

SÜSTEEMIDE SÜSTEEMI OLUKORRA HINDAMISEST SELLE KOMPONENTIDE VÕIMEMODELITE ABIL

*Leo Mõtus, Mare Teichmann, Merik Meriste, Kalev Rannat,
Jaan Priisalu, Jaanus Kaugerand*



ÜLEVAADE. Süsteemide süsteemi olukorra täielikult usaldatavaks hindamiseks on vaja väga suure hulga parameetrite väärtuste jooksvat mõõtmist või hindamist. Üsna sageli seistakse paljude parameetrite mõõtmisele tugevalt vastu ettekäanel, mis on seotud näiteks aja, raha, tehnilise keerukuse või turvalisusega. Artiklis väidetakse, et paljudel juhtudel on võimalik kogu süsteemi olukorda praktikas piisava täpsusega hinnata, kasutades mitte kogu süsteemi mõõtmist, vaid süsteemi üksikute osade võimemudelite parameetrite mõõdetavaid ja hinnatavaid väärtuseid. Artikli alguses kirjeldatakse lühidalt organisatsioonide ja asutuste modelleerimise meetodite ja eesmärkide evolutsiooni. Seejärel keskendutakse võimepõhiste mudelite rakendamise põhimõttele võimekomponentide hetkeseisundi ligikaudseks kvantitatiivseks hindamiseks ligi-reaalajas ja vaadeldakse selle hinnangu mõju olukorrateadlikkusele. Süsteemide süsteemi komponentide hetkeseisundi kvantitatiivsete mõõtmiste ja/või hinnangute voog on laiapindse riigikaitse olukorrateadlikkuse kvaliteetseks hindamiseks vältimatu, kuid reaalse mõõtmiste voo koostis määratakse tegelikult elus kindlaks otsustajate soovide ja võimaluste järgi. Kui vähendada mõõtmiste voo komponentide arvu, kahandab see ka olukorrateadlikkuse hinnangu usaldatavust ning iga kord tuleb vähendamise mõju põhjalikult analüüsida.

Võimekomponentide hetkeseisundi hinnangute voo analüüs võimaldab avastada asutuse anomaalse käitumise tunnused märgatavalt varem, kui see käitumine avaldub tavapäraselt mõõdetavates või hinnatavates organisatsiooni makroskoopilistes olekumuutujates ja organisatsiooni suutlikkuse hinnangutes. Tänu sellisele analüüsile saab ennetada paljude kriisiolukordade teket või vähemalt mahendada tekkivate kriiside mõju. Kui proaktiivselt tegutseda, on võimalik vähendada kriisiohjele ja kriisi tagajärgede likvideerimisele kuluvaid vahendeid.

Võimepõhiste mudelite idee pärineb DoDAFi võime vaatepunkti kirjeldusest CV-2 ja seda tüüpi mudeleid kasutatakse ka Eestis.¹

¹ Artikli valmimisele aitasid kaasa inspireerivad diskussioonid, mis toimusid Tallinna Tehnikaülikooli proaktiivtehnoloogiaste laboris ja Kaitseväge Akadeemias. Autorid on tänulikud Tallinna Tehnikaülikooli infotehnoloogia teaduskonnale ning Manticus Apollo projekti-meeskonnale igakülgse toe eest.

Võtmesõnad: olukorratedlikkus, võimemudelid, võimetaksonoomia, võime hetkeseisu kvantitatiivsed hinnangud

Keywords: situation awareness, capability models, capability taxonomy, current state capability quantitative estimates

1. Sissejuhatus

Laiapindse riigikaitse strateegia alus on holistlik mõtlemine, mille järgi peetakse primaarseks süsteemi kui terviku eesmärkide saavutamist. Selleks on vaja aru saada kõigi või vähemalt peamiste süsteemi komponentide omavaheliste interaktsioonide (seoste, suhete ja vastastikuse mõju) sisust ja toimemehhanismidest ning suuta seda sisu ja toimemehhanisme vajaduse korral muuta.

Interaktsioonide sisu ja nende toimemehhanismide realiseerimine sõltub suurel määral keskkonnast, mistõttu on suhteliselt mõttetu rääkida interaktsioonide muutmise otsustest, kui meil ei ole võimalik tegelikus keskkonnas toimuvate protsesside seisundit ligi-reaalajas (kasvõi ligikaudselt) mõõta, hinnata ja vajaduse korral ka muuta. Selleks, et nii inimestele kui ka masinatele otsustamiseks vajalikku infot koguda, info kooskõla kontrollida, infot salvestada ning otsustamiseks abivahendeid luua, töötatakse parasjagu välja olukorratedlikkuse süsteemi. Lihtsamate rakenduste jaoks on olukorratedlikkuse süsteem juba valmis, aga praktilised raskused tekiavad suure mahuga ja keeruka infovahetussüsteemiga süsteemide puhul (nt laiapindne riigikaitse).

Holistliku olukorratedlikkuse tekitamise süsteem eeldab enamiku riigikaitsega seotud objektide ja sihtkohtade tegelikku seisundit ligi-reaalajas kirjeldava andmekogu olemasolu ja otsustussüsteemi, milles otsuse tegemise eesmärk on püüda saavutada süsteemi kui terviku pikaajalised eesmärgid võimalikult efektiivselt. Ideaalis moodustuks selline andmekogu erinevate laiapindse riigikaitsega seotud objektide jaoks tehtud VÕTAKS-tüüpi² mudelitega kogutud andmetest, mis kirjeldavad tegelikkuse hetkeseisu ligi-reaalajas. Erinevalt ideaalist ei ole päris elus kõiki objekte tingimata vaja selliste mudelitega kirjeldada.

Mõne eriti olulise objekti puhul võib olla vaja ehitada mudeleid, mis kirjeldavad teoreetiliselt keerukamaid ja töömahukamaid funktsionaalseid detaile

² Võimetaksonoomial baseeruvate mudelite paradigma (VÕTAKS)

(nt automaatjuhtimises kasutatavaid mudeleid, mida nimetatakse funktsionaalseteks mudeliteks). Laiapindse riigikaitsega seotud erinevate asutuste ning organisatsioonide suur hulk, nende vaheliste interaktsioonide keerukus ja nende detailset funktsioneerimist kirjeldavate mudelite loomiseks vajalik kompetents ja töömaht ületavad riigi reaalsed võimalused. Sellised mudelid on vajalikud, et teha automaatselt tehisseadmete kiireid juhtimisotsuseid ja prognoosida nende otsuste detailset mõju traditsioonilise matketegevuse abil. Ilmselt on mõistlik teha ja kasutada väga töömahukaid funktsionaalseid mudeleid ainult väheste eriti tähtsate organisatsioonide jaoks. Teiste kaasatud organisatsioonide, asutuste ja seadmete jaoks võiks kasutada standardseid, aga väiksema töömahuga VÕTAKS-tüüpi mudeleid.

Laiapindsesse riigikaitseesse kaasatud organisatsioonide, asutuste ning tehisseadmete hulgas on üks organisatsioon, mida tuleb teistest veidi erinevalt käsitleda. See on küberruumis toimiv infovahetus- ja salvestussüsteem, mis korraldab, vahendab ja võimaluse korral turvab kõigi teiste kaasatud organisatsioonide, asutuste ja seadmete omavahelist infovahetust (ja sageli ka infovahetust keskkonnaga), mis salvestab valikuliselt katkendeid kogutud andmetest ja infovahetusest ning mille kontaktid võivad paikneda ka väljaspool riigipiiri. On selge, et infovahetus- ja salvestussüsteemi tuleb pisut põhjalikumalt uurida ning selle puhul kasutada natuke erinevaid uurimismeetodeid võrreldes teiste organisatsioonidega, mis võivad füüsilises maailmas samuti eksisteerida hajutatud struktuuriga ning tugineda paljude autonoomsete osade koostööle.

VÕTAKS-tüüpi mudeli võimepõhine komponent kuulub võime-taksonoomial põhinevate mudelite klassi. Selliste mudelite rakendamise ja süsteemide töö planeerimiseks on ka Eestis Kaitseväe Akadeemias põhjalikult tegeldud³. Tegemist on DoDAFi⁴ mudelite perekonna liikmega ning võime vaatepunktist (ingl *capability viewpoint*) loodud võimetaksonoomia kasutamisel põhineva mudelite klassiga CV-2. DoDAFis kirjeldatakse kaitseministeeriumi süsteemide (sageli ka üle riigipiiride ulatuvat) arhitektuuri, kusjuures erinevate komponentide kirjeldamiseks kasutatakse võimalikult ühesugust terminoloogiat ja põhimõtteid. DoDAF toetab just suurte kompleksüsteemide integreeritavust ja koostööd.

³ Murumets, J. 2007. Renewed National Defense Planning and Management: Capability-based Planning, Programming, Budgeting and Execution System for Small States. – ENDC Proceedings, Vol. 7. Tartu: Tartu University Press.

⁴ USA kaitseministeeriumi arhitektuuriraamistik (ingl *US Department of Defense Architecture Framework, DoDAF*)

Kogu VÕTAKS-tüüpi mudelite klass on loodud pragmaatilisel eesmärgil, et ehitada tööriist, millega saab eri tüüpi organisatsioone modelleerides tekitada põhimõtteliselt sarnastest komponentidest suhteliselt sarnase struktuuriga, kuid erineva funktsionaalsusega mudeleid, mida on lihtsam koostada kui funktsionaalseid mudeleid. Samuti on nende seisundit ja töövõimet ligi-reaalajas lihtsam mõõta ja hinnata kui funktsionaalsete mudelite puhul.

2. Modelleerimise kontseptsioonide areng

Alustame sellest, et kujutame ajajoonel eelmise sajandi lõpuveerandil tekkinud keeruka struktuuriga ning paljude sisemiste ja ajas muutuvate interaktsioonidega süsteemide modelleerimise meetodeid, jättes kõrvale modelleerimise kaugema ajaloo. Lisaks üritame keskenduda meetoditele, mis sobivad selleks, et seirata keerukate rakenduste seisundit (olukorrateadlikkust) ja töötada seireandmete põhjal välja olukorra haldamiseks vajalike otsuste tegemise meetodid.

Laiapindne riigikaitse, mille jaoks luuakse olukorrateadlikkust ja mille käitumist holistlikult mõjutatakse, kujutab endast modelleerimisobjekti, mille keerukas struktuur muutub ajas, mille interaktsioonid muutuvad dünaamiliselt ja mille komponentide vahel jagatakse vaid osaliselt infot. Selliste objektide modelleerimisel on maailmas kasutatud väga erinevaid mudeleid. Süsteemi lõppkasutaja (nt situatsioonikeskus⁵) poolt usaldatavaks olukorrateadlikkuse koondhinnanguks peab seiresüsteem koos abivahenditega andma kõigi või peamiste kogu riigis paiknevate objektide hetkeseisundi kohta hinnangu, avastama laiapindse riigikaitse osades võimalikud anomaalse käitumise mustrid ning suutma ennustada anomaalse käitumise lühiajalist mõju süsteemile ja selle osadele. Soovitav oleks seegi, et süsteem suudab ennetavalt reageerida anomaalse käitumise mustritele. Lisaks peaks süsteemil olema enesediagnostikavõime ning mõningane eneseparandusvõime.

21. sajandi alguses lisandus süsteemide modelleerimise teooriasse ja praktikasse süsteemide süsteemi kontseptsioon⁶. Süsteemide süsteem sisaldab mitut ühise eesmärgi nimel aeg-ajalt koos töötavat ja suure osa ajast autonoomselt töötavat komponenti. Komponentide omavaheliste interaktsioonide

⁵ Ingl *situation centre*

⁶ Keating, C. B.; Padilla, J. J.; Adams, K. 2008. System of Systems Engineering Requirements: Challenges and Guidelines. – Engineering Management Journal, Vol. 20, No. 4, pp. 24–31.

struktuur on tavaliselt ajas muutuv ja vahel üsna keerukas. Kõige rohkem kasutatakse järgmist tüüpi interaktsioone: vahetu (ingl *direct*), kaudne (ingl *indirect*, ka *stigmergy type*) ja (viimasel ajal üha sagedamini kasutatud) vahendatud (ingl *mediated*).⁷ Oluline on märkida, et vahendatud interaktsioonid võivad ajas muutuda ja neid võidakse kasutada nii jälgitava kui ka juhitava süsteemi käitumise mõjutamiseks süsteemi töö ajal.

Süsteemide süsteem võib samuti sisaldada komponente, mis eraldi võetuna on ise komplekssüsteemid. Komplekssüsteemides, eriti nendes, milles on lubatud iseõppimine ja iseorganiseerumine, tekib paratamatult väga tugev ilmnev käitumine (ingl *emergent behaviour*), mis oli eelmise sajandi tehissüsteemides täielikult keelatud. Inimese ja masina segasüsteemides ei olnud võimalik ilmnevat käitumist üleni keelata, nendes süsteemides lükati ilmneva käitumise tagajärjed inimese vastutusalasse. Ilmnevale käitumisele automaatne reageerimine muutus võimalikuks pärast mitteklassikaliste arvutusmodelite laiemat kasutuselevõttu. Mitteklassikalisi arvutusmudeleid ei ole kõikjal lõpuni mõistetud, neid ei osata veel teadlikult kasutada ja nende haldamisoskust on vaja edasi arendada.⁸

Tegelikus elus püütakse teha võimalikult odavaid IT-süsteeme, mistõttu rahuajal, mis selle artikli kontekstis tähendab tavaolukorda, jäetakse IT-süsteemi loomisel tegemata harvaesinevate sündmuste haldamiseks vajalikud lisad ja täiendused, isegi kui neid osatakse teoreetiliselt hallata. Eri-nevalt tavalisest IT-süsteemist peab olukorrateadlikkuse süsteem töötama võrdselt hästi nii tavaolukorras kui ka kriisi, massirahutuste ja hübriidsõja ajal ning eriti veel sõjaseisukorras. Tavaolukorras harvad sündmused võivad probleemsetes tingimustes muutuda sagedasteks ja tihti kujutada endast ka tahtlikku rünnet. See tähendab, et infosüsteem, mis täidab tavaolukorras

⁷ Vt detailsemalt nt **Motus, L.** 2010. Chapter 5: The Impact of System Integration on Design, Analysis and Verification. – Design Considerations and Technologies for Air Defence Systems. Technical Report. RTO-TR-SCI-181, NATO.

⁸ Vt detailsemate selgituste näiteid ja edasisi viiteid **Stepney, S. et al.** 2005. Journeys in Non-Classical Computation I: A Grand Challenge for Computing Research. – The International Journal of Parallel, Emergent and Distributed Systems, Vol. 20, Issue 1, pp. 5–19. **Stepney, S. et al.** 2006. Journeys in Non-Classical Computation II: Initial Journeys and Waypoints. – The International Journal of Parallel, Emergent and Distributed Systems, Vol. 21, Issue 2, pp. 97–125. **Motus, L.; Meriste, M.; Dosch, W.** 2005. Time-awareness and Proactivity in Models of Interactive Computation. – Electronic Notes in Theoretical Computer Science, Vol. 141, pp. 69–95. [**Motus et al.** 2005] **Motus, L.; Meriste, M.; Preden, J-S.; Pahtma, R.** 2012. Self-aware Architecture to Support Partial Control of Emergent Behavior. – Proceedings of the IEEE 7th International Conference on System of Systems Engineering. Genoa, Italy. July 16–19, pp. 422–427. [**Motus et al.** 2012]

oma primaarseid eesmärke ning kohustuslikke ülesandeid, võib segaduste perioodil muutuda oma kasutajatele ohuallikaks. Juba 2000. aastate esimesel kümnendil teati (enamasti siiski vaid teoreetiliselt), kuidas ehitada süsteemidesse sisse abivahendeid, mis automaatselt märkavad ootamatuid ja vahel ka soovimatuid muutusi ning osaliselt mahendavad nende mõju. Näiteks võrreldi ja analüüsiti mitme omavahel sõltumatu ajaarvestussüsteemi baasil mõõtmistele lisatud ajalipikuid.⁹ Samas hakati välja töötama teoreetilisi aluseid süsteemi jaoks, mis avastab ilmnevat käitumist ning reageerib sellele.¹⁰

Olemasolev majandussüsteem on optimeeritud üldjuhul tavaolukorrale. Kui kohandada seda ebatavaliste olukordade jaoks, tuleb seda arendada ja ümber korraldada, milleks kulub üldjuhul lisatööd, -aega ja -raha. Laiapindse riigikaitse olukorrateadlikkuse süsteem täidab eriti vastutusrikast rolli ja peaks kiire ümberkorraldamise järel pidama vastu loodusõnnetustele, tahtlikele rünnakutele ja isegi sõjaseisukorrale. See tähendab, et selline süsteem peaks olema projekteeritud, realiseeritud ja katsetatud juba koos ebatavaliste olukordade jaoks mõeldud täiendustega.

Praegu Eestis toimivaid süsteeme tuleb enamasti infrastruktuuri ja tarkvara poolest märgatavalt täiendada, et tagada nende töö ebatavalistes olukordades. Hiljutiste hoiatavate näidete põhjal (elektririke, mis tekitas 2019. aasta alguses Kuressaares eriti tavainimesi mõjutanud kaose, ja nädalalõpp, mis oli 2019. aasta oktoobris Lõuna-Eestis tavalisest pisut tugevama tuulega) saaks hea tahtmise korral realistlikult hinnata tegelikke ühiskonnale põhjustatud kahjusid. Oleks õpetlik võrrelda tekkinud kahjusid kuludega, mis oleksid kaasnenud taristu ja ühiskonna lisaettevalmistamisega erakorralisteks loodusõnnetusteks, mis üha sagenevad. Nagu selgus, ei olnud inimesed ega seadmed koos oma tarkvaraga valmis ebatavalistes olukordades tavapärasest tööd jätkama, mis tekitas uskumatult suurt, aga õnneks vaid majanduslikku kahju. Eriti halvasti mõjub ühiskonna turvalisusele see, kui paljud tavaelanikud jäävad ilma info ja materiaalse toeta, mida samas pakutakse nn organiseeritud ühiskonna osale.

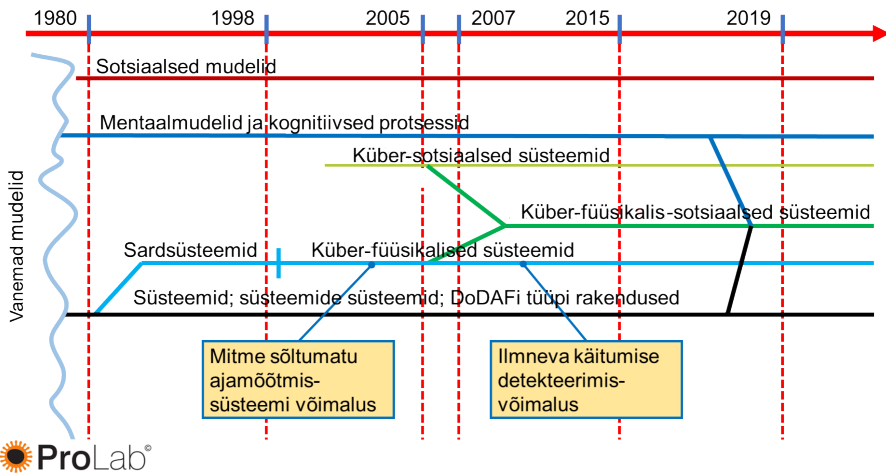
Kui luua laiapindse riigikaitse olukorrateadlikkuse süsteemi, tuleb enne kõike arvestada juba olemasoleva funktsionaalsusega, mis reaalselt toimib (nt päästeasutused, politsei ja kaitsevägi), ning luua vaid äärmise vajaduse korral täiendavaid olukorrateadlikkuse tekitamise ja levitamise seotud tugistruktuure (nt piirkondlike olukorrateadlikkuse keskuste võrk). Täiendused

⁹ *Motus et al.* 2005, pp. 69–95.

¹⁰ *Motus et al.* 2012, pp. 422–427.

võiksid parandada olemasolevate hästi funktsioneerivate organisatsioonide koostööd, infolevikut ja ressursijaotust kogu riigis. Näiteks oleks võimalik hoolitseda selle eest, et infot kogutakse süstemaatiliselt, et seda verifitseeritakse, töödeldakse, jagatakse ja analüüsitakse, et lähitulevikus juhtuda võivaid sündmusi prognoositakse, et infot jagatakse eri tasemetel otsustajate vahel ning et tagatakse võimalus katsetada tehtud otsuste mõju enne nende rakendamist¹¹.

Suuresti lihtsustatud modelleerimise kontseptsioonide, meetodite ja mudelite ajajoon on esitatud joonisel 1. Kõik joonisel toodud erinevate mudelite liigid on samal ajal kasutusel ja aeg-ajalt võivad need omavahel liituda. See, kui mudelitele lisandusid uued kvalitatiivsed omadused, on tähistatud riskülikukujuliste lipikutega.



Joonis 1. Laiapindse riigikaitse olukorradeadlikkusega seotud mudelite ajajoon

Ajajoonelt on näha maailmas valitsev üsna selge arengusuund, mille järgi erinevatest uurimisvaldkondadest ja haldusstruktuuridest saadud mudeleid kasutatakse koos järjest tihedamini.

Järgnevalt selgitatakse mudelite ajajoont lähemalt.

¹¹ Motus, L.; Teichmann, M.; Kangilaski, T.; Priisalu, J.; Kaugerand, J. 2019. Some Issues in Modelling Comprehensive Situation Awareness. – IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. Bari, Italy. October 6–9, pp. 550–555.

- Mentaalmudelid tõusid huvi keskmesse 1943. aastal tekkinud tähelepanust olukorrateadlikkuse vastu¹², viimasel ajal on püütud mentaalmudelite ja teiste kasutatavate mudelite koosmõju lähemalt uurida.
- Küber-sotsiaalsete süsteemide mudelid kerkisid laiema üldsuse huvifääri umbes 2003. aastal, kui arvutite kasutamine sotsiaalsete struktuuride praktikas muutus igapäevaseks nähtuseks, kuigi arvutuslikus sotsioloogias (ingl *computational sociology*) oli arvuteid kasutatud juba alates 1980. aastatest.
- Üksikute objektide modelleerimine viis selleni, et hakati modelleerima objektide koostööd, st terviklikku süsteemi. Järgmine loogiline samm oli omavahel interaktsioonis olevate süsteemide kogu modelleerimine, mida 2004. aasta paiku hakati nimetama süsteemide süsteemiks (ingl *system of systems*). Tänapäeval korraldatakse juba regulaarselt konverentse, kus süsteemitehnika (ingl *systems engineering*) asemel on huvi koondunud süsteemide süsteemi tehnikale (ingl *system of systems engineering*).
- 20. sajandi lõpus muutusid tavasüsteemidega võrreldes väga tähtsaks sardsüsteemid oma omapära tõttu, sest nende puhul töötavad harilikult koos kaks täiesti erinevat autonoomset süsteemi, näiteks arvuti ja selle juhitud keemiline reaktsioon. Sardsüsteemide puhul on silmatorkav ja võib-olla ka poliit tehnoloogilist huvi pakkuv seegi asjaolu, et arvuti ülesanne on inimese soovil mõjutada tavaliselt looduslikku protsessi, ilma et looduslik protsess oleks huvitatud oma mõjutamisest. Looduslik protsess võib oma huvides seada arvuti töödeldavatele andmetele väga ranged aja- ja ruumikitsendused. Tänapäeval nimetatakse selliseid süsteeme küber-füüsikalisteks süsteemideks, ja juhul kui need hõlmavad lisaks looduslikele sotsiaalseid protsesse, ka küber-füüsikalis-sotsiaalseteks süsteemideks.
- DoDAFi tüüpi mudelid kirjeldavad keerukaid süsteemide süsteeme, keskendudes nende arhitektuurile, kuid muu seas kirjeldavad need ka üksikuid komponente ja süsteemide süsteemiga seotud inimeste käitumist. DoDAFist kui geneerilise mudeli paradigmat on tuletatud palju konkreetsemaid ja lihtsustatud geneerilisi mudeleid, näiteks teiste maade kaitseministeeriumitele, tööstusettevõtete liitudele ja üksikutele ettevõtetele vajalikke mudeleid. Konkreetne näide on toodud Manticus

¹² Kui Manticus Apollo projekti aruande D4.5 algversioon sai valmis septembris 2019, hakkas mentaalmudeli kontseptsioon (vt **Teichmann, M.; Motus, L.** 2019. Extended Model for Comprehensive Situation Awareness. Manticus Apollo D4.5) koos kognitiivsete protsessidega teoreetiliselt huvi pakkuma, kuigi projekti juhid ei soovitanud seda edasi uurida.

Apollo projekti aruandes D4.1¹³ ettevõtte kirjeldamise mudelite malli kujul (VÖTAKS), mis sobib enamikule ettevõtetest, kuigi erinevate ettevõtete korral täidetakse see erineva sisuga.

- Süsteemide süsteemis (eriti kui selle mõned komponentsüsteemid on iseõppivad, kui need on iseorganiseeruvad ja kui nende käitumise mõjutamises osalevad inimesed) mängib sageli suurt rolli ilmnev käitumine. Ilmnevat käitumist¹⁴ ei ole võimalik fikseerida ei süsteemide spetsifikatsioonis, projektis ega käitumisjuhendis. Ilmneva käitumise tekkimise aega ega mõju ei ole enamasti võimalik ennustada. Ilmneva käitumise näiteks sobib inimesel ootamatult tekkiv geniaalne idee, mis võib olla ülimalt kasulik, aga vahel ka üsna kahjulik.

3. Klassikalised ja mitteklassikalised arvutusmudelid

Järgnevalt esitatakse väga tugevalt lihtsustatud konspektiivne ülevaade. Asjast rohkem huvitatud peaksid tutvuma mitteklassikaliste mudelite olemust ja vajalikkust selgitavate allikatega, näiteks Dodig-Crnkovići¹⁵ ja teiste ülevaatlike artiklitega. Puhtpragmaatilisel selgitades võib öelda, et klassikalised arvutusmudelid baseeruvad predikaatarvutuse esimese järgu keelel ning et need mudelid olid praktiliselt ainuvalitsevad 20. sajandi teisel poolel. Klassikaliste arvutusmudelite üks omapära on see, et nendes ei kasutata keerukamaid funktsioone kui Turingi mõttes arvutatavad funktsioonid. Suur osa 20. sajandi arvutiteadusest põhines sellistel arvutusmudelitel. Kui 21. sajandi alguses rakendati üha rohkem süsteemide süsteemi ja kompleks-süsteeme, võeti süsteemide kirjeldamiseks kasutusele predikaatarvutuse nõrk teist järku keel. Nii saadi arvutusi kirjeldavad nn mitteklassikalised arvutusmudelid, millel on kaks väga head uut omadust: 1) võimalus kasutada arvutusteks keerukamaid funktsioone, võrreldes Turingi mõttes arvutatavate funktsioonidega, 2) arvutustele tekib ajaloomälu, st arvutustulemus võib hakata sõltuma sama programmi eelnevate käivituste ajal tehtud

¹³ Vt Motus, L.; Priisalu, J.; Kangilaski, T.; Kaugerand, J.; Savimaa, R.; Tammel, K.; Teichmann, M. 2019a. Situation Awareness Concept and Global Framework for Modelling. Manticus Apollo D4.1. [Motus *et al.* 2019a]

¹⁴ Goldstein, J. 1999. Emergence as a Construct: History and Issues. – Journal on Emergence, Vol. 1, No. 1, pp. 49–72.

¹⁵ Dodig-Crnkovic, G. 2013. The Development of Models of Computation with Advances in Technology and Natural Sciences. – Proceedings of the 6th AISB Symposium on Computing and Philosophy: The Scandal of Computation – What is Computation?

arvutustest, lisaks võivad arvutustulemused hakata sõltuma andmetele seatud aja- ja ruumikitsendustest. Arvutid ja arvutused muutuvad ajaloo suhtes üha tundlikumaks nagu inimesedki, kelle käitumine sõltub elus saadud kogemustest¹⁶.

Ajalootundlike arvutuste tekke tõttu muutus tähtsamaks ka vajadus praktiliselt kasutada mitut erinevat ja omavahel sõltumatut ajaarvestus-süsteemi, mida tehti kõigepealt sardsüsteemides ja seejärel süsteemide süsteemis¹⁷.

4. Modelleerimist vajavate kompleks-süsteemi objektide üldiseloomustus

Eesti laiapindse riigikaitsega seotud asutused, organisatsioonid ja muud objektid paiknevad kogu Eestis, mõned isegi väljaspool Eesti territooriumi¹⁸. Modelleeritavate objektide võimalikku geograafilist paiknemist reaalses maailmas illustreerib joonis 2, kusjuures laiapindse riigikaitse olukorratedlikkus moodustub erinevate objektide olukorratedlikkuse integreerimisel.

Piirkondlikud objektid võivad korraldusliku keerukuse ja riigikaitse tähtsuse poolest vägagi erineda, sama käib ka objektide modelleerimise keerukuse ning mudelite kasutamise kohta. Tavapraktikas kogutakse majanduse ja riigikaitse seisundit iseloomustavaid andmeid ajas lõdvalt järjestatud jadadena.

Üldjuhul on selliste objektide modelleerimise eesmärk saada ligi-reaalajas ülevaade nende seisundist (nt ajajadad, mis iseloomustavad objektide funktsioneerimist, nn tervisliku seisundi hinnangud, ja võimaluse korral ka prognoosid seisundi muutuste kohta lähitulevikus).

¹⁶ Vt Goldin, D. Q.; Smolka, S. A.; Attie, P. C.; Sonderegger, E. L. 2004. Turing Machines, Transition Systems, and Interaction. – Information and Computation, Vol. 194, Issue 2, pp. 101–128. Eberbach, E.; Goldin, D.; Wegner, P. 2004. Turing's Ideas and Models of Computation. – Teuscher, C. (ed.). Alan Turing: Life and Legacy of a Great Thinker. Berlin, Heidelberg: Springer, pp. 159–194. Motus et al. 2005, pp. 69–95.

¹⁷ Vt näiteks Motus, L. 2003. Modeling Metric Time. – Selic, B.; Lavagno, L.; Martin, G. (eds.). UML for Real: Design of Embedded Real-time Systems. Kluwer Academic, pp. 205–220.

¹⁸ Motus et al. 2019a.



Joonis 2. Näide modelleeritavate objektide võimalikust geograafilisest paiknemisest Eesti territooriumil

Regulaarselt jälgitavate objektide seisundi põhjal koostatakse laiapindse riigikaitse olukorrateadlikkuse hinnangud, mis jagatakse eri tasemetel kohalikele autoriseeritud otsustajatele riiklike nimekirjade alusel. Eri tasemete olukorrahinnangute koondtulemused antakse olukorrateadlikkuse keskuse kaudu üleriigilisel tasemel otsustajatele. Olulisematel juhtudel peab mudelitega saama enne otsuste rakendamist matketegevuse abil hinnata konkreetsete otsuste mõju objektide käitumisele. Selleks on vaja prognoosida nende objektide käitumist lähitulevikus, teisisõnu öeldes moodustab matkimine osa otsustustoe süsteemist.

Puhtpragmatiliselt ei ole meil alati tarvis automaatjuhtimiseks vajaliku detailsusastmega mudelid. Suure detailsusega mudelite näidete hulka kuuluvad funktsionaalsed mudelid, mida on vaja, et muuta konkreetsete objektide käitumist (osaliselt automaatseks). Sarnase detailsusastmega mudelid vajavad ka paljud matkesüsteemid. Olukorrateadlikkuse tagamiseks ligi-reaalajas piisab sageli palju pealiskaudsematest mudelitest. Eriti tõsiseks muutub mudeli hädapärase keerukuse probleem siis, kui arvestada sellega, kui palju kulub detailsete mudelite koostamiseks inimeste tööd, kui head peavad olema modelleerimisspetsialistidelt nõutavad oskused, kui palju on modelleeritavaid objekte kokku ning kui palju tegelikult eraldatakse sellise töö jaoks aega ja raha.

Analoogselt inimese tervisliku seisundi hindamisega, mille puhul spetsialist saab paljudel juhtudel kiire välise vaatluse põhjal nentida, et inimesel on terviseprobleeme, ning üsna sageli seostada avastatud probleemid konkreetsete võimalike põhjustega, saab ka olukorrateadlikkust mõnikord hinnata üsna lihtsalt ja näiliselt pealiskaudselt. Loomulikult on teaduslik-metodoloogilise doktriini järgi vaja pealiskaudse mudeli põhjal tehtud esialgset hinnangut kontrollida täieliku komplekti analüütiliste uuringutega (kui selleks antakse lisa-aega ja vahendeid)¹⁹.

5. Organisatsioonide ja asutuste seisundi hindamisest

Traditsiooniliselt tegelevad organisatsioonide ja asutuste üldseisundi esialgse hindamise ja hinnangute põhjendamisega mõttekojad ja makromajanduse analüütikud. Vahel tehakse seda koos soovitude analüüsiga, mida ja kuidas teha, et saadud hinnangut parandada.

Paljud rahvusvahelised (nt RAND) ja rahvuslikud (nt Praxis) keskused koostavad kindla aja tagant aruandeid majanduse, poliitika jms makroanalüüsi kohta. Eestiga seoses on mitu korda proovitud sarnast keskust rajada. Autoritele on teada vähemalt ühe initsiatiivgrupi katse, kui 2015. aastal üritati USA Purdue ülikooli sotsiaalettevõtluse, võimestamise ja teadmiste instituudi ning TTÜ proaktiivtehnoloogiate labori baasil luua olukorrateadlikkusele keskenduva mõttekoja tuumik²⁰.

Iga organisatsioon ja asutus saab suhteliselt kerge vaevaga määrata kindlaks enda sisemised mõõdikud, näiteks kesksed sooritusindikaatorid (ingl *key performance indicators*) ja kesksed riskiindikaatorid (ingl *key risk indicators*). Nende mõõdikute põhjal saab hinnata ettevõtte seisundit, kuid kahjuks ei saa seda teha ligi-reaalajas.

Vaatamata oma kasulikkusele pikas perspektiivis, ei sobi kumbki nimeetatud variantidest olukorrateadlikkuse hindamiseks. Lisaks sellele, et sooritus- ja riskiindikaatorite hindamise meetodikaga ei saada hinnanguid

¹⁹ Selline kontroll oli Manticus Apollo projektis plaanis võimepõhiste mudelite alusel tehtava hindamismetoodika väljatöötamisel, kuid kogu hindamismetoodika osa otsustati projektist välja jätta.

²⁰ **POI 20150421**. 2015. Protocol of Intentions on Establishing of Cooperation Network and Think Tank for Modelling and Analysing the Society and Security. Private communication, p. 3. USA pool soovis, et loodav mõttekoda ei tohi olla riigiasutus ning et pikas perspektiivis tuleb arendada välja võime analüüsida Kirde-Euroopa ettevõtete jooksvat seisundit ja perspektiivi. Eesti huvi ja ennekõike käivitusraha puudusel jäi plaan katki.

ligi-reaalajas, on mõttekojad tihti rahvusvahelised ja laiapindse riigikaitse puhul võib see tähendada turvariski.

Järgmine võimalus oleks kasutada ettevõtetele ja organisatsioonidele kuuluvaid või neile kättesaadavaid IT-süsteeme, kuhu on salvestatud suur osa iga ettevõtet kirjeldavast infost. Üsna kindlalt ei ole paljud ettevõtted huvitatud oma tööd kirjeldava liiga detailse info jagamisest teistega. Pealegi võib tegu olla ettevõtetega, mis töötlevad isikuandmeid või muud tundlikku infot.

Samas võiksid need eraomanduses olevad, riiklikud või muidu tundlikku infot sisaldavad IT-süsteemid olla ühenduses olukorradeadlikkuse süsteemiga ja isegi peaksid seda olema. Näiteks võiks seda teha ristsõltuvuste arvestamiseks ja laiapindse riigikaitse töö parandamiseks. See võib aga tekitada juriidilisi vaidlusi, konflikte näiteks andmete omanike vahel ja tundlike faktide avalikuks saamist suurandmete analüüsi käigus jms. Niisuguseid konflikte on reaalsetes süsteemides ja võrgustikes raske täielikult vältida.

Üks võimalik lahendus oleks tugineda võimepõhisele mudelile²¹, mida siin artiklis on nimetatud VÕTAKS-tüüpi mudeliks, mille eelis on see, et samasse mudelisse saab salvestada kõik seni muudesse andmekogudesse kogutud andmed organisatsiooni kohta, näiteks põhimäärused ja sidemed teiste organisatsioonidega. Info, mis on ühes kohas, konkretiseerib märgatavalt organisatsiooni seoste kirjeldusi nii teiste organisatsioonidega, sama organisatsiooni autonoomsete üksustega kui ka kõigi vajalike eraomanduses olevate IT-süsteemidega. Lisaks koondab VÕTAKS-tüüpi mudel endasse organisatsiooni teenuste loetelu koos selleks vajalike võimete ning osavõimete taksonoomiaga. Kui meil õnnestuks kasvõi umbkaudu hinnata organisatsiooni võimete kvantitatiivset väärtust ühel hetkel, saaksime määrata kogu organisatsiooni tervislikku seisundit ja käitumist ligikaudu kirjeldava andmevoo, mille abil saaks ligi-reaalajas analüüsida organisatsiooni tervisliku seisundi muutusi.

VÕTAKS-tüüpi mudelid, mis kirjeldavad konkreetseid organisatsioone, saavad turvaliselt koos töötada IT-süsteemidega, mis on organisatsioonides juba olemas, ning need võivad ühtlasi sisaldada kõiki vajalike organisatsioonide taustandmeid, sealhulgas asutuse põhimäärust ning nimekirja infot vahetavatest partnerasutustest koos sidekanalite ja detailse infoga. VÕTAKS-tüüpi mudelite puhul on vaja küllaltki üksikasjalikku võimete loetelu koos osavõimete taksonoomiaga, mis tuleb tsiviilasutuste jaoks paljudel juhtudel alles koostada, kuid nende mudelitega saab see-eest suhteliselt kiiresti

²¹ Vt *Motus et al.* 2019a.

(ligi-reaalajas) ettevõtte tervist hinnata ning toetada turvalist sidepidamist teiste asutuste ja organisatsioonidega. Võimetaksonoomiatele tuginedes saab erinevate organisatsioonide vahel fikseerida märksa täpsema ristsõltuvuste kirjelduse, mis seoks ilmutatult vastavad osavõimed. VÕTAKS-tüüpi mudeli kommunikatsiooni osa suudab väljastada eri kanaleid pidi kontrollitud avalikku infot ja kontrollitud salastatud infot. Seetõttu saab kogu infot probleemideta kasutada, et luua täielik olukorrateadlikkus. Näiteks Kaitsevägi on oma tegevusi paljuski juba võimepõhiselt kirjeldanud²².

6. VÕTAKS-tüüpi mudeli võimepõhine osa

Modelleerimise ajajoonel (vt joonis 1) toodud mudelitest kirjeldatakse siinkohal lähemalt küber-füüsikalise-sotsiaalsete mudelite võimepõhiste mudelite VÕTAKS-tüüpi mudelit, millest kirjutati esimest korda Manticus Apollo projekti aruandes²³. Olukorrateadlikkuse seisukohalt on selle mudeli keskseks infoallikaks väärtused, mis on saadud organisatsiooni osavõimete taksonoomia erinevate tasemete hindamisel. Osavõimete väärtused tekivad DoDAFi võime vaatepunktist loodud võimetaksonoomias (ingl *services and capabilities*) sisalduvate osavõimete hindamisest. Osavõime hindamisel ja mõõtmisel saadud väärtuste põhjal saame hinnata vastava võime seisundit mõõtmishetkel. Põhjaliku võimetaksonoomia korral on võimalik saada ilma keerukate mõõtmis- ja katsetusprotseduurideta ning ilma tavapärasest funktsionaalset mudelit koostamata paljude võimetaksonoomias olevate osavõimete funktsioneerimisvõime antud hetke hinnang, mis võib olla esitatud näiteks protsentides täielikult toimivast ideaalvõimest. Seda väidet kinnitavad sõjalisel otstarbel koostatud võimenimekirjad²⁴.

Kaitseväes kasutatav ja loodav võimekirjelduse metoodika on suunatud sellele, et anda võimetest ülevaade ja neid planeerida. Esialgu ei ole veel jõutud olemasoleva ja planeeritud võime tegeliku seisundi võrdluseni ligi-reaalajas. Näiteks võib tuua merepääste helikopteri, mille jaoks on ette nähtud kolm vintsi, et tõsta vees olijaid kopterile. Töö käigus võib mõni vints puruneda, mis tähendab, et planeeritud võime väheneb tegelikkuses märgatavalt. Kuigi on tehtud täiuslik plaan, ei õnnestu seda täita, kuna planeeritud võime on

²² Vt näiteid võimetaksonoomiast **ADRP 1-03**. 2015. The Army Universal Task List. Washington, D.C.: Headquarters, Department of the Army. [ADRP 1-03. 2015]

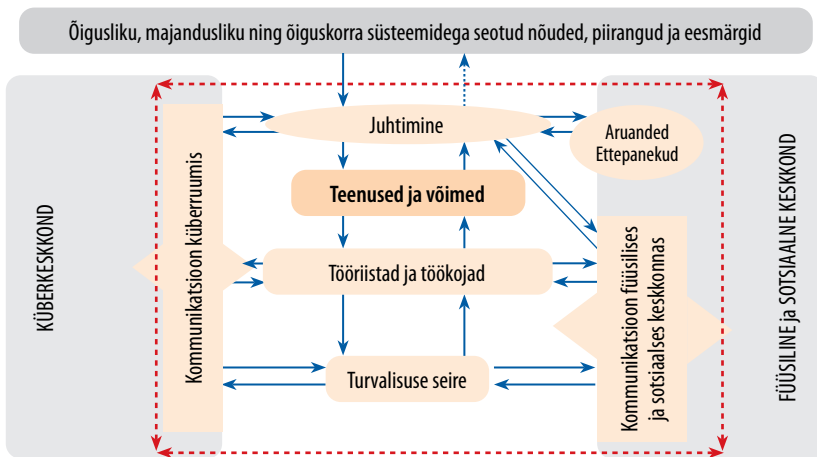
²³ **Motus et al.** 2019a.

²⁴ Nt **ADRP 1-03**. 2015.

töö käigus vähenenud. Reaalselt ei pea olukorrateadlikkuse süsteem informeerima meid planeeritud võimete piisavusest, vaid päris operatsiooni käigus ühel kindlal ajahetkel tegelikult olemas olevate võimete seisundist. See võib tähendada seda, et vaatamata hoolikale planeerimisele tuleb operatsiooni keskel juurde tellida lisavõimet, näiteks veel üks kopter.

Lisaks võimetaksonoomiale ja selles loetletud võimete pidevale hindamisele saab VÕTAKS-tüüpi mudelit täiendada muu hulgas järgmiste detailidega:

- viited organisatsiooni laiendatud põhimäärustele (nt nõuded, piirangud, eesmärgid, viited olemasolevatele sarnastele süsteemidele);
- viited modelleeritava asutusega interaktsioonis olevatele organisatsioonidele, nende vastavatele võimetele ja nende võimete olukorrale (nt küberruumis paiknevad partnerid ning füüsilises või sotsiaalses ruumis paiknevad partnerid);
- organisatsiooni enese haldust ja reorganiseerimist korraldavate alamstruktuuride kirjeldus ja võimed;
- vahendid ja meetmed, millega turvatakse organisatsiooni tööd (nt küberkaitse ja juurdepääsukontroll).



Joonis 3. Organisatsiooni VÕTAKS-tüüpi mudeli mall

VÕTAKS-tüüpi mudeleid saab kasutada selleks, et kiiresti, kuigi üsna ligikaudu hinnata väga erinevate organisatsioonide jooksvat olukorda. Põhiraiskus seisneb erinevatele organisatsioonidele vajalike iseloomulike võimete valikus ja igale valitud võimele vastava detailse taksonoomia koostamises. Detailiseerimist tuleb jätkata seni, kuni jõuame kergesti ja soovitatavalt

kvantitatiivselt (nt protsentides) hinnatavate osavõimete ni. Koguvõime hinnang moodustub erinevatele taksonoomia tasemetele omistatud osavõimete hinnangutest. Võime hinnang sõltub operatsiooni käigus dünaamiliselt kogunevast ja valideeritavast olukorrateabest, st võime tegelikust seisundist hindamise ajahetkel. Selliseid hinnanguid saab anda lähtudes subjektiivsetest eksperdihinnangutest, kuigi parem oleks lähtuda võime objektiivselt mõõdetud väärtustest. Kindlasti ei tohi unustada, et võime väärtusi tuleb kindla aja tagant tegeliku operatsiooni käigus täpsustada ja et operatsioonid ei tohiks juhtida võime eelhinnangute või planeeritud võimete alusel.

Puhtpragmaatiliselt on laiapindse riigikaitse olukorrateadlikkuse süsteemi loomise esimeses versioonis kõige lihtsam lähtuda VÕTAKS-tüüpi mudelis organisatsiooni jaoks fikseeritud võimetaksonoomiast, alustades lihtsate subjektiivsete eksperdihinnangutega ja liikudes sammhaaval objektiivsete hinnangute poole. Kindlasti ei saa rääkida olukorrateadlikkusest, kui ei tugineta vajalike võimete piisavalt sageli hinnatavatele hetkeväärtustele. Võimepõhist meetodikat ja võimetaksonoomiaid rakendatakse juba mõnda aega Kaitseväge tegevuse planeerimisel, kuid veel ei hinnata selle abil praeguse hetke tegelikku seisundit. Pisut pehmemas versioonis saab võimepõhist meetodikat kasutada ka tsiviillettevõtetes, kus aga laia kasutamist takistab see, et nende tegevuseks vajalikke võimeid koos vastava taksonoomia ja ontoloogiaga ei ole ammendavalt kirjeldatud ning et erinevate organisatsioonide ontoloogiatega kirjeldused ei ühildu täiesti. Praktilises maailmas peaksime tegelema tõsiselt tsiviilmaailma võimetaksonoomiate täieliku kirjeldamisega ning püüdma nende ontoloogiaid täielikumalt ühildada. Tegelikult on isegi ligikaudne olukorrateadlikkus, mis toetub objektiivsele ja teadmispõhisele infole, parem kui juhuslikult kogutud statistilistest andmetest tuletatav subjektiivne olukorrateadlikkus.

Pärast esialgset pingutust saaksime olukorrateadlikkuse hinnangut hakata parandama siis, kui esimene versioon olukorrateadlikkusest juba töötab, täiendades sammhaaval ja süstemaatiliselt tsiviilorganisatsioonide võimetaksonoomiaid. VÕTAKS-tüüpi mudelite abil toodetakse organisatsioonide ja nende võrkude tõepärase seisundi sagedaseks ligikaudseks hindamiseks vajalikke reaalseid andmeid, mis võimaldavad hinnata fikseeritud ajahetkel organisatsiooni tegelikku võimet temalt oodatavate ülesannete täitmiseks. Tavapärase meetoditega kogutavad statistilised andmed sellist infot ei sisalda, sest nende abil saadakse tihti ebatäpsed aja ja asukoha metaandmed või ei saada selliseid andmeid üldse. Niisuguste metaandmete põhjal tehtud järeldused ei ole usaldusväärsed.

VÕTAKS-tüüpi mudeli eelis on see, et tavapärased muudatused asutustes ja organisatsioonides ei muuda enamasti võimenõudeid. Traditsiooniliste ehk detailset funktsioneerimist kirjeldavate mudelite puhul on tarvis aga lisatööd ja aega, et teha neis ka väikesed organisatsioonilised muudatused.

7. Võime mõiste selgitamine

Järgnevalt kirjeldatakse veidi metoodikat, mida kasutatakse NATO STO SCI-paneelis (*Systems, Concepts and Integration Panel*)²⁵ võimetaksonoomia koostamisel, millega hinnatakse laiapindse riigikaitse olukorradeadlikkuse süsteemi kaasatud organisatsioonide võimete hetkeseisundit ning kirjeldatakse täpsemalt erinevate organisatsioonide koostööd ja vastastikust sõltuvust. Võime mõiste selgitus siinses artiklis põhineb kahel publikatsioonil²⁶ ja suulisel infovahetusel autoritega. Võime olemuse saab lühidalt kokku võtta kahe aforismitaolise definitsiooniga.

- „Capability is the ability to do something; it is not a synonym for a system function, or for system purpose“²⁷ (ee „Võime on oskus ja suutlikkus teha midagi, see ei ole sama, mis süsteemi funktsioon või süsteemi eesmärk“).
- „A function (of a system) is what the system does“²⁸ (ee „(Süsteemi) funktsioon on see, mida süsteem teeb“).

Me eeldame heauskselt, et tiptaseme võime on ühenduses (tavaliselt madalama tasemega osavõimete jada kaudu) süsteemi loodava väljundi või toodanguga. Heauskselt sellepärast, et praktikas unustatakse tihti vajadus madalama tasemega võimete jada järele või siis loobub organisatsioon tühistel põhjustel tiptasemega võimest ja kasutab selle asemel taksonoomias allpool olevat osavõimet. Madalama taseme võimete, st osavõimete jada moodustab kõrgtaseme võime realiseerimiseks vajaliku taksonoomia. Võimetaksonoomia elementide põhjal saab tihti kindlal ajahetkel kõrgtaseme võime efektiivsust ja realiseeritavust hinnata, mis on süsteemi reaalsel hetkeolukorda iseloomustava seisundi hea indikaator.

²⁵ Henshaw, M.; Kaugerand, J. SCI (Systems, Concepts, and Integration) panel.

²⁶ Henshaw, M. J. de C.; Kemp, D.; Lister, P.; Daw, A. J.; Harding, A. D.; Farncombe, A.; Touchin, M. 2011. Capability Engineering – An Analysis of Perspectives. – INCOSE International Symposium, Vol. 21, Issue 1, pp. 712–727. [Henshaw *et al.* 2011] Sillitto, H. 2014. Architecting Systems – Concepts, Principles and Practice. – System Series, Vol. 6. College Publications. [Sillitto 2014]

²⁷ Henshaw *et al.* 2011.

²⁸ Sillitto 2014.

Henshaw' kasutatud definitsioon *võime on oskus* on igati mõistlik organisatsioonide põhimõttelise struktuuri projekteerimisel ja kirjeldamisel, aga iga oskuse rakendamine tegelikus elus sõltub suutlikkusest (võimaluste ja ressursside olemasolust ja kasutatavusest käesoleval ajahetkel)²⁹. Oskus midagi teha ei muutu oluliselt süsteemi töö käigus, st süsteemi võime midagi teha jääb enam-vähem endiseks, küll aga muutub suutlikkus (oskuse rakendamiseks vajalike ressursside olemasolu või nende kasutamisevõimaluste hulk). Näiteks peab oskuse rakendaja sageli keskendumise ülesande täitmisele, süsteemi töö käigus ei pruugi aga keskendumine olla alati võimalik kasvõi stressi või muude psühholoogiliste barjääride tõttu. Samuti ei saa oskust rakendada, kui ei ole olemas näiteks vajalikke tööriistu, söidukeid, raha või elektrit.

Kujutame ette Kagu-Eestis asuvat lüpsilehmade farmi, mille põhitegevus on toota piima. Tänapäeval on piimatootmisvõime jaoks vaja peale kõige muu elektrit, mis tuleb tavaliselt elektrivõrgust. Tugev tuul võib võrgu ära lõhkuda. Korralik farmer käivitab siis oma lokaalse elektrigeneraatori, mille abil saab piima edasi toota ja säilitada. Mõne aja pärast lõpeb generaatoril kütus, aga lisakütust ei saa tuua, kuna kehvasti hallatud tanklas ei ole oma generaatorit. Selle tagajärjel üritab farmer lehma käsitsi lüpsata. Enamik lehma annab palju vähem piima või ei anna seda üldse, sest nad on harjunud elektrilise lüpsimasinaga.

Niisugust sündmuste jada saab jätkata veelgi äärmuslikumate näidetega, kuid olukorrateadlikkuse süsteemi jaoks on selle näite puhul märkimisväärsed järgmised asjaolud:

- tormihoiatus tuleb anda aegsasti, et oldaks valmis võimalikeks elektrikatkestusteks;
- juba enne elektrivõrgu tegelikku riket tuleb fikseerida konkreetse süsteemi nõrgad kohad (kehvasti majandatud tankla, hooldamata UPSidega mobiilsidemastid, lokaalsete generaatorite puudus, elusate inimeste ja loomade vajadused ja harjumused, mida ei saa käsu korras muuta, jne) ja planeerida nõrkade kohtade kompenseerimise võimalused. Kõik need nõrkused on tegelikult hästi teada, aga jäetakse sellegipoolest tihti tähelepanuta;
- tuleb korrapäraselt teha harilikke riskide vähendamise töid, kusjuures olukorrateadlikkuse süsteem saab neid ettevalmistusi jälgida ja kontrollida (nt farmi puhul tuleb hinnata tavalise tegutsemisevõime vähenemist elektrivõrgu, tankla ja muude seadmete funktsioneerimise muudatuste

²⁹ INCOSE UK Capability Systems Engineering Guide 2014.

tõttu, mida põhjustab farmiga interaktsioonis olevate organisatsioonide ebatavaline käitumine);

- tuleb ette näha tegevused, millega mahendada katastroofi võimalikke tagajärgi (nt lehmade hädatapmist) ja mis võivad olla vajalikud vahendite puudumise tõttu.

Taksonoomia kui hierarhilise klassifitseerimise süsteemi võttis kasutusele Aristoteles selleks, et organiseerida teadmisi ja oskusi esindavaid mõisteid. Taksonoomia on tüüpiliselt teadmiste puu, milles kõrgema taseme mõiste (nt tipptaseme võime) jagatakse alammõisteteks ehk osavõimeteks (puuoksteks).

Ontoloogia võib sisaldada mitmeid taksonoomiaid ja ka teadmisi esindavaid mõisteid. Tavaliselt defineerib ontoloogia dünaamiliselt üksikute mõistete tähendused ja eri mõistete vahelise kontekstist sõltuva suhte. Tugevalt lihtsustatult võib ütelda, et taksonoomia on ontoloogia, milles mõistete vahel on lubatud vaid hierarhiline suhe.

Võimed ning nendega seotud taksonoomiad ja ontoloogiad salvestatakse VÕTAKS-tüüpi mudeli ossa „Teenused ja võimed“ (vt joonis 3). Nendega seotud tegevused (otsustustoe soovitatud operatsioonid, ettekanded ja raportid teistele organisatsioonidele) koostab vastava organisatsiooni haldusstruktuur. Ülejäänud VÕTAKS-tüüpi mudeli osad, mida siin artiklis ei ole käsitletud, täidavad asutuses vajalikke abifunktsioone. Näiteks „turvalisuse seire“ katab küberkaitse ja füüsilise kaitse võimed ja funktsioonid, „tööriistad ja töökojad“ hõlmavad asutuse sisemise töö korraldamiseks vajalikke abivahendeid, funktsioone, jms.

8. Jätkutöö VÕTAKS-tüüpi mudelitega

Artiklis tutvustati VÕTAKS-tüüpi mudeli kontseptsiooni ja kirjeldati võimepõhistest mudelitest tõusta võivat tulu. Manticus Apollo projekti käigus tehti ka eksperiment, et kirjeldada merepääste rakkerühma tööd VÕTAKS-tüüpi mudeli elementide abil. Paraku jäi eksperiment poolikuks, kuna projektis loobuti väliskeskonnas mõõdetud andmete kogumisest ja analüüsist. Eksperimenti tulemuste demonstreerimiseks sisestati andmed käsitsi ja juhiti kogu süsteemi tööd käsitsi. Tavarežiimis oleks stsenaarium pidanud põhinema väliskeskonnast tulevatel andmetel.

VÕTAKS-tüüpi mudelite edukas rakendamine tekitaks võimaluse teha proaktiivseid otsuseid laiapindses riigikaitstes. Sellise mudeli teenuste ja võimete osa genereerib võimekomponentide hetkeseisundite ligi-reaalaja voo, mille analüüsi käigus saab avastada anomaalse käitumise märke palju

varem, kui see käitumine avaldub tavapäraselt mõõdetavates või hinnatavates organisatsiooni makroskoopilistes olekumuutujates või organisatsiooni suutlikkuse hinnangutes. Juhul kui võimekomponendi hetkeseisundite voo ligi-reaalajas hindamise probleem õnnestub praktiliselt lahendada, on põhimõtteliselt võimalik aegsasti ennetada paljude kriisiolukordade teket või vähemalt mahendada tekkivate kriiside mõju. Näiteks saaks proaktiivse tegutsemisega vähendada kriisiohjele ja kriisi tagajärgede likvideerimisele kuluvaid vahendeid. Sedasi saaks vähemalt osaliselt kompenseerida kulutusi, mida on vaja teha, et olukorratadlikkuse süsteem välja arendada ja võimekomponendi hetkeseisundeid praktiliselt hinnata.

VÕTAKS-tüüpi mudelite rakendamine Eesti laiapindse riigikaitse olukorratadlikkuse süsteemis jäi Manticus Apollo projekti põhisuunast kõrvale ilmselt liigse töömahukuse tõttu. Projektis loobuti peaaegu kõigi keskkonna muutujate väärtuste mõõtmisest, välja arvatud episoodiline küberruumi liikluse seire ja analüüs. Vaieldamatult tuleb selleks palju töötada, et varustada laiapindsesse riigikaitseesse kuuluvad organisatsioonid, asutused ja seadmed võimete loeteluga, võimetaksonoomiatega ja erinevate valdkondade ontoloogiatega ning need omavahel ühildada. Siiski tuleb see töö pikas perspektiivis varem või hiljem igal juhul ära teha. Pragmatilisest seisukohast vaadates ei ole olukorratadlikkuse süsteemi puhul tingimata vaja varustada kõiki objekte võimete nimekirja ja taksonoomiatega. Me saaksime proaktiivselt tegutsedes võtta ligikaudse, aga samas märksa täpsema kui tavastatistikaline tugineva olukorratadlikkuse süsteemi kasutusele niipea, kui suhteliselt väike osa objekte on varustatud võime kirjelduste ja ühilduva ontoloogiaga. Kahjuks ei ole selle tööga kogu laiapindse riigikaitse organisatsioonis veel algust tehtud.

9. Lõpetuseks

Kui ehitada laiapindne riigikaitse üles VÕTAKS-tüüpi mudelitega kirjeldatud organisatsioonide, asutuste ja seadmete võrguna, saab kogu tegevusvaldkonnast ja selle sisestest interaktsioonidest selge struktuuriga ülevaate. Paraku on tänapäeval VÕTAKS-tüüpi mudel veel kontseptsioon, millest vaid üksikuid osi on edukalt praktikas katsetatud. Juba katsetatud osade põhjal tegime mitu järeldust, mille järgi võiks mudeli arendustööd jätkata.

- VÕTAKS-tüüpi mudelite võrgustik moodustab süsteemide süsteemi, mille tugevalt läbi põimunud arhitektuur aitaks vältida riigi juhtimist raskendava puuduliku koostöö iseneslikku teket.

- Laiapindsesse riigikaitssesse kuulub väga palju organisatsioone, asutusi ja muid komponente, mis kõik on erineva sisemise ülesehitusega ja mida tuleb individuaalselt käsitleda. VÕTAKS-tüüpi mudelitega peale sunnitav lihtsustav sisestruktuur ja võimepõhise modelleerimise põhimõtete järgimine vähendavad oluliselt töömahtu, mis on seotud erinevate organisatsioonide ja asutuste modelleerimisega.
- Kui koostada ja ühildada võimetaksonoomiad ja erinevate valdkondade ontoloogiad, korrastab see ühiskonna struktuuri ning lihtsustab riigihalduse süsteemi.
- Organisatsioonide ja teiste komponentide seisundit ligi-reaalajas kirjeldavate mõõtmiste ja hinnangute voo põhjal saab organisatsioonide mõõdetud seisundite alusel tehtud otsuseid ennetavalt kasutada modelleeritud objektide juhtimiseks. Ennetava juhtimisega saab tulevasi kriise tihti päriselt ära hoida või vähemalt tekkivate kriiside mõju vähendada. Seoses sellega õnnestub veidi vähendada vajadust kangelaslike ja kulukate kriisilikevideerijate järele.

Kirjandus

- ADRP 1-03.** 2015. The Army Universal Task List. Washington, D.C.: Headquarters, Department of the Army.
https://armypubs.army.mil/epubs/DR_pubs/DR_a/pdf/web/adrp1_03.pdf (21.07.2020).
- Dodig-Crnkovic, G.** 2013. The Development of Models of Computation with Advances in Technology and Natural Sciences. – Proceedings of the 6th AISB Symposium on Computing and Philosophy: The Scandal of Computation – What is Computation?
https://www.researchgate.net/publication/289023159_The_development_of_models_of_computation_with_advances_in_technology_and_natural_sciences (21.07.2020).
- Eberbach, E.; Goldin, D.; Wegner, P.** 2004. Turing's Ideas and Models of Computation. – Teuscher, C. (ed.). Alan Turing: Life and Legacy of a Great Thinker. Berlin, Heidelberg: Springer, pp. 159–194.
- Goldin, D. Q.; Smolka, S. A.; Attie, P. C.; Sonderegger, E. L.** 2004. Turing Machines, Transition Systems, and Interaction. – Information and Computation, Vol. 194, Issue 2, pp. 101–128. <https://doi.org/10.1016/j.ic.2004.07.002>.
- Goldstein, J.** 1999. Emergence as a Construct: History and Issues. – Journal on Emergence, Vol. 1, No. 1, pp. 49–72. https://doi.org/10.1207/s15327000em0101_4.
- Henshaw, M. J. de C.; Kemp, D.; Lister, P.; Daw, A. J.; Harding, A. D.; Farncombe, A.; Touchin, M.** 2011. Capability Engineering – An Analysis of Perspectives. – INCOSE International Symposium, Vol. 21, Issue 1, pp. 712–727.

INCOSE UK Capability Systems Engineering Guide 2014.

www.incoseonline.org.uk (20.06.2020).

- Keating, C. B.; Padilla, J. J.; Adams, K.** 2008. System of Systems Engineering Requirements: Challenges and Guidelines. – Engineering Management Journal, Vol. 20, No. 4, pp. 24–31.
- Motus, L.** 2003. Modeling Metric Time. – Selic, B.; Lavagno, L.; Martin, G. (eds.). UML for Real: Design of Embedded Real-time Systems. Kluwer Academic, pp. 205–220.
- Motus, L.; Meriste, M.; Dosch, W.** 2005. Time-awareness and Proactivity in Models of Interactive Computation. – Electronic Notes in Theoretical Computer Science, Vol. 141, pp. 69–95.
- Motus, L.** 2010. Chapter 5: The Impact of System Integration on Design, Analysis and Verification. – Design Considerations and Technologies for Air Defence Systems. Technical Report. RTO-TR-SCI-181, NATO.
- Motus, L.; Meriste, M.; Preden, J-S.; Pahtma, R.** 2012. Self-aware Architecture to Support Partial Control of Emergent Behavior. – Proceedings of the IEEE 7th International Conference on System of Systems Engineering. Genoa, Italy. July 16–19, pp. 422–427.
- Motus, L.; Priisalu, J.; Kangilaski, T.; Kaugerand, J.; Savimaa, R.; Tammel, K.; Teichmann, M.** 2019a. Situation Awareness Concept and Global Framework for Modelling. Manticus Apollo D4.1.
- Motus, L.; Teichmann, M.; Kangilaski, T.; Priisalu, J.; Kaugerand, J.** 2019. Some Issues in Modelling Comprehensive Situation Awareness. – IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. Bari, Italy. October 6–9, pp. 550–555.
- Murumets, J.** 2007. Renewed National Defense Planning and Management: Capability-based Planning, Programming, Budgeting and Execution System for Small States. – ENDC Proceedings, Vol. 7. Tartu: Tartu University Press.
- POI 20150421.** 2015. Protocol of Intentions on Establishing of Cooperation Network and Think Tank for Modelling and Analysing the Society and Security. Private communication.
- Sillitto, H.** 2014. Architecting Systems – Concepts, Principles and Practice. – System Series, Vol. 6. College Publications.
- Stepney, S. et al.** 2005 = Stepney, S.; Braunstein, S. L.; Clark, J. A.; Tyrrell, A.; Adamatzky, A.; Smith, R. E.; Addis, T.; Johnson, C.; Timmis, J.; Welch, P.; Milner, R.; Partridge, D. 2005. Journeys in Non-Classical Computation I: A Grand Challenge for Computing Research. – The International Journal of Parallel, Emergent and Distributed Systems, Vol. 20, Issue 1, pp. 5–19.
- Stepney, S. et al.** 2006 = Stepney, S.; Braunstein, S. L.; Clark, J. A.; Tyrrell, A.; Adamatzky, A.; Smith, R. E.; Addis, T.; Johnson, C.; Timmis, J.; Welch, P.; Milner, R.; Partridge, D. 2006. Journeys in Non-Classical Computation II: Initial Journeys and Waypoints. – The International Journal of Parallel, Emergent and Distributed Systems, Vol. 21, Issue 2, pp. 97–125.
- Teichmann, M.; Motus, L.** 2019. Extended Model for Comprehensive Situation Awareness. Manticus Apollo D4.5.

LEO MÕTUS, PhD

Tallinna Tehnikaülikooli reaalajasüsteemide professor, Eesti Teaduste Akadeemia akadeemik

MARE TEICHMANN, PhD

AS-i PE Konsult juhataja, Tallinna Tehnikaülikooli tarkvarateaduse instituudi emeriitprofessor

MERIK MERISTE, PhD

Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledži dotsent

KALEV RANNAT, PhD

Tallinna Tehnikaülikooli tarkvarateaduse instituudi vanemteadur

JAAN PRIISALU, MSc

Tallinna Tehnikaülikooli tarkvarateaduse instituudi nooremteadur-doktorant ja analüütik

JAANUS KAUGERAND, PhD

Tallinna Tehnikaülikooli tarkvarateaduse instituudi teadur