BIAŁA KSIĘGA

Październik 2026

Spis treści

1 Streszczenie 3
2 Wprowadzenie 3
3 Dlaczego warto korzystać z kamer termowizyjnych? 4
3.1 Kamery bispektralne 4
4 Zalety integracji analiz wideo 5
5 Skuteczność czujników termicznych i NETD 6
5.1 Porównywanie wartości NETD 6
5.2 Pomiary wartości NETD w Axis 7
6 Zasięg detekcji według kryteriów Johnsona 7
6.1 Nomogramy 8
7 Czynniki środowiskowe 8
7.1 Pochłanianie 9
7.2 Rozpraszanie 9
7.2.1 Mgła, smog i zamglenie 9
7.2.2 Deszcz i śnieg 10
8 Uwagi dotyczące instalacji 12

1 Streszczenie

- **Co potrafią kamery termowizyjne?**
  Kamery termowizyjne wykrywają promieniowanie cieplne (ciepło) emitowane przez wszystkie obiekty o temperaturze niezerowej. Dzięki zdolności do wykrywania niewielkich różnic temperatury oraz ich przekształcania w obraz kamery te umożliwiają rozróżnianie osób i pojazdów z bardzo dużej odległości. Działają nawet w całkowitej ciemności oraz niezależnie od warunków oświetleniowych, kamuflażu, roślinności, trudnych warunków pogodowych i innych sytuacji, w których kamera optyczna nie sprawdziłaby się.

- **Do czego są używane?**
  Kamery termowizyjne są szeroko stosowane w systemach ochrony obwodowej. Materiał wizyjny przekazywany na żywo przez kamerę termowizyjną pozwala dostrzec obecność osób w krytycznych miejscach na długo przed tym, zanim kamera optyczna wykryje nietypową aktywność. Obrazy termowizyjne są poddawane automatycznej analizie bezpośrednio w kamerze, a w systemie bezpieczeństwa można skonfigurować różnego rodzaju reakcje. Mogą one obejmować automatyczne wyemitowanie alarmu dźwiękowego przez głośniki w celu odstraszenia intruzów, wysłanie powiadomienia e-mail do pracowników ochrony czy zmianę położenia wchodzących w skład systemu kamer optycznych oraz przybliżenie obrazu w celu zarejestrowania tradycyjnego materiału wizyjnego umożliwiającego identyfikację intruzów.

  Kamery termowizyjne instaluje się także w celu monitorowania temperatury procesów przemysłowych. Można ich używać do wykrywania wycieków ciepła w budynkach i określania, czy dany pojazd był ostatnio używany.

  Zazwyczaj same obrazy termowizyjne nie umożliwiają identyfikacji konkretnych osób. Z tego względu kamery termowizyjne są przydatną metodą dozoru w miejscach, w których szczególnie duże znaczenie ma ochrona prywatności, takich jak szkoły.

- **NETD jest miarą dokładności przetwornika termowizyjnego**
  Zdolność przetwornika termowizyjnego do wykrywania bardzo małych różnic w promieniowaniu cieplnym może być scharakteryzowana przez jego wartość NETD (*Noise Equivalent Temperature Difference - Poziom szumu wynikającego z różnicy temperatur*). Zasadniczo im niższa wartość NETD, tym lepszy czujnik. Jednak kamer nie należy oceniać wyłącznie przez porównywanie wartości NETD, ponieważ brakuje znormalizowanego protokołu pomiarowego.

- **Ogólne wskazówki dotyczące instalacji**
  Kryteria Johnsona opisują zależność między minimalną wymaganą rozdzielczością i oczekiwanym zasięgiem detekcji w odniesieniu do *detekcji*, *rozpoznawania* oraz *identyfikacji* pojazdów lub osób. Kolejnym przydatnym narzędziem jest *nomogram*, który w formie graficznej przedstawia zależność między zasięgiem detekcji a ogniskową obiektywu kamery przy określonej wymaganej rozdzielczości. Rzeczywiste wyniki mogą się jednak różnić zależnie od warunków pogodowych. Ponadto, jeśli są używane aplikacje analityczne, do prawidłowego działania mogą one wymagać większej liczby pikseli, niż wynikałoby z niniejszych ogólnych wskazówek.

- **Wpływ otoczenia na detekcję**
  Deszcz, mgła i smog zmniejszają zasięg detekcji. Stopień tłumienia promieniowania cieplnego zależy od wielkości i stężenia cząstek lub kropelek wody w powietrzu. Jednak w większości przypadków zjawiska te w znacznie mniejszym stopniu wpływają na zasięg kamery termowizyjnej niż kamery optycznej. Zwłaszcza w warunkach umiarkowanej mgły lub dymu kamera termowizyjna wykrywa obiekty, które dla kamery optycznej byłyby całkowicie niewidoczne.

2 Wprowadzenie

Kamery termowizyjne tworzą obrazy przez wykorzystanie promieniowania podczerwonego emitowanego przez wszystkie obiekty w zależności od ich temperatury. Zdolność do detekcji niewielkich różnic temperatury sprawia, że kamery te znakomicie sobie radzą z wychwytywaniem osób znajdujących się na złożonym tle lub ukrytych w głębokim cieniu. Równie łatwa jest detekcja pojazdów i innych obiektów, która może być prowadzona w dzień i w nocy niezależnie od warunków oświetleniowych.

W tym dokumencie omówiono zalety kamer termowizyjnych i ich wykorzystanie wraz z analizą obrazu w systemach ochrony obwodowej. Przedstawiono sposób pomiaru skuteczności kamer termowizyjnych i

wyjaśniono zależność zasięgu detekcji od ogniskowej obiektywu kamery oraz żądanego poziomu dokładności. W dokumencie zawarto też informacje na temat wpływu warunków pogodowych na skuteczność oraz omówiono aspekty, na które należy zwrócić uwagę przed przystąpieniem do instalacji kamery termowizyjnej.

3 Dlaczego warto korzystać z kamer termowizyjnych?

Kamery termowizyjne są wykorzystywane w wielu zastosowaniach z zakresu bezpieczeństwa, na przykład do ochrony obwodowej obiektów przemysłowych, lotnisk czy elektrowni. Materiał wizyjny przekazywany na żywo z kamery termowizyjnej może ostrzec operatora systemu monitoringu o osobie chodzącej między samochodami na parkingu na długo przed tym, zanim kamera optyczna wykryje ten ruch. Znakomite możliwości detekcji sprawiają też, że kamery termowizyjne bardzo się przydają w akcjach poszukiwawczych i ratunkowych.

Sam obraz termowizyjny zazwyczaj nie wystarcza do identyfikacji osoby. Dlatego kamery termowizyjne stanowią dobry wybór w wielu sytuacjach, w których duże znaczenie ma prywatność. W wielu krajach nagrywanie materiału wizyjnego w miejscach publicznych wymaga zgody odpowiednich władz. Często łatwiej jest uzyskać zgodę na korzystanie z kamer termowizyjnych niż kamer optycznych, ponieważ kamery termowizyjne nie pozwalają na identyfikację nagranych osób.

W porównaniu z kamerami optycznymi kamery termowizyjne pozwalają na bardziej niezawodną detekcję i rozpoznawanie kształtów. Jest to możliwe dzięki połączeniu dużego kontrastu obrazu z detekcją ruchu. Przekłada się to na niski współczynnik fałszywych alarmów, co oznacza mniej zbędnych interwencji i działań ze strony personelu.

Informacje termiczne dostarczane przez kamery termowizyjne umożliwiają także monitorowanie procesów i wykrywanie nieprawidłowości związanych ze zmianami temperatury. Przykładowo kamer termowizyjnych można używać do wykrywania wycieków ciepła w budynkach lub określania, czy w ostatnim czasie jeżdżono danym samochodem.

Kamery termowizyjne są dostępne w kilku wersjach konstrukcyjnych, a każda z nich jest przeznaczona do innych celów i zastosowań. Firma Axis oferuje sieciowe kamery termowizyjne o różnej konstrukcji, w tym typu bullet, box, PTZ, bispektralne oraz modułowe. Na przykład sieciowa kamera termowizyjna o konstrukcji modułowej sprawdza się w sytuacjach, gdy dostępna przestrzeń jest ograniczona lub gdy konieczna jest dyskretna instalacja, ponieważ moduł optyczny można umieścić oddzielnie od jednostki głównej.

3.1 Kamery bispektralne

Kamera bispektralna łączy czujnik termiczny i czujnik wizualny w jednym urządzeniu. Czujniki rejestrują oddzielne strumienie danych termicznych i wizualnych.

- **Komplementarne zalety:** obrazowanie termiczne wykrywa sygnatury cieplne i umożliwia niezawodną detekcję w ciemności oraz w trudnych warunkach oświetleniowych. Obrazowanie wizualne zapewnia szczegółowe informacje o scenie, służące do weryfikacji, klasyfikacji i identyfikacji, o ile dostępne jest wystarczające oświetlenie.
- **Połączenie obrazu termicznego z wizualnym:** niektóre kamery bispektralne mogą wyświetlać informacje termiczne nałożone na obraz wizualny. Pomaga to operatorom lepiej zrozumieć scenę dzięki dodatkowym informacjom termowizyjnym, przy jednoczesnym zachowaniu kontekstu wizualnego. Należy to opisywać jako połączenie obrazu termicznego z wizualnym, a nie jako połączenie czujników na poziomie sprzętowym czy pojedynczy zintegrowany czujnik.



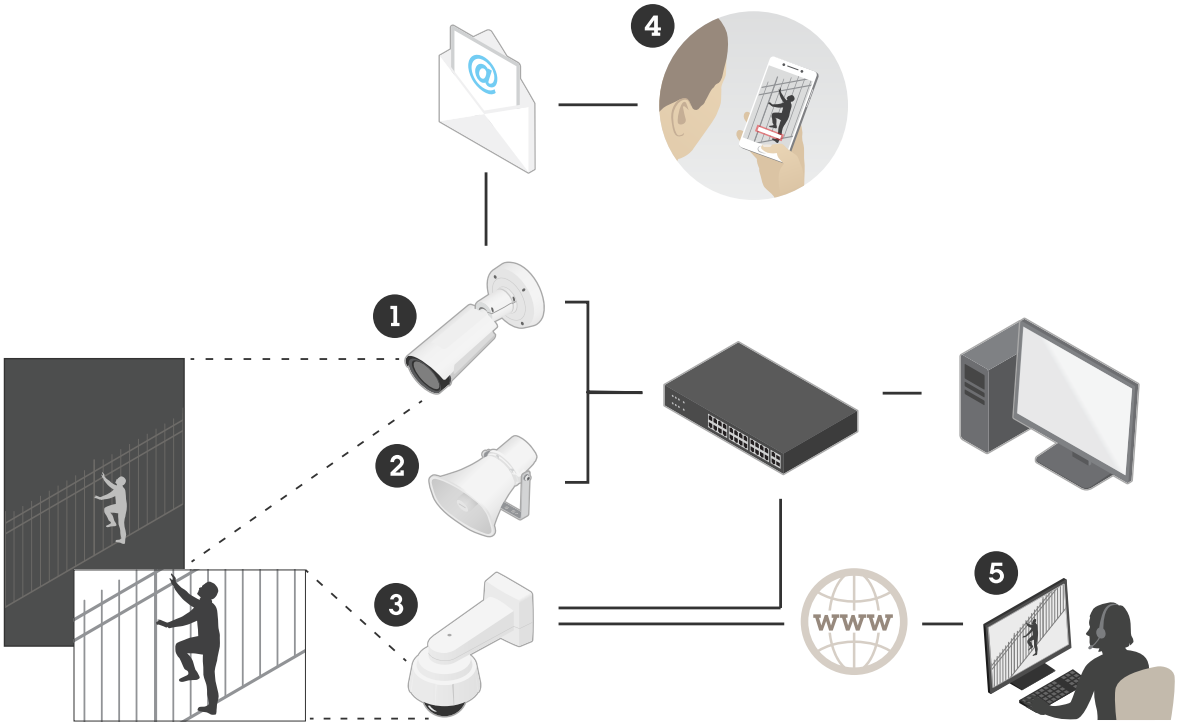
Ilustracja 3.1 *Po lewej: tylko obraz wizualny. Po prawej: połączone obrazy z czujnika wizualnego i termicznego.*

- **Korzyść operacyjna:** połączenie funkcji detekcji i weryfikacji wizualnej w jednym urządzeniu może przyczynić się do szybszej oceny zdarzeń oraz ograniczyć konieczność stosowania oddzielnych kamer termowizyjnych i wizualnych w tej samej lokalizacji.
- **Niezależne strumienie:** strumień termiczny i strumień wizualny pozostają odrębne i mogą być wykorzystywane do różnych celów.
- **Analiza:** analiza obwodowa strumienia termicznego może pomagać wykrywać włamania, natomiast analiza strumienia wizualnego może wspomagać klasyfikację obiektów lub inne rodzaje analiz wizualnych, o ile są one obsługiwane.
- **Obszary zastosowań:** ochrona obwodowa, kontrola granic, infrastruktura krytyczna, porty, lotniska oraz dozór szerokiego obszaru, gdzie ważne znaczenie mają zarówno detekcja, jak i weryfikacja.

4 Zalety integracji analiz wideo

Kamery termowizyjne Axis zapewniają dyskretną i ekonomiczną detekcję oraz umożliwiają znaczną poprawę bezpieczeństwa budynków i zarządzania w sytuacjach kryzysowych. Wbudowane w kamerę funkcje inteligentne w połączeniu z narzędziami do analizy wideo tworzą rozwiązanie, które umożliwia automatyczną analizę przechwyconego materiału wizyjnego przez system dozoru. Kamery termowizyjne mogą przekazywać wyniki tej analizy do kamer optycznych wchodzących w skład systemu IP, na przykład w ramach ochrony obwodowej.

Aplikacje analityczne Axis do ochrony obwodowej stanowią bardzo skuteczny system, który automatycznie wykrywa intruzów i reaguje na nich. Użytkownik może wybrać żądany rodzaj reakcji. Gdy ktoś wejdzie na zdefiniowany obszar znajdujący się w polu widzenia kamery termowizyjnej, może ona np. automatycznie wysłać e-mailem alarm do pracowników ochrony i jednocześnie wyzwolić kamerę PTZ (z funkcjami obrotu, pochylenia i zbliżenia) w celu dostarczania materiału wizyjnego. Umożliwia to rozpoznawanie podejrzanej aktywności jeszcze przed wtargnięciem intruza na obserwowany teren oraz wzrokową weryfikację zdarzeń przed podjęciem odpowiednich czynności. Kamera może także używać technologii edge-to-edge w celu włączania głośnika i odstraszania intruzów.



Rola kamery termowizyjnej w systemie ochrony obwodowej:

1 *Kamera termowizyjna wykrywa intruza.*
2 *Kamera termowizyjna używa technologii edge-to-edge, aby odstraszyć intruza za pośrednictwem megafonu.*
3 *Kamera termowizyjna powiadamia kamerę PTZ, która zmienia kierunek, aby nagrywać intruza.*
4 *Kamera termowizyjna wysyła natychmiastowe powiadomienie e-mail, aby umożliwić weryfikację wtargnięcia.*
5 *Kamera PTZ dostarcza operatorowi materiał wizyjny, umożliwiając identyfikację intruza.*

Aplikacje analityczne Axis z zakresu ochrony obwodowej są narzędziami brzegowymi. Oznacza to, że są osadzone w kamerach, w których też wykonywane są analizy. Ponieważ materiał wizyjny nie jest wysyłany na centralny serwer na potrzeby analiz, system jest elastyczny i skalowalny oraz ułatwia panowanie nad kosztami.

5 Skuteczność czujników termicznych i NETD

Parametr NETD jest najpopularniejszą miarą klasyfikacji skuteczności czujników termicznych, a nawet całych systemów kamer termowizyjnych. Akronim ten pochodzi od słów *noise equivalent temperature difference* (różnica temperatur równoważna szumowi). NETD określa próg szumu czujnika, czyli różnicę temperatur wymaganą do wytworzenia sygnału o wartości równej progowi szumu.

Zasadniczo NETD określa zdolność czujnika do rozróżniania bardzo niewielkich różnic w promieniowaniu cieplnym obecnych na obrazie. Im niższa wartość NETD, tym lepszy czujnik. Jeśli przykładowo NETD czujnika wynosi 50 mK (milikelwinów), czujnik potrafi wykrywać wyłącznie różnice temperatur przekraczające 50 mK, natomiast różnice niższe od tego progu stanowią dla niego część szumu.

5.1 Porównywanie wartości NETD

Porównywanie wartości NETD podanych w specyfikacjach różnych kamer może być źródłem problemów. Często są to wartości obliczone przy użyciu różnych metod lub w odmiennych warunkach, na przykład w różnej temperaturze otoczenia albo z zastosowaniem różnych czasów integracji czy obiektywów o różnych otworach względnych przysłony (wartościach f). Wartości NETD podane w specyfikacjach zazwyczaj nie uwzględniają szumu przestrzennego. Oznacza to, że wartość NETD może być niska mimo tego, że obraz zawiera znaczną ilość zakłóceń ze względu na obecność szumu stałego lub quasi-stałego.

Rzeczywista wydajność kamery zależy od wielu innych czynników niż parametr NETD jej przetwornika, a najlepsza kamera wcale nie musi mieć najniższej wartości NETD. Przykładowo NETD nie uwzględnia, jak dobrze ustawiona jest ostrość obiektywu kamery: kamera z nieprawidłowo ustawioną ostrością wciąż może mieć dobrą wartość NETD. Dlatego o wyborze określonego modelu kamery termowizyjnej i odrzuceniu innego nie powinno decydować jedynie porównanie wartości NETD podanych w ich specyfikacjach.

5.2 Pomiary wartości NETD w Axis

W Axis do pomiaru parametru NETD kamer termowizyjnych stosujemy jednolitą metodę opisaną w tej sekcji.

Używany jest układ kamery termowizyjnej z obiektywem f/1,0. Celem stanowi wysokiej jakości ciało doskonale czarne. Większość operacji przetwarzania obrazu (takich jak transfer sygnału liniowego i nieliniowego, wyostrzanie oraz lokalna poprawa jakości obrazu) jest pomijanych, natomiast wykonywane są takie operacje jak korekcja niejednorodności, korekcja metodą płaskiego pola i filtrowanie szumu.

Zestawy danych są gromadzone przy temperaturze ciała doskonale czarnego wynoszącej 20°C, 25°C i 30°C.

W temperaturach 20°C i 30°C rejestrowana jest sekwencja 100 klatek. Dla każdego piksela obliczana jest średnia wartość tych dwóch zestawów danych, w wyniku czego powstają dwie klatki średnie — jedna dla temperatury 20°C i jedna dla 30°C. Następnie, odejmując od siebie te dwie klatki i dzieląc otrzymany wynik przez różnicę temperatur (czyli przez 10°C), otrzymujemy klatkę średniej reakcji układu kamery termowizyjnej.

W temperaturze 25°C gromadzony jest zestaw danych obejmujący 200 kolejnych klatek. Na podstawie tych 200 klatek obliczane jest odchylenie standardowe każdego piksela, które jest zapisywane w odrębnej klatce. Ta nowa klatka złożona z wartości odchylenia standardowego pikseli jest dzielona przez klatkę średniej reakcji. Otrzymany wynik jest uśredniany i mnożony przez 1000, dzięki czemu uzyskujemy wartość NETD w mK (milikelwinach).

6 Zasięg detekcji według kryteriów Johnsona

Rozdzielczość wymagana do detekcji obiektu jest podawana w pikselach i określana za pomocą *kryteriów Johnsona*. Metodę tę wynaleziono w latach 50. XX wieku w celu przewidywania skuteczności systemów czujników. Amerykański naukowiec John Johnson zmierzył zdolność obserwatorów do identyfikowania pomniejszonych modeli celów w różnych warunkach, a następnie opracował kryteria minimalnej wymaganej rozdzielczości. Kryteria te zapewniają 50% prawdopodobieństwa, że obserwator dostrzeże dany obiekt na określonym poziomie.

Obiektem może być osoba, którą zazwyczaj definiuje się przy użyciu szerokości krytycznej wynoszącej 0,75 m, lub pojazd, który zazwyczaj definiuje się przy użyciu szerokości krytycznej wynoszącej 2,3 m. W przypadku czujników termicznych różnica temperatur między obiektem a tłem musi według kryteriów Johnsona wynosić co najmniej 2°C.

Poziomy kryteriów Johnsona używane w kamerach termowizyjnych Axis są następujące:

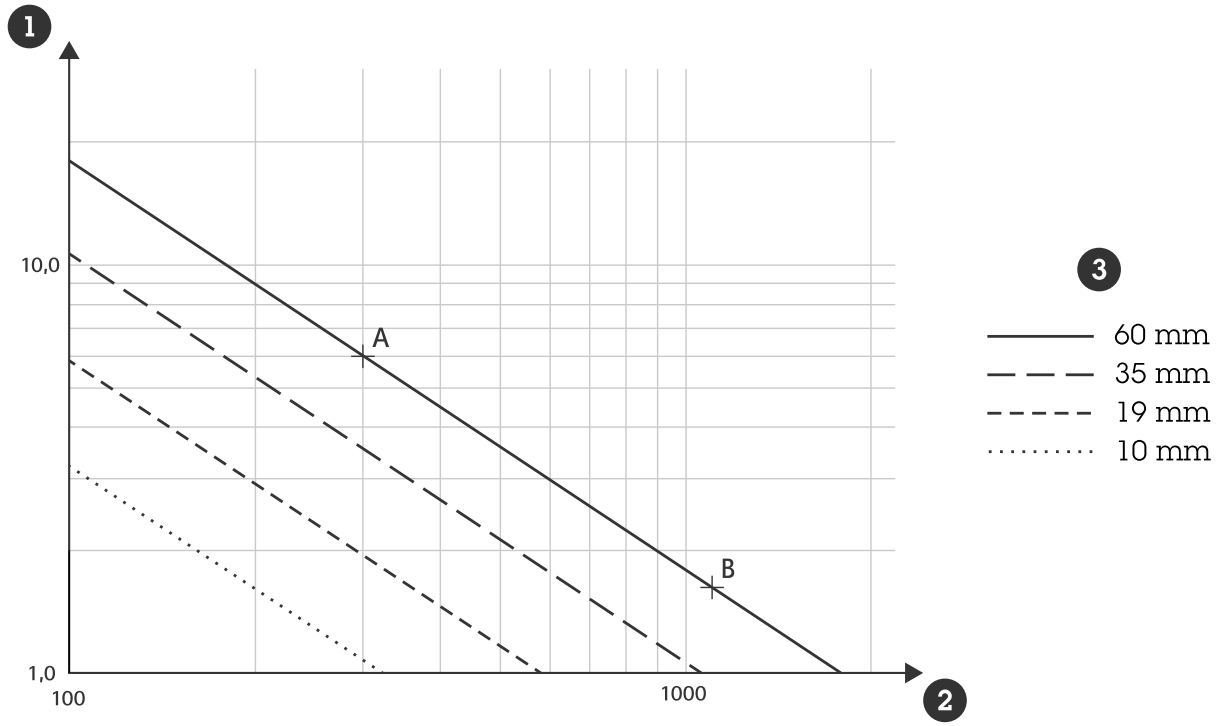
- Do *detekcji*, czyli zauważenia obecnego obiektu, obserwator potrzebuje co najmniej 1,5 piksela.
- Do *rozpoznania*, czyli rozróżnienia obiektu, na przykład osoby stojącej przed płotem, obserwator potrzebuje co najmniej 6 pikseli.
- Do *identyfikacji*, czyli rozróżnienia obiektu i jego cech charakterystycznych, na przykład osoby trzymającej w ręku łom, obserwator potrzebuje co najmniej 12 pikseli.

Kryteria Johnsona opracowano przy założeniu, że informacje wizualne są przetwarzane przez człowieka. Jeśli natomiast informacje te przetwarza algorytm programowy, do jego niezawodnego działania wymagana jest ściśle określona liczba pikseli definiujących obiekt. Należy zauważyć, że nawet jeśli człowiek jest w stanie wykryć określony obiekt, algorytm programowy do poprawnego działania może potrzebować większej liczby pikseli przy danym zasięgu detekcji.

6.1 Nomogramy

Praktycznym narzędziem pomagającym w ustaleniu liczby pikseli wymaganej przy danym zasięgu jest nomogram. Jest to dwuwymiarowy wykres, który obrazuje zależność między długością ogniskowej obiektywu, liczbą pikseli zmierzoną w poprzek obiektu i zasięgiem.

Jeśli przykładowo znamy zarówno wymaganą liczbę pikseli, jak i odległość, z której musimy rozpoznać obiekt, możemy obliczyć, jakiego obiektywu lub jakiej kamery powinniśmy użyć. Podobnie, jeśli znane są kamera i wymagana liczba pikseli, nomogram wskaże odległość, z której kamera wykryje obiekt.



Przykładowy nomogram dotyczący długiego zasięgu

1 *Liczba pikseli w poprzek obiektu*
2 *Odległość od obiektu w metrach*
3 *Focal length (Długość ogniskowej):*

Z przykładowego nomogramu wynika, że jeśli obiektyw kamery ma ogniskową 60 mm, obiekt będzie *rozpoznawalny* (6 pikseli w poprzek obiektu) z 300 m (punkt A). Jeśli wymagana jest tylko *detekcja* (1,5 piksela w poprzek obiektu), zasięg wyniesie 1200 m (punkt B).

7 Czynniki środowiskowe

Należy pamiętać, że kryteria Johnsona obowiązują jedynie w warunkach idealnych. Zasięg detekcji oka ludzkiego, kamery optycznej i kamery termowizyjnej zależy od warunków pogodowych panujących na miejscu. Zasięg detekcji kamery termowizyjnej zazwyczaj w mniejszym stopniu zależy od pogody (na przykład w mglisty dzień) niż zasięg kamery optycznej.



Obraz z kamery termowizyjnej (po lewej) i kamery optycznej (po prawej) zarejestrowany w mglisty dzień. W odróżnieniu od kamery optycznej kamera termowizyjna pozwala dostrzec osobę (zaznaczoną kółkiem).

Zasięg detekcji przedstawiony na nomogramie w poprzedniej sekcji wymaga różnicy temperatur wynoszącej 2°C między obiektem docelowym a tłem. Warunki pogodowe mogą negatywnie wpłynąć na obraz termowizyjny przez zmniejszenie różnicy temperatur, ale zaawansowane mechanizmy przetwarzania obrazu, takie jak lokalne wzmocnienie kontrastu, ułatwiają kamerze odróżnienie obiektów od tła nawet przy niewielkiej różnicy temperatur.

Dwoma najważniejszymi czynnikami środowiskowymi, które wpływają na obraz obiektu w kamerze, są pochłanianie i rozpraszanie. Ograniczają one ilość promieniowania cieplnego docierającego do kamery, tym samym zmniejszając odległość, z której kamera jest w stanie wykryć obiekt. Rozpraszanie w większym stopniu niż pochłanianie wpływa na utratę energii cieplnej.

7.1 Pochłanianie

Głównymi przyczynami pochłaniania są obecne w powietrzu para wodna (H_2O) i dwutlenek węgla (CO_2). Pochłanianie polega na tym, że ciepło wypromieniowane przez obiekt jest wchłaniane przez parę wodną i dwutlenek węgla, skutkiem czego przed dotarciem do kamery traci część swojej energii. Obecna w powietrzu para wodna wpływa na jakość obrazu nawet w słoneczny, bezchmurny dzień, gdy poziom jej zawartości może być wysoki.

W dniach, w których zawartość pary wodnej jest mała, cząsteczki wody pochłaniają mniej promieniowania cieplnego, dzięki czemu większa część tego promieniowania dociera do kamery termowizyjnej. Przekłada się to na lepszą jakość obrazu w porównaniu z dniami o wyższym poziomie zawartości pary wodnej w powietrzu.

7.2 Rozpraszanie

Rozpraszanie zachodzi, gdy promieniowanie cieplne pochodzące z obiektu zderza się z cząsteczkami obecnymi w powietrzu. Spadek poziomu promieniowania jest bezpośrednio związany z wielkością i stężeniem cząstek, kropelek lub kryształów stanowiących zanieczyszczenie, kondensację lub opad atmosferyczny, np. mgłę, smog, zamglenie, deszcz lub śnieg.

7.2.1 Mgła, smog i zamglenie

Mgła powstaje, gdy obecna w powietrzu para wodna skrapla się, tworząc kropelki wody. Rozmiar kropelek zależy od rodzaju mgły. Gęsta mgła składa się z większych kropelek wody i dlatego rozprasza promieniowanie cieplne bardziej niż rzadka mgła. Ponadto mgła rozprasza promieniowanie cieplne w większym stopniu niż smog i zamglenie, ponieważ zawiera kropelki wody o większym rozmiarze i stężeniu.

Kamery termowizyjne Axis pracują głównie w zakresie promieniowania podczerwonego o dużej długości fali (long-wavelength infrared — LWIR). Ogólnie rzecz biorąc, w porównaniu ze światłem widzialnym promieniowanie z zakresu LWIR znacznie lepiej rozchodzi się w obecności cząstek unoszących się w powietrzu,

na przykład we mgle i dymie. W większości przypadków światło widzialne o krótkich długościach fal jest przez cząstki pochłaniane i rozpraszane w większym stopniu niż promieniowanie z zakresu LWIR. Skraca to zasięg detekcji kamer optycznych w porównaniu z termowizyjnymi. Osoba, która przy panującej mgle jest wyraźnie widoczna dla kamery termowizyjnej, dla kamery optycznej może być niewidoczna.



Obrazy z kamery termowizyjnej (po lewej) i kamery optycznej (po prawej) zarejestrowane w mglisty dzień. W odróżnieniu od kamery optycznej kamera termowizyjna pozwala dostrzec osobę (zaznaczoną kółkiem).

Jednym ze sposobów klasyfikacji mgły jest system stosowany przez Międzynarodową Organizację Lotnictwa Cywilnego (ICAO). Jego kategorie odpowiadają zakresom widoczności przy każdym rodzaju mgły. W poniższej tabeli wymieniono te kategorie, a także odpowiadający każdej z nich przybliżony zasięg detekcji przy użyciu promieniowania LWIR.

Tabela 7.1 *Klasy widoczności oraz zasięgi detekcji kamer optycznych i termowizyjnych.*

Klasa	Światło widzialne	Zakres LWIR
I	1220 m	5,9–10,1 km
II	610 m	2,4 km
IIIa	305 m	293 m
IIIb	92 m	87 m

Jak wynika z tabeli, przy mniej gęstej mgle (klasy I i II) zasięg detekcji przy użyciu promieniowania LWIR jest znacznie dłuższy niż w przypadku światła widzialnego. Jednak przy gęstszej mgle (klasa III) nawet promieniowanie z zakresu LWIR podlega pochłanianiu i rozpraszaniu. W takich warunkach kamery optyczne i termowizyjne praktycznie nie różnią się zasięgiem.

Tabela ma wyłącznie charakter orientacyjny. Rzeczywisty zasięg detekcji kamery zależy także od innych czynników, takich jak obiekty fizyczne obecne w scenie, różnica temperatur między obiektem i tłem oraz fizyczna instalacja.

7.2.2 Deszcz i śnieg

Chociaż krople deszczu są większe od kropelek mgły, ich stężenie jest mniejsze. Dlatego deszcz nie rozprasza promieniowania cieplnego tak mocno jak mgła. Opady śniegu pod względem stopnia rozpraszania plasują się między mgłą i deszczem. Deszcz ze śniegiem rozprasza promieniowanie cieplne w podobnym stopniu co deszcz, natomiast suchy śnieg jest pod tym względem podobny do mgły. Przykłady przybliżonych wartości tłumienia w różnych warunkach pogodowych przedstawiono w tabeli.

Tabela 7.2 *Warunki pogodowe i tłumienie*

Intensywny deszcz	Lekki deszcz	Zanieczyszczenie miejskie	Gęsta mgła	Mgła
11 dB/km	4 dB/km	0,5 dB/km	80 dB/km	10 dB/km
17,6 dB/milę	6,4 dB/milę	0,8 dB/milę	128 dB/milę	16 dB/milę

Przykładowo w bezchmurny dzień kamera termowizyjna z obiektywem 60 mm (uwzględnionym na monogramie przedstawionym we wcześniejszej części dokumentu) będzie mieć zasięg 300 m przy założeniu 6-pikselowego rozmiaru obiektu docelowego. W mglisty dzień tłumienie wyniesie 10 dB/km lub 1 dB/100 m, a więc łączna wartość tłumienia będzie równa 3 dB. Tłumienie na poziomie 3 dB oznacza, że zaledwie 50% energii wyemitowanej przez obiekt dotrze do czujnika termicznego, co przełoży się na słabszy sygnał wejściowy. Ze słabszego sygnału wejściowego powstanie obraz o większej zawartości szumu, ponieważ stosunek sygnału do szumu będzie niższy. W pewnym stopniu zrekompensują to algorytmy przetwarzania obrazu, ale obraz wciąż będzie zawierał mniej informacji i dlatego będzie wydawał się bardziej „płaski". Kontrast obrazu będzie niższy, co utrudni np. odróżnianie liści od płaskich powierzchni znajdujących się w tle. Tłumienie sygnału negatywnie wpłynie na wydajność kamery i skuteczność zintegrowanych aplikacji do analizy wideo.

Dlatego należy unikać instalacji, w których jedna kamera działa z niemal maksymalną wydajnością. Lepszym rozwiązaniem jest pokrycie danej odległości przy użyciu kilku kamer. Zabezpieczy to niezawodne działanie dzięki zapewnieniu wymaganego rozmiaru celu w pikselach oraz sprawi, że energia emitowana przez obiekt będzie wystarczająca.

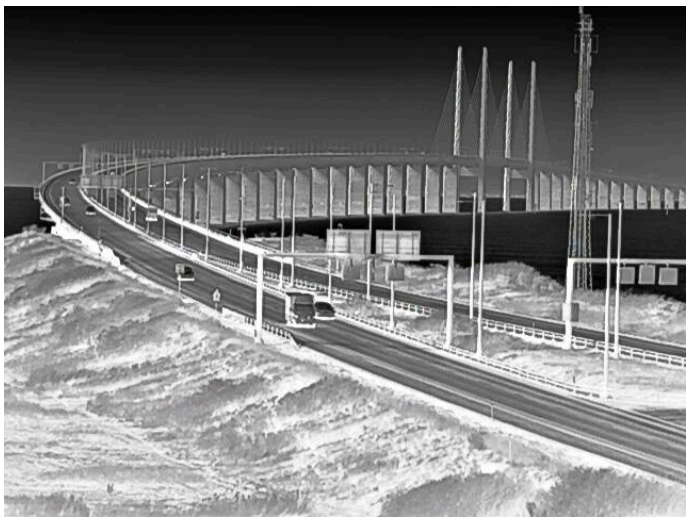
Deszcz i mokry śnieg nie tylko rozpraszają promieniowanie, ale także niwelują różnice temperatur w tle obrazu. Jednolita temperatura tła obniża jego kontrast z perspektywy kamery termowizyjnej.

O ile rozpraszanie zmniejsza ilość energii docierającej do przetwornika kamery, o tyle jednolita temperatura tła nie wpływa na jego działanie. Jednak ze względu na niższy kontrast obrazu trudniej jest rozróżnić szczegóły znajdujące się w tle, a obraz wydaje się bardziej „płaski". W takich warunkach kamera termowizyjna wciąż z łatwością wykryje osobę, ponieważ kontrast między ciepłą osobą a zimnym tłem będzie większy.



Obrazy z kamery termowizyjnej (po lewej) i kamery optycznej (po prawej) zarejestrowane w deszczowy dzień. Na obrazie z kamery termowizyjnej można łatwo dostrzec osoby (zaznaczone kółkiem).

W pochmurny dzień tło jest mniej kontrastowe z tych samych powodów, a w słoneczny dzień — bardziej kontrastowe. Różnice temperatur rosną, ponieważ obiekty o powierzchniach z różnych materiałów nagrzewają się w różnym stopniu.



Mocno kontrastowe tło w słoneczny dzień.

8 Uwagi dotyczące instalacji

Przed przystąpieniem do instalacji sieciowej kamery termowizyjnej należy uwzględnić kilka kwestii. Aby uzyskać optymalne wyniki detekcji osób, temperatura tła monitorowanego obiektu powinna być jak najbardziej równomierna oraz powinna być niższa lub wyższa od temperatury typowej osoby mogącej się pojawić w obserwowanej scenie. Dzięki temu osoba będzie się odróżniać od tła.

Między kamerą a obszarem zainteresowania powinna istnieć swobodna linia widzenia, niezakłócona żadnymi przeszkodami ani niczym niezasłonięta. Scena powinna zawierać jeden lub kilka łatwo rozpoznawalnych obiektów, na przykład komin na tle nieba lub budynek. Używany komin będzie miał wyższą temperaturę, a z wnętrza budynku niemal zawsze wydobywa się jakieś ciepło.

Scena nie powinna zawierać żadnych gałęzi, flag ani podobnych obiektów, które w wietrznej pogodzie mogą zasłonić widok. Kamerę należy zamontować jak najstabilniej, dbając o to, by w pobliżu zamierzonej sceny nie było żadnych wyraźnych i ostrych krawędzi. Ostra krawędź znajdująca się bezpośrednio poza obszarem sceny może wyzwolić fałszywy alarm ruchu, gdy kamera zakołysze się na wietrze i spowoduje przemieszczenie obserwowanej sceny na krawędź. Ze względu na swój ruch kamera zinterpretuje zmieniony obraz jako ruch w scenie, mimo że przemieszczenie dotyczyło wyłącznie kamery.

Kamery termowizyjne obsługujące elektroniczną stabilizację obrazu są bardziej odporne na drgania. Jednak czynniki te wciąż należy wziąć pod uwagę przy instalowaniu kamery termowizyjnej, aby zapewnić jej optymalne działanie.



Flaga zasłaniająca widok.

O firmie Axis Communications

Axis wspiera rozwój inteligentnego oraz bezpiecznego świata przez poprawę bezpieczeństwa, ochrony, efektywności działania i wiedzy biznesowej. Jako firma zajmująca się technologiami sieciowymi oraz lider branży, Axis oferuje rozwiązania z zakresu dozoru wizyjnego, kontroli dostępu, systemów domofonowych i systemów audio. Ich rozszerzeniem i uzupełnieniem są inteligentne aplikacje analityczne oraz wysokiej jakości szkolenia.

Axis zatrudnia około 5000 pracowników w ponad 50 krajach oraz współpracuje z partnerami z obszaru technologii i integracji systemów na całym świecie w celu dostarczania swoich rozwiązań klientom. Firma została założona w 1984 roku i ma swoją siedzibę w Lund w Szwecji.

© 2021 — 2026 Axis Communications AB. AXIS COMMUNICATIONS, AXIS, ARTPEC i VAPIX są zarejestrowanymi znakami towarowymi firmy Axis AB w różnych jurysdykcjach. Wszystkie inne znaki towarowe są własnością odpowiednich podmiotów.Zastrzegamy sobie prawo do wprowadzania zmian bez uprzedniego powiadomienia.