

Piotr ŁUBKOWSKI, Dariusz LASKOWSKI

Military University of Technology (Wojskowa Akademia Techniczna)

THE EFFECTIVE IDENTIFICATION OF OBJECTS IN SELECTED AREAS OF TRANSPORT TRANSHIPMENT

Efektywna identyfikacja obiektów na wybranych obszarach przeładunku transportu

Abstract: *The dynamic evolution of techniques and networking technologies finds its application not only in the traditional networks and IT systems but is also possible to be successfully implemented in highly professional implementations of the logistics sector. The authors conducted a multi-faceted analysis and focused on the technical aspect associated with the selected components of logistics, i.e. storage, handling and transport. Ensuring efficient transshipment, with possible numerous and unwanted anomalies is particularly difficult when there may be numerous and unwanted anomalies. Technical objects and people changing the means of transport should achieve this in a reliable and safe way. Hence the need for continuous and effective monitoring of ongoing processes, based on a highly reliable monitoring system (MS). The article presents the concept of using a complex MS for the purpose of effective identification of objects and events.*

Keywords: surveillance, identification, reliability, UAV

Streszczenie: *Dynamiczna ewolucja technik i technologii sieciowych znajduje zastosowanie już nie tylko w klasycznych sieciach i systemach teleinformatycznych, lecz również z powodzeniem jest możliwa do implementacji w wysoce profesjonalnych realizacjach sektora logistyki. Autorzy dokonali wieloaspektowych analiz i skupili zainteresowania na technicznym aspekcie związanym z wybranymi komponentami logistyki, tj. magazynowaniem, przeładunkiem i transportem. Szczególnie trudne jest zapewnienie sprawnego przeładunku, podczas którego mogą wystąpić liczne i niepożądane anomalie. Zarówno obiekty techniczne, jak i ludzie powinni zmieniać środek transportu w sposób niezawodny i bezpieczny. Wynika stąd potrzeba ciągłego i efektywnego monitoringu zachodzących procesów w oparciu o wysoce niezawodny system monitoringu (SM). W artykule przedstawiono koncepcję wykorzystania złożonego SM do celów efektywnej identyfikacji obiektów i zdarzeń.*

Słowa kluczowe: monitoring wideo, identyfikacja, niezawodność, UAV

1. Introduction

For many years video monitoring systems have been used in order to increase the safety level of monitored objects and material goods. Video monitoring can be encountered at public and State buildings, as well as commercial facilities, work places and companies, warehouses or in vehicles. Video monitoring systems are a combination of recording devices (sensors), which transmit, store and replay, constituting an integral whole. They enable the observation of people or objects in real-time and record events for subsequent analysis. As a result, they find a growing application in the broadly understood logistics, where they are used to administer a car fleet or for the visualisation of selected functions of logistics processes. The reliability and quality of implemented surveillance and monitoring processes are an extremely significant issue for each of the aforementioned applications.

Ensuring proper functioning of logistics processes requires the use of advanced technical measures transferring information from stationary to mobile video surveillance systems (VSS). Therefore, a correctly functioning video surveillance system, which utilizes stationary or mobile infrastructure elements can be an indispensable element supporting the object and event identification process in logistics systems. The possibilities of a monitoring system associated with automatic detection and recognition of objects are one of its primary advantages. An image analysis system is able to search for and identify an object and provide information about its conditions, quantities or dislocation. An efficient video surveillance system combined with an up-to-date and efficient database may become an element of an integrated system solution, with an option of full tracking of goods flow, which successfully eliminates so-called “leaky” logistic chains. Therefore, the essential research problem considered in this scientific paper is the presentation of a concept for the implementation of a surveillance system integrating a group of stationary or mobile sensors (based on an unmanned aerial vehicle) for efficient identification of objects/events in selected transshipment areas.

2. Functional characteristics of a monitoring system

The process of seeking and identifying objects in a digital image is an issue associated with advanced processing and recognition of images. Seeking and identifying complex objects is a difficult task, executed with the use of sophisticated algorithms, taking into account the basic features of a digital image. Very often, this kind of process utilizes several methods simultaneously, which is aimed at improving their effectiveness, but can also lead to an increased complexity degree of

the functional algorithm. Combining algorithms also introduces a difficulty in the proper identification of the method utilized by a given application.

Object identification and detection within an image may be executed with the use of software and hardware tools. In the case of software tools, there are many more possibilities associated with using a broader set of transformations, but on the other hand, image processing is significantly longer. Hardware tools are based on a smaller number of used algorithms but enable identifying an object within a shorter period of time. However, limitations to these solutions are the processor power and the used operating system.

The image processing process aimed at seeking defined objects commonly uses the segmentation method, which involves dividing an image into fragments corresponding to the objects visible in the image. Therefore, it is an image processing technique, which enables separating areas meeting defined homogeneity criteria. The segmentation process is associated with the labelling (indexing) process, which results in all pixels belonging to a given object being marked with the use of the same labels, facilitating their later identification.

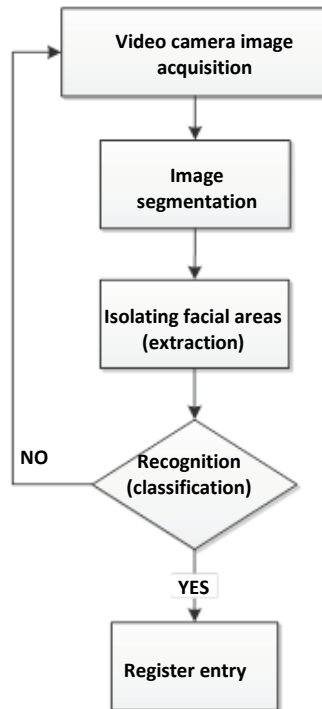


Fig. 1. Recognition process stages

The most popular methods used in the process of digital image processing, associated with image identification, include also the methods based on image fragmentation and methods using colour or texture. Two essential varieties can be distinguished among the image analysis techniques, which use segmentation: segmentation by division of an area and segmentation through area growth [9]. Segmentation by division involves subsequent divisions of a large area into smaller ones, until obtaining an area, where pixels are characterized by properties explicitly distinguishing them from the other areas. On the other hand, the growth segmentation method verifies the degree of pixel similarity, which is a criterion for qualified them to a given area. An example of a method using fragmentation, which is commonly used in applications associated with seeking objects is a line detection method, which is a variety of the edge detection method [1].

The image analysis process also utilizes the technique of seeking moving objects, which is of significant importance in logistics processes. These processes are often characterized by large dynamics of changes associated with moving objects, where video surveillance system sensors can identify objects and track changes ongoing within a object or product. Detecting object, which move in relation to other objects is possible based on analysing the differences in the content of successive video frames. Thanks to the fact that the image is known prior to the appearance of a new object, it is easy to determine where it appeared (fig. 1).

Unfortunately, a characteristic feature of the recognition and other systems, is the lack of a 100% guarantee of the recognition efficiency for any objects. It stems from the fact that the processed images representing various objects are similar to each other, due to the image components and their inter-arrangement. Another factor hindering the correct identification is the variability of the properties, which can be identified on images representing the same or similar objects, which are a result of the impact of external factors, such as different illumination or observation angle. Avoiding classic and well-known mistakes is achieved through implementing solutions characterized by “self-learning” mechanisms, which based on a certain number of low-level features are able to extract knowledge regarding the information stored in an image. An example of such a solution is the application described in [4] and used for implementing the presented concept. The indicated application uses the so-called “own-faces” method in face detection and recognition process, utilizing the PCA process (Principal Component Analysis). The recognition process uses the EmguCV library [3], which offers a number of important functions associated with recognition and identification, including character recognition, and the detection of faces or moving objects.

3. MS concept for transshipment areas

A monitoring system ensures the possibility of monitoring protected facilities through providing information from sensors located in surveillance points. Therefore, protecting large areas, as is the case with transshipment zones, requires the deployment of many sensors and the construction of network infrastructure able to ensure their correct operation, and the possibility of transferring defined data to a surveillance centre in particular. Unfortunately, in the case of hard-to-reach or vast surveillance areas, the application of stationary sensors is not always possible and cost-effective. The use of UAVs (Unmanned Aerial Vehicles), commonly known as drones, can be a solution in such a case.

The increasing popularity of UAVs results from their technological and financial attractiveness, low costs (manufacturing and operation), high level of technical sophistication and the versatility of applications. The UAV technology, previously rather associated with military operations, is increasingly used for activities in the sector of logistics and transport [2]. A key aspect when using drones, especially in terms of image transmission are its speed and quality. Most drones use a 2.4 GHz WiFi network for transmitting images. This type of operation introduces numerous restrictions associated with access to the medium, offered throughput and interference coming from other devices operating within the same band. Moreover, this network type also introduces limitations in terms of the coverage, restricting the effective communication range to 300-500 metres. Professional UAV devices offer also operation within a 5.4 GHz WiFi network. Operation in this band enables mitigating the interference and leads to improved quality of the transmitted image. When using UAVs, it is also important to separate the drone controlling information from useful signals containing video information. The 2.4 GHz frequency is used for control signals, and it enables increasing the maximum operating range of an UAV. Whereas, in the case of video transmission, it is better to operate at the 5.4 GHz frequency, which provides higher quality of the transmitted image. It is worth noting that after accessing an UAV wired infrastructure, it can be controlled from any place with Internet access.

Further section of the article presents the concept and results of practical expansion of a surveillance system at the Institute of Telecommunications with the unmanned element, aimed at effective recognition of objects within the surveillance site [5, 6]. The presented concept may be successfully used for identifying objects or detecting events over vast transshipment areas, characteristic for logistics or transport systems. A diagram of an expanded surveillance system architecture depicting the discussed concept is shown in fig. 2.

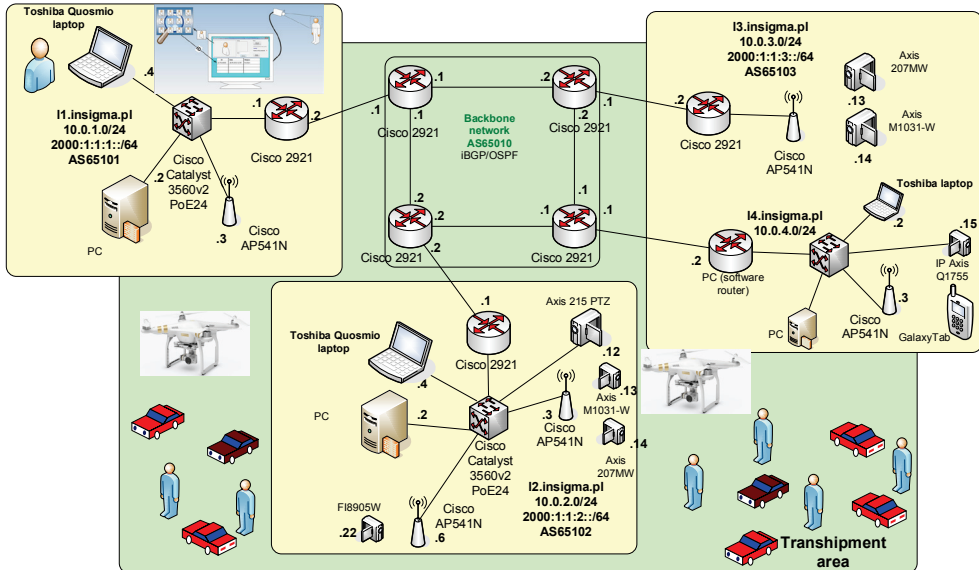


Fig. 2. Diagram of a domain for monitoring a transshipment

The presented surveillance system includes 4 domains, marked 11.insigma.pl, 12.insigma.pl, 13.insigma.pl and 14.insigma.pl, respectively. The 11 domain is a system administrator domain and includes a station for an operator executing the event surveillance and identification and object recognition process. The operator station is equipped with an application for effective identification based on a „*Multiple face detection and recognition in real time*” (MFRRT) application modified for the purposes of the project, described in [4]. The aforementioned application utilizes the so-called “own faces” method in the face detection and recognition process. The developed application was modified in terms of the option to join IP cameras, in order to ensure compatibility with the existing surveillance system [8]. The discussed system uses IP cameras by AXIS in the PTZ215, 1031W, 207MW and Q1755 series and FI8905W cameras. The RTSP (*Real-Time Streaming Protocol*) is used for communication with the cameras.

The aforementioned monitoring domains are based on stationary monitoring points (in the form of the mentioned IP cameras), which transfer multimedia data based on access to a transport network using hardwired and wireless techniques. The monitoring points, thanks to using the surveillance area labelling function, provide a system operator with easy access to all areas covered by surveillance and identification (fig. 3).

The monitoring domains (marked as l2.insigma.pl and l4.insigma.pl) covering stationary monitoring points, have a launched element of the surveillance system, involving UAVs of the Phantom 3 Professional type [7]. The UAV model used for the research is equipped with a compact 4K 12.0 Mpx camera. The technical specification indicates the possibility to record video sequences in the MP4 and MOV (MPEG4AVC/H.264) formats with the maximum throughput up to 60 Mbit/s. The camera is equipped with a professional lens, which ensures a visual field of 94°. The unmanned aerial vehicle (drone) is controlled by a DJI GO application run at the mobile operator station equipped with a drone RC set.

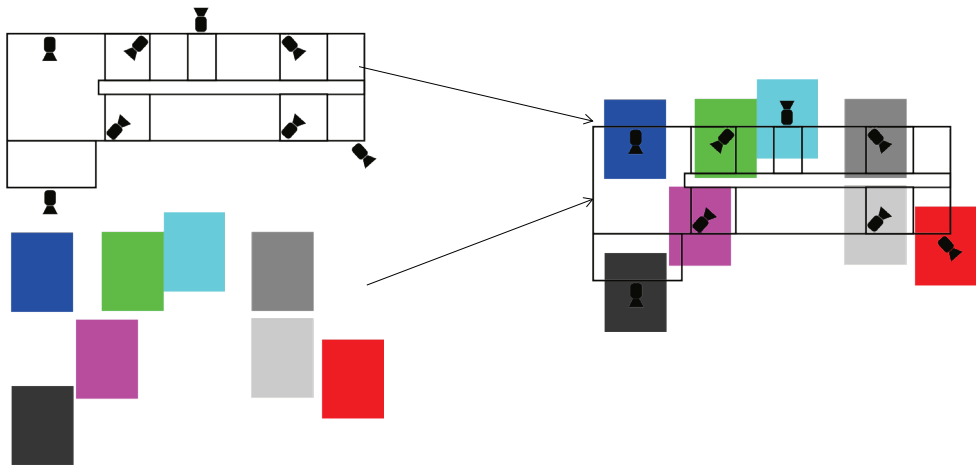


Fig. 3. Dislocation diagram for stationary monitoring points within a domain

The application enables UAV control based on five intelligent flight modes. It is equipped with a complex user interface providing information regarding not only the flight mode, but also essential functional and technical parameters. The UAV implementation scenario shown in fig. 2 corresponds to the actual conditions of drone operation, which are usually delivered to a surveillance area in order to record video sequences and transmit it to an MS operator station (fig. 4).



Fig. 4. Configuration and launch of the streaming service using an UAV

Communication with the operator station is executed based on an RTMP (*Real-Time Messaging Protocol*) server run operating in the same sub-network, as the MS operator station. Data, in the form of a video stream, are sent to the server wirelessly, with the use of a streaming service based on the RTMP and using an UAV controller, which provides control of the drone. The RTMP is a protocol developed by Adobe Systems for audio, video and data streaming between a Flash player and a server. Similarly to RTSP (*Real Time Streaming Protocol*), it is also identified as a status protocol. Since the first connection with a client, until the disconnection, the stream transmission server tracks the activities of the client or “statuses” regarding the commands such as replaying or pause. Using the TCP protocol in the transport layer ensures connection continuity, while the data transmission itself is characterized by minor delays. An undoubted advantage of the used protocol is the possibility of immediate access to a video sequence. This is a result of RTMP functionality, which divides streams into fragments with a size dynamically negotiable by the client and server, taking into account the information about the available channel throughput.

Wireless data transfer is possible thanks to the surveillance network including an AP AirCAP1551 access point, which ensures covering a defined surveillance route (area marked in blue in fig. 5). The range itself, depending on the controls of the used drone is as much as 3000 m. The set surveillance route is highlighted in

fig. 5 in red and falls within the area inaccessible for the services monitoring the transhipment area.

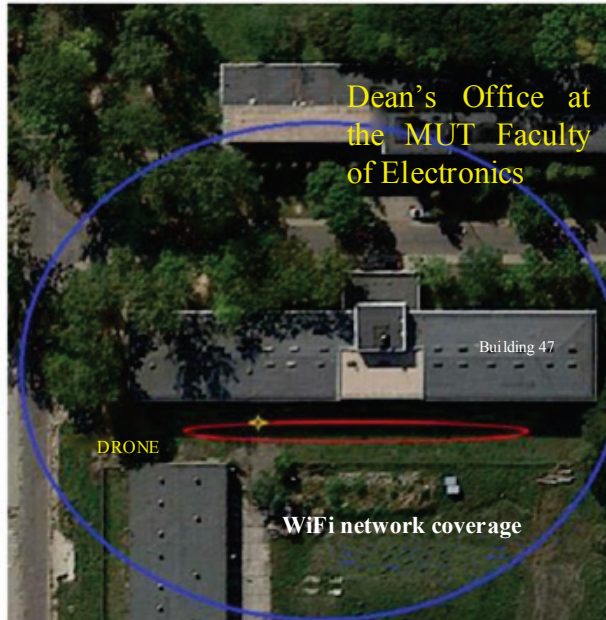


Fig. 5. Access point coverage and UAV DJI GO monitoring route

The proposed concept of a VSS was subjected to a series of validations and verifications, in order to define its suitability for effective identification of objects within transhipment areas. The tests were conducted in the actual operating environment, taking into account the impact of environmental and technical factors, which include changing light intensity, changing distance of the object from the sensor or changing sensor resolution. The criterion of effective object identification was also determined, and was defined in the form of detection probability values:

- 1) Sufficient, equal to at least 50%.
- 2) Satisfactory, equal to at least 60%.
- 3) Correct, equal to at least 70%.
- 4) Target, equal to at least 90%.

Tables 1, 2 and 3 show the results of an experiment determining the impact of lighting, changing distance from the camera and resolution on the reliability of a detection process. The results show the number of reliable identifications in percent, relative to three different object types.

Table 1

Impact of light intensity on the reliability of object detection process

No.	Studied object	Illumination	
		22 Lux	2 Lux
1	Object_1	40	80
2	Object_2	35	65
3	Object_3	45	75

Table 2

Detection reliability in the function of the distance from the camera

No.	Studied object	Object distance from camera		
		100 cm	250 cm	500 cm
1	Object_1	75	70	55
2	Object_2	75	60	35
3	Object_3	85	65	45

Table 3

Detection reliability in the resolution function

No.	Studied object	Resolution	
		QCIF	4CIF
1	Object_1	35	85
2	Object_2	25	75
3	Object_3	20	70

In the course of analysing the obtained results, it should be concluded that correct detection and identification of objects is possible even with minor illumination, distance from the camera or camera resolution. Given the set criterion of effective object identification, it should be noted that the correct level is possible to be achieved only in the case of the highest resolution and with small distances of the object from the camera (fig. 6). But satisfactory results are achievable in most of the analysed cases.

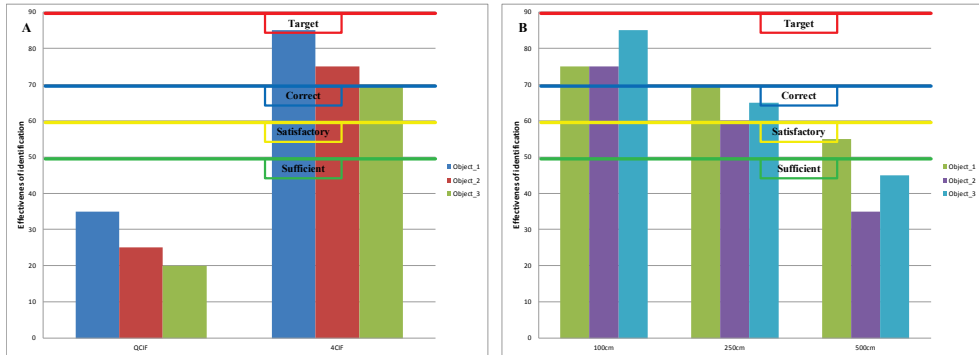


Fig. 6. Identification effectiveness taking into account the adopted criteria (A – sensor resolution function, B – object from camera distance function)

4. Conclusions

The article presents the results of work related to the implementation of the video monitoring system for effective identification of objects in transshipment areas. The proposed solution represents sophisticated MS consisting of stationary and mobile (UAV) video sensors and a very heterogeneous network. The research problem presented in the paper concerned the evaluation of the effectiveness of identification of objects in such a MS on the basis of available or developed methods supporting the objects and events recognition. The results of the experiments confirm that the proposed solution concept can be used in the real operating environment for events identification and object recognition ensuring efficient transshipment. This is extremely important, especially in the case of growing popularity of logistics services connected with the storage, handling and transporting of goods. The obtained results are determinant for further studies of using MS in transportation systems.

5. References

1. Borawski M.: Wykrywanie obiektów na obrazach [*Detecting objects in images*], http://www.it.rsi.org.pl/dane/artukul_Borawski.pdf (access: 10.2018).
2. Częścik R.: Wykorzystanie bezpilotowych statków latających (UAV) dla potrzeb bezpieczeństwa państwa [*Using unmanned aerial vehicles (UAV) for the needs of State security*], *Kultura Bezpieczeństwa Nauka – Praktyka – Refleksje*, No. 15, 2015.
3. <http://sourceforge.net/projects/emgucv/files/> (access: 10.2018).

4. <http://www.codeproject.com/Articles/239849/Multiple-face-detection-and-recognition-in-real> (access: 10.2018).
5. Łubkowski P., Maślanka K. et al.: Wspieranie jakości realizacji usług monitoringu w środowisku heterogenicznym [*Supporting the quality of monitoring services in a heterogeneous environment*], Przegląd Telekomunikacyjny, Vol. 6, 2014.
6. Łubkowski P., Gref M.: Ocena jakości realizacji usługi monitoringu wideo z bezzałogowych statków powietrznych w środowisku heterogenicznym [*Assessing the quality of video monitoring service provision by unmanned aerial vehicles in a heterogeneous environment*], Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne, Vol. 8-9, 2017.
7. Phantom 3 Professional Homepage, <http://www.dji.com/phantom-3-pro/info#specs> (access: 10.2018).
8. Sobczak M.: Implementacja i testowanie systemu identyfikacji osób wykorzystującego dane z monitoringu IP [*Implementation and testing of a person identification system, using IP monitoring data*, MSc. thesis], WAT, Warszawa 2013.
9. Tadeusiewicz R., Korohoda P.: Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów [*Computer analysis and processing of images*], Wydawnictwo Fundacji Postępu Telekomunikacji, Kraków 1997.

EFEKTYWNA IDENTYFIKACJA OBIEKTÓW NA WYBRANYCH OBSZARACH PRZELADUNKU TRANSPORTU

1. Wstęp

Systemy monitoringu wideo (SMW) od wielu lat wykorzystywane są w celu zwiększenia poziomu bezpieczeństwa nadzorowanych obiektów i dóbr materialnych. Z monitoringiem wideo spotykamy się zarówno w obiektach użyteczności publicznej i państwowej, jak również w placówkach handlowych, zakładach pracy i firmach, magazynach czy w pojazdach. Systemy monitoringu wideo stanowią połączenie urządzeń rejestrujących (sensorów), przesyłających, przechowujących oraz odtwarzających w jedną integralną całość. Umożliwiają obserwację osób czy obiektów w czasie rzeczywistym oraz rejestrację zdarzeń w celu ich późniejszej analizy. W związku z tym znajdują coraz większe zastosowanie w szeroko rozumianej logistyce, gdzie są wykorzystywane do administrowania flotą samochodową lub wizualizacji wybranych funkcji procesów logistycznych. W każdym z wymienionych zastosowań niezwykle istotnym zagadnieniem jest niezawodność i jakość realizowanych procesów nadzoru i monitorowania.

Zapewnienie sprawnego funkcjonowania procesów logistycznych wymaga coraz częściej zastosowania zaawansowanych środków technicznych realizujących przekaz informacji ze stacjonarnych czy mobilnych systemów monitoringu wideo. Prawidłowo funkcjonujący system wykorzystujący elementy infrastruktury stacjonarnej czy mobilnej może być zatem nieodzownym elementem wsparcia procesu identyfikacji obiektów i zdarzeń w systemach logistycznych. Możliwości systemu monitoringu związane z automatycznym wykrywaniem i rozpoznawaniem obiektów stanowią jedną z jego podstawowych zalet. System analizy obrazu jest zdolny do wyszukania i identyfikacji obiektu oraz dostarczenia informacji o jego stanie, liczności czy dyslokacji. Sprawny system monitoringu wideo w połączeniu z aktualną i wydajną bazą danych może stać się elementem zintegrowanego rozwiązania systemowego z możliwością pełnego śledzenia przepływu towarów, który skutecznie eliminuje tzw. „dziurawe” łańcuchy logistyczne. Stąd też zasadniczym proble-

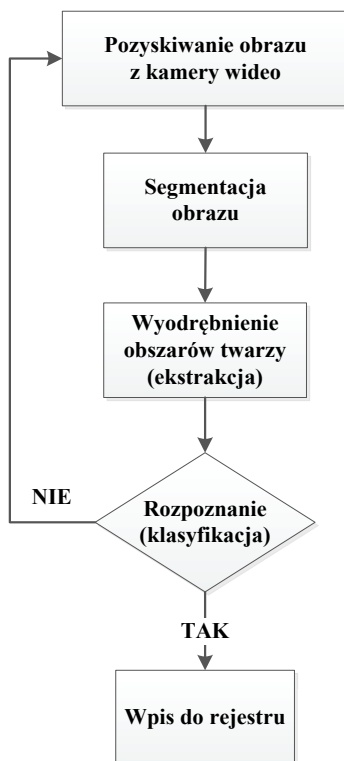
mem badawczym rozważanym w niniejszej publikacji jest przedstawienie koncepcji implementacji systemu monitoringu integrującego grupę sensorów stacjonarnych oraz mobilnych (na bazie bezzałogowego statku powietrznego) do efektywnej identyfikacji obiektów/zdarzeń w wybranych obszarach przeładunku.

2. Charakterystyka funkcjonalna systemu monitoringu

Proces wyszukiwania i identyfikacji obiektów w obrazie cyfrowym jest zagadnieniem związanym z zaawansowanym przetwarzaniem oraz rozpoznawaniem obrazów. Wyszukiwanie i identyfikacja obiektów złożonych jest trudnym przedsięwzięciem realizowanym z wykorzystaniem skomplikowanych algorytmów, z uwzględnieniem zasadniczych cech obrazu cyfrowego. Bardzo często w tego rodzaju procesie wykorzystuje się kilka metod jednocześnie, co służy poprawie skuteczności ich działania, ale może prowadzić także do wzrostu stopnia skomplikowania funkcjonowania algorytmu. Łączenie algorytmów wprowadza także trudność we właściwej identyfikacji metody stosowanej przez określoną aplikację.

Do identyfikacji i wykrywania obiektów w obrazie wykorzystuje się narzędzia programowe i sprzętowe. Narzędzia programowe oferują znacznie więcej możliwości związanych z wykorzystaniem bogatszego zestawu przekształceń, ale z drugiej strony proces obróbki obrazu jest znacznie dłuższy. Narzędzia sprzętowe bazują na mniejszej liczbie wykorzystywanych algorytmów, pozwalają jednak zidentyfikować obiekt w krótszym czasie. Ograniczeniem tych rozwiązań są jednak moc procesora i wykorzystywany system operacyjny.

W procesie obróbki obrazu zmierzającym do wyszukiwania określonych obiektów powszechnie wykorzystywany jest proces segmentacji, który polega na podziale obrazu na fragmenty odpowiadające widocznym na obrazie obiektom. Jest to więc technika obróbki obrazu umożliwiająca wydzielenie obszarów spełniających określone kryteria jednorodności. Z procesem segmentacji skojarzony jest proces etykietowania (indeksacji), w wyniku którego wszystkie piksele przynależące do danego obiektu są oznaczone z wykorzystaniem tych samych etykiet, co ułatwia ich późniejszą identyfikację.



Rys. 1. Etapy procesu rozpoznawania

Do najbardziej popularnych wykorzystywanych w procesie cyfrowej obróbki obrazów związanych z identyfikacją obiektów zaliczyć należy metody bazujące na fragmentacji obrazu oraz metody wykorzystujące kolor lub teksturę. Pośród technik analizy obrazów wykorzystujących segmentację można wyróżnić dwie zasadnicze odmiany: segmentacja przez podział obszaru i segmentacja przez rozrost obszaru [9]. Segmentacja przez podział polega na kolejnych podziałach dużego obszaru na mniejsze, aż do uzyskania obszaru, na którym piksele charakteryzują się własnościami znacznie odróżniającymi je od pozostałych obszarów. Z kolei w metodzie segmentacji rozrostowej sprawdzany jest stopień podobieństwa pikseli, co jest kryterium zakwalifikowania ich do danego obszaru. W aplikacjach związanych z wyszukiwaniem obiektów spośród metod wykorzystujących fragmentację powszechne zastosowanie znajduje np. metoda wykrywania linii, stanowiąca odmianę metody wykrywania krawędzi [1].

W procesie analizy obrazów zastosowanie ma także technika wyszukiwania obiektów ruchomych, której wykorzystanie w procesach logistycznych ma niebagatelne znaczenie. Procesy te cechują się niejednokrotnie dużą dynamiką zmian związaną z przemieszczeniem obiektów, gdzie sensory systemu monitoringu wideo mogą realizować identyfikowanie obiektów i śledzić zmiany zachodzące w obiekcie czy produkcie. Wykrywanie obiektów przemieszczających się względem innych obiektów jest możliwe na podstawie analiz różnic w zawartości kolejnych klatek filmu. Dzięki temu, że znany jest obraz przed pojawieniem się nowego obiektu, można łatwo określić, gdzie on się pojawił (rys. 1).

Niestety, cechą charakterystyczną systemów rozpoznawania i nie tylko jest brak gwarancji stuprocentowej skuteczności rozpoznawania dowolnych obiektów. Wynika to z faktu, że przetwarzane obrazy reprezentujące różne obiekty są do siebie podobne, z uwagi na elementy składowe obrazu i ich wzajemne ułożenie. Innym czynnikiem utrudniającym poprawną identyfikację jest zmienność cech, jakie można zidentyfikować na obrazach reprezentujących te same lub podobne obiekty, które są wynikiem oddziaływania czynników zewnętrznych, takich jak różnice w oświetleniu czy kącie obserwacji. Aby uniknąć klasycznych i dobrze znanych błędów przetwarzania, stosuje się rozwiązania samouczące się, czyli takie które w oparciu o pewien zasób cech niskopoziomowych potrafią wydobyć wiedzę o informacji zapisanej w obrazie. Przykładem takiego rozwiązania jest aplikacja opisana w [4], a wykorzystana do realizacji prezentowanej koncepcji. Wykorzystuje ona w procesie detekcji i rozpoznania twarzy metodę tzw. twarzy własnych, wykorzystującą analizę głównych składowych PCA (Principal Component Analysis). W procesie rozpoznawania wykorzystywana jest biblioteka EmguCV [3], oferująca szereg istotnych funkcji związanych z rozpoznawaniem i identyfikacją, w tym rozpoznawanie znaków, wykrywanie twarzy czy ruchu obiektów.

3. Koncepcja SM dla obszarów przeładunku

System monitoringu zapewnia możliwość monitorowania chronionych obiektów poprzez przekazywanie informacji z sensorów rozmieszczonych w punktach monitorowania. Ochrona dużych przestrzeni, jak to ma miejsce w przypadku stref przeładunku, wymaga zatem rozmieszczenia dużej liczby sensorów oraz budowy infrastruktury sieciowej zdolnej zapewnić ich poprawną pracę, a w szczególności możliwość transferu określonych danych do centrum nadzoru. Niestety, w przypadku stref trudno dostępnych czy rozległych obszarów monitorowania zastosowa-

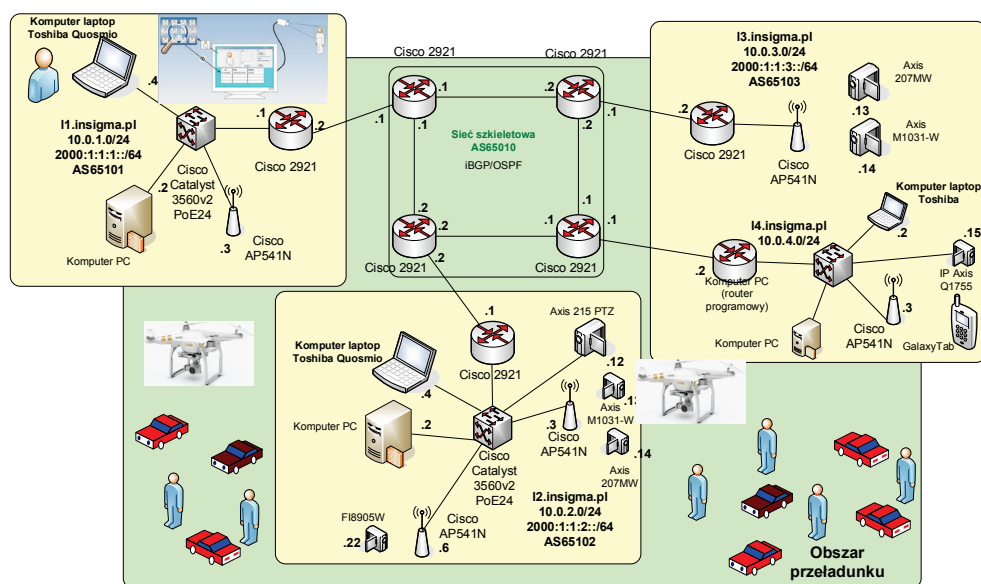
nie sensorów stacjonarnych nie zawsze jest możliwe i ekonomiczne. W takim przypadku rozwiązaniem może być zastosowanie UAV (*unmanned aerial vehicles*), czyli popularnych dronów.

Rosnąca popularność UAV wynika z ich atrakcyjności technologicznej i finansowej, niskich kosztów (produkcja i eksploatacja), wysokiego poziomu zaawansowania technologicznego i uniwersalności zastosowań. Technologia UAV kojarzona do tej pory raczej z działaniami militarnymi coraz powszechniej wykorzystywana jest do działań w obszarze logistyki i transportu [2]. Kluczowym aspektem podczas używania dronów, zwłaszcza do transmisji obrazu, jest szybkość i jakość przekazywanego obrazu. Większość dronów wykorzystuje do transmisji obrazów sieć WiFi pracującą w pasmie 2,4 GHz. Ten rodzaj pracy wprowadza wiele ograniczeń związanych z dostępem do medium oferowaną przepustowością oraz zakłóceniami pochodzącymi od innych urządzeń pracujących w tym paśmie. Ponadto ten rodzaj sieci wprowadza także ograniczenia związane z zasięgiem, ograniczając zasięg użytecznej komunikacji do 300–500 metrów. W przypadku profesjonalnych urządzeń UAV oferowana jest także praca w sieci WiFi 5,4 GHz. Praca w tym zakresie umożliwia zmniejszenie zakłóceń i prowadzi do poprawy jakości przesyłanego obrazu. W przypadku zastosowania UAV ważne jest także rozróżnienie informacji sterujących dronem od sygnałów użytecznych zawierających informację wideo. W przypadku sygnałów sterujących zastosowanie ma częstotliwość 2,4 GHz, która pozwala na zwiększenie maksymalnego zasięgu pracy UAV. Natomiast dla transmisji wideo lepiej wykorzystać częstotliwość 5.4 GHz, która zapewnia wyższą jakość przekazywanego obrazu. Warto odnotowania jest fakt, że po uzyskaniu dostępu do infrastruktury przewodowej UAV może być sterowany z dowolnego miejsca, do którego doprowadzona jest sieć Internet.

W dalszej części artykułu przedstawiona zostanie koncepcja i wyniki praktycznej realizacji rozbudowy systemu monitoringu Instytutu Telekomunikacji o element bezzałogowy w celu efektywnego rozpoznawania obiektów na terenie monitorowania [5, 6]. Przedstawiona koncepcja może z powodzeniem zostać wykorzystana do celów identyfikacji obiektów czy detekcji zdarzeń na rozległych obszarach przeladunku charakterystycznych dla systemów logistycznych czy transportowych. Schemat rozwiniętej architektury systemu monitorowania reprezentujący omawianą koncepcję przedstawia rys. 2.

Prezentowany system monitorowania obejmuje cztery domeny oznaczone odpowiednio: l1.insigma.pl, l2.insigma.pl, l3.insigma.pl oraz l4.insigma.pl. Domena l1 stanowi domenę administratora systemu oraz obejmuje stanowisko operatora realizującego proces monitorowania i identyfikacji zdarzeń oraz rozpoznawania obiektów. Stanowisko operatora wyposażone jest w aplikację do efektywnej iden-

tyfikacji obiektów bazującą na zmodyfikowanej do celów projektu aplikacji „Multiple face detection and recognition in real time” (MFRRT), opisaną w [4]. Wspomniana aplikacja korzysta w procesie detekcji i rozpoznania twarzy z metody tzw. twarzy własnych. Dla zapewnienia współpracy z istniejącym systemem monitoringu opracowana aplikacja została zmodyfikowana w zakresie możliwości dołączenia kamer IP [8]. W omawianym systemie wykorzystywane są kamery IP firmy AXIS serii PTZ215, 1031W, 207MW i Q1755 oraz kamery FI8905W. Do komunikacji z kamerami wykorzystywany jest protokół RTSP (*Real-Time Streaming Protocol*).

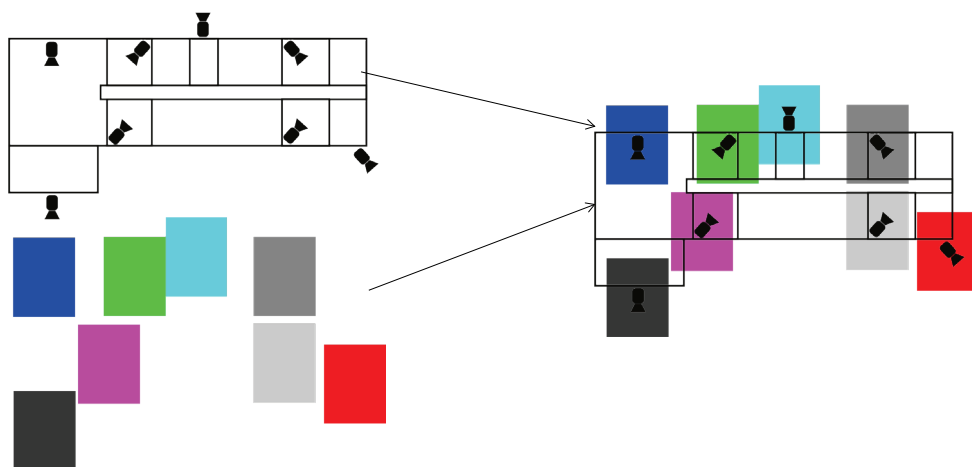


Rys. 2. Schemat domeny monitorowania obszaru przeładunku

Wymienione domeny monitorowania bazują na wykorzystaniu stacjonarnych punktów monitorowania (w postaci wspomnianych kamer IP), które realizują transfer danych multimedialnych w oparciu o dostęp do sieci transportowej wykorzystującej techniki przewodowe i bezprzewodowe. Punkty monitorowania, dzięki zastosowaniu funkcji etykietowania obszarów nadzoru, zapewniają operatorowi systemowi łatwy dostęp do wszelkich stref objętych monitorowaniem i identyfikacją (rys. 3).

W domenach monitorowania (oznaczonych jako 12.insigma.pl oraz 14.insigma.pl) obejmujących stacjonarne punkty monitoringu uruchomiony został mobilny element systemu monitoringu zrealizowany z wykorzystaniem BSP typu

Phantom 3 Professional [7]. Model BSP wykorzystany w badaniach wyposażony jest w kompaktową kamerę standardu 4K o rozdzielczości 12 megapikseli. Specyfikacja techniczna wskazuje na możliwość rejestracji sekwencji wideo w formacie MP4 i MOV (MPEG4AVC/H.264) przy maksymalnej przepływności do 60 Mbit/s. Kamera wyposażona jest w profesjonalny obiektyw, który zapewnia pole widzenia o kącie 94°. Do sterowania bezpilotowym statkiem powietrznym (dronem) zastosowana jest aplikacja DJI GO uruchomiona na stanowisku operatora mobilnego wyposażonego w zestaw zdalnego sterowania dronem.



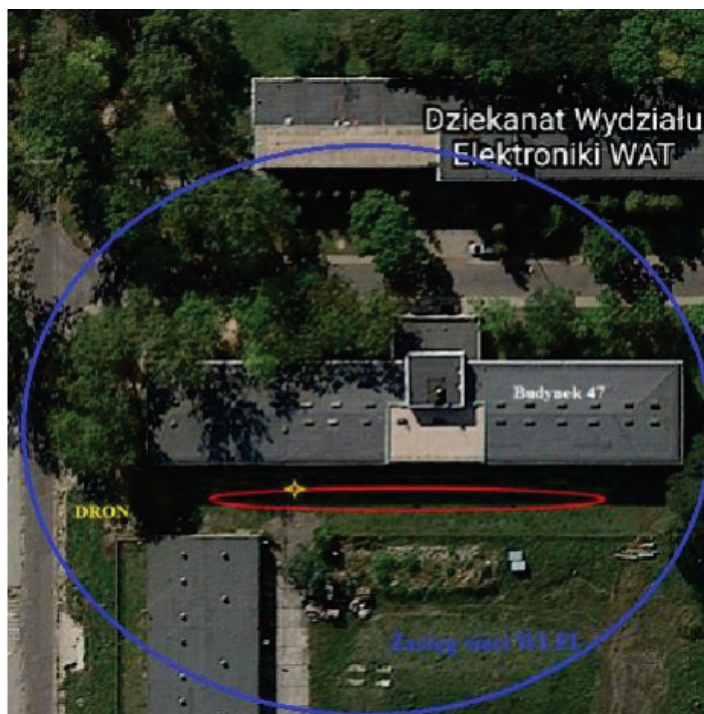
Rys. 3. Schemat dyslokacji stacjonarnych punktów monitorowania w domenie

Aplikacja pozwala na sterowanie UAV w oparciu o pięć inteligentnych trybów lotu. Jest ona wyposażona w rozbudowany interfejs użytkownika dostarczający informacji nie tylko o wybranym trybie lotu, ale także o zasadniczych parametrach funkcjonalnych i technicznych. Zaprezentowany na rys. 2 scenariusz implementacji UAV odpowiada rzeczywistym warunkom użycia dronów, które zazwyczaj dostarczane są w obszar objęty monitorowaniem w celu zarejestrowania sekwencji wideo i przekazania jej na stanowisko operatora SM (rys. 4).



Rys. 4. Konfiguracja i uruchomienie usługi strumieniowania z wykorzystaniem UAV

Komunikacja ze stanowiskiem operatora odbywa się w oparciu o serwer RTMP (*Real Time Messaging Protocol*) uruchomiony w tej samej podsieci co stanowisko operatora SM. Dane na serwer w postaci strumienia wideo przesyłane są bezprzewodowo z wykorzystaniem usługi strumieniowania bazującej na protokole RTMP oraz z wykorzystaniem kontrolera BSP, który zapewnia sterowanie i kontrolę nad dronem. Protokół RTMP to protokół stworzony przez Adobe Systems dla streamingu audio, wideo i danych, pomiędzy playerem Flash a serwerem. Podobnie jak RTSP (*Real Time Streaming Protocol*) jest zdefiniowany jako protokół stanowy. Od pierwszego połączenia z klientem aż do czasu, w którym nastąpi rozłączenie, serwer przesyłania strumieniowego śledzi działania klienta lub „stany” dotyczące poleceń takich jak odtwarzanie lub pauza. Dzięki wykorzystywaniu w warstwie transportu protokołu TCP zapewniona zostaje trwałość połączenia, zaś sama transmisja danych cechuje się małymi opóźnieniami. Niewątpliwą zaletą zastosowanego protokołu jest możliwość natychmiastowego dostępu do sekwencji wideo. Wynika to z funkcjonalności protokołu RTMP, który dzieli strumienie na fragmenty o rozmiarze negocjowanym dynamicznie pomiędzy klientem i serwerem z uwzględnieniem informacji o dostępnej przepustowości kanału.



Rys. 5. Strefa zasięgu punktu dostępowego i trasa monitorowania BSP DJI GO

Bezprzewodowy transfer danych możliwy jest dzięki włączeniu do sieci monitoringu punktu dostępowego AP AirCAP1551, który zapewnia pokrycie zasięgiem ustalonej trasy monitorowania (obszar zaznaczony kolorem niebieskim na rys. 5). Sam zasięg w zależności od operowania zastosowanego drona wynosi aż 3000 m. Ustalona trasa monitorowania przedstawiona została na rys. 5 kolorem czerwonym i znajduje się w strefie niedostępnej dla służby monitorującej obszar przeladunku.

Zaproponowana koncepcja SMW poddana została różnym testom walidacyjnym i weryfikacyjnym w celu określenia jej przydatności do efektywnej identyfikacji obiektów na obszarach przeladunku. Badania przeprowadzono w rzeczywistym środowisku eksploatacji z uwzględnieniem wpływu warunków środowiskowych oraz technicznych, wśród których wymienić należy zmianę natężenia oświetlenia, zmianę odległości obiektu od sensora czy zmianę rozdzielczości sensora. Określono również kryterium efektywnej identyfikacji obiektu, które zostało ustalone w postaci wartości prawdopodobieństw rozpoznania:

- 1) wystarczającego, równej co najmniej 50%,

- 2) zadawalającego, równej co najmniej 60%,
- 3) poprawnego, równej co najmniej 70%
- 4) docelowego, równej co najmniej 90%.

W tabelach 1, 2 i 3 przedstawiono wyniki eksperymentu określającego wpływ zmiany oświetlenia, zmianę odległości od kamery oraz rozdzielczości na niezawodność procesu wykrywania. Wyniki prezentują liczbę niezawodnych identyfikacji w procentach w odniesieniu do trzech różnych typów obiektów.

Tabela 1

Wpływ natężenia oświetlenia na niezawodność procesu wykrywania obiektów

Lp.	Badany obiekt	Oświetlenie	
		22 Lux	2 Lux
1	Obiekt_1	40	80
2	Obiekt_2	35	65
3	Obiekt_3	45	75

Tabela 2

Niezawodność wykrywania w funkcji odległości obiektu od kamery

Lp.	Badany obiekt	Odległość obiektu od kamery		
		100 cm	250 cm	500 cm
1	Obiekt_1	75	70	55
2	Obiekt_2	75	60	35
3	Obiekt_3	85	65	45

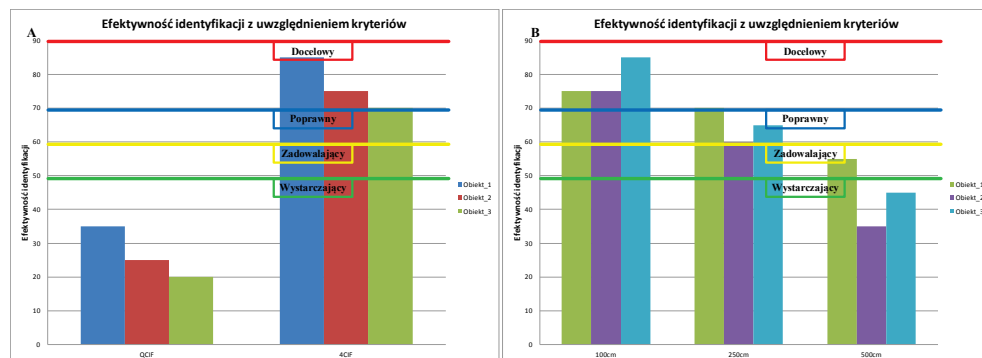
Tabela 3

Niezawodność wykrywania w funkcji rozdzielczości

Lp.	Badany obiekt	Rozdzielczość	
		QCIF	4CIF
1	Obiekt_1	35	85
2	Obiekt_2	25	75
3	Obiekt_3	20	70

Analizując otrzymane wyniki, stwierdzono, że poprawne wykrywanie i identyfikacja obiektów możliwe są nawet przy niewielkim oświetleniu, odległości od kamery czy rozdzielczości kamery. Biorąc pod uwagę ustalone kryterium efektywnej identyfikacji obiektu, należy zauważyć, że poziom poprawny możliwy jest do

uzyskania tylko w przypadku najwyższej rozdzielczości i przy niewielkich odległościach obiektu od kamery (rys. 6). Ale już zadowalające rezultaty możliwe są do osiągnięcia w większości analizowanych przypadków.



Rys. 6. Efektywność identyfikacji z uwzględnieniem przyjętych kryteriów (A – funkcja rozdzielczości sensora, B – funkcja odległości obiektu od kamery)

4. Wnioski

W artykule przedstawiono wyniki prac związanych z wdrożeniem systemu monitoringu wideo do skutecznej identyfikacji obiektów w obszarach przeladunkowych. Proponowane rozwiązanie prezentuje zaawansowany SM składający się ze stacjonarnych i mobilnych (UAV) sensorów wideo i sieci heterogenicznej. Przedstawiony w artykule problem badawczy dotyczył oceny skuteczności identyfikacji obiektów w opisywanym SM na podstawie dostępnych lub opracowanych metod wspomagających rozpoznawanie przedmiotów i zdarzeń. Wyniki eksperymentów potwierdzają, że proponowana koncepcja rozwiązania może być wykorzystana w rzeczywistym środowisku operacyjnym do identyfikacji zdarzeń i rozpoznawania obiektów, zapewniając wsparcie dla efektywnych procesów przeladunku. Jest to niezwykle ważne, szczególnie w przypadku rosnącej popularności usług logistycznych związanych z przechowywaniem, przeladunkiem i transportem towarów.

Uzyskane wyniki są wyznacznikiem dalszych badań nad stosowaniem SM w systemach transportowych.

5. Literatura

1. Borawski M.: Wykrywanie obiektów na obrazach, http://www.it.rsi.org.pl/dane/artykul_Borawski.pdf (access: 10.2018).
2. Częścik R.: Wykorzystanie bezpilotowych statków latających (UAV) dla potrzeb bezpieczeństwa państwa, *Kultura Bezpieczeństwa Nauka – Praktyka – Refleksje*, No. 15, 2015.
3. <http://sourceforge.net/projects/emgucv/files/> (access: 10.2018).
4. <http://www.codeproject.com/Articles/239849/Multiple-face-detection-and-recognition-in-real> (access: 10.2018).
5. Łubkowski P., Maślanka K. et al.: Wspieranie jakości realizacji usług monitoringu w środowisku heterogenicznym, *Przegląd Telekomunikacyjny*, Vol. 6, 2014.
6. Łubkowski P., Gref M.: Ocena jakości realizacji usługi monitoringu wideo z bezzałogowych statków powietrznych w środowisku heterogenicznym, *Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne*, Vol. 8-9, 2017.
7. Phantom 3 Professional Homepage, <http://www.dji.com/phantom-3-pro/info#specs> (access: 10.2018).
8. Sobczak M.: Implementacja i testowanie systemu identyfikacji osób wykorzystującego dane z monitoringu IP, WAT, Warszawa 2013.
9. Tadeusiewicz R., Korohoda P.: Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów, Wydawnictwo Fundacji Postępu Telekomunikacji, Kraków 1997.