

Monitorowanie Balistyki i Warunków Pogodowych:

Cztery Wymagania Dotyczące Poprawy Dokładności Na Dalekich Zasięgach

Biała Księga Dotycząca Systemów Firmy Intellisense



 **Forcepol**

Przedstawicielstwo w Polsce:

Forcepol sp. z o.o.

ul. Modlińska 190, 03-119 Warszawa

www.forcepol.com office@forcepol.com

tel. +48 506 502 900

 **intellisense**
SYSTEMS

Wprowadzenie

Przed przystąpieniem do zwalczania celu należącego do przeciwnika wszystkie rodzaje sił podległe Departamentowi Obrony USA muszą wziąć pod uwagę pięć wymagań:

1. Dokładna lokalizacja celu
2. Dokładna lokalizacja pozycji ogniowej
3. Dokładne informacje o systemie uzbrojenia
4. Dokładne informacje meteorologiczne
5. Dokładne procedury obliczeniowe

Czwarte z wymienionych wymagań, czy dane meteorologiczne, mogą zmienić się w jednej chwili i mieć ogromny wpływ na warunki balistyczne, szczególnie w przypadku broni dalekiego zasięgu, która musi wykonywać strzelanie na maksymalnym skutecznym zasięgu użycia uzbrojenia. Oprócz wsparcia w ramach koncepcji Połączonego Dowodzenia i Kierowania w Ramach Wszystkich Domen (Joint All Domain Command and Control, JADC2), to dokładne dane pogodowe dla precyzyjnego prowadzenia strzelania na dalekim zasięgu i dane balistyczne dla dużego kalibru umożliwiają trafienie celu pierwszym pociskiem i zwiększenie skuteczność rażenia sił zbrojnych.

Oprócz śledzenia kluczowych parametrów pogodowych, takich jak temperatura, wilgotność, ciśnienie i prędkość wiatru, technologia ta musi również radzić sobie z różnymi zagrożeniami środowiskowymi i operacyjnymi, w tym udarem balistycznym, piaskiem i pyłem, śniegiem i lodem, promieniowaniem słonecznym oraz zakłóceniami elektromagnetycznymi.

W niniejszym opracowaniu przeanalizowano cztery wymagania dotyczące technologii wykrywania warunków pogodowych, które wspierają wypracowanie danych balistycznych do prowadzenia dalekonośnego strzelania z wykorzystaniem uzbrojenia dużego kalibru. Prezentuje ono również kilka rozwiązań z zakresu tych czterech czynników, którymi są:

1. Rozdzielczość obserwacji pogodowych
2. Wielokrotne obserwacje pogodowe na trasie przelotu pocisków
3. Wysokość położenia stacji i celu
4. Wytrzymałość i odporność systemu

Czynnik #1: Rozdzielczość Obserwacji Pogodowych

Nowoczesne balistyczne systemy uzbrojenia, takie jak Czołgi Podstawowe Pola Walki, przed wystrzeleniem pocisków wykorzystują System Kierowania Ogniem (Fire-Control System, FCS) do szybkiego zbierania danych dotyczących pięciu wymagań i wykonywania niezbędnych obliczeń. Systemy te integrują zaawansowane technologie wykrywania oparte na częstotliwościach radiowcy, radarach i LIDAR, aby skrócić czas potrzebny do zebrania informacji, namierzenia celu i określenia rozwiązania w zakresie użycia uzbrojenia (Znajdź, Określ Pozycję i Zakończ).

Istnieje jednak luka w aspekcie obserwacji pogody w tych systemach. W wielu przypadkach wykorzystują one dane satelitarne lub obserwacje regionalne do ekstrapolacji danych meteorologicznych dotyczących ich lokalizacji. Niestety, dane satelitarne nie zapewniają wystarczająco wysokiej rozdzielczości i wymagają dużej szerokości pasma dla systemów manewru taktycznego.²

Bliskość i dokładność tych parametrów pogodowych ma kluczowe znaczenie dla zapewnienia, że broń dalekiego zasięgu trafi w zamierzony cel już przy pierwszej próbie. Pięć parametrów pogodowych wyszczególnionych w następnej sekcji pokazuje, w jaki sposób warunki pogodowe mogą wpływać na celność systemów uzbrojenia dalekiego zasięgu.

Prędkość i Kierunek Wiatru

Prawdopodobnie największą przeszkodą w celności prowadzenia ognia, są prędkość i kierunek wiatru, które łatwo mogą zmienić trajektorię balistyczną. Wiatry czołowe i tylne mogą zmniejszać lub zwiększać zasięg pocisku dużego kalibru, podczas gdy wiatry boczne mogą w czasie lotu odchylić pociski w prawo lub w lewo od zamierzonych celów. Obecne FCS muszą być w stanie brać pod uwagę dokładne obserwacje prędkości i kierunku wiatru, aby uwzględnić te siły. Rysunki 1 i 2 pokazują wpływ, jaki wiatr boczny i tylny o prędkości 20 węzłów może mieć na 155-milimetrowy pocisk na zasięgu 11 000 metrów (36 000 stóp).¹

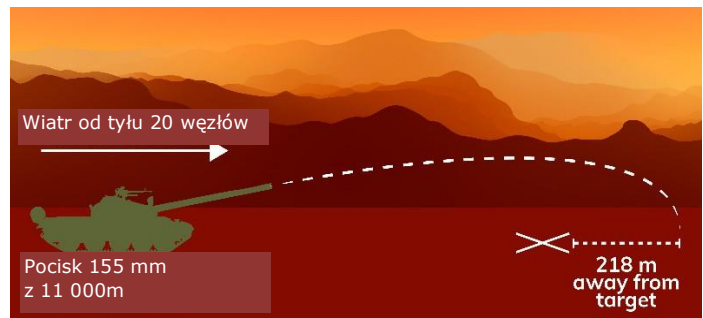
Temperatura, Ciśnienie Barometryczne i Wilgotność

Cała balistyka podlega podlegają oporowi powietrza, ale wielkość tego oporu zależy od temperatury, wilgotności względnej i ciśnienia barometrycznego. Te parametry środowiskowe określają gęstość powietrza, która bezpośrednio koreluje z wielkością oporu, jaki napotyka pocisk na swojej drodze do celu.

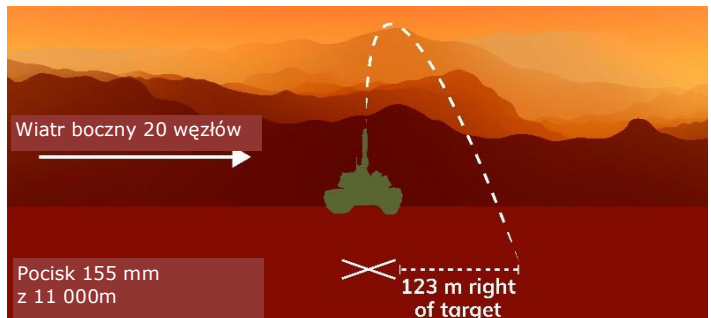
Operatorzy systemów uzbrojenia muszą uwzględniać wszystkie trzy parametry pogodowe, ponieważ indywidualnie wpływają one na trajektorię balistyczną. Na przykład temperatura określa prędkość fal sprężania powietrza, które tworzą się przed i za pociskiem. Te fale sprężanego powietrza poruszają się z prędkością dźwięku, a dokładny związek między temperaturą powietrza a oporem balistycznym jest trudny do ustalenia. Z tego względu istotne jest określenie dokładnych odczytów temperatury otoczenia w najbliższej okolicy. Jak pokazano w przewodniku artylerii polowej armii amerykańskiej na Rysunku 3, 5-procentowa różnica temperatur może zmienić trajektorię pocisku nawet o 60 metrów (196,8 stopy).¹

Podobnie wyższe ciśnienie barometryczne spowalnia pociski i zwiększa ich ekspozycję na siły grawitacji. Z tego samego przewodnika artylerii polowej, Rysunek 4 pokazuje, że 5-procentowe odchylenie ciśnienia barometrycznego może zmienić trajektorię pocisków o prawie 200 metrów (656,1 stopy).¹

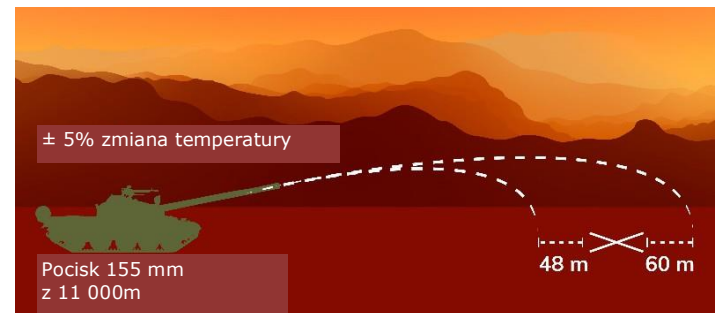
W rezultacie FCS musi zbierać pięć specyficznych parametrów pogodowych (prędkość i kierunek wiatru, temperatura, ciśnienie i wilgotność) w wystarczająco wysokiej rozdzielczości i w pobliżu zamierzonego celu, aby zapewnić najlepsze wyniki w zakresie dokładności prowadzenia ognia.



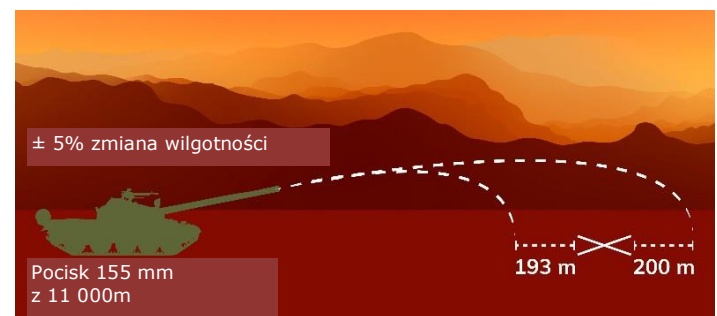
Rysunek 1: Wpływ wiatru tylnego o prędkości 20 węzłów na pocisk



Rysunek 2: Wpływ wiatru bocznego o prędkości 20 węzłów na pocisk



Rysunek 3: Wpływ 5-procentowej zmiany temperatury



Rysunek 4: Wpływ 5-5-procentowej zmiany wilgotności

Czynnik #2: Wielokrotne Obserwacje Pogodowe na Trasie Przelotu Pocisków

Podczas gdy rozdzielczość obserwacji pogodowych jest pierwszym priorytetem w poprawie dokładności strzelania na dalekim zasięgu, innym zapewnieniem sukcesu może być włączenie danych pogodowych pozyskiwanych na trasie przelotu pocisków w kierunku potencjalnego celu.

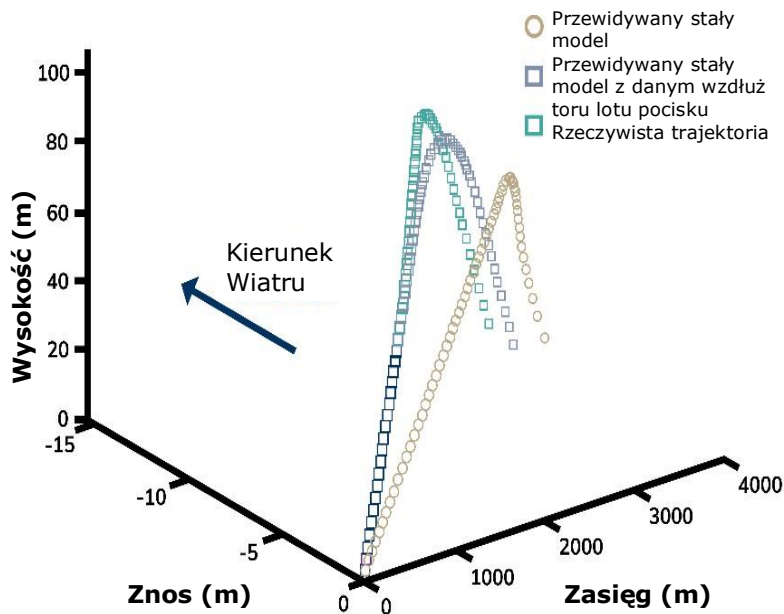
Większość FCS wykorzystuje jeden pokładowy czujnik meteorologiczny do pomiaru parametrów pogodowych w celu obliczenia i skorygowania trajektorii balistycznej.

Gdy badacze chcieli określić skuteczność wykorzystania wielu czujników umieszczonych wzdłuż toru lotu pocisku, stwierdzili, że mogą lepiej ocenić jego trajektorię i w razie potrzeby zastosować korekty. Doszli do wniosku, że włączenie większej liczby systemów obserwacji pogody w terenie może zwiększyć szanse na przewidzenie lotu pocisku i poprawić szanse na trafienie za pierwszym razem.³

Zbiory Danych	Stacja 1 0 km	Stacja 2 1 km	Stacja 3 2 km	Stacja 4 3 km	Notatki
	Kierunek Prędkości Wiatru	Kierunek Prędkości Wiatru	Kierunek Prędkości Wiatru	Kierunek Prędkości Wiatru	
1	Zachodni 1,89 m/s ⁻¹				Model McCoy'a Płaskiej Trajektorii Strzału
2	Zachodni 1,89 m/s ⁻¹	Zachodni 1,89 m/s ⁻¹	Zachodni 1,89 m/s ⁻¹	Zachodni 1,89 m/s ⁻¹	Dodawane dane na trasie przelotu
3	Zachodni 1,89 m/s ⁻¹	Zachodni 2,23 m/s ⁻¹	Zachodni 2,55 m/s ⁻¹	Zachodni 2,55 m/s ⁻¹	Rzeczywiste dane wiatru i trajektorii

Tabela 1: Dane stacji testowej z jedną stacją meteorologiczną vs. cztery stacje meteorologiczne umieszczone wzdłuż toru lotu pocisku.

3-osiowy Nakres Trajektorii



Rysunek 5: Trajektoria w trzech osiach. Pierwszy wykorzystuje model trajektorii balistycznej McCoy'a typu Płaskiej Trajektorii Strzału (Flat Fire). Drugi dodaje do tego modelu więcej danych z czujników umieszczonych wzdłuż toru lotu pocisku. Trzeci pokazuje rzeczywistą trajektorię. Dane te pokazują, że dodanie wielu stacji meteorologicznych w umieszczonych wzdłuż toru lotu pocisku może poprawić obliczenia predykcyjne i dokładność strzelania na dalekim zasięgu.

Jednak możliwość obliczenia rzeczywistego toru lotu pocisku jest ograniczona przez zdolność do umieszczenia czujników meteorologicznych w środowisku zagrożenia. Przez wiele lat Siły Powietrzne Stanów Zjednoczonych używały dużych, nieporęcznych systemów, które wymagały trzech lotników do transportu i instalacji w miejscach wysuniętych, zwykle na odległych i tymczasowych lotniskach. Wykorzystując mniejsze, wytrzymałe, wszechstronne stacje meteorologiczne, które mogą być rozmieszczone w powietrzu i działać autonomicznie, planiści misji mogą zbierać ogromne ilości danych pogodowych w całym obszarze działań i poprawić dokładność systemów uzbrojenia dalekiego zasięgu.

Chociaż w badaniu zalecono przeprowadzenie większej liczby testów empirycznych w celu potwierdzenia skuteczności rejestrowania parametrów pogodowych na trasie przelotu pocisków do celu, zachęcono do opracowania bardziej wytrzymałych, małych stacji meteorologicznych, które mogą być szybko rozmieszczone i rejestrować dokładne dane pogodowe, aby poprawić skuteczność pozyskania danych celu i prowadzenia ognia.

Czynnik #3: Wysokość Położenia Stacji i Celu

Oprócz raportowania kluczowych parametrów pogodowych takich jak temperatura, wilgotność, ciśnienie oraz prędkość/kierunek wiatru, planiści misji muszą również uwzględnić wysokość zarówno stacji meteorologicznej jak i wykrytego celu. Trajektoria pocisku będzie się znacznie różnić w zależności od różnic wysokości pomiędzy obszarem ostrzału a obszarem celu. Podczas gdy parametry pogodowe mogą wskazywać na wielkość oporu aerodynamicznego, z jakim spotyka się pocisk po wystrzeleniu, wysokość znacząco wpływa również na trajektorię pocisku.

Chociaż większość danych meteorologicznych jest podawana automatycznie przez przenośne stacje meteorologiczne, ostatni przewodnik artylerii polowej Korpusu Piechoty Morskiej USA instruuje planistów misji, aby ręcznie wprowadzali dane dotyczące wysokości stacji i celu do komputerowego komunikatu meteorologicznego (pokazanego po prawej).⁴ Tabela dla artylerii polowej dostarcza wysokość stacji porównawczej, jeżeli stacja meteorologiczna nie mogła podać swojej wysokości przez GPS.

KOMPUTEROWY KOMUNIKAT METEOROLOGICZNY								
OZNACZENIE	OCTANT	LOKALIZACJA		DATA	CZAS (GMT)	CZAS TRWANIA (GODZINY)	WYSOKOŚĆ STACJI (10s M)	CIŚNIENIE MDP MB PdPdPd
METCM	Q	LLL lub xxx	LLL lub xxx	YY	GoGoGo	G	hhh	
METCM	1	347		984	138	0	036	
WYSOKOŚĆ STREFY METRY	NUMER LINII	WARTOŚCI STREFY						
		KIERUNEK WIATRU (10s M)	PRĘDKOŚĆ WIATRU (WĘZŁY)	TEMPERATURA (1/10°K)		CIŚNIENIE (MILIBARY)		
	ZZ	ddd		FFF		TTTT		
POWIERZCHNIA	00	310		004		2923		0974
200	01	250		011		2931		0962

Tabela 2: Typowy Komputerowy Komunikat Meteorologiczny. Dwa wyróżnione wiersze muszą być wprowadzone ręcznie zamiast bezpośrednich obserwacji pogody ze stacji lub czujnika.

Stacja meteorologiczna, która podaje swoją wysokość, znacznie skróciłaby czas potrzebny na uwzględnienie różnic w wysokości i poprawiła dokładność ostrzału. Aby wyeliminować potrzebę ręcznego wprowadzania danych o wysokości, wszystkie stacje meteorologiczne powinny być wyposażone w GPS, aby szybko podawać wysokość w środowiskach odległych lub bez dostępu do nich.

Czynnik #4: Wytrzymałość i Odporność Systemu

Od czasu wynalezienia radaru na początku XX wieku inżynierowie wprowadzili osłony obronne zwane "osłonami anteny radiolokatora", aby chronić sprzęt radarowy przed zakłóceniami i innymi zagrożeniami środowiskowymi.⁵ Mogą one zapobiegać tworzeniu się lodu lub zamarzającego deszczu na antenach, a także ukrywać sprzęt przed wzrokiem przeciwnika.

Stacje meteorologiczne potrzebują jednak kontaktu z atmosferą, aby móc zbierać jak najdokładniejsze dane pogodowe. Wiele z elementów pokładowych stacji, takich jak czujniki temperatury, wymaga dobrej wentylacji, aby zebrać dokładne odczyty. Umieszczenie małej stacji meteorologicznej w konstrukcji takiej jak osłona anteny radiolokatora unieważniłoby dane pogodowe.

Te stacje pogodowe muszą być małe i niepozorne, a jednocześnie nie generować znacznego ciepła, które mogłoby zaalarmować żołnierzy przeciwnika o ich obecności. Muszą również być wystarczająco odporne, aby działać w warunkach zagrożenia na polu walki, takich jak ostrzał, udary, narażenie na chemikalia i promieniowanie.

Oprócz raportowania kluczowych danych pogodowych i pozycyjnych, taktyczna stacja meteorologiczna musi być zdolna do działania w różnych trudnych warunkach środowiskowych i zagrożeniach na polu walki, które nie są zwykle spotykane w warunkach krajowych, aby dostarczać dokładne dane meteorologiczne.

Wnioski Końcowe

Aby zaspokoić liczne potrzeby systemów kierowania ogniem Departamentu Obrony USA, inżynierowie firmy Intellisense opracowali przenośne, wytrzymałe stacje meteorologiczne typu "wszystko w jednym", które spełniają wszystkie cztery z tych wymagań. **Balistyczny Czujnik Meteorologiczny (Ballistic Meteorological Sensor, BMS)** zawiera sześć istotnych parametrów pogodowych w kompaktowej obudowie, która waży mniej niż 13 funtów i może być zamontowana na dowolnym pojeździe taktycznym do pracy w najbardziej surowych warunkach środowiska.

BMS mierzy prędkość wiatru bocznego i czołowego z dokładnością do 0,5 m/s (1,12 mph), a także podaje temperaturę, ciśnienie i wilgotność względną z dużą dokładnością. Parametry te zwiększają dokładność prowadzenia ognie i mogą być raportowane za pośrednictwem sieci do systemu kierowania ogniem.

BMS jest produkowany zgodnie z normami jakości ISO9001:2015/AS9100D i zakwalifikowany zgodnie z normą MIL-STD-810G pod kątem odporności na wilgoć, mgłę solną, piasek, wysokość, promieniowanie słoneczne, lód, udary i wibracje. Urządzenie zawiera również wbudowaną diagnostykę i raportowanie błędów dla długoterminowej niezawodności.



W zakresie możliwości GPS i zdolności do szybkiego rozmieszczenia stacji pogodowych w środowiskach odległych lub z ograniczonym dostępem, forma Intellisense oferuje **Wojskową Serię Mikro Stacji Pogodowych (MWS®)**, która obejmuje ponad 20 pomiarów środowiskowych, wbudowany GPS, komunikację satelitarną i system zasilania słonecznego dla samowystarczalnej pracy w odległych miejscach. MWS jest zbudowana zgodnie z wojskowymi standardami, aby wytrzymać najtrudniejsze warunki środowiskowe i może być przenoszona drogą powietrzną w razie potrzeby. W połączeniu z BMS, dodanie tych stacji pogodowych w operacjach wielodomenowych może zapewnić przewagę i dominację w całym zakresie zastosowań wojskowych.

BMS łączy sześć istotnych parametrów pogodowych, sprawdzoną konstrukcję klasy wojskowej i możliwość podłączenia do istniejących systemów kierowania ogniem, aby znacznie poprawić dokładność i skuteczność użycia systemów uzbrojenia dalekiego zasięgu i balistyki.

Aby dowiedzieć się więcej o tych postępach w technologii wykrywania pogody, prosimy o kontakt z firmą Intellisense Systems telefonicznie pod numerem 310-320-1827 lub mailowo pod adresem Info@intellisenseinc.com.

Dokumenty powołane

- 1 Department of the Army. "Weather and Its Effects." *Tactics, Techniques, and Procedures for Field Artillery Meteorology*. Washington, DC. *FM 3-09.15 (FM 6-15) MCWP 3-16.5
- 2 Small Business Innovation Research. "Ballistic Missile Defense Weather Management." U.S. Dept of Defense. Washington, D.C.: Ostanía nowelizacja: 8 lutego 2017 r. Dostępna po adresem <https://www.sbir.gov/node/1207765>.
- 3 Knight, Daniel (2020): Meteorological Wind Effect on the Ballistic Trajectory of a Medium Calibre System. Cranfield Online Research Data (CORD). Poster. <https://doi.org/10.17862/cranfield.rd.13317518.v1>
- 4 U.S. Marine Corps. "Field Artillery Radar Support Requirements." *Tactics, Techniques, And Procedures for Field Artillery Target Acquisition*. U.S. Dept of Defense. Washington, DC. PCN 144 000085 00.
- 5 Thompson, Daphne. "What Is a Radome and What Do They Do?" RadarScope. Burnsville, MN: Ostanía nowelizacja: 25 wrzesień 2017 r. Dostępna po adresem <https://blog.radarscope.app/radarscope-what-is-a-radome-and-what-do-they-do>.



Przedstawicielstwo w Polsce:

Forcepol sp. z o.o.

ul. Modlińska 190, 03-119 Warszawa

www.forcepol.com office@forcepol.com

tel. +48 506 502 900

Telefon: 310-320-1827

E-mail: Info@intellisenseinc.com

www.intellisenseinc.com

©2020 Intellisense Systems, Inc. Wszystkie prawa zastrzeżone. Wszystkie pozostałe marki lub nazwy są własnością ich właścicieli.

WP-BMS-01-2021

**intellisense**
SYSTEMS