

Skąd się bierze sekunda

MACIEJ M. KASPEREK

Jakiego zasięgu wykrycia wymaga antydronowa procedura z człowiekiem w pętli decyzyjnej i skąd się bierze liczba dziewięćdziesięciu sekund.

W polskiej debacie o ochronie infrastruktury krytycznej przed dronami wraca jedna liczba. Między wykryciem a neutralizacją jest około dziewięćdziesięciu sekund, przy założeniu, że cel zostaje wykryty mniej więcej dwa kilometry od obiektu. Tę liczbę łatwo odtworzyć. Dwa tysiące metrów podzielone przez dziewięćdziesiąt sekund daje 22,22 metra na sekundę, czyli dokładnie osiemdziesiąt kilometrów na godzinę. To zaokrąglona odległość podzielona przez zaokrągloną prędkość przelotową. Źródła, które przejrzelśmy, nie podają na jej poparcie ani pomiaru, ani doktryny.

Ma to znaczenie, bo czas, którym obrona dysponuje na reakcję, czyli jej budżet czasu, nie jest stałą przyrody. Jest funkcją dwóch rzeczy, z których każdą kontroluje kto inny. Zasięg wykrycia kupuje się za pieniądze, a prędkość celu wybiera ten, kto wysyła drona. Przy dwóch kilometrach cel o małej prędkości zostawia około dwustu sekund, a cel o dużej prędkości bliżej czterdziestu pięciu.

JAKIEGO ZASIĘGU POTRZEBUJE PROCEDURA Z CZŁOWIEKIEM W PĘTLI

Odwróćmy pytanie. Zamiast pytać, ile trwa taka procedura, zapytajmy, jakiego zasięgu wykrycia by potrzebowała, żeby zdążyć w dziewięciu przypadkach na dziesięć. Odpowiedź zależy od dwóch kroków wykonywanych przez ludzi, weryfikacji legalności lotu i decyzji o działaniu. Tabela zmienia medianę weryfikacji w całym jej zakresie, a medianę decyzji utrzymuje na poziomie 45 sekund. Mediana to czas, w którym kończy się połowa przypadków.

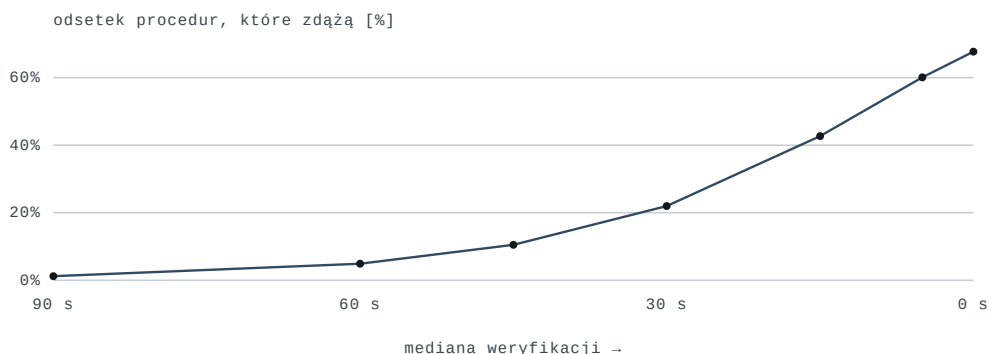
Mediana weryfikacji Cel o małej prędkości Cel o średniej prędkości Cel o dużej prędkości

90 s	2,7 km	5,7 km	12,0 km
60 s	2,2 km	4,6 km	9,5 km
45 s	2,0 km	4,0 km	8,4 km
30 s	1,7 km	3,5 km	7,4 km
15 s	1,5 km	3,1 km	6,5 km

Zasięg wykrycia wymagany, żeby procedura z człowiekiem w pętli zdążyła w dziewięćdziesięciu procentach przypadków, według klasy celu i mediany weryfikacji, przy medianie decyzji 45 sekund. Model poglądowy.

CO SIĘ DZIEJE NA DWÓCH KIŁOMETRACH

Ustalmy zasięg na dwóch kilometrach i weźmy cel o średniej prędkości. Ten sam model poda wtedy prawdopodobieństwo, że procedura zdąży przed uderzeniem.



Prawdopodobieństwo, że procedura z człowiekiem w pętli zmieści się w budżecie czasu przy wykryciu z odległości dwóch kilometrów. Cel o średniej prędkości, mediana decyzji 45 sekund, model poglądowy.

Gdy mediana decyzji wynosi 45 sekund, nawet przy natychmiastowej weryfikacji zdążają tylko dwie trzecie procedur. Na dwóch kilometrach liczy się suma dwóch median, weryfikacji i decyzji. Do około 25 sekund zdąża ponad 93 procent procedur. Przy 30 sekundach jest to od 88 do 92 procent, zależnie od tego, jak czas rozkłada się między oba kroki.

DANE WEJŚCIOWE MODELU

Model łączy osiem kroków procedury z człowiekiem w pętli. Kroki odpowiadają w głównych punktach procedurze reakcji pracowników ochrony infrastruktury krytycznej, którą opisał Grzegorz Matyasik z Instytutu Wschodniej Flanki. Każdy krok ma medianę i rozkład logarytmiczno-normalny, u ludzi szerszy niż u maszyn. Tabela podaje też 90. centyl, czyli czas, w którym kończy się dziewięć przypadków na dziesięć. Dla decyzji o użyciu środka model przyjmuje medianę czasu, w którym dyspozytor policji nadaje zgłoszeniu priorytet (Warner i in. 2014). Weryfikacja jest krokiem niepewnym, dlatego tabela i wykres wyżej zmieniają jej medianę od zera do dziewięćdziesięciu sekund.

	KROK	MEDIANA	90. CENTYL
Wykrycie i śledzenie		2,0 s	2,8 s
Klasyfikacja		1,0 s	1,4 s
Ręczna weryfikacja legalności lotu		0–90 s	0–171 s
Sprawdzenie przesłanek prawnych przez człowieka		15 s	28 s
Decyzja o użyciu środka		45 s	85 s
Przekazanie decyzji wykonawcy		5,0 s	6,9 s
Podjęcie działania		10 s	19 s
Dolot i skutek		0,5 s	0,7 s

Prędkości celów to 10, 21 i 44 metry na sekundę. Dwie pierwsze to prędkości maksymalne, które DJI podaje dla modeli Agras T50 i Mavic 3. Trzecia jest wartością poglądową dla szybkiego drona FPV. Wymagany zasięg to prędkość celu pomnożona przez czas, w którym kończy się dziewięć procedur na dziesięć. Prawdopodobieństwa pochodzą z symulacji Monte Carlo, w której kroki losowane są niezależnie od siebie. Tabela używa 4000 losowań na każde 100 metrów zasięgu, a wykres 20 000 losowań na punkt, oba przy stałym ziarnie losowania.

CZEGO TEN RACHUNEK NIE MÓWI

Model nie mówi nic o żadnym konkretnym produkcie i nie twierdzi, że automatyzacja jest jedyną odpowiedzią. Podaje warunek liczbowy zamiast werdyktu. Procedura z człowiekiem w pętli działa przy odpowiednio dużym zasięgu albo wobec celu o odpowiednio małej prędkości, a tabela mówi, ile jednego i drugiego trzeba.

Deklaracja konfliktu interesów. Autor jest założycielem zespołu startupowego Silesian Advanced Systems, który rozwija autonomiczny system antydronowy. Daje mu to interes komercyjny w tym temacie. Model i jego dane wejściowe są opublikowane, żeby rozumowanie dało się sprawdzić niezależnie.

Kod modelu i dane wejściowe (ZIP, Python)

ŹRÓDŁA

1. DJI. b.d. „DJI AGRAS T50 FAQ.” ag.dji.com. <https://ag.dji.com/t50/faq>
2. DJI. b.d. „DJI Mavic 3 Classic Specs.” dji.com. <https://www.dji.com/mavic-3-classic/specs>
3. InfoSecurity24. 2026. „Ochrona infrastruktury krytycznej przed dronami. Co się zmieniło?” 28 lipca. <https://infosecurity24.pl/bezpieczenstwo-wewnetrzne/ochrona-infrastruktury-krytycznej-przed-dronami-co-sie-zmienilo>
4. Matyasik, Grzegorz. 2026. „Czy obiekty infrastruktury krytycznej są chronione przed dronami?” Instytut Wschodniej Flanki, 27 lipca. <https://wschodniaflanka.pl/czy-obiekty-infrastruktury-krytycznej-sa-chronione-przed-dronami/>
5. Warner, Dave, Shaun Messinger, Chris Knight, Greg Scott, Jeff Clawson, Isabel Gardett, Tracey Barron i in. 2014. „Characterization of Call Prioritization Time in a Police Priority Dispatch System.” Annals of Emergency Dispatch & Response 2 (2): 17–23. <https://www.aedrjournal.org/characterization-of-call-prioritization-time-in-a-police-priority-dispatch-system>

Wersja do druku, aktualna wersja online: <https://silesianadvanced.systems/analyses/time-budget/?lang=pl>