

## Telewizja dozorowa w ochronie przeciwpożarowej

# Leśne kamery

Tekst i zdjęcia Andrzej Popielski



*W telewizyjnych migawkach zauważyliśmy nową metodę, jaką służby leśne zwalczają dzięki wysypiska śmieci oraz złodziei drewna. Używają do tego zamaskowanych w roślinności kamer w technologii bezprzewodowej uruchamianych czujnikiem ruchu. Ale telewizja w polskich lasach to już nie nowość, a zjawisko codzienne – głównie w zastosowaniach przeciwpożarowych. W systemie obserwacji terenów leśnych wśród wież dostrzegalni pożarowych jest 175 wież z systemem kamer CCTV (dane\* z września ub. roku, obecnie pewnie więcej).*

Telewizja dozorowa CCTV dokonała zmiany jakościowej w leśnym monitoringu przeciwpożarowym. Nie pogorszyła jakości obserwacji w porównaniu do możliwości wzroku ludzi z lornetkami, ale poprawiła zdecydowanie ich bezpieczeństwo, bowiem z tych dostrzegalni zesłali na ziemię. Wspinanie się po drabinkach na wieże, których platformy widokowe są wysoko nad koronami drzew, nie jest bezpieczne. Wiemy to, bo tam weszliśmy. Zaś pożar, który może w tempie pędzącej lokomotywy przemieścić się w pobliżu wieży, może postawić obserwatora w sytuacji bardzo niekomfortowej. Lepiej więc, żeby go zastępowała kamera. Poza tym taki system CCTV, jak inne systemy zabezpieczeń technicznych... nie męczy się, nie je i nie musi wyjść do toalety.

**Pokażemy działający w lesie telewizyjny system do ochrony ppoż. Nie przeciętny, ale wyróżniający się. Znaleźliśmy go na Podkarpaciu w powiecie lubaczowskim, niedaleko granicy z Ukrainą.**

W kwietniu br. zakończono realizację projektu pn. *Budowa systemu telewizji przemysłowej do monitoringu przeciwpożarowego lasów w Nadleśnictwach: Lubaczów, Jarosław, Narol, Oleszyce, Sieniawa*. Obserwuje on sześcioma kamerami na wieżach wielką powierzchnię ok. ćwierci miliona hektarów, w tym 100 tys. hektarów terenów leśnych (80 tys. lasów państwowych i około 20 tys. prywatnych). Różni go od innych polskich systemów kilka rzeczy. Typowy obsługuje jedną, czasami dwiema kamerami jedno nadleśnictwo – obraz ogląda człowiek w pobliskim wieży pomieszczeniu. Tu mamy chyba pierwszą w Polsce sytuację, gdy aż 5 nadleśnictw dogadało się ze sobą

\* doc. dr hab. Ryszard Szczygieł: *Skutki pożarów lasu i działalności prewencyjne* – raport z 20 września 2010 r.



w sprawie budowy wspólnego wizyjnego monitoringu ppoż. Przełożyło się to na korzyści, m.in. łatwiejsze uzyskanie pieniędzy z UE, bo projekt grupowy awansował do rangi poważnego, regionalnego. Koszt inwestycji ok. 1,9 mln zł pokryły w blisko połowie Fundusz Leśny i środki własne nadleśnictw – resztę dofinansowano z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Podkarpackiego. Są i kolejne zyski – w typowym modelu leśnego monitoringu ppoż. do obsługi 6 kamer na wieżach, w 6 niezależnych systemach, trzeba by zatrudnić 6 operatorów na zmianę. W opisywanym pracuje tylko jeden.

Nowatorski jest użyty polski system „Forester” służący do wczesnego wykrywania pożaru na terenach rozległych, w tym w lesie. To pierwszy zastosowany w praktyce w kraju system automatycznej detekcji dymu w obrazie z kamer. Mimo że jest automatyczny, to nie zastępuje człowieka, ale wspiera go, gdyż ma narzędzia informatyczne wspomagające reakcję. Jak powiedział nam przedstawiciel gliwickiej firmy MWM, która jest jego autorem, a także wykonawcą podkarpackiego monitoringu, zawiera wiele innowacji i jest w trakcie obejmowania ochroną patentową. Tego typu systemy częste nie są. W Europie, gdy mowa o nieeksperymentalnych komercyjnych użyciach, jest podobno po jednym w Niemczech oraz w Grecji.

### Jak to wygląda?

Leśny system telewizyjny ochrony ppoż. jest zadaniem wyrafinowanym technicznie. Wystarczy zdać sobie sprawę z rozległości i zróżnicowania terenu, rozproszenia elementów technicznych, konieczności transmitowania obrazu na dość dalekie odległości oraz z potrzeby zasilania urządzeń na wieżach. Są to miejsca w lesie, gdzie nie ma infrastruktury technicznej. Korzysta się z technologii radiowych, zasilania słonecznego, występują nietypowe trudności instalacyjne.

Powierzchnią ok. 250 tys. ha obserwuje w opisywanym systemie sześć kamer zamontowanych na stalowych wieżach dostrzegalni pożarowych w nadleśnictwach. W nadleśnictwie Jarosław, które ma duży teren, są dwie. Do inwestycji wykorzystano istniejące już wcześniej, ale nowoczesne konstrukcje dostrzegalni. Są to cztery wieże 40-metrowe – kolejna ma 30 m. Główny maszt w pobliżu centrum monitoringu (w leśnictwie nazywanym Punktem Alarmowo-Dyspozycyjnym – PAD) ma 60 m i stoi na górze o podobnej wysokości.

Obrazy z kamer oraz inne dane są transmitowane drogą radiową do

PAD koordynującego działanie systemu. To centrum znajduje się w leśniczówce Stare Siolo na terenie nadleśnictwa Oleszyce. Pracuje w nim człowiek wspomagany komputerowo – analizuje zagrożenia i w zależności od sytuacji koordynuje akcję zwalczania wykrytego pożaru. Program informuje operatora o każdym podejrzeniu, że obraz jest dymem. Automatycznie na mapie cyfrowej wskazuje miejsce alarmu. Co ciekawe, system precyzyjnie rejestruje także zachowanie obsługi, co w przypadku klasycznej obserwacji z wież w ogóle nie jest możliwe.

Prawie 80% powierzchni nadzorowanej jest widziane przez więcej niż jedną kamerę. To zwiększa skuteczność wykrywania. Zastosowane w „Foresterze” technologie, takie jak zaawansowana analiza obrazu do detekcji dymu, stabilizacja drgań obrazu czy „dowiązania” topograficzne lokalizujące alarm, stwarzają system, z którego można skutecznie sprawować nadzór w promieniu nawet 20 km (przy optymalnych warunkach atmosferycznych i przejrzystości powietrza).

### Budowa systemu

„Forester” jest zbudowany z zestawów (punktów) kamerowych, systemów teletransmisyjnych oraz oprogramowania do zarządzania obrazem.

Na zestaw kamerowy składa się głowica uchylno-obrotowa oraz moduł kamerowy. Przy takich inteligentnych systemach analizy stabilność urządzenia i jakość optyki mają ogromne znaczenie. Zastosowaną tu głowicę obrotową PTU (Flir) cechuje wyjątkowa precyzja pozycjonowania, wynosząca 0,006° – standardowe urządzenia pracują przeważnie z dokładnością ok. 1°.



Prędkość ruchu głowicy wynosi 100°/s, co pozwala błyskawicznie osiągnąć pozycję oglądową. Można stosować obiektywy o bardzo długich ogniskowych.

Głowice są sterowane za pomocą transmisji IP, co ułatwia integrację z systemami wizyjnymi. Moduły kamerowe firmy Sony (rozdzielczość HD – 2 Mpix, ale można zastosować inne) mają zintegrowany, wysokiej klasy obiektyw z 10x zoomem optycznym. Zintegrowane z kamerami wizyjne serwery IP mają różne standardy kodowania: wysoko wydajne H.264 czy gwarantujące wysoką jakość obrazu kodowanie MJPEG.

### Teletransmisja obrazu i sygnałów sterujących

System ma strukturę gwiazdową, użyto radiolinii punkt-punkt. Centralna wieża w Oleszycach w pobliżu PAD pełni funkcję punktu centralnego sieci radiowej. Są z niej promieniście poprowadzone linki radiowe. Każda wieża z kamerą ma na niej swoją antenę. W tej chwili transmitowany jest obraz HD w trybie „na żywo”, tj. 25 kl./s, najdłuższy link ma 30 km. Opóźnienia sterujące sygnału są niezauważalne dla operatora. Nie widzi tzw. efektu gumowego joysticka.

Wybór rozwiązania bezprzewodowego został wymuszony brakiem jakiegokolwiek infrastruktury teletechnicznej. Nierealne byłoby ciągnięcie do wież po 10 i więcej kilometrów światłowodu. System może wykorzystywać profesjonalne radiolinie licencjonowane i pracować – jak jest w tym przypadku – w bezpłatnych pasmach nielicencjonowanych. Wydajność jest na razie wystarczająca, ale pasmo nielicencjonowane to nie ideał. Niedawno na tym terenie doszło do burzliwego rozwoju Internetu i w prawie każdej wsi można się do niego podłączyć bezprzewodowo. Niestety zajmuje to pasma, z których korzysta system. Dzięki kompromisowym porozumieniom z miejscowymi dostawcami o niezamówianiu sobie częstotliwości na razie transmisja jest całkiem niezawodna i skuteczna (oczywiście pomijając inne pojawiające się czasowo w tej technologii kłopoty, np. z propagacją fal radiowych).

Zamawiający przewiduje podobno, że kolejne instalacje będą jednak pracować w pasmie licencjonowanym. Nieporównywalnie, zwłaszcza w zastosowaniach profesjonalnych, wzrasta bezpieczeństwo i wydajność – na jednym linku radiowym można osiągnąć przepustowość rzędu 400 Mb/s, tj. 20 razy wyższą niż obecnie.

Można rozbudować opisywany system o inne funkcjonalności, m.in. monitoring meteorologiczny, zbierający informacje np. dotyczące wilgotności ściółki leśnej – o kapitalnym znaczeniu w ochronie ppoż.

### Informatyka w systemie

Jest kilka podsystemów informatycznych do zarządzania obrazem. Jeden z modułów odpowiada za ręczne sterowanie zestawem kamerowym joystickiem, nie całkiem zwykłym, bo o sześciu stopniach swobody. Także oczywiście za tryb automatyczny, w którym głowice odzwierciedlają zaprogramowane trasy patrołowania (presety) lub przechodzą do zdefiniowanych punktów dozoru.

„Player” jest z kolei modułem odpowiedzialnym za odbiór transmisji wizyjnej i pokazywanie obrazu operatorowi. Obsługuje wyświetlanie obrazu w rozdzielczościach HD na monitorach wielkoformatowych (42"). W lesie dla niewprawnego oka często wszystko wygląda tak samo. Przed ekranem nie siedzi już wcześniejszy obserwator z jakiejś dostrzegalni (który miał to zajęcie z ojca na syna), teraz musi mieć pomoc. Oprogramowanie dostarcza operatorowi dodatkowych informacji, takich jak aktualny kierunek obserwacji, nazwy geograficzne i własne widzianych obszarów, numery oddziałów leśnych oraz dane dotyczące obiektów i miejscowości, nazwy tras patrolowych i presetów.



Moduł klienta to narzędzie przeznaczone do zarządzania alarmami generowanymi przez systemy detekcji dymu. Jest to pośrednik pomiędzy systemem detekcji dymu a użytkownikiem – narzędzie wspomaganie decyzji. System zbiera i prezentuje wszystkie przychodzące alarmy; do każdego podaje dane uzyskiwane automatycznie: czas wystąpienia i lokalizację w przestrzeni.

System dokonuje także oceny i obróbki alarmów, weryfikuje, czy jest to dym ze zjawiska niepożądanego np. wypalania łąk przy lesie, ale także np. towarzyszącego pracom leśnym (częste spalanie

gałęzi). Można wtedy wprowadzić blokadę czasową, by sprawdzić, czy dobrze zostały wygaszone. W procesie „uczenia” systemu wiedzy o nadzorowanym terenie, z określeniem cech charakterystycznych obszaru, wyłącza się z obserwacji (przez obrysowanie ramką) miejsca, co do których mamy pewność, że nie stanowią zagrożenia, np. są to zbiorniki wodne, szare skały, kominy...

Moduł kliencki umożliwia przechodzenie procedury alarmowej. Jeśli operator potwierdzi alarm, to na mapie cyfrowej może określić namiary. Dzięki temu, że w systemie jest więcej niż jedna wieża w rejonie, metodą triangulacji namiaru z dwóch sąsiednich można wyznaczyć precyzyjną lokalizację alarmu. W klasycznej, naocznej obserwacji, jeśli obserwator na wieży wykrył dym, rzadko kiedy mógł precyzyjnie określić jego lokalizację. Praktyka była taka, że kontaktował się z sąsiednimi nadleśnictwami, prosząc o weryfikację, czy z innych wież widać to samo. Czasem nie było innych wież, a czasem nie było widać, bo usytuowanie tych dostrzegalni nie jest optymalne. Teren wymusza budowę w najwyższej lokalizacji, ale nie-



koniecznie w odpowiedniej odległości od takiej metody triangulacyjnej.

W opisywanym systemie jest sześć kamer zintegrowanych jednym oprogramowaniem. Jednym naciśnięciem przycisku możemy odczytać namiary ze wszystkich. Można na podejrzane miejsce spojrzeć najbliższymi kamerami. Operator kolejnymi ruchami joysticka naprowadza na właściwe miejsce na przecięciu dwóch linii namiarowych – kliknięciem myszy na ekranie oznacza miejsce alarmu. System automatycznie odczytuje współrzędne GPS i robi formatkę alarmu, która jest przekazywana do służb reagujących. Taka



formatka zawiera zdjęcie, informacje o godzinie wystąpienia i namiarze, ma numer oddziału leśnego – to ważne, bo każdy ma dokładnie opisane w scenariuszu pożarowym, jakimi drogami do niego dojechać.

### System automatycznej detekcji dymu w obrazie

To jest faktyczne serce systemu. System detekcji dymu bazuje na obrazie nieskompresowanym, pochodzącym bezpośrednio z modułów kamerowych. Działa bezpośrednio na wieżach, na których są zainstalowane specjalne komputery przemysłowe przystosowane do pracy w warunkach zewnętrznych, de facto to element dodatkowy do modułu kamerowego. Głównie chodzi o to, by opóźnienie w transmisji obrazu było jak najmniejsze, gdyż w systemie analizy ma to zasadnicze znaczenie.

I właśnie ten podsystem umożliwia wprowadzenie nowej organizacji nadzoru i pracy PAD-u – operator może nadzorować obrazy z 6 do 8 kamer równocześnie. System wspomaga pracę operatora, który podejmuje decyzję o alarmowaniu, a wcześniej działania weryfikujące. Systemowy interfejs wyświetla mu informacje o obszarach, w których system określił prawdopodobieństwo wystąpienia dymu powyżej pewnych wartości granicznych.

Metoda działania systemu jest przedmiotem zgłoszenia patentowego. Ale w dużym uproszczeniu jego działanie można opisać tak: W pierwszej kolejności są poszukiwania obszaru, który wygląda jak dym. Potem system dokonuje rozróżnienia granicy pomiędzy niebem a ziemią. Chodzi o to, czy obszar dymu jest dymem na tle nieba, czy dymem na tle ziemi. To umożliwia łatwe wykluczenie chmur, często przypominających dym.

Kolejna jest weryfikacja, czy wskazwane miejsce znajduje się w obszarach naszego zainteresowania, czy np. w obszarach a priori wyłączonych z obserwacji.

Następnym kryterium jest weryfikacja czasowa. Oceniane jest, czy zjawisko zmienia się w czasie i jak. Np. szybkie zmiany sugerują dym, zmiany wolne lub brak – dużą chmurę, która bywa mniej dynamiczna. To są początki..., używa się analizy chromatycznej, czyli szukania w obrazie pikseli odpowiednich kolorów, filtrów analizujących zmiennych w czasie itd.

### Skuteczność i fałszywe alarmy

System analizy „Forester” ma wspomniane już narzędzia poprawiające skuteczność i zmniejszające liczbę fałszywych alarmów, takie jak elastyczna definicja obszarów detekcji, zmienne harmonogramy konfiguracyjne filtrów analizy obrazu, automatyczna detekcja linii horyzontu, blokowanie obszarów zakłócających.

W zależności od wielkości obszaru dymu i odległości skuteczność analitycznego algorytmu osiąga obecnie 80%, oczywiście w warunkach optymalnych. Ważną sprawą są fałszywe alarmy. Problemów utrudniających ocenę, bo zakłócających algorytm działania, może być bardzo wiele, np. poruszający się rój owadów na osłonie obiektywu kamery. Fałszywe alarmy wywoływały krople wody – stworzono specjalny algorytm zakładający, że kropla wody porusza się w określony sposób lub się nie porusza. Fałszywe alarmy wynikają też ze specyfiki obszaru. Las nigdy nie jest obszarem jednolitym, choć często tak wygląda. Są w nim takie elementy naturalne, jak stawy, jeziora lub jakieś fragmenty skał o kolorze zbliżonym do szarości, które przez system mogą być rozpoznawane jako obszary podejrzane.

Inna sprawa – zupełnie inaczej płoną łąki wypalane w okresie wiosennym, ina-

czej jesienią. Inną charakterystykę ma pożar lasu liściastego, w którym jest bardzo duży udział pary wodnej z liści – niż lasu iglastego, w którego dymie jest mnóstwo substancji żywicznych. W zależności od oświetlenia kolor lasu wiosennego zmienia się od jasnej do głębokiej zieleni, która pod kątem, z pewnej odległości jest widziana jako kolor ciemnoszary.

Z technicznego punktu widzenia ważne jest znalezienie tzw. złotego środka. Dążenie do ograniczenia fałszywych alarmów automatycznie powoduje obniżenie progu wrażliwości algorytmu, co z kolei może obniżyć skuteczność wykrywania. W skrajnych przypadkach można doprowadzić do tego, że system nie generuje fałszywych alarmów, ale nie zauważa też zjawiska alarmowego. Można również wykrywać każdy podejrzany dym, ale liczba fałszywych alarmów, generowanych przez nadczuły system, będzie tak duża, że stanie się nieużyteczny z powodu niemożności obróbki tych wszystkich danych.

W trakcie funkcjonowania system dostrajano tak, że ma poziom poniżej dwóch fałszywych alarmów na godzinę – warunki przetargowe mówiły o wielkości poniżej 20 fałszywych alarmów na godzinę. Osiągnięto wynik 10 razy lepszy. Chyba będzie go już trudno poprawić, zresztą tyle fałszywych alarmów nie powoduje specjalnych trudności w funkcjonowaniu.

### Zasilanie słoneczne

Ciekawostka – pięć z sześciu wież, na których są kamery, jest zaopatrywanych w energię elektryczną za pomocą ogniw fotowoltaicznych. Na każdej wieży zain-



stalowano panele słoneczne o mocy blisko kilowata. Praktyka pokazała, iż system solarny był tak wydajny, że pomimo niespecjalnie słonecznego lata bez zarzutu zasiliał kamerę, system detekcji dymu (pobierający znaczną ilość energii), systemy teletransmisji oraz SSWiN na wieży (tj. centralę alarmową i czujki ruchu). Energia pochodząca z paneli słonecznych jest gromadzona w dwóch akumulatorach żelowych o pojemności 450 A/h. Według obliczeń firmy instalującej MWM wystarczają na prawie dwa tygodnie. System pobiera zdecydowanie mniej energii, niż zakładał projektant. Ale to tylko poprawia bezpieczeństwo energetyczne.

Na wieży widać trzy panele solarne i czwarty (najwyżej zamontowany), osłonięty przed soplami. Daje to w sumie ok. 15 m<sup>2</sup> powierzchni... jak żagiel. Na dodatek panele są zamontowane z jednej strony wieży. Wieże dostrzegalni pożarowych nie były projektowane do takich zadań. Wyglądało w symulacji, że na skutek parcia ciężaru ich konstrukcji oraz uderzeń wiatru mogą się nawet zawalić.

Zdecydowano o ich wzmocnieniu, wykonaniu fundamentów betonowych pod mocowanie kotwami odciągowymi. Bloki prefabrykowane w Rzeszowie i przewożone samochodami. U stóp każdej wieży wkopano cztery, każdy o masie ponad 4,5 tony – Należało przewieźć, czasem po leśnych wertepach, po 18 ton konstrukcji. To był ciężki problem instalacyjny!

\*\*\*

Zbierane są wnioski po zakończeniu pierwszego sezonu. Wiadomo co trzeba udoskonalić. Wiadomo też np. że korzystanie dla CCTV z istniejących wież dostrzegalni – budowanych do innego rodzaju obserwacji – nie musi być modelowym rozwiązaniem. Przez cały sezon nie było ani jednego większego pożaru. Ale system nie jest zaprojektowany do spektakularnego wykrywania 10-metrowych płomieni, ale najwcześniejszych oznak pożaru, jakim jest słabo widoczny dym – czyli pracy w sferze prewencyjnej. I przecież o to chodzi. □

