

Weryfikacja i wdrożenie depeszy GRASSTAM

mgr Kinga Pytko

mgr inż. Łukasz Puzio

dr hab. inż. Jarosław Pytko

*Państwowa Akademia Nauk Stosowanych
w Chełmie*



Plan wystąpienia

1. Wstęp
2. Operacje statków powietrznych na trawiastych drogach startowych
3. Geneza depeszy GRASSTAM
4. System GARFIELD jako potencjalne źródło danych dla depeszy GRASSTAM
5. Projekt depeszy GRASSTAM
6. Kryteria oceny drogi startowej dla depeszy GRASSTAM
7. Parametryzacja depeszy GRASSTAM dla wybranych lotnisk trawiastych
8. Wdrożenie depeszy GRASSTAM
9. Propozycja sposobu kodowania depeszy GRASSTAM
10. Sposoby weryfikacji depeszy GRASSTAM
11. Poszerzenie zakresu kodowania depeszy
12. Podsumowanie

Wstęp

Lotniska trawiaste, wciąż dla wielu pilotów stanowią wiele wyzwań ze względu na swoje specyficzne uwarunkowania. Rozwiązaniem problemów związanych z obniżonymi osiąganymi naziemnymi samolotu na trawiastej drodze startowej może być zastosowanie systemu, który rozwiąże je poprzez kontrolę nawierzchni danego lotniska a jednocześnie dostarczy pilotowi wszystkich informacji istotnych dla bezpiecznego przeprowadzenia operacji lotniczej. Specyficzną formą informacji dotyczących tego jakie warunki aktualnie panują na wybranym lotnisku trawiastym może być właśnie komunikat GRASSTAM przedstawiany w formie depeszy.



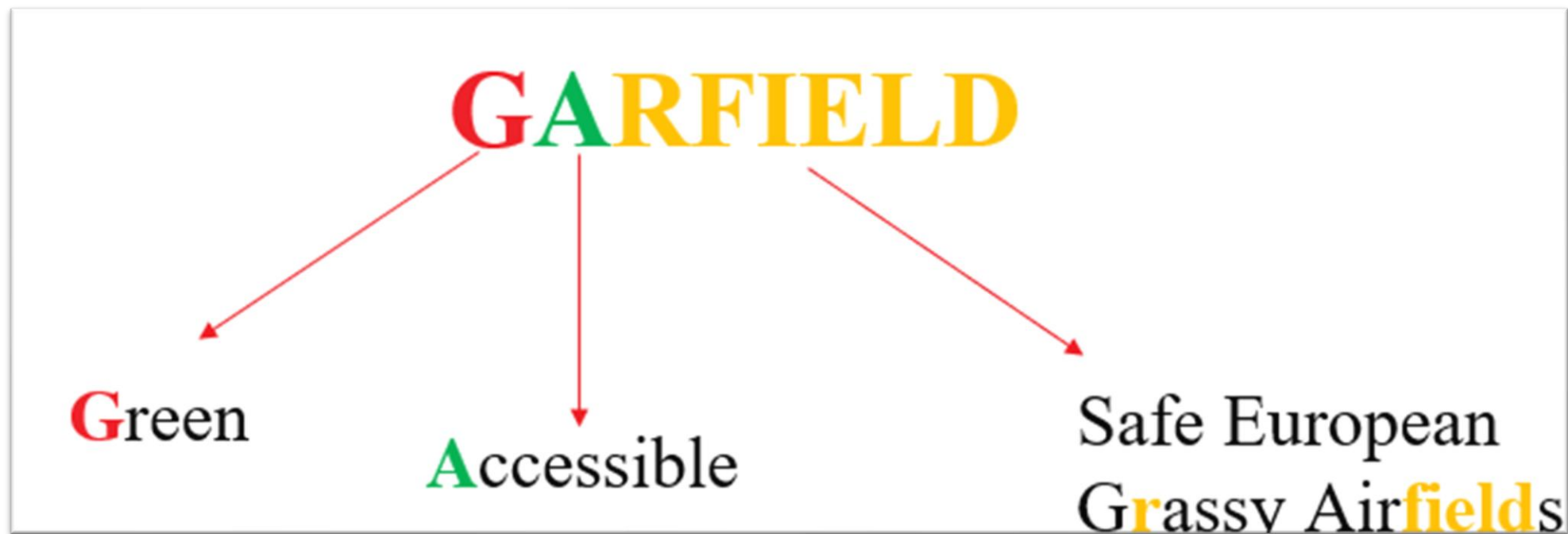


Operacje statków powietrznych na trawiastych drogach startowych

W przypadku operacji samolotów wielozadaniowych, ogólnego lotnictwa lub samolotów sportowych na nieutwardzonych, trawiastych lotniskach, osiągi naziemne mają kluczowe znaczenie. Współczynniki tarcia tocznego i hamowania wpływają na start i lądowanie. Dla różnych nawierzchni współczynniki te zmieniają się w szerokim zakresie wartości; ponadto na danej nawierzchni osiągi trakcyjne koła mogą się znacznie różnić w wyniku wpływu warunków meteorologicznych. Dla pilota wykonującego lądowanie lub start na danej drodze startowej kluczowe znaczenie ma wiedza, czy dostępna długość drogi startowej jest mniej więcej taka sama jak wymagana długość drogi startu samolotu.

Geneza depeszy GRASSTAM

Pozyskiwanie depeszy GRASSTAM jest możliwe dzięki parametrom, które zbierane są przy zastosowaniu składowych innowacyjnego systemu GARFIELD. System ten dostarcza wszelkich informacji odnoszących się do warunków aktualnie panujących na drogach startowych lotnisk trawiastych oznaczonych kodami ICAO. Informacje pozyskiwane są dzięki określeniu właściwości mechanicznych gleby oraz rodzaju traw składających się na pokrycie nawierzchni lotniska. Istotnym elementem są również aktualne warunki atmosferyczne panujące na lotnisku w trakcie operacji lotniczej. Cały system skupia się interakcji koła podwozia samolotu z powierzchnią drogi startowej, która aktualnie ma zostać wykorzystana do startu czy lądowania statku powietrznego.



Rys.1. Objasnienie znaczenia nazwy systemu

System GARFIELD jako potencjalne źródło danych dla depeszy GRASSTAM

System GARFIELD przewiduje aktualizowanie istotnych informacji w równych godzinnych odstępach czasowych, tak aby wszystkie przekazywane informacje były jak najbardziej aktualne i pomagały w podjęciu odpowiednich do panujących warunków decyzji. Informacje trafiać będą nie tylko do pilotów statków powietrznych, ale również do kontrolerów ruchu lotniczego danego lotniska trawiastego oraz administratorów. Istotnym faktem jest zastosowanie również sześciogodzinnej prognozy warunków, co pozwala na jeszcze dokładniejsze zaplanowanie operacji lotniczej tak by mogła ona przebiegać bez zakłóceń oraz z utrzymaniem wysokiego poziomu bezpieczeństwa. GARFIELD dostarcza informacji, które są połączeniem zarówno warunków atmosferycznych jak i tych glebowych.



Rys.2. Przykładowy wygląd aplikacji mobilnej GARFIELD

Projekt depeszy GRASSTAM

Idea depeszy GRASSTAM polega na podaniu możliwie dokładnych warunków polowych wraz z czynnikami do ponownego obliczenia odległości startu lub lądowania w zależności od tych warunków. Istnieje wiele lotnisk z trawiastymi drogami startowymi. Są to zazwyczaj lotniska klubów sportowych, a większość wykonywanych operacji lotniczych to loty sportowe i szkolenia lotnicze, ale nie tylko. Rosnąca popularność lekkich samolotów prywatnych powoduje rozszerzenie operacji lotniczych o miejsca docelowe, gdzie dostępne są tylko trawiaste drogi startowe. Na rysunku przedstawiona została matryca oceny, proponowana dla lotnisk trawiastych. Pomysł tej matrycy opiera się na macierzy oceny stanu pasa startowego.

Rys.3. Propozycja matrycy oceny dla lotniska trawiastego

Matryca oceny nawierzchni lotniska trawiastego						
Kryteria oceny				Kryteria obniżenia		
Obszarowa gęstość trawy	Wilgotność gleby	Pogoda	Kod oceny	Szczepność	CI	PIREP
Niska < 0,5	B. niska < 10%	Słonecznie Wietrznie Gorąco	6	B. dobra > 0.45	Wysoka > 2500	Raporty pilota: - długość startu i lądowania; - intensywność hamowania; - kontrola kierunku; - nierówności nawierzchni/drgania pionowe
	Niska 10 - 15%	Chmury 4/8 Wietrznie Ciepło	5	Dobra 0.40-0.44		
Średnia 0,5 - 1,0	Średnia 15 - 20%	Chmury 6/8 Spokojnie Umiarkowanie	4	Średnia/ dobra 0.36-0.39	Średnia 1500 -2500	
	Wysoka 20 - 30%	Lekki deszcz Wietrznie Chłodno	3	Średnia 0.30-0.35		
Wysoka > 1,0	B. wysoka > 35%	Deszcz Wietrznie Chłodno	2	Średnia/ zła 0.26-0.29	Niska 750-1500	
		Intensywny deszcz Spokojnie Zimno	1	Zła < 0.25	Ultra-niska <750	



Kryteria oceny drogi startowej dla depeszy GRASSTAM

obszarowa gęstość trawy,

wilgotność gleby,

wytrzymałość gleby,

szczepność,

bieżąca pogoda na lotnisku.

Obszarowa gęstość trawy

Wpływ obecności trawy na osiągi samolotu na lotnisku jest oczywisty. Generalnie trawa na powierzchni wpływa na osiągi podwozia. Dodatkowa siła oporu działa na koła podczas toczenia, a ten efekt jest spowodowany zginaniem (lub pękaniem) źdźbeł trawy, a także zagęszczaniem trawy pod toczącą się oponą. Innym efektem jest mniejsze tarcie między oponą a trawą, co skutkuje mniej intensywnym hamowaniem. Wyznaczenie m_G polega na pobraniu próbki trawy poprzez skoszenie zielonych (nadziemnych) części trawy z jednostkowego pola powierzchni na wybranym miejscu na pasie lotniska. Zakładając, że próbka pobierana jest z 1m^2 powierzchni lotniska, wartość m_G jest równa masie trawy w kg.



Rys.4. Sposób zbierania próbek trawy do badań- trawa wysoka

Wilgotność gleby

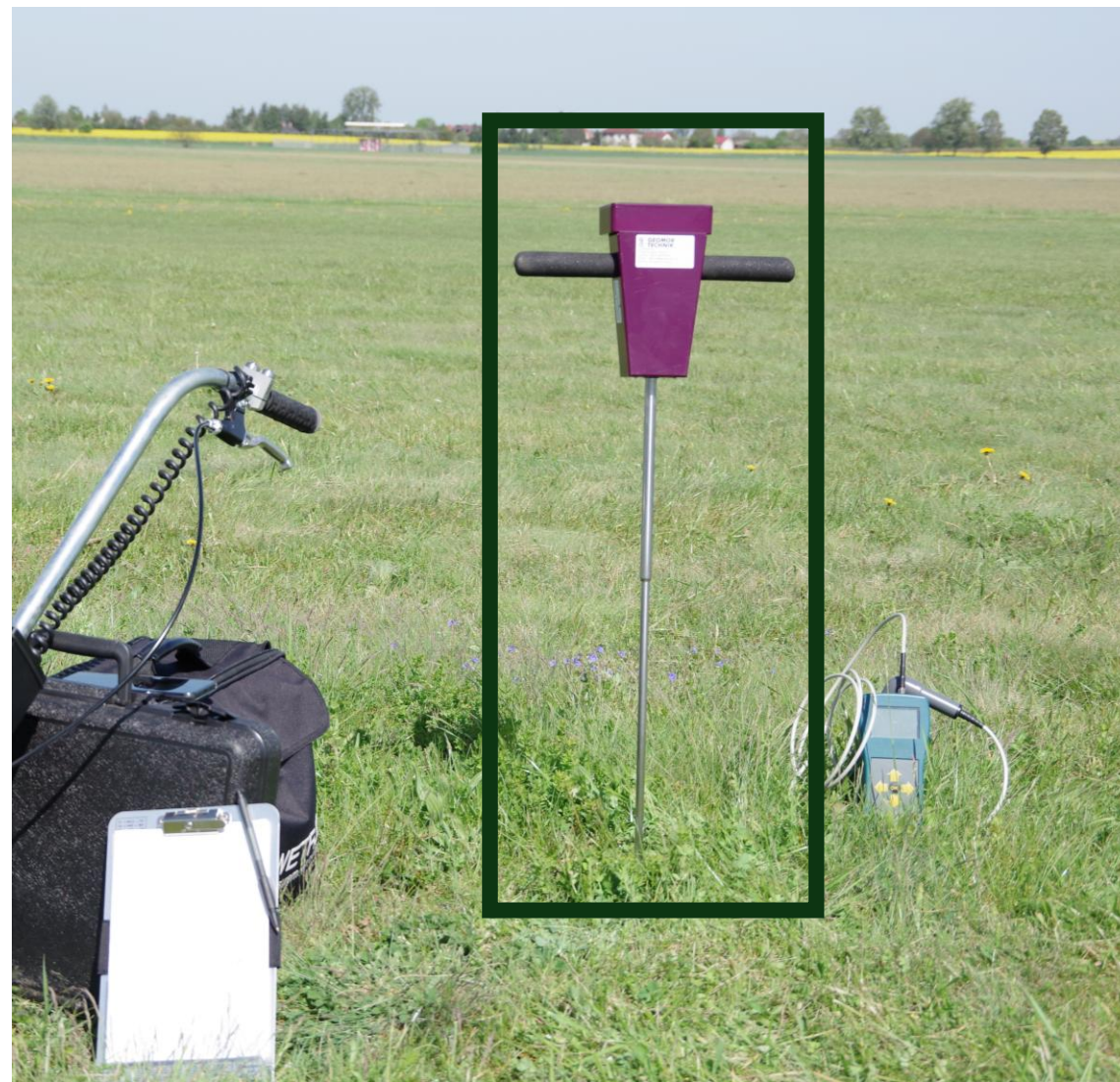
Innym ważnym czynnikiem jest wilgotność gleby. Wilgotność murawy ma znaczący wpływ na interakcję koło – powierzchnia. Jest to prawdopodobnie najważniejszy czynnik wpływający na osiągi samolotu na trawiastej drodze startowej. Nie tylko współczynnik siły hamowania, staje się niski z powodu śliskich, mokrych źdźbeł trawy, ale także zmienia się nośność gleby pod spodem. W konsekwencji, w wilgotnych warunkach glebowych, wzrasta zapadanie się kół i opór toczenia. Różne rodzaje gleby zachowują się inaczej, gdy stają się wilgotne. Pobieranie danych polegało na umieszczeniu czujnika w badanej substancji-nawierzchni lotniska trawiastego



Rys.5. Miernik TDR wykorzystany do pobierania danych w trakcie prowadzonych badań

Wytrzymałość mechaniczna gleby

Gleba stanowiąca podbudowę lotniska trawiastego jest materiałem trójfazowym. Oznacza to, że w danej objętości gleby znajdziemy zarówno ciała stałe – minerały, ciecze – głównie woda i wodne roztwory soli a także gazy – powietrze zamknięte w porach glebowych. Ponieważ wyznaczanie wszystkich parametrów mechanicznych gleby jest możliwe jedynie w warunkach laboratoryjnych, zdecydowano, że na rzecz parametryzacji depeszy GRASSTAM zostanie użyta wielkość indeksu stożkowego gleby. Jest to syntetyczny parametr opisujący wytrzymałość mechaniczną, a ściślej, zwięzłość i odporność na ścinanie gleby. Wybór indeksu stożkowego został podyktowany tym, że jest on łatwo mierzalny przy użyciu dość prostego przyrządu pomiarowego, zwanego penetrometrem stożkowym.



Rys.6. Elektroniczny penetrometr stożkowy podczas wykonywania badań na terenie trawiastego pasa



Szczepność

Wartość współczynnika tarcia μ ("mju"), przy hamowaniu lub przyspieszaniu jest określana terminem szczepności. Podczas pobierania danych dotyczących tego współczynnika użyty został przenośny tester powierzchni. Działanie urządzenia polega na popychaniu z użyciem ramienia do przodu z małą prędkością- równą chodu pieszego. Pomiar tarcia hamowania pobierany jest w momencie naciśnięcia przez operatora hamulca ręcznego zamontowanego na początku ramienia zaciśniętego podczas swobodnego toczenia się koła usytuowanego na końcu urządzenia. Na podstawie zebranych wyników możliwe jest określenie tarcia toczenia oraz hamowania badanej powierzchni



Rys.7. Przenośny tester powierzchni wykorzystany podczas badań

Rys.8. Sposób użycia przenośnego testera podczas badania nawierzchni trawiastego pasa startowego

Bieżąca pogoda na lotnisku



Dane pogodowe potrzebne do wykonywanych badań zbierane były przy wykorzystaniu internetowego systemu oferowanego przez IMGW, przekazującego informacje METAR. Największą uwagę zwrócono na następujące parametry:



Temperatura oznaczana w stopniach Celsjusza



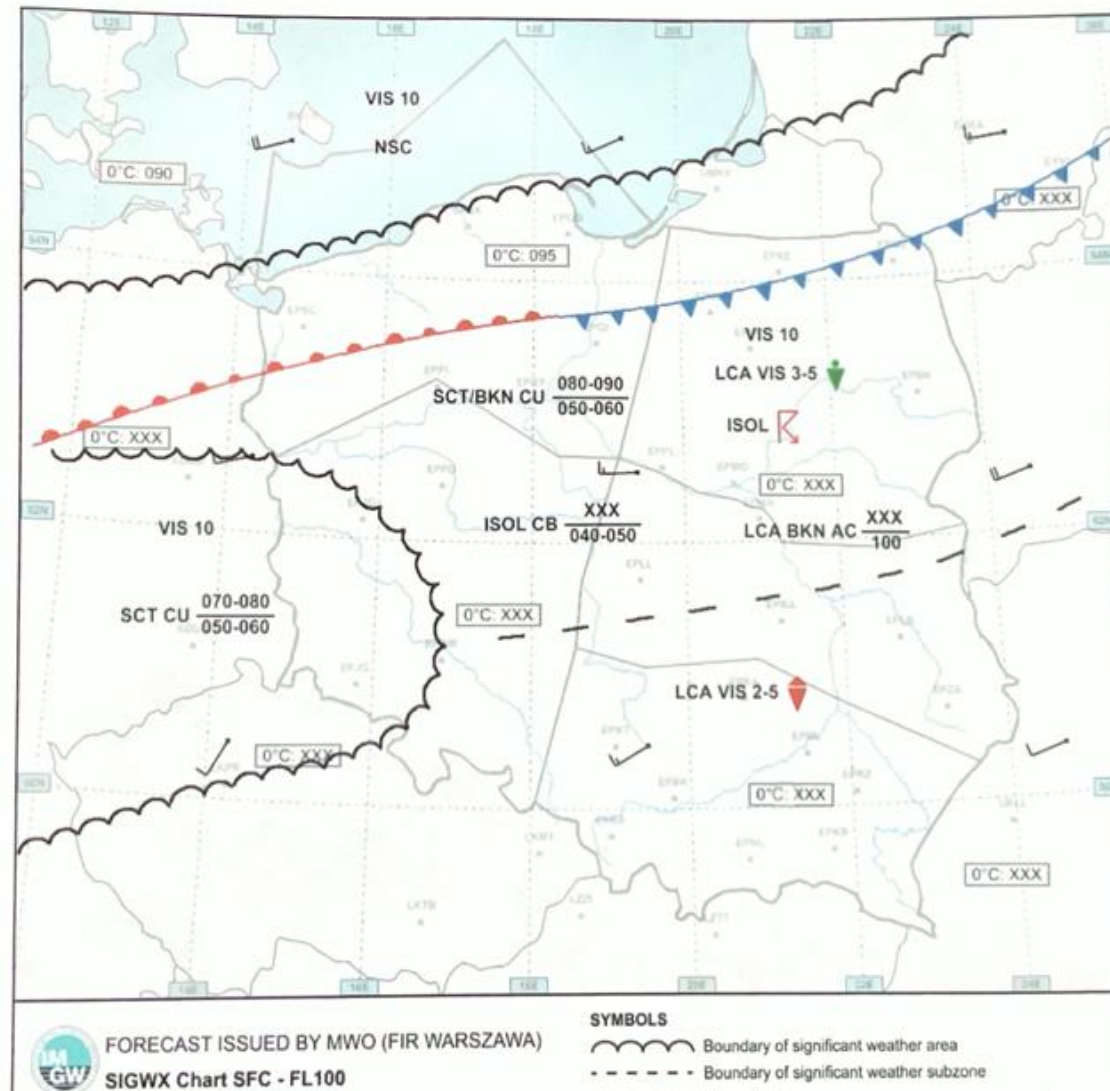
Wiatr oraz jego parametry charakteryzujące prędkość – określana w węzłach oraz kierunek, z którego aktualnie pochodzi- wykazane w stopniach



Ciśnienie atmosferyczne- identyfikowane w skali hPa, zredukowane do poziomu pasa startowego



Intensywność zachmurzenia, które aktualnie zauważalne jest na terenie badanego lotniska



Rys.9. Skan warunków atmosferycznych podczas prowadzonych badań
parametryzacja depezy GRASSTAM
z dnia 18.06.2024



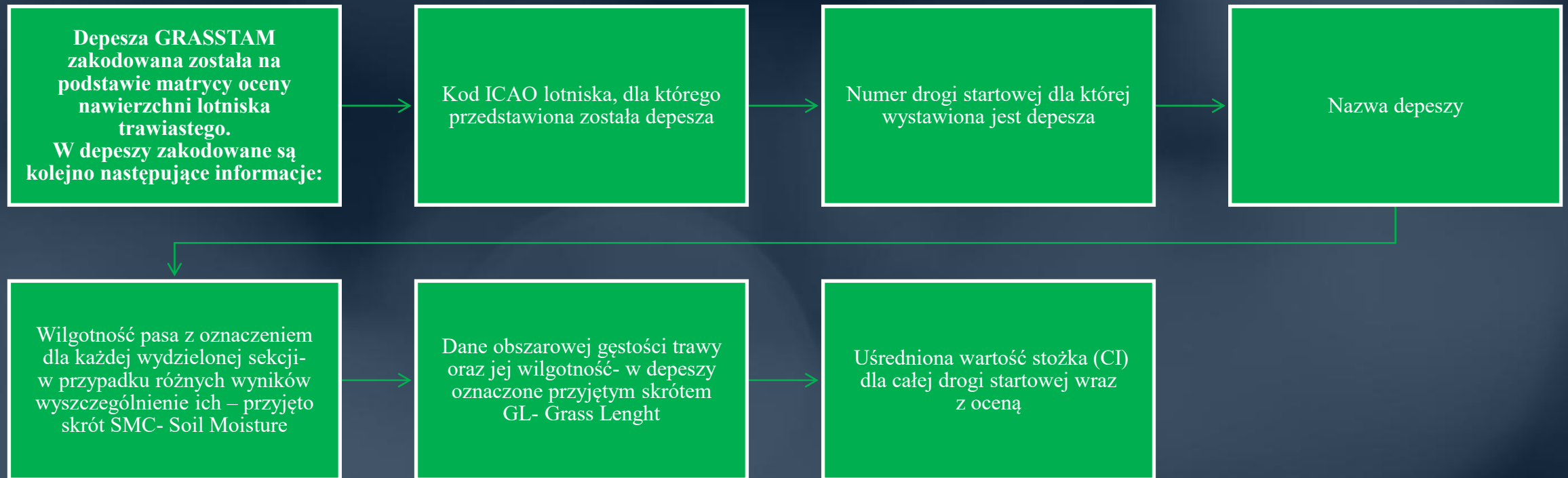
Parametryzacja depeszy GRASSTAM dla wybranych lotnisk trawiastych

Pobieranie danych charakteryzujących depeszę GRASSTAM początkowo odbywało się na 5 lotniskach znajdujących się na terenie Polski, a właściwie w jej wschodniej części. Badaniu poddane zostały trawiaste drogi startowe znajdujące się na terenie:

- Lotniska w Radawcu- EPLR
- Lotniska w Depułtyczach Królewskich- EPCD
- Lotniska w Żłobku Małym- EPSA
- Lotniska w Białej Podlaskiej- EPBP
- Lotniska Stara Wieś- EPBW

W późniejszym etapie badań dodatkowo zebrane zostały wyniki również z lotniska znajdującego się na terenie **Świdnika (EPSL)**. Pełnią one funkcję kontrolną wcześniej pozyskanych wyników, a same badania poszerzone zostały dodatkowo o zebranie danych dotyczących aktualnie panującej pogody w dni badań oraz uśrednione wartości współczynnika oporu toczenia.

Wdrożenie depeszy GRASSTAM

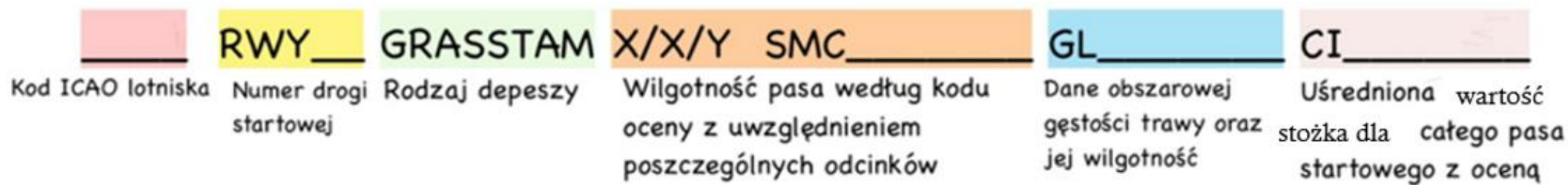


Propozycja sposobu kodowania depeszy GRASSTAM

Depesza kodowana może być na dwa sposoby, sposób jej zakodowania wyznaczony będzie przez wartość, która opisuje wilgotność pasa startowego. Kolejno, jeżeli wartość będzie równa dla wszystkich wydzielonych sekcji pasa startowego depesza kodowana będzie w sposób przedstawiony na rysunku 10. Natomiast w przypadku wystąpienia rozbieżności w tym parametrze konieczne jest dalsze rozwinięcie depeszy poprzez dodanie informacji o wartościach na każdej z przyjętych sekcji- sposób przedstawiono na rysunku 11.



Rys.10. Wzór kodowania depeszy GRASSTAM- jednakowa wilgotność na terenie drogi startowej



Rys.11. Wzór kodowania depeszy GRASSTAM- różna wilgotność na terenie drogi startowej

Przykładowe kodowanie depeszy dla wybranego dnia prowadzonych badań

Kod depeszy:

EPSL RWY 6 GRASSTAM 3/3/4 SMC HIGH, HIGH, MEDIUM GL MEDIUM WET CI 2741 HIGH



Objaśnienie:

Na terenie pasa startowego 6 na lądowisku w Świdniku wilgotność gleby na odcinku I oraz II jest wysoka (20-30%), natomiast odcinek III charakteryzuje średnia wilgotność (15-20%), trawa na pasie startowym jest średniej wysokości a jej wilgotność jest wysoka, średnia wartość stożka glebowego jest równa 2741, jest on wysoki.

Weryfikacja depeszy- w locie

Weryfikacja depeszy prowadzona była na kilka sposobów, jednym z nich było wykonywanie startów oraz lądowań statkiem powietrznym na lotnisku trawiastym gdzie odniesieniem było lądowanie na utwardzonej drodze startowej. Następnie sporządzano raport pilota (uzupełniany przez niego bądź obserwatora przebywającego w kabinie podczas manewrów). Subiektywnej ocenie podlegały wszystkie strefy drogi startowej (I-III), które analizowane były pod względem następujących zagadnień:

- Zagłębienie kół statku powietrznego
- Długość drogi rozbiegu oraz dobiegu
- Utrzymanie kierunku podczas dobiegu i rozbiegu
 - Skuteczność hamowania
 - Nierówności nawierzchni
 - Komfort

Ocena dokonywana była w sześciostopniowej skali gdzie 1 to warunki bardzo złe natomiast 6 bardzo dobre.



*Rys.12. Lot weryfikacyjny dla depeszy
GRASSTAM*

GRASSTAM - Raport pilota			
Lotnisko <u>EPBP</u> Pas <u>18.10.2010</u> Data <u>18.10.2010</u> Oceniająca/-cy <u>F. K.</u>			
Kryterium oceny	Ocena subiektywna dla strefy pasa		
	I	II	III
Zagłębienie kół	5	5	5
Długość drogi	rozbiegu	4	4
	dobiegu	4	4
Utrzymanie kierunku podczas rozbiegu i dobiegu	6	6	6
Skuteczność hamowania	5	5	5
Nierówności nawierzchni	6	6	6
Komfort	5	5	5

Weryfikacja depeszy-na terenie drogi startowej

Weryfikacja prowadzona była również na terenie samej drogi startowej aktualnie wykorzystywanej do weryfikacji w locie. Podstawą oceny była „Matryca oceny parametrycznej”. Ocenie poddawane były warunki gruntowo- pogodowe oraz trakcyjne, gdzie wyszczególniono poszczególne oceniane parametry:

Obszarowa gęstość trawy

Wilgotność gleby

Pogoda

Kod oceny- wynikający z podanych wyżej parametrów

Szczepność

CI

UWAGI- odnoszące się do każdego z parametrów

GRASSTAM - Matryca oceny parametrycznej						
Lotnisko <u>EPCD</u> Pas <u>36</u> Data <u>25.09.2015</u> Ocenę przeprowadził/-ła: <u>[signature]</u>						
Warunki gruntowo-pogodowe				Parametry trakcyjne		
Obszarowa gęstość trawy	Wilgotność gleby	Pogoda	Kod oceny	Szczepność	CI	UWAGI
Niska < 0,5	B. niska < 10%	Słonecznie Wietrznie Gorąco	6	B. dobra > 0.45	Wysoka > 2500	b. silny wiatr! 5l/m ² deszcz 2 dni przed pow.
	Niska 10 - 15%	Chmury 4/8 Wietrznie Ciepło	5	Dobra 0.40-0.44		
Średnia 0,5 - 1,0	Średnia 15 - 20%	Chmury 6/8 Spokojnie Umiarkowanie	4	Średnia/dobra 0.36-0.39	Średnia	
	Wysoka 20 - 30%	Lekki deszcz Wietrznie Chłodno	3	Średnia 0.30-0.35	1500 - 2500	
Wysoka > 1,0	B. wysoka > 35%	Deszcz Wietrznie Chłodno	2	Średnia/zła 0.26-0.29	Niska 750-1500	
		Intensywny deszcz Spokojnie Zimno	1	Zła < 0.25	Ultra-niska < 750	

Rys. 15. GRASSTAM- Matryca oceny parametrycznej dla lotniska trawiastego

Poszerzenie zakresu kodowania depeszy

Planowane jest rozszerzenie wskazań depeszy o dodatkową wartość jaką jest szczepność (Mju) lotniska, jednak w tym przypadku konieczne będzie przeprowadzenie dodatkowych badań w przyszłości w celu uzyskania wartości dla tego lotniska co pozwoli na dodatkowe jej określenie i przestawienie w depeszy. Wyniki również będą przedstawiane w oparciu o matrycę ocenę tych wartości a sama ocena skalowana będzie od bardzo dobrej do złej.



Podsumowanie

Sektor lotniczy nieustannie ewoluuje, a kierunki jego rozwoju wyznaczone są zarówno przez innowacje technologiczne, jak i przez zdarzenia losowe, które ujawniają potrzebę modyfikacji lub doprecyzowania dotychczasowych procedur i narzędzi operacyjnych. Loty realizowane z wykorzystaniem trawiastych dróg startowych wiążą się jednak z dodatkowymi wyzwaniami, głównie wynikającymi z naturalnych cech takiej nawierzchni – zmiennością jej nośności, wpływem warunków atmosferycznych, a także podatnością na uszkodzenia mechaniczne. Wraz z rosnącą masą i osiągamami nowoczesnych samolotów, znaczenie dokładnej oceny stanu drogi startowej rośnie, zwłaszcza w kontekście zapewnienia bezpieczeństwa operacji lotniczych. W tym kontekście wdrożenie i wykorzystanie depeszy GRASSTAM stanowi istotny krok w kierunku poprawy świadomości sytuacyjnej pilotów. System ten, służący do przekazywania informacji o stanie naturalnych nawierzchni lotniskowych, pozwala na szybsze i bardziej precyzyjne podejmowanie decyzji operacyjnych. Dzięki GRASSTAM piloci otrzymują aktualne, znormalizowane dane dotyczące m.in. wilgotności, uszkodzeń nawierzchni, stanu pokrywy roślinnej czy ewentualnych ograniczeń eksploatacyjnych.

Dziękuję za uwagę!

