

KAITSEVÄE AKADEEMIA



Tänapäevane elektrooniline võitlus: mõttekohti Ukrainast ja ka mujalt

Kaarel Piip (PhD)

Kaitseväge Akadeemia



Elektrooniline võitlus (EV): definitsioon ja esitluse fookus

Military action that exploits electromagnetic energy to provide situational awareness and achieve offensive and defensive effects (AAP-6).

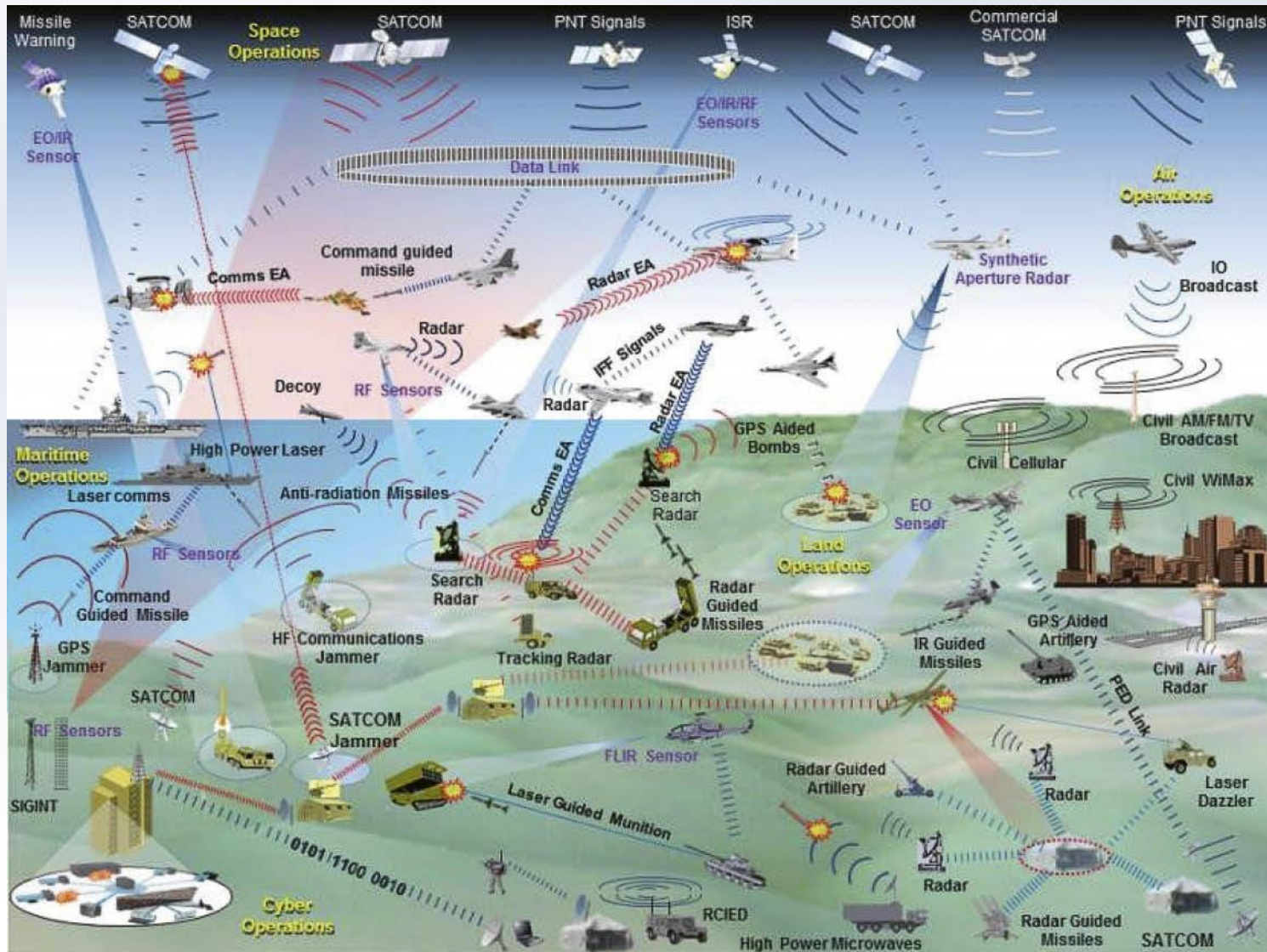
Elektrooniline võitlus (EV) on sõjaline tegevus, mis hõlmab elektromagnet- (sh suunatud) energia kasutamist ründe- ja kaitseefektide ning olukorrateadlikkuse saavutamiseks.

- Elektrooniline rünnak (EA)
- Elektrooniline seire (ES)
- Elektrooniline kaitse(ED)

Selles esitluses keskendume raadiosagedustele (RF, peamiselt 1 MHz -40 GHz). Fookus on maavägedel ja üldistel lahendustel.

Siiski ei saa unustada, et optilised lainepikkused (UV, VIS, IR) on samuti olulised.

Elektroonilise võitluse lahinguväli





Praegune EV olukord: Venemaa Föderatsioon (VF)

- Vähemalt paberil on VF EV võimed muljetavaldavad, kõik valdkonnad on kaetud.
- EV sobib hästi VF mõtteviisi, mis on küllalt matemaatiline ja tehniline.
- Pärast külma sõja lõppu on VF armee arenenud märksa konventsionaalsemas suunas kui lää. Taktikalise tasandi EV üksuseid on palju (vähemalt paberil).
- VF üksused said Süürias ja Krimmi annekteerimisel pigem hästi hakkama, sest...
- VF EV üksuste tegutsemisest UKR saab teha mõned põhijäreldused:
 - Neil ei ole kõike, mida on paberil lubatud.
 - EV on sõjas oluline komponent ja see on olnud UKR jaoks korralik peavalu.
 - Droonide EV on muutunud üpris omaette maailmaks.
 - Detailsemalt järgmistel slaidil
- VF ja Hiina suhted on ka selles vallas üliolulised.



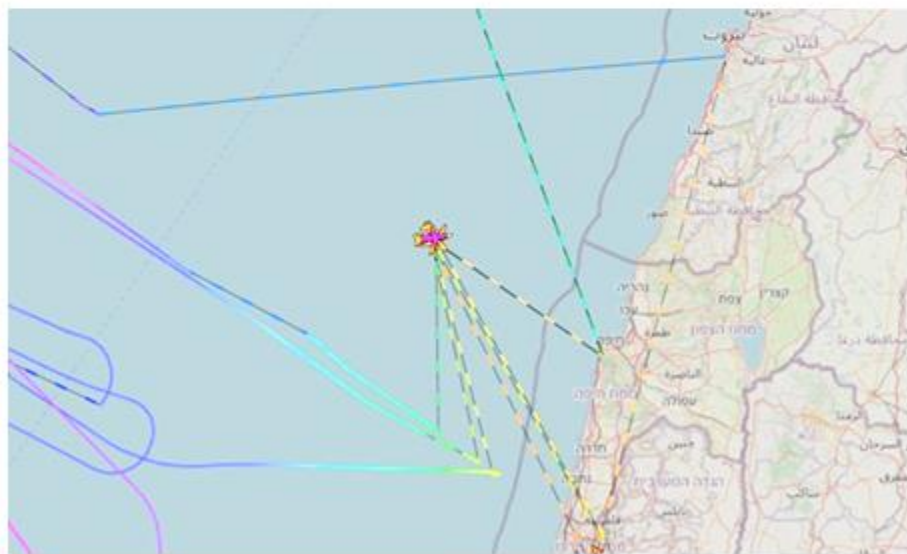
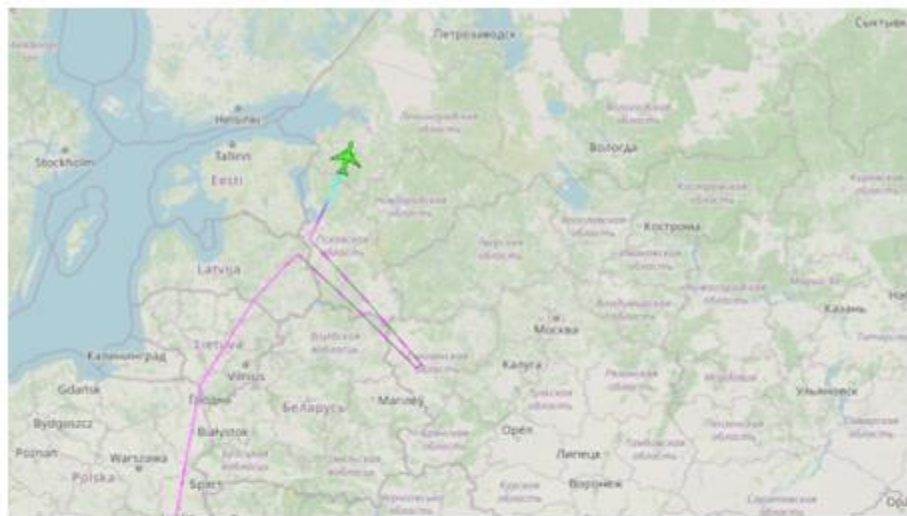
Praegune EV olukord: Lääs

- Maaväes on EV olnud pärast külma sõja lõppu pigem unustatud distsipliin. Õhu- ja mereväe vaade on veidi teine.
- Seda suundumust võimendab inseneride puudus. Eestis on probleem eriti tugev, viimane aasta on hakanud tooma lahendusi.
- „Kõrbesõdades“ ei olnud vastane selles vallas konkurentsivõimeline, vajati vaid spetsiifilisi võimeid: IED vastased lahendused, mobiiltelefonide pealtkuulamine etc
- Nagu ka paljudes teistes valdkondades on läänel suur potentsiaal. Vähemalt mõnedes valdkondades (ennekõike droonitõrje ja GNSS vaba navigeerimine) on UKR sõda arenguid tekitanud.



Millised on olnud peamised EV õpituvastused Ukrainas?

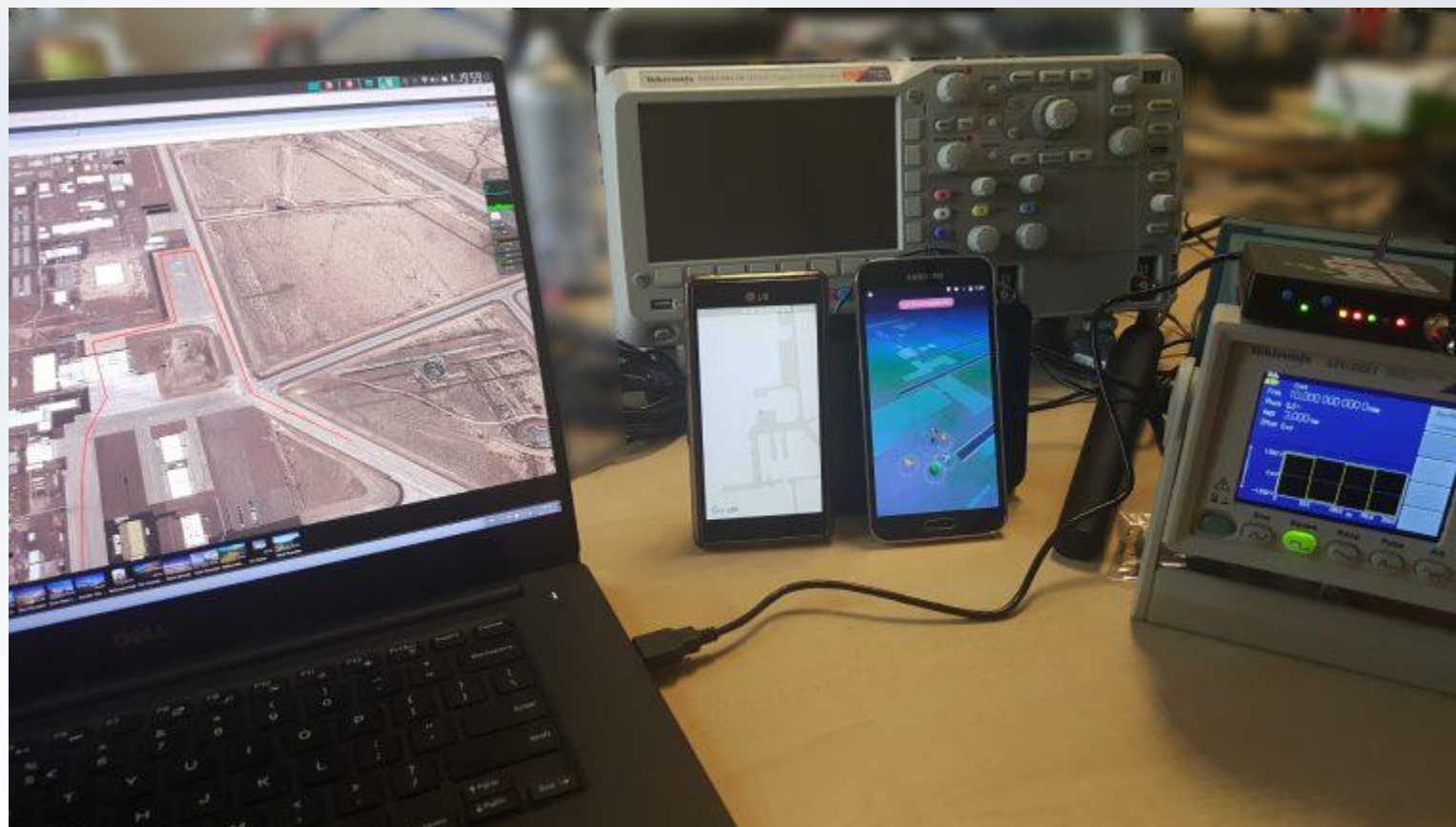
- Esimene ulatuslik sõda, mis on reaajas spektris jälgitav.
- Suur osa EV ja side rõhust läheb droonide (UAS) peale.
- Esimene suur GNSS sõda.
- Spektrikasutus on alates sõja algusest tohutult mitmekesisemaks muutunud. 2,4 GHz kommertslink -> kõikvõimalikud lahendused 300 MHz – 6,5 GHz.
- Raadiomehed ja –naised on haruldased ja asendamatud.
- **Ei ole vaja üksikuid ülikalleid imerelvi, vaja on palju ja mõistliku hinnaga.**
- Lahenduse eluiga lahinguväljal 1-2 kuud.
- Arendajate ja integreerijate roll on ülisuur.





Trendid 1: Riiulitooted (COTS)

- Tsiviilkasutuses laialt kättesaadavatel vahenditel (mobiiltelefonid, navigatsiooniseadmed, droonid, satelliitside) on tänapäeval võimekused, mida veidi vanematel militaarvahenditel ei ole (ja militaarvahendid on üldiselt vanad). Ja sama võimekuse juures on nad märksa odavamad.
- Tsiviilvahenditel on palju võimekusi, mis varem olid vaid militaaris saadaval: tugev krüpteering, sagedushüplemine jne
- Siiski on probleemid, mis tuleb eraldi lahendada:
 - Töökindlus „põllul“
 - Kolmandate osapoolte teenused ja komponendid.
 - Riiulitooted on enamasti lihtsam „lahti häkkida“,



<https://insinuator.net/2016/07/gotta-catch-em-all-worldwide-or-how-to-spoof-gps-to-cheat-at-pokemon-go/>



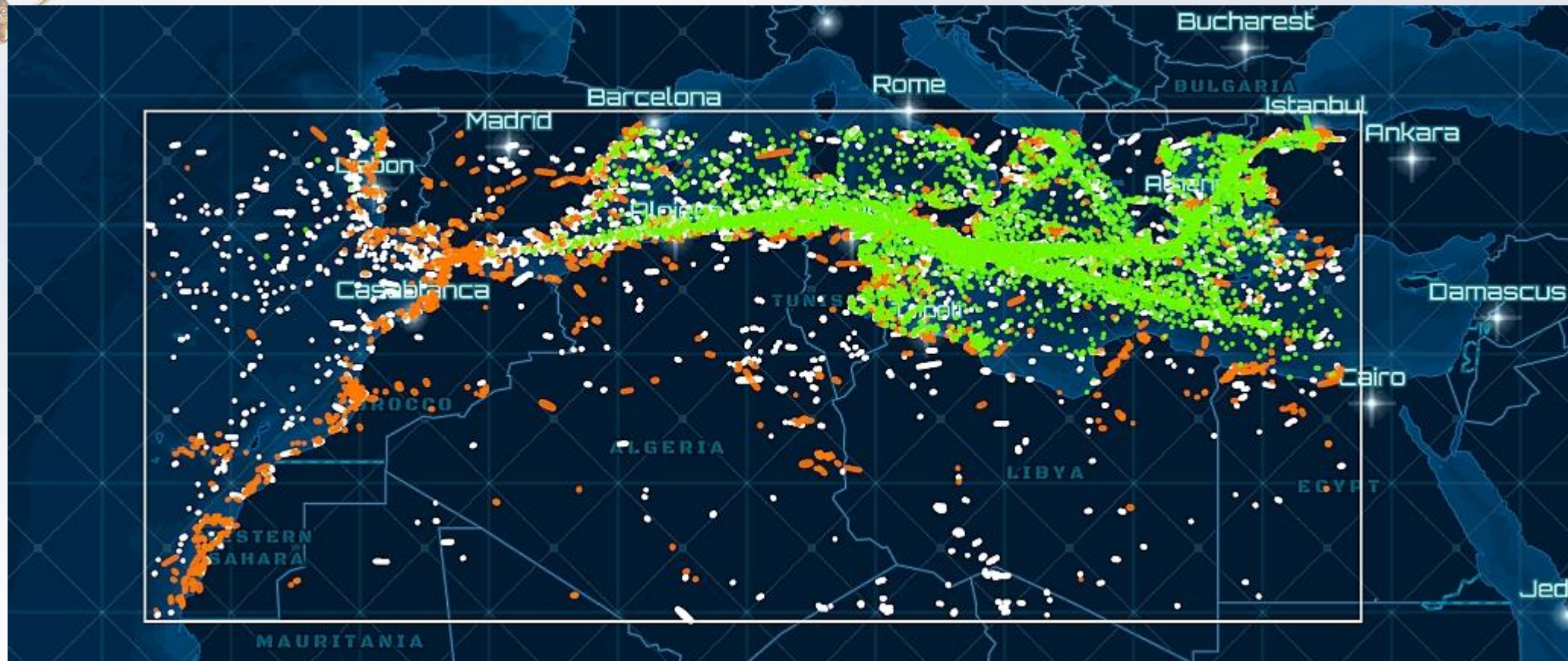
Trendid 2: Tarkvararaadiod (SDR)

- Tegelikult juba tänapäev: järjest rohkem raadiosidelahendusi nii tsiviilis kui militaaris on SDR-põhised.
- Selle asemel, et ehitada iga rakenduse jaoks uus seada, saame teha uue tarkvara või isegi lihtsalt muuta tarkvara parameetreid.
- Sama sisend võib minna korraga mitmesse tarkvarasse. Raadiosignaali saab saata üle interneti.
- Toorandmeid saab salvestada ja hiljem töödelda (kui on piisavalt salvestusruumi).
- Tugevalt seotud riulitoodetega.
- Siiski: saatan peitub detailides.



Trendid 3: EV ja kosmos

- Kosmoses paiknevad (erafirmade) EV lahendused avavad uued võimalused elektroonilises seires. Enneolematu katvus mõistliku tundlikkuse ja täpsusega.
- Nagu ka muu kosmosepõhise luure puhul ei ole riigipiirid üldse argumendiks.
- Laialt levinud satelliitlahendused teevad ka elektroonilise rünnaku ja seire tööd raskemaks. Starlink ei ole hõbekuul, aga see on EV jaoks suur väljakutse.
- Riikide ja erafirmade suhted...
- Mis saab siis, kui elektrooniline rünnak kolib kosmosesse?



HawkEye 360



Trendid 4: andursulam (*sensor fusion*)

- Palju sensoreid ja ka segajaid võib olla võimalik ühendada üheks võimekaks võrgulahenduseks.
- Võrgulahendusel on suur hukukindlus ja see võib olla kuluefektiivne.
- Teisest küljest ei ole sensorite võrku ühendamine lihtne. Taktikaliste üksuste ligipääs „internetile“ on piiratud.
- Suurtest andmehulkadest järelduste tegemine on jõukohane vaid masinale.
- Paljud on rääkinud, vähesed on näinud ja teinud.

(Üle) lihtsustaud) näide EV sensorite võrgustamise kuluefektiivsuse arvutuskäigust



10 W käsijaama
tuvastamine ca 20 km
1200 km²
40 000 €
=33 €/km²



10 W käsijaama
tuvastamine ca 4 km
50 km²
500 €
=10 €/km²

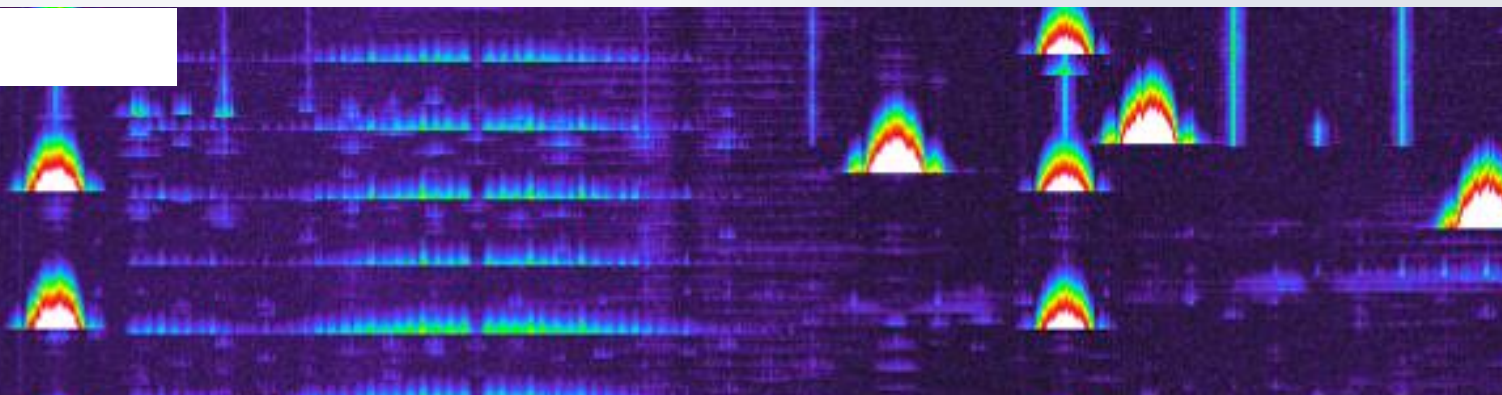


Trendid 5: Tehisaru elektroonilises võitluses

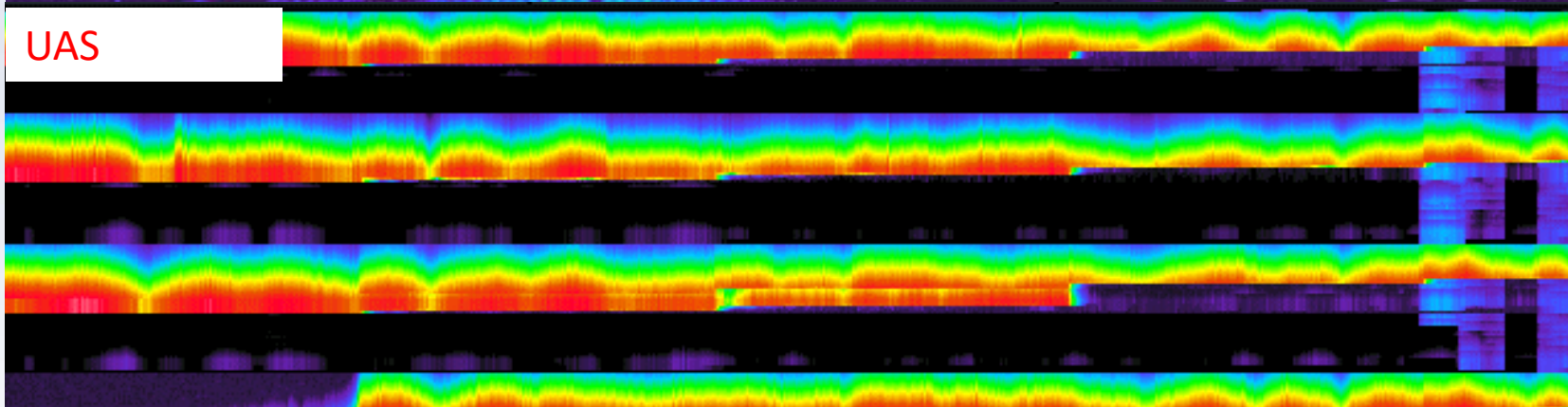
- AI on juba praegu ja järjest rohkem ka tulevikus kasutuses hoomamatute andmemahutude töötlemisel (üks EV sensor võib toota andmeid 10 Gbit/s).
- Nutikate teisendustega saab kasutada praeguseks juba hästi arenenud AI algoritme EV otstarbel. Näiteks saab raaiosagedusliku signaali teisendada pildiks ja seda siis pilditöötlemise abil tuvastada.
- AI on rakendatav paljudel tasanditel: signaali avastamine ja demoduleerimine, vastase tegevuse analüüs EV andmete põhjal, oma EV planeerimine, AI loodud petteoperatsioonid (*deep fake* elektromagnetspektris).
- AI vajab õppimiseks suuri andmehulki, mis ei ole alati saadaval.
- Kuidas petta AI?



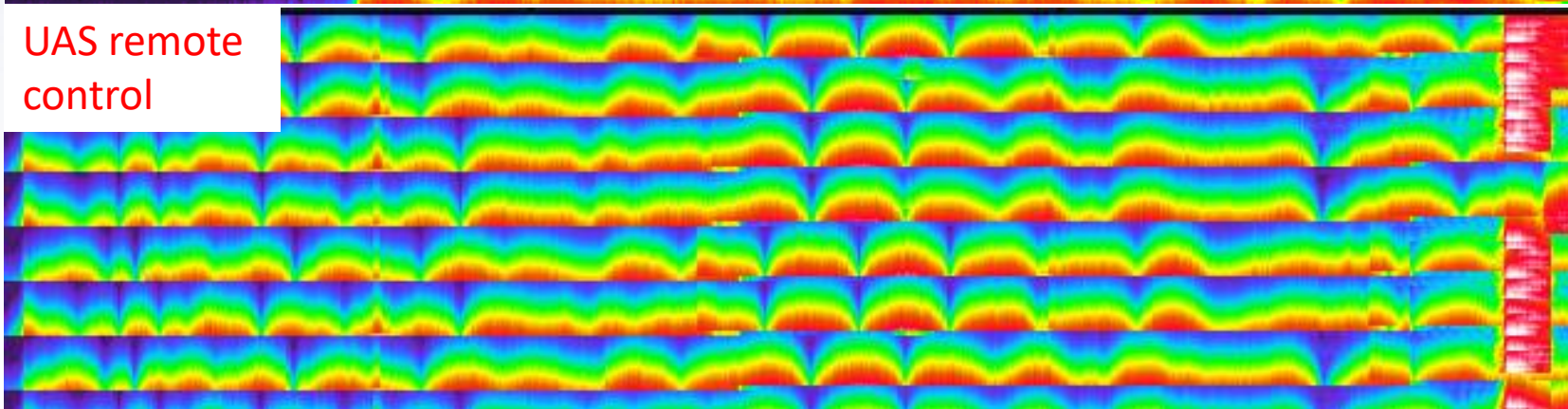
WiFi



UAS



UAS remote control





Eesti vaade ja väljakutsed

- Kuigi EV võib tunduda kallis ja võib-olla mitte väikeriigi esimene prioriteet, ei saa sõda elektromagnetspektris ignoreerida.
- EV võib olla võimekordistaja nii meile kui vastasele. Läbikukkumist me endale lubada ei saa!
- Teisest küljest on meil võimalus teha asju kiiremini ja paindlikumalt kui suured riigid (aga see ei toimi, kui proovime nende struktuuri kopeerida).



Millised on raadioamatööride ja kaitseväe koostöökohad?

- Kui eetris või spektris midagi kahtlast märkate, siis andke teada!
- Raadiosagedusliku järelkasvu tekitamine.
- Kui on mõni idee, mis võiks leida kaitsealast rakendust, võtke ühendust!
- Kaasumine läbi kaitsetööstuse on väga teretulnud.
- Otsime elektroonilise võitluse teadurit ja inseneri!

<https://karjaarriigikaitstes.teamdash.com/p/job/vwqjApUT/teadur-evkk>



kaarel.piip@mil.ee