امکان‌سنجی و طرح یک سامانه پایشی سانحه زلزله با استفاده از پهپاد (پرنده هدایت‌پذیر از دور) و سنجنده‌های تصویربردار اپتیکی مناسب

بابک منصوری
دانشیار پژوهشکده مدیریت خطرپذیری و بحران mansouri@iiees.ac.ir

کامبد امینی حسینی، زیبا ابراهیمیان

روند توسعه سیستم‌های پایشی سوانح طبیعی و بکارگیری از فناوریهای پیشرفته شاهد جهش‌های روز افزون بوده است. یکی از مهم‌ترین و پیشرفته‌ترین سیستم‌هایی که اخیراً مورد توجه کشورهای مختلف جهان قرارگرفته است سیستم‌های پایشی هوابرد بدون سرنشین می‌باشد. امروزه این فناوری به عنوان ابزاری لازم و مهم در خدمت مسؤولین و برنامه‌ریزان مدیریت بحران و تصمیم‌گیران در سوانح طبیعی و انسان ساخت تلقی می‌گردد. هزینه عملیاتی این سامانه‌ها غالباً کم بوده و براحتی در شرایط صعوبت عبور و دسترسی قابل بکارگیری و مؤثر می‌باشد.

در کاربرد مدیریت بحران سوانح، این گونه سیستم‌های پایشی هوابرد بدون سرنشین ترجیحاً با ارتفاع پروازی کم و کوتاه برد می‌باشند. معمولاً سیستم هوابرد متشکل از یک هواپیما (بال ثابت) یا نوعی از کوپترها (بالگرد) می‌باشد که قابلیت پرواز پایدار را برای مدت چند دقیقه تا چند ساعت را داشته باشد. سیستم پروازی شامل حسگرها و کنترل‌کننده‌های دقیق موقعیتی و مسیریابی می‌باشد که علاوه بر قابلیت هدایت از دور سامانه پروازی بروش رادیو کنترل، پهپاد در حالت خلبانی خودکار (Auto Pilot) نیز قرار می‌گیرد و مسیری از قبل مشخص را می‌پیماید. قابلیت تصحیح و تغییر مسیر پروازی توسط ایستگاه‌های زمینی نیز وجود داشته و یا با سیستم‌های هوانوردی-رهیابی (Navigation) برنامه پروازی دینامیک قابل انجام است. همچنین در روش خلبانی به روش شبیه‌سازی دید از داخل هواپیما یا (First-Person View – FPV) یا (Remote Person View-RPV)، ناوبری از طریق ارسال تصاویر ویدئوی همزمان انجام‌پذیر است.

در این پژوهش، علاوه بر بررسی و امکان‌سنجی و معرفی سامانه یا سامانه‌های مناسب پروازی بعنوان پلاتفرم هوایی، سنجشگرهای مختلف شامل دوربین‌های اپتیکی مناسب به صورت تک باند یا چند-باند مورد مطالعه قرار گرفتند. همچنین سنجنده‌های لایدار و راداری نیز برای این‌گونه سامانه‌ها مورد تشریح قرار گرفتند. این حسگرها باید قدرت تفکیک بسیار بالا(Very High Resolution – VHR) و کم حجم (Compact) و سبک بوده که به سهولت در زیر پلاتفرم نصب گردد. به علاوه، سیستم مخابراتی که قابلیت ارسال تصاویر به صورت همزمان (Online and Real-Time) به ایستگاه‌های زمینی را دارا باشد بررسی و سامانه مناسب قابل اجرا معرفی گردید. با در نظر گرفتن شرایط و امکانات قابل حصول در کشور و بررسی نیاز سازمان‌های ذیربط، انتخاب و توسعه یک سیستم کارآی پایشی هوابرد بدون سرنشین برای عملیات مدیریت سوانح پیشنهاد گردید. طبق نیازسنجی انجام شده از سازمان‌های اجرایی و عملیاتی، گونه انتخابی پهپاد از خانواده کوپترها یا مولتی روتور عمود پرواز و عمدتاً از نوع کوادکوپتر یا هگزاکوپتر می‌باشد. موتور یا پیشرانه از نوع موتورهای الکتریکی و قابلیت پرواز نیم ساعت تا

Feasibility Study and Proposing an Effective Disaster Monitoring System Using UAV (Unmanned Aerial Vehicle) Platforms and Suitable Optical Imaging Sensors

Babak Mansouri
Associate Professor, Risk Management Research Center
mansouri@iiees.ac.ir

Kambod Amini-Hosseini, Ziba Ebrahimian

Dedicated advanced technologies for disaster monitoring and built environment observation are being developed with escalating trend. One of such advanced and highly successful systems is recognized as Unmanned Aerial Vehicle (UAV). This technology is regarded as an essential tool for decision makers, disaster management commanders and authorities in natural and human made disasters. The costs of operation for such systems are relatively low, feasible and effective in adverse conditions.

In many disaster and emergency management cases, such unmanned aerial monitoring systems can be low altitude and low range. The ideal UAV system, either airplane (fixed wing) or rotorcraft, provides stable flight for a few minutes to several hours for disaster monitoring applications. The flight system includes sensors and exact positioning and pathway controllers/trackers in addition to manual radio control and/or autopilot capabilities. The system is capable for flight path correction from ground station or it is furnished with programmable dynamic navigation. Also, Remote Person View (RPV) or First-Person View (FPV) techniques are being implemented for UAVs where the ground controller can see the simulated view of a pilot from the cockpit in order to navigate through the scene or to monitor the actual consequences of the event as they develop.

In this research, in addition to studying the systems and the feasibility of UAVs as an aerial platform, different onboard sensors and their communications are also explored. An ideal optical imaging sensor must have very high spatial resolution that can be mounted in controllable gimbals. Moreover, the aerial vehicle must have real-time and down-link wireless communication abilities. Considering the needs and the feasibility/possibilities in acquiring such systems for the disaster management sector of the country, candidate systems and their subsystems have been selected and discussed. For the selected system, it was suggested to utilize electrical motors with the capability of flight endurance of about half an hour to one hour and four sorties per day. For the Mini UAV or MUAV systems the cost of

unesco
Category 2 Centre under the auspices of UNESCO
RCECWA
Regional Education and Research Center on Earthquake Risk Management and Resilience for West and Central Asia
International Institute of Earthquake Engineering and Seismology

around several thousands to ten thousand euros is suggested. Also, it is required to have an operational crew comprising of one pilot and between one to three operators with the capabilities of auto-piloting, collision prevention, Return To Home and other Fail Safe options. In general, considering the availabilities and the feasibilities of utilizing lightweight sensors and cameras, as such the need for utilizing optical, thermal, multi-spectral, hyper-spectral, stereo-optical, LIDAR, SAR (high resolution radar) were mentioned. Nevertheless, the utilization of multi spectral optical cameras and utilization of true color images were emphasized. High spatial resolution multispectral image acquisition along with simultaneous movie recording has been sought as well. The vehicle must be capable of supporting a payload between one to three kilograms where the combination of the camera and the gimbal system can be attached to the platform. The gimbal system is a requirement since it can steer in a controllable manner and also can lock on a target while hovering or moving along the course of flight. The camera must record all the picture and movie shots inside its internal memories for post-mission download and also be able to send to data via a downlink digital communication for the sake of online monitoring and data storage.

Considering the great progresses and development in different aspects of UAV technologies in the country, mostly in the area of tactical UAV or TUAV enjoying a flight range of 100 to 300 kilometers or even benefiting from MALE (Medium Altitude Long Endurance) UAVs (range of about 500 kilometers and 24 hours of continuous operation), such systems could be evenly benefited in natural disaster situations. These aerial vehicles possess fixed wings and since they have a relatively higher speed, they can provide larger coverage and access remote places. These enjoy advanced flight control systems, high-end sensors/cameras and state of the art communications. The technology and related infrastructures have been already developed and operational for military purposes, but it is suggested to be employed for large events such as disastrous earthquakes. As said earlier, typical advanced UAV compatible sensors or cameras (Multispectral optical, thermal, LIDAR, SAR, etc…) could weigh less than a kilogram to about 5 kilograms and can be adequately installed and operated remotely.

Keywords: Disaster management, Disaster response, UAV, Drone, Sensor

یک ساعت و حداقل ۴ ساعت در روز در شرایط لازم توصیه گردید. برای پهپادهای کوچک یا MUAV، صرف هزینه چند هزار تا ده هزار یورو مطلوب می‌باشد. الزام به خلبان و اپراتور بین ۱ تا ۳ نفر و قابلیت‌های ناوبری خودکار و امکانات جلوگیری از برخورد و بازگشت خودکار به ایستگاه است. در کل، نیاز به انواع حسگرها و دوربین‌های مورد مطالعه (اپتیکی، لایدار، رادار SAR، دوربین‌های حرارتی، چند باده، اپتیکی استریو، ابر طیفی) وجود دارد ولی لزوم استفاده از دوربین‌های اپتیکی و تصاویر رنگی (چند طیفی) بارزتر می‌باشد. به دلیل امکانات و تجربیات و موارد استفاده بر حسب اولویت کاربرد و کارآیی با در نظر گرفتن کلیه شرایط موجود و قابل دسترس و میزان تجربه و دانش کاربران، بترتیب تصاویر اپتیکی پانکروماتیک و رنگی (با قابلیت فیلمبرداری) چند طیفی شامل حسگرهای حرارتی و نیز سیستم‌های لایدار مفید خواهند بود. قابلیت تصویربرداری رنگی (چند بانده) با وضوح مکانی بالا و فیلمبرداری همزمان از نکات مورد لزوم می‌باشد. تصویربرداری با گیمبال یا سامانه پایدارسازی جهات قراول روی دوربین و کنترل حرکات دوربین، دارا بودن قابلیت ارسال و نمایش همزمان فیلمبرداری و ثبت فیلم و عکس با کیفیت بالا در حافظه پهپاد برای دسترسی بعد از فرود به منظور انجام پردازش‌های تکمیلی و نیاز به قابلیت حمل محموله یک کیلوگرم تا سه کیلوگرم نیاز کلی بیان شده است.

با توجه به پیشرفت‌های چشمگیر کشور در توسعه سامانه‌های پهپادهای پیشرفته مخصوصاً در رده پهپادهای برد متوسط و تاکتیکی TUAV (برد پروازی بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ کیلومتر) و حتی امکان توسعه در رده‌های بالاتر مانند پهپادهای ارتفاع متوسط و مداومت پروازی بالا MALE (برد حدود ۵۰۰ کیلومتر و قابلیت پروازی ۲۴ ساعته)، جا دارد امکانات و قابلیت استفاده از سیستم‌های فوق در حوزه مدیریت شرایط اضطرار مهیا گردد. سامانه‌های پروازی مورد نظر از نوع بال ثابت مانند هواپیما می‌باشند که به دلیل سرعت پروازی نسبتاً بالا، قابلیت پوشش و اخذ اطلاعات از مکان‌های دوردست و مسافت‌های زیاد را دارد. این پرنده‌ها دارای سامانه‌های پیشرفته، تخصصی و دقیق هدایت پرواز و اخذ اطلاعات از زمین و مخابرات هستند. از آنجا که چنین امکاناتی برای مصارف نظامی و با هزینه‌های بالا، در کشور عملیاتی و مهیا شده‌اند و همچنین اشاره به این مطلب که همواره در سوانح مهم جهان، قوای نظامی از ارکان پاسخ اضطراری به بلایای طبیعی می‌باشند، لزوم ورود و استفاده از چنین بسترهایی در بلایای طبیعی و بهره مندی از اینگونه فناوری‌های نظامی (با ماهیت چند منظوره بودن) در بخش غیرنظامی منطقی و لازم بنظر می‌رسد. همان‌طور که در بخش‌های قبل اشاره شده است، انواع دوربین‌ها (اپتیکی، چند طیفی، ابر طیفی) و حسگرها (لایدار، رادارهای با رزولوشن ترکیبی- مصنوعی SAR) با کارآیی بسیار بالا و اوزان مناسب (مثلاً از چند صد گرم تا ۵ کیلوگرم شامل زیر سیستم‌های نشانه‌روی و تنظیم/تثبیت جهات) قابل حصول و در دسترس می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: پایش محیط مصنوعی، مدیریت بحران، پاسخ سوانح، پهپاد، حسگر