ze wzorcem, AI),
- **narzędzia AI** działające lokalnie na module obliczeniowym kamery,

- **automatyczne strojenie parametrów (autotune)** na realnych klatkach z linii oraz granice tolerancji wyznaczane z danych procesu,
- **wykonanie warunkowe i warianty detalu** — jedna receptura obsługuje kilka typów części, a dane detalu (numer seryjny, partia, oczekiwany tekst) mogą przychodzić z PLC,
- **wejścia/wyjścia 24 V** oraz port RS232 w przemysłowym złączu M12, z wyjściami taktowanymi od zbocza wyzwalacza,
- **interfejs HMI** w przeglądarce, w trzech językach (PL/EN/DE), także w widoku na telefon,
- **łączność przemysłową** (9 typów łączy PLC, w tym serwery Modbus TCP i OPC-UA, MQTT) oraz otwarte API,
- **kontrolę zmian receptur** — numerowane rewizje i test zmiany na ostatnich detalach przed zapisem.

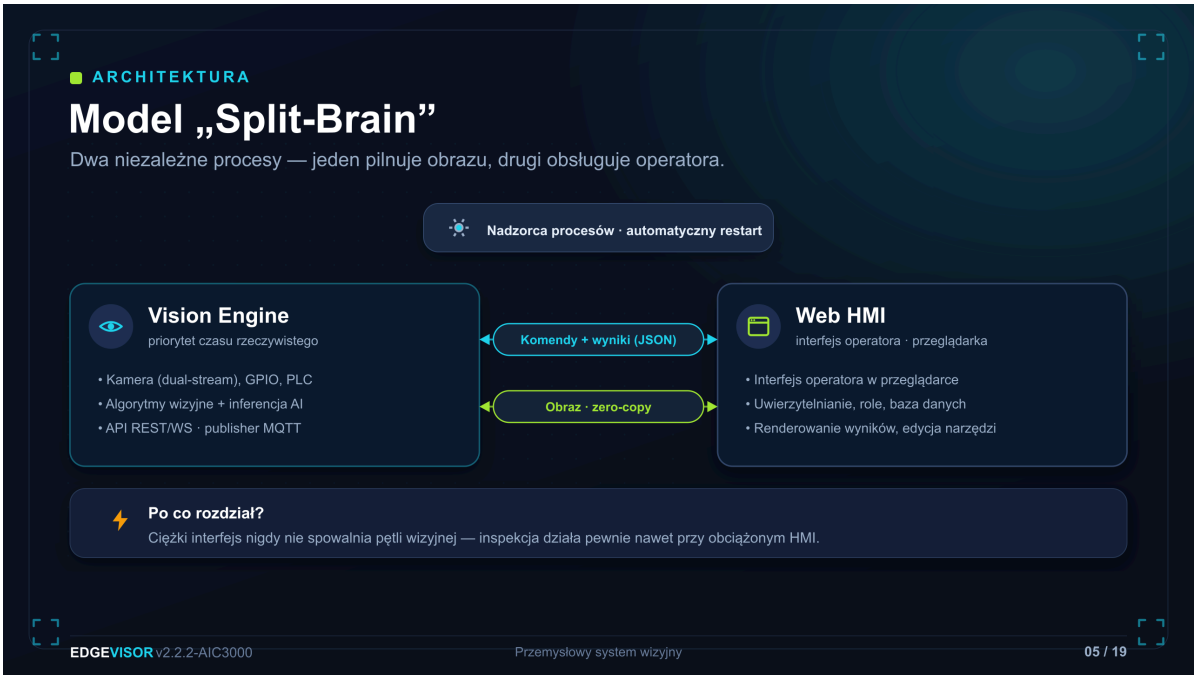
Główna wartość: możliwości komercyjnego czujnika wizyjnego na otwartej, rozszerzalnej platformie — w obudowie, która jest gotowa do montażu na stanowisku i nie wymaga szafy sterowniczej, osobnego oświetlacza ani komputera przemysłowego.

Typowe zastosowania:

- kontrola obecności i kompletności montażu,
- pomiary wymiarów (szerokość, średnica, kąt, profil) z dokładnością sub-pikselową,
- wykrywanie wad powierzchni, braków nadruku i anomalii (porównanie ze wzorcem, AI) — również na powierzchniach błyszczących i trawionych,
- odczyt i ocena jakości kodów (1D/2D, piętrowe) oraz tekstu (OCR, np. daty ważności),
- klasyfikacja wariantów i wad siecią neuronową uczoną w kamerze,
- pozycjonowanie i bazowanie detalu dla robota lub kolejnych narzędzi, także wielu detali w tacce.

---

2. Architektura „Split-Brain”



System składa się z **dwóch niezależnych procesów**, które komunikują się dwoma kanałami. Rozdzielenie gwarantuje, że obciążony interfejs użytkownika **nigdy nie spowalnia pętli wizyjnej** — inspekcja działa

stabilnie i przewidywalnie nawet przy intensywnej obsłudze HMI.

Proces	Rola	Priorytet
Proces wizyjny	Kamera (dual-stream), oświetlenie, optyka, wejścia/wyjścia, łącza PLC, algorytmy wizyjne, inferencja AI, serwer API, publikacja MQTT	czas rzeczywisty / wysoki
Proces interfejsu	Interfejs operatora w przeglądarce, uwierzytelnianie, baza danych, renderowanie wyników	normalny

Kanały komunikacji:

Kanał	Transport	Zastosowanie
Układ nerwowy	Szybka kolejka komunikatów	Komendy i rozgłaszanie wyników
Krwiobieg	Pamięć współdzielona	Przesył obrazu bez kopiowania (zero-copy)

Odporność na awarie:

- **Nadzorca procesów** uruchamia oba procesy, monitoruje ich „bicie serca” i restartuje je automatycznie z narastającym opóźnieniem.
- **Izolacja awarii** — awaria lub rozłączenie interfejsu nie przerywa inspekcji; awaria procesu wizyjnego nie blokuje interfejsu.
- **Auto-wznowienie** — po zaniku zasilania urządzenie samo wraca do trybu pracy, w którym zostało zatrzymane.
- **Odzyskiwanie kamery** — wykrycie zatrzymanej akwizycji w ograniczonym czasie, ponowienia, a po odzyskaniu sensora ponowne nałożenie ustawień receptury — system nie „poddaje się” po chwilowej utracie sensora.

---

3. Platforma sprzętowa ED-AIC3000



Komponent	Specyfikacja
Kamera	12 MP, częstotliwość próbkowania do 60 kl./s
Optyka	Obiektyw M12 stałoogniskowy z modułem soczewki ciekłej (zmienna ogniskowa / autofokus)
Moduł obliczeniowy	Raspberry Pi CM5; RAM 2 / 4 / 8 GB; eMMC 16 / 32 / 64 GB
Oświetlenie	Zintegrowany oświetlacz LED — cztery niezależnie załączane sekcje, praca w jasnym i ciemnym polu
Laser	Czerwony punkt pozycjonujący (pomoc przy ustawianiu kadru)
Sygnalizacja	Wskaźniki: zasilanie, praca, awaria systemu, połączenie sieciowe + 3 diody RGB (wspólna grupa)
Przyciski	TUNE (autofokus jednym naciśnięciem / funkcja własna), TRIG (wyzwolenie / funkcja własna)
Zasilanie	DC 24 V (±10%), zalecany zasilacz 24 V / 2 A
Wejścia/wyjścia	1 × wejście cyfrowe (obsługa czujników NPN i PNP), 2 × wyjście cyfrowe (0,25 A na kanał, łącznie 0,5 A)
Port szeregowy	RS232 (TX / RX / GND)
Sieć	Gigabit Ethernet, złącze M12 8-pin A-code
Złącza	M12 (klasa ochrony IP65/67): zasilanie + I/O + RS232 (12-pin), Ethernet (8-pin); USB-C do serwisowego wgrania systemu

Komponent	Specyfikacja
Obudowa	Monolityczna, aluminiowa; montaż na 5 otworach M4 (uchwyt opcjonalny)

Tryby akwizycji: pełna rozdzielczość dla algorytmów wizyjnych i AI oraz osobny strumień podglądu dla interfejsu (**dual-stream**) — dokładne, całkowite przeskalowanie aktywnego trybu. Podgląd wideo pozostaje płynny niezależnie od obciążenia przetwarzania, a współrzędne podglądu przeliczają się na współrzędne sensora bez błędu zaokrąglenia. Zakładka Camera pokazuje **tryby faktycznie zamontowanego sensora**.

Ustawienia kamery w praktyce:

- **Suwak ekspozycji w skali logarytmicznej** (0,1–200 ms) — precyzyjne kroki przy krótkich czasach, typowych dla pracy z bramkowanym oświetleniem.
- **Automatyczny podgląd po zmianie** — po zmianie ekspozycji, wzmocnienia, balansu bieli, ostrości lub oświetlenia urządzenie samo wykonuje jedno ujęcie z nowymi ustawieniami (bez zapisu wyniku), więc efekt widać od razu.
- **Miernik ostrości na żywo** — wskazanie „procent najlepszej ostrości", niezależne od jasności sceny, z wybieranym regionem pomiaru (szczegóły w rozdziale 4.3).

HDR (wielokrotna ekspozycja): dla scen o dużej rozpiętości tonalnej system wykonuje serię 2–5 ujęć o różnych czasach naświetlania i scala je w jeden obraz roboczy; oświetlenie pozostaje załączone przez całe okno HDR.

---

4. Oświetlenie, optyka i sygnalizacja



To warstwa, która odróżnia to wykonanie od kamery z zewnętrznym oświetlaczem: **światło, ostrość i sygnalizacja są częścią receptury**, a nie osobnym urządzeniem do zaprogramowania.

4.1 Oświetlenie sterowane z receptury

- **Cztery niezależne sekcje** (lewa górna, prawa górna, lewa dolna, prawa dolna) — każdą można włączyć i wyłączyć osobno.
- **Jasne i ciemne pole** — dobór sekcji pozwala uzyskać najlepszy kontrast na powierzchniach matowych, trawionych, błyszczących i teksturowanych.
- **Regulacja jasności** — płynne sterowanie mocą oświetlenia (dostępne na module CM5), z możliwością **nadpisania jasności per receptura** w panelu strobo.
- **Ustawienia per receptura** — każdy detal ma własny układ oświetlenia; przełączenie receptury przestawia światło automatycznie.
- **Tryby pracy światła:** *bramkowane* (załączane na czas inspekcji) oraz *stałe* (podświetlenie ciągłe).

4.2 Bramka czasowa oświetlenia — dlaczego to ważne

Sensor z migawką kroczącą naświetla kolejne wiersze matrycy po kolei. Jeśli światło zapali się w trakcie naświetlania klatki, górna część obrazu jest ciemna, a dolna rozjaśniona — **taka klatka zafałszowuje pomiar**.

EdgeVISOR nie odlicza „kilku klatek na rozruch", tylko sprawdza sprzętowy znacznik czasu każdej klatki i **przyjmuje wyłącznie klatkę, która w całości naświetliła się po załączeniu światła**. Dzięki temu:

- do oceny nigdy nie trafia obraz częściowo doświetlony,
- czas cyklu nie jest marnowany na „zapasowe" klatki do odrzucenia,
- podgląd operatora pokazuje dokładnie tę klatkę, którą oceniły narzędzia,
- obraz z okresu rozjaśniania nie miga na ekranie operatora (podgląd jest wstrzymywany na czas akwizycji).

Czasy przełączania są mierzone, nie szacowane: zmiana konfiguracji sekcji zajmuje ok. **12 ms**, a samo załączenie/wyłączenie oświetlenia ok. **2,5 ms**.

4.3 Autofokus na soczewce ciekłej

- **Bez mechaniki** — ostrość zmienia soczewka ciekła sterowana elektrycznie; brak silnika, przekładni i zużywających się elementów.
- **Jedno naciśnięcie** — przycisk **TUNE** na obudowie uruchamia automatyczne ustawienie ostrości; to samo działanie jest dostępne z HMI i z API.
- **Metoda kontrastowa (Tenengrad)** — zgrubny przegląd 31 punktów i doszlifowanie w 7 punktach; procedura gwarantuje osiągnięcie **≥ 93% maksymalnej ostrości** dla zmierzonej szerokości piku ogniskowania.
- **Miernik ostrości na żywo** — w zakładce Camera: wskazanie „procent najlepszej ostrości", niezależne od jasności sceny, z wybieranym regionem pomiaru — do kontroli i ręcznej korekty ustawienia soczewki.
- **Potwierdzenie zapisu** — każda zmiana pozycji soczewki jest odczytywana zwrotnie i porównywana; system nie „wierzy" w ustawienie, którego nie potwierdził.
- **Blokady wzajemne** — autofokus, auto-ekspozycja i balans bieli nie mogą działać jednocześnie (zmienna jasność zafałszowałaby krzywą ostrości), a inspekcja nie rusza w trakcie ustawiania ostrości.
- **Kontrola aktualności kalibracji** — zmiana ostrości zmienia skalę odwzorowania, więc pozycja soczewki jest zapisywana razem z kalibracją px → mm; rozbieżność jest sygnalizowana w interfejsie.

4.4 Sygnalizacja na obudowie

Element	Zastosowanie
Wskaźniki systemowe	Zasilanie, praca, awaria systemu, połączenie sieciowe
Diody RGB (3 szt., wspólna grupa)	Kolorowa sygnalizacja stanu: czerwony, zielony, niebieski, żółty, biały
Sygnalizacja werdyktu	PASS / FAIL widoczne bezpośrednio na stanowisku, niezależnie od monitora
Stan awarii	Kolor bursztynowy zarezerwowany dla usterki — czerwony oznacza wyłącznie werdykt FAIL
Laser	Czerwony punkt do szybkiego ustawienia kadru bez podłączonego ekranu

4.5 Przyciski na obudowie

Przycisk	Domyślne działanie
TUNE	Autofokus jednym naciśnięciem (funkcja przypisywalna)
TRIG	Wyzwolenie inspekcji (funkcja przypisywalna)

Dzięki nim uruchomienie i codzienna obsługa stanowiska są możliwe **bez podłączania komputera** — operator ustawia ostrość i wyzwala kontrolę z poziomu urządzenia.

---

5. Przebieg inspekcji



Każdy cykl inspekcji przebiega według powtarzalnego, deterministycznego potoku — od wyzwolenia do decyzji, typowo **poniżej 70 ms**:

1. **Wyzwalacz** — wejście cyfrowe, przycisk TRIG, PLC (zbocze, poziom lub licznik), soft-trigger z HMI, tryb automatyczny lub API. W chwili wyzwolenia odczytywane są też **dane detalu z PLC** (np. numer seryjny, partia, typ części).
2. **Akwizycja** — załączenie oświetlenia → **bramka czasowa** → przechwycenie pełnej klatki (lub serii HDR) → powrót oświetlenia do stanu spoczynkowego.
3. **Bazowanie (fixturing)** — narzędzie *Locator* znajduje pozycję `[x, y]` i obrót `[kąt]` detalu; wszystkie kolejne narzędzia automatycznie przesuwają i obracają swoje regiony (ROI).
4. **Typ części i warunki** — wyznaczenie typu detalu oraz warunki „Uruchom tylko, jeśli" decydują, które narzędzia i z jakimi granicami biorą udział w cyklu.
5. **Narzędzia** — uruchomienie włączonych narzędzi wizyjnych z **adaptacyjnym podziałem na lekkie i ciężkie**.
6. **Geometria i formuły** — narzędzia zależne od wyników innych narzędzi liczone są na końcu, sekwencyjnie.
7. **Decyzja** — agregacja wyników do PASS / FAIL / ERROR. Narzędzie może tylko **mierzyć** (bez wpływu na werdykt), a o werdykcie może decydować **Formula** (np. „2 z 3").
8. **Wyjścia** — ustawienie wyjść cyfrowych, sygnalizacja na obudowie, wystawienie wartości na PLC, publikacja wyniku przez MQTT i WebSocket, zapis do bazy i ewentualny alert.

Budżet czasu cyklu i wczesny FAIL: receptura może mieć budżet czasu; gdy wynik jest już przesądzony (np. brak detalu lub nieudane bazowanie), cykl kończy się od razu werdyktem FAIL, zamiast liczyć pozostałe narzędzia.

Błąd wizji to nie FAIL: gdy narzędzie nie może wydać werdyktu (np. błąd lub przekroczony czas), wynik ma status **ERROR** z kodem błędu i własnym sygnałem, a do yield i Cpk nie jest wliczany — operator i PLC odróżniają zły detal od problemu ze stanowiskiem.

Każda inspekcja otrzymuje **unikalny identyfikator (UUID)** i **ciągły numer kolejny** — ten sam we wszystkich kanałach (baza, PLC, MQTT, REST, CSV, nazwa pliku obrazu), co zapewnia pełną identyfikowalność detalu.

5.1 Dynamiczne bazowanie — dwie strategie

Strategia	Działanie	Kiedy
Dopasowanie sztywne (domyślne)	Wszystkie lokatory liczone **równolegle**, jedna optymalna transformacja wyznaczana metodą najmniejszych kwadratów ze wszystkich znalezionych punktów	Detal sztywny, kilka cech odniesienia — najdokładniej i najszybciej
Łańcuch	Lokatory liczone sekwencyjnie, każdy kolejny bazuje na poprzednim	Detale złożone / podzespoły ruchome względem siebie

Kontrola skali detalu: gdy detal wydaje się większy lub mniejszy niż przy uczeniu (zmiana odległości, inny wariant), receptura może go odrzucić, pozwolić regionom podążać za skalą albo zignorować zmianę.

5.2 Adaptacyjne wykonanie równoległe

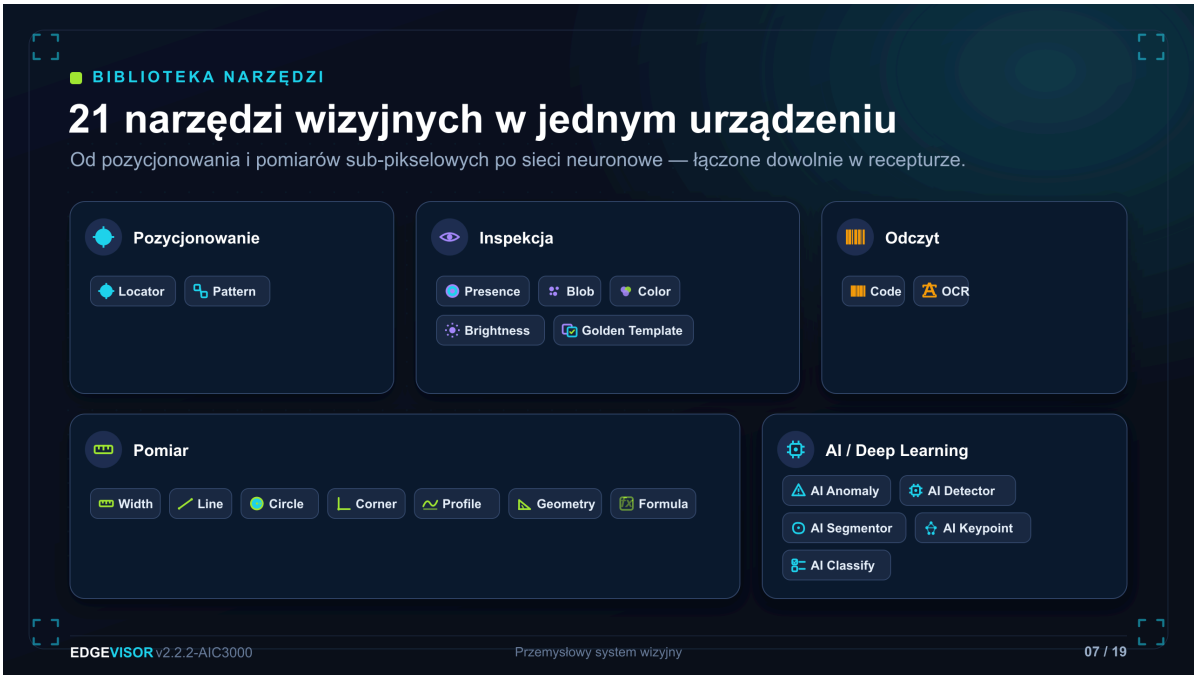
Narzędzia „ciężkie" trafiają do puli wątków i liczone są równolegle, a „lekkie" wykonują się sekwencyjnie. O tym, które jest które, decyduje **zmierzony czas z poprzedniego cyklu**, a nie sztywna lista — podział sam dostosowuje się do receptury, wielkości ROI i obciążenia.

5.3 Wykonanie warunkowe i warianty detalu

- **„Uruchom tylko, jeśli" (Run Only If)** — każde narzędzie może mieć warunek zbudowany w prostym kreatorze (WSZYSTKIE Z / KTÓREKOLWIEK Z): wynik innego narzędzia, typ części, dana z PLC. Warunek, którego nie da się ocenić, daje ERROR — nigdy ciche pominięcie kontroli.
- **Typy części** — jedna receptura obsługuje kilka wariantów detalu. Typ wynika z odczytu narzędzia (np. kodu), z warunku, z wyboru operatora albo z PLC (`TYPE,<n>` lub rejestr). Każdy typ może mieć własne granice, parametry narzędzi i własne lokatory; analityka i liczniki dzielą wyniki według typu.
- **Dane detalu z PLC (part inputs)** — nazwane wartości odczytywane przy wyzwoleniu (identyfikator części, numer seryjny, partia, długość…). Można ich użyć jako oczekiwanego tekstu w Code/OCR (`{in:nazwa}`), w Formula i warunkach (`in.nazwa`) oraz jako granic tolerancji narzędzia. Tryb „PLC podaje, wizja sprawdza" porównuje identyfikator z PLC z odczytanym kodem. Wartości zapisują się z wynikiem i można po nich wyszukiwać.

---

6. Biblioteka narzędzi wizyjnych



System udostępnia **21 narzędzi** w pięciu grupach, które można dowolnie łączyć w jednej recepturze. Narzędzia pomiarowe zwracają wyniki z **dokładnością sub-pikselową**, a wszystkie obsługują **dynamiczne bazowanie**, **maski wykluczeń**, **autotune** oraz **wykonanie warunkowe**.

6.1 Pozycjonowanie

Narzędzie	Funkcja	Kluczowe wyniki
Locator	Geometryczne dopasowanie wzorca; pełni rolę bazy (fixture). Domyślny **tryb kształtu** (rzadki model krawędzi), piramidowy, odporny na obrót; **doprecyzowanie pozy metodą najmniejszych kwadratów** w każdym trybie (ok. 0,01 px / 0,01°) z oceną jakości dopasowania; **niepewność pozy** dla każdego dopasowania i kalibracja powtarzalności; ostrzeżenie przy uczeniu, gdy obrócony detal mógłby zostać pomylony ze wzorcem; tryb bazowania **z ograniczeniem obrotu**	`[x, y, kąt, score]`, `σ`
Pattern	Dopasowanie do wzorca: **korelacja** (z doprecyzowaniem pozy i interpolacją kąta) lub **wyszukiwanie geometryczne** — znajduje **wszystkie detale** w ROI (tacki, gniazda wielokrotne) z pokryciem konturu dla każdego dopasowania, 10–15× szybciej niż korelacja; kryterium minimalnego pokrycia konturu	`liczba`, `score`, `pokrycie`, `pass/fail`

6.2 Inspekcja

Narzędzie	Funkcja	Kluczowe wyniki
Presence	Zliczanie pikseli z auto-progowaniem, trybem odejmowania i odrzucaniem pustej sceny; granice procentowe uczone z detalu	`liczba_pikseli`, `pass/fail`
Blob	Zliczanie obiektów po konturach; progi stały/adaptacyjny; filtr liczby otworów, prostokątność i proporcje niezależne od obrotu, pomijanie obiektów na krawędzi ROI, kontrola „zero wad” (min/max = 0)	`liczba`, `[centroidy]`
Color	Analiza koloru (HSV / Lab, różnica barwy CIEDE2000); klasyfikacja barw z progiem niejednoznaczności; łatka odniesienia bieli/czerni	`średnia_barwa`, `ΔE`, `pass/fail`
Brightness	Statystyki jasności / luminancji z histogramem i strojeniem granic	`średnia`, `min`, `max`

Narzędzie	Funkcja	Kluczowe wyniki
Golden Template	**Porównanie piksel po pikselu z dobrym detalem wzorcowym** — po sub-pikselowym wyrównaniu i dopasowaniu oświetlenia; uczy się z 5–10 dobrych próbek, gdzie dobre detale naturalnie się różnią; wykrywa brakujące lub słabe fragmenty, plamki, nakłucia i braki nadruku; straż próbek chroni przed nauczeniem złego detalu jako dobrego	`pole_wad`, `liczba_wad`, `pass/fail`

6.3 Pomiar

Narzędzie	Funkcja	Kluczowe wyniki
Width	Pomiar szerokości / odległości calipperami krawędziowymi; **caliper adaptacyjny do skali** i dopasowanie dwóch krawędzi dla wąskich cech; krawędzie rozmyte i pary pasm ciemne/jasne	`dystans`, `niepewność`, `pass/fail`
Line	Detekcja i pomiar linii (grabie krawędziowe, sub-piksel); caliper adaptacyjny, krawędzie rozmyte, bramki pokrycia i prostoliniowości	`[x1,y1,x2,y2]`, `kąt`
Circle	Detekcja okręgu lub łuku + pomiar calipperem z iteracyjnym doprecyzowaniem	`[cx, cy, r]`, `pass/fail`
Corner	Detekcja narożnika / przecięcia z kontrolą kształtu	`[x, y]`, `kąt`
Profile	Pomiar przekroju / profilu wzdłuż ścieżki (miękki caliper)	`profil`, `piki`
Geometry	Konstrukcje geometryczne i relacje między wynikami innych narzędzi	`kąt`, `dystans`, `punkt`
Formula	Wynik obliczony z wyjść innych narzędzi i danych z PLC (bezpieczny sandbox); może **decydować o werdykcie** całego detalu	`wartość`, `pass/fail`

6.4 Odczyt

Narzędzie	Funkcja	Kluczowe wyniki
Code	Dekodowanie kodów 1D/2D: QR, Micro QR, DataMatrix, PDF417, MicroPDF417, Aztec, EAN/UPC, Code 128/39/93, rodzina GS1 DataBar; lokalizacja i normalizacja kodu przed dekodowaniem (duże ROI, siatki kodów, kody obrócone i zaszumione); **widoki dla odblasków, nierównego oświetlenia i znakowania punktowego (dot-peen)**; **model kodu uczony przez Auto-Tune**; dopasowanie regex; **parsowanie i walidacja GS1**; oczekiwany tekst z **tokenami daty** i danymi z PLC; **ocena jakości metodą ISO** (DataMatrix i QR) do kontroli procesu znakowania — nie jest to certyfikowana weryfikacja	`string` , `ocena` , `pass/fail`
OCR	Optyczne rozpoznawanie znaków (neuronowe, z walidacją regex); **OCR polowy** — szablon pól, pewność każdego znaku, przemysłowy zestaw znaków (np. wielkie litery i cyfry); kryterium **maksymalnej liczby poprawionych znaków**; przy FAIL różniące się znaki są podświetlone; **tokeny daty** z zegara urządzenia, z przesunięciem i oknem przełomu dnia; na zestawie realnych nadruków dat odczytano poprawnie 508 z 510	`tekst` , `pewność` , `pass/fail`

6.5 AI / Deep Learning

Narzędzie	Funkcja	Kluczowe wyniki
AI Anomaly	Detekcja anomalii / wad metodą uczenia na obrazach dobrych; opcjonalny tryb **„drobne wady"** z wyższą rozdzielczością wejścia sieci — do rys i drobnych defektów	`score` , `mapa_wad` , `pass/fail`
AI Classify	**Klasyfikacja uczona na urządzeniu** — operator definiuje klasy (np. OK / zarysowany / zły kolor, warianty A/B/C), dodaje po kilka próbek i trenuje model wprost w interfejsie	`klasa` , `pewność` , `pass/fail`
AI Detector	Detekcja obiektów (wymaga akceleratora NPU)	`klasa` , `bbox` , `pewność`

Narzędzie	Funkcja	Kluczowe wyniki
AI Segmentor	Segmentacja instancji — maska każdego obiektu (wymaga akceleratora NPU)	`maska` , `pole` , `pass/fail`
AI Keypoint	Detekcja punktów kluczowych / pozy, model trenowany pod detal klienta (wymaga akceleratora NPU)	`[punkty]` , `pewność`

6.6 AI Classify — klasyfikacja uczona na urządzeniu

Narzędzie AI Classify pozwala **nauczyć urządzenie własnych klas detalu** bez programowania, bez zewnętrznego komputera i bez chmury:

- **Klasy definiuje operator** — domyślnie „OK" i „NG", dowolnie rozszerzalne (warianty produktu, orientacja, kolor, typ wady). Każda klasa ma oznaczenie PASS/FAIL; nowa klasa jest domyślnie FAIL, dopóki nie zostanie oznaczona jako dobra.
- **Próbki jednym kliknięciem** — „Dodaj próbkę" zapisuje bieżący ROI z obrazu na żywo lub z taśmy inspekcji; ROI podąża za bazowaniem, a maski wykluczeń są respektowane. Zalecane 5–10 próbek na klasę (maks. 200 na narzędzie); duplikaty są odrzucane.
- **Trening w kamerze, w tle** — inspekcja działa dalej podczas treningu; klasyfikator powstaje na cechach tej samej sieci bazowej co AI Anomaly, na module obliczeniowym kamery.
- **Uczciwa ocena modelu** — walidacja krzyżowa na odłożonych próbkach oraz podświetlenie próbek, które model myli, do przejrzenia przez operatora.
- **Straż „nieznanego detalu"** — próg podobieństwa do nauczonych próbek (proponowany po treningu, zatwierdzany jednym kliknięciem) odrzuca detal niepasujący do żadnej klasy.
- **Wyniki** — nazwa klasy, pewność i prawdopodobieństwa klas; nazwę klasy można wysłać do PLC lub protokołu ASCII albo użyć jako typu części.
- **Przenośność** — wiedza narzędzia jest częścią receptury i przenosi się eksportem/importem.

Zastosowanie: duże, wyraźne różnice (brak elementu, złamanie, zły kolor, zły wariant lub orientacja). Do drobnych rys i zabrudzeń właściwsze są AI Anomaly (tryb „drobne wady") lub Golden Template.

6.7 Moduły wspierające

- **Image Prep Studio** — jedno miejsce przygotowania obrazu dla narzędzia: biblioteka kroków z opisem działania, podpowiedź ustawień, podgląd na ostatnich detalach i test odporności, na żywo lub na ujęciu.
- **Maski wykluczeń** — nieniszczące maski regionowe (wielokąt / pędzel) z dokładnym rastrowaniem, zmianą rozmiaru względem kotwicy i pokrętłem obrotu; maska podąża za detalem lub za ROI.
- **Wzorzec Draft / Production** — zmiany edytowane są w kopii roboczej i wchodzą do żywej pętli dopiero po zapisie (gorąca podmiana bez restartu); „Przywróć zapisane" cofa całą edycję.
- **Pomoc kontekstowa** — opis każdego narzędzia, zastosowań i parametrów dostępny wprost w interfejsie.

---

7. Autotune — automatyczne strojenie parametrów

Strojenie progów bywa najbardziej czasochłonnym etapem uruchomienia. **Autotune** przeszukuje przestrzeń parametrów narzędzia na **realnych, ostatnio zarejestrowanych klatkach** z linii — nie na teoretycznym wzorcu.

Element	Opis
Materiał wejściowy	Ostatnie klatki z taśmy inspekcji (filmstrip); ocena na klatkach odłożonych, nieużytych do strojenia
Przeszukiwanie	Sweep parametrów z harmonogramowaniem zadań i wczesnym wyjściem
Budżet czasu	Ograniczony — strojenie nie blokuje stanowiska
Kryterium	Funkcja oceny z **marginesem** — wybierany jest zestaw pewny, a nie „ledwo przechodzący”
Zatwierdzenie	Operator widzi propozycje i deltę względem ustawień bieżących; zmiana wymaga akceptacji

Dodatkowo:

- **Granice z danych procesu** — „Ustaw granice z detali” wyznacza tolerancje z ostatnich N zapisanych detali lub z wartości nominalnej ± tolerancji; przed zastosowaniem widać, które detale zmieniłyby werdykt (PASS→FAIL / FAIL→PASS).
- **Model kodu z Auto-Tune** — dla trudnych kodów Auto-Tune zapisuje nauczony sposób odczytu, powiązany z ROI narzędzia.

8. Sztuczna inteligencja na urządzeniu



Narzędzia AI działają **lokalnie, na module obliczeniowym kamery** — bez chmury i bez wysyłania obrazów poza urządzenie. Nie jest wymagany żaden dodatkowy sprzęt ani abonament. W tym wykonaniu (bez akceleratora NPU) dostępne są **wykrywanie anomalii (AI Anomaly)** oraz **klasyfikacja uczona (AI Classify)**; AI Detector, AI Segmentor i AI Keypoint wymagają akceleratora NPU.

Obsługiwane typy modeli:

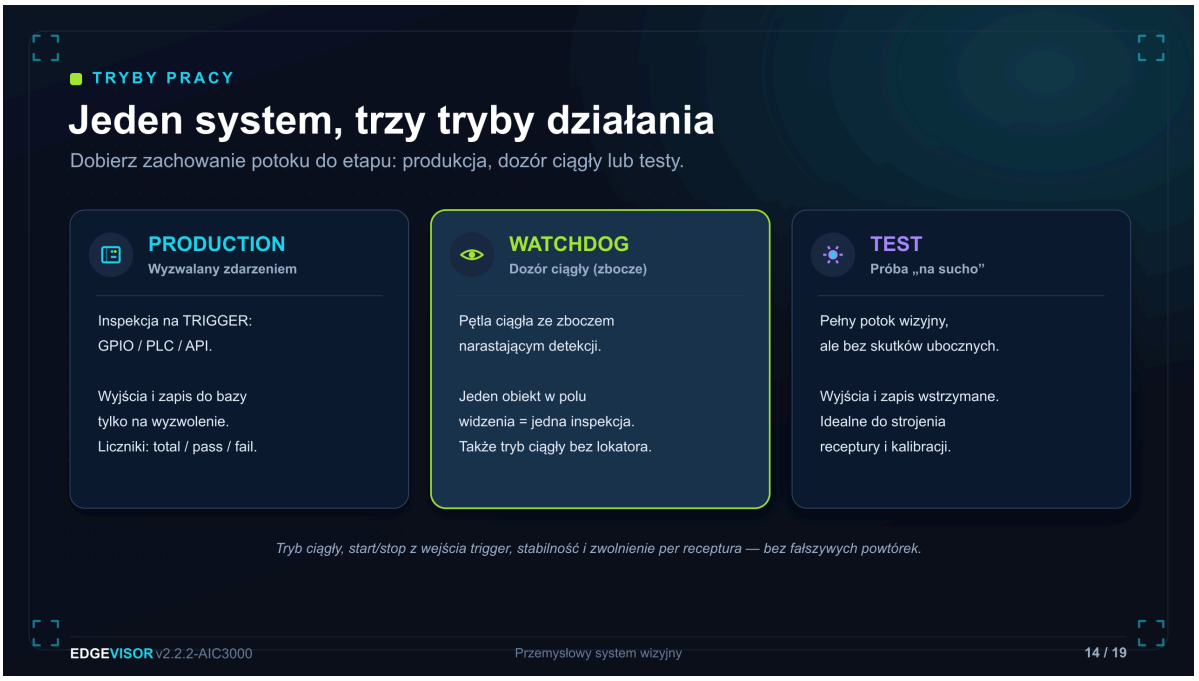
Typ	Zastosowanie
Detekcja	Detekcja obiektów (klasa + bbox) — z akceleratorem NPU
Keypoint / Pose	Estymacja pozy i punktów kluczowych — z akceleratorem NPU
Segmentacja instancji	Maska każdego wykrytego obiektu — z akceleratorem NPU
Anomaly	Wykrywanie wad i anomalii (pamięć wzorców dobrych), tryb „drobne wady”
OCR (neuronowe)	Rozpoznawanie tekstu
Klasyfikacja uczona (few-shot)	Własne klasy detalu trenowane na urządzeniu (AI Classify)
Modele własne	Sieci trenowane pod konkretny detal

Kluczowe cechy:

- **Praca lokalna** — cała inferencja i trening klasyfikatora odbywają się w kamerze.
- **Modele na przyjaznych licencjach** — domyślne architektury detekcji i segmentacji dobrane tak, by nie obciążać klienta licencjami typu copyleft.
- **Hot-swap modeli** — wymiana modelu bez restartu systemu.
- **Podpisane modele** — modele dostarczane jako podpisane paczki, sprawdzane przed instalacją i przy ładowaniu.
- **Rejestr i walidacja modeli** — automatyczne wykrywanie modeli w urządzeniu wraz z metadanymi; sprawdzenie architektury i formatów tensorów przed uruchomieniem.
- **Douczanie na urządzeniu** — few-shot: kilka zdjęć wzorcowego detalu wystarczy, by zbudować odniesienie dla detekcji anomalii, a 5–10 próbek na klasę — by wytrenować klasyfikator AI Classify. Budowa modelu pilnuje dostępnej pamięci (istotne przy wariancie z 2 GB RAM).
- **Izolacja OCR** — silnik OCR pracuje w osobnym procesie roboczym z własnym nadzorem żywotności; jego awaria nie zatrzymuje inspekcji.
- **Prywatność** — obraz nie opuszcza urządzenia.

---

9. Tryby pracy



Tryb	Pętla ciągła	Wyjścia (I/O, PLC)	Baza / MQTT / alerty	Liczniki
PRODUCTION	nie — tylko wyzwalany	na wyzwolenie	na wyzwolenie	total / pass / fail
WATCHDOG	tak — zbocze detekcji lub tryb ciągły	1 werdykt na obiekt (lub na epizod)	tylko przy „strzale”	total/pass/fail + skip + pominięte detale
TEST	nie — tylko wyzwalany	wstrzymane (na sucho)	wstrzymane	brak

Maszyna stanów WATCHDOG

W trybie WATCHDOG potok uruchamiany jest na klatkach wideo, a stan narzędzi lokalizujących pełni rolę „miękkiego” wyzwalacza. Jeden detal przechodzący przez pole widzenia wywołuje **dokładnie jedną inspekcję**. Zachowanie sterują parametry ustawiane w osobnym oknie dla każdej receptury:

Parametr	Domyślnie	Cel
Klatki stabilności	2	Liczba kolejnych klatek PASS przed „strzałem”
Klatki zwolnienia	2	Liczba kolejnych klatek „brak”, zanim obiekt uznamy za usunięty
Czas martwy (cooldown)	0 (wył.)	Minimalny odstęp między strzałami (ochrona wolniejszych PLC)
Wymóg czystego uzbrojenia	tak	Wymagana jedna klatka „brak” przed pierwszym strzałem

Wyniki pominięte (SKIP) nie zapisują się do bazy, MQTT ani alertów, ale niosą **powód pominięcia** (`brak obiektu` , `uzbrajanie` , `stabilizacja` , `już zinspekowany` , `czas martwy`) i aktualizują wskaźniki w interfejsie.

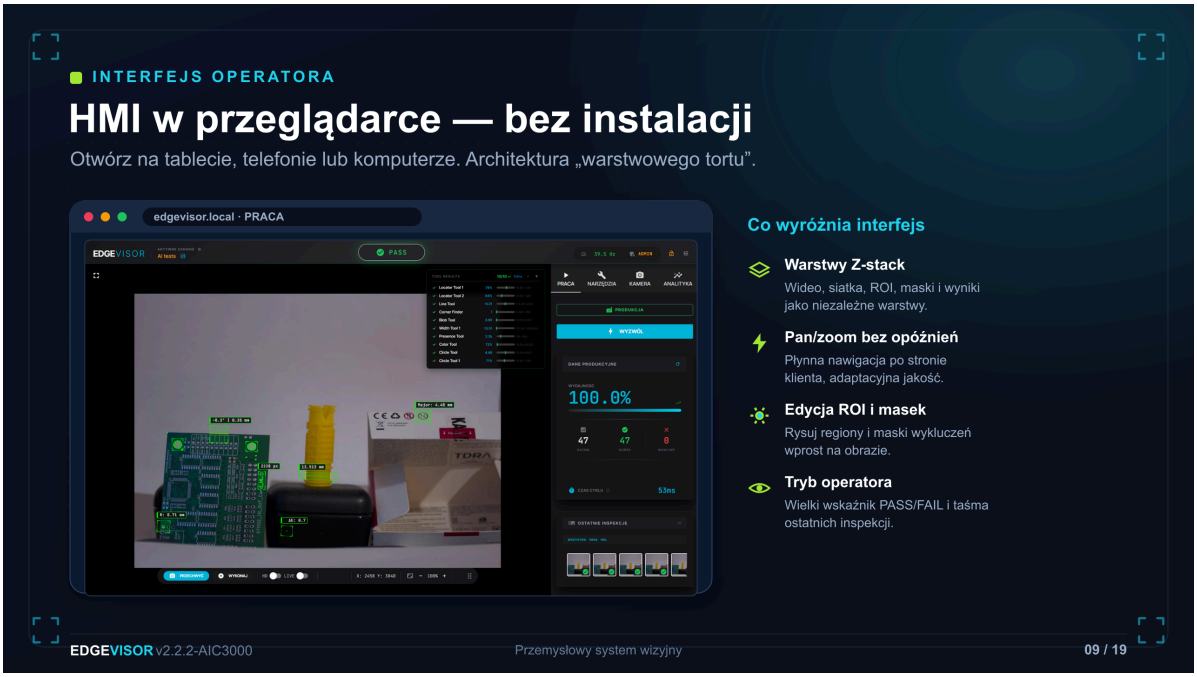
Nowe możliwości dozoru:

- **Tryb ciągły** — ocena sceny w stałym odstępie czasu, bez lokatora; liczone są epizody PASS/FAIL (np. stały nadzór nad zasobnikiem lub stanem maszyny), a ekran Run pokazuje jeden werdykt i czas jego trwania.
- **Start/stop z wejścia trigger** (wejście cyfrowe kamery lub PLC) — przełącznikiem albo zgodnie z poziomem sygnału.
- **Impulsy potwierdzenia** startu/stopu na liniach PASS/FAIL (opcjonalnie).
- **Rzeczywisty licznik pominiętych detali** oraz oszczędne tempo sprawdzania w bezczynności.

> W trybie WATCHDOG oświetlenie pracuje w trybie ciągłym — kamera nadzoruje scenę bez przerw, a inspekcja wyzwala się samą obecnością detalu.

---

10. Interfejs operatora (HMI)



Interfejs działa w **przeglądarce**, przez port Gigabit Ethernet kamery — bez instalacji oprogramowania, na tablecie lub komputerze, a w dedykowanym **widoku na telefon** także na smartfonie.

Architektura „warstwowego tortu” — podgląd wideo to stos niezależnych warstw:

Warstwa	Zawartość
Warstwa zdarzeń	Przechwytywanie zdarzeń myszy i dotyku
Edytor ROI	Zmiana rozmiaru / przesuwanie regionów
Edytor masek	Maski wykluczeń
Maska ostrości	Przyciemnienie otoczenia

Warstwa	Zawartość
Siatka	Siatka wyrównania
Wyniki	Ramki i etykiety detekcji
Strumień wideo	Obraz na żywo z kamery

Najważniejsze funkcje interfejsu:

- **Historia wyników** — pełnoekranowa przeglądarka wszystkich zapisanych inspekcji, dostępna dla każdej roli: filtry czasu, receptury, werdyktu, typu części, identyfikatora części i wartości danych z PLC; wiersz otwiera szczegóły (kopiowanie UUID, wczytanie obrazu do podglądu), a bieżący filtr eksportuje się do CSV.
- **Widok na telefon** — podgląd i wyzwalanie stanowiska ze smartfona: obraz z ROI, werdykt, liczniki, lista narzędzi z błędami na górze, taśma ostatnich detali, układ poziomy; otwierany kodem QR z ustawień (rola Technik i wyżej).
- **Wskaźnik kondycji urządzenia** w nagłówku — zasilanie, dławienie, temperatura i wolne miejsce na eMMC, „teraz" i „od restartu", z podpowiedzią, co zrobić.
- **Karta wyniku z wykresem dla każdego narzędzia**, dopasowanym do sposobu, w jaki narzędzie mierzy i ocenia.
- **Obrazy** — pobranie pełnej rozdzielczości z naniesionymi wynikami; wczytanie pliku obrazu do podglądu, by sprawdzić na nim recepturę.
- **Karty pomocy** — po przytrzymaniu kursora (lub dłuższym dotyku) nad nazwą parametru: opis, opcje, zakres, wartość domyślna i powód, dla którego pole jest nieaktywne; karty z animowaną osią czasu objaśniają tryby inspekcji i strategie bazowania.
- **Czytelne panele narzędzi** — rzadko zmieniane sekcje są zwinięte i pokazują, co odbiega od ustawień domyślnych.
- **Szybki start narzędzia** — nowe narzędzie pojawia się ze swoim ROI na środku widocznego kadru; EXECUTE bez wczytanego obrazu najpierw sam pobiera klatkę.
- **Pan/zoom bez opóźnień** — nawigacja po stronie klienta, także gestami (przesuwanie jednym palcem, szczypanie, podwójne stuknięcie).
- **Edycja ROI i masek** — rysowanie regionów i masek wykluczeń wprost na obrazie.
- **Cztery główne zakładki** — Run (operator), Tools (narzędzia), Camera (kamera, oświetlenie, ostrość z miernikiem na żywo, kalibracje), Analytics (pulpit jakości).
- **Panel oświetlenia i ostrości** — włączanie sekcji, regulacja jasności, autofokus i podgląd efektu w czasie rzeczywistym.
- **Tryb operatora** — duży wskaźnik PASS/FAIL, liczniki cyklu (także według typu części), numer rewizji receptury, taśma ostatnich inspekcji z filtrem „tylko braki" i wyszukiwaniem.
- **Skróty klawiaturowe**, **pomoc kontekstowa narzędzi**, **panel wydajności** z osobnym wierszem dla każdego etapu cyklu.
- **Trzy języki** — polski, angielski, niemiecki, przełączane w locie.
- **Dialog ustawień** — Ogólne (m.in. data i czas), Użytkownicy, I/O, PLC, Sieć (w tym alerty), API, Sprzęt, Pamięć, Konserwacja (kopia urządzenia, aktualizacje, licencje), Diagnostyka.

11. Łączność przemysłowa i IIoT



11.1 Sterowniki PLC i łącza fieldbus

EdgeVISOR obsługuje **9 typów łączy**, a kilka z nich może działać **jednocześnie** jako niezależne łącza (np. Modbus TCP do sterownika linii, serwer OPC-UA dla systemu MES i ASCII do drukarki etykiet). Modbus TCP i OPC-UA mogą pracować równocześnie jako klient i serwer.

Łącze	Rola	Wybór receptury z PLC
Modbus TCP — klient	urządzenie odpytuje PLC	rejestr
Modbus TCP — serwer	PLC odpytuje urządzenie (port 502)	rejestr
Modbus RTU	port RS232	rejestr
OPC-UA — klient	urządzenie zapisuje do serwera	węzeł
OPC-UA — serwer	MES / SCADA przeglądają węzły urządzenia	węzeł
S7	klient (adresy DB, rack/slot)	adres DB
EtherNet/IP	klient tagów	tag
TCP ASCII	serwer lub klient	komenda `JOB,n`
ASCII (tekst)	port RS232	komenda `JOB,n`



Zakładka PLC prowadzi integratora przez cały proces:

- **Przegląd** — kafelek dla każdego aktywnego łącza: stan (OK / łączenie / cisza / błąd), czas od ostatniej udanej wymiany, liczniki, ostatni błąd oraz przyciski „Sprawdź teraz" i „Konfiguruj"; pasek z aktywną recepturą, źródłem wyzwalania i ostatnim wynikiem. Protokół, którego nie da się włączyć, pokazuje od razu powód.
- **Łącze** — parametry połączenia (adres, port, jednostka, rack/slot, przestrzeń nazw, ustawienia linii szeregowej), kolejność słów i kodowanie tekstu (ASCII / UTF-8 / CP1250 / Latin-1).
- **Wejścia** — wyzwalanie z rejestru (zbocze, **poziom** lub **licznik**, z filtrem drgań), wybór receptury z tabelą slot → receptura, typ części i **dane detalu** odczytywane przy wyzwoleniu.
- **Wyjścia** — tabela mapowania z opisem, adresem, źródłem, typem, skalą, przesunięciem i **podglądem wartości na żywo**; sygnał życia (heartbeat); dla ASCII — **edytor wiersza wyniku** z podglądem PASS/FAIL/ERR na żywo i kontrolą poprawności.
- **Diagnostyka** — testowy odczyt/zapis rejestru, wysłanie wiersza testowego (z potwierdzeniem), lista podłączonych klientów oraz liczniki: transakcje, błędy, odrzucone wyzwolenia, zmiany receptur, wysłane i utracone wiersze.

Wszystkie łącza zapisywane są jednym przyciskiem „Zastosuj"; niezmienione łącza nie są restartowane. Konflikty (ten sam port, zajęty port szeregowy, brak sterownika) są wykrywane przed zapisem.

Niezawodna wymiana danych:

- **Handshake czujnika wizyjnego** — gotowy blok sygnałów, włączany jednym kliknięciem dla każdego protokołu: Ready, Busy, TriggerAck, AcqDone, ResultValid, kod odmowy, potwierdzenie receptury. Wyzwalanie poziomem nie gubi krótkich impulsów, a „Ready" wraca dopiero po zakończeniu cyklu.
- **Wybór receptury z PLC** działa na każdym protokole rejestrowym; jedna wspólna blokada chroni przed równoczesną zmianą receptury z kilku źródeł. Nieistniejąca receptura dostaje jednoznaczną odmowę (`NAK,unknown job`).
- **Licznik wyniku (result_seq)** — zapisywany jako ostatni, tylko gdy wszystkie dane wyniku zostały zapisane poprawnie; PLC wie, że komplet danych jest gotowy, a luka w numeracji ujawnia utracony wynik.

- **Zdefiniowane wartości puste** — gdy narzędzie nie dało wyniku, rejestr i tak jest zapisywany (0 / FAIL / pusty tekst), więc PLC nigdy nie czyta wartości z poprzedniego detalu; inspekcja zakończona bez werdyktu wysyła wiersz ERR.
- **Protokół ASCII** — komendy `TRIG` (odpowiedź `ACK` tylko, gdy inspekcja faktycznie ruszyła), `JOB,n`, `TYPE,n`, `STAT`; serwer TCP z listą dozwolonych adresów IP i limitem klientów, klient z automatycznym ponownym łączeniem.
- **Szybka reakcja** — rejestr wyzwalania odpytywany co 10 ms; pozostałe łącza co 100 ms. Odczyt danych detalu przy wyzwoleniu dodaje ok. 0,25 ms na łączu Ethernet.
- **Mapowanie symboliczne** — adresy opisane nazwami; w S7, OPC-UA i EtherNet/IP adresowanie tagami/węzłami.

11.2 Port szeregowy RS232

Kamera udostępnia **port RS232** (TX / RX / GND) w tym samym 12-pinowym złączu M12, co zasilanie i I/O. Port obsługuje dwa protokoły (jeden naraz):

- **Modbus RTU** — rejestry wejść/wyjść, wyzwalanie i wybór receptury, jak w Modbus TCP;
- **ASCII (tekst)** — komendy `TRIG`, `JOB,n`, `TYPE,n`, `STAT` oraz formatowany wiersz wyniku z edytora — dla drukarek etykiet, terminali i starszych sterowników.

Port jest otwierany na wyłączność — żaden inny proces nie może przejąć linii w trakcie pracy.

11.3 IIoT / chmura

- **MQTT Publisher** — publikacja wyników (także **wyników poszczególnych narzędzi i obrazu**), statusu i alertów do brokera; **trwały status online/offline z Last Will**; prefiks tematu, QoS, TLS, uwierzytelnianie; czytelny powód, gdy broker jest nieosiągalny.
- **Upload FTP / FTPS / SFTP** — wysyłka wyników i obrazów na serwer plików; ponowienia z narastającym opóźnieniem i kolejka na czas awarii sieci (nic nie ginie przy krótkiej przerwie), weryfikacja klucza hosta SFTP; podgląd kolejki i błędów w interfejsie.
- **Alerty** — reguły e-mail (SMTP, STARTTLS lub SMTPS) i webhook HTTP: niski yield, seria braków, przekroczony czas cyklu, **kondycja urządzenia** (zasilanie, temperatura, pamięć eMMC) i **pominięte detale**; także na temat alertów MQTT. Wiadomość zawiera zmierzoną wartość, po ustąpieniu problemu wysyłane jest powiadomienie „rozwiązano”, a każda reguła ma własny czas wyciszenia.

11.4 Wejścia i wyjścia cyfrowe

Sygnał	Parametry
Wejście DI ×1	Obsługa czujników NPN i PNP, wspólny zacisk COMMON_IN
Wyjścia DO ×2	0,25 A na kanał, łącznie 0,5 A; obciążenia rezystancyjne, lampowe i indukcyjne
Zasilanie	DC 24 V ±10% (zalecane 24 V / 2 A), zacisk PE do uziemienia

Typowe przypisanie: wejście — wyzwalacz z czujnika obecności; wyjścia — werdykt PASS i FAIL do sterownika lub wyrzutnika. Mapowanie sygnałów, czasy impulsów i testowe przełączanie wyjść konfiguruje się w

interfejsie.

Czasy i niezawodność sygnałów:

- **Wyjścia taktowane od zbocza wyzwalacza** — werdykt pojawia się w stałym, ustawionym czasie od wyzwolenia (min. 10 ms), a nie „gdy wynik będzie gotowy" (na platformie bazowej zmierzona mediana odchyłki 0,2 ms). Detal, którego wynik nie zdążył, jest odrzucany we własnym slocie i liczony jako „spóźniony".
- **Sygnał błędu** — status ERROR może mieć własny sygnał, odrębny od FAIL (rejestr PLC lub jedno z wyjść DO).
- **Blisko siebie wypadające werdykty** wydłużają impuls zamiast go gubić; spóźniony werdykt ma pełną szerokość impulsu.
- **Filtr drgań wejścia** — domyślnie 10 ms, regulowany (0–1000 ms); **utracone zbocza są liczone**, nigdy ciche; tryb enkodera liczy jedno zbocze na impuls.
- **Uruchomienie I/O** — monitor wejść na żywo i testowe przełączanie wyjść wprost z interfejsu (rola Technik i wyżej).

> Przy obciążeniu indukcyjnym na wyjściu DO należy zastosować diodę zabezpieczającą dobraną do obciążenia (zgodnie z instrukcją sprzętową).

---

12. API REST i WebSocket

Wewnątrz procesu wizyjnego działa **wbudowany serwer API** (domyślnie port `8090`, opcjonalnie TLS; dostępny także przez bezpieczne wejście HTTPS na porcie `443`, z opcjonalnym trybem tylko-HTTPS), umożliwiający integrację bezobsługową (headless).

- **Uwierzytelnianie:** tokeny JWT oraz klucze API; kontrola uprawnień per trasa; limitowanie częstości (domyślnie 50 żądań/s).
- **Idempotencja:** nagłówek `Idempotency-Key` — bezpieczne ponowienia z PLC bez podwójnego wyzwolenia.
- **Trasy REST — ponad 65 endpointów** w 7 grupach: `system`, `jobs`, `trigger`, `camera`, `io`, `images`, `results`, oraz `/metrics`.
- **Budowa receptury zdalnie:** dodawanie, zmiana i usuwanie narzędzi oraz import receptury przez API; rewizje receptur do odczytu.
- **Wyzwalanie asynchroniczne:** `POST /api/v1/trigger?async=true` odpowiada natychmiast (202), a wynik trafia na `/ws/results`.
- **Identyfikowalność:** każdy wynik ma UUID i ciągły numer kolejny; `GET /results/{uuid}` i `GET /results/{uuid}/image` zwracają wynik i obraz konkretnego detalu.
- **Dane detalu:** `POST /part-type` i `POST /part-inputs` przekazują typ części i dane detalu z systemu nadrzędnego.
- **Obraz na żądanie:** pojedyncza klatka (`/live.jpg`) oraz strumień MJPEG (`/live.mjpg`).
- **Dokumentacja na urządzeniu:** `/docs` i `/redoc` serwowane lokalnie, bez dostępu do internetu.
- **Endpointy WebSocket:** `/ws/state`, `/ws/results`, `/ws/frames`, `/ws/admin`.

`/health` raportuje także nazwę i lokalizację urządzenia.

13. Analityka i jakość



- **Yield i OEE na żywo** — podsumowanie sesji; OEE rozbite na **dostępność × wydajność × jakość**, liczone z rzeczywistego czasu pracy (przestoje wykrywane automatycznie) i idealnego czasu cyklu; ustawienia OEE i zmian w osobnym oknie.
- **Trendy SPC** — wykres kontrolny z regułami **Western Electric**; granice z odchylenia ruchomego rozstępu, yield jako karta p na osi czasu.
- **Zdolność procesu** — **Cp/Cpk** (zmienność krótkoterminowa) i **Pp/Ppk** (zmienność całkowita) liczone osobno, także dla tolerancji jednostronnych; okno analizy przecinane w chwili zmiany granic.
- **Ocena systemu pomiarowego** — **%GRR** względem tolerancji z pasmami MSA, **badanie przyrządu typu 1** (obciążenie, Cg/Cgk, %Tol, rozdzielczość) oraz niepewność każdego pomiaru w narzędziach Width, Line i Circle.
- **Granice z detali** — tolerancje wyznaczane z ostatnich detali lub z nominału, z podglądem „co by było, gdyby" przed zastosowaniem.
- **Pareto przyczyn braków** — które defekty dominują.
- **Histogram czasu cyklu** — wykrywanie spowolnień i wąskich gardeł.
- **Drill-down per narzędzie** — rozkład wartości i progów narzędzia, które najczęściej odrzuca detal; narzędzia „tylko pomiar" są rejestrowane i wykreślane, choć nie odrzucają detali.
- **Filtr typu części** — analityka dla wybranego wariantu detalu.
- **Porównanie zmian** — yield i wydajność (szt./h) dla każdej zmiany z ostatnich 7 dni; gotowe układy 2- i 3-zmianowe.
- **Identyfikowalność** — historia wyników z wyszukiwaniem po identyfikatorze części, log audytu oraz eksport do CSV (z rewizją receptury, identyfikatorem wyniku, danymi detalu i ścieżką obrazu) — bieżące okno lub cała historia.
- **Szybkość** — zapytania analityczne liczone w osobnej puli roboczej; odświeżenie 30 dni danych trwa poniżej sekundy i nie spowalnia interfejsu.

Znaczniki czasu przechowywane są w UTC, więc przeniesienie urządzenia do innej strefy czasowej nie zaburza historii.

14. Bezpieczeństwo, role i audyt



14.1 Kontrola dostępu (RBAC)

Rola	Uprawnienia
Operator	Podgląd, zmiana aktywnej receptury, reset liczników
Technik	+ edycja narzędzi i kamery (w tym oświetlenia i ostrości), zapis receptury, ustawienie czasu urządzenia, widok na telefonie, test I/O
Inżynier	+ zarządzanie recepturami, ustawienia, użytkownicy, log audytu
Administrator	+ kopia i przywracanie całego urządzenia

- **Pierwsze uruchomienie** — brak domyślnego i fabrycznie wygenerowanego PIN-u; instalator ustala własny PIN administratora.
- **Logowanie PIN-em** z limitem prób (5 prób / 60 s) i blokadą po przekroczeniu.
- **Konta wielu użytkowników** z chronionym kontem `admin`.
- **Auto-wylogowanie** do trybu operatora po 5 minutach bezczynności.
- **Reset PIN-u przez administratora** — z wymuszoną zmianą przy następnym logowaniu; logowania trafiają do logu audytu.
- **Odzyskiwanie dostępu** — trzy kolejne cykle zasilania otwierają 10-minutowe okno na ustawienie nowego PIN-u administratora; procedura niedostępna przez API.

- **Licencja powiązana ze sprzętem** — licencja podpisana kryptograficznie, powiązana z numerem seryjnym procesora i kluczem urządzenia zapisanym w firmware modułu CM5. Weryfikacja offline, bez daty wygaśnięcia; licencja skopiowana na inne urządzenie nie działa.
- **HTTPS** — bezpieczne wejście z certyfikatem dla interfejsu i API (port 443), opcjonalny tryb tylko-HTTPS; certyfikat wystawiony przez urząd certyfikacji nigdy nie jest nadpisywany, a nowy certyfikat samopodpisany obejmuje bieżące adresy urządzenia.
- **Licencje komponentów** — informacje licencyjne użytych komponentów zewnętrznych dostępne wprost w aplikacji.

14.2 Audyt i identyfikowalność

- **Log audytu** — niezmienny zapis każdej uprzywilejowanej akcji, z poziomem ważności, wyszukiwaniem, eksportem i własną retencją.
- **Rewizje receptur** — każdy wynik nosi numer rewizji receptury, która go oceniła (szczegóły w rozdz. 15).
- **Przechwyt braków (NG capture)** — zapis zdjęć odrzutów wraz z miniaturami; polityka zapisu: wszystkie / tylko braki / próbkowanie / brak; opcjonalnie identyfikator części w nazwie pliku.
- **Eksport / import receptur** — przenośne paczki z walidacją i zabezpieczeniami przy imporcie; receptura zawiera także ustawienia oświetlenia i ostrości, wiedzę narzędzi AI, typy części i kompletne modele.
- **Eksport / import ustawień** — jeden plik obejmuje wszystkie sekcje konfiguracji (I/O, łącza PLC, upload, MQTT, alerty, pamięć); hasła nie są eksportowane.

---

15. Receptury pod kontrolą i zarządzanie danymi



15.1 Rewizje receptur i test zmiany

- **Numerowane rewizje** — każdy zapis receptury tworzy kolejną rewizję (jedna wersja na sesję logowania, każdy zapis widoczny jako krok). Nagłówek pokazuje „rev N" oraz znacznik niezapisanych zmian na linii, a historia rysuje różnice jako czytelne karty, nie surowy zapis zmian.

- **Wynik zna swoją rewizję** — każdy wynik inspekcji jest oznaczony rewizją, która go oceniła; widać ją w szczegółach, w historii i w eksporcie CSV.
- **Test zmiany na ostatnich detalach (bramka regresji)** — przed zapisem system odtwarza ostatnie N zapisanych detali (domyślnie 20) z recepturą zapisaną i edytowaną i pokazuje detale, które zmieniłyby werdykt, oraz przesunięcia wartości. Wybrane klatki można przypiąć jako wzorcowe „musi PASS" / „musi FAIL". Opcjonalnie zapis jest blokowany, gdy test wykaże zmianę; można też porównać dowolne dwie rewizje. Test działa, gdy linia stoi.

15.2 Kopia i przywracanie urządzenia

- **Pełna kopia urządzenia** — wybrane sekcje: receptury, ustawienia, łącza PLC, kamera (z oświetleniem i ostrością), użytkownicy, klucze API, historia, audyt.
- **Poświadczenia tylko z hasłem** — użytkownicy i klucze API trafiają do kopii wyłącznie zaszyfrowane hasłem; archiwum jest zabezpieczone przed niezauważoną modyfikacją.
- **Dwa tryby przywracania** — „Dodaj do tego urządzenia" lub „Zastąp to urządzenie", z podglądem zawartości przed wykonaniem.
- **Transakcyjnie i z cofnięciem** — przywracanie przetrwa zanik zasilania, a automatyczna migawka sprzed przywrócenia pozwala jednym kliknięciem cofnąć operację.
- **Bez tożsamości urządzenia** — kopia nigdy nie przenosi licencji, tożsamości sieciowej ani certyfikatów; operacja dostępna tylko dla administratora.

15.3 Retencja danych

Dane przechowywane są we **wbudowanej bazie danych** na pamięci eMMC urządzenia, dostępnej jednocześnie dla obu procesów. Główne zbiory: receptury i ich rewizje, ustawienia, wyniki inspekcji, log audytu oraz użytkownicy. Schemat ma wersjonowane migracje — aktualizacja oprogramowania nie wymaga czyszczenia historii.

Tłowy wątek porządkujący (**janitor**, domyślnie co 5 minut oraz raz przy starcie) pilnuje budżetów danych:

1. **Czyszczenie bazy** — usuwanie wyników starszych niż okno retencji (domyślnie 30 dni) oraz pilnowanie **budżetu rozmiaru bazy** (domyślnie 2 GB, najnowsze 50 wyników każdej receptury zawsze zachowane).
2. **Budżet bajtów zdjęć NG** — domyślnie 5 GB, eksmisja od najstarszych z gwarantowanym minimum per receptura.
3. **Budżet miniatur** — osobny limit, domyślnie 500 MB.
4. **Rekoncyliacja sierot** — dwukierunkowe sprzątanie odwołań do brakujących plików/rekordów.
5. **GC wzorców** — usuwanie nieużywanych obrazów wzorcowych po okresie karencji (7 dni).
6. **Eksmisja awaryjna** — poniżej progu wolnego miejsca (domyślnie 10%).

Zapis zdjęć jest **nieblokujący** — osobny wątek z limitem pamięci chroni urządzenie przed zapchaniem RAM na szybkiej linii. Budżety warto dopasować do pojemności eMMC wybranej w zamówieniu (16 / 32 / 64 GB).

---

16. Kalibracja i bazowanie

- **Kalibracja px → mm** — operator rysuje linię odniesienia i podaje jej rzeczywistą długość; pomiary podawane są w jednostkach fizycznych. Kalibrację można propagować na kolejne receptury.

- **Kontrola aktualności** — kalibracja jest stemplowana pozycją soczewki; po zmianie ostrości system ostrzega, że skala wymaga odświeżenia.
- **Kalibracja płaszczyzny** — kreator dla płaszczyzny pochylonej względem kamery; wyniki narzędzi podawane jako współrzędne świata X/Y w mm.
- **Układ robota** — przeliczenie wyników na współrzędne bazy robota (X/Y/Z/Rz), uczone przez dotknięcie celu końcówką robota, bez dodatkowego sprzętu; tryb przesunięcia chwytu.
- **Metrologia w świetle liniowym** — krzywa tonalna dopasowana na tablicy kalibracyjnej usuwa przesunięcie krawędzi jasnych/ciemnych rzędu 1 px.
- **Kalibracja soczewki (dystorsja)** — interaktywny kreator: wiele ujęć wzorca (szachownica / siatka punktów / ChArUco), obliczenie parametrów wewnętrznych, **mapa pokrycia kadru**, odrzucanie ujęć odstających. Korekcja obejmuje **tylko regiony czytane przez narzędzia** — przy pełnej rozdzielczości ok. 4× szybciej, z identycznym wynikiem; korekcję można wyłączyć bez utraty kalibracji.
- **Auto-ekspozycja (AE)** — zamknięta pętla zbieżności jasności sceny z sygnalizacją postępu.
- **Auto-balans bieli (AWB)** — zbieżność wzmocnień koloru z potwierdzeniem stabilizacji; kalibracja na wzorcowej bieli z ostrzeżeniem, gdy szara karta leży w złym miejscu względem narzędzi.
- **Ostrość** — autofokus na soczewce ciekłej i miernik ostrości na żywo, patrz rozdział 4.3.
- **HDR** — kreator wielokrotnej ekspozycji dla scen o dużej rozpiętości tonalnej.
- **Dynamiczne bazowanie (fixturing)** — Locator wyznacza pozycję i obrót detalu; pozostałe narzędzia korygują swoje regiony; kontrola skali detalu chroni przed pomiarem przy złej odległości.

17. Diagnostyka, serwis i aktualizacje

Funkcja	Opis
Paczka diagnostyczna	Jeden przycisk generuje archiwum ZIP: logi aplikacji i systemu, stan sieci, procesy, konfiguracja
Automatyczna analiza	System sam wskazuje wykryte anomalie i prawdopodobne przyczyny
Sanityzacja	Hasła, klucze i adresy są automatycznie zamazywane — paczkę można bezpiecznie wysłać do dostawcy
Autotest sprzętu	Sprawdzenie kamery, oświetlenia, soczewki, wejść/wyjść i sygnalizacji
Monitor zasobów	Czas pracy, zajętość pamięci i eMMC, temperatura, kondycja procesów
Kondycja urządzenia	Wskaźnik w nagłówku i reguły alertów: zasilanie, dławienie, temperatura, wolne miejsce, pominięte detale
Aktualizacje online	Opcjonalne (domyślnie wyłączone): podpisany katalog oprogramowania, pakietów środowiska i modeli AI pasujących do urządzenia
Aktualizacja z pliku	Wgranie nowej wersji z poziomu interfejsu, z kontrolą wstępną przed instalacją

Funkcja	Opis
Kopia urządzenia / reset fabryczny	Pełna kopia i przywracanie (rozdz. 15.2) oraz kontrolowane przywrócenie stanu fabrycznego
Data i czas	Strefa czasowa, serwery NTP, ręczne ustawienie zegara — z wpisem do audytu

Aktualizacje online w szczegółach:

- administrator włącza je świadomie; kanał stabilny, wersje beta tylko na zalecenie,
- **nic nie instaluje się bez potwierdzenia**, a instalacja jest odrzucana, gdy linia pracuje,
- pobieranie wznawia się po przerwie i przetrwa restart urządzenia,
- każda paczka jest **podpisana** i sprawdzana przed instalacją,
- gdy kontrola po instalacji wypadnie źle, urządzenie **samo wraca do poprzedniej wersji**,
- wgranie aktualizacji z pliku (bez dostępu do internetu) działa jak dotąd.

Zarządzanie siecią: konfiguracja adresu IP, nazwa urządzenia, rozgłaszanie **mDNS** — do kamery dociera się adresem `nazwa.local`, bez szukania IP. Zmiany sieciowe potwierdzane są oddzielnym oknem, aby nie odciąć się od urządzenia.

Jakość oprogramowania: rozbudowany zestaw testów automatycznych (jednostkowych, integracyjnych, niezmienników sprzętowych i wydajnościowych) oraz stanowiska testowe dla każdego obsługiwanego protokołu PLC.

---

18. Wdrożenie i montaż

- **Montaż** — obudowa z pięcioma otworami M4; uchwyt montażowy i śruby (3 × M4×8, 1 × M6×10) dostępne jako opcja.
- **Okablowanie** — dwa przewody z wtykami M12: zasilanie + I/O + RS232 oraz Gigabit Ethernet. Stopień ochrony złączy IP65/67.
- **Uruchomienie** — po podłączeniu zasilania kamera startuje samodzielnie; ostrość ustawia się przyciskiem TUNE (kontrola miernikiem ostrości w HMI), kadr — laserem pozycjonującym.
- **Praca autonomiczna (headless)** — po skonfigurowaniu receptury urządzenie pracuje bez podłączonego ekranu; operator łączy się przez przeglądarkę lub telefon w dowolnym momencie.
- **Integracja z linią** — wyzwalanie z wejścia cyfrowego, PLC lub API, gotowy handshake czujnika wizyjnego; publikacja wyników do systemów nadrzędnych (PLC, MES, IIoT).
- **Receptury** — tworzone w interfejsie (lub zdalnie przez API), zapisywane jako numerowane rewizje i przenośne paczki receptur.
- **Bezpieczne zmiany** — każdą zmianę receptury można przed zapisem sprawdzić na ostatnich detalach z linii.
- **Przeniesienie stanowiska** — pełna kopia urządzenia przenosi receptury, ustawienia i historię na nową kamerę.
- **Powrót po zaniku zasilania** — urządzenie samo wraca do trybu pracy sprzed wyłączenia.

> **Uwaga montażowa:** przewód zasilająco-sygnałowy należy podłączyć ściśle według instrukcji sprzętowej producenta (kolory żył, uziemienie PE) — odwrotne podłączenie może uszkodzić urządzenie.

19. Porównanie z systemami komercyjnymi



Cecha	EdgeVISOR na ED-AIC3000	Czujniki komercyjne
Koszt stanowiska	Ułamek ceny · otwarta platforma	Bardzo wysoki (licencje, sprzęt)
Architektura	Otwarta · rozszerzalna · elastyczna	Zamknięta, własnościowa
AI na urządzeniu	Lokalnie, bez chmury · uczenie klas w kamerze · modele własne	Ograniczone lub w wyższej półce
Oświetlenie i optyka	Zintegrowane, sterowane z receptury	Często osobny oświetlacz i kontroler
Strojenie receptury	Autotune na realnych klatkach · granice z danych procesu	Ręczne progi lub płatne kreatory
Kontrola zmian	Rewizje receptur · test zmiany na ostatnich detalach	Zwykle brak lub osobne oprogramowanie
Łączność PLC / IIoT	9 typów łączy, kilka naraz: Modbus TCP (klient/serwer) · RTU (RS232) · OPC-UA (klient/serwer) · S7 · EtherNet/IP · ASCII · MQTT	Wybrane protokoły, często płatne
Dane i analityka	Pełny pulpit SPC/OEE · Cpk, %GRR · historia wyników · API · eksport	Dane zamknięte w czujniku
Interfejs	HMI w przeglądarce, widok na telefon, 3 języki	Dedykowany pilot / oprogramowanie

Cecha	EdgeVISOR na ED-AIC3000	Czujniki komercyjne
Serwis	Paczka diagnostyczna · podpisane aktualizacje online z automatycznym wycofaniem · pełna kopia urządzenia	Wizyta serwisowa dostawcy

20. Specyfikacja techniczna

Kategoria	Parametr	Wartość
Wersja	EdgeVISOR	v2.2.2-AIC3000 (stan: początek listopada 2026)
Sprzęt	Model	EDA ED-AIC3000 (moduł CM5)
Kamera	Rozdzielczość / szybkość	12 MP · do 60 kl./s
Optyka	Obiektyw	M12 stałoogniskowy + soczewka ciekła (autofokus) · miernik ostrości na żywo
Oświetlenie	Wbudowane	4 niezależne sekcje · jasne i ciemne pole · regulacja jasności
Pozycjonowanie	Laser	Czerwony punkt
Pamięć	RAM / eMMC	2 / 4 / 8 GB · 16 / 32 / 64 GB
Wydajność	Czas cyklu inspekcji	< 70 ms (typowo)
Narzędzia	Liczba narzędzi wizyjnych	21
Narzędzia	Strojenie	Autotune na klatkach z linii · granice z danych procesu
Narzędzia	Wykonanie warunkowe	Run Only If · typy części · dane detalu z PLC
AI	Przetwarzanie	Lokalnie na module obliczeniowym (CPU) · AI Anomaly, AI Classify
Kamera	HDR	2–5 ekspozycji, fuzja
Interfejs	HMI	przeglądarka, dowolne urządzenie · widok na telefon · PL / EN / DE
Sterowanie lokalne	Przyciski	TUNE (autofokus), TRIG (wyzwolenie)
Sygnalizacja	Wskaźniki	Zasilanie · praca · awaria · sieć + 3 diody RGB
API	REST / WebSocket	ponad 65 endpointów REST + 4 WebSocket, port 8090 lub HTTPS 443

Kategoria	Parametr	Wartość
Łączność	Łącza PLC	9 typów: Modbus TCP (klient i serwer), Modbus RTU, OPC-UA (klient i serwer), S7, EtherNet/IP, TCP ASCII, ASCII RS232 — kilka łączy jednocześnie
Łączność	Handshake	Ready / Busy / TriggerAck / AcqDone / ResultValid · wyzwalanie zboczem, poziomem lub licznikiem
Łączność	Port szeregowy	RS232 (TX/RX/GND) w złączu M12
IIoT	Publikacja	MQTT (z obrazem i Last Will), upload FTP/FTPS/SFTP
Sieć	Ethernet	Gigabit, złącze M12 8-pin
Wejścia/wyjścia	Cyfrowe	1 × DI (NPN/PNP) · 2 × DO (0,25 A / kanał)
Wejścia/wyjścia	Taktowanie	wyjścia od zbocza wyzwalacza (min. 10 ms od wyzwolenia)
Zasilanie	Napięcie	DC 24 V ±10% (zalecane 24 V / 2 A)
Obudowa	Wykonanie	Aluminiowa, montaż 5 × M4; złącza M12 IP65/67
Dane	Retencja	30 dni · 5 GB zdjęć NG · 500 MB miniatur (konfigurowalne)
Receptury	Kontrola zmian	numerowane rewizje · test zmiany na ostatnich N detalach
Bezpieczeństwo	Role	Operator / Technik / Inżynier / Administrator
Serwis	Diagnostyka i aktualizacje	Paczka ZIP z sanityzacją · autotest · podpisane aktualizacje online z wycofaniem · pełna kopia urządzenia

21. Słownik pojęć

- **ROI (Region of Interest)** — obszar zainteresowania, w którym działa narzędzie.
- **Fixturing / bazowanie** — automatyczne dopasowanie układu współrzędnych do położenia detalu.
- **Locator** — narzędzie wyznaczające pozycję i obrót części; podstawa bazowania.
- **Golden Template** — porównanie detalu piksel po pikselu z nauczonym dobrym wzorcem.
- **AI Classify** — narzędzie AI klasyfikujące detal do klas nauczonych przez operatora na urządzeniu.
- **Łącze (link) PLC** — pojedyncze połączenie z urządzeniem zewnętrznym jednym protokołem; kilka łączy może działać równocześnie.

- **Handshake** — uzgodniony zestaw sygnałów (Ready, Busy, ResultValid…) między PLC a czujnikiem wizyjnym.
- **Typ części** — wariant detalu w jednej recepturze, z własnymi granicami i lokatorami.
- **Dane detalu (part inputs)** — wartości z PLC odczytywane przy wyzwoleniu (np. numer seryjny), używane w kontrolach i zapisywane z wynikiem.
- **Run Only If** — warunek, od którego zależy, czy narzędzie bierze udział w cyklu.
- **Rewizja receptury** — numerowana, zapisana wersja receptury; każdy wynik zna rewizję, która go oceniła.
- **Bramka regresji** — test zmiany receptury na ostatnich zapisanych detalach przed zapisem.
- **Sub-piksel** — dokładność pomiaru poniżej rozmiaru pojedynczego piksela.
- **Jasne / ciemne pole** — techniki oświetlenia: światło odbite wprost do obiektywu (jasne pole) lub padające pod kątem, uwidoczniające rzeźbę powierzchni (ciemne pole).
- **Soczewka ciekła** — optyka o elektrycznie zmienianej ogniskowej; ostrość bez ruchomych części.
- **Bramka czasowa oświetlenia** — przyjęcie do oceny wyłącznie klatki naświetlonej w całości po załączeniu światła.
- **Tenengrad** — miara ostrości oparta na gradiencie krawędzi, używana w autofokusie.
- **Autotune** — automatyczne strojenie parametrów narzędzia na realnych klatkach z linii.
- **%GRR** — udział zmienności systemu pomiarowego w tolerancji (powtarzalność i odtwarzalność).
- **HDR** — obraz z wielu ekspozycji, dla scen o dużej rozpiętości tonalnej.
- **DI / DO** — cyfrowe wejście / wyjście sterujące.
- **SPC** — statystyczne sterowanie procesem.
- **OEE** — całkowita efektywność wyposażenia.
- **Yield** — uzysk, odsetek poprawnych detali.
- **NG (No Good)** — detal odrzucony (brak).
- **Janitor** — wątek porządkujący dane: retencja, budżety dysku, sprzątanie sierot.
- **WATCHDOG** — tryb dozoru: ze zboczem detekcji (jeden obiekt = jedna inspekcja) lub ciągły.
- **Dual-stream** — równoległe strumienie: pełna rozdzielczość (wizja/AI) i podgląd (HMI).
- **Split-Brain** — architektura dwóch niezależnych procesów (wizja + interfejs).

EdgeVISOR · v2.2.2-AIC3000 — dokument funkcjonalny (stan: początek listopada 2026). Materiał poglądowy do celów prezentacyjnych; parametry sprzętowe według instrukcji producenta urządzenia ED-AIC3000. Szczegóły wdrożeniowe mogą się różnić w zależności od konfiguracji.